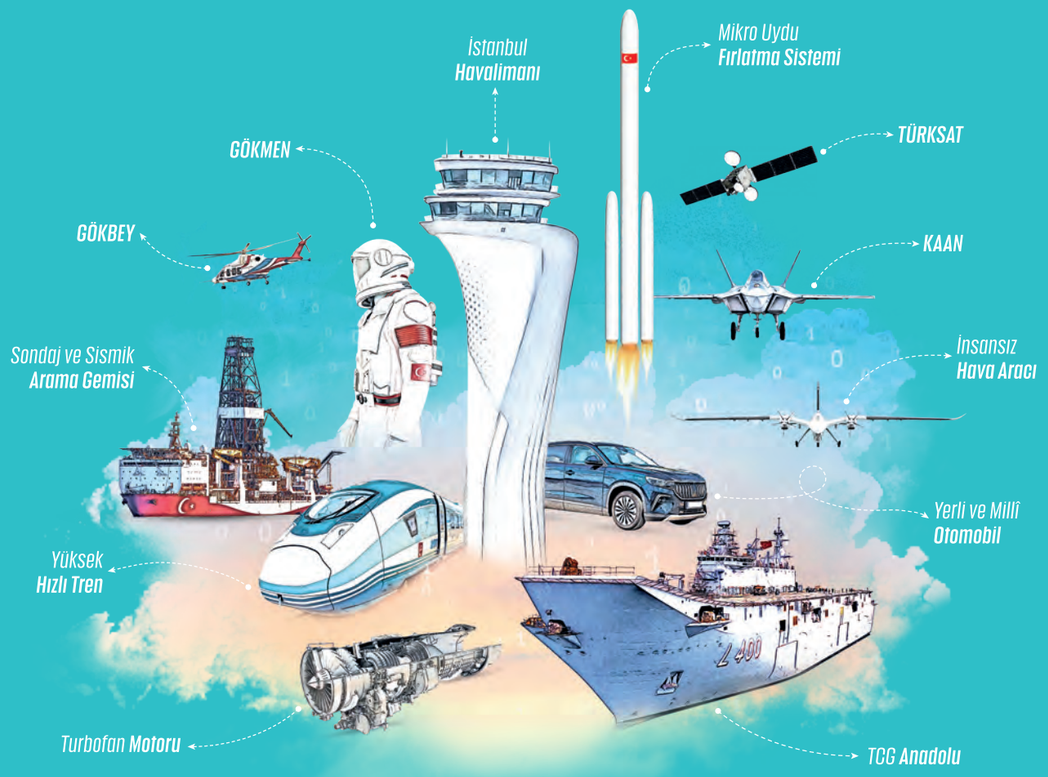
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN 978-975-11-6262-5

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

İNŞAAT ALTYAPI ATÖLYESİ 10 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI

İNŞAAT ALTYAPI ATÖLYESİ



10
DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI

İNŞAAT ALTYAPI ATÖLYESİ

10

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Coşkun ATASEVER

Kemal ŞAHİNOL

Murat YILMAZ

Volkan KARA

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....: 7975
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 1903

Her hakkı saklıdır ve Milli Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI: MÜGE ŞAHİN ÇOLAK
GÖRSEL TASARIM UZMANI: BARIŞ GÖL

Bu ders materyalinde ölçü birimlerinin uluslararası kısaltmaları esas alınmıştır.

ISBN 978-975-11-6262-5

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

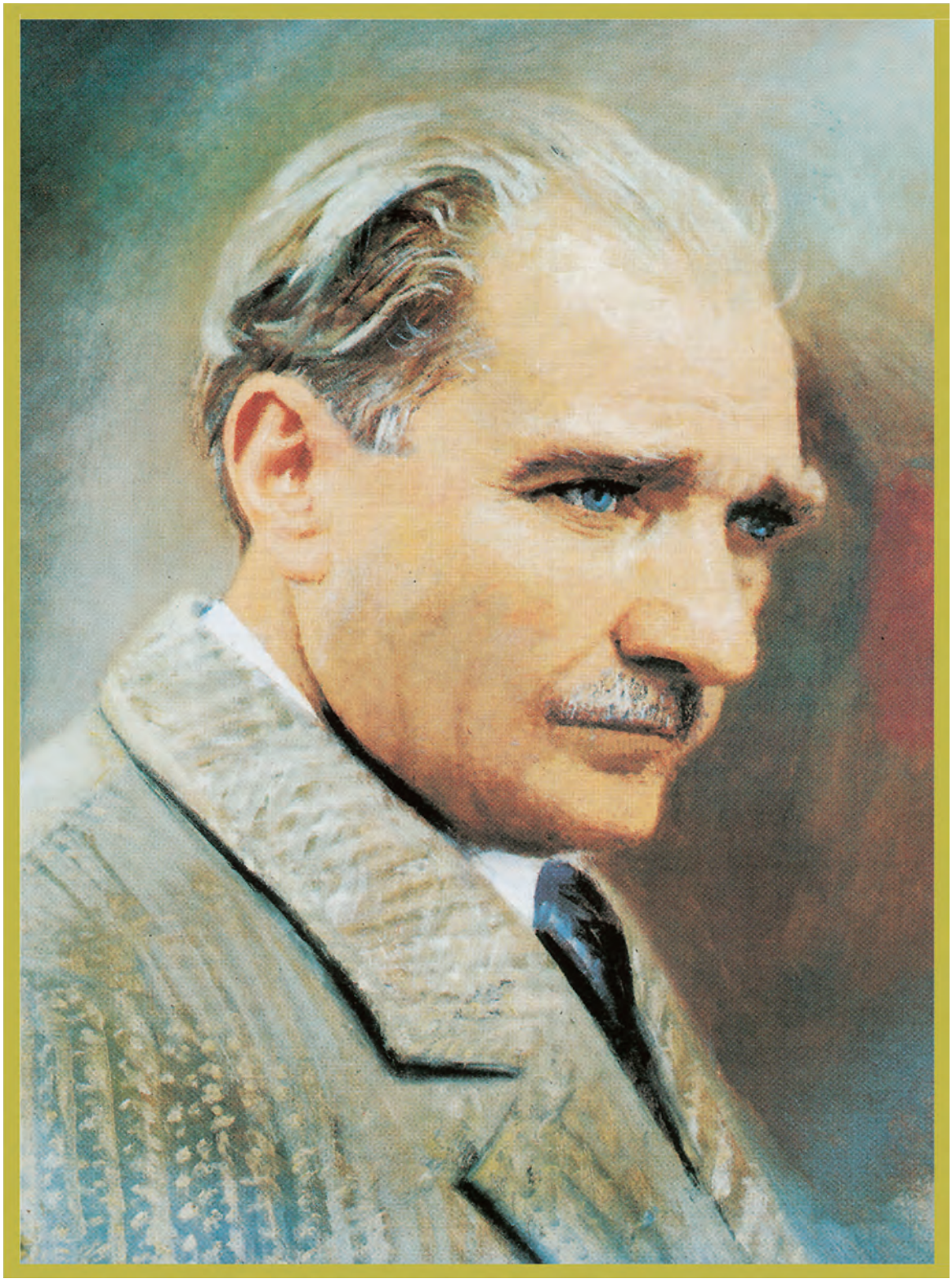
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

Ders Materyalinin Tanıtımı 17
1. ŞANTİYEDE AGREGA DENEYLERİ....21
1.1. ATÖLYEDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ 22
1.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amacı....22
1.1.2. İş Kanunu ve Çalışma Mevzuatları 22
1.1.3. Altyapı Atölyesindeki (Laboratuvar) Tehlike, Risk Unsurları ve Alınacak Önlemler 23
1.1.4. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Kullanılan Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD)....24
1.1.5. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Uyulması Zorunlu Kurallar....24
1.2. AGREGA DENEYLERİ İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI 26
1.2.1. Deney Aletleri ve Özellikleri....26
1.2.2. El Araçları ve Özellikleri 27
1.2.3. Ölçü Araçları ve Özellikleri 28
1.2.4. Deney Malzemesi ve Miktarı 29
1.3. ŞANTİYEDE AGREGAYI GÖZLE MUAYENE 29
1.3.1. Agrega Çeşitleri ve Özellikleri 29
1.3.1.1. Elde Ediliş Şekillerine (Kaynaklarına) Göre Agregalar....29
1.3.1.2. Birim Ağırlıklarına Göre Agregalar 29
1.3.1.3. Tane İriliklerine (Boyutuna) Göre Agregalar 30
1.3.2. Agreganın Rengi 30
1.3.3. Kaba ve Yabancı Maddeler 30
1.3.4. Agregalarda Hafif Maddelerin Bulunması....31
1.3.5. Agregaların Yüzey Yapısı 31
1.3.6. Agreganın Donmaya Dayanıklılığı 31
1.3.7. Agreganın Tane Şekli 31
1.4. ŞANTİYEDE AGREGA ORGANİK MADDE, NEM VE KİL MİKTARI TAYİNİ....34
1.4.1. Agrega Organik Madde Tayini Deneyi (TS EN 1744-1)....34
1.4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....35
1.4.1.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri 35
1.4.1.3. Agrega Organik Madde Tayini Deneyi Yapılışı 35
1.4.2. Agrega Nem (Rutubet) Miktarı Tayini Deneyi 38
1.4.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....38
1.4.2.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri 39
1.4.2.3. Nem (Rutubet) Miktarı Tayini Deneyi Yapılışı....39
1.4.3. Kil (İnce Madde) Tayini Deneyi (TS 3527, TS EN 933-10)....42
1.4.3.1. Deney Araç Gereci....42
1.4.3.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri 42
1.4.3.3. Çökeltme Yöntemiyle Kil Tayini Deneyinin Yapılışı 42
1.4.3.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi....43
1.4.4. Deney Raporu Hazırlama 46
1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....48
2. AGREGADA DANE BÜYÜKLÜĞÜ VE BİRİM AĞIRLIK DENEYLERİ 49
2.1. AGREGA DENEY NUMUNELERİ (TS EN 932-1, TS EN 932-2, ASTM C 33)....50
2.1.1. Araç Gereç ve Ekipmanlar 50
2.1.2. Numune Alma....51
2.1.2.1. Doğal Agrega Ocağından Numune Alma 52
2.1.2.2. Depolardan (Stok Yığınından) Numune Alma 53

2.1.2.3. Sabit Taşıyıcı Banttan Numune Alma....53
2.1.2.4. Bant ve Oluklu Boşaltma Noktalarından Numune Alma....53
2.1.2.5. Ambalajlanmış Agregalardan Numune Alma....53
2.1.3. Deneylerde Kullanılacak Numune Miktarları....54
2.1.4. Numunenin Hazırlanması....54
2.1.5. Deney Numunesi Azaltma Yöntemleri....54
2.1.5.1. Çeyrekleme ile Azaltma Yöntemi....54
2.1.5.2. Bölgeç Aygıtı Kullanarak Azaltma Yöntemi....56
2.1.6. Deney Numunesini Koruyucu Önlem Alarak Koruma....56
2.1.7. Numune Tutanağının ve Deney Raporunun Hazırlanması....57
2.2. AGREGA DANE BÜYÜKLÜĞÜ DENEYİ (TS EN 933-1, TS 3530)....59
2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....59
2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları....60
2.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması....60
2.2.4. Deneyin Yapılışı....61
2.2.4.1. El ile Eleme Yöntemi....61
2.2.4.2. Sarsma Makinesi ile Eleme Yöntemi....61
2.2.4.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi....62
2.2.5. Deney Raporu Hazırlama....65
2.3. AGREGADA BİRİM AĞIRLIK DENEYİ (TS EN 1097-3)....67
2.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....67
2.3.2. Deney için Gerekli Numune Miktarları....68
2.3.3. Deney Numunesinin Hazırlanması....69
2.3.4. Deneyin Yapılışı....69
2.3.4.1. Gevşek Birim Ağırlık Deneyi....69
2.3.4.2. Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Tane Çapı 31,5 mm ve Daha Küçük Agregalar İçin)....69
2.3.4.3. Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Tane Çapı 31,5 mm'den Daha Büyük Agregalar İçin)....69
2.3.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması....70
2.3.6. Deney Raporu Hazırlama....71
2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....75
3. AGREGADA ÖZGÜL AĞIRLIK VE İNCE MADDE MİKTARI TAYİNİ....77
3.1. AGREGALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK VE SU EMME TAYİNİ DENEYİ (TS EN 1097-6 TS 1114, ASTM C 33)....78
3.1.1. İnce Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi....78
3.1.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....78
3.1.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları....80
3.1.1.3. Deney Numunesinin Hazırlanması....80
3.1.1.4. Deneyin Yapılışı....81
3.1.1.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi....82
3.1.2. İri Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi (Tel Sepet Yöntemi)....83
3.1.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....83
3.1.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları....84
3.1.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması....84
3.1.2.4. Deneyin Yapılışı....84
3.1.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi....85
3.2. AGREGADA İNCE MADDE MİKTARI DENEYİ (TS 706 EN 12620 VE TS EN 933-10)....92
3.2.1. Çökeltme Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi....92

3.2.2. Yıkama Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi....92
3.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....92
3.2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları....93
3.2.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması....93
3.2.2.4. Deneyin Yapılışı....93
3.2.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi....94
3.2.3. Deney Raporu Hazırlama....95
3.2.4. Agregada İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi (TS EN 933-9+A1)....98
3.2.4.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....98
3.2.4.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları....100
3.2.4.3. Deney Numunesinin Hazırlanması....100
3.2.4.4. Metilen Mavisi Çözeltisinin Hazırlanması....100
3.2.4.5. Deneyin Yapılışı....101
3.2.4.6. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi....101
3.2.5. Deney Raporu Hazırlama....102
3. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....105
4. AGREGADA DONA DAYANIKLILIK DENEYLERİ....107
4.1. AGREGANIN DONMA ÇÖZÜLMEYE KARŞI DİRENCİNİN TAYİNİ DENEYİ (TS EN 1367-1, ASTM D560)....108
4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....108
4.1.2. Deney Numunesi Hazırlama ve Miktarı....109
4.1.3. Deneyin Yapılışı....110
4.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi....112
4.1.5. Deney Raporu Hazırlama....112
4.2. KİMYASAL YÖNTEMLE DONA DAYANIKLILIK DENEYİ....116
4.2.1. Sodyum Sülfat ile Dona Dayanıklılık Deneyi (ASTM C 88)....116
4.2.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....116
4.2.1.2. Deneyde Kullanılan Reaktifler....116
4.2.1.3. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri....117
4.2.1.4. Deneyin Yapılışı....118
4.2.1.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi....120
4.2.2. Magnezyum Sülfat (Epsom Tuzu) ile Dona Dayanıklılık Deneyi (TS EN 1367-2, ASTM C 88)....123
4.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....123
4.2.2.2. Deneyde Kullanılan Reaktifler....123
4.2.2.3. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri....124
4.2.2.4. Deneyin Yapılışı....125
4.2.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi....126
4.2.3. Deney Raporu Hazırlama....127
4. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....131
5. ASFALT VE BİTÜMLÜ MALZEMELERİ SINIFLANDIRMA....133
5.1. ASFALT (BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR) VE KAYNAKLARININ İNCELENMESİ....134
5.1.1. Bitümlü Bağlayıcılar (Malzemeler) ve Sınıflandırılması....135
5.1.2. Bitümlü Karışım (Asfalt) İskelet Malzemesi Agregalar....137
5.2. BİTÜMLÜ KAPLAMALAR VE SINIFLARININ TESPİTİ....137
5.2.1. Yol Üstyapısı....138
5.2.1.1. Rijit (Sert) Üstyapı....138
5.2.1.2. Yarı (Semi) Rijit Üstyapı....138
5.2.1.3. Esnek Üstyapı....138
5.2.2. Bitümlü (Asfalt) Kaplama Tabakasının Sınıflandırılması....140

5.2.2.1. Trafik Yüküne Göre Bitümlü Kaplamalar 140
5.2.2.2. Üretim Çeşidine Göre Bitümlü Kaplamalar 140
5.2.2.3. Kullanım Amacına Göre Bitümlü Kaplamalar 142
5.3. BİTÜM EMÜLSİYONLARININ İNCELENMESİ 143
5.3.1. Bitüm Emülsiyonlarının Kullanım Yerleri 143
5.3.2. Emülgatör Cinsine (Elektrik Yüklerine) Göre Bitüm Emülsiyonları 144
5.3.2.1. Anyonik Bitüm Emülsiyonları 145
5.3.2.2. Katyonik (C) Bitüm Emülsiyonları 145
5. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....146
6. ASFALT FİZİKSEL ÖZELLİK DENEYLERİ 147
6.1. ÖZGÜL AĞIRLIK VE YOĞUNLUK TAYİNİ 149
6.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 149
6.1.2. Numune Alımı ve Hazırlanması 149
6.1.3. Hidrometre Yöntemi ile Özgül Ağırlık Tayini (TS 1013 EN ISO 3675) 150
6.1.4. Kapiler Piknometre ile Özgül Ağırlık Tayini (TS EN 15326+A1) 152
6.2. PENETRASYON (İĞNE BATMA DERİNLİĞİ) TAYİNİ (TS EN 1426, ASTM D5)....156
6.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 156
6.2.2. Deneyin Yapılışı 157
6.2.3. Deney Raporu Hazırlama 158
6.3. YÜZME (BİTÜM YÜZDÜRME) DENEYİ (ASTM D139).....160
6.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 160
6.3.2. Deneyin Yapılışı 161
6.3.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Raporun Hazırlanması 162
6.4. BİTÜM YUMUŞAMA NOKTASI TAYİNİ (TS EN 1427, ASTM D36).....164
6.4.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 165
6.4.2. Deneyin Yapılışı 166
6.4.3. Deney Raporu Hazırlama 167
6.5. VİSKOZİTE (KİNEMATİK VİSKOZİTE YÖNTEMİ) VE DÜKTİLİTE DENEYİ.....171
6.5.1. Kinematik Viskozite (TS EN 12595) 171
6.5.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 171
6.5.1.2. Deneyin Yapılışı 172
6.5.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama 172
6.5.2. Kuvvet Ölçümlü Düktilite (Süneklik) Deneyi (TS EN 13589, ASTM D 113) 174
6.5.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 174
6.5.2.2. Deneyin Yapılışı 175
6.5.2.3. Deney Raporu Hazırlama 176
6.6. DESTİLASYON YÖNTEMİ İLE AYRILAN KALINTI BAĞLAYICI VE DAMITIK PETROL ÜRÜNÜ İÇERİĞİNİN TAYİNİ (TS EN 1431) 178
6.6.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 179
6.6.2. Deneyin Yapılışı 179
6.6.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama 180
6.7. SU VE ÇÖZÜMLENME DENEYLERİ 182
6.7.1. Damıtma Metoduyla Su Muhtevası Tayini (TS EN 1428) 182
6.7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 182
6.7.1.2. Deneyin Yapılışı 183
6.7.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama 184
6.7.2. Çözünürlük (Çözümlenme) Tayini (TS EN 12592) 186
6.7.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 186
6.7.2.2. Deneyin Yapılışı 187
6.7.2.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama 188

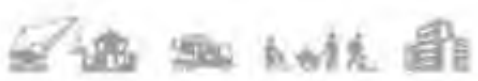
6.8. ISITMA (ISI) KAYBI VE PARLAMA (ALEVLENME) NOKTASI TAYİNİ 191
6.8.1. Isıtma Kaybı Deneyi (TS EN 12607-2, ASTM 1754) 191
6.8.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 191
6.8.1.2. Deneyin Yapılışı 191
6.8.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama 192
6.8.2. Parlama (Alevlenme) ve Yanma Noktası Tayini (Cleveland Açık Kap Metodu ile -TS EN ISO 2592) 194
6.8.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 195
6.8.2.2. Deneyin Yapılışı 195
6.8.2.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama 197
6. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....200
7. BİTÜMLÜ TABAKA DENEYİ 203
7.1. BİTÜMLÜ TABAKA KARIŞIM DİZAYNI.....205
7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 206
7.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları 207
7.1.3. Deney Numunesinin Hazırlanması.....208
7.1.4. Deneyin Yapılışı 208
7.1.4.1. Marshall Briket Numunelerinin Hazırlanması 208
7.1.4.2. Marshall Briket Numunelerinin Özgül Ağırlıklarının Bulunması.....209
7.1.4.3. Marshall Akma ve Stabilite Değerlerinin Bulunması 209
7.1.4.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Grafiklere İşlenmesi.....210
7.1.5. Deney Raporu Hazırlama.....213
7.2. BİTÜM TEMEL DİZAYNI.....217
7.2.1. Bitümlü Temel Tabakası 217
7.2.2. Bitümlü Temel Tasarım Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi 217
7.3. BİNDER TABAKASI DİZAYNI.....220
7.3.1. Binder Tabakası.....221
7.3.2. Bitümlü Karışım Binder Tabakası Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi 221
7.4. AŞINMA TABAKASI DİZAYNI 222
7.4.1. Aşınma Tabakası 223
7.4.2. Bitümlü Karışım Aşınma Tabakası Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi 223
7. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....227
8. TABAKALARDA DENEYLER.....229
8.1. TABAKALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ (ASTM D-2726, AASHTO T166).....230
8.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 231
8.1.2. Deney Numunesinin Hazırlanması 232
8.1.3. Deneyin Yapılışı 232
8.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması 232
8.2. LABORATUVAR YOĞUNLUĞU 235
8.2.1. Laboratuvarda Yoğunluk Değeri Yöntemleri ve Uygulama Kuralları 235
8.2.2. Laboratuvarda Yoğunluk Değeri Bulma-Maksimum Teorik Yoğunluk Deneyi (ASTM D 2041-AASHTO T 209) 236
8.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 237
8.2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları 237
8.2.2.3. Deneyin Yapılışı 237
8.2.2.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama 238
8.3. TABAKALARDA BOŞLUK MİKTARI 242
8.3.1. Tabakalarda Boşluk Miktarı Bulunmasının Yöntem ve Kuralları.....242
8.4. EKSTRAKSİYON DENEYİ (TS 125, TS EN 12697-28, AASHTO T 164, AASHTO T 308, ASTM D 2172) 243

8.4.1. Santrifüjlü Ekstraksiyon Deneyi....243
8.4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....243
8.4.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması....244
8.4.1.3. Deneyin Yapılışı....244
8.4.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması....245
8.4.2. Refluks Ekstraktör Deneyi....245
8.4.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....245
8.4.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması....246
8.4.2.3. Deneyin Yapılışı....247
8.4.2.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama....247
8.5. ELEK ANALİZİ DENEYİ (ASTM-C 136, ASTM-C 117)....251
8.5.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları....252
8.5.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması....252
8.5.3. Deneyin Yapılışı....252
8.5.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama....252
8.6. İŞ YERİ KARIŞIMI....255
8.6.1. İş Yeri Karışım Numunesi Alma....256
8.6.2. İş Yeri Karışım Numunesinin Saklanması....256
8.7. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM (ASFALT) PLENTLERİNİN AYARLANMASI....257
8.7.1. Plentlerin Özellikleri....257
8.7.1.1. Drummix Tipi/Eleksiz Plentlerin Özellikleri....258
8.7.1.2. Batch Tipi/Elekli Plentlerin Özellikleri....259
8.7.2. Plent Ayarlarının Yapılması....259
8.7.2.1. Drummix Tipi Plent Ayarlarının Yapılması....259
8.7.2.2. Batch Tipi Plent Ayarlarının Yapılması....262
8. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....263
9. YOL GÜZERGÂHINA ASFALT SERME VE KONTROLÜ....265
9.1. YOL YAPISI ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERİM VE SIKIŞTIRMA MAKİNELERİ....266
9.1.1. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serim Makinelerinin Özellikleri ve Kullanım Amaçları....266
9.1.2. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Sıkıştırma Makinelerinin Özellikleri ve Kullanım Amaçları....267
9.2. FİNİŞER KONTROL VE KALINLIK AYARLARI....268
9.3. FİNİŞER SIKIŞTIRMA KALINLIK VE UYGUNLUK KONTROLÜ....268
9.4. ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERME VE SIKIŞTIRMA KURALLARI....269
9.4.1. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serme Kuralları....269
9.4.2. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Sıkıştırma Kuralları....270
9.5. ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERME VE SIKIŞTIRMA ISISININ KONTROLÜ....271
9. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....272
10. ÇİMENTO NUMUNELERİ ALMA....273
10.1. ÇİMENTO NUMUNESİ ALMAK İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI....274
10.1.1. Numune Alma Alet ve Düzenekleri....274
10.1.2. Numune Ölçü Araçları....275
10.1.3. Çimento Katkı Maddeleri....275
10.1.3.1. Çimentoların Üretim Prosesi....276
10.1.3.2. Çimento Ana Tipleri....277
10.1.3.3. Çimento Bileşenleri....278

10.1.3.4. Özel Çimentolar 279
10.1.3.5. Çimento Standart İşaretlemesi....280
10.2. ÇİMENTODAN DENEY NUMUNESİ ALIMI 281
10.2.1. Çimento Numunesi Alma....281
10.2.1.1. Numune Almada Dikkat Edilecek Hususlar....282
10.2.1.2. Ambalajlanmış Çimentolardan Numune Alma....282
10.2.1.3. Dökme Çimentodan Numune Alma....282
10.2.1.4. Çimento Silolarından Numune Alma 283
10.2.2. Numune Alma Tutanağı....284
10.2.2.1. Tutanakta Bulunması Gereken Mecburi (Zorunlu) Bilgiler 284
10.2.2.2. Tutanakta Bulunması Gereken İhtiyari (İsteğe Bağlı) Bilgiler....284
10.2.3. Numunelerin Korunması 284
10.2.4. Numunenin Sevk Edilmesi 284
10. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....287
11. ŞANTİYEDE ÇİMENTO DENEYLERİ....289
11.1. ŞANTİYEDE ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ DENEYİ....290
11.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 290
11.1.2. Deney Numunesi....291
11.1.3. Deneyin Yapılışı....291
11.2. ŞANTİYEDE ÇİMENTO PRİZ DENEYİ....292
11.2.1. Deney Numunesi....292
11.2.2. Deneyin Yapılışı....292
11.2.3. Deney Raporu Hazırlama....293
11. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....298
12. ÇİMENTO ANALİZLERİ....299
12.1. X IŞINI FLORESAN YÖNTEMİ İLE KİMYASAL (SiO_2, FE_2O_3, CAO, MGO, SO_3) ANALİZ 301
12.1.1. Kızdırma Kaybı Tayini....301
12.1.2. Cihaz Kalibrasyonu ve Kalibrasyon Eğrilerinin (SiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3) Oluşturulması 301
12.1.3. Deney Araç Gereci ve Numune Hazırlama (SiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3) 302
12.1.4. Deneyin Yapılışı (SiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3)....305
12.1.5. Deney Raporu Hazırlama 307
12.2. ISLAK (KİMYASAL) ANALİZ 311
12. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....312
13. ÇİMENTO NORMAL KIVAM VE PRİZ SÜRESİ TAYİNİ 313
13.1. LABORATUVARDA ÇİMENTOLARDA NORMAL KIVAM TAYİNİ DENEYİ 314
13.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 314
13.1.2. Deney Numunesi Alımı....315
13.1.3. Vicat Aletinin Ayarlarının Yapılması....315
13.1.4. Deneyin Yapılışı 316
13.1.5. Deney Raporu Hazırlama....318
13.2. LABORATUVARDA PRİZ BAŞLAMA VE SONA ERME SÜRELERİNİN TAYİNİ DENEYİ 322
13.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 322
13.2.2. Deney Numunesi Alımı....323
13.2.3. Vicat Aletinin Ayarlarının Yapılması....323
13.2.4. Deneyin Yapılışı 323
13.2.5. Deney Raporu Hazırlama....326

13. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....332
14. ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ VE ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ.....333
14.1. LABORATUVARDA ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ DENEYİ (TS EN 196-3).....334
14.1.1. Deney Araç Gereci.....334
14.1.2. Çimento Hamurunun Hazırlanması.....335
14.1.3. Hacim Sabitliği Deneyinin Yapılması.....335
14.1.4. Deney Raporu Hazırlama.....336
14.2. ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ DENEYİ (TS EN 196-6).....339
14.2.1. Deney Araç Gereci.....339
14.2.2. Deneyin Yapılışı.....341
14.2.3. Deney Raporu Hazırlama.....343
14. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....347
15.ÇİMENTO ÖZGÜL AĞIRLIK VE TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ.....349
15.1. ÇİMENTOLARDA ÖZGÜL AĞIRLIK TAYİNİ DENEYİ.....350
15.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları.....350
15.1.2. Deneyin Yapılışı.....350
15.1.3. Deney Raporu Hazırlama.....353
15.2. ÇİMENTOLARDA TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ.....357
15.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları.....357
15.2.2. Deneyin Yapılışı (Elle Eleme Yöntemiyle).....357
15.2.3. Deneyin Yapılışı (Elek Sarsma Makinesiyle Eleme Yöntemi).....358
15.2.4. Deney Raporu Hazırlama.....360
15.3. ÇİMENTODA EĞİLMEDE ÇEKME VE BASINÇ DAYANIMI DENEYİ.....365
15.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları.....365
15.3.2. Deneyin Yapılışı.....366
15.3.3. Deney Raporu Hazırlama.....370
15. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....375
16. KİMYASAL KATKI MADDELERİ DENEYİ.....377
16.1. YOĞUNLUK DENEYLERİ.....378
16.1.1. Dansimetre ile Yoğunluk Ölçme.....379
16.1.2. Piknometre ile Yoğunluk Ölçme.....379
16.2. PH DENEYLERİNİ YAPMAK.....383
16.2.1. pH Kâğıdı ile pH Ölçümü Yapma.....384
16.2.2. pH Metre ile pH Ölçümü Yapma.....384
16.3. KATI MADDE MİKTARI DENEYLERİ.....387
16.3.1. Deney Araç Gereci.....388
16.3.2. Deneyin Yapılışı.....388
16.4. PERFORMANS DENEYLERİ.....391
16.4.1. Betonda Kullanılan Katkı Maddeleri ve Sağlaması Gereken Şartlar.....391
16. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....395
KAYNAKÇA.....397
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI.....401


Etkileşimli kitap, video, ses, animasyon, uygulama, oyun, soru vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.Daha fazlası için https://ogmmateryal.eba.gov.tr/
Öğrenme biriminin numarasını gösterir.
Öğrenme biriminin konularını gösterir.
Öğrenme biriminin adını gösterir.
1. ÖĞRENME BİRİMİ
ŞANTİYEDE AGREGA DENEYLERİ
KONULAR
1.1. ATÖLYEDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
1.2. AGREGA DENEYLERİ İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI
1.3. ŞANTİYEDE AGREGA
1.4. ŞANTİYEDE AGREG
MİKTARI TAYİNİ
Hazır bulunuşluk seviyelerinin tespiti için kullanılan kavramları gösterir.
TEMEL KAVRAMLAR
Agrega
Çökeltme
Deney numunesi
İnce madde
Standart
Şekil indeksiw



1. Öğrenme Birimi

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

1.3.1.3. Tane İriliklerine (Boyutuna) Gö

İnce Agrega: 4 mm elek altına geç ince agrega "kum" ya da "kırma kum" olarak adlandırılır. Kırılmamış ce agregaya **doğal kum (0-4 mm)**, kırılmış tanelerden meydana ge **(0-5 mm taş tozu)**, 0,25 mm açıklıklı kare delikli elek altına geçen ince malzemeye **taş unu** denir (Görsel 1.17).



Görsel numaraları ve isimlerini gösterir.

(0-4 mm) Kırma kum (0-5 mm) Taş unu(<0,250)

Görsel 1.17: İnce agregalar

İri Agrega: 4 mm açıklıklı, kare delikli elek üzerinde kalan agregalardır. Şantiyelerde iri agrega "çakıl" ya da "kırma agrega" olarak adlandırılır. Kırılmamış tanelerden meydana gelen iri agregaya çakıl (Görsel 1.18), kırılmış tanelerden meydana gelen iri agregaya **kırma taş (mıcır)** denir.

Konu anlatımını gösterir.

Görsel 1.18'de verilen, asfalt ve beton üretiminde kullanılan kı belirtilen boyutlardadır.

- 1 numara mıcır: 5-12 mm
- 2 numara mıcır: 12-22 mm
- 3 numara mıcır: 22-32 mm



Konu başlığını gösterir.

akı 1 No.Mıcır (5-12mm) 2 No.Mıcır (12-22mm) 3 No.Mıcır (22-32mm)

Görsel 1.18: İri agregalar

ık (Tüvenan) Agrega: Doğal agrega ocağından doğrudan doğruya elde edilen, iri ve inc eli agregaların karışımından oluşan agregalardır. Bu tür agregalar genellikle alt temel veya d u malzemesi olarak kullanılmaktadır. Normal betonda kullanılmamalıdır.

1.3.2. Agreganın Rengi

Saflığı, içinde kil ve bitkisel toprak vb. bulunup bulunmadığı gözlenebilir. Agreganın rengi genelde gri olur.

1.3.3. Kaba ve Yabancı Maddeler

Bitki artıkları, ağaç, kömür, cam ve kâğıt parçacıkları, mika pulcukları, suda çözülebilen kil topakları, tuz, şeker vb. malzemelerdir. Bu maddeler; betonun priz alma süresinin uzamasına, iri agrega ile çimento arasındaki aderansın zayıflamasına, dayanım ve dayanıklılığın düşmesine sebep olacağından agrega içerisinde bulunmamasına dikkat edilmelidir.

Deney numarasını gösterir.

1. DENEY UYGULAMASI

İki farklı ocaktan üçer set hâlinde alınan, 16-32 mm tane aralığındaki iri agrega numuneleri ile ayrı ayrı tane şekli tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranı

Deney adını ve süresini gösterir.

Deney Adı : Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi) Deneyi

Deney Süresi : 2 Saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. • Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel kor	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• Numunelerin iri agregayı temsil edecek özellikte ve 4 mm'den büyük olmasına dikkat ediniz. • Her setteki numune kütlesini hassas terazide tartarak Tablo 1.3'teki ilgili satır ve sütuna kaydediniz (M1).	
 Tanelerin en ve boylarının kumpasla ölçülmesi	• Ölçüm işlemine başlamadan önce kumpas kullanımını öğrendiğinizden emin olunuz. • Dış, iç ve derinlik ölçümlerini uygulamalı olarak yapınız. • Her bir iri agrega tanesinin en dar ve en geniş kısım • Hare • Ölçü tanesine fazla baskı yapmamaya özen gösteriniz. • Okuma yaparken kumpasa dik bakınız.	
Kusurlu tanelerin ayrılması ve kütlesinin belirlenmesi	• Boyları oranı üçten büyük olan taneleri kusurlu olarak kabul ediniz ve ayırınız. • Her setteki kusurlu tanelerin kütlesini Tablo 1.3'teki ilg kaydediniz (M2).	
Kusurlu tane oranının hesaplanması ve şekil indeksi kategorisinin belirlenmesi	• Her bir tane sınıflandırması M1).100" formülünü oranını hesaplayınız. • Aynı tane sınıfına ait üç deneyin kusurlu tane oranının aritmetik ortalamasını alınız. Sonuçları en yakın ondalıklı sayıya yuvarlayarak ortalama şekil indeksi oranını bulunuz. Ortalama şekil indeksine (SI___) göre kategori belirleyiniz.	

Uygulamanın kontrol sütununu gösterir.

Deneylerde yapılacak işlem basamaklarını gösterir.

İşlem basamaklarının açıklamalarını gösterir.

Deney raporuyla ilgili tanımlamaları gösterir.

7.1.5. Deney Rapo[illegible]azırlama

Tablo 7.4: Deney Raporu

DENEY RAPOR ÖRNEĞİ						
Yapılacak Tabakanın Tanımlanması	Bitümlü Temel Tabakası				Deney Standart No.	
	Binder Tabakası					
	Aşınma Tabakası				Rapor No.	
Laboratu[illegible]						
Numune[illegible]						
Dizayn M[illegible]		[illegible]ail M.		Superpave		Diğer:
Kullanılan Agreganın Fiziksel Özelliği		[illegible]zem[illegible]dı	Filler	İnce Agr.	Kaba Agr.	Tip 3 Agr.
		Tane Boyutu	...-...mm)	...-...(mm)	...-...(mm)	...-...(mm)
		Miktarı	..... (g)	..... (g)	..... (g)	..... (g)
Bitüm Miktarı	%3,5	%4,0	%4,5	%5,0	%5,5	%6,0
	.....(g)	..... (g)	..... (g)	..... (g)	..... (g)	..... (g)
DENEY SONUÇLARI						
Briket No.	Briket Yüksekliği	Kuru Özgül Ağırlık	DKY Özgül Ağırlık	Sudaki Özgül Ağırlık	Stabilite (kg)	Akma (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
14						
15						
Deney Tarihi ve Saati: __/__20__ __			Optimum Bitüm Oranı:			
DENEYİ YAPANLAR						
Sıra No.	Adı Soyadı		Görevi			İmzası
1						
2						
3						
DENEY RAPORUNU ONAYLAYANLAR						
S.No.	Adı Soyadı		Görevi			İmzası
1						
2						
Deney ile ilgili açıklamalar:						

Deneyde alınan değerleri gösterir.

Deney sonuçlarının yazılacağı alanı gösterir.

Deneyi yapan öğrencinin bilgilerinin yazılacağı alanı gösterir.

Deneyde görev alan öğretmenle ilgili bilgileri gösterir.







1. ÖĞRENME BİRİMİ

ŞANTİYEDE AGREGA DENEYLERİ

KONULAR

1.1. ATÖLYEDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

1.2. AGREGA DENEYLERİ İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI

1.3. ŞANTİYEDE AGREGAYI GÖZLE MUAYENE

1.4. ŞANTİYEDE AGREGA ORGANIK MADDE, NEM VE KİL MİKTARI TAYİNİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Agrega
- Çökeltme
- Deney numunesi
- İnce madde
- Standart
- Şekil indeksi

GİRİŞ

Agregalar, inşaat sektöründe ekonomik ve teknik yönden çok önemli bir yere sahip olan yapı malzemeleridir. Çeşitli granülometriye (tane büyüklüğü dağılımı) sahip agregalar; çimento, su ve gerektiğinde kimyasal katkı maddeleriyle beton içerisinde kullanılır. Ayrıca, yol işlerinde dolgu malzemesi ve asfalt (bitümlü sıcak karışım) karışım malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Agregalar beton ve asfaltta iskelet malzemesi olarak kullanılmaktadır. Gerek betonda gerekse bitümlü sıcak karışımlarda çevresel etkilere karşı mukavemet ve maruz kaldıkları basınca karşı dayanım sağlamaktadırlar.

Agreganın kalitesi, betonun ve bitümlü sıcak karışımın (asfalt) basınç dayanımını ve dış etkilere karşı dayanıklılığını (durabilitesini) büyük ölçüde etkilediği için beton üretiminde kullanılacak agregalar **TS 706 EN 12620+A1,** trafiğe açık alanlardaki bitümlü karışımlar ve yüzey uygulamalarında kullanılan agregalar **TS EN 13043** standartlarına uygun olmalıdır.

Şantiye ve laboratuvarlarda yapılacak olan agrega, asfalt ve çimento deneylerinde iş sağlığı ve güvenliğine uygun tedbirler alarak çalışmalar yapılmalıdır.

1.1. ATÖLYEDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Dünya Sağlık Örgütü iş sağlığı ve güvenliğini; tüm mesleklerde çalışanların bedensel, ruhsal ve sosyal yönden iyilik hâllerinin en üst düzeyde tutulması, sürdürülmesi ve geliştirilmesi çalışmaları olarak tanımlamaktadır. İş sağlığı ve güvenliği, yasalar doğrultusunda yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır.

1.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amacı

İş sağlığı ve güvenliğinin amaçları; iş yerlerinin çalışanlar için daha güvenli hâle getirilmesi, risklerin kaynağında yok edilmesi ve koruyucu sistematik önleyici yöntemlerin kullanılmasıdır.

1.1.2. İş Kanunu ve Çalışma Mevzuatları

Çalışma hayatı ile ilgili dört kanun vardır. Bunlar:

a) 3308 Sayılı Mesleki Eğitim Kanunu: Çırak, kalfa ve ustaların eğitimi ile okullarda, yüksekköğretim kurumlarında ve işletmelerde yapılacak mesleki eğitime ilişkin esasları düzenlemektedir.

b) 4857 Sayılı İş Kanunu: İşverenler ile bir iş sözleşmesine dayanarak çalıştırılan işçilerin çalışma şartları ve çalışma ortamına ilişkin hak ve sorumluluklarını düzenlenmektedir.

c) 5510 Sayılı Sosyal Güvenlik Kanunu: Sosyal sigortalar ile genel sağlık sigortası bakımından kişileri güvence altına almak; bu sigortalardan yararlanacak kişileri ve sağlanacak hakları, bu haklardan yararlanma şartları ile finansman ve karşılanma yöntemlerini belirlemek; sosyal sigortaların ve genel sağlık sigortasının işleyişi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektedir.

d) 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu: İş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemektir.

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu; işveren, çalışan (işçi) ve üçlü sorumluluk ilkesi gereği devlete de (bakanlığa) birtakım sorumluluk ve yükümlülükler vermiştir.

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, en önemli sorumlu kişi olarak işverenleri nitelemiştir. İşverenin sorumluluğu; önlemleri alma, alınan önlemlere uyulup uyulmadığını izleme, denetleme ve uygunsuzlukları gidermedir. Buna göre işverenin yükümlülükleri şunlardır:

- İş yerinde risk değerlendirmesi yapma

- Acil durum ve tahliye planlarını hazırlama
- Yangınla mücadele ve ilk yardım çalışmalarını yapma
- İş kazası ve meslek hastalıklarının kayıt ve bildirimini yapma
- Çalışanların sağlık gözetimini yapma
- Çalışanları yasal hak ve sorumlulukları hakkında bilgilendirme
- Çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerini verme
- Çalışan temsilcisinin/temsilcilerinin görevlendirilmesi
- Elli ve daha fazla çalışanın bulunduğu ve altı aydan fazla süren sürekli işlerin yapıldığı iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliği kurulu kurma
- Diğer işverenler ile İSG çalışmalarında koordinasyonu sağlama

Çalışanlar; iş sağlığı ve güvenliği konusunda alınan her türlü önleme uymakla yükümlüdür. Çalışanlar ve mesleki eğitim alan öğrenciler kendilerine verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine katılmak zorundadır. Öğrenciler, mesleki ve teknik eğitim okullarının atölye ve laboratuvarlarında, staj ve beceri eğitimleri için gittikleri işletmelerde kendilerine verilen kişisel koruyucu donanımları kullanmak zorundadır. İşletmelerde beceri eğitimi alan staj öğrencileri, okulu tarafından iş kazası-meslek hastalığı ve hastalık sigortası ile sigortalanmaktadır.

Devlet; kanun çıkartmak, uygulama ile ilgili altyapı oluşturmak ve denetlemek ile yükümlüdür.

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre; iş yerleri az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Mesleki eğitim veren kurumlar tehlikeli iş yeri sınıfına girmektedir. İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin aralıkları ve eğitim saatleri bu sınıflandırmaya göre belirlenmiştir.

1.1.3. Altyapı Atölyesindeki (Laboratuvar) Tehlike, Risk Unsurları ve Alınacak Önlemler

Altyapı atölyesi derslerindeki tehlike, risk unsurları ve alınacak önlemler Tablo 1.1'de belirtilmiştir.

Tablo 1.1: Altyapı Atölyesi Derslerinde Tehlike, Risk Unsurları ve Alınacak Önlemler

TEHLİKE*	RİSK**	ÖNLEM
Düşme	Deney araç gerecine takılmak, ıslak zeminde kaymak.	Uyarı, ikaz ve işaretleri kullanmak, uygun ayakkabı giymek.
Yaralanma	Düşme, çarpma, kesme, alet ve makinelere uzuv sıkışması.	Uyarı, işaret ve levhalara dikkat ederek çalışmak. İşe uygun kişisel koruyucu donanım kullanmak.
Zehirlenme	Kullanılan kimyasallardan etkilenmek.	Çalışma sırasında işe uygun kişisel koruyucu kullanmak.İzin almadan kimyasal madde içeren dolapları kullanmamak.
Elektrik çarpması	Elektrikli aletlerle çalışırken elektrik akımına maruz kalmak.	Elektrikli aletlerle ilgili uyarı, ikaz ve işaretlere uymak.Kablo ucu açık ve bozuk araç gereci kullanmamak.

* İş kazası ya da meslek hastalığına sebep olacak tüm unsurlar tehlikedir.

** Tehlikelerden zarar görme ihtimali olan kazalara risk denir.

Risklerin azaltılması için laboratuvarlarda öğrencilere; iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri

verilmeli, tehlikeler gösterilmelidir. Ayrıca risklere karşı uyarı, ikaz, işaret ve levhalar asılmalı; öğrencilerin çalışma sırasında uygun kişisel koruyucuları kullanmaları sağlanmalıdır. Ayrıca her makinenin kullanma talimatı makinenin üzerinde veya yakınındaki duvarda asılı olmalıdır. Acil durumlarda makinenin durdurulması gerektiği anlatılmalıdır.

1.1.4. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Kullanılan Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD)

İş Önlüğü: Pamuklu ve polyester malzemeden üretilen, laboratuvar kullanımına uygun, tercihen beyaz renkli, çift cepli, uzun kollu, boyu diz hizasında olan ve bedene uygun önlük kullanılır.

Eldiven: Deney yaparken beyaz veya mavi renkli, nitril malzemeden üretilen muayene eldivenleri kullanılır. Numune alma, alet ve makinelerin taşınması gibi durumlarda örgü konçlu, pamuk astar üzerine yarım nitril kaplı iş eldiveni kullanılmalıdır.

Maske: Toz, su-yağ bazlı zararsız partikül ve kötü kokulara karşı aktif karbonlu, filtreleme sağlayan, ağzı ve burnu kapatacak şekilde maske kullanılmalıdır.

Gözlük: Toz ve sıvı parçacıklarının sıçramasına karşı şeffaf iş gözlüğü kullanılmalıdır.

İş Ayakkabısı: Çalışmalar sırasında ayakları sivri cisim batması, parça düşmesi ve sıkışmalara karşı veya ayakların elektrik enerjisi ile teması anında toprak direncini artırarak kazaların etkisini azaltıp ayak güvenliğini sağlayan çelik/kompozit burunlu iş ayakkabıları kullanılmalıdır.

1.1.5. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Uyulması Zorunlu Kurallar

- Laboratuvarda yapılan çalışmalar sırasında çalışmanın özelliğine göre iş ayakkabısı, gözlük, yüz maskesi, eldiven, kulaklık vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır. KKD'ler sağlığa uygunluk şartlarının sağlanması için kişiye özel olmalıdır.
- Laboratuvarda çalışırken önlük giyilmeli ve önlüğün tüm düğmeleri mutlaka kapalı olmalıdır. Önlük üzerine başka giysiler giyilmemelidir.
- Çalışma tezgâhlarının üzerine kıyafet, çanta vb. özel eşyalar konulmamalıdır.
- Laboratuvardaki çalışma alanları içinde kesinlikle yiyecek ve içecek maddesi tüketilmemelidir.
- Her deney öncesinde laboratuvar sıcaklığının 20±2 °C olması ve nem oranının en az %65 olması sağlanmalıdır.
- Deney sırasında şakalaşma, başka şeylerle ilgilenme, düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek şekilde hareket ve davranışlarda bulunulmamalıdır.
- Deneyler öğretmenin anlattığı ve gösterdiği şekilde ve öğretmenin gözetiminde yapılmalıdır. Anlatılan ve gösterilen deney yönteminden farklı bir yöntem izlenmemelidir.
- Öğretmenin bilgisi olmadan laboratuvarda çalışma yapılmamalıdır.
- Deney sırasında beklenmeyen bir durum ortaya çıktığında hemen laboratuvar öğretmenine haber verilmelidir.
- Elde yara veya kesik varsa üzeri su geçirmez bantla kapatılmalıdır.
- Laboratuvar zemininin kaygan olmasına yol açacak su ve yağ gibi kirlenmelere izin verilmemelidir.
- Numune veya malzeme alımında daima temiz araç gereç kullanılmalı, aynı araç gereç temizlenmeden başka bir madde içine sokulmamalıdır.
- İçinde kimyasal madde bulunan kaplar mutlaka etiketli olmalı. Etiketin üzerinde malzemenin adı, hazırlanış tarihi, kullanım süresi ve özellikleri yazılı olmalıdır.
- Laboratuvarda bulunan bütün kimyasallar, tehlike içerir. Bu nedenle kimyasallara çıplak elle dokunulması, kimyasalların tadına bakılması ve koklanması kesinlikle tehlikelidir.
- Kimyasallar ve hazırlanan çözeltiler izinsiz boşaltılmamalı ya da dökülmemelidir.
- Kabından alınan kimyasallar kullanılmasa bile hiçbir zaman tekrar orijinal kabına konul-

mamalı, orijinal kabın içerisine pipet daldırılmamalıdır.

- Bir çözeltiyi almak için kullanılan pipet farklı bir çözelti şişesine sokulmamalıdır.
- Ağızla pipetleme yapılmamalı, tek kullanımlık plastik ve otomatik pipetler veya puar gibi pipetleme gereçleri kullanılmalıdır.
- Alev alıcı sıvılar, sadece gerekli miktarda, kapalı bir kap içerisinde deney tezgâhı üzerinde bulunmalı ve ısı kaynaklarından (elektrikli ısıtıcı vb.) uzak tutulmalıdır.
- Tüm asitler ve alkaliler sulandırılırken daima suyun üzerine ve yavaş yavaş dökülmeli, asla tersi yönde hareket yapılmamalıdır.
- Termometre kırıklarının cıvalı kısımları ya da cıva artıkları asla çöpe ya da lavaboya atılmamalıdır.
- Cıva herhangi bir şekilde dökülürse vakumlanarak ya da köpük tipi sentetik süngerlerle toplanmalıdır. Eğer toplanamayacak kadar az miktarda ise üzerine toz kükürt serpilerek zararsız hâle getirilmelidir.
- Kimyasal atıklar, laboratuvar öğretmeninin talimatlarına uygun olarak işleme tabi tutulmalıdır. Kimyasal maddeler, çevreye ve insan sağlığına zarar verebileceğinden lavabolara veya başka yerlere kesinlikle dökülmemelidir.
- Laboratuvar ortamına kimyasal madde ve/veya numune döküldüğü takdirde derhal temizlenmeli, gerektiğinde durum laboratuvar öğretmenine bildirilmelidir.
- Laboratuvar kimyasallarının (yanıcı, patlayıcı, parlayıcı maddeler) kullanımı sırasında üzerlerindeki güvenlik bilgilerine uygun davranılmalıdır. Bunların yanına ateş, elektrik kontağı ve kıvılcım oluşmaması amacıyla yanıcı, parlayıcı, patlayıcı maddeler ile yaklaşılmamalıdır.
- Termometre, pipet vb. yuvarlanabilecek cam eşyalar, laboratuvar tezgâhı üzerine yere düşmelerini önleyecek şekilde konulmalıdır.
- Soğuk ve sıcak camın görüntüleri aynı olduğundan ısıtılmış cam eşya herhangi bir uyarı olmaksızın gelişigüzel bir yere konulmamalıdır.
- Kullanımdan sonra cam eşyalar distile su ile yıkanmalıdır.
- Kırık cam malzemelere kesinlikle çıplak elle dokunulmamalıdır. Kırılan cam malzemeler derhâl süpürülüp dikkatle uygun bir yere atılmalıdır. Kırık camlar, çöp kutusuna değil geri dönüşüm kutusuna atılmalıdır.
- Etüv veya fırın kullanırken mevcut sıcaklık ayarı değiştirilmemelidir.
- Etüv, fırın gibi cihazlarda plastik eldiven kullanılmamalıdır. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanılmalıdır.
- Çözücülerle yıkanan malzemeler, patlama riski nedeniyle kurutulmak üzere etüve konulmamalıdır.
- Hassas terazinin dengesi kontrol edilmelidir. Denge durumunda, su terazisindeki hava kabarcığının ortalanmış olması gerekmektedir. Hassas terazi, kullanılmadığı zamanlarda kapalı ve yüksüz olmalıdır.
- Hassas terazi üzerine veya etrafına kimyasal madde dökülmemesine özen gösterilmelidir. Dökülen kimyasal madde fırça ile temizlenmelidir.
- Laboratuvardaki bütün elektrikli cihaz prizlerinin topraklamalı olması ve elektrik yalıtımlarının çift ya da takviyeli yapılması gerekmektedir. Elektrik kablosu zedelenmiş cihazların laboratuvarda kullanımına izin verilmemeli, hasarlı kablolar derhal değiştirilmelidir.
- Elektrikli aletlerin elektrik bağlantısı yapılırken ellerin tamamen kuru olmasına dikkat edilmelidir.
- Kullanılmadığı sürece etüv ve elektrikli ısıtıcılar daima kapalı tutulmalıdır. Isıtılmış etüv, ocak vb. alet ve cihazlar gözetimsiz bırakılmamalıdır.
- Atölye deney aletleri veya elektrikli cihazları izinsiz çalıştırmamalı, kullanımı tam olarak bilinmeyen cihazlar kesinlikle kullanılmamalıdır.

- Çimento su içinde sertleşebilen bir malzemedir. Bu sebeple çimento hamuru bulaşmış aletler, giderlerin tıkanmaması için normal lavabolarda yıkanmamalıdır.
- Çimento ve bitüm esaslı çalışmalarda kirli alet ve cihaz temizlikleri iş bitiminden hemen sonra uygun yöntemlerle yapılmalıdır.
- Cihazlar, üreticilerinin önerdiği ve imal edildikleri materyallere uygun temizlik malzemesi ile temizlenir. Çalışmalar sırasında kullanılan yıkanabilir malzemeler, işlem tamamlanır tamamlanmaz aynı gün içinde yıkanmalı; kirli malzemelerin biriktirilmesine izin verilmemelidir.
- Deney bittikten sonra kullanılan malzemeler, deney düzeneği ve deney tezgâhının temizliği özenle yapılmalıdır.
- Çalışma bittikten sonra eller sabunlu su ve gerektiğinde antiseptik bir sıvı ile yıkanmalıdır.

1.2. AGREGA DENEYLERİ İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI

Deneylerde kullanılan araç gereç, her an kullanıma hazır durumda ve standartlarda belirtilen teknik özelliklerde olmalıdır. Bu sebeple her deney sonrasında deney araç gerecinin temizlik ve bakımlarının yapılması zorunludur.

1.2.1. Deney Aletleri ve Özellikleri

Laboratuvarda ve şantiyede agrega deneylerinin yapılmasında kullanılan aletlerin tümüne **deney aletleri** denir. Deney aletleri, her kullanımdan sonra gerekli temizliği yapılarak yerine konulmalıdır.



Görsel 1.1: Elek, pan ve kapak

Elekler, Pan ve Kapak: Elekler, **TS EN 933-2**,**TS ISO 3310-1** ve **ASTM E11** ulusal ve uluslararası standartlara uygun, metal delikli ya da tel örgülü, çeşitli boyutta göz açıklığına sahip, uzun kullanım ömrü sağlayacak dayanıklılık ve kalitede üretilmektedir. Agrega deneylerinde, iri ve ince taneli malzemelerin eleme yolu ile sınıflandırılmasında kullanılır. Elekten alta geçen malzemeyi tutmak için pan (tava) ve eleğin ağzını kapatmak için de kapak kullanılır (Görsel 1.1).

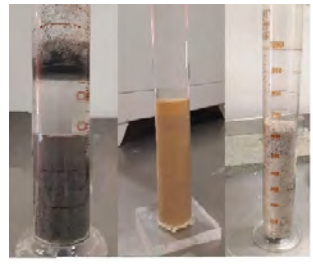


ASTM : American Society for Testing and Materials'ın [Amerikın sosayti for testin end materiils (Amerikan Malzeme Test Birliği)] kısaltmasıdır.
ISO: International Organization of Standardization [İnterneşınıl organizeyşın of standardızeyşın (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)]'nın kısaltmasıdır.
EN : EN [Yüropın norm (European Norm)], Avrupa Birliği'nde standartlar arasında uyumu sağlamak için oluşturulmuş olup Avrupa Standartlarının kısaltmasıdır.

Paslanmaz Çelik Tepsi (Tava): Agregalarda rutubet miktarının saptanmasında ve agrega deney numunesinin alınmasında kullanılır. Paslanmaz çelik malzemeden üretilmiş, boyutları 40×60 cm ve derinliği 5 cm yüksekliğinde olmalıdır (Görsel 1.2).



Görsel 1.2: Tepsi (tava)



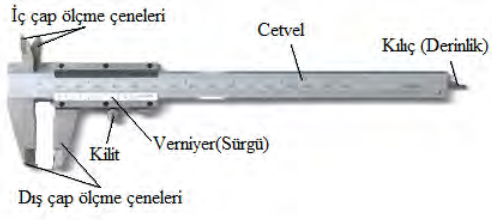
Görsel 1.3: Cam mezür veya şişe



Görsel 1.4: Elektrikli ocak

Organik Madde ve Kil (İnce Madde)Tayini Şişesi: 500 mL veya 1000 mL kapasiteli, ağzı sıkıca kapatılabilecek şekilde cam mezür veya plastik mezür olmalıdır (Görsel 1.3).

Elektrikli Ocak (Tablalı Isıtıcı): Agrega rutubet (nem) tayini deneyinde, agreganın kurutulmasında ispirtoya alternatif olarak elektrikle çalışan, emaye yüzeyli, ayarlanabilir termostat düğmeli tek/çift gözlü ocak veya tablalı ısıtıcı kullanılabilir (Görsel 1.4).



Görsel 1.5: Kumpas

Sürgülü (Verniyerli) Kumpas: Paslanmaz çelikten üretilen sürmeli kumpaslar, hareketli bir çene, gövde ve kılıç kısımlarından meydana gelir. Kumpas cetvelinin alt kısmında mm, üst kısmında parmak (inch) taksimatları bulunur. Agregalarda şekil indeksinin belirlenmesinde, 200 mm uzunluğunda, 0,05 mm aralıkla taksimatlandırılmış kumpas kullanılır (Görsel 1.5).



Görsel 1.6: Metre ve cetvel

Şerit Metre ve Çelik Cetvel: Çökeltme yöntemiyle kil tayini deneyinde, kil kalınlığını ve numune yüksekliğini ölçmek için çeşitli uzunlukta, çelik şerit metre veya paslanmaz çelik cetvel kullanılabilir (Görsel 1.6).

1.2.2. El Araçları ve Özellikleri

Agrega deneylerini, laboratuvar ve şantiye şartlarında yapmakta kullanılan aletlere **el araçları** denir.

Kare Ağızlı Kürek: Numune alma, azaltma ve karıştırma işlerinde kullanılan çelik malzemeden üretilen el aletidir (Görsel 1.7).

Tel Fırça: Tahta gövdeli, çelik veya pirinç tel fırçalar, iri göz açıklıklı eleklerin temizliğinde kullanılır (Görsel 1.8).

Plastik Kova ve Tekneler: Takviyeli plastikten imal edilmiş olup genel amaçlı kullanım ve agrega deney numunelerini almada kullanılır (Görsel 1.9).



Görsel 1.7: Kürek



Görsel 1.8: Tel fırça



Görsel 1.9: Plastik kova ve tekne

Dörtleme (Çeyrekleme) Brandası: Agrega deney numunesi hazırlanırken agrega numunelerinin çeyreklenerek azaltılması sırasında kullanılan ebatları 2×2 m olan PVC malzemeden üretilen örtüdür (Görsel 1.10).

El Küreği (Şaşula): Agrega deney numunelerinin alınmasında ve deney kaplarına doldurulmasında kullanılan, paslanmaz çelik malzemeden üretilen 1000 g kapasiteli el aletidir (Görsel 1.11).

Çelik Mala: Agrega numunesinin çeyrekleme yapılarak azaltılması sırasında ve rutubet tayini deneyinde, agrega deney numunesinin karıştırılmasında kullanılan ahşap veya plastik saplı, çelik malzemeden üretilen el aletleridir (Görsel 1.12).



Görsel 1.10: Branda



Görsel 1.11: El küreği



Görsel 1.12: Çelik mala

1.2.3. Ölçü Araçları ve Özellikleri

Agrega deneylerinde, ağırlık ve hacimlerin belirlenmesinde kullanılan araçlara **ölçü araçları** denir.

Cam Beher: Sıvı malzemelerin ölçülmesinde ve çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan çeşitli hacimlerde (500, 600, 800, 1000 mL), taksimatlı cam malzemeden üretilen ölçü kabıdır (Görsel 1.13).

Dijital Terazi: 20 veya 30 kg çekerli, dijital göstergeli ve 0,1 g duyarlıkta hassas tartım yapabilir olmalıdır (Görsel 1.14). Terazinin hassasiyet değerlerini kaybetmemesi için maksimum tartım kapasitesinin üzerinde yükleme yapılmamalıdır.



Görsel 1.13: Cam beher



Görsel 1.14: Dijital terazi

Elektronik Baskül: 150 kg çekerli, dijital göstergeli ve 10 g duyarlıkta olmalıdır (Görsel 1.15). Baskül terazinin hassasiyet değerlerini kaybetmemesi için maksimum tartım kapasitesinin üzerinde yükleme yapılmamalıdır.

Plastik Beher: İspirto ve çeşitli sıvıları dökmek için kullanılan 2 L kapasiteli, plastik ölçü kabıdır (Görsel 1.16).



Görsel 1.15: Elektronik baskül

Görsel 1.16: Plastik beher

1.2.4. Deney Malzemesi ve Miktarı

Deneyde kullanılacak agrega numunelerine **deney malzemesi** denir. Agrega deneyleri için agrega ocaklarından veya depolardan, kaynağı en iyi temsil edecek şekilde numune alınmalıdır. İnce agrega için en az 10 kg, iri agregada ise en büyük tane boyutuna bağlı olarak 10-150 kg arasında numune alınır. Alınan toplam numuneler, **TS EN 932-1** standardına uygun azaltılarak laboratuvar numunesi elde edilir. Pratikte, **en büyük agrega tane boyutunun iki katı veya fazlası [İri agrega miktarı (kg) ≥ 2×En büyük tane boyutu (mm)]** numune alınır. Agrega deneyleri için laboratuvar numunesi, **TS EN 932-2** standardına göre bölgeç ya da çeyrekleme yöntemiyle yeterli miktara kadar azaltılarak deney numunesi kısmı elde edilir.

1.3. ŞANTİYEDE AGREGAYI GÖZLE MUAYENE

Beton ve asfalt üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırma taş gibi mineral taneli malzemelere **agrega** denir. Agregalar, en önemli yapı malzemelerinden olan betonun hacimce %60-80'ini, bitümlü yol kaplamalarının ağırlıkça %90-95'ini, hacimce %75-85'ini oluşturmaktadır.

Agrega içerisindeki beton ve bitümlü karışımlar için zararlı olan organik madde ve kil içeriğinin miktarı, agregaların tane boyu dağılımı, gözenekliliği, su emmesi, dış etkenlere dayanıklılığı ve geometrik şekli betonun ve bitümlü yol kaplamasının genel performansını etkileyeceğinden fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin tayin edilmesi kaliteli ve uzun ömürlü beton ve bitümlü kaplama üretebilmek açısından çok önemlidir.

1.3.1. Agrega Çeşitleri ve Özellikleri

Agregalar; elde ediliş şekillerine (kaynaklarına), birim ağırlıklarına ve tane iriliklerine (boyutuna) göre üç grupta sınıflandırılır.

1.3.1.1. Elde Ediliş Şekillerine (Kaynaklarına) Göre Agregalar

Doğal Agrega: Eski dere ve nehir yataklarından oluşan ocaklar, deniz ve göl kenarları; çöl, ova ve taş ocakları gibi doğal kaynaklardan çıkarılan işlenmiş (kırılmış) ya da işlenmemiş (kırılmamış) mineral yapılı malzemelerdir.İşlenmiş agregalarda; kayaçlar taş ocağında patlatma yöntemiyle parçalanır. Daha sonra konkasör adı verilen taş kırma makinelerinde kırılarak boyutsal olarak küçültülür. Kırılmış ürün, istenen agrega tane boyutlarının elde edilmesi için eleklerden geçirilir.

Yapay Agrega: Yüksek fırın cürufu, uçucu kül, genleştirilmiş kil, genleştirilmiş perlit gibi endüstriyel işlem sonucunda elde edilen agregalardır. Yan ürün veya atık malzemelerden oluşur.

Geri Kazanılmış Agrega: Önceden yapılarda kullanılmış olan inorganik malzemelerin işlemden geçirilmesi sonucunda elde edilen agregalardır. Geri kazanılmış agrega toplam agreganın %5'inden fazla kullanılamaz.

1.3.1.2. Birim Ağırlıklarına Göre Agregalar

Hafif Agregalar: Yoğunluğu **2400 kg/m³**ten küçük olup betonun birim ağırlığını azaltmak, ses ve ısı yalıtım özelliklerini artırmak için kullanılan agregalardır. Doğrudan doğadan (pomza taşı, volkanik tüf, lav vb.) elde edilebileceği gibi atık maddelerin değerlendirilmesi için işlenmiş şekilde hafif yapay agregalar (genleştirilmiş kil, şist, perlit, vermikulit, arduaz, termik santral külleri, genişletilmiş letye vb.) olarak da elde edilebilir.

Normal Agregalar: Yoğunluğu **2400-2800 kg/m³** arasında olan agregalardır.

Ağır Agregalar: Yoğunluğu **2800 kg/m³**ten büyük olan agregalardır. Barit, limonit, magnetit (mıknatıs taş), hematit gibi demir cevherleri doğal agregalar veya demir kırıntıları gibi sanayi artıkları yapay ağır agregalar olabilmektedir.

1.3.1.3. Tane İriliklerine (Boyutuna) Göre Agregalar

İnce Agrega: 4 mm elek altına geçen agregalardır. Şantiyelerde ince agrega "kum" ya da "kırma kum" olarak adlandırılır. Kırılmamış tanelerden meydana gelen ince agregaya **doğal kum (0-4 mm),** kırılmış tanelerden meydana gelen ince agregaya **kırma kum (0-5 mm taş tozu),** 0,25 mm açıklıklı kare delikli elek altına geçen ince malzemeye **taş unu** denir (Görsel 1.17).



Doğal Kum (0-4 mm) Kırma kum (0-5 mm) Taş unu(<0,250)

Görsel 1.17: İnce agregalar

İri Agrega: 4 mm açıklıklı, kare delikli elek üzerinde kalan agregalardır. Şantiyelerde iri agrega "çakıl" ya da "kırma agrega" olarak adlandırılır. Kırılmamış tanelerden meydana gelen iri agregaya **çakıl** (Görsel 1.18), kırılmış tanelerden meydana gelen iri agregaya **kırma taş (mıcır)** denir.

Görsel 1.18'de verilen, asfalt ve beton üretiminde kullanılan kırma taş (mıcır) aşağıda belirtilen boyutlardadır.

- 1 numara mıcır: 5-12 mm
- 2 numara mıcır: 12-22 mm
- 3 numara mıcır: 22-32 mm



Çakıl 1 No.Mıcır (5-12mm) 2 No.Mıcır (12-22mm) 3 No.Mıcır (22-32mm)

Görsel 1.18: İri agregalar

Karışık (Tüvenan) Agrega: Doğal agrega ocağından doğrudan doğruya elde edilen, iri ve ince taneli agregaların karışımından oluşan agregalardır. Bu tür agregalar genellikle alt temel veya dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Normal betonda kullanılmamalıdır.

1.3.2. Agreganın Rengi

Saflığı, içinde kil ve bitkisel toprak vb. bulunup bulunmadığı gözlenebilir. Agreganın rengi genelde gri olur.

1.3.3. Kaba ve Yabancı Maddeler

Bitki artıkları, ağaç, kömür, cam ve kâğıt parçacıkları, mika pulcukları, suda çözülebilen kil topakları, tuz, şeker vb. malzemelerdir. Bu maddeler; betonun priz alma süresinin uzamasına, iri agrega ile çimento arasındaki aderansın zayıflamasına, dayanım ve dayanıklılığın düşmesine sebep olacağından agrega içerisinde bulunmamasına dikkat edilmelidir.

1.3.4. Agregalarda Hafif Maddelerin Bulunması

Agrega içerisine çeşitli yollarla karışabilen kömür, fosil, linyit taneleri ve deniz hayvanı kabukları normal agregaya oranla hafif olur. Kömür varlığı, kükürdün varlığına gösterge sayılabilir. Kükürt ise beton için zararlı sülfat etkisine yol açar. Hafif maddelerin mukavemetleri çok düşüktür. Donma-çözülme olaylarında kolay parçalanır ve çimento için zararlı maddeler içerir. **TS 3528** standardına göre agregada hafif madde yüzdesi, yoğunluğu 2,0 kg/dm³ olan bir sıvı içerisinde batma ve yüzme ilkesinden faydalanarak tayin edilmektedir. Hafif madde miktarı ağırlıkça %0,5'ten fazla olmamalıdır.

1.3.5. Agregaların Yüzey Yapısı

Camsı, düzgün, taneli, pürüzlü, kristalli ve çok boşluklu olarak sınıflandırılabilir. Agreganın yüzey yapısı, çimento hamuru ile agrega arasındaki bağı ve karışımın su ihtiyacını etkiler. Dış yüzeyleri pürüzlü olan tanelerin çimento hamuruna olan aderansı, parlak ve kaygan yüzeyli olanlardan daha fazladır. Taneler; su ile çözülebilen kil, toz veya mika pulcuklarından oluşmuş bir kabukla örtülü olmamalıdır. Hava etkileriyle bozulmuş, yumuşak veya zayıf taneler kullanıldıkları betonun dayanım ve dayanıklılığını azaltır.

1.3.6. Agreganın Donmaya Dayanıklılığı

Suyu kuvvetle emen, dağılmaya eğimli, hafif kumlu agrega taneleri genellikle dondan olumsuz etkilenir.

1.3.7. Agreganın Tane Şekli

Agregalar tane şekillerine göre yuvarlak, düzensiz, köşeli, yassı veya uzun olarak sınıflandırılabilir. Betonun minimum boşluklu olması ve daha az karma suyu ihtiyacı için betonda kullanılan agrega tanelerinin mümkün olduğu kadar küre veya küpe yakın (kübik) olması istenir. Tanenin en büyük boyutunun, en küçük boyutuna oranı üçten büyük olan tanelere şekilce **kusurlu taneler** denir. Gerektiğinde iri agregaların tane şekli, **TS EN 933-3'**te belirtilen yassılık indeksi cinsinden tayin edilmelidir. Yassılık indeksi, iri agregaların tane şeklinin tayininde referans deney olarak kullanılmalıdır. İstendiğinde ise **TS EN 933-4'**e uygun olarak tayin edilmiş olan şekil indeksi, belirli bir uygulama veya kullanıma göre **TS 706 EN 12620+A1** standardında verilmiş olan Tablo 1.2'deki ilgili kategoriye (SI) göre beyan edilmelidir.

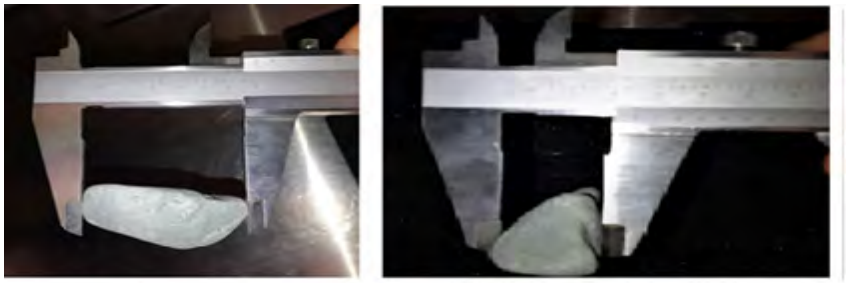
Tablo 1.2: En Büyük Şekil İndeksi Değerine Göre Kategoriler

Şekil İndeksi (%)	Kategori (SI)
≤ 15	SI_{15}
≤ 20	SI_{20}
≤ 40	SI_{40}
≤ 55	SI_{55}
>55	SI_{beyan}
Serbest	SI_{NR}

TS 706 EN 12620+A1 standardına göre SI15 kategorisi en uygun kategoridir. Şekilce kusurlu tanelerin toplam karışım içerisindeki kütlece oranı %15'i aşmamalıdır. Tane büyüklüğü 8 mm ve daha fazla olan iri agregalarda şekilce kusurlu (yassı ve uzun) tanelerin ağırlıkça oranı %50'den çok olmamalıdır.

Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi) Deneyi Yapılışı: Bu deney, betonda kullanılması düşünülen beton agregalarının kübiklik (küp şeklinde olan) yüzdesini tayin etmek için yapılır.

- 4-63 mm boyutundaki numunelerin şekil indeksleri, **TS EN 933-4** standardına uygun şekilde yapılır.
- 4 mm üzerindeki değişik boyutta iri agregalardan, aynı tane sınıfı aralığından üç deney yapılır.
- Her deney için en az 100 adet numune alınır ve ilk kütlesi tartılarak M_1 olarak Tablo 1.3'e kaydedilir.
- Her bir agrega tanesinin tane boyu ve tane kalınlığı (eni), Görsel 1.19'daki gibi verniyerli kumpas ile ölçülür.



Görsel 1.19: Kumpas ile tane ölçümü

- Boy/en oranı üçten büyük olan kusurlu agregaların ağırlığı tartılır ve M_2 olarak Tablo 1.3'e kaydedilir.
- Üç numune için ayrı ayrı şekil indeksi, $SI = (M_2 / M_1).100$ denklemi ile hesaplanır.
- Üç deneydeki kusurlu agrega oranı ortalaması alınarak en yakın ondalığa yuvarlanır ve bu değere göre Tablo 1.2'deki şekil indeksi kategorisi belirlenir.
- Deney yapılan ortam ve deneyde kullanılan araç gerecin temizliği yapılır.
- Deney sonuçları ve deney raporu tutanak hâlinde hazırlanır, imzalanarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 1.3: Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi = SI) Deney Takip Formu

Deney Numunesi	Agrega Tane Sınıfı Aralığı (mm)	Deney Numunesi Kütlesi (M_1) (g)	Kusurlu Agrega Kütlesi (M_2) (g)	SI (%)	Kusurlu Agrega Oranı (%)	Şekil İndeksi Kategorisi
1. Numune						
2. Numune						
3. Numune						
Kusurlu Agrega Oranı Aritmetik Ortalaması ($SI_{ort.}$):						

1. DENEY UYGULAMASI

İki farklı ocaktan üçer set hâlinde alınan, 16-32 mm tane aralığındaki iri agrega numuneleri ile ayrı ayrı tane şekli tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi) Deneyi

Deney Süresi : 2 Saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. • Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• Numunelerin iri agregayı temsil edecek özellikte ve 4 mm'den büyük olmasına dikkat ediniz. • Her setteki numune kütlesini hassas terazide tartarak Tablo 1.3'teki ilgili satır ve sütuna kaydediniz (M_1).	
 Tanelerin en ve boylarının kumpasla ölçülmesi	• Ölçüm işlemine başlamadan önce kumpas kullanımını öğrendiğinizden emin olunuz. • Dış, iç ve derinlik ölçümlerini uygulamalı olarak yapınız. • Her bir iri agrega tanesinin en dar ve en geniş kısımlarını ölçmeye dikkat ediniz. • Hareket hâlindeki malzemeleri ölçmeyiniz. • Ölçüm sırasında kumpasın çeneleri ile agrega tanesine fazla baskı yapmamaya özen gösteriniz. • Okuma yaparken kumpasa dik bakınız.	
Kusurlu tanelerin ayrılması ve kütlesinin belirlenmesi	• Boy/en oranı üçten büyük olan taneleri kusurlu olarak kabul ediniz ve ayırınız. • Her setteki kusurlu tanelerin tartımını yaparak kütlesini Tablo 1.3'teki ilgili satır ve sütuna kaydediniz (M_2).	
Kusurlu tane oranının hesaplanması ve şekil indeksi kategorisinin belirlenmesi	• Her bir tane sınıflandırması için "SI = (M_2 / M_1).100" formülünü kullanarak kusurlu tane oranını hesaplayınız. • Aynı tane sınıfına ait üç deneyin kusurlu tane oranının aritmetik ortalamasını alınız. Sonuçları en yakın ondalıklı sayıya yuvarlayarak ortalama şekil indeksi oranını bulunuz. Ortalama şekil indeksine ($SI_{ort.}$) göre kategori belirleyiniz.	

Deney sonuçlarının tabloya işlenmesi ve sonuçların değerlendirilmesi	• Hesaplamalarınızı Tablo 1.5'e işleyiniz. Çıkan ortalama sonucun %15'in altında ve üstünde olma durumuna göre agregalarınızın uygunluğuna karar veriniz. • İki farklı ocak için sonuçları kıyaslayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sırasında, çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz tutunuz. Deney sonrasında da çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereci özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında "Tablo 1.5: Deney Raporu"nu, grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

1.4. ŞANTİYEDE AGREGA ORGANİK MADDE, NEM VE KİL MİKTARI TAYİNİ

Agreganın içindeki bitki artıkları, humus gibi bazı zararlı maddelere **organik maddeler** denir. Organik maddeler daha çok, kumlarda bulunur. Humus, turba, organik balçık gibi organik maddelerin beton agregasında bulunmaması istenir. Çünkü bu maddeler betonun prizini ve sertleşmesini geciktirerek dayanımının düşmesine neden olur.

Beton ve bitümlü karışımlarda (asfalt) kullanılacak olan agreganın nem durumu önemlidir. Betona katılacak agreganın doygun kuru yüzey (DKY) durumunda olması beklenirken bitümlü karışım (asfalt) üretiminde kullanılacak agreganın ise etüv kurusu durumunda olması istenir. Bu nedenle hava şartlarına bağlı olarak üretimde kullanılacağı gün, agreganın rutubet miktarı mutlaka ölçülmelidir.

Agrega tanelerinin yüzeylerine yapışmış olarak bulunan kil, silt, taş unu, toz vb. tane büyüklüğü 0,063 mm'den (No.230) küçük olan maddelere **ince maddeler** denir. Standartlara göre 0,05-0,002 mm irilikteki malzeme silt; 0,002 mm'den küçük malzeme de kil olarak adlandırılmaktadır. Şantiyeye getirilen agrega tanelerinin yüzeyinde gevşek bir tabaka gibi yer alan kil ve agreganın içindeki kil, silt, taş unu gibi ince maddelerin miktarının çok fazla olması istenmemektedir. Agregada bulunan ince madde, agrega karışımının içindeki aderansı (bağlayıcılığı) zayıflatır.

1.4.1. Agrega Organik Madde Tayini Deneyi (TS EN 1744-1)

Bu deney, şantiyede iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak **TS EN 1744-1** standardına uygun olarak agrega içinde betona zarar verebilecek organik madde oranını tespit etmek için yapılır. Agregalarda organik madde bulunup bulunmadığını anlamak için renklendirme metodu uygulanır.

Tablo 1.4: Agregada Organik Maddelerin Miktarı (TS EN 1744-1)

Çözelti Rengi	Organik Madde	Agreganın Durumu
Renksiz veya çok hafif sarı	Organik madde ya hiç yok ya da çok az var.	Yüksek kaliteli beton için kullanılmaya elverişlidir.
Safran Sarısı	Az miktarda var.	Normal işlerde kullanılır.
Belirli Kırmızı	Var.	Sadece önemsiz işlerde kullanılır.
Belirli Kahverengi	Çok Var.	Kullanılmaz.

1.4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

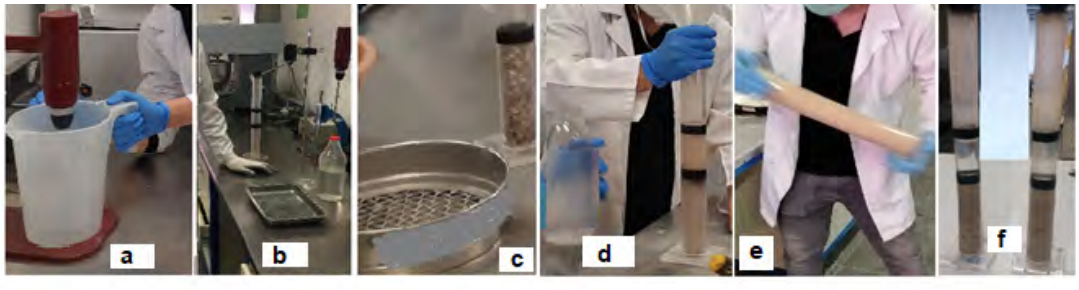
Cam şişe veya mezür (250-500 mL kapasiteli, plastik kapaklı), 30 g sodyum hidroksit (NaOH), terazi (30 kg kapasiteli, 0,1 g hassasiyetli), 8 mm elek, 1000 mL saf (distile) su, agrega deney numunesi, el küreği, çelik mala

1.4.1.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Agrega malzemesinin tamamını temsil edecek şekilde, 8 mm açıklıklı kare göz elek altına geçen agregadan 2 kg alınır. Daha sonra bu numune **TS EN 932-2**'ye göre istenen miktara indirilerek 500 g deney numunesi kısmı alınır.

1.4.1.3. Agrega Organik Madde Tayini Deneyi Yapılışı

- Deneye başlamadan en az 24 saat önce, 30 g sodyum hidroksit tartılır ve 1000 mL saf su içerisinde çözerek %3'lük sodyum hidroksit çözeltisi hazırlanır (Görsel 1.20a).
- Standarda uygun alınan, 8 mm açıklıklı, kare göz elekten geçen 500 g numune hava kurusu duruma getirilir (Görsel 1.20b).
- **TS EN 932-2** standardına uygun olarak yaklaşık 200 g deney numunesi alınır ve şişe veya cam mezürün 130 mL işaret çizgisine kadar doldurulur (Görsel 1.20c).
- Daha sonra numune üstüne, 200 mL işaret çizgisine ulaşıncaya kadar %3'lük sodyum hidroksit çözeltisi ilave edilir (Görsel 1.20d).
- Agrega taneleri ve çözelti dökülmeyecek şekilde, şişe veya dereceli ölçü silindirin ağzı kapatılır ve iyice çalkalanır. Çalkalamaya, tanelerin arasından koyu renk bulutları kaybolunca kadar devam edilir (Görsel 1.20e).
- Deney iki ayrı numuneye uygulanır.
- Şişe veya dereceli ölçü silindiri, askıdaki malzemelerin çökelmesi için sarsıntısız ve karanlık bir yerde 24 saat dinlendirilir (Görsel 1.20f).



Görsel 1.20: Organik madde tayini deneyi

- 24 saat bekletildikten sonra çözelti rengi gözlenir ve Tablo 1.5'e kaydedilir (bk. 47. s).

- Sonuçlar, deney formuna (Tablo 1.5) işlenir ve Tablo 1.4'e göre değerlendirilir. Her iki ölçü silindirinde de agregaların üzerindeki sıvı renksiz veya açık sarı ise zararlı oranda organik madde bulunmadığına; herhangi birinin içinde koyu sarı, kahverengi veya kırmızımsı bir renk oluşmuş ise zararlı oranda organik madde bulunduğuna karar verilir.
- Deney yapılan ortam ve deneyde kullanılan araç gerecin temizliği yapılır.
- Deney sonuçları ve deney raporu tutanak hâlinde hazırlanır. imzalanarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim edilir.

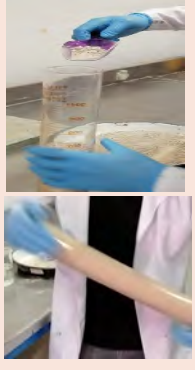
2. DENEY UYGULAMASI
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21669

İki farklı ocaktan ikişer set hâlinde alınan 0-8 mm agrega deney numuneleriyle agrega organik madde tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Agregada Organik Madde Tayini Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 2 saat, Deney takip 24 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. • Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız. • Termometre, cam mezür, pipet vb. yuvarlanabilecek cam eşyaları, laboratuvar tezgâhı üzerine yere düşmelerini önleyecek şekilde koyunuz. • Tüm asitleri ve alkalileri sulandırırken daima suyun üzerine ve yavaş yavaş dökünüz, asla tersi yönde hareket yapmayınız. • Kimyasal maddeleri, çevreye ve insan sağlığına zarar verebileceğinden lavabolara veya başka yerlere kesinlikle dökmeyiniz. • Laboratuvar ortamına kimyasal madde veya numune dökülürse derhal temizleyiniz, gerektiğinde durumu öğretmeninize bildiriniz. • Kullanılmadığı durumlarda etüv ve elektrikli ısıtıcıları daima kapalı tutunuz.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	

 Sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisinin hazırlanması	• 1000 mL saf suyu cam beher içerisine ölçerek alınız. • Hassas terazide 30 g sodyum hidroksit tartarak dikkatlice alınız. • 30 g sodyum hidroksiti, 1000 mL saf su içerisinde çözerek %3'lük çözeltiyi hazırlayınız. • Çözeltiyi en az 24 saat sonra kullanılacak şekilde ağzı kapalı bir kaba koyarak dinlendirmeye bırakınız.	
 Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• Numunelerin, agrega yığınını temsil edecek özellikte olmasına dikkat ediniz. • Numuneyi, 8 mm elek üzerinde dikkatlice eleyiniz. • Elek altına geçen kısımdan 500 g alınız. • Deney numunesini hava kurusu durumuna getiriniz. • Numuneyi, **TS EN 932-2** standardına uygun azaltarak yaklaşık 200 g deney numunesi kütlesini hassas terazide tartarak alınız.	
 Şişe ve cam mezüre agrega numunesinin doldurulması ve NaOH çözeltisi eklenmesi	• Deney numunesini cam mezür veya şişe içerisine kürek yardımıyla 130 mL ölçü çizgisine kadar doldurunuz. • Deney numunesi üzerine 200 mL ölçü çizgisine kadar hazırladığınız %3'lük çözeltiyi ekleyiniz. • Cam mezürün ağzını eldiven veya tapa kullanarak sıkıca kapatınız. • Cam mezürün ağız kısmını elle kapatarak 1 dakika boyunca tüm agregalar ıslanıp renk bulutları kayboluncaya kadar şiddetli çalkalayınız. • Çözelti seviyesi aşağı düşmüşse cam mezür iç duvarını yıkayacak şekilde dikkatlice 200 mL çizgisine kadar çözeltiyi ekleyiniz.	
 Cam mezür veya şişenin güneş almayan sarsıntısız bir yerde 24 saat boyunca bekletilmesi ve renk değişiminin gözlemlenmesi	• 24 saat sonunda cam mezürü sarsmadan, iki agrega numunesi üzerindeki sıvı kısmın renk değişimini gözlemleyiniz ve Tablo 1.5'e kaydediniz.	

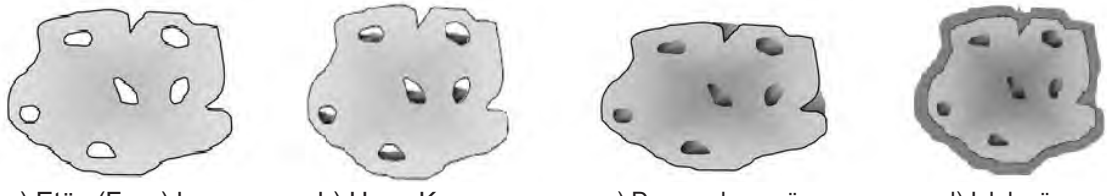
Deney takip formunun doldurulması ve sonuçların değerlendirilmesi	• Sıvının renk durumuna göre Tablo 1.4'teki organik madde durumunu belirleyiniz ve Tablo 1.5'e kaydediniz. • İki farklı ocak için sonuçları kıyaslayınız. • Sonuçları değerlendirerek agreganın uygunluğu hakkında karar veriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sırasında, çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz tutunuz. • Deney sonrasında da çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereci özenle temizleyiniz. • Kullanımdan sonra cam araç gereci distile su ile yıkayınız. • Araç gerecin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında "Tablo 1.5: Deney Raporu"nu, grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

1.4.2. Agrega Nem (Rutubet) Miktarı Tayini Deneyi

Bu deney, şantiye ortamında iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınarak beton karışımında kullanılacak agregaların özellikleri ve hava şartlarına göre agregadaki nem oranının tespiti için agreganın kurutulmasıyla yapılır.

Agrega taneleri boşluk içerdiği için agregalarda bulunabilecek rutubet durumları Görsel 1.21'de belirtilmiştir.



a) Etüv (Fırın) kurusu b) Hava Kurusu c) Doygun kuru yüzey d) Islak yüzey

Görsel 1.21: Rutubet durumları

a) Etüv (Fırın) Kurusu: Agrega numunelerinin etüvde 110±5 ºC'de sabit kütleye gelinceye kadar tutulması ve agrega tanelerinde hiç su bulunmaması hâlidir. Sabit kütle en az 1 saatlik kurutmadan sonra yapılan ve birbirini izleyen tartımlar arasındaki farkın %0,1'den daha büyük farklılık göstermemesidir.

b) Hava Kurusu: Agrega kuru havada tutulduğunda yüzeyden itibaren belirli derinlikteki boşlukların rutubetsiz, iç kısmının rutubetli olması durumudur.

c) Doygun Kuru Yüzey: Agregaların yüzeylerinin kuru, iç boşluklarının tamamen su ile dolu olması hâlidir.

d) Islak Durum: Agrega tanelerinin, tüm boşluk ve yüzeylerinin su ile kaplı olma hâlidir.

1.4.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

30 kg kapasiteli terazi, yaklaşık 30 x 60 cm ölçüsünde tepsi veya sac levha, kürek, çelik mala, ispirto veya ısıtıcı ocak, agrega deney numunesi

1.4.2.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Agrega malzemesinin tamamını temsil edecek şekilde ince agregalar için en az 10 kg, iri agrega için ise en büyük agrega tane boyutunun iki katı veya fazlası miktarda (kg) numune alınır. Daha sonra bu numune **TS EN 932-2**'ye göre azaltılarak deney numunesi kısmı alınır. Agreganın en büyük tane boyutuna göre en az gerekli deney numunesi miktarı; 2 mm'ye kadar olan agrega için 500 g, 8 mm'ye kadar olan agrega için 2000 g, 16 mm'ye kadar olan agrega için 3500 g, 32 mm'ye kadar olan agrega için 5000 g'dır.

1.4.2.3. Nem (Rutubet) Miktarı Tayini Deneyi Yapılışı

- Deney, aynı tane sınıfındaki üç ayrı agrega deney numunesi kısmına uygulanır.
- En büyük agrega tane boyutuna (Dmax) göre uygun miktarda agrega numunesi, darası alınmış kap içerisine alınır (Görsel 1.22a) ve tartılarak kütlesi M_1 olarak Tablo 1.5'e kaydedilir (Görsel 1.22b).
- Agrega deney numunesi üzerine, yeterli miktarda ispirto dökülerek agrega ile ispirto iyice karıştırılır ve 2 cm kalınlığında bir tabaka hâlinde tepsi içerisine serilir. Agrega ve ispirto karışımı tutuşturulur ve alevler sönünceye kadar karıştırılmaya devam edilir.
- Numune etüv kurusu (fırın kurusu) duruma gelinceye kadar, tekrar ispirto katılarak (İspirto, sıcak kum üzerinde doğrudan her an alev alabileceği için bidon veya şişeden dökülmemeli; açık, geniş ağızlı bir beherden veya bardaktan dökülmelidir.) kurutmaya devam edilir. Kurutma işlemi, elektrikli ocak üzerinde de yapılabilir (Görsel 1.22c).
- Kurutulan agrega numunesi soğuduktan sonra darası alınmış kap içerisine alınır ve tartılarak kuru ağırlığı M_2 olarak Tablo 1.5'e kaydedilir (Görsel 1.22d).
- Agrega rutubet yüzdesi aşağıdaki formülle hesaplanır:

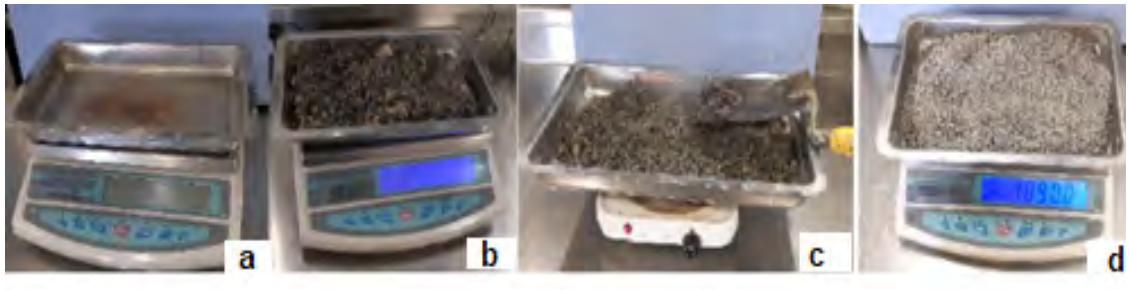
$$W = [(M_1 - M_2)/M_2].100$$

W : Su muhtevası değeri, deney numunesinde kuru deney numunesi kısmının kütlesinin yüzdesi olarak ifade edilen su kütlesidir.

M_1 : Deney numunesi kısmının kütlesi (g)

M_2 : Kuru deney numunesi kısmının sabit kütlesi (g)

- Deney yapılan ortam ve deneyde kullanılan araç gerecin temizliği yapılır.
- Deney sonuçları, Tablo 1.5'teki "Deney Raporu"na işlenir. Deney raporu, tutanak hâlinde hazırlanır ve imzalanarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim edilir.

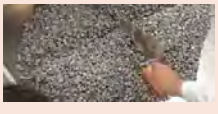


Görsel 1.22: Nem (rutubet) tayini deneyi

3. DENEY UYGULAMASI

0-22 mm arası aynı tane sınıfındaki agregadan üçer set alınan tabii (doğal) nemli agrega numunesi ile nem (rutubet) tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Agregada Nem (Rutubet) Tayini Deneyi
Deney Süresi : Uygulama 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. • Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız. • Kullanılmadığı durumlarda etüv ve elektrikli ısıtıcıları daima kapalı tutunuz. Isıtılmış etüv, ocak vb. alet ve cihazları gözetimsiz bırakmayınız. • Etüv ve elektrikli ısıtıcılar gibi cihazlarda plastik eldiven kullanmayınız. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• Agrega yığınını temsil edecek özellikte ve tane boyutuna göre uygun miktarda numune almaya dikkat ediniz. • Numuneyi, **TS EN 932-2** standardına uygun azaltarak en az gerekli deney numunesini almaya özen gösteriniz. • Tabii nem durumdaki deney numunesi kütlesini hassas terazide darası alınmış kapta tartarak Tablo 1.5'e kaydediniz (M_1).	

 Kurutma işleminin ispirto veya elektrikli ocak üzerinde yapılması	• Agrega deney numunesi üzerine, yeterli miktarda ispirto dökünüz ve agrega ile ispirtoyu iyice karıştırınız. • Deney numunesini, 2 cm kalınlığında bir tabaka hâlinde tepsi içerisine sererek dikkatli bir şekilde ispirtoyu tutuşturunuz. • Alevler sönünceye kadar kürek veya mala ile karıştırmaya devam ediniz. • Deney numunesi etüv kurusu duruma gelene kadar ispirto ekleyerek kurutmaya devam ediniz. • Kurutma sırasında, deney numunelerinin etrafa saçılmamasına ve malzeme kaybı olmamasına dikkat ediniz • Üç deney numunesi için aynı işlemi tekrarlayınız. • Kurutma işlemini elektrikli ocak kullanarak da yapabilirsiniz.	
 Deney numunesinin kuru kütlesinin belirlenmesi	• Kurutma işlemi sonunda agregaları elinizi değdirebileceğiniz ısıya kadar soğutunuz ve numunenin kuru kütlesini hassas terazide tartarak Tablo 1.5'e kaydediniz.	
Agrega nem oranının hesaplanması ve deney sonucunun yorumlanması	• Her deney numunesi için Tablo 1.5'teki ilgili satırdaki değerlere göre "$W=(M_1-M_2/M_2).100$" formülünü kullanarak nem oranını hesaplayınız. • Aynı tane sınıfına ait üç deneyin, nem oranlarının aritmetik ortalamasını alınız. Sonuçları en yakın ondalıklı sayıya yuvarlayarak agreganın nem oranını belirleyiniz. • Çıkan ortalama nem durumuna göre beton karışım suyunda ve karışımdaki agrega miktarında gerekli düzeltmelerin yapılmasına dikkat ediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sırasında çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz tutunuz. • Deney sonrasında da çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereci özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında "Tablo 1.5: Deney Raporu"nu, grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

1.4.3. Kil (İnce Madde) Tayini Deneyi (TS 3527, TS EN 933-10)

Bu deney, şantiye ortamında çökeltme yöntemiyle ince agregadaki ince madde (kil, silt, taş unu vb.) miktarını hacimce belirlemek için yapılır.

Agregadaki ince madde miktarının fazla olması agreganın özgül yüzey miktarını artırdığından betonun karma suyu ihtiyacı da artar. Bitümlü karışımlarda (asfalt) ise ince madde miktarı bitümün agregayı sarmasını engellediği için basınç dayanımı azalır.

1.4.3.1. Deney Araç Gereci

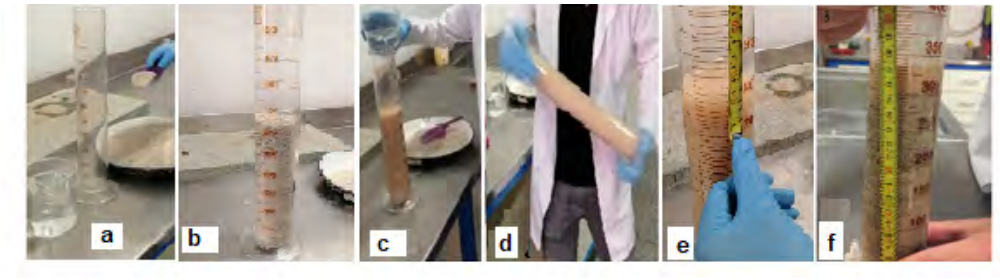
1000 mL'lik cam mezür veya cam şişe, kürek, su, 4 mm elek, ince agrega deney numunesi, cetvel veya şerit metre

1.4.3.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

TS EN 932-2'ye göre azaltılarak 4 mm kare göz elek altına geçen ince agregadan en az 1 kg deney numunesi alınır.

1.4.3.3. Çökeltme Yöntemiyle Kil Tayini Deneyinin Yapılışı

- 1 kg.lık deney numunesi alınır (Görsel 1.23a).
- 1000 mL'lik cam mezürün 2/3'üne kadar etüv veya hava kurusu durumdaki ince agrega deney numunesi doldurulur (Görsel 1.23b).
- Agregaların tamamı ıslandıktan sonra numune üzerini en az 5 cm örtecek şekilde su ilave edilir (Görsel 1.23c).
- Cam mezürün ağzı tapa veya el ile kapatılarak ince malzemeler agregadan temizlenınceye kadar en az 1 dakika kuvvetlice çalkalanır. Çalkalama işlemi 20 dakika arayla üç kez tekrar edilir (Görsel 1.23d).
- Daha sonra cam mezür sarsıntısız bir zemine bırakılarak 1 saat beklenir (Görsel 1.23e).
- En az 1 saat sonra cam mezür kontrol edilir. Eğer malzeme üzerindeki çözelti rengi berrak bir renk almışsa kumun üzerine çöken ince malzeme tabaka kalınlığı (h) ve tüm numunenin tabandan itibaren yüksekliği (H) cetvel yardımıyla ölçülüp mm olarak Tablo 1.5'e kaydedilir. Eğer bir saat içinde agrega üzerinde berrak kısım oluşmamış ve ince malzeme çökmemişse 24 saat beklenir (Görsel 1.23f).



Görsel 1.23: Kil tayini deneyi

- Deney en az iki numune üzerinde uygulanmalıdır. Sonuçlar arasındaki fark %0,5'ten küçükse sonuçların ortalaması alınır. Ortalama değer %0,5'ten büyükse üçüncü bir numuneyle deney yapılır. Sonuçlardan birbirine en yakın olanların ortalaması alınır.
- Deney sonuçları ve hesaplamalar Tablo 1.5'e kaydedilir.
- Deney yapılan ortam ve deneyde kullanılan araç gerecin temizliği yapılır.

- Deney sonuçları, Tablo 1.5'teki "Deney Raporu"na işlenir. Deney raporu, tutanak hâlinde hazırlanır ve imzalanarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim edilir.



Çalkalama işlemi sırasında tane ve su kaybı olmamasına dikkat edilmelidir. Ölçüm esnasında ince malzeme ile numune ayrımı dikkatlice yapılmalıdır. Gözle görülen tanelerin bittiği nokta, ince malzemenin başlangıcıdır. Çalkalama işlemi sırasında tane ve su kaybı olmamasına dikkat edilmelidir.

1.4.3.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Kil (ince madde) yüzdesi hacimce ve ağırlıkça olmak üzere iki farklı yöntemle hesaplanmaktadır.

1. Yöntem: "Kil yüzdesi hacmi (%)=(h / H).100" formülüyle hesaplanır.

h: Kumun üzerine çöken ince malzeme tabaka kalınlığı (mm)
H:Toplam numunenin tabandan itibaren yüksekliği (mm)

2. Yöntem: 1 veya 24 saat beklemenin sonunda çökelen ince madde kütlesi, agrega deney numunesi kütlesine oranlanır ve ince madde yüzdesi aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır.

Kil (ince madde) yüzdesi (%) = [(A.h. p)/M].100

A: Ölçü silindirinin kesit alanı (cm^2)
h: 1 saat (veya 24 saat) bekleme sonunda çökelen ince madde yüksekliği (cm)
p: 1 saat bekleme sonunda çöken ince maddenin eş değer kuru birim ağırlığı (Bu değer 1 saat bekleme için 0,6 g/cm^3 alınabilir, 24 saat bekleme için 0,9 g/cm^3 alınabilir.)
M: Deney numunesinin etüv veya havaten kurusu ağırlığı (g)

Sonuçların Değerlendirilmesi: Türk standartlarına göre 0-4 mm ve 1-4 mm agrega gruplarında bulunabilecek ince maddelerin maksimum miktarı (agrega numunesinin ağırlıkça %'si), sırasıyla %4 ve %3 olmalıdır. ASTM standartlarında ise aşınmaya maruz kalan betonlardaki ince agregada bulunabilecek maksimum ince madde miktarı %3, diğer betonlarda ise %5'tir. ASTM standartlarında ince madde miktarını oluşturan maddeler, kil ve silt değil de taş unu ise aşınmaya maruz kalan betonlarda ince agrega olarak kullanılacak kırma kumdaki ince maddenin maksimum oranı %5, diğer betonlarda %7 olarak kabul edilir.

4. DENEY UYGULAMASI

İki farklı ocaktan ikişer set hâlinde alınan 0-4 mm agrega deney numuneleriyle agrega kil (ince madde) tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Çökeltme Yöntemiyle Kil (İnce Madde) Tayini Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 2 saat, deney takip 24 saat, takip sonu ölçüm ve hesaplama 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. • Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız. • Termometre, cam mezür, pipet vb. yuvarlanabilecek cam eşyaları, laboratuvar tezgâhı üzerine yere düşmelerini önleyecek şekilde koyunuz. • Kullanılmadığı durumlarda etüv ve elektrikli ısıtıcıları daima kapalı tutunuz.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• Agrega yığınını temsil edecek özellikte 10 kg ince agrega numunesi alınız. • Numuneyi, **TS 932-2** standardına uygun bir şekilde azaltıp yaklaşık 1000 g deney numunesi kütlesini hassas terazide tartarak alınız.	
 Şişe ve cam mezüre agrega numunesinin doldurulması	• Deneyi en az iki numune üzerinde uygulayınız. • Deney numunesini, kürek yardımıyla cam mezür veya şişenin 2/3'üne kadar doldurunuz.	

 Agrega numunesinin üzerine su eklenmesi ve numunenin çalkalanması	• Deney numunesi üzerine, numunenin tamamı ıslanıncaya kadar 5 cm taşacak şekilde su ekleyiniz. • Cam mezürün ağzını eldiven veya tapa kullanarak sıkıca kapatınız. • Cam mezürün ağız kısmını elle kapatarak, ince malzemeler agregadan temizleninceye kadar en az 1 dakika kuvvetlice çalkalayınız. • Su seviyesi 5 cm'den aşağı düşmüşse cam mezürün iç duvarını yıkayacak şekilde dikkatlice su ekleyiniz. • Çalkalama işlemini 20 dakika ara ile üç kez tekrarlayınız.	
 Agrega numunesinin dinlendirilerek kil tabakasının (ince malzeme) gözlenmesi	• Cam mezürü sarsıntısız bir zemine bırakınız ve 1 saat bekleyiniz • 1 saat beklemenin sonunda deney numunesinin üst kısmında kil tabakasının oluştuğunu gözlemleyiniz. • Su berraklaşmamış veya kil tabakası hâla oluşmamışsa 24 saat sonunda tekrar gözlem yapınız.	
 Kil tabakasının (h) ve toplam deney numunesinin (H) ölçülmesi	• 1 saat veya 24 saat sonunda deney numunesinin üzerinde biriken kil tabakasını (h) ve numunenin alt kısmından kil tabakasının üst kısmına kadar olan toplam numune yüksekliğini (H) ölçünüz. • Ölçülen değerleri Tablo 1.5'e mm olarak kaydediniz	

Kil (İnce madde) oranının hesaplanması ve sonuçların değerlendirilmesi	• Hacimce kil (ince madde) yüzdesini "(%)=(h/H).100" formülüyle hesaplayınız. • 1 veya 24 saat beklemenin sonunda çökelen ince madde kütlesini, agrega deney numunesi kütlesine oranlayarak ağırlıkça ince madde oranını aşağıdaki formülle hesaplayınız. "İnce madde yüzdesi %=[(A.h .p)/M].100" • İki deney numunesi ortalaması arasındaki farkın %0,5'ten küçük olmasına dikkat ediniz. Ortalama fark %0,5'ten büyükse üçüncü bir numuneyle deney yapacağınızı unutmayınız. • T**S 706 EN 12620**'de beton için verilen sınır değerlere göre agreganın içindeki 0,063 mm'den küçük ince madde (kil, silt ve taş unu) oranı uygunluğunu kontrol ediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sırasında, çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz tutunuz. • Deney sonrasında da çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereci özenle temizleyiniz. • Kullanımdan sonra cam araç gereci distile su ile yıkayınız. • Araç gerecin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

1.4.4. Deney Raporu Hazırlama

Deneyin yapılışı esnasında, "Deney Takip Formu" doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar deney raporuna kaydedilir. Tablo 1.5'teki "Deney Raporu"na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur ve rapor imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Buna göre yapılması gerekenler şunlardır:

- Her öğrenci, deneye katılmadan önce gerekli hazırlığı yapmalıdır.
- Her öğrenci, oluşturulan deney grubuyla deneye girmelidir.
- Her grup, her deney için ayrı rapor hazırlayarak ilgili ders öğretmenine teslim etmelidir.
- Deney raporuna varsa deney takip formları, çizelge ve grafikler eklenmelidir.
- Deney sonucunu etkileyen olumsuz faktörler deney raporunda belirtilmelidir.
- Deneye katılmayan öğrenci(ler) rapor teslim edemez. O öğrencilere gerekirse ayrıca deney yaptırılabilir.

Şantiyede agrega deneyleri için Tablo 1.5'teki "Deney Raporu" örneği kullanılabilir.

Tablo 1.5: Deney Raporu

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar				
Numunenin Ait Olduğu İş				
Deneyin Adı				
Numunenin Tanıtılması ve Tane Büyüklüğü				
Rapor Tarihi ve Numarası		Deneyde Uygulanan Standart No.		
DENEYİ YAPANLAR				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
4				
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
DENEY SONUÇLARI				
Deney Yöntemi	1. Deney	2. Deney	3. Deney	Ortalama Değer
Deney Sonucunu Etkileyen Olumsuz Faktörler:				
Bulgular ve Sonuçların Değerlendirilmesi:				
EKLER (Deney Takip Formu vb.):				

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Aşağıdaki kişisel koruyucu donanımlardan hangisi altyapı atölyesinde <u>kullanılmaz</u>?

A) Baret
B) Eldiven
C) Gözlük
D) İş elbisesi
E) Maske

2. Aşağıdakilerden hangisi iş sağlığı ve güvenliğinin amaçlarından biridir?

A) Çevreyi korumak
B) Devleti korumak
C) İşi hızlıca yapmak
D) Okulu korumak
E) Üretimi korumak

3. Aşağıdakilerden hangisi sıvı malzemelerin ölçülmesinde ve çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan taksimatlandırılmış deney araç gerecinden biridir?

A) Beher
B) Kova
C) Kumpas
D) Kürek
E) Terazi

4. Aşağıda verilenlerden hangisi yapay agregadır?

A) Barit
B) Çakıl
C) Kırma taş
D) Perlit
E) Pomza taşı

5. Agregadaki bitki atıkları, kömür, mika pulcukları, suda çözülebilen kil topakları ve tuz gibi yabancı maddelerin betona etkilerinden biri aşağıdakilerden hangisidir?

A) Agrega ile çimento arasındaki aderans artar.
B) Dayanıklılık artar.
C) Dayanım yükselir.
D) İşlenebilirlik artar.
E) Priz alma süresi uzar.

6. En büyük tane boyutu ile agrega kalınlığı (boy/en) arasındaki orana göre aşağıdakilerden hangisi şekilce kusurlu tane <u>değildir?</u>

A) 2
B) 4
C) 6
D) 8
E) 10

7. Aşağıdakilerden hangisi organik madde tayini için kullanılan kimyasal maddedir?

A) Naftalin
B) Potasyum klorür
C) Sodyum hidroksit
D) Sodyum sülfat
E) Sodyum klorür

8. Agrega organik madde tayini deneyi sonucunda çözelti rengi belirgin kırmızı olduğunda organik madde durumuyla ilgili yapılacak yorum aşağıdakilerden hangisidir?

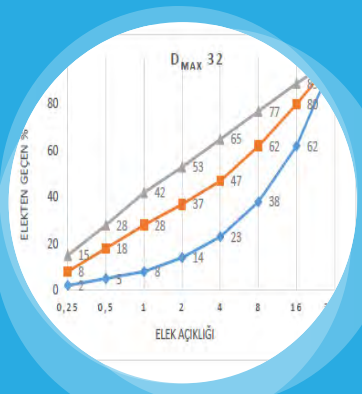
A) Az miktarda var.
B) Çok var.
C) Hafif miktarda var.
D) Hiç yok.
E) Var.

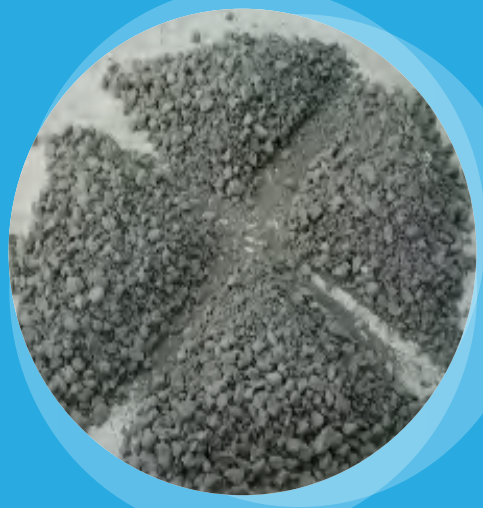
9. Rutubet tayini deneyi için ince agregadan net kütlesi 800 g olan deney numunesi alınmıştır. Kurutma işlemi yapıldıktan sonra tekrar tartılarak net kütlesi 776 g bulunmuştur. Buna göre agreganın rutubet oranı aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) 3
B) 4
C) 6
D) 8
E) 10

10. Çökeltme yöntemiyle yapılan kil tayini deneyinde, kil tabakası kalınlığı 5 mm ve toplam numune yüksekliği 200 mm ölçüldüğüne göre hacimce kil oranı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 2
B) 2,5
C) 3
D) 3,5
E) 5







2. ÖĞRENME BİRİMİ

AGREGADA DANE BÜYÜKLÜĞÜ VE BİRİM AĞIRLIK DENEYLERİ

KONULAR

2.1. AGREGA DENEY NUMUNELERİ

2.2. AGREGADA DANE BÜYÜKLÜĞÜ DENEYİ

2.3. AGREGADA BİRİM AĞIRLIK DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Bölgeç
- Çeyrekleme yöntemi
- Gevşek birim ağırlık
- Granülometri
- Kompozite
- Sıkışık birim ağırlık

GİRİŞ

Agregaların deneye hazırlık sürecinde kullanılan araç gerecin özellikleri bilinmeli, numune alınması ve bu numunelerin azaltılması TS EN 932'ye göre yapılmalıdır.

Karışımda kullanılacak agregaların tane dağılımlarının iyi hesaplanarak taneler arası boşluk oranının az olması istenir. Bu hesaplamalar için tane büyüklüğü deneyi yapılmaktadır.

Kütlece beton ve asfalt karışımlarının çok büyük kısmını agregalar oluşturmaktadır. Bu sebeple agregaların birim ağırlıkları, bu karışımların birim ağırlıklarını doğrudan etkileyecektir. Karışımlarda kullanılacak agregaların birim ağırlık değerleri, TS EN 1097-3'e göre yapılarak belirlenir.

2.1. AGREGA DENEY NUMUNELERİ (TS EN 932-1, TS EN 932-2, ASTM C 33)

Deneylerin güvenli sonuçlar vermesi için agrega deneyleri uygun koşullarda yapılmalı, numunenin alınması ve taşınması dikkatli yapılmalıdır. Numunenin alındığı agregayı tamamen temsil etmesi gerekir. Bu nedenle alma işlemi standartlarda belirtilen şekilde ve uzman kişilerce yapılmalıdır.

2.1.1. Araç Gereç ve Ekipmanlar

Kapaklı Numune Kabı: Doğal agrega ocağından veya stok yığınından alınan agreganın korunması için en az 10 L kapasiteli ve geçirimsiz olmalı, emici olmamalıdır (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: Kapaklı numune kabı

Numune Ayırıcı (Bölgeç): Numune ayırıcının kanalları çift sayıda ve sekizden fazla olmalıdır. Kanalların agrega taneleri tarafından tıkanmaması için kanal genişliği agrega tane çapının en az iki katı olmalıdır (Görsel 2.2).



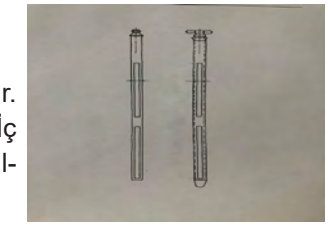
Görsel 2.2. Bölgeç aleti

Agrega Numune Alma Borusu: Öne doğru kesilmiş uzun ve düz metal borudur (Görsel 2.3). Depo ve yığınlardan numune almada kullanılır. Boyu 100 cm'den 200 cm'ye kadar olmalıdır. İç çapı, en büyük agrega tane büyüklüğünün en az 2 katı olmalıdır.



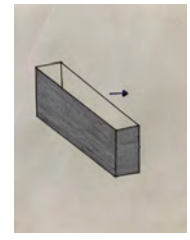
Görsel 2.3: Agrega numune borusu

Numune Alma Tüpü: İç içe geçen iki tüpten meydana gelir. Her iki tüpün açıklık uzunlukları birbirine eşit olmalıdır (Görsel 2.4). İç tüp çevrildiğinde numunenin içine girmesini ve içeride biriktirilip tutulmasını sağlamalıdır.



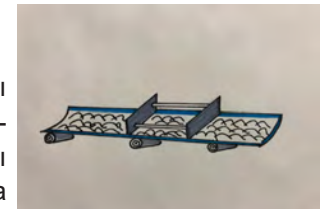
Görsel 2.4: Numune alma tüpü

Numune Alma Kutusu: Kutunun kenarları dik ve birbirine paralel, üst kenarları yuvarlatılmış olmalıdır. İstenen parça numuneyi yarısına kadar alabilecek kapasitede olmalıdır. Kutunun derinliği en büyük agrega büyüklüğünün üç katı olmalı ve 10 mm'den az olmamalıdır. Kutunun derinliği hiçbir agrega tanesinin kutunun dışına sıçramayacağı şekilde olmalıdır (Görsel 2.5).



Görsel 2.5: Numune alma kutusu

Numune Alma Çerçevesi: Kenarları birbirine paralel, taşıyıcı banta uyacak şekilde ve bir kenar uzunluğu bant genişliğinde olmalıdır. Çerçevenin kenar yüksekliği tanelerin sıçrayarak dışarı çıkmasını engelleyecek yükseklikte olmalıdır. Kutunun açıklığı en büyük agrega tane büyüklüğünün en az üç katı olmalıdır (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: Numune alma çerçevesi

Terazi, kürek, mala, numune tavası veya çeyrekleme kabı, numune saklama kabı, branda çuval, numune çeyrekleme brandası kullanılır.

2.1.2. Numune Alma

Numune alma işlemine başlanılmadan önce mutlaka numune alma planı hazırlanmalıdır. Plan hazırlanırken yerel durumlar, partinin büyüklüğü, numunenin çeşidi, agreganın tane büyüklüğü, numune almanın amacı dikkate alınmalıdır.

Numune alma planı; agregaların cinsi, numune alınan yerin tanımı, parça numunenin sayısı, parça numunenin yaklaşık kütlesi, almada kullanılan cihazlar, numuneyi bölme metodu, numuneyi alma metotları, numunenin işaret ve etiketlenmesi, paketlenme şekli ve sevk edilme yöntemlerini içerecek şekilde hazırlanmalıdır.

Parti: Uniform kabul edilen şartlarda bir defada üretilen miktar, sevk edilen miktar, kısmi sevkiyat (vagon yükü, tır yükü ve gemi kargosu) veya depolanmış malzeme miktarıdır. Sürekli bir üretimde belirli bir zamanda üretilen miktar da parti olarak kabul edilir.

Parça Numune: Numune alma cihazı ile partiden bir defada alınan numune miktarıdır.

Toplam Numune: Parça numunelerin toplanmasından meydana gelen numunedir.

Temsilî Numune: Numune alma planına uygun olarak alınan parça numunelerinin birleştirilmesi ile oluşan partideki numunenin yapısını temsil eden toplam numunedir.

Kısmi Numune: Parça numunelerden veya bir toplam numuneden, numune bölme işlemi ile alınan numunedir.

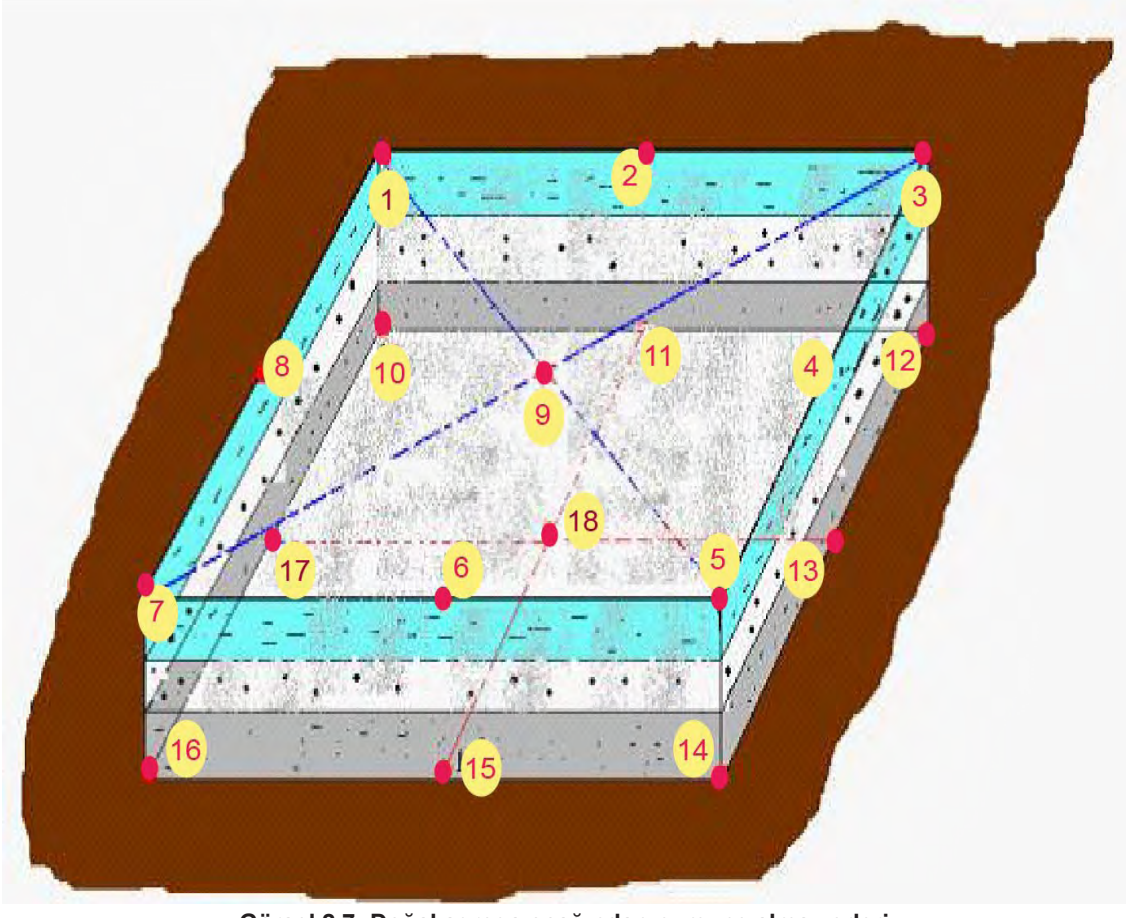
Laboratuvar Numunesi: Laboratuvar deneyleri için toplam numuneden azaltılarak elde edilen numunedir.

BİLGİ NOTU

Numuneler **TS EN 932-1**'e göre alınmalı ve **TS EN 932-2**'ye göre azaltılmalıdır.

2.1.2.1. Doğal Agrega Ocağından Numune Alma

- Kullanılacak toplam agrega, projedeki beton hacminden yararlanılarak yaklaşık olarak belirlenir.
- Doğal agrega ocağının agrega çıkarılabilecek derinliği (işletme derinliği) belirlenir.
- Toplam agrega miktarı, işletme derinliğine bölünerek agreganın sağlanacağı ocağın toplam yüzey alanı bulunur.
- Ocağın veya depo alanının yüzey geometrisine bağlı olarak eni ve boyu hesaplanır.
- Ocak yüzeyinin dörtgen biçimli olması hâlinde dörtgenin köşelerinde dört, kenar orta noktalarında dört, kenar ortalarının kesiştiği noktalarda bir tane olmak üzere ve işletme derinliğinin bir kez alt üçte biri, bir kez de üst üçte biri içinde kalacak şekilde, on sekiz noktadan yaklaşık eşit miktarlarda agrega alınır (Görsel 2.7).



Görsel 2.7: Doğal agrega ocağından numune alma yerleri

- Ocak yüzeyi dörtgen biçimli değil ise yaklaşık uygun bir dörtgen kabul edilir.
- Agrega alınan yerlerde; agreganın tane sınıflarına yanıltıcı şekilde ayrılmış veya toplanmış olmamasına, renk ve yapı değişikliği bulunmamasına özen gösterilmelidir. Bu nedenle yer seçiminde ve numune oluşturulması işinde deneyim sahibi kişilerden yararlanılmalıdır.

2.1.2.2. Depolardan (Stok Yığınından) Numune Alma

- Stok yığınından numune alma esnasında, yığının istenen parçadan rastgele alınması gerekir fakat bunun gerçekleştirilmesi zordur.
- Stoklardan numune almada en çok karşılaşılan sorun tane ayrışmasıdır.
- Yaklaşık eşit büyüklüğe sahip parça numuneler, tüm stok yığını üzerinden farklı yükseklik veya derinliklerdeki yerlerden alınmalıdır.
- Büyük hacimli konik stok yığınlarından numune almada, yükleyici iş makinesi kullanılarak yığının yüzeydeki ayrışmış kısmı temizlenir. Daha sonra kürekle yığının rastgele seçilmiş yerlerinden numune alınmalıdır.
- Tanelerinin düzenli ayrışmasının görülmediği stoklarda, ince taneli agrega stok yığınlarından elle numune alınabilir.
- Genellikle tabanı dairesel konik şekilde olan stoklardan numune almada; stok yığının üst 1/3'lük kısmından bir birim parça numune, ortadaki 1/3'lük kısımdan bunun yedi katından daha fazla ve alt 1/3'lük kısmından da on dokuz katından daha fazla agrega numunesi alınarak deney numunesi elde edilir.
- Prizmatik ince taneli agrega stok yığınlarından numune almada; yığının üst 1/3'lük kısmından bir birim parça numune, ortadaki 1/3'lük kısımdan bunun üç katından daha fazla ve yığının alt 1/3'lük kısmından ise beş katından daha fazla agrega alınarak deney numunesi elde edilir.
- Parça numunenin alınmasında önce stok yığınının yüzeyi en büyük tane boyutunun iki katı derinliğe kadar temizlenir. Bu metot kum (ince agrega) için uygundur. Kum stoklarından numune, numune alma borusu yatay veya yukarı doğru eğik olarak daldırılarak alınır (Görsel 2.3).

2.1.2.3. Sabit Taşıyıcı Banttan Numune Alma

- Bütün parça numuneler, aynı noktalardan alınmalıdır.
- Her parça numune, taşıyıcı bandın toplam enine kesiti boyunca alınmalıdır.
- Bant üzerindeki numune alma noktasından numune alma çerçevesi (Görsel 2.6) ile parça numune alınmalıdır.
- Numune alma çerçevesinden başka, kürek ve yassı metal parça ile de numune alınabilir.
- Parça numune, bant üzerinde akan numune genişliğinin üç katı uzunluğundaki bölgeden seçilerek alınmalıdır.

2.1.2.4. Bant ve Oluklu Boşaltma Noktalarından Numune Alma

- Bant ve oluklu boşaltma yerlerinden numune almak için en uygun araç, mekanik numune alma cihazıdır. Kaza riskinin çok olması nedeniyle elle numune uygun değildir.
- Numune alma süresi eşit aralıklara bölünmeli, bu sürelerin tam ortasında iken parça numune alınmalıdır.
- Parça numune, numune alma kutusu eşit hızda hareket ettirilerek oluk kesitinin tamamından alınmalıdır.

2.1.2.5. Ambalajlanmış Agregalardan Numune Alma

- Agrega; çuval, fıçı veya diğer kaplar şeklinde ambalajlanmış ise rastgele seçilen ambalajlardan alınan numunelerden toplam numune oluşturulmalıdır.
- Rastgele seçilen ambalajın içerisindeki numune, tamamen parça numune olarak alınabilir.
- Numune alma borusu ile rastgele seçilmiş her kaptan parça numune alınabilir ya da kap içerisindeki agregadan numune bölme metotları kullanılarak azaltılan parça, numune olarak alınabilir.
- Numune alınacak kaplar veya ambalajlar her zaman rastgele seçilmelidir.

- Numune alma işlemi, ambalajları yükleme veya boşaltma esnasında yapılacak ise seçilen rastgele zamanlarda numune alınmalıdır.
- Yukarıda verilen numune alma uygulamalarının dışında; pnömatik (hava basınçlı) taşınan agregalardan numune alma, kovalı yükleyici veya vinçlerdeki malzemeden numune alma, silolardan numune alma, vagon, tır ve gemilerden numune alma yöntemleri **TS EN 932-1**'de verilmiştir.

2.1.3. Deneylerde Kullanılacak Numune Miktarları

Her deneyin dört kez tekrarlanabileceği varsayılarak alınması gereken numune miktarı Tablo 2.1'de verilmiştir. Tabloda belirtilmeyen yapılması istenen deneyler için ise ilgili TS'de öngörülen miktarın en az dört katı numune alınmalıdır.

Tablo 2.1: Agrega Kaynağından Alınacak Numunenin Miktarı (Kg)

Deney Adı	En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)								
	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	63
Dane Büyüklüğü Dağılımı ve İncelik Modülü Tayini	2	2	2	2	8	8	16	20	40
Birim Ağırlık Tayini	20	20	20	20	20	20	20	100	100
Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6	8	12	20
Yüzeysel Nem Oranı Tayini	2	2	2	2	8	12	20	40	40
İnce Malzeme Tayini	4	4	4	4	4	8	20	20	20
Organik Kökenli Madde Tayini	2	2	2	2	2	-	-	-	-
Hafif Madde Oranı Tayini	1	1	1	1	1	12	12	20	20
Süngerimsi, Camsı Madde Tayini	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Toplam Laboratuvar Numunesi Miktarı	39	39	39	39	51	70	100	216	244



Toplam numune miktarı; yapılacak deneylerin sayısı, çeşidi, agrega tane boyutu ve agreganın yoğunluğu göz önüne alınarak belirlenmelidir.

2.1.4. Numunenin Hazırlanması

Deneylerde kullanılacak numunede aranan en önemli özellik, alındığı kaynağı tam olarak temsil etmesidir. Bir defada alınacak numune miktarı, uygulanacak deneylerin cinsi ve adedi ile agreganın en büyük tane büyüklüğüne bağlı olarak belirlenir (Bakınız: Tablo 2.1).

2.1.5. Deney Numunesi Azaltma Yöntemleri

Agrega numuneleri, çeyrekleme ve bölgeç yöntemleri kullanılarak azaltılmaktadır.

2.1.5.1. Çeyrekleme ile Azaltma Yöntemi

- Agrega numunesi kuru, temiz ve düz bir yüzeye boşaltılır.
- Numune, alındığı kaynağı tam temsil etmesi ve homojen bir karışım olması için kürekle en az üç defa aktarma yapılarak karıştırılır (Görsel 2.8a).
- Daha sonra konik olacak şekilde numune toplanır. Numunenin üzerine kürekle hafif bastırılarak yüksekliği çapının yaklaşık ¼'ü olacak kadar daire şekline getirilir (Görsel 2.8b, 2.8c).



Görsel 2.8: a) Çeyrekleme yöntemi



Görsel 2.8: b) Çeyrekleme yöntemi

- Numune kürek veya mala ile tam ortasından ikiye ayrılır. Oluşan iki yarım parça da yine tam ortasından ikiye ayrılır (Görsel 2.8d).



Görsel 2.8: c) Çeyrekleme Yöntemi



Görsel 2.8: d) Çeyrekleme Yöntemi

- Oluşturulan dört adet çeyrek numunenin çapraz olan iki tanesi alınır ve birleştirilir. Diğer iki çapraz numune kaldırılır (Görsel 2.8e).



Görsel 2.8: e) Çeyrekleme yöntemi



Görsel 2.8: f) Çeyrekleme yöntemi

- Deney için istenen deney numunesi miktarı elde edilinceye kadar bu şekilde azaltma işlemi tekrarlanır (Görsel 2.8f).

2.1.5.2. Bölgeç Aygıtı Kullanarak Azaltma Yöntemi

- Bu yöntemde kullanılacak numune kuru olmalı ve topaklanmış kısımlar ufalanmış olmalıdır. Bölgeç aleti agrega boyutuna uygun seçilmelidir.
- Numune bölgeç kaplarından birinin içine doldurulur (Görsel 2.9a).



Görsel 2.9: a) Bölgeç aletiyle ayırma yöntemi

- Numune dikkatli bir biçimde bölgeç aletinin üstünden dökülür (Görsel 2.9b).



Görsel 2.9: b) Bölgeç aletiyle ayırma yöntemi



Görsel 2.9: c) Bölgeç aletiyle ayırma yöntemi

- Numune altta duran iki toplama kabına eşit ve homojen olarak toplanmış olur (Görsel 2.9c).
- Deney için istenen deney numunesi miktarı elde edilinceye kadar bu şekilde azaltma işlemi tekrarlanır.

2.1.6. Deney Numunesini Koruyucu Önlem Alarak Koruma

Agrega numuneleri; alındıkları yerden gönderilecekleri yerlere ulaşıncaya kadar geçen süre içinde ince tanelerin elenip yok olmasına imkân vermeyecek yapıya sahip olan, kolay yırtılmayan ve delinmeyen sağlam torbalar veya üstü sızdırmaz kapaklı kapların içerisine konur.

BİLGİ NOTU

Laboratuvar numunelerinin uçucu madde veya neminin korunması gerektiğinde kaplar veya ambalajlar hava geçirmez (hermetik) olmalıdır.

2.1.7. Numune Tutanağının ve Deney Raporunun Hazırlanması

Numune çuvalları veya kapları anlaşılır ve kalıcı olarak işaretlenmelidir. Rapor, tutanak ve tanıtım kartında ifadeler anlaşılır dilde, okunaklı ve doğru bilgiler içerecek şekilde doldurulmalıdır. Bir sureti yetkililer tarafından imzalanan numune alma raporu (Tablo 2.3) numuneyle ilgili laboratuvara gönderilmelidir.

Tablo 2.2: Numune Tanımlama Kartı

NUMUNE TANIMLAMA KARTI

Numune No. :.....
Numunenin Cinsi ve Alındığı Yer : .....
.....
Numunenin Ait Olduğu İş : .....
.....
Alındığı Tarih : ...../...../.....
Numune Miktarı : .....
Alan Yetkilinin Adı, Soyadı : .....
İmzası : .....

(Bu kısım numune ambalajının içine konulacak.)

Numune No.	
Ait Olduğu İş	
Miktarı	

(Bu kısım numune ambalajının dışına eklenecek.)

BİLGİ NOTU

Şantiye şefi veya yetkililer tarafından doldurulan tanımlana kartı (etiket) imzalanır. Kartın bir kopyası numune torbasının içine konur ve torbanın ağzı mühürlenir (Tablo 2.2).

Tablo 2.3: Numune Alma Raporu Örneği

<table>
<tr><td colspan="3">Laboratuvar Numunesine Ait Tanıtıcı İşaretler:.....</td><td colspan="3">Ambalaj Sayısı: ....</td><td colspan="3">Standart No.:TS EN 932-1</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Numune Tanımı</td><td colspan="2">Ocak ve Üretim Tesisinin Adı</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Agreganın Tipi ve Cinsi: .....</td><td>Kaya</td><td></td><td>Çakıl</td><td></td><td>Kum</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">En Büyük Tane Boyutu: .....</td><td colspan="2">Kullanım Amacı:</td><td colspan="4">.....</td></tr>
<tr><td colspan="8">Parti Cinsi: Stok Yığını(.....), Silo(.....), Vagon(.....), Bant (.....), Diğeri(.....)</td></tr>
<tr><td colspan="8">Numune Alma Noktalarının Yeri: .....</td></tr>
<tr><td colspan="8">Açıklamalar:.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Numune Detayı</td><td colspan="3">Alındığı Tarih ve Saat: ...../...../..... ...:....</td><td colspan="2">Numune Alma Planı</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Numune Alma Metodu:.....</td><td colspan="4">Numune Alınırkenki Hava Durumu:.....</td></tr>
<tr><td colspan="7">Numune Alımında Kullanılan Aletler:</td></tr>
<tr><td colspan="3">Parça Numune Kütlesi: .....</td><td colspan="4">Parça Numune Sayısı : .....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Numune Azaltma Metodu: .....</td><td colspan="4">Numunelerin Sevkiyat Şekli: .....</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Sözleşme Detayı</td><td colspan="3">Numune Alıcının Adı: ....</td><td colspan="4">Alıcı Firmanın Adı : .....</td></tr>
<tr><td colspan="7">Sözleşmenin İçeriği ve Tanımı: .....</td></tr>
<tr><td colspan="7">Sözleşme Yapılan Firmanın Adı ve Adresi: ....</td></tr>
<tr><td>Numuneyi Alan Personelin Adı Soyadı</td><td>Görevi</td><td>İmzası</td><td>Raporu Hazırlayanın Adı Soyadı</td><td>Görevi</td><td>İmzası</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

2.2. AGREGA DANE BÜYÜKLÜĞÜ DENEYİ (TS EN 933-1, TS 3530)

Beton üretiminde kullanılacak agreganın tane boyutu olarak uygun olup olmadığının tespit edilmesi için taneler arasındaki boşlukların en az seviyede olması istenir. Deney sonucu hesapla bulunan granülometri eğrisi, standardında gösterilen sınır değer eğrileri ile ideal eğrinin bulunduğu bölgede bulunursa agrega boyut bakımından ideal yapıya sahiptir. Sınır, değerlerin dışında olduğunda taşıyıcı beton elemanlarında kullanılamaz.

Granülometri: Agrega yığını içindeki tanelerin büyüklüklerine göre dağılımına **gradasyon** veya **granülometri** denir.

Granülometri Eğrisi: Apsis eksenine elek çapları, ordinat eksenine de elekten geçen malzemelerin %'leri çizilerek elde edilen ve bir agrega yığınındaki tanelerin boyutlarının yüzdelik dağılımını gösteren grafiğe **granülometri eğrisi** adı verilir.

Kesikli Granülometri Eğrisi: Bazı orta büyüklükteki taneleri içermeyen eğridir.

Sürekli Granülometri Eğrisi: En büyük agrega tane büyüklüğünden başlayarak belirli bir büyüklüğe kadar bütün agrega tanelerini içeren eğridir.

Deney Kısmı: Tek bir deneyde kullanılan numunenin tamamıdır.

Sabit Kütle: En az bir saatlik hava dolaşımlı etüvde 110±5 °C sıcaklıkta kurutma aralıkları birbirini takip eden iki tartım arasındaki farkın kütlece %0,12'den büyük olmaması durumudur.

2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.



Görsel 2.10: Deney araç gereç ve ekipmanları

Deney Elekleri (1): TS EN 933-2'de belirtilen göz açıklıklarına sahip olmalıdır. Kullanılan kare delikli eleklerin göz açıklıkları 0,25 mm, 0,50 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm-31,5 mm, 63 mm, 90 mm ve 125 mm'den oluşur (Görsel 2.10).

Tava ve Kapak (2): Elekler ile uyumlu olmalı, eleklere sıkı takılabilmelidir (Görsel 2.10).

Terazi (3): Deney numunesini %0,1 duyarlıkta tartabilen ve dijital olmalıdır (Görsel 2.10).

Fırça ve Tel Fırça (4): (Görsel 2.10)

Tepsiler veya Kaplar (5): (Görsel 2.10)

Yıkama Ekipmanları (6): 0,063 mm göz açıklıklı elek üzerine 1 veya 2 mm göz açıklıklı koruma eleğinden oluşur (Görsel 2.10).



Görsel 2.11: Hava dolaşımlı etüv



Görsel 2.12: Elek sarsma makinesi

Hava Dolaşımlı Etüv: Agrega tane büyüklüğünde değişikliğe sebep olmadan agreganın kurutulmasını sağlayan termostat kontrollü, 110±5 °C sıcaklığa ayarlanabilir olmalıdır (Görsel 2.11).

Elek Sarsma Makinesi: Dairesel ve düşey hareket uygulamalı, zaman ayarlı olmalıdır (Görsel 2.12).

2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

Normal agregalar için deney numune kütlesi Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

Agrega Tane Büyüklüğü Dmax (mm)	Deney Kısmının Kütlesi En Az (kg)
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤4	0,2

2.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Tablo 2.4'te maksimum tane büyüklüğüne göre alınan numune; ilk olarak etüvde 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutulur, soğutulur ve tartılarak kütlesi kaydedilir (M_1).
  Deneyde kullanılacak numune, bir kap veya tepsiye yerleştirilir; kabın içerisine yayılır.
- Üzeri tamamen örtülünceye kadar su ilave edilir.
- Numune içerisindeki topaklanmaların ayrılması için 24 saat su içinde bekletilir. Dağıtıcı bir reaktif kullanılabilir [$(NaPO_3)_6$ sodyum heksametafosfat].
- Numune şiddetli bir şekilde çalkalanarak ince tanelerin tamamen ayrılması ve süspansiyonu sağlanır.
- Bu deney için 0,063 mm'lik eleğin her iki tarafı ıslatılır ve üzerine 1 veya 2 mm koruma eleği takılır.
- Numune yavaş bir şekilde koruma eleğinin üzerine boşaltılır; 0,063 mm elek altından akan su ile berraklaşana kadar yıkanır.

- Koruma eleği ve 0,063 mm'lik elek üzerinde kalan numune bir tavaya alınır. Etüvde 16-24 saat sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur, sonra soğutulur ve tartılarak kütlesi kaydedilir (M_2).

2.2.4. Deneyin Yapılışı

Agrega tane büyüklüğü deneyinde eleme işlemi, elle ve sarsma makinesiyle yapılabilmektedir.

2.2.4.1. El ile Eleme Yöntemi

- Elek takımının en üstündeki elek alınır. Altına toplama kabı takılır.
- Deney numunesinden, eleğe alabileceği kadar konulur. Eleğin üstü kapak ile kapatılır.
- Hafifçe eğimli olacak şekilde ve bir kenarı avuç içine gelecek şekilde tutulur.
- Eleğe dakikada yaklaşık 150 kez vurulur. Her vuruştan sonra elek yaklaşık 60° döndürülmelidir.
- Kap içinde biriken ve elek üstünde kalan agregalar ayrı tavalara boşaltılır.
- Elek almadığı için bir kerede elenemeyen agreganın arta kalan kısmı, yukarıda açıklanan işlemler gerekli sayıda tekrarlanarak elenir.
- Son tekrarlamada elek üstünde kalan agreganın 150 vuruşluk bir süreç sonunda ağırlığındaki azalma %1'den az olduğunda eleme işlemi sona ermiş sayılır.
- Her defasında eleğin üstünde kalan agregaların biriktirildiği tavalar içindeki agrega tartılır.
- Eleme ve tartma işlemleri, izleyen eleklerde tekrarlanır ve çizelgeye kaydedilir (Tablo 2.4).

2.2.4.2. Sarsma Makinesi ile Eleme Yöntemi

- Elek takımı sarsma makinesine yerleştirilir ve en üstteki eleğin içine agrega boşaltılır.
- Üstteki elek kapak ile kapatılır ve elek sarsma makinesi çalıştırılır.
- Deney numunesinin tamamı elendikten sonra, her eleğin üzerinde kalan agrega ayrı bir tavaya alınır.
- Elek takımını oluşturan eleklerden birinin, elenen agregayı alacak kadar büyük seçilmemiş olması nedeni ile dolduğu saptanırsa sarsmaya ara verilmeli; dolan elekteki ve bu eleğin dolmuş olmasından etkilenmiş olan daha üstteki eleklerdeki agrega farklı tavalara alınmalıdır.
- Dolmuş ve etkilenmiş eleklerden tavalara ayrılmış olan agrega da elenir. Elekte kalan agrega, tane büyüklüğünün ait olduğu tavadaki elenmiş agregaya katılır.
- Sarsma makinesi ile yapılan eleme işleminde 5 veya 10 dakikalık sarsmadan sonra her eleğin üzerinde kalan agreganın ağırlık azalmalarının %1'den az olup olmadığı kontrolü yapılır ve bu sağlanıncaya kadar elemeye devam edilir.
- Eleme işlemi tamamlanınca her elek üzerinde kalan agrega fırça ile fırçalanarak ait olduğu tavada toplanır ve her tavadaki agrega ayrı ayrı tartılarak kütlesi çizelgeye kaydedilir (Tablo 2.5).
- En altta tavada kalan numune varsa tartılır ve çizelgeye kaydedilir (Tablo 2.5).



Eleme sonrası elekler üzerinde ve tavada kalan numunenin kütlesinin toplamı ile yıkama sonrası numunenin etüv kurusu (M_2) kütlesi arasındaki fark %1'in üzerinde olursa deney tekrar edilmelidir.

2.2.4.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

Agreganın Yığılımlı (Kümülatif) Ağırlık Yüzdesinin Hesaplanması

Herhangi bir elek açıklığına ait yığılımlı ağırlık yüzdesi: İstenen elekteki yığılımlı ağırlığın, toplam numune ağırlığına oranı aşağıdaki formülle tam sayıya yuvarlatılarak yüzde olarak hesaplanır.

$$Mk = (Wk / \Sigma Wk).100$$

Mk : Herhangi bir tane büyüklüğü için karışık agreganın yığılımlı ağırlık yüzdesi (%)

Wk : Herhangi bir tane büyüklüğü için karışık agreganın etüv kurusu yığılımlı ağırlığı (g)

ΣWk : Etüv kurusu deney numunesinin ağırlığı (toplama kabının yığılımlı ağırlığı) (g)

İncelik Modülünün Hesaplanması

Karışık agreganın 0,25 mm, 0,50 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm, 31,5 mm ve 63 mm tane büyüklükleri için hesaplanmış olan dokuz adet yığılımlı ağırlık yüzdesinin toplamının yüze bölünmesi ile bulunur (Tavada toplanan numune ağırlığı yığılımlı ağırlığa katılmayacaktır.).

$$İk = \Sigma Wk / 100$$



İncelik modülü agreganın incelik veya kalınlığını izah eden uluslararası bir deyimdir. Agreganın küçük veya büyük boyutlu taneciklerinin fazlalığı hakkında fikir verir. İncelik modülünde çıkan değer büyük ise elekler üzerinde kalan numune çoktur yani malzeme iridir. Değer küçük ise malzemenin çoğu eleklerden geçmiş yani malzeme incedir. Örneğin, **TS 802'**ye göre Dmax 32 mm olan agrega için incelik modülü 3,30 ile 5,48 arasında olmalıdır.

0,063 mm Elekten Geçen İnce Tanelerin Yüzdesinin Hesaplanması

İlk etüv kurusu agrega numune kütlesinden, 0,063 mm'den yıkamayla elenen ve kurutulan numunenin çıkartılması ve ayrıca tavada kalan numunenin de ilave edilerek ilk etüv kurusu numune kütlesine bölünmesiyle elde edilen değerin yüzdesi; yıkama ile atılan ince tanelerin yüzdesidir.

$$f=[(M_1-M_2)+P /M_1] . 100$$

f : Yıkama ile atılan ince tanelerin yüzdesi (%)

$\mathbf{M_1}$: Deney kısmının etüv kurusu kütlesi (g)

$\mathbf{M_2}$: 0,063 mm göz açılıklı elek üzerinde kalan malzemenin etüv kurusu kütlesi (g)

P :Tavadaki malzemenin kütlesi

Deney Sonuçlarının İşlenmesi

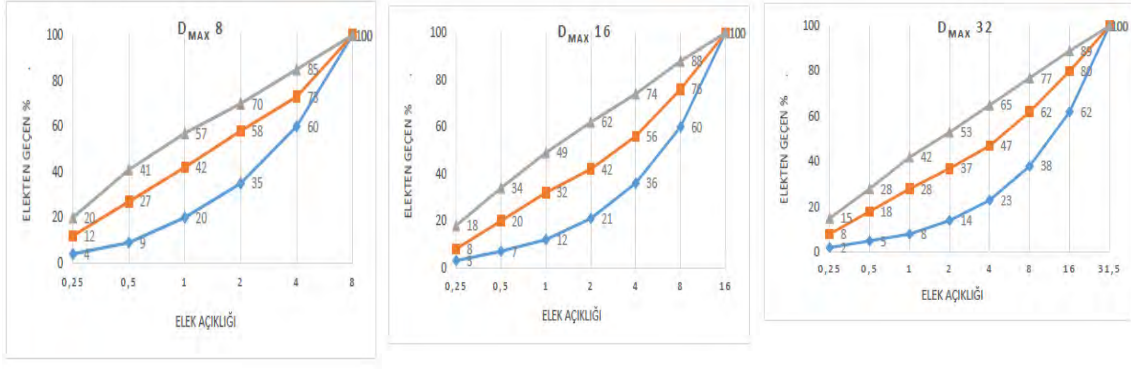
Dane büyüklüğü deneylerinden sonra granülometri eğrisinde Dmax belirlenir ve o karışımın Dmax'a göre mukayese edileceği TS referans sınır eğrilerine bakılır. En büyük tane çapına göre referans grafik eğrileri 8 mm, 16 mm, 31,5 mm ve 63 mm şeklinde belirlenmiştir.

Eğriler aşağıdan yukarıya doğru A, B, C harfleri ile gösterilmektedir. A-B eğrileri arasında

granülometri değerleri çok iyi (ideal), B-C eğrileri arasında granülometri değerleri kullanılabilir olarak tanımlanmaktadır. Deney sonucunda çizilen eğride A ve C bölgesi dışındaki kısım için tedbir alınmalıdır. Yani o elek göz açıklığı ile ilgili malzemede, eksiltme veya artırma yapılmalıdır. A-C eğrileri dışında kalan agrega, beton üretiminde kullanılmamalıdır (Görsel 2.13).

Çizilen eğrinin sınır eğrilerine paralel gitmesi betonun en az boşluklu elde edilmesi için gereklidir.

A-B eğrileri arasındaki bölgenin en iyi bölge olmasının sebebi doluluk oranının yüksek olmasıdır.



Görsel 2.13: Örnek referans granülometri eğrileri (D_{max}32, D_{max}16 ve D_{max}8)

Tablo 2.5: Deney Sonuçlarının İşlendiği ve Hesaplamaların Yapıldığı Çizelge

Elek Göz Açıklığı (mm)	Elek Üzerinde Kalan Miktar(g) (A)	Kümülatif Kalan (g) (B)	Elek Üzerinde Kalan (%) (C)	Kümülatif Kalan (%) (D)	Kümülatif Geçen (%) (E)
31,5					
16					
8					
4					
2					
1					
0,50					
0,25					
Geçen (Tava)					
Toplam Numune (M2)					

Tablo 2.5'in Doldurulması

A Sütununun Doldurulması: Bu sütuna her elek üzerinde kalan miktarlar gram olarak yazılır. Örneğin, 8 mm üzerinde kalan miktar 8 mm'nin yanındaki boşluğa yazılır.

B Sütunun Doldurulması: Bu sütuna kümülatif (yığılımlı) olarak elekler üzerinde kalanlar, en üst elekten aşağıya doğru toplanarak yazılır. Örneğin 16 mm göz açıklıklı eleğin kümülatif değeri:

Kümülatif kalan (16 mm) için = B (31,5 mm) + A (16 mm)

C Sütunun Doldurulması: Bu sütuna elek üzerinde kalan miktarın, toplam agrega kütlesine göre yüzdesinin hesaplanması yazılır. Örneğin 31,5 mm göz açıklıklı elek üzerindeki numunenin yüzdesi:

Elek üzerinde kalan % (31,5 mm) = (A (31,5 mm) / M_2)· 100

D Sütunun Doldurulması: Bu sütuna yukarıdan aşağı elekler üzerinde kalan yüzdeler, kümülatif olarak toplanarak yazılır. Örneğin 16 mm göz açıklıklı eleğin kümülatif yüzdesi:

Kümülatif kalan % (16 mm) için = D (31,5 mm) + C (16 mm)

E Sütunun Doldurulması: Bu sütuna %100'den istenen eleğin kümülatif kalan yüzdesi çıkarılınca, o elek altına geçen yüzde değer bulunur. Örneğin 31,5 mm göz açıklıklı eleğin altına geçen malzeme yüzdesi:

Kümülatif geçen % (31,5 mm) için = 100-D (31,5 mm)

2.2.5. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 2.6: Deney Raporu

Numunenin Tanımlanması		Standart No.	
Deneyin Adı	Agregalarda Dane Büyüklüğü Deneyi		
Numune Kabul Tarihi ...../...../.....	Numune Alma Metodu	Numune Azaltma İşlemi	
Numunenin Adı	Numunenin Alındığı Yer	Malzemenin Tanımlanması	
Analiz Metodu:	Yaş Eleme Metodu	Kuru Eleme Metodu	
Her Elekten Geçen Deney Kısmının Kütlesinin Kümülatif Yüzdesi:			
Numune Alma Belgesi			
Deney Kısmının Kütlesi (g)		Deney Tarihi	..../...../.....

Sonuçların Grafikte Gösterilmesi

GEÇEN %									
	100								
	95								
	90								
	85								
	80								
	75								
	70								
	65								
	60								
	55								
	50								
	45								
	40								
	35								
	30								
	25								
	20								
	15								
	10								
	5								
	0								
		0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
		ELEK GÖZ AÇIKLIĞI							

1. DENEY UYGULAMASI

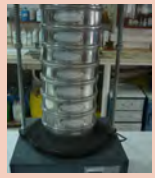
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21670

Temin edebildiğiniz en az iki çeşit agrega numunesi ile tane büyüklüğü deneyini yapınız. Sonuçlarınızın örnek referans granülometri eğrisine göre beton için uygun olup olmadığını karşılaştırınız.

Deney Adı : Agregada Tane Büyüklüğü Deneyi (Elek Analizi Deneyi)

Deney Süresi : 30 dakika numune hazırlama, 24 saat suda bekletme, 30 dakika uygulama, 16 saat etüvde kurutma, 1 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Eldiven, gözlük ve iş önlüğünüzü giyiniz.	
  Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Numune miktarını Tablo 2.4'e göre hazırlayınız. • Agrega deney numunesini etüvde 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutunuz. • Etüvden çıkartılan numuneyi soğutunuz. • Terazide tartarak kütlesini M_1 olarak kaydediniz.	
 Numunenin etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulması	• Numuneyi tepsiye yayınız ve 24 saat oda sıcaklığındaki suda bekletiniz. • Dağıtıcı bir reaktif olarak (NaPO3)6 sodyum heksametafosfat kullanabilirsiniz. • 0,063 mm göz açıklı eleğin her iki tarafını ıslatınız ve üzerine 1 veya 2 mm göz açıklı koruma eleği takınız.	
 Islak numunenin etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulması	• Koruma eleği ve 0,063 mm elek üzerindeki numuneleri bir tepsiye koyunuz ve etüvde • 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutunuz, soğutunuz, tartınız ve M2 olarak kaydediniz.	
 Numunenin eleğe konulması	• Elekleri büyük göz açıklığından küçüğe doğru sıralayınız ve en alta tava koyunuz. • Agrega numunesini en üstteki eleğin içine boşaltınız.	

 Numunenin sarsma makinesinde elenmesi	• Üstteki eleği kapakla kapatınız ve sarsma makinesine yerleştirerek makineyi çalıştırınız.	
 Elekler üzerindeki numunenin ayrı ayrı kaplara konulması	• Numunenin tamamı elendikten sonra her elek üzerinde kalan ve tavada kalan numuneleri ayrı ayrı kaplara koyunuz. (Her kabın darasını almayı unutmayınız.)	
 Elekler üzerindeki numunenin ayrı ayrı tartılması	• Her kaptaki elenmiş agregayı ayrı ayrı tartınız, kütlesini çizelgeye kaydediniz. • Çizelge üzerindeki gerekli hesaplamaları yapınız ve kümülatif geçen agrega yüzdesini bulunuz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonucu ile ilgili çizelge, grafik ve raporu grubunuzla düzenleyiniz. • Agrega karışımından alınan numunenin beton için uygun granülometriye sahip olup olmadığını yorumlayınız. • Hazırlanan rapor, çizelge ve grafikleri belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

2.3. AGREGADA BİRİM AĞIRLIK DENEYİ (TS EN 1097-3)

Beton karışım hesabında agreganın birim hacimdeki ağırlığının bilinmesi esastır. Kullanılacak olan agreganın miktarı, boşlukları ve sıkıştırılma özelliğinin belirlenmesi gerekir. Betonun kompozit bir yapıya sahip olması dayanımını olumlu etkilemektedir. Birim ağırlık deneyinin amacı, agreganın gevşek ve sıkışık olarak kaplayacağı hacmin belirlenmesini saptamaktır. Ayrıca agreganın kompasitesi (doluluk oranı) ve işlenme esası bu deneyle bulunur.

2.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.

Birim Ağırlık Ölçü Kapları: Alt ve üst yüzleri düz ve silindir eksenine dik, agrega maksimum tane boyutuna göre iç boyutları Tablo 2.7'de verilen değerlere uygun, biçimi bozulmayacak, dayanıklı metalden yapılmış iki kulpu bulunan silindir biçimli kaplardır (Görsel 2.14).

Terazi: 20 kg çekerli ve 1 g hassasiyetli olmalıdır (Görsel 2.14).

Şişleme Çubuğu: Çelikten yapılmış; çapı 16 mm, boyu 600 mm olan; ucu yarım küre biçiminde pürüzsüz ve düz bir çubuk (Görsel 2.14).

Sıyırma Cetveli: Çelikten yapılmış kabın çapından en az 50 mm daha uzun ve sıyırma işleminde deforme olmayacak yapıda olmalıdır (Görsel 2.14).



Görsel 2.14: Birim ağırlık deney araç ve ekipmanları

1.Birim ağırlık ölçü kapları 2.Terazi 3.Şişleme çubuğu 4.Bakkal küreği 5.Sıyırma cetveli 6.Tepsi veya tava (Görsel 2.14) ve hava dolaşımlı etüv

Tablo 2.7: Birim Ağırlık Ölçü Kapları Boyutları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	Kap İç Çapı (mm)	Kap Yüksekliği (mm)	Kap Et Kalınlığı (mm)	Yaklaşık Hacim dm^3
16	155	155	3,5	3
32	250	280	3,5	14
125	350	290	3,5	28



Ölçü kaplarının hacmi çizelgeden alınmamalıdır. Kap önce boş olarak tartılır, sonra içi (20±2 ^{0}C) su ile doldurulur. Üzerine cam plaka konularak altında hava kabarcıkları kalmamasına dikkat edilir. İçi suyla dolu kap tartılır. Su dolu birim ağırlık kap kütlesinden, boş kap kütlesi çıkartılarak suyun birim ağırlığına bölünmesi ile kap hacmi bulunur.

2.3.2. Deney için Gerekli Numune Miktarları

Deneyde kullanılacak numune miktarı en büyük tane büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Gerekli deney numune miktarı Tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.8: Birim Ağırlık Deneyi İçin Gerekli Numune Miktarı

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	0,25	0,50	1	2	4	8	16	31,5	63	90	125
Deney Numune Miktarı (kg)	5	5	5	5	5	5	5	25	25	50	50

2.3.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

Tablo 2.8'deki maksimum tane büyüklüğüne göre alınan numune, ilk olarak etüvde 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutulur ve soğutulur. Her üç deney numunesinin kütlesi, numune kabını doldurmak için gerekli kütlenin %120 ile %150'si kadar olmalıdır.

2.3.4. Deneyin Yapılışı

Birim ağırlık deneyleri gevşek ve sıkışık (31,5 mm altı ve 31,5 mm üstü) olmak üzere iki yöntemle yapılır.

2.3.4.1. Gevşek Birim Ağırlık Deneyi

- Deney ölçü kabı, agrega tane çapına ve Tablo 2.7'ye göre seçilir.
- Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığı tartılır ve M_1 olarak kaydedilir.
- Ölçü kabının hacmi, daha önceden açıklandığı şekilde bulunur ve V olarak kaydedilir.
- Hazırlanan agrega numunesi, ölçü kabının üzerinden taşana kadar kürekle doldurulur.
- Doldurma işleminde, agreganın sıkışmaması ve ayrışmaması için kürek yüksekliğinin 50 mm'den daha fazla olmamasına dikkat edilmelidir.
- Ölçü kabının üzerindeki fazla agrega, sıyırma cetveli ile sıyrılır ve sıkıştırmadan düzeltilir.
- Agrega dolu ölçü kabı, tartılır ve kabın kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- Gevşek birim ağırlık, "$Bg = (M_2-M_1) / V$" formülü ile hesaplanır.
- Gevşek birim ağırlık deneyi, en az üç yeni agrega numunesi ile yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır.

2.3.4.2. Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Tane Çapı 31,5 mm ve Daha Küçük Agregalar İçin)

- Deney ölçü kabı, agrega tane çapına ve Tablo 2.7'ye göre seçilir.
- Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığı tartılır ve M_1 olarak kaydedilir.
- Ölçü kabının hacmi, daha önceden açıklandığı şekilde bulunur ve V olarak kaydedilir.
- Hazırlanan agrega numunesi, ölçü kabının 1/3 yüksekliğine kadar kürekle doldurulur ve şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenir. Şişleme işlemi, kabın tamamına yayılacak şekilde dik ve tabana değmeyecek biçimde yapılır.
- Numune, kabın 2/3'üne kadar kürekle doldurulur; şişleme çubuğu ile 25 defa yüzeye eşit bir biçimde, dik ve bir önceki tabakaya geçecek şekilde şişlenir.
- Numune, taşacak şekilde kaba doldurulur ve tekrar yüzeye eşit biçimde, dik, bir önceki tabakaya geçecek şekilde 25 defa şişleme yapılır. Yüzeyi sıyırma cetveli ile sıyrılır ve düzeltilir.
- Sıkışık agrega dolu ölçü kabı, tartılır ve kabın kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- Sıkışık birim ağırlık, "$Bs = (M_2-M_1) / V$" formülü ile hesaplanır.
- Sıkışık birim ağırlık deneyi, en az üç yeni agrega numunesi ile yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır.

2.3.4.3. Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Tane Çapı 31,5 mm'den Daha Büyük Agregalar İçin)

- Deney ölçü kabı, agrega tane çapına veTablo 2.7'ye göre seçilir.
- Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığı tartılır ve M_1 olarak kaydedilir. Bulunan hacim V olarak kaydedilir.
- Ölçü kabı, sert bir zemine konur. Hazırlanan agrega numunesi, kürekle ölçü kabının 1/3 yüksekliğine kadar doldurulur.
- Ölçü kabının bir kulp tarafı yere değerken diğer kulp tarafı 50 mm yukarı kaldırılarak serbest bir şekilde 25 defa düşürülür. Diğer kulp tarafı için de aynı işlem tekrarlanır.
- Agrega numunesi, ölçü kabının 2/3 yüksekliğine kadar kürekle tekrar doldurulur.
- Ölçü kabının her iki kulp tarafı için de 50 mm yukarı kaldırılarak serbest bir şekilde 25 defa düşürme işlemleri yapılır.

- Ölçü kabının tamamı doldurulur ve her iki kulp tarafı için de 50 mm yukarı kaldırılarak serbest bir şekilde 25 defa düşürme işlemi yapılır ve yüzeyi sıyırma cetveli ile düzeltilir.
- Sıkışmış hâldeki agrega dolu ölçü kabı tartılır ve kabın kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- Sıkışık birim ağırlık, "Bs =(M_2-M_1)/ V" formülü ile hesaplanır (31,5 mm büyük agregalar için).
- Sıkışık birim ağırlık deneyi, en az üç yeni agrega numunesi ile yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır.

2.3.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması

Gevşek birim ağırlık deneyi sonuçlarının hesaplanması:

$$Bg = (M_2 - M_1) / V$$

Bg : Gevşek birim ağırlık

M_1 : Ölçü kabının boş ağırlığı (g)

M_2 : Ölçü kabı + gevşek agrega ağırlığı (g)

V : Ölçü kabının iç hacmi (dm^3)

Her üç deney numunesinin gevşek birim ağırlığının aritmetik ortalamasının hesaplanması:

$$Bg_{or} = (Bg_1 + Bg_2 + Bg_3)/ 3$$

Sıkışık birim ağırlık deneyi sonuçlarının hesaplanması:

$$Bs = (M_2 - M_1) / V$$

Bs : Sıkışık birim ağırlık

M_1 : Ölçü kabının boş ağırlığı (g)

M_2 : Ölçü kabı + sıkışık agrega ağırlığı (g)

V : Ölçü kabının iç hacmi (dm^3)

Her üç deney numunesinin sıkışık birim ağırlığının aritmetik ortalamasının hesaplanması:

$$Bs_{or} = (Bs_1 + Bs_2 + Bs_3)/ 3$$





2.3.6. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 2.9: Deney Raporu

Deney Adı		Agregalarda Birim Ağırlık Deneyi		
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar				
Numunenin Ait Olduğu İş				
Deneyin Adı				
Numunenin Tanıtılması ve Tane Büyüklüğü				
Rapor Tarihi ve Numarası		Deneyde Uygulanan Standart No.		
DENEYİ YAPANLAR				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
4				
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
DENEY SONUÇLARI				
Deney Yöntemi	1. Deney	2. Deney	3. Deney	Ortalama Değer
Gevşek Birim Ağırlık Deneyi				
Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi ≤ 31,5 mm				
Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi >31,5 mm				
Deney sonuçlarını değiştirebilecek etkenler: .... Sakıncalı etkileri önlemek için alınmış önlemler:				
Uygulanan deney metodunda belirtilmeyen, uygulamada yapılmış işlemler:				

2. DENEY UYGULAMASI

Ayrı ocaklara ait, aynı tane büyüklüğüne sahip iki farklı numune ile gevşek birim ağırlık ve sıkışık birim ağırlık deneylerini yapınız. Deney raporlarınızı bir hafta içinde ders öğretmeninize teslim ediniz.

Deney Adı : Agregada Birim Ağırlık Deneyi

Deney Süresi : 30 dakika numune hazırlama, 24 saat suda bekletme,
30 dakika uygulama, 16 saat etüvde kurutma, 1 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Eldiven, koruyucu gözlük ve iş önlüğünüzü giyiniz.	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Birim ağırlık ölçü kabını Tablo 2.7'ye göre seçiniz. • Numune miktarını Tablo 2.8'e göre hazırlayınız.	
 Numunenin etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulması	• Agrega deney numunesini etüvde 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutunuz • Etüvden çıkartılan numuneyi soğutunuz. • Üç eşit numuneye ayırınız.	
 Birim ağırlık ölçü kabının hacminin bulunması	• Seçilmiş olan birim ağırlık ölçü kabını ve cam plakayı birlikte tartınız. • Oda sıcaklığında olan, ölçü kabını doldurabilecek kadar su hazırlayınız.	

 Birim ağırlık ölçü kabının hacminin bulunması	• Kabı su ile doldurunuz, üzerine cam plaka koyarak altında hava kabarcıkları kalmamasına dikkat ediniz. (Ölçü kabının etrafı kurulanmalıdır.) • Dolu olarak kabı tartınız. • Dolu birim ağırlık kap kütlesinden boş kap kütlesini çıkarıp suyun birim ağırlığına bölerek kabın hacmini bulunuz.	
 Ölçü kabının boş kütlesinin bulunması	• Gevşek birim ağırlık deneyini yapınız. • Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığını tartınız, sonucu M_1 olarak kaydediniz.	
 Ölçü kabının doldurulması	• Ölçü kabını taşacak şekilde tamamen doldurunuz. • Doldurma işleminde agreganın sıkışmaması ve ayrışmaması için kürek yüksekliğinin 50 mm'den fazla olmamasına dikkat ediniz. • Ölçü kabının üzerindeki fazla agregayı sıyırma cetveli ile sıyırınız ve sıkıştırmadan düzeltiniz.	
 Agrega dolu ölçü kabının tartılması	• Agrega dolu ölçü kabını tartınız, kütlesini M_2 olarak kaydediniz. • Gevşek birim ağırlığı "Bg =(M_2-M_1) / V" formülünü kullanarak hesaplayınız. • Gevşek birim ağırlık deneyini en az üç yeni agrega numunesi ile yapınız.	
 Ölçü kabının boş kütlesinin bulunması	• SIKIŞIK BİRİM AĞIRLIK DENEYİNİ YAPINIZ • Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığını tartınız, M_1 olarak kaydediniz. • Ölçü kabının hacmini daha önce açıklandığı şekilde bulunuz, V olarak kaydediniz.	
 Şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenmesi	• Hazırlanmış agrega numunesini kürekle ölçü kabının 1/3 yüksekliğine kadar doldurunuz. • Şişleme çubuğu ile 25 kez şişleyiniz. • Şişleme işlemini kabın tamamına yayılacak şekilde, dik ve tabana değmeyecek biçimde yapınız.	

 Şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenmesi	• Numuneyi kürekle kabın 2/3'üne kadar doldurunuz. • Şişleme çubuğu ile 25 defa yüzeye eşit bir biçimde dik ve bir önceki tabakaya geçecek şekilde şişleyiniz.	
 Şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenmesi	• Numuneyi kaba taşacak şekilde doldurunuz. • Tekrar yüzeye eşit biçimde, dik, bir önceki tabakaya geçecek şekilde 25 defa şişleme yapınız. • Yüzeyi sıyırma cetveli ile sıyırınız ve düzeltiniz.	
 Agrega dolu ölçü kabının tartılması	• Sıkışık agrega dolu ölçü kabını tartınız, kütlesini M_2 olarak kaydediniz. • Sıkışık birim ağırlığını "$Bs=(M_2-M_1)/V$" formülünü kullanarak hesaplayınız. • Sıkışık birim ağırlık deneyini en az üç yeni agrega numunesi ile yapınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney sonucunun belirlenmesi ve deney raporunun doldurulması	• Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve grubunuzla deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda agrega karışımından alınan numunenin beton dizaynı için gerekli gevşek ve sıkışık birim ağırlıklarını tespit ediniz ve beton birim ağırlığına etkisini yorumlayınız. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Laboratuvar deneyleri için toplam numuneden azaltılarak elde edilen numune aşağıdakilerden hangisidir?

A) Parça numune
B) Parti
C) Temsili numune
D) Laboratuvar numunesi
E) Kısmi numune

2. İnce agrega stok yığınından numune, yığın yüzeyi en büyük tane boyutunun en az kaç katı derinliğine kadar temizlenerek alınmalıdır?

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

3. Çeyrekleme metodunda numunenin alındığı kaynağı tam temsil etmesi ve homojen bir karışım olması için ilk ne yapılmalıdır?

A) Öncelikle numune yayılarak serilir.
B) Numune 1 metre yüksekten serperek boşaltılır.
C) Numune en az üç defa kürekle aktarılır.
D) Numune yerde ayakla ezilerek dağıtılır.
E) Numunenin ortası kenarlara doğru açılır.

4. Tane büyüklüğü deneyinin el ile eleme yöntemiyle yapılması hâlinde, dolu eleğe dakikada kaç kez vurulur?

A) 50
B) 90
C) 120
D) 150
E) 200

5. Tane büyüklüğü deneyinde elek takımı oluşturulurken en alta konulan eleğin göz açıklığı ne kadar olmalıdır?

A) 0,10 mm
B) 0,20 mm
C) 0,25 mm
D) 0,50 mm
E) 1 mm

6. Birim ağırlık deneyinde kullanılacak gerekli numune miktarı aşağıdaki seçeneklerden hangisine göre belirlenmelidir?

A) Numunenin boşluk durumuna
B) Numunenin nem durumuna
C) Elek kapasitesine
D) Numunenin en büyük tane büyüklüğüne
E) İnce agrega miktarına

7. Bir laboratuvar numunesinde gevşek birim ağırlık deneyi en az kaç kere yapılmalıdır?

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

8. Gevşek birim ağırlık deneyinde, kabın doldurulması işleminde aşağıdaki hususlardan hangisine dikkat edilmelidir?

A) İnce agrega en alta konulur.
B) Doldurma esnasında kürekle numune bastırılır.
C) Doldurma sırasında kap zemine sert vurulur.
D) Kabın iç yüzeyi doldurma öncesi ıslatılır.
E) Numune en fazla 50 mm yüksekten boşaltılır.

9. Sıkışık birim ağırlık deneyinde her tabaka kaç kez şişlenir?

A) 10
B) 15
C) 20
D) 25
E) 30

10. Sıkışık birim ağırlık deneyinde kullanılan numune ölçü kabının doldurulması gereken ilk yükseklik aşağıdakilerden hangisidir?

A) 1/2
B) 1/3
C) 2/3
D) 1/4
E) 1/5







3. ÖĞRENME BİRİMİ

AGREGADA ÖZGÜL AĞIRLIK VE İNCE MADDE MİKTARI TAYİNİ

KONULAR

3.1. AGREGALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK VE SU EMME TAYİNİ DENEYI

3.2. AGREGADA İNCE MADDE MİKTARI DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Abraham hunisi
- Arşimet terazisi
- Balon joje
- Dky
- Metilen
- Özgül ağırlık

GİRİŞ

Agregaların özgül ağırlık değerleri 2,4 g/cm³ ile 2,8 g/cm³ arasında değer almaktadır. Örneğin kireçtaşının özgül ağırlığı 2,66 g/cm³, bazaltın özgül ağırlığı 2,80 g/cm³, granitin özgül ağırlığı 2,69 g/cm³ ve kuvarsın özgül ağırlığı 2,62 g/cm³ civarındadır. Özgül ağırlığı 2,4 g/cm³ten düşük agregalar **hafif agregalar** olarak adlandırılır.

Yıkanabilir ince maddeler, agregalarda kısıtlı miktarda bulunması istenen zararlı maddelerdendir. Kil, silt ve taş unu gibi ince taneli malzeme agregada topaklanmış hâlde, toz hâlinde dağılmış veya iri tanelerin yüzeyine yapışmış olarak bulunur. Bu maddelerin karışım içinde fazla miktarda bulunması, her yönden beton ve asfalt kalitesini olumsuz etkilemektedir.

3.1. AGREGALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK VE SU EMME TAYİNİ DENEYİ (TS EN 1097-6 TS 1114, ASTM C 33)

Agregaların özgül ağırlığı, aralarındaki boşlukların çıkarılarak hesaplandığı birim ağırlığıdır. Agreganın nem oranına göre üç çeşit özgül ağırlığından bahsedilebilir. Agregaların özgül ağırlığı; "kuru özgül ağırlık", "doygun kuru yüzeyli özgül ağırlık" ve "görünen özgül ağırlık" olmak üzere üç ayrı şekilde tayin edilir. Beton karışımlarında doygun kuru yüzeyli (DKY) özgül ağırlık kullanılırken asfalt karışımlarında kuru özgül ağırlığı hesaplanan agregalar kullanılmaktadır. Doygun kuru yüzey (DKY); agreganın yapısındaki boşlukların su ile dolu fakat yüzeyinin kuru olduğu durumdur. Kuru özgül ağırlık ise etüv kurusu olarak adlandırılan agreganın nemden arındırılmış özgül ağırlığıdır.

Agregaların; kuru özgül ağırlık, DKY özgül ağırlık, görünen özgül ağırlık ve su emme oranları iki metotla bulunur. Bunlar, iri agregalarda ve ince agregalarda olmak üzere iki agrega türünde ayrı ayrı ve farklı metotlarla yapılır.



Agrega belirli sayıda farklı tane büyüklüğü aralıklarından oluşuyorsa deney numune kısmını hazırlamadan önce numunenin 0,063 mm ile 4 mm, 4 mm ile 31,5 mm ve 31,5 mm ile 63 mm tane büyüklüğü aralıklarına ayrılması gereklidir. Her bir tane büyüklüğü aralığının yüzdesi, deney raporunda belirtilmelidir.

3.1.1. İnce Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi

Deney tane boyutu 4 mm'den küçük agregalarda kullanılacak araçlar bakımından iki yöntemle yapılır. Bu yöntemler piknometre ve balon joje ile yapılır.

3.1.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.

Ölçü Kabı (**Balon Joje):** Şeffaf camdan, balon şeklinde 500 mL veya 250 mL kapasiteli, sızdırmaz kapaklı ve iç hacmi çizgi ile belirtilmiş olmalıdır (Görsel 3.1).



Görsel 3.1: Balon joje

Tablalı Elektrikli Isıtıcı veya Hava Üflemeli Isıtıcı: Deney numunesinin yüzeyindeki suyun uzaklaştırılmasında kullanılan, sıcaklığı 105±5 °C çıkarabilecek güçte elektrik veya gazlı ısıtıcıdır (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: Tablalı elektrikli ısıtıcı

Desikatör: Tabanında kalsiyum klorür ($CaCl_2$) vb. nem çekici (desikant) bir madde serili olduğu için nem oranı çok düşüktür, ağzı sıkı kapatılabilir ve numuneyi nemden uzak saklamak amacı ile kullanılır (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: Vakumlu desikatör

Sıkıştırma Tokmağı: Metalden ucu yuvarlatılmış, 25 mm çapında ve yaklaşık 350 gram ağırlığındadır (Görsel 3.4).



Görsel 3.4: Sıkıştırma tokmağı

Metal Kalıp-Abraham Hunisi: Paslanmaz metalden, kesik koni biçiminde, üst iç çapı 38 mm, yüksekliği 73 mm, alt iç çapı 89 mm olan kalıptır (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Metal kalıp-Abraham Hunisi



Görsel 3.6: Vakum pompası

Vakum Pompası: Elektrikle çalışan, vakumlama özelliği olan, taşınabilir ve balon jojeye uygun çapta hortum takılabilir yapıda olmalıdır (Görsel 3.6).

Saf veya Demineralize Su: Organik veya inorganik maddelerden arındırılmış yapıda olmalıdır (Görsel 3.7).



Görsel 3.7: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Hassas terazi 2.Saf veya demineralize su 3.Ölçü kabı (Balon joje) 4.Tablalı ısıtıcı veya hava üflemeli ısıtıcı 5.Desikatör 6.Metal tepsi veya metal tava 7.Spatula 8.Kaşık 9.Plastik karıştırma çubuğu 10.İnce fırça 11.Dijital termometre 12.Sıkıştırma tokmağı 13.Metal kalıp-Abraham hunisi 14. Plastik veya cam huni 15.Metal numune kapları 16.Vakum pompası. Ayrıca; hava dolaşımlı etüv

3.1.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

İnce agregalar için deney numune kütlesi Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	0,25	0,50	1	2	4
Deney Numunesi Miktarı (kg)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

3.1.1.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Malzemeyi tam temsil eden deney numunesi bölgeç veya çeyrekleme yöntemiyle azaltılarak Tablo 3.1'de belirtilen miktarda alınır.
- Alınan numune 24 saat suda bekletilir ve tamamen suya doygun hâle getirilir.
- 24 saat sonunda doygun hâle gelen numunenin suyu ince taneler kaybolmayacak şekilde süzülür.

- Islak numune bir tava içerisine yayılarak konulur. Tablalı ısıtıcı veya hava üflemeli ısıtıcı ile devamlı karıştırılarak doygun kuru yüzey (DKY) hâline getirilir.



Doygun kuru yüzey hâli ince agreganın koyu [ıslak renkten açık(kuru)] renge değişmeye başladığı anın hemen sonrasıdır. Agreganın DKY hâline gelip gelmediği Abraham hunisi (kesik koni) yöntemi, kesme yöntemi veya tecrübeye dayanarak olmak üzere üç şekilde anlaşılabilir.

Kesik Koni (Abraham Hunisi) Yöntemiyle DKY Durumunun Belirlenmesi

- 300-350 g suya doygun ince agrega numunesi, tepsinin üzerinde sürekli karıştırılır; kuruluklar gözlenmeye başlandığı anda tepsi ocaktan alınır.
- Doygun kuru yüzey hâline geldiği tahmin edilen numune, vakit kaybetmeden geniş yüzü alta gelecek şekilde kesik koni biçimli metal kalıba (Abraham hunisi) gevşek olarak kaşık yardımıyla doldurulur.
- Numune, üst seviyesinin en fazla 5 mm yüksekliğinden serbest düşüşle 25 defa tokmakla sıkıştırılır.
- Kesik koni hafifçe çıkarılırken numuneye karıştırma aracıyla hafif dokunulur. Bu bölge serbestçe düşüyorsa yüzeyde kuruma gerçekleşmiş, DKY durumuna gelmiş demektir. (Numune şeklini korumada direnç gösteriyorsa içinde henüz serbest nem bulunuyor demektir. Kurutma işlemine devam edilerek taneler arasındaki yapışmayı sağlayan suyun uzaklaştırılması sağlanmalı ve aynı işlem tekrar edilerek DKY durumu kontrol edilmelidir. Koni çıkarıldığında numune yığın hâline dönüşüyorsa kurutma, gereğinden fazla yapılmıştır. Az miktarda suyun püskürtülmesiyle nemlendirilen numune iyice karıştırılmalı ve yeniden DKY durumu kontrol edilmelidir.)

Kesme Yöntemiyle DKY Durumunun Belirlenmesi

- Tepsinin üzerinde kurutulan ve doygun kuru yüzey hâline getirildiği düşünülen numune, yarım küre şeklinde yığın hâline getirilir.
- Numune yığın hâline gelmiyorsa aşırı kurutulmuştur. Üzerine su püskürtülerek karıştırılır ve tekrar yığın oluşturulur.
- Yığın, malayla düşey olarak ikiye bölündüğünde ortaya çıkan yüzeyler düzlemliğini koruyabiliyorsa kurutmaya devam edilir.
- Düşey yüzey kendini tutamayıp genel şeklini koruyarak yıkıldığında DKY hâline gelinmiştir.

3.1.1.4. Deneyin Yapılışı

- DKY hâline gelmiş numuneden 150 ile 300 g arası numune alınır, tartılır ve M_2 değeri olarak kaydedilir.
- Kaydedilen numune huni yardımıyla balon joje içerisine konulur ve üzerine numuneyi bir miktar (1-2 cm) geçene kadar saf su ilave edilir.
- Düz bir yüzey üzerine hafif hafif vurarak ayrıca plastik çubuk yardımıyla jojenin kenarına vurup hava kabarcıklarının çıkması sağlanır veya vakum pompası ile numunenin içerisindeki hava alınır.
- Hava kabarcıkları çıkışı tamamlanan, içinde numune bulunan balon jojeye 500 mL çizgisine kadar saf su ilave edilir.
- Oda sıcaklığındaki (20±2 °C) su banyosu içerisine konularak 24 saat bekletilir.
- 24 saat sonunda saf su ve numune dolu balon joje tartılır ve M_3 değeri olarak kaydedilir.

- Daha sonra balon joje içerisindeki su ve numune bir tava içerisine alınır. İnce tanelerin suyu, taneler kaybolmayacak şekilde süzülür ve teneler, etüv içerisinde 16-24 saat kurutulur.
- Çıkartılan numune; desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletilir, ağırlığı tartılır ve M_1 değeri olarak kaydedilir.
- Deneyde kullanılan boş balon jojenin içerisine 500 mL çizgisine kadar saf su doldurulur, tartılır ve M_4 değeri olarak kaydedilir (Bu ölçüm deneyin başında veya sonunda yapılabilir.).
- İlgili formüller kullanılarak ince agreganın kuru özgül ağırlığı, DKY özgül ağırlığı, görünen özgül ağırlığı ve su emme oranı hesaplanır.
- Deney, aynı anda üç ayrı balon jojede yapılır ve sonuçlarının ortalaması alınır.

3.1.1.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

- İnce agreganın kuru özgül ağırlığı, $\gamma_{ik} = M_1 / (M_2 + M_4 - M_3)$ formülü ile bulunur. İnce agreganın doygun kuru yüzey özgül ağırlığı, $\gamma_{id} = M_2 / (M_2 + M_4 - M_3)$ formülü ile bulunur.
- İnce agreganın görünen özgül ağırlığı, $\gamma_{ig} = M_1 / (M_1 + M_4 - M_3)$ formülü ile bulunur.
- İnce agreganın su emme oranı %'si, $m_{is} = [(M_2 - M_1)/M_1] \cdot 100$ formülü ile bulunur.

M_1 : Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

M_2 : Numunenin doygun yüzey kuru durumdaki ağırlığı (g)

M_3 : Ölçü kabı (balon joje) + saf su + numune ağırlığı (g)

M_4: 500 mL çizgisine kadar saf su ile dolu ölçü kabı ağırlığı (g)

Deney sonuçları Tablo 3.2'deki çizelgeye işlenir.

Tablo 3.2: Deney Sonuçlarının İşlendiği Çizelge

500 mL (cm^3) Çizgisine Kadar Su Dolu Ölçü Kabı Ağırlığı M_4 (g)			DENEY NUMUNESİNİN								
			Kuru Ağırlığı M_1 (g)			DKY Ağırlığı M_2 (g)			Ölçü kabı + Su +DKY Numune Ağırlığı M_3 (g)		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney
ÖZGÜL AĞIRLIKLAR VE SU EMME ORANLARI											
Kuru Özgül Ağırlığı			DKY Özgül Ağırlığı			Görünen Özgül Ağırlığı			Su Emme Oranı %		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney
ORTALAMA:			ORTALAMA:			ORTALAMA:			ORTALAMA:		



Deneyin sonucuna etki edebilecek hatalar: tartımın hassas yapılmaması, suda bekletme süresi ve su seviyesi, numunenin suyunun süzülmesinde tane kaybı, etüvde yeteri kadar kurutulmaması ve hesaplamanın yanlış yapılması

Kumun; kuru, doygun kuru yüzey ve görünen özgül ağırlığının bulunması beton için önemli bir bulgudur. Hazırlanacak betonun birim ağırlığının ve içerisine katılacak su miktarının ayarlanmasında bu bilgiler gereklidir.

3.1.2. İri Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi (Tel Sepet Yöntemi)

Bu deney tane boyutu 63 mm ile 4 mm arasındaki agregalarda kullanılacak araçlar bakımından iki yöntemle yapılır. Bunlar piknometre ve tel sepet (Arşimet terazisi) yöntemleridir.

TS EN 1097-6'da bu iki yöntemin uygulanması ile ilgili açıklamalarda;

Piknometre Yöntemi: 31,5 mm elekten geçen, 0,063 mm elek üzerinde kalan agregalara uygulanması gerektiği belirtilir.

Tel Sepet Yöntemi: 63 mm elekten geçen, 31,5 mm elek üzerinde kalan agregalara uygulanması gerektiği belirtilir.

Tel sepet metodu, 4 mm ile 31,5 mm arasında kalan agregalar için piknometre metoduna alternatif olarak kullanılacak ve anlaşmazlık durumunda piknometre metodunun referans olarak alınacağı ifade edilmiştir.

3.1.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır (Görsel 3.11).

Arşimet Terazisi ve Ekipmanı: 20 kg ağırlık çekebilen,1 g hassasiyetli, su içerisinde tartım yapabilen ve özel mekanizmayla numune dolu tel sepetin su içerisinde asılı kalmasını sağlayan sehpadan oluşur (Görsel 3.10).

Deney Elekleri ve Tava: 63 mm, 31,5 mm ve 4 mm göz açıklığına sahip, kare gözlü elekler kullanılır.

Kafes Örgü (Tel) Sepet : 4 mm göz açıklıklı elek telinden yapılmış, terazi koluna asılacak şekilde uygun büyüklükte ve korozyona dayanıklı olmalıdır (Görsel 3.8).

Su Kovası: Sepet ile kova kenarları arasında en az 50 mm açıklık olacak şekilde, içerisinde sepetin serbestçe hareket edebileceği, sepet yüksekliğinden fazla su konulabilen plastik veya metal kaptır (Görsel 3.9).



Görsel 3.8: Kafes örgü (tel) sepet



Görsel 3.9 Su kovası



Görsel 3.10: Arşimet terazisi



Görsel 3.11: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Deney elekleri ve tava 2.Terazi 3.Tel sepet (kafes örgü sepeti) 4.Desikatör 5.Havlu veya benzeri kurutma bezleri 6.Dijital termometre 7.Tepsiler veya tavalar 8.El küreği. Ayrıca; Arşimet terazisi ve sehpası (Görsel 3.10), su kovası (Görsel 3.9) ve hava dolaşımlı etüv

3.1.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

İri agregalar için deney numune kütlesi Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	4	8	16	31,5	63
Deney Numunesi Miktarı (kg)	0,8	1,5	2	3	3

3.1.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Malzemeyi tam temsil eden deney numunesi bölgeç veya çeyrekleme yöntemiyle azaltılarak Tablo 3.3'te belirtilen miktarda alınır.
- Alınan numune 4 mm elek üzerinde iyice yıkanır. Yıkamaya su berrak akıncaya kadar devam edilmelidir.

3.1.2.4. Deneyin Yapılışı

- Yıkanan numune tepsi içerisine yayılarak 24 saat 20±2 °C'de su içerisinde bekletilir.
- İnce taneleri kaybolmayacak şekilde süzülür ve tepsi içerisine yayılır.
- Numune havlu veya kurutma bezi yardımıyla üzerinde görülen su tabakası kalmayıncaya kadar ovularak kurutulur ve doygun kuru yüzey hâline getirilir.
- Doygun kuru yüzey hâline getirilen numune tartılır ve çizelgeye DKY ağırlığı olarak kaydedilir (M_2).
- Numune tel sepet içerisine konarak Arşimet düzeneğine yerleştirilir. Bütün yüzey en az 50 mm suyun altında kalacak şekilde suya daldırılır.
- Agreganın her yüzeyine suyun tamamen teması ve hava kabarcıklarının kalmaması için tel sepet içindeki numune, sudan çıkartılmadan 25 defa (**TS EN 1097-6**'ya göre) yükseltilerek düşürülür (Kovanın tabanına yaklaşık 25 mm kalana kadar düşürülür, tabana ve yan yüzeylere sepet değmemelidir.).
- Suya doygun hâldeki numunenin sudaki ağırlığı tartılır ve çizelgeye sudaki numune ağırlığı olarak kaydedilir (M_3).
- Numune sudan çıkartılır, bir tepsiye konur ve etüvde 105±5 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulur.
- Etüvde kurutulan numune oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulur, numunenin havadaki kuru ağırlığı tartılır ve çizelgeye kuru ağırlık olarak kaydedilir (M_1).

- İlgili formüller kullanılarak iri agreganın kuru özgül ağırlığı, DKY özgül ağırlığı, görünen özgül ağırlığı ve su emme oranı hesaplanır.
- Deney üç ayrı numune üzerinde yapılır. Eğer sonuçlar arasındaki fark %10'dan az çıkarsa üçünün ortalaması alınır. Sonuçlar %10'dan fazla çıkarsa bir dördüncü deney yapılarak birbirine yakın üç numunenin ortalaması alınır.

3.1.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

- İri agreganın kuru özgül ağırlığı, $\gamma_k = M_1 / (M_2-M_3)$ formülü ile bulunur.
- İri agreganın doygun yüzey kuru özgül ağırlığı, $\gamma_d = M_2 / (M_2-M_3)$ formülü ile bulunur
- İri agreganın görünen özgül ağırlığı, $\gamma_g = M_1 / (M_1-M_3)$ formülü ile bulunur.
- İri agreganın su emme oranı %'si, $m_s = [(M_2-M_1)/M_1] .100$ formülü ile bulunur.

M_1 : Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)
M_2 : Numunenin doygun kuru yüzey (DKY) durumdaki ağırlığı (g)
M_3 : Numunenin sudaki ağırlığı (g)



Deney sonrası özgül ağırlıklar arasında, her zaman şu ilişki bulunmalıdır: Kuru Özgül Ağırlık Değeri ≤ Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlık Değeri≤ Görünen Özgül Ağırlık Değeri

Tablo 3.4: Deney Sonuçlarının İşlendiği Çizelge

DENEY NUMUNESİNİN								
Kuru Ağırlığı M_1 (g)			DKY Ağırlığı M_2 (g)			Sudaki Ağırlığı M_3 (g)		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney
ÖZGÜL AĞIRLIKLAR								
Kuru Özgül Ağırlık (γk)			DKY Özgül Ağırlık (γd)			Görünen Özgül Ağırlık (γg)		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney
Ortalama:			Ortalama:			Ortalama:		
Su Emme Oranı ms (%)			Deney Tarihi:			Deney No.:		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	Deneyi Yapan:			En Büyük Tane Boyutu:		
			Deneyi Yaptıran:			Yapanın İmzası:		

3.1.3. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 3.5: Deney Raporu

Numunenin Tanımlanması				Deney Standardı: TS EN 1097-6	
Deneyin Adı	Agregalarda Özgül Ağırlık Deneyi				
Numunenin Ait Olduğu İş ve Adresi					
Raporun Hazırlandığı Tarih				Rapor No.	
Agrega Büyüklük Aralığı	0,063 mm ile 4 mm		Numune Aralık Yüzdesi:		
	4 mm ile 31,5 mm		Numune Aralık Yüzdesi:		
	31,5 mm ile 63 mm		Numune Aralık Yüzdesi:		
Deneye Tabi Tutulan Kuru Numune Kütlesi		Numunenin Azalma Yöntemi:			
Özgül Ağırlık Tayininde Kullanılan Metot ve Teknikler	Balon Joje Yöntemi	Piknometre Yöntemi	Tel Sepet Yöntemi		
Deney Sonuçları	Kuru Özgül Ağırlık Değeri (Ɣk)				
	Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlık Değeri (Ɣd)				
	Görünen Özgül Ağırlık Değeri (Ɣg):				
	Su Emme Oranı Değeri (ms) (%):				
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat					
DENEYİ YAPANLAR					
Sıra No.	Adı ve Soyadı	Görevi	İmzası		
1					
2					
3					
4					
RAPORU HAZIRLAYAN					
Sıra No.	Adı ve Soyadı	Görevi	İmzası		
1					
2					
RAPORU ONAYLAYANLAR					
Sıra No.	Adı ve Soyadı	Görevi	İmzası		
1					
2					
Deney ile İlgili Açıklamalar:					

1. DENEY UYGULAMASI

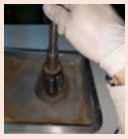
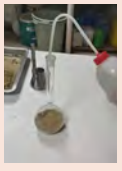
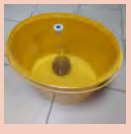
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21672

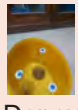
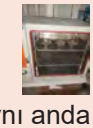
İki farklı ocağa ait deney numunesini, önce 0,063 mm ile 4 mm tane büyüklüğü arasında olacak şekilde ayrınız. Bu ince agrega numunesiyle balon joje yöntemini kullanarak özgül ağırlık deneyini grubunuzla yapınız. Sonuçlarınızı örnek deney raporuna işleyip beton imalatında kullanılacak ince agreganın özgül ağırlığını ve su emme özelliğini belirleyiniz.

Deney Adı : İnce Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi

Deney Süresi : 30 dakika numune hazırlama, 24 saat suda bekletme, 1 saat uygulama, 24 saat suda bekletme, 30 dakika uygulama,16 saat etüvde bekletme, 30 dakika uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Numune miktarını Tablo 3.1'e göre çeyrekleme veya bölgeç yöntemiyle azaltarak hazırlayınız.	
 Numunenin 24 saat su içerisinde bekletilmesi ve süzülmesi	• Alınan numuneyi 24 saat suda bekleterek tamamen suya doygun hâle getiriniz. • Suya doygun hâle gelen numunenin ince taneler kaybolmayacak şekilde suyunu süzünüz.	
 Numunenin DKY hâline getirilmesi	• Islak numuneyi bir tava içerisine yayarak tablalı ısıtıcı üzerinde doygun kuru yüzey (DKY) hâline getiriniz.	

  Kesik koni ile DKY kontrolü yapılması	• Kesik koni (Abraham hunisi) yöntemiyle numunenin doygun kuru yüzey hâline gelip gelmediğini kontrol ediniz.	
 DKY hâline gelen numunenin tartılması	• DKY hâline gelmiş numuneden 150 g ile 300 g arasında alınız. Numuneyi terazide tartınız ve sonucu M_2 değeri olarak kaydediniz.	
  Numunenin balon jojeye doldurulması ve su ilavesi	• Tartılan numuneyi huni yardımıyla balon joje içerisine koyunuz. • Saf suyu balon joje içerisindeki numunenin üzerine 1 veya 2 cm geçecek kadar ilave ediniz.	
 Vakum pompasıyla numune içindeki havanın boşaltılması	• İçi dolu balon jojeyi zemine hafif hafif vurunuz, gerektiğinde plastik çubuk yardımıyla jojenin kenarına vurarak hava kabarcıklarının çıkmasını sağlayınız veya vakum pompası ile numunenin içerisindeki havayı alınız.	
  Numuneye tekrar saf su ilave edilmesi	• Hava kabarcıkları çıkışı tamamlanan numune bulunan balon jojeye, 500 mL çizgisine kadar saf su ilave ediniz.	
 Numunenin su banyosunda bekletilmesi	• Numuneyi termometre ile sıcaklığı 20±2 °C'ye getirilen su banyosu içerisine koyunuz ve 24 saat bu sıcaklıkta bekletiniz.	

 İçi numune ve su dolu balon jojenin tartılması	• Bekleme süresi sonrası, saf su ve numune dolu balon jojeyi terazide tartınız ve sonucu M_3 değeri olarak kaydediniz. • (Tartma işlemi öncesi balon jojeyi kurulamayı unutmayınız.)	
 Numunenin etüvde kurutulması	• Balon joje içerisindeki su ve numuneyi bir tava içerisine alınız, ince tanelerin kaybolmayacağı şekilde suyunu süzünüz. • Süzülen numuneyi hava dolaşımlı etüv içerisine koyunuz, 16-24 saat sabit kütleye gelene kadar kurutunuz.	
  Desikatörde soğutulan numunenin tartılması	• Etüvden çıkartılan numuneyi desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletiniz. • Soğuyan numuneyi tartınız ve M_1 değeri olarak kaydediniz.	
 Su dolu balon jojenin tartılması	• Deneyde kullandığınız boş balon jojenin içerisine 500 mL çizgisine kadar saf su doldurunuz. Jojeyi terazide tartınız ve sonucu M_4 değeri olarak kaydediniz.	
  Deneyin aynı anda üç kere yapılması ve sonuçların ortalamasının alınması	• İlgili formülleri kullanarak ince agreganın kuru özgül ağırlığını, DKY özgül ağırlığını, görünen özgül ağırlığını ve su emme oranını hesaplayınız. • Bu deneyi seçilmiş numunede aynı anda üç ayrı balon jojede yapınız ve sonuçların ortalamalarını alınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda, ince agregadan alınan numunenin beton dizaynı için gerekli olan özgül ağırlıkları ve su emme oranını tespit ediniz; betonda kullanılacak agreganın özelliğini belirleyiniz. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

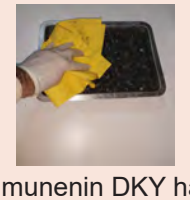
2. DENEY UYGULAMASI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21673

İki farklı ocaktan elde edilen deney numunelerini, önce 4 mm ile 31,5 mm tane büyüklüğü arasında olacak şekilde ayrınız. Bu iri agrega numunesine tel sepet metodu ile özgül ağırlık deneyini yapınız. Sonuçları örnek deney raporuna işleyerek beton imalatında kullanılacak iri agreganın özgül ağırlığını ve su emme özelliğini belirleyiniz.

Deney Adı :İri Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi

Deney Süresi : 30 dakika numune hazırlama, 16 saat etüvde bekletme, 3 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz. (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.)	
  Deney araç gerecinin hazırlanması	• Alınan numuneyi suda 24 saat bekleterek suya doygun hâle getiriniz. • Suya doygun hâle gelen numuneyi, ince taneler kaybolmayacak şekilde süzünüz.	
 Numunenin yıkanması	• Hazırlanan numuneyi 4 mm elek üzerinde iyice yıkayınız. • (Yıkamaya, su berrak akana kadar devam edilmelidir.)	
 Numunenin su içerisinde 24 saat bekletilmesi ve süzülmesi	• Yıkanan numuneyi tepsi içerisine yayarak 24 saat 20±2 °C'de su içerisinde bekletiniz ve tamamen suya doygun hâle getiriniz. • Suya doygun hâle gelen numuneyi ince tanelerin kaybolmayacağı şekilde süzünüz.	
 Numunenin DKY hâline getirilmesi	• Numuneyi havlu veya kurutma bezi yardımıyla üzerinde görülen su tabakası kalmayana kadar ovarak kurutunuz ve doygun kuru yüzey hâline getiriniz.	

 DKY numunenin tartılması	• Doygun kuru yüzey hâline getirilen numuneyi tartınız ve sonucu çizelgeye DKY ağırlığı olarak kaydediniz ($\mathbf{M_2}$).	
 Numunenin tel sepet içinde suya daldırılması	• Tartılan numuneyi tel sepet içerisine koyunuz. • Sepeti Arşimet düzeneğine yerleştiriniz ve numune yüzeyi en az 50 mm suyun altında kalacak şekilde suya daldırınız. • Numune içerisinde hava kabarcıkları kalmaması için tel sepet içindeki numuneyi sudan çıkartmadan 25 defa yükselterek düşürünüz. • (Bu işlemde sepet tabana ve yan yüzeylere değdirilmemelidir.)	
 Numunenin su içerisinde tartılması	• Suya doygun hâldeki numunenin sudaki ağırlığını Arşimet terazisiyle tartınız ve çizelgeye sudaki numune ağırlığı olarak kaydediniz ($\mathbf{M_3}$).	
 Islak numunenin etüvde kurutulması	• Numuneyi sudan çıkartıp bir tavaya koyunuz ve etüvde 16-24 saat sabit ağırlığa kadar kurutunuz.	
 Soğutulan numunenin tartılması	• Etüvde kurutulan numuneyi oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde bekletiniz. • Soğuyan numuneyi tartınız ve çizelgeye kuru özgül ağırlık olarak kaydediniz ($\mathbf{M_1}$).	

 Bu deneyin üç farklı numune ile tekrar edilmesi	• İlgili formülleri kullanarak iri agreganın; kuru özgül ağırlığını, DKY özgül ağırlığını, görünen özgül ağırlığını ve su emme oranını hesaplayınız. • Bu deneyi üç ayrı numune üzerinde yapınız. Eğer sonuçlar arasındaki fark %10'dan az çıkarsa üçünün ortalamasını alınız. Sonuçlar %10'dan fazla çıkarsa bir dördüncü deney yaparak birbirine yakın üç numunenin ortalamasını alınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney sonucunun belirlenmesi ve deney raporunun doldurulması	• Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporu düzenleyiniz. • Raporunuzda; iri agregadan alınan numunenin beton dizaynı için gerekli olan özgül ağırlıklar ve su emme oranını tespit ediniz ve betonda kullanılacak agreganın özelliğini belirleyiniz. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

3.2. AGREGADA İNCE MADDE MİKTARI DENEYİ (TS 706 EN 12620 VE TS EN 933-10)

Agrega tanelerinin yüzeylerine yapışmış olarak bulunan kil, silt, taş unu, toz vb. tane büyüklüğü TS EN standartlarında 0,063 mm'den, ASTM standartlarında 0,075 mm küçük olan maddelere **ince maddeler** (yıkanabilir maddeler) denir.

İnce madde miktarı deneyi, iki yöntemle yapılır. Tane büyüklüğü 4 mm'den küçük agregalar için (ince agregalar) çökeltme yöntemi metodu, 4 mm'den büyük agregalar (iri agrega) için yıkama yöntemi metodu kullanılır. Ancak ince agrega olarak bilinen kırma kumun kalitesinin belirlenmesi ve 0,063 mm elek altındaki çok ince malzemenin kil-silt içeriği hakkında yorum yapılabilmesi, metilen mavisi deneyi ile sağlanır.

3.2.1. Çökeltme Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi

Agregalarda ince madde miktarı deneyinde çökeltme metodu uygulaması daha önce öğrenme birimi 1'de "1.4.3 Şantiyede Yapılan Kil (İnce Madde) Tayini" başlıklı deneyde aynı şekilde uygulandığı için diğer yöntemin uygulamasına geçilecektir.

3.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır (Görsel 3.12).



Görsel 3.12: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Elek takımı ve tava 2.Hassas terazi 3.Çalkalama kabı veya beher 4. Desikatör 5.El küreği 6.Kıl fırça 7.Kronometre 8.Tava veya tepsi. Ayrıca; hava dolaşımlı etüv

3.2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

İnce ve iri agregalar için deney numune kütlesi Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6: Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	≤4	≤8	8>
Deney Numunesi Miktarı (g)	1000	2000	5000

3.2.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

4 mm'den daha büyük boyutlu olan agrega deney numunesinden, bölgeç veya çeyrekleme yöntemiyle maksimum tane büyüklüğüne göre Tablo 3.6'da belirtilen miktarda azaltılarak numuneler alınır. (Bu deney için en az iki numune hazırlanmalıdır.)

3.2.2.4. Deneyin Yapılışı

- Numuneler etüvde 105±5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutulur.
- Numuneler, etüvde 105±5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutulur.
- Etüv kurusu hâline gelen numuneden en az 2000 g tartılır ve sonuç, M_1 kuru ağırlık olarak kaydedilir.
- Numune, çalkalama kabına konur ve 12 saat su içinde bekletilir.
- Daha sonra ince tanelerin iri tanelerden ayrışmasını sağlamak için çalkalama kabı 5 dk. kuvvetlice karıştırılır.

- Deney elekleri en üste 8 mm,1 mm ve 0,063 mm göz açıklıklı olacak şekilde üst üste dizilir. (0,063 mm eleğin zarar görmemesi için 0,50 mm elek, 0,063 mm eleğin üzerine koruma amaçlı konulabilir.)
- Çalkalama kabındaki deney numunesi, su ile en üst eleğin üzerine boşaltılır. Çalkalama kabı içindeki ince malzemenin kalmaması için kap, elekler üzerinden dikkatlice yıkanır.
- Elekler üzerindeki malzeme dikkatlice yıkanır ve her eleğin altından berrak su akana kadar bu işleme devam edilir.
- 0,063 mm elek üzerindeki numunenin yıkanmasında kıl fırça kullanılmalıdır.
- Eleklerin her birinin üzerinde kalan yıkanmış numuneler bir tavaya veya tepsiye konulur, etüvde 105±5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur.
- Etüvde kurutulan numune oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulur, ağırlığı tartılır ve M_2 kuru ağırlık olarak kaydedilir.
- İlgili formüller kullanılarak yıkanabilir ince malzeme (kil ve silt) miktarı yüzdesi hesaplanır.
- Bu deney iki numuneye aynı anda uygulanır. İki deneyin %'leri arasındaki fark 0,2'den büyükse üçüncü bir deney yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır.

3.2.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

Yıkanabilen ince madde yüzdesi; yıkama sonrası kuru ağırlığın ilk etüv kurusunun ağırlığına oranı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\text{Yıkanabilir İnce Madde Yüzdesi } \% = [(M_1-M_2)/M_1].100$$

M_1 = Deney numunesinin ilk etüv kurusu ağırlığı (g)
M_2 = Yıkanan deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı (g)

Tablo 3.7: TS 706 EN 12620'de Yıkanabilir Madde (Silt ve Kil) Miktarı Limit Değerler

Tane Sınıfı (mm)	0-4	1-4	2-8	4-63
İnce maddenin ağırlıkça maksimum miktarı(%)	4	3	2	0,5

Deney sonuçlarının ortalaması **TS 706 EN 12620**'ye göre Tablo 3.7'deki sınır değerlerinin üzerinde olmamalıdır. Deney sonuçları Tablo 3.8'deki deney raporuna işlenmelidir.

3.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 3.8: Deney Raporu

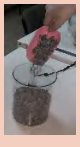
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar				
Numunenin Ait Olduğu İş				
Deneyin Adı				
Numunenin En Büyük Tane Büyüklüğü				
Rapor Tarihi: ...../...../.....		Deneyde Uygulanan Standart No.		
DENEYİ YAPANLAR				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi		İmza
1				
2				
3				
4				
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi		İmza
1				
2				
DENEY SONUÇLARI				
Deneyde Uygulanan Yöntem		1. Deney	2. Deney	3. Deney (gerekirse)	Ortalama Değer (İnce Madde %)
Çökeltme Yöntemi (≤ 4 mm agregada)					
Yıkama Yöntemi (>4 mm agregada)					
Deney sonuçlarını değiştirebilecek etkenler: .... Sakıncalı etkileri engellemek için alınmış önlemler:					
Uygulanan deney metodunda belirtilmeyen, uygulamada yapılmış işlemler:					

3. DENEY UYGULAMASI

Farklı ocaklardan temin edebildiğiniz iki deney numune kısmını, en az 4 mm tane büyüklüğünde olacak şekilde ayırınız. Bu iri agrega numunesinde ince madde miktarı deneyini yıkama metodu ile laboratuvarda grubunuzla yapınız. Sonuçlarınızı örnek deney raporuna işleyerek agreganın ince madde bakımından beton imalatında kullanılıp kullanılmayacağını belirleyiniz.

Deney Adı : Yıkama Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi

Deney Süresi : Numune hazırlama 30 dakika, etüvde kurutma en az 16 saat, suda bekletme12 saat, deney uygulama 30 dakika ve tekrar etüvde kurutma en az 16 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Numune miktarını Tablo 3.4'e göre çeyrekleme veya bölgeç yöntemiyle azaltarak hazırlayınız (En az iki deney numunesi hazırlanmalı.).	
 Numunenin etüv kurusunun tartılması	• Numuneleri etüvde 105±5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutunuz. • Etüv kurusu hâline gelen numuneden en az 2000 g tartınız ve M_1 kuru ağırlık olarak kaydediniz (Numunenin soğutulmasında desikatör kullanılmalıdır.).	
  Numunenin çalkalama kabında bekletilmesi	• Numuneyi tane kaybı olmaması için dikkatli bir şekilde çalkalama kabına koyunuz. • Su ilave ederek ince tanelerin ayrışması için 12 saat su içinde bekletiniz.	
 Numunenin su içinde karıştırılması	• Bekleme süresi sonrası ince tanelerin iri tanelerden ayrışmasını sağlamak için çalkalama kabını 5 dakika süreyle iyice karıştırınız.	

 Numunenin elek üzerine boşaltılması	• Deney eleklerini en üstte 8 mm, sonra 1 mm ve 0,063 mm göz açıklıklı olacak şekilde üst üste diziniz. • Çalkalama kabındaki deney numunesini suyu ile en üst eleğin üzerine boşaltınız. • Çalkalama kabı içinde ince malzemenin kalmaması için kabı elekler üzerinden dikkatlice yıkayınız.	
 Numunenin elekte yıkanması	• Elekler üzerindeki malzemeyi dikkatlice yıkayınız ve her eleğin altından berrak su akana kadar bu işleme devam ediniz. • 0,063 mm elek üzerindeki numunenin yıkanmasında kıl fırça kullanınız.	
 Yıkanmış numunenin tepsiye konulması	• Eleklerin her birinin üzerinde kalan yıkanmış numuneleri bir tavaya veya tepsiye koyunuz. • Suyu süzülmüş numuneyi etüvde 105±5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutunuz.	
 Numunenin kuru ağırlığının tartılması	• Etüvde kurutulan numuneyi oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutunuz. • Numunenin ağırlığını tartınız ve M_2 kuru ağırlık olarak kaydediniz.	
Deney sonucunun ve deney sayısının belirlenmesi	• Her bir numune için ilgili formülleri kullanarak yıkanabilir ince malzeme (kil ve silt) miktarı yüzdesini hesaplayınız. • Bu deneyi iki numuneye aynı anda uygulayınız ve iki deneyin %'leri arasındaki fark 0,2'den büyük ise üçüncü bir deney yapınız. • Deney sonuçlarının aritmetik ortalamasını alınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda; T**S 706 EN 12620**'de verilen sınır değerlere göre agreganın içindeki 0,063 mm'den küçük ince madde (kil, silt ve taş unu) oranının beton için uygunluğunu belirleyiniz. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde uygulama sonrası ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

3.2.4. Agregada İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi (TS EN 933-9+A1)

TS EN 933-9 standardına göre yapılan metilen mavisi deneyinin amacı, agreganın 0,063 mm göz açıklı elekten geçen ince tanelerinin içinde bulunan kil içeriğinin belirlenmesidir. Metilen mavisi deneyi, agrega tanelerinin yüzeyine tutunabilen metilen mavisi boyasının miktarının belirlenmesine yönelik bir deneydir. Kil oranı ne kadar fazla ise metilen mavisinin yüzeye yapışması zorlaşacak ve daha fazla metilen çözeltisi kullanılması gerekecektir.



Atom iyon ve molekül gibi taneciklerinin bir katı yüzeye tutunmasına **adsorpsiyon**, tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılmasına **desorpsiyon**, katıya **adsorplayıcı**, katı yüzeyinde tutunan maddeye ise **adsorplanan** adı verilir

3.2.4.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.

Deney Eleği: 2 mm kare göz açıklıklı metal elektir (Görsel 3.13).



Görsel 3.13: Deney eleği

Pervaneli Karıştırıcı: Dakikada 400 devir ve 600 devire kadar iki kademe hızda çalıştırılabilen,75 mm çapında üç veya dört pervane kanadına sahip elektrikli karıştırıcıdır (Görsel 3.14).



Görsel 3.14: Pervaneli karıştırıcı

Büret Askısı: Büretin sağlam şekilde ayarlı vidalar ile yüksekliğinin sabitlenmesine ve musluğunun açılıp kapanırken dikliğini koruyacak şekilde sıkıştırma mekanizmasına sahip olmalıdır (Görsel 3.15).



Görsel 3.15: Büret askısı

Büret: 100 mL veya 50 mL kapasiteli, 1/10 mL veya 1/5 mL olarak derecelendirilmiş, camdan yapılmış musluklu borudur (Görsel 3.16).



Görsel 3.16 Cam büret

Cam Çubuk: Silindir çubuk şeklinde, içi dolu camdan yapılmış, uzunluğu 300 mm, çapı 8 mm'dir (Görsel 3.17).



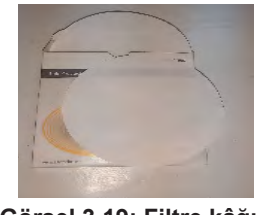
Görsel 3.17: Cam çubuk

Metilen Mavisi Tozu-Boya Çözeltisi: Sentetik bir boyar maddedir. Kimyasal formülü $C_{16}H_{18}ClN_3S$'dir. 1000 g saf suya 10 g metilen mavisi tozu katılarak elde edilen çözeltinin kullanım süresi, ışık almayacak şekilde muhafaza edilmesi durumunda en fazla 28 gündür (Görsel 3.18).



Görsel 3.18: Metilen mavisi tozu

Filtre Kâğıdı: Kalınlığı 0,20 mm, süzme hızı 75 saniye, gözenek büyüklüğü 8 mikron ve çapı 125 mm olan, kül ihtiva etmeyen, rafine pamuk ve selülozdan imal edilmiş ürünlerdir (Görsel 3.19).



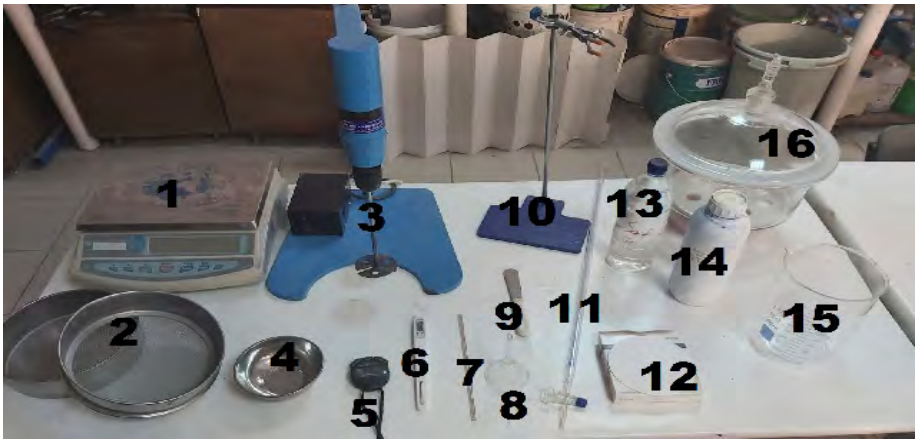
Görsel 3.19: Filtre kâğıdı

Ölçü Balonu veya Şişe: Koyu renk camdan veya plastikten yapılmış, ağzı kapaklı en az 1 L kapasitelidir (Görsel 3.20).





Görsel 3.20: Ölçü balonu veya şişe



Görsel 3.21: Deney araç gereç ve ekipmanları

1. Hassas dijital terazi 2. Deney elek seti 3. Pervaneli karıştırıcı 4. Numune kabı 5. Kronometre 6. Termometre 7. Cam çubuk 8. Cam huni 9. Spatula veya kaşık 10. Büret askısı 11. Cam büret 12. Filtre kâğıdı 13. Saf veya demineralize su 14. Metilen mavisi çözeltisi 15. Cam veya plastik beher 16. Desikatör. Ayrıca; hava dolaşımlı etüv

3.2.4.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

Deney için gerekli numune miktarları Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9 Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	Deney Numunesi Miktarı (g)
0-2	200

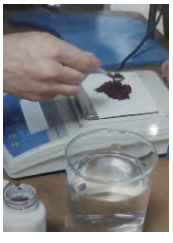
3.2.4.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Bu deney için deney numunesi 2 mm göz açıklıklı elekten elenen agregadan, bölgeç veya çeyrekleme yöntemiyle 200 gramdan fazla olacak şekilde azaltılarak alınır.
- Numuneler etüvde 105±5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutulur ve desikatörde soğutulur.

3.2.4.4. Metilen Mavisi Çözeltisinin Hazırlanması



Görsel 3.22: a) Çözelti hazırlama



Görsel 3.22: b) Çözelti hazırlama

- 1 L saf su veya demineralize su 40 °C'ye getirilir ve karıştırma kabı (beher) içine koyulur (Görsel 3.22a).
- Kuru ve toz hâldeki metilen mavisinden 10 g dikkatli bir şekilde tartılır (Görsel 3.22b).



Görsel 3.22: c) Çözelti hazırlama



Görsel 3.22: d) Çözelti hazırlama

- 1 L saf suyun içerisine tartılan metilen mavisi tozu dökülür ve pervaneli karıştırıcı ile 400 devirde 45 dakika boyunca tozun çözülmesi için karıştırılır (Görsel 3.22c).
- Çözelti, karıştırma işlemi sonrası 20 °C'ye kadar soğutulur.
- Ölçü balonu veya renkli cam muhafaza şişesine konulur (Görsel 3.22d). Çözelti hazırlama tarihi ve son kullanım tarihi şişe üzerinde belirtilmelidir (Çözeltinin 24 saat bekletildikten sonra kullanılması daha uygun olmaktadır.).



Metilen mavisi çözeltisi kapalı ortamda, ışığa maruz kalmadan en fazla 28 gün saklanır ve kullanılır.

3.2.4.5. Deneyin Yapılışı

- Kurutulan numuneden Tablo 3.9'daki tane büyüklüğüne göre 200 g tartılır ve M_1 olarak kaydedilir.
- Beher içindeki 500 mL saf suya 200 g numune katılır ve 600 devirde 5 dakika karıştırılır.
- Daha sonra numune ve su dolu behere büretten 5 mL çözelti katılır ve 400 devirde 1 dakika karıştırılır.
- Süre sonunda cam çubuk, karışıma batırılır; filtre kâğıdına damlatma yapılır ve 1 dk. içinde hale oluşup oluşmadığı kontrol edilir.
- Hale oluşmazsa hale görülene kadar her defasında büretten 5 mL metilen mavisi çözeltisi ilave edilir, 1 dakika boyunca 400 devirde karıştırılır ve tekrar filtre kâğıdına damlatma yapılarak tekrar edilir.
- Hale oluşması durumunda, metilen mavisi çözeltisi ilave etmeden birer dakika aralıklar ile filtre kâğıdına beş defa teyit (kontrol) damlatması yapılır (Her teyit damlatması öncesi çözelti katılmadan 400 devirde 1 dakika karıştırılır.).
- Beşinci teyit sonunda hale görülmeye devam ediyorsa deney bitirilir. Teyit damlatmalarında ilk dört teyitte hale kaybolursa 5 mL çözelti katılır ve deney hale görülene kadar devam ettirilir. Eğer beşinci teyit damlatmasında hale kaybolursa deneye 2 mL çözelti ilave edilerek hale durumu gözlenir.
- Arka arkaya beş teyit damlatmasında kesintisiz hale oluşumu durumunda harcanan metilen mavisi çözeltisi V_1 olarak kaydedilir ve ilgili formül kullanılarak hesaplamalar yapılır.

3.2.4.6. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

Metilen mavisi değeri aşağıdaki formülle hesaplanır. MB değeri **2** ve altında çıkarsa agrega kullanıma uygundur.

$$MB = (V_1/M_1) \cdot 10$$

MB : Metilen mavisi değeri

$\mathbf{V_1}$: Karışıma katılan metilen mavisi çözeltisinin toplam hacmi (mL)

$\mathbf{M_1}$: Kuru deney numunesinin kütlesi (g)

Deney sonuçları Tablo 3.10'daki deney raporuna işlenmelidir.

3.2.5. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 3.10: Deney Raporu

Deneyin Adı				Standart No.: TS EN 933-9	
Numunenin Tanımı ve Özellikleri					
Numune Kaynağının Adı ve Yeri					
Numunenin Alınış Tarihi	…../…/….	Numune Alma Belgesi:			
Numuneyi Azaltma Yöntemi					
DENEY SONUÇLARI	1.Deney	2.Deney	3.Deney	4.Deney	5.Deney
Deneyde Kullanılan Çözelti Miktarı (V_1)					
Deneyde Kullanılan Numune Miktarı (M_1)					
Deney Sonuçları (MB Değeri)					
Deney Tarihi	…./…/….	Çözelti Hazırlama Tarihi:	….//…./….		

DENEYİ YAPANLAR			
S.No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası
1			
2			
3			
4			

RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER			
S.No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası
1			
2			

Deney sonuçlarını değiştirebilecek etkenler:

.....

.....

.....

Sakıncalı etkileri engellemek için alınmış önlemler:

.....

.....

.....

Uygulanan deney metodunda belirtilmeyen, uygulamada yapılmış işlemler:

.....

.....

.....

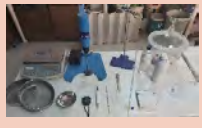
.....

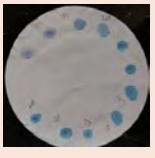
4. DENEY UYGULAMASI
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21675

Temin edebildiğiniz iki farklı ocaktan ince agrega deney numune kısmını, önce 0-2 mm tane büyüklüğü arasında olacak şekilde ayırınız. Kuru 10 g metilen mavisi tozu ile 1 L çözelti hazırlayınız. Bu agrega numunesinde metilen mavisi deneyi ile laboratuvarda ince tanelerin tayinini grubunuzla yapınız. Sonuçlarınızı örnek deney raporuna işleyerek agreganın ince madde bakımından beton imalatında kullanılıp kullanılmayacağını belirleyiniz.

Deney Adı : İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi

Deney Süresi : Numunelerin hazırlanması 30 dakika, etüv kurusu için en az 16 saat, deneyin yapılması ve sonuçların hesaplanması 2 ders saati (Çözeltiyi hazırlamak için 1 saat.)

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Kimyasalları ve hazırlanan çözeltileri izinsiz boşaltmayınız ya da dökmeyiniz. • Laboratuvarda bulunan çözelti veya kimyasal maddelerin tadına bakmayınız. • Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Numune miktarını 200 g'dan biraz fazla olacak şekilde çeyrekleme veya bölgeç yöntemiyle azaltarak hazırlayınız.	
 Numunenin etüv kurusunun tartılması	• Numuneleri etüvde 105±5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutunuz. • Etüv kurusu hâline gelen numuneden 200 g tartınız ve M_1 kuru ağırlık olarak kaydediniz (Numunenin soğutulmasında desikatör kullanılmalıdır.).	
 Numunenin saf su ile karıştırılması	• Beher içindeki 500 mL saf suya 200 g numune katınız ve karışımı 600 devirde 5 dakika karıştırınız. • Karıştırma sırasında karışımın etrafa sıçramaması için özen gösteriniz.	
  Numunenin çözelti katılarak karıştırılması	• Karıştırılan numuneye büretten 5 mL çözelti akıtınız ve numuneyi 400 devirde 1 dk. karıştırınız. • Süreyi karıştırma esnasında kronometre ile kontrol ederek sürenin geçmemesine dikkat ediniz.	

 Filtre kâğıdına damlatma yapılması	• Süre sonunda cam çubuğu karışıma batırınız ve filtre kâğıdına damlatma yapınız. • 8-12 mm çapındaki damla lekesinin etrafında 1 dk. içinde oluşacak olan haleyi gözlemleyiniz. (Hale genişliği 1 mm olmalıdır.)	
 Damlatmalara devam edilmesi	• Hale oluşmazsa hale görülene kadar her defasında, büretten 5 mL metilen mavisi çözeltisi ilave ediniz. • Sonra 1 dakika boyunca 400 devirde karıştırınız ve tekrar filtre kâğıdına damlatma yaparak uygulamayı tekrar ediniz.	
 Hale oluşumunda beşinci teyit damlatmasının yapılması	• Hale oluşması durumunda, metilen mavisi çözeltisi ilave etmeden birer dakika aralıklar ile filtre kâğıdına beş defa teyit (kontrol) damlatması yapınız ve bir dakika gözlemleyiniz. • Unutmayınız her teyit damlatması öncesi çözelti katılmadan, 400 devirde bir dakika karıştırma yapılmalıdır.	
 Teyit damlatmalarının kontrolünün yapılması	• Beşinci teyit sonunda hale görülmeye devam ediyorsa deneyi bitiriniz. • Teyit damlatmalarında ilk dört teyitte hale kaybolursa 5 mL çözelti katınız ve deneyi hale görülene kadar devam ettiriniz. • Eğer beşinci teyit damlatmasında hale kaybolursa deneye 2 mL çözelti ilave ederek hale oluşum durumunu kontrol ediniz.	
Deney sonucunun hesaplanması	• Arka arkaya beş teyit damlatmasında kesintisiz hale oluşumu durumunda harcanan metilen mavisi çözeltisini V1 olarak kaydediniz ve ilgili formülü kullanarak hesaplamayı yapınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız. • Çözelti katılmış numuneyi çevreye zarar vermeyecek ve atık suları etkilemeyecek şekilde ilgili geri dönüşüm alanında saklayınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda; agreganın içindeki kil oranının beton için uygunluğunu belirleyiniz. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu ve ekindeki damlatmalara ait filtre kâğıdını uygulama sonrası belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

3. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Aşağıdakilerden hangisi agregalarda özgül ağırlık deneyi ile bulunamaz?

A) Kuru özgül ağırlık
B) DKY özgül ağırlık
C) Görünen özgül ağırlık
D) Sudaki özgül ağırlık
E) Su emme oranı

2. 4 mm'den küçük agregalarda özgül ağırlık deneyinin doğru olarak yapıldığı iki yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

A) Piknometre-Tel sepet metotları
B) Piknometre-Balon joje metotları
C) Piknometre-Etüvde kurutma metotları
D) Balon joje-Tel sepet metotları
E) Tel sepet-Vakumlama metotları

3. Doygun kuru yüzeyin kesik koni metoduyla kontrol edilmesinde numune, sıkıştırma çubuğu ile kaç kere şişlenmelidir?

A) 10
B) 15
C) 20
D) 25
E) 30

4. İnce agregalarda özgül ağırlık deneyinde doygun kuru yüzey durumuna getirilmiş numune için tartma işleminden sonra yapılacak ilk uygulama aşağıdakilerden hangisidir?

A) Numunenin üzerine su serpilir.
B) Numune etüvde kurutulur.
C) Numune huniyle balon jojeye konur.
D) Numune oda sıcaklığında 24 saat bekletilir.
E) Numune 4 mm elekten elenir.

5. İri agregalarda özgül ağırlık deneyi en az kaç kere yapılmalıdır?

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

6. Özgül ağırlık deneylerinde çıkan sonuçlar arasındaki bağıntı, aşağıda verilenlerden hangisinde doğru ifade edilmiştir?

A) Görünen Özgül Ağırlık ≤ Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlık < Kuru Özgül Ağırlık
B) Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlık < Kuru Özgül Ağırlık ≤ Görünen Özgül Ağırlık
C) Kuru Özgül Ağırlık ≤ Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlık ≤ Görünen Özgül Ağırlık
D) Görünen Özgül Ağırlık < Kuru Özgül Ağırlık < Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlık
E) Kuru Özgül Ağırlık = Görünen Özgül Ağırlık ≤ Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlık

7. Agregalarda ince madde olarak ifade edilen büyüklük değeri kaç milimetredir?

A) 3 mm
B) 1,63 mm
C) 0,63 mm
D) 0,063 mm
E) 0,0063 mm

8. İnce madde tayini yıkama metodunda, numune su içerisinde ne kadar bekletilmelidir?

A) 1 saat
B) 4 saat
C) 12 saat
D) 24 saat
E) 48 saat

9. Metilen mavi çözeltisi hazırlandıktan sonra <u>en fazla</u> kaç gün kullanılır?

A) 3
B) 8
C) 18
D) 28
E) 48

10. Metilen mavi çözeltisi hazırlamada 1000 gram saf suya kaç gram metilen tozu katılır?

A) 5
B) 10
C) 15
D) 20
E) 30

11. Metilen mavisi deneyinde her seferinde katılacak çözelti miktarı aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) 5 mL
B) 10 mL
C) 15 mL
D) 20 mL
E) 25 mL







4. ÖĞRENME BİRİMİ

AGREGADA DONA DAYANIKLILIK DENEYLERİ

KONULAR

4.1. AGREGANIN DONMA ÇÖZÜNMEYE KARŞI DİRENCİNİN TAYİNİ DENEYİ

4.2. KİMYASAL YÖNTEMLE DONA DAYANIKLILIK DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Çözelti
- Donma çözülme döngüsü
- Hidrometre
- Magnezyum sülfat
- Sodyum sülfat

GİRİŞ

Islanma-kuruma, su emme, tuz kristalleşmesi ve donma-çözülme gibi farklı iklim olayları; beton ve asfalt agregalarının mekanik özelliklerinde hızlı bir değişime sebep olup dayanıklılıklarını azaltabilen en önemli faktörlerdir. Soğuk iklimlerde üretilen beton ve asfaltın, donma etkisiyle yüzeyinin soyulmaması ve bir bütün olarak parçalanmaması için agreganın dona dayanıklı olması gerekir. Aşırı donma-çözülmeye maruz kalacak dış mekânlarda kullanılan doğal agregalar, bu etkiye karşı dirençli olmalıdır. Bu amaçla agregaların dona dayanıklılığını belirlemek için laboratuvarlarda yaşlanma testleri yapılır. Yaşlanma testlerinin amacı, yavaş ve doğal hava koşullarının laboratuvarda daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi esasına dayanmaktadır.

Agregada dona dayanıklılık deneyleri, agreganın dona karşı durum (donma-çözülmeye karşı direnç) deneyi ve kimyasal yöntemle dona dayanıklılık deneyi olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır.



Agreganın dona karşı durum deneyi, **TS EN 1367-1** standardına göre bundan sonra agreganın donma-çözülmeye karşı direncin tayini deneyi olarak adlandırılacaktır.

4.1. AGREGANIN DONMA ÇÖZÜLMEYE KARŞI DİRENCİNİN TAYİNİ DENEYİ (TS EN 1367-1, ASTM D560)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21678

Agregalar, betonun ve asfaltın dona dayanıklılığında önemli rol oynamaktadır. Bu deney; 4 mm-63 mm arası tane büyüklüğüne sahip agregaların, arka arkaya donma-çözülme döngüsüne maruz bırakılması hâlinde göstereceği davranış biçimi hakkında bilgi edinmek için yapılan bir deney yöntemidir. Donma-çözülme döngülerinin tamamlanmasından sonra agregalarda çatlak oluşumu, kütle kaybı ve varsa mukavemet değişiklikleri gibi herhangi bir değişiklik olup olmadığı hakkında bilgi edinilir.

4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Çelik mala, dijital terazi (±0,1 g duyarlı), cam veya plastik beher

Hava Dolaşımlı Etüv: 110±5 °C sıcaklığa ayarlanabilen ve termostatlı olmalıdır.

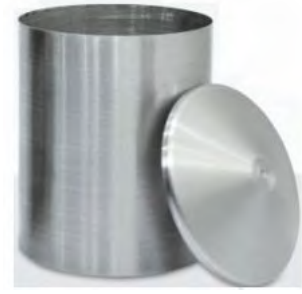
Deney Elekleri: Deney numunelerinin tane sınıflarına ayrılmasında ve deney sonrası numunenin yıkama-eleme işlerinde kullanılır.

Dijital Termometre: Sıcaklığı ölçülecek sıvı içerisine çelik prob daldırılarak sıvının sıcaklığını 0,1 °C doğrulukla ölçebilen alettir (Görsel 4.1).

Metal Kutular: Korozyona ve donma-çözülmeye dayanıklı, paslanmaz çelikten imal edilen 2000 mL kapasiteli, uygun kapaklarla kapatılabilen kutulardır (Görsel 4.2). 4 mm ile 63 mm agrega deney numunelerinin donma-çözülme işlemlerinde kullanılır. Metal kapların temin edilemediği durumlarda aynı işlevi görecek olan sıcağa ve soğuğa dayanıklı sızdırmaz kapaklı plastik kaplar da kullanılabilir.



Görsel 4.1: Dijital termometre



Görsel 4.2: Metal kutu

Damıtık veya Deiyonize Su: Deney numunesinin dondurulmasında kullanılır.

Desikatör: Etüvden çıkarılan deney numunelerinin ortamın nemini almadan laboratuvar sıcaklığına kadar soğutulmasında kullanılır.

Donma-Çözülme Test Kabini: Zaman ve sıcaklık ayarlı olup donma-çözülme işlemi yapan kabindir (Görsel 4.3). Standarda uygun olarak her bir donma-çözülme adımında belirtilen sıcaklığa ulaşma ve belirtilen sıcaklıkta kalma süresi bilgisayara veri aktarımı sağlayan bir yazılımla kontrol edilir ve her döngü bilgisayardan takip edilir.

Düşük Sıcaklık Dolabı: Donma-çözülme test kabininin olmadığı durumlarda düşey veya yatay, hava dolaşımlı, doğru soğutma yapma koşuluyla 0 ^{0}C ve -18 ^{0}C'ye ayarlanabilen ve elle kontrol edilebilen dolap kullanılabilir (Görsel 4.4). Deney numunesinin on defa donma-çözülme döngüsünde kullanılır.

Su Banyosu veya İklimlendirme Odası: Metal kutulardaki su altında donmuş deney numunelerini 20±2 °C'ye getirmek için çözmede ve kimyasal yöntemle dona dayanıklılık deneyinde çözeltiyi 20±2 °C'de tutmak için kullanılan ortamdır (Görsel 4.5). Sıcaklığı 20±2 ºC'de tutulabilen termostat kontrollü, su dolu kür havuzu da kullanılabilir.



Görsel 4.3: Donma-çözülme test kabini



Görsel 4.4: Düşük sıcaklık dolabı



Görsel 4.5: Su banyosu

4.1.2. Deney Numunesi Hazırlama ve Miktarı

TS EN 932-1'e uygun olarak alınan agrega numunelerinin içerisindeki alt ve üst büyüklük sınırları dışında kalan agregalar ayıklanır. **TS EN 932-2**'ye göre uygun bir yöntemle azaltılarak Tablo 4.1'de verilen tek tane büyüklüğü sınıfına ayrılır (Görsel 4.6).

Tane sınıflarına ayrılan normal agrega numunesi, yıkama işlemine tabi tutularak ince malzemelerden arındırılır. Daha sonra numuneler, etüvde 110±5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur. Kurutma işlemi sonunda numuneler etüvden alınır ve ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğumaya bırakılır. Hafif agregalar ise sadece sabit kütleye kadar kurutulur. Tablo 4.1'de verilen miktarlarda tek tane sınıfından deney numunesi kısımları elde edilir.



Görsel 4.6: Agregayı tane sınıfına ayırma

Donma-çözülme deneyinde, üç adet deney numunesi kullanılır. Deney numuneleri, 8-16 mm arası tane büyüklüğünde olmalıdır. Gerekli olan durumlarda, Tablo 4.1'deki tane sınıflarından herhangi biri de kullanılabilir. Üç deney numunesi kısmının her birine ait miktarlar Tablo 4.1'de belirtilmiştir. Deney numunelerinin tartımında izin verilebilir sapma, aşağıda belirtilen doğruluk seviyelerinde yapılmalıdır.

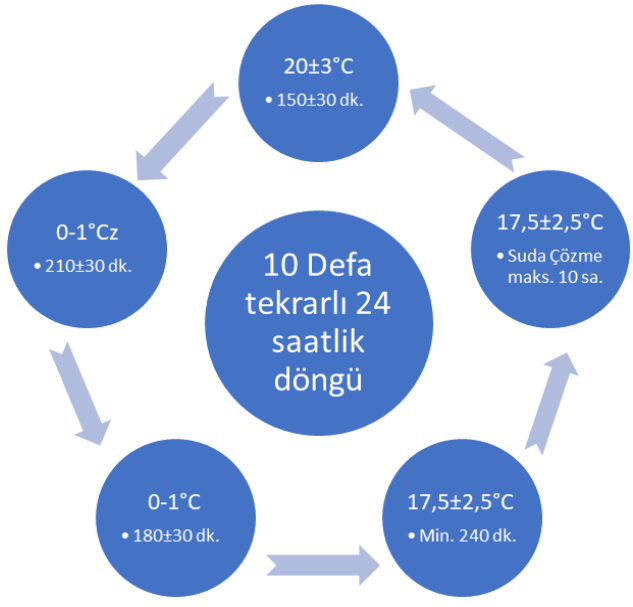
- Büyüklüğü 16 mm'ye kadar olan agregalar:±0,2 g
- Büyüklüğü 16 mm'nin üzerinde olan agregalar:±0,5 g

Tablo 4.1: Donma Çözülme Deneyi İçin Deney Numunesi Miktarları

Tek Tane Sınıfı Anma Büyüklükleri	Deney Numunesi Miktarı (g)	
	Normal Agrega (g)	Hafif Agrega (Yığın Hacmi) (ml)
4-8 mm	1000	500
8-16 mm	2000	1000
16-32 mm	4000*	1500
32-63 mm	6000*	-
* İlave metal kutulara ihtiyaç olacaktır.		

4.1.3. Deneyin Yapılışı

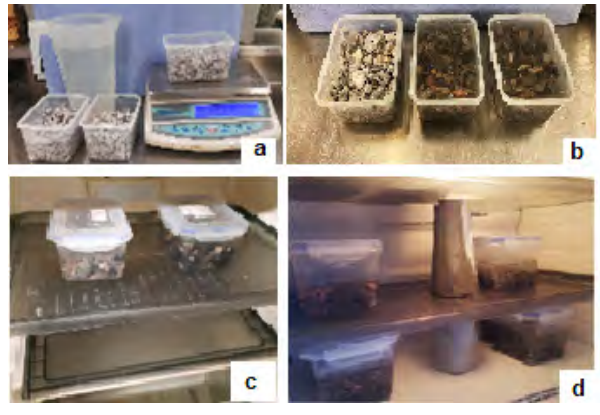
- Agregaların donma-çözülmeye dayanıklılığı için Tablo 4.1'de verilen miktarlarda üç deney numunesi, Görsel 4.8a'daki gibi darası alınmış plastik/metal kutulara konulur ve her kap ayrı ayrı tartılarak kütlesi (M_1) kaydedilir. Plastik/metal kutulardan bir tanesi işleme tabi tutulmadan ayrılır.
- Saf (damıtık) su, iki plastik / metal kaptaki numunenin üzerini 10 mm örtünceye kadar konur (Görsel 4.8b).
- Numune kapları ağzı kapatılmadan 24±1 saatlik ıslatma süresince 20±3 °C'de atmosfer basıncında tutulur. Bu süre sonunda agrega numunesi üzerindeki su seviyesi kontrol edilir, su seviyesinde azalma varsa su eklenir ve kutuların kapakları kapatılır.
- Dolap ısısının her taraftan eşit alınması için kutular ile dolabın yan duvarları arasında en az 50 mm mesafe olmalı ve kaplar birbirine temas etmeyecek şekilde aralarında boşluk bırakılarak dolaba konmalıdır (Görsel 4.8c).
- Dolaba konulan agrega deney numuneleri kısmı, Görsel 4.7'de belirtilen sıcaklık ve sürelerde on defa donma ve çözülme döngüsüne tabi tutulur.



Görsel 4.7: Donma-çözülme zaman döngüsü

Donma çözülme zaman döngüsüne göre yapılacak işler şunlardır:

- Sıcaklık, 150±30 dakikada 20±3 °C'den 0 °C'ye düşürülür ve 210±30 dakika 0 °C'de bekletilir (Görsel 4.8c).
- Sıcaklık, 180±30 dakikada 0 °C'den -17,5±2,5 °C'ye düşürülür ve en az 240 dakika -17,5±2,5 °C'de bekletilir (Görsel 4.8d).
- Her bir döngü sonunda plastik/metal kutular kür havuzunda veya su banyosunda yaklaşık 20 °C'deki suya batırılarak çözdürülür. Sıcaklık 20±3 °C'ye ulaştığında çözdürme işlemi tamamlanır. Çözdürme aşaması tamamlandıktan sonra plastik-metal kutular 20±3 °C'deki su içinde en fazla 10 saat bekletilir. Her bir donma-çözülme döngüsü 24 saat içinde tamamlanmalıdır.



Görsel 4.8: Donma-çözülme deneyinin yapılışı

- Hiçbir aşamada, hava sıcaklığının -22 °C'nin altına düşmesine izin verilmemelidir.
- Onuncu döngü sonunda her iki kutunun içindeki malzeme, deney numunesini hazırlamak için kullanılan alt elek büyüklüğünün yarısı kadar göz açıklığına sahip bir elek (örneğin 8 mm ile 16 mm aralığı için 4 mm göz açıklıklı elek) üzerine boşaltılır. Deney numunesi, belirtilen elek üzerinde elle yıkanır ve elenir.

- Elek üzerinde kalan malzeme, etüvde 110±5 ˚C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur. Kurutma işlemi sonunda numuneler etüvden alınır ve ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğutulduktan sonra üç deney numunesinin elek üstü kısımları birleştirilerek tartılır, kütlesi (M_2) kaydedilir.

Deney sonrasında çalışma ortamı zemini, çalışma tezgâhı ve araç gereç özenle temizlenmeli; araç gerecin bakımı yapılarak aletler bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakılmalıdır.



Tatil gibi deneye ara verilmesi gereken durumlarda donma döngüsü veya elle kontrol sırasında plastik/metal kutular **en fazla 72 saat** süreyle -17,5±2,5 ºC'de tutulmalıdır.

4.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Donma ve çözülme deneyi sonunda oluşan kütlece don kaybı **(MD_F)** aşağıdaki formül kullanılarak yüzde olarak hesaplanır ve kütlece %0,1 yaklaşımla raporlanır.

$$MD_F = [(M_1-M_2) / M_1]\cdot 100$$

MD_F : Donma-çözülme döngüsü sonunda üç deney numunesinin kütlece yüzde kaybı (%)
M_1 : Üç deney numunesinin toplam ilk kuru kütlesi (g)
M_2 : Döngü sonunda elek üzerinde kalan üç deney numunesinin son kuru kütlesi (g)

Donma-çözülme deneyi sonucu, deney numunesinin kütlece yüzde kaybı **TS EN 12620+A1** standardına göre Tablo 4.2'de verilen **F_4** kategorisine göre %4'ten az olmalıdır.

Tablo 4.2: En Yüksek Donma-Çözülme Direnç Değerine Göre Kategoriler

Donma-Çözülme (Kütlece yüzde kaybı)[1]	Kategori F
≤1	F1
≤2	F2
≤4	F4
>4	F_{Beyan}
Serbest	F_{NR}

[1] Aşırı soğuk hava, tuzluluk veya buz çözücü tuz doygunluğu durumlarında ayrıntısı TS EN 1367-1 EK B'de verilen bir tuz çözeltisi veya üre kullanılan deneylerin yapılması daha uygun olabilir. Bu durumda, bu tabloda verilen sınırlar uygulanmaz.

4.1.5. Deney Raporu Hazırlama

Agreganın donma-çözülme yöntemiyle dona karşı direncinin tayini deneyi için Tablo 4.3: Deney Raporu'na hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur ve imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.





Tablo 4.3: Deney Raporu

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar				
Numunenin Ait Olduğu İş				
Deneyin Adı				
Numunenin Tanıtılması ve Tane Büyüklüğü				
Rapor Tarihi ve Numarası		Deneyde Uygulanan Standart No.		
DENEYİ YAPANLAR				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
4				
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
DENEY SONUÇLARI				
Deney Yöntemi	1. Deney	2. Deney	3. Deney	Ortalama Değer
Donma-Çözülme Yöntemiyle Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi				
Deney Sonucunu Etkileyen Olumsuz Faktörler:				
Bulgular ve Sonuçların Değerlendirilmesi:				
EKLER (Deney Takip Formu vb.):				

1. DENEY UYGULAMASI

8-16 mm arası agrega tane sınıfından üçer set agrega deney numunesi alarak donma çözülme yöntemiyle "agrega dona dayanıklılık deneyini" yapınız.

Deney Adı : Donma-Çözülme Yöntemiyle Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 3 saat, numune kurutma 16-24 saat, suda bekletme 24 saat, deney takip 10 gün, numune kurutma 24 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız ve KKD'lerinizi giyiniz. • Laboratuvar çalışmaları sırasında düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek şekilde hareket etmeyiniz. • Deney sırasında beklenmeyen bir durum ortaya çıktığında derhal öğretmeninize haber veriniz. • Numuneleri etüvden çıkarırken maşa, ısıya dayanıklı eldiven veya bez kullanınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
  Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• Numuneyi, **TS EN 932-2** standardına uygun azaltarak gerekli deney numunesini en az miktarda almaya özen gösteriniz. • Agrega deney numunesini yıkayarak etüv kurusu duruma getiriniz. • Tablo 4.1'de belirtilen miktarda etüv kurusu durumdaki agregadan üç adet deney numunesi alınız. • Deney numunelerini, darası alınmış metal kutulara koyunuz ve her kabın kütlesini ayrı ayrı hassas terazide tartarak (M_1) kaydediniz.	
 Metal kutulardaki agrega deney numunelerinin ıslatılması ve kapların ağızlarının kapatılması	• Plastik-metal kutulardan birini işlem yapmadan deney sonuna kadar saklayınız. • İki kutudaki numunelerin üzerine 10 mm örtülünceye kadar saf (damıtık) su koyunuz. • Numune kaplarının ağzını kapatmadan 24±1 saat ıslatma süresince 20±2 °C'de atmosfer basıncında tutunuz. • 24 saat sonunda metal kutulardaki agrega numunesi üzerindeki su seviyesini kontrol ediniz. Su seviyesinde azalma varsa su ekleyerek kutuların kapaklarını kapatınız.	

  Metal kutulardaki deney numunelerinin belirli süre ve sıcaklıklarda on defa donma çözülme döngüsüne tabi tutulması	• Metal kutuları birbirine temas etmeyecek şekilde ve metal kutular ile dolabın yan duvarları arasında en az 50 mm mesafe kalacak şekilde dolaba koyunuz. • Kutuları, sıcaklık 20±2 °C'den 0 °C'ye düşünceye kadar 150±30 dakika ve 0 °C'de 210±30 dakika bekletiniz. • Kutuları, sıcaklık 0 °C'den -17,5±2 °C'ye düşene kadar 180±30 dakika ve -17,5±2,5 °C'de en az 240 dakika bekletiniz. • Deneye ara verilmesi gereken tatil gibi durumlarda, kapları 17,5±2,5 °C'de 72 saatten fazla tutmamaya özen gösteriniz. • Her bir döngü sonunda kapları 20±2 °C'deki suya batırarak çözdürünüz. Çözdürme işlemini tamamlamak için suyun sıcaklığının 20±2 °C'ye ulaşıp ulaşmadığını termometre ile ölçünüz. • Çözdürme aşaması tamamlandıktan sonra metal kutuları 20±2 °C'deki su içinde 10 saatten fazla bekletmemeye özen gösteriniz. • Her bir donma-çözülme döngüsünü 24 saat içinde tamamlayınız.	
Döngü sonunda deney numunesinin elek üzerinde yıkanması ve kuru kütlesinin belirlenmesi	• On döngü sonunda iki kutudaki malzemeyi birleştiriniz. • Deney numunesini, deneyde kullanılan tane sınıfının alt elek açıklığının yarısı kadar göz açıklığındaki elek üzerinde elle yıkayarak eleyiniz. • Elek üzerinde kalan malzemeyi, etüvde 110±5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutunuz. • Kurutma işlemi sonunda numuneleri desikatörde soğutunuz ve darası alınmış kapta, üç deney numunesinin elek üstü kısımlarını birleştirerek tartınız, kütlesini (M_2) kaydediniz.	
Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybının hesaplanması ve değerlendirilmesi	• Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybını ($MD_{F)}$ hesaplayınız ve kaydediniz. • Deney numunesinin kütlece yüzde kaybını **TS EN 12620+A1** standardına göre Tablo 4.2'de verilen kategoriye göre değerlendiriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereci özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

4.2. KİMYASAL YÖNTEMLE DONA DAYANIKLILIK DENEYİ

Agregaların dona dayanıklılığını araştırmak için en çok kullanılan kimyasal yöntemler; **TS EN 1367-2** standardında belirtilen magnezyum sülfat deneyi ile **ASTM C 88'**de anlatılan sodyum sülfat ve magnezyum sülfat deneyleridir.

4.2.1. Sodyum Sülfat ile Dona Dayanıklılık Deneyi (ASTM C 88)

Doygun sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisine daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yoluyla periyodik işleme maruz bırakılan agregaların davranışlarını değerlendirmek için yapılan bir deneydir. Agreganın, donmaya karşı dayanıklılığında kesin sonuç veren bir genel deney metodu bulunmamaktadır. Birçok ülkede kullanılan bu metodun, uygulanması sonunda pozitif sonuç veren agregaların donmaya karşı dayanıklı olması beklenmektedir.

4.2.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Dijital terazi (0,1 g duyarlı), çelik mala, paslanmaz çelik tepsi (tava), bakkal küreği (şaşula), cam veya plastik beher, hava dolaşımlı etüv, desikatör, dijital termometre, su banyosu veya iklimlendirme odası

Deney Elekleri: Agrega tek tane sınıfı anma büyüklüğüne göre uygun olan elek göz açıklığı seçilmelidir.

Kronometre: Zaman bölümlerinin toplam serisini ±1 dk. doğrulukla ölçebilmelidir. Sürelerin takibinde kullanılır.

Cam Mezür: Çözelti yoğunluğunun hidrometre ile belirlenmesinde kullanılır.

Plastik Kova veya Metal Kaplar: Ağzı kapatılabilen, suya ve korozyona dayanıklı paslanmaz çelik veya plastikten imal edilmiş araçlardır (Görsel 4.9). Deney için gerekli miktardaki çözeltiye yetecek uygun kapasitede olmalıdır. Ayrıca tel sepetlerin kolayca içine yerleştirilmesi ve dışarı alınması için yeterli büyüklükte olmalıdır.

Tel Sepetler: Sepetin ağı, agrega numunesini taşıyabilecek sağlamlıkta olmalıdır. Numunenin tamamen içine batmasını ve çözeltinin rahatlıkla dolaşımını sağlayacak, deneyin başlangıcında parçacıkların geçemeyeceği büyüklükte olmalıdır. Deney numunesinin içine koyularak çözelti içine daldırma ve süzme işlemlerinde olmak üzere iki adet kullanılır.

Yoğunluk Ölçer (Hidrometre): Bir ucunda sıvı içinde dik durmasını sağlayan ağırlıktan oluşan gövde; diğer ucunda ise silindirik bir saptan oluşan, üzerinde yoğunluk birimleri bulunan termometreye benzeyen camdan yapılmış bir ölçme aracıdır (Görsel 4.10). Bu deneyde çözelti yoğunluğunu 0,001 g/mL doğrulukta ölçebilen, 1,100-1,200 g/mL yoğunluk ölçer (hidrometre) kullanılır.



Görsel 4.9: Plastik kova



Görsel 4.10: Hidrometre

4.2.1.2. Deneyde Kullanılan Reaktifler *

Damıtık veya Deiyonize Su: Her deney için en az 3 L su gerekmektedir. Çözeltilerin hazırlanışında ve agreganın temizlenmesinde kullanılır.

Sodyum Sülfat Çözeltisi: En az 350 g susuz sodyum sülfat tuzunun (Na_2S0_4) veya en az

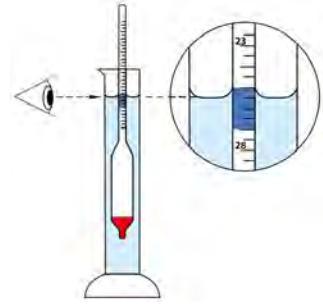
*Reaktif, kimya biliminde kimyasal tepkimede harcanıp ürüne dönüşen bileşiktir.

750 g kristalize sodyum sülfat tuzunun, 25 °C-30 °C sıcaklıktaki 1 L damıtık veya deiyonize su içine yavaş yavaş eklenerek çözülmesiyle oluşturulur (Görsel 4.11). Her deney için en az 3 L çözelti hazırlanmalıdır. Hazırlanan çözelti kullanılmadan önce 21±1 °C'de en az 48 saat su banyosunda bekletilmelidir. Kullanılıncaya kadar arada bir karıştırılarak tuz kristalleri çözülmeli ve kullanılmadığında buharlaşmayı azaltmak için çözeltinin ağzı kapatılmalıdır.

Hazırlanan deney çözeltisinin yoğunluğu, 1,151-1,174 g/mL arasında olmalıdır. İnce uzun bir kaba (cam mezüre) ölçülmek istenen sıvı konulur ve hidrometre serbestçe yüzecek şekilde, yavaşça içine bırakılır. Görsel 4.12'deki gibi çözeltinin üst seviyesiyle hidrometrenin sabitlendiği çizgi okunur ve çözeltinin yoğunluğu kaydedilir.



Görsel 4.11: Kimyasal çözelti hazırlama



Görsel 4.12: Hidrometre ile yoğunluk ölçümü

%5'lik Baryum Klorür Çözeltisi: 5 g baryum klorürün ($BaCl_2$,) 100 mL damıtık suda çözülmesiyle elde edilir. Döngüler tamamlandıktan sonra yıkanan agregaların temizliğini kontrol etmede kullanılır.

4.2.1.3. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Laboratuvar numunesinden **TS EN 932-2**'ye göre numune azaltma yöntemlerinden (çeyrekleme ya da bölgeç) biri kullanılarak deney numunesi alınır.

İnce Agrega Numunesinin Hazırlanması: 300 µm'lik (No. 50) kare göz açıklıklı elek üzerindeki tüm malzeme yıkanır ve 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulur. Daha sonra eleme işlemi yardımıyla Tablo 4.4'teki gibi eleme ile tane sınıflarına ayrılır. Bu şekilde elde edilen fraksiyonlardan (bölüntü), 100 g elde etmek için yeterli miktarda numune (Genel olarak 110 g'lık bir numune yeterlidir.) alınmalıdır. Numunelerin hazırlanmasında eleklerin kafeslerine yapışan ve eleğe sıkışmış ince agrega alınmamalıdır. Son eleme işleminden sonra agrega tane sınıflarının her birinden 100±0,1 g numune, deney için ayrı kaplara konulur.

Tablo 4.4. İnce Agrega Deney Numunesi Miktarı

Tek Tane Sınıfı Anma Büyüklükleri	Deney Numunesi Miktarı (en az g)
0,300-0,600 mm	100
0,600-1,18 mm	100
1,18-2,36 mm	100
2,36-4,75 mm	100

İri Agrega Numunesinin Hazırlanması: 4 mm kare göz açıklıklı elek üzerindeki tüm malzeme yıkanır ve 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulur. Daha sonra eleme işlemi yardımıyla Tablo 4.5'teki gibi eleme ile tane sınıflarına ayrılır. Deney numuneleri, tane sınıfına uygun olarak belirtilen miktar ve toleranslarda alınır. Deney numunesinin iki farklı tane sınıfından oluşması durumunda numuneler tane sınıfına göre ayrı ayrı tartıldıktan sonra birleştirilir ve Tablo

4.5'te belirtilen toplam deney numunesi miktarı elde edilir.19 mm'den daha büyük boyutlar söz konusu olduğunda deney numuneleri adedi sayılarak alınır ve numunelerin kütleleri kaydedilir.

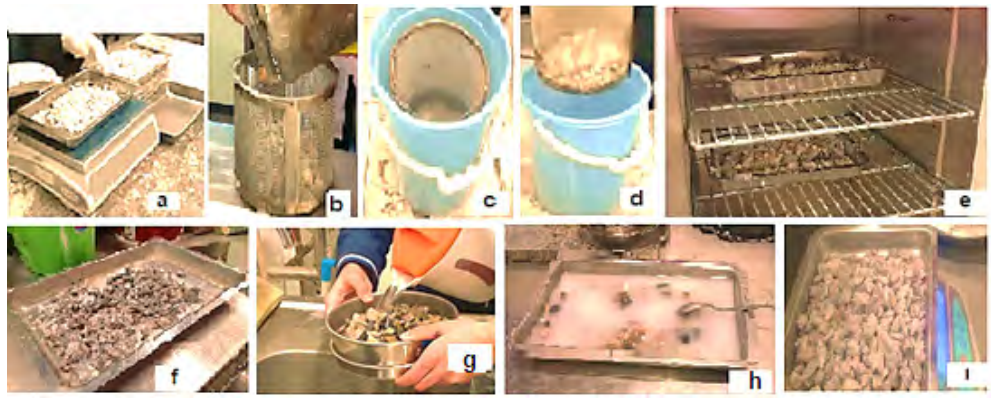
Tablo 4.5. İri Agrega Deney Numunesi Miktarı

Tek Tane Sınıfı Anma Büyüklükleri		Deney Numunesi Miktarı (g)	
9,5-4,75 mm		300±5	
9,5-19 mm	9,5-12,5 mm	1000±10	330±5
	12,5-19 mm		670±10
19-37,5 mm	19-25 mm	1500±50	500±30
	25-37,5 mm		1000±50
63-37,5 mm	37,5-50 mm	5000±300	2000±200
	50-63 mm		3000±300
63 mm'den büyük tane sınıfları		7000±1000	

4.2.1.4. Deneyin Yapılışı

- Dona dayanıklılığı test edilecek agrega deney numunesi; tane boyutlarına göre ince agrega için Tablo 4.4'te, iri agrega için Tablo 4.5'te belirtilen miktarlarda Görsel 4.13a'daki gibi alınarak tartılır ve kütlesi (M_1) kaydedilir.
- Deneye başlamadan en az 48 saat önce hazırlanmış olan sodyum sülfat çözeltisinin tuz kristalleri çözülerek çözelti 30 dk. dinlendirilir. Buharlaşmayı azaltmak ve kirlenmeyi önlemek için her kullanımdan sonra çözelti kapalı tutulmalıdır. Her döngü başında numuneyi çözeltiye daldırmadan önce çözelti iyice karıştırılarak tuz kristalleri kırılmalı ve 30 dk. dinlendirilmelidir.
- Deney numuneleri, Görsel 4.13b'deki gibi tel sepet içine koyulur ve sepetlerdeki agrega numunelerinin üzerini 20 mm çözelti kapatacak şekilde kova içerisinde hazırlanmış olan sodyum sülfat çözeltisine daldırılır (Görsel 4.13c).
- En az 16 saat, en çok 18 saat çözelti içinde tutulduktan sonra agrega deney numuneleri, tel sepetle çıkarılır ve çözeltinin kova içerisine süzülmesi için 15±5 dakika beklenir (Görsel 4.13d).
- Metal kap veya tava içerisine alınan numuneler 110±5 ºC'de 2-4 saat aralıklarla sabit kütle elde edilinceye kadar çıkarılır ve soğutmadan tartılır. Tartımlar arasındaki kütle farkı %0,1'den daha az olduğunda sabit kütleye ulaşılmış olur (Görsel 4.13e).
- Etüvden çıkartılan sabit kütleye ulaşan numune, ortam sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur ve tekrar çözelti kovasına daldırılır.
- Daldırma ve çıkartıp kurutma işlemi toplam beş defa tekrarlanır (Görsel 4.14). Son döngünün tamamlanmasından sonra etüvden çıkarılan numune, ortam sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur (Görsel 4.13f).
- Numune soğuduktan sonra musluk altında 43±6 °C sıcaklıktaki temiz suyla yıkanır (Görsel 4.13g). Yıkama işlemi sırasında, numuneler darbelere veya aşınmaya maruz bırakılmamalıdır. Numunelerin sülfattan temizlendiğini kontrol etmek için yıkama suyuna bir miktar baryum klorür çözeltisi katılarak reaksiyonu beyaz bir renk vermemesiyle anlaşılır (Görsel 4.13h).
- Yıkama işlemi tamamlanınca numuneler 110±5 ºC'de değişmez ağırlığa kadar kurutulur ve etüvden çıkarılarak desikatörde ortam sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur.
- Deney sonrasında çalışma ortamı zemini, çalışma tezgâhı ve araç gereç özenle temizlen-

meli; araç gerecin bakımı yapılarak aletler bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakılmalıdır.



Görsel 4.13: Sodyum sülfat ile dona dayanıklılık deneyinin yapılışı

- Sodyum sülfat çözeltisinin etkisi ile tanelerin parçalanması sonucunda karışımın içindeki küçük agrega tane kaybını belirlemede iri agrega için sırasıyla 63 mm-37,5 mm için 31,5 mm elek; 37,5 mm-19,0 mm için 16 mm elek; 19 mm-9,5 mm için 8 mm elek ve 9,5 mm-4,75 mm için 4 mm elek boyutları kullanılmaktadır. İnce agrega ise daha önce üzerinde kaldığı elekten elenir. Eleme işlemi, deney numunesi hazırlanırken uygulanan yöntem ve eleme süresi ile aynı olmalıdır.
- Elek üzerinde kalan malzeme, darası alınmış kapta (Görsel 4.13ı) tartılarak malzemenin kütlesi (M_2) kaydedilir. Elekten geçen kısımlar ise kütlece don kaybı olarak belirlenir.
- Deney sırasında, çalışma alanı ve çalışma tezgâhı temiz tutulmalı; deneyde kullanılan yıkanabilir kirli araç gereç biriktirilmeden yıkanmalı ve kurutularak yerlerine yerleştirilmelidir.



Görsel 4.14: Sodyum sülfat ile dona dayanıklılık zaman döngüsü



Sülfat içeren musluk suyu, yıkama suyu olarak kullanıldığında musluk suyu bulanıklığı ile baryum klorür çözeltisinin bulanıklığı aynı derecede ise deney numunelerinde sodyum sülfat olmadığı kabul edilir.

4.2.1.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Agrega deney numunesindeki küçük taneli malzemelerin oluşmasında zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma, kütlece don kaybı olarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır ve kütlece %0,1 yaklaşımla raporlanır.

$$MD_{SS} = [(M_1 - M_2) / M_1)] \cdot 100$$

MD_{SS} : Sodyum sülfat değeri kütlece yüzde don kaybı olarak ufalanma oranı (%)
M_1 : Deney numunesinin±0,1 gram doğrulukla etüv kurusu ilk kütlesi (g)
M_2 : Deney sonunda elek üstünde kalan,±0,1 g doğrulukla agreganın etüv kurusu son kütlesi (g)

Her iki deney sonucunun ortalama değeri hesaplanır ve elde edilen değer en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kaydedilir. **ASTM C88** standardına göre en yüksek don dayanıklılığı kayıp miktarı iri agregalarda %12, ince agregalarda ise %10'dan fazla olmamalıdır.

2. DENEY UYGULAMASI

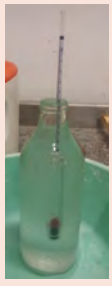
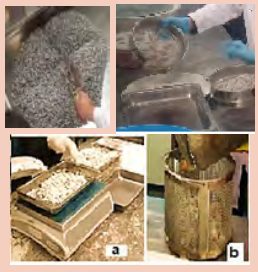
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21679

ASTM C 88 standardına göre 19-9,5 mm arası agrega tane sınıfından ikişer set agrega deney numunesiyle sodyum sülfat çözeltisi kullanarak agregada dona dayanıklılık deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Kimyasal Yöntemle (Sodyum Sülfat ile) Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 3 saat, deney takip 5 gün, numune kurutma 16-24 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. • Deney sırasında, deneyde kullanılan reaktiflere eldivensiz dokunmayınız. • Numuneleri etüvden çıkarırken ısıya dayanıklı eldiven veya bez kullanınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	

 Sodyum sülfat çözeltisinin hazırlanması ve yoğunluğunun ölçülmesi	• Deneye başlamadan en az 48 saat önce, her deney için en az 3 L sodyum sülfat çözeltisi hazırlayınız. • Çözeltinin bir kısmını cam mezür içine alarak hidrometre ile yoğunluğunu kontrol ediniz. • Hazırlanan çözeltiyi, buharlaşma ve kirlenmeye karşı korumak için kapaklı bir kova içerisine koyunuz. • Çözeltiyi kullanıncaya kadar arada bir karıştırarak tuz kristallerini çözünüz ve 21±1 °C sıcaklıkta muhafaza etmeye özen gösteriniz.	
 Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• **TS 932-2** standardına uygun olarak azaltıp gerekli olan en az miktarda deney numunesi alınız. • Numuneyi yıkadıktan sonra 110±5 °C'de etüv kurusu duruma getiriniz ve etüvden çıkartarak ortam sıcaklığına kadar soğutunuz. • Tane boyutlarına göre belirtilen miktarlarda etüv kurusu durumdaki ortam sıcaklığına kadar soğutulmuş agregadan iki adet deney numunesi alınız. • Numuneleri, darası alınmış ve numaralandırılmış uygun göz açıklıklı tel sepet içine koyunuz ve her tel sepetteki numuneyi hassas terazide, ayrı ayrı tartarak numunenin kütlesini (M_1) kaydediniz.	
 Tel sepetteki agrega deney numunelerinin çözelti içine daldırılması	• Deneyden en az 48 saat önce hazırlamış olduğunuz sodyum sülfat çözeltisini, tuz kristallerini çözerek 30 dk. dinlendiriniz. • Daha sonra tel sepetteki deney numunelerinin üzerini 20 mm çözelti kapatacak şekilde ayarlayıp deney numunelerini sodyum sülfat çözeltili kap içerisine daldırınız. Daha sonra buharlaşmayı en aza indirmek için kapların ağzını kapatınız.	
 Tel sepet ile birlikte agrega deney numunelerinin çözeltiden çıkarılarak süzülmesi	• Deney numunelerini, en az 16 saat en çok 18 saat çözelti içinde tutunuz. • Bu süre sonunda deney numunelerini tel sepet ile çözeltiden çıkarınız ve kova içerisine çözeltinin süzülmesi için 15±5 dk. bekletiniz.	

 Agrega deney numunelerinin kurutulması	• Süzme işleminden sonra numuneleri, tel sepetle veya metal kap içerisine alarak en fazla 4 saat süresince 110±5 ºC'de sabit kütleye kadar kurutunuz. • Süzme işlemini takiben, kova içerisine süzülen çözeltinin ağzını kapatarak bir sonraki daldırma işlemine kadar 20±2 °C'de muhafaza ediniz. • Numuneyi çözeltiye tekrar daldırmadan önce çözeltiyi iyice karıştırarak tuz kristallerini kırınız ve çözeltiyi 30 dk. dinlendiriniz.	
 Agrega deney numunelerinin etüvden çıkartılarak soğutulması ve tekrar çözeltiye daldırılması	• Deney numunelerini etüvden çıkartarak laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutunuz ve tekrar çözelti kovasına daldırınız. Daldırma ve süzme işlemi sırasında çözeltiyi etrafa sıçratmamaya özen gösteriniz. • Deneyin her aşamasında sepetlerden herhangi bir tanenin kaybolmamasına özen gösteriniz. • Deney sırasında çözeltinin yoğunluğunu ve rengini kontrol ediniz ve gerektiğinde yeni bir çözeltiyle değiştiriniz. • Agrega deney numunelerini tel sepet ile birlikte çözeltiye daldırma, çözeltiden çıkartarak kurutma ve soğutma işlemini toplam beş tam döngü için tekrarlayınız. Her bir tam döngüyü 24 saat içinde tamamlayınız.	
  Agrega deney numunelerinin yıkanması ve baryum klorür çözeltisiyle sodyum sülfat varlığının kontrol edilmesi	• Beşinci döngünün tamamlanmasından sonra, soğutulan deney numunelerini sürekli akan musluk altında 43±6 °C sıcaklıktaki suyla yıkayınız. Yıkama işlemi sırasında agregaların aşınma ve darbeye maruz kalmamasına dikkat ediniz. • Agregadaki sodyum sülfat varlığını kontrol etmek için yıkama suyundan 10 mL yıkama suyu alınız ve içine birkaç damla %5'lik baryum klorür çözeltisi damlatarak yıkama suyunun bulanıklığını kontrol ediniz. • Aynı şekilde işleme tabi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırarak kontrol ediniz.	

 Agrega deney numunelerinin kurutma ve soğutma işlemi sonrasında kuru kütlesinin belirlenmesi	• Numuneleri, yıkama işleminden sonra 110±5 ºC'de değişmez ağırlığa kadar kurutunuz ve etüvden çıkartarak desikatörde laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutunuz. • Çözeltinin etkisi ile tanelerin parçalanması sonucunda karışımın içindeki küçük taneleri, 19 mm-9,5 mm için 8 mm elek üzerinde yıkayarak elle eleyiniz. Eleme işleminin, deney numunesi hazırlarken uyguladığınız yöntem ve eleme süresi ile aynı olmasına dikkat ediniz. • Elek üzerinde kalan malzemeyi darası alınmış kapta tartarak malzemenin kütlesini M_2 olarak kaydediniz.	
Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybının hesaplanması ve değerlendirilmesi	• Agrega deney numunelerinin kütlece yüzde kaybını **(MD_{SS})** hesaplayınız ve kaydediniz. • Deney numunesinin, en yüksek don dayanıklılığı kayıp miktarını **ASTM C88** standardına göre değerlendiriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deneyde kullanılan araç gereci uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. • Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamını temizleyiniz.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında grubunuzla "Tablo 4.8: Deney Değerlendirme Raporu"nu, tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

4.2.2. Magnezyum Sülfat (Epsom Tuzu) ile Dona Dayanıklılık Deneyi (TS EN 1367-2, ASTM C 88)

Deney, agregaların hızlandırılmış olarak donma ve çözülmeye karşı dayanımlarının belirlenmesi için magnezyum sülfat çözeltisine daldırılması ve devamında etüvde kurutulması yolu ile periyodik işleme maruz bırakılmasını değerlendirmek için yapılır.

Magnezyum sülfat deneyi, agreganın deniz suyuna veya buz giderme tuzlarına maruz kalması durumları için en uygun deney olarak kabul edilir.

4.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Dijital terazi (0,1 g duyarlı), hava dolaşımlı etüv, cam mezür, termometre, kronometre,su banyosu veya iklimlendirme odası, kova veya kaplar, tel sepetler, desikatör

Deney Elekleri: Elek göz açıklığı 10 mm ve 14 mm arasında olmalıdır.

Yoğunluk Ölçer (Hidrometre): 1,200-1,300 g/mL yoğunluk ölçen hidrometre kullanılır.

4.2.2.2. Deneyde Kullanılan Reaktifler

Deneyde kullanılan reaktifler; damıtık veya deiyonize su, %5'lik baryum klorür çözeltisi ve magnezyum sülfat çözeltisidir.

Magnezyum Sülfat Çözeltisi: ASTM C 88 standardına göre en az 350 g susuz magnezyum sülfat ($MgSO_4$) tozu veya en az 1230 g (fazla kristal olması isteniyorsa en az 1400 g) kristalize magnezyum sülfat, 25 °C-30 °C arası sıcaklıktaki 1 L damıtık veya deiyonize su içine yavaş

yavaş eklenir ve çözelti hazırlanır. **TS EN 1367-2** standardında ise 1 L damıtık su içine 1500 g kristalize magnezyum sülfatın yavaş yavaş ilave edilmesi ile doygun magnezyum sülfat çözeltisi hazırlanır. Her deney için en az 3 L çözelti hazırlanmalıdır.

Çözeltinin bir kısmı cam mezür içine doldurulmalı, yoğunluğunun 1,292±0,008 g/cm^{3}e ulaşıp ulaşmadığı hidrometreyle ölçülüp çözelti tekrar kaba dökülmelidir. Çözelti, hazırlandıktan sonra 20±2 °C sıcaklıkta en az 48 saat boyunca sıcaklığı korunarak su banyosunda bekletilmelidir. Kullanılıncaya kadar arada bir karıştırılarak tuz kristalleri çözülmeli ve kullanılmadığında buharlaşmayı azaltmak için çözeltinin ağzı kapatılmalıdır.

Kapta sertleşmiş tuz kristalleri, her kullanımdan önce parçalanarak çözelti iyice karıştırılır. Çözelti kullanıldığında içerisindeki bir miktar su buharlaşacağından 1,295-1,308 g/cm^3 arası yoğunluğa sahip olabilir.



Kimyasal madde, laboratuvarın bir yerinden başka bir yerine dikkatli ve güvenli bir şekilde taşınmalıdır. Laboratuvar ortamına kimyasal madde veya numune döküldüğü takdirde derhal temizlenerek durum ilgili öğretmene bildirilmelidir.

4.2.2.3. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Yeterli miktarda iki deney numunesi elde etmek için laboratuvar numunesi, **TS EN 932-2**'ye göre azaltılır. 10 mm ve 14 mm göz açıklıklı eleklerle, elek altı ve elek üstü atılarak yaklaşık 500 gramlık numuneler elde edilinceye kadar elenir. Eleme işleminden sonra deney numuneleri, damıtık suyla tozlarından arınıncaya kadar yıkanır ve süzülür. Daha sonra 110±5 °C'lik etüvde 24±1 saat boyunca kurutulur ve etüvden çıkarılarak laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur.

TS EN 1367-2 standardı **EK B** kısmında belirtilen diğer tane büyüklüğü aralıklarındaki deneyler için bilgiler Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6: 10 mm-14 mm Dışında Olan Diğer Tane Büyüklüğü Aralıklarındaki Deneyler İçin Bilgiler

Tane Büyüklüğü (mm)	Deney Kısmının Kütlesi (g)	Deney Eleği		Tel Sepetler		
		Elek Altı (mm)	Elek Üstü (mm)	Göz Açıklığı (mm)	Yükseklik (mm)	Çap (mm)
14 mm'den büyükler	800-830	28	20	3,35	160	120
	600-630	20	14			
10 mm'den küçükler	300-310	10	6,30	1,18	120	95
	200-210	6,30	5			
		5	3,35	0,60		
		3,35	2,36			
	100-110	2,36	1,18	0,15	80	65
		1,18	0,60			
		0,60	0,30			

4.2.2.4. Deneyin Yapılışı

- Hazırlanan 10 mm ve 14 mm arası tane büyüklüğüne sahip deney numunelerinden, 420±0,1 g ile 430±0,1 g aralığında iki deney numunesi alınarak tartılır ve kütleleri (M_1) kaydedilir.
- Deney numuneleri işaretlenmiş iki tel sepete aktarılır. Takip eden bütün çalışma safhalarında malzeme sıçramalarını engellemek için tel sepetlerin sallanmamasına dikkat edilmelidir.
- Sepetlerdeki agrega numunelerinin üzerini 20 mm çözelti kapatacak şekilde 17 saat±30 dk. boyunca agrega numuneleri doygun magnezyum sülfat çözeltili kap içerisine daldırılır. Deneyin her aşamasında sepetlerden herhangi bir tanenin kaybolmamasına özen gösterilmelidir. Buharlaşma ve kirlenmeden sakınmak için kabın kapağı mutlaka kapatılmalıdır.
- Daldırma işleminden sonra iki tel sepet çözeltiden çıkarılır ve 2 saat±15 dk. boyunca suyu süzüldükten sonra çözelti kaplarının kapağı kapatılır.
- Her iki sepetteki deney numunesi, 110±5 °C'lik etüvde 24±1 saat boyunca kurutulur ve etüvden çıkarılarak 5 saat±15 dk. boyunca laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur.
- Bir sonraki daldırma işleminden önce kabın tabanında toplanan tuz çökeltileri çözülür ve çözelti iyice karıştırılarak 30 dakika beklemeye bırakılır.
- Kaptaki çözeltinin yoğunluğu hidrometre ile kontrol edilir. Çözelti yoğunluğu belirlenmiş aralığın dışında çıkarsa hazırlanmış taze doygun magnezyum sülfat çözeltisiyle değiştirilir.
- Daldırma işlemi sırasında agrega tanelerinin aşırı şekilde etrafa sıçraması durumunda çözeltinin ölçülen yoğunluğu, sıvı içerisine heterojen olarak dağılmış ince taneler veya iyon değiştirme etkilerinden dolayı tam olmayabilir. Bu nedenle çözelti, taze bir çözelti ile değiştirilmelidir.
- İşlem basamaklarına uygun olarak belirlenen çalışma periyodu 48±2 saat süreyle beş defa tekrarlanır (Görsel 4.15).



Görsel 4.15: Magnezyum sülfat daldırma-kurutma zaman döngüsü

- İşlemlerin beş defa tekrar edilmesinden sonra agrega numuneleri, desikatörde laboratuvar sıcaklığına kadar soğutulur. Daha sonra her bir sepetteki agrega numuneleri, magnezyum sülfattan temizleninceye kadar musluk suyuyla yıkanır.
- Temsili 10 mL yıkama suyu alınır ve içine birkaç damla %5'lik baryum klorür çözeltisi damlatılarak yıkama suyunun bulanıklığı kontrol edilir. Aynı şekilde işleme tabi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırılarak kontrol edilir.
- Tüm deney numuneleri 110±5 °C'lik etüvde 24±1 saat boyunca kurutulur ve etüvden çıkarılarak laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğutulur.
- Deney numuneleri, 10 mm'lik elek üzerinde elle elenir ve elek üstünde kalan agrega kütlesi 0,1 g doğrulukla tartılarak (M_2) kaydedilir.
- Deney sırasında kullanılan çalışma tezgâhı ve çalışma alanı temiz tutulmalıdır. Deney çalışması bittikten sonra çalışma alanı zemini, deneyde kullanılan araç gereç, deney düzeneği ve çalışma tezgâhı özenle temizlenmeli; bir sonraki deney için hazır hâle getirilmelidir.

4.2.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Tane büyüklüğü 10 mm'den daha küçük malzemelerin oluşmasında zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma, kütlece don kaybı olarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$MD_{MS} = [(M_1-M_2)/M_1)].100$$

MD_{MS} : Magnezyum sülfat değeri kütlece yüzde don kaybı olarak ufalanma oranı (%)
M_1 : Deney numunesinin±0,1 gram doğrulukla etüv kurusu ilk kütlesi (g)
M_2 : Deney sonunda 10 mm'lik elek üstünde kalan,±0,1 gram doğrulukla agreganın etüv kurusu son kütlesi (g)

İki deneyden elde edilen sonuçların ortalama değeri hesaplanır ve en yakın tam sayıya yuvarlatılarak değer kaydedilir. **TS 706 EN 12620±A1** standardına göre Tablo 4.7'de kategorilendirilmiştir. En yüksek don dayanıklılığı değerine göre en uygun kategori **MS_{18}** kategorisidir. Magnezyum sülfat çözeltisinde kritik değer %18'i aşmamalıdır.

Tablo 4.7: Magnezyum Sülfat ile En Yüksek Dona Dayanıklılık Değerine Göre Kategoriler

Magnezyum Sülfat Değeri (Kütlece yüzde kaybı)	Kategori MS
≤18	MS_{18}
≤25	MS_{25}
≤35	MS_{35}
>35	MS_{Beyan}
Serbest	MS_{NR}

4.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Kimyasal yöntemle dona dayanıklılık için "Tablo 4.8: Deney Raporu"na deney yöntemi, hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur ve imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 4.8: Deney Raporu

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar			
Numunenin Ait Olduğu İş			
Deneyin Adı			
Numunenin Tanıtılması ve Tane Büyüklüğü			
Rapor Tarihi ve Numarası		Deneyde Uygulanan Standart No.	
DENEYİ YAPANLAR			
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza
1			
2			
3			
4			
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER			
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza
1			
2			
3			
DENEY SONUÇLARI			
Deney Yöntemi		1. Deney	2. Deney	Ortalama Değer
Sodyum Sülfat ile Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi				
Magnezyum Sülfat ile Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi				
Deney Sonucunu Etkileyen Olumsuz Faktörler:				
Bulgular ve Sonuçların Değerlendirilmesi:				
EKLER (Deney Takip Formu vb.):				

3. DENEY UYGULAMASI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21680

TS EN 1367-2 standardına göre 10 mm -14 mm arası agrega tane sınıfından ikişer set agrega deney numunesi ile magnezyum sülfat çözeltisi kullanarak agregada dona dayanıklılık deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Kimyasal Yöntemle (Magnezyum Sülfat ile) Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 3 saat, çözelti bekletme 48 saat, numune kurutma 16-24 saat, deney takip 10 gün, numune kurutma 16-24 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. • Deney sırasında, deneyde kullanılan reaktiflere eldivensiz dokunmayınız. • Numuneleri etüvden çıkarırken ısıya dayanıklı eldiven veya bez kullanınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Magnezyum sülfat çözeltisinin hazırlanması ve yoğunluğunun ölçülmesi	• Deneye başlamadan en az 48 saat önce, her deney için en az 3 L sodyum sülfat çözeltisi hazırlayınız, higrometre ile yoğunluğunu kontrol ediniz.. • Çözeltiyi kullanıncaya kadar arada bir karıştırarak tuz kristallerini çözünüz ve 20±2 °C sıcaklıkta, üzerini uygun kapakla kapatarak muhafaza etmeye özen gösteriniz.	
 Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• Numuneyi yıkadıktan sonra 110±5 °C'de etüv kurusu duruma getiriniz ve etüvden çıkartarak ortam sıcaklığına kadar soğutunuz. • İki adet deney numunesi alınız. • Numuneleri, darası alınmış ve numaralandırılmış uygun göz açıklıklı tel sepet içine koyunuz ve her tel sepetteki numuneyi hassas terazide, ayrı ayrı tartarak numunenin kütlesini (M_1) kaydediniz.	

 Tel sepetteki agrega deney numunelerinin çözelti içine daldırılması	• Deneyden en az 48 saat önce hazırlamış olduğunuz magnezyum sülfat çözeltisinin tuz kristallerini çözerek çözeltiyi 30 dk. dinlendiriniz. • Tel sepet içine koyduğunuz deney numunelerinin üzerini 20 mm çözelti kapatacak şekilde ayarlayıp deney numunelerini doygun magnezyum sülfat çözeltili kap içerisine daldırınız. Daha sonra buharlaşmayı en aza indirmek için kapların ağzını kapatınız.	
 Tel sepet ile birlikte agrega deney numunelerinin çözeltiden çıkarılarak süzülmesi	• Deney numunelerini, 17±0,5 saat çözelti içinde tutunuz. • Daldırma işleminden sonra iki tel sepeti çözeltiden çıkarınız ve 2 saat±15 dk. boyunca suyunun süzülmesini bekleyiniz. • Suyunu süzdükten sonra çözelti kaplarının kapağını kapatınız. Deneyin her aşamasında çözeltinin buharlaşmamasına ve kirlenmemesine özen gösteriniz.	
 Agrega deney numunelerinin kurutulması	• Süzme işleminden sonra her sepetteki deney numunelerini, 110±5 °C'lik etüvde 24±1 saat boyunca kurutunuz.	
 Agrega deney numunelerinin etüvden çıkartılarak soğutulması ve tekrar çözeltiye daldırılması	• Deney numunelerini etüvden çıkartarak laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar 5 saat±15 dk. boyunca laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutunuz ve tekrar çözelti kovasına daldırınız. Daldırma ve süzme işlemi sırasında çözeltiyi etrafa sıçratmamaya özen gösteriniz. • Deneyin her aşamasında sepetlerden herhangi bir tanenin kaybolmamasına özen gösteriniz.	

 Agrega deney numunelerinin yıkanması ve baryum klorür çözeltisiyle sodyum sülfat varlığının kontrol edilmesi	• Beşinci döngünün tamamlanmasından sonra, soğutulan deney numunelerini sürekli akan musluk altında 43±6 °C sıcaklıktaki suyla yıkayınız. • Yıkama işlemi sırasında agregaların aşınma ve darbeye maruz kalmamasına dikkat ediniz. • Agregadaki magnezyum sülfat varlığını kontrol etmek için yıkama suyundan 10 mL yıkama suyu alınız ve içine birkaç damla %5'lik baryum klorür çözeltisi damlatarak yıkama suyunun bulanıklığını kontrol ediniz. • Aynı şekilde işleme tabi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırarak kontrol ediniz.	
 Agrega deney numunelerinin kurutma ve soğutma işlemi sonrasında kuru kütlesinin belirlenmesi	• Yıkama işleminden sonra, numuneleri 110±5 ºC'de değişmez ağırlığa kadar kurutunuz. • Numuneleri etüvden çıkartarak desikatörde, laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutunuz. • Çözeltinin etkisi ile tanelerin parçalanması sonucunda karışımın içindeki küçük taneleri, 19 mm-9,5 mm için 8 mm elek üzerinde yıkayarak elle eleyiniz. Eleme işleminin, deney numunesi hazırlarken uyguladığınız yöntem ve eleme süresi ile aynı olmasına dikkat ediniz. • Elek üzerinde kalan malzemeyi darası alınmış kapta tartarak malzemenin kütlesini M_2 olarak kaydediniz.	
Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybının hesaplanması ve değerlendirilmesi	• Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybını ($MD_{MS)}$) hesaplayınız ve kaydediniz. • **TS 706 EN 12620+A1** standardında belirtilen ve Tablo 4.7'de verilen en yüksek don dayanıklılığı değerine göre değerlendiriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sırasında kullandığınız çalışma tezgâhını ve çalışma alanını temiz tutunuz. • Deney çalışması bittikten sonra çalışma alanınızı, deneyde kullandığınız araç gereci, deney düzeneğini ve çalışma tezgâhının temizliğini özenle yaparak bir sonraki deney için hazır hâlde bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında grubunuzla "Tablo 4.8: Deney Değerlendirme Raporu"nu, tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

4. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Agrega laboratuvar numunelerini istenen miktara kadar azaltmak için kullanılan yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

A) Bölgeç veya çeyrekleme
B) Eleme
C) Sarsma
D) Tartım
E) Yıkama

2. Dona dayanıklılık deneylerinde kullanılacak agrega deney numunesi miktarı, aşağıda verilen agreganın özelliklerinden hangisine göre belirlenir?

A) İnce madde oranı
B) Porozite durumu
C) Su emme oranı
D) Özgül ağırlığı
E) Tane boyutu

3. Agregalarda kimyasal yöntemle yapılan dona dayanıklılık deneylerinde, hazırlanan kimyasal çözelti yoğunluğu aşağıda verilenlerden hangisi kullanılarak belirlenir?

A) Avometre
B) Barometre
C) Hidrometre
D) Monometre
E) Termometre

4. Deney numuneleri, hava dolaşımlı etüvde kaç °C sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulmalıdır?

A) 85 °C
B) 90 °C
C) 95 °C
D) 100 °C
E) 110 °C

5. Agregada donma-çözülme deneyinde, tatil gibi durumlarda deneye <u>en fazla</u> kaç saat ara verilebilir?

A) 36
B) 48
C) 60
D) 72
E) 84

6. Agregada donma-çözülme deneyinde, on döngü bitiminde iki kutudaki deney numunelerinin birleştirilerek yıkanması ile ilgili aşağıda verilen işlemlerden hangisi doğrudur?

A) Numuneler, 43±6°C sıcaklıktaki suyla yıkanarak elek sarsma makinesinde elenir.
B) Numuneler, ovalanarak yıkanır ve elek sarsma makinesi kullanılarak elenir.
C) Numunenin alt elek büyüklüğünün yarısı kadar göz açıklığındaki elek üzerinde ve elle yıkanır.
D) Numunenin alt elek büyüklüğü kadar göz açıklığına sahip elek üzerinde, elle yıkanır.
E) Onuncu döngü sonunda numuneler musluk altında çözülerek 4 mm elek üzerinde yıkanır.

7. Sodyum sülfat kullanılarak yapılan dona dayanıklılık deneyinde çözelti hazırlamak için 1 L damıtık suya ne kadar susuz sodyum sülfat tozu kullanılır?

A) 250 g
B) 350 g
C) 450 g
D) 500 g
E) 550 g

8. Sodyum sülfat ile agregalarda dona dayanıklılık deneyi, aşağıdaki standartlardan hangisi kullanılarak yapılır?

A) TS EN 932-1
B) TS EN 932-2
C) TS EN 933-1
D) ASTM C 88
E) TS EN 1367-1

9. Agregada magnezyum sülfat ile dona dayanıklılık deneyinde bir döngü periyodu kaç saattir?

A) 24
B) 48
C) 60
D) 72
E) 84

10. Magnezyum sülfat ile yapılan dona dayanıklılık deneyinde TS 706 EN 12620+A1'de belirtilen en yüksek don dayanıklılık değerine göre en uygun kategori aşağıdakilerden hangisidir?

A) MS_{18}
B) MS_{Beyan}
C) MS_{25}
D) MS_{35}
E) MS_{NR}







5. ÖĞRENME BİRİMİ

ASFALT VE BİTÜMLÜ MALZEMELERİ SINIFLANDIRMA

KONULAR

5.1. ASFALT VE KAYNAKLARININ İNCELENMESİ

5.2. BİTÜM KAPLAMALAR VE SINIFLARININ TESPİTİ

5.3. BİTÜM EMÜLSİYONLARININ İNCELENMESİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Anyonik
- Asfalt
- Bitümlü bağlayıcılar
- Emülsiyon
- Katran
- Katyonik

GİRİŞ

Asfalt sözcüğünün ilk çağ medeniyetlerinden Akadça'daki ''asfaltik'' teriminden geldiği düşünülmektedir. İlk çağ medeniyetlerinden Sümerlilerin ve Mısırlıların asfaltı su yalıtım amaçlı kullandıkları bilinmektedir. 1900'lü yılların başlarında hızla gelişen bir endüstri dalı olarak ortaya çıkmıştır.

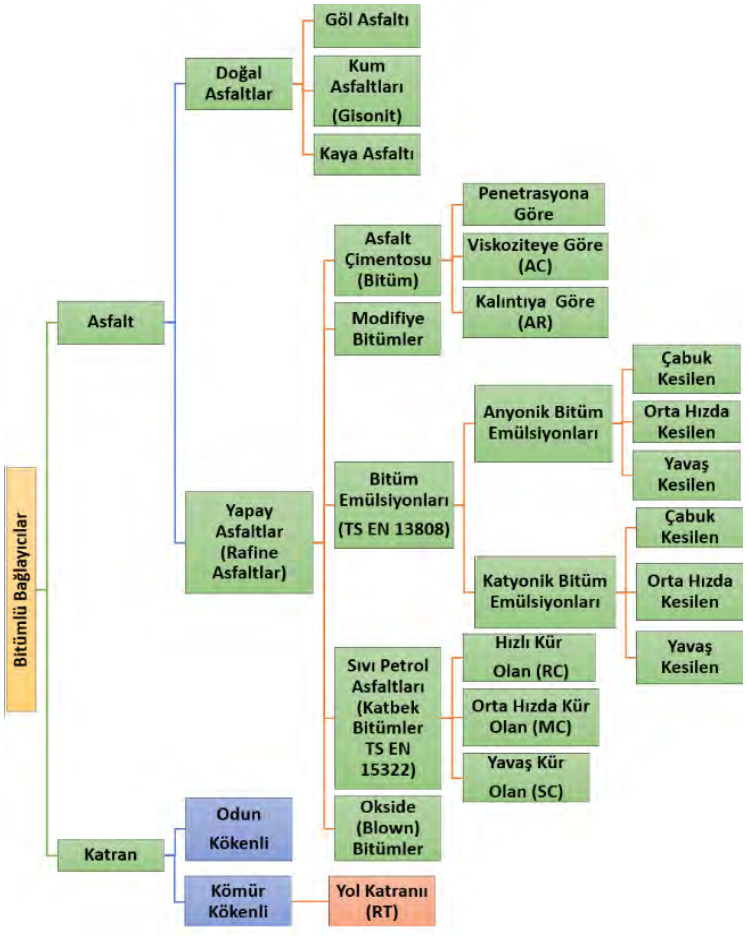
Asfalt (bitümlü bağlayıcı) teknolojik imkanlarla sağlanan üretim çeşitliliği ile yol üstyapı kaplamalarında kullanılan en önemli yapı malzemesidir.

Beton ile bitüm bağlayıcılı karışımların temel farkı; betonda bağlayıcı çimentodur, bitüm bağlayıcılı karışımlarda ise asfalt veya kullanımı az da olsa katrandır.

5.1. ASFALT (BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR) VE KAYNAKLARININ İNCELENMESİ

Bitümlü bağlayıcıların kaynakları, asfaltlar (doğal ve yapay) ve katranlar (odun ve kömür kökenli) olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Yol kaplamalarında kullanılan petrol asfaltı (bitüm) genellikle **asfalt, bitümlü bağlayıcı** veya **asfalt çimentosu** olarak adlandırılmaktadır.

Bitümlü Bağlayıcıların Sınıflandırılması Görsel 5.1'de verilmiştir.



Görsel 5.1: Bitümlü Bağlayıcıların Sınıflandırılması

5.1.1. Bitümlü Bağlayıcılar (Malzemeler) ve Sınıflandırılması

Bitümlü malzemeler kaynaklarına göre sınıflandırılmaktadır.

A) Asfalt: Doğada bulunan veya petrolün işlenmesinden elde edilen ve içindeki ana bileşenin bitüm olduğu koyu kahverengi ile siyah arasında değişen renge sahip kuvvetli bağlayıcı özellikte bir malzemedir.

Asfaltlar, kökenlerine göre doğal ve yapay (rafineri petrol) olmak üzere iki gruba ayrılır. Her iki durumda da bitüm, damıtma işlemi sonucunda oluşan bir üründür. Rafineride daha kısa sürede, doğada ise daha uzun sürede elde edilir.

a) Doğal Asfaltlar: Doğal göl asfaltları, doğada genellikle mineral maddelerle karışmış hâlde bulunan göl, kum ve kaya asfaltlarıdır.

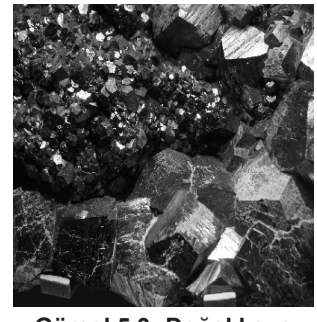
Göl Asfaltları: Yoğun olarak Güney Amerika kıtasında bulunmaktadır (Görsel 5.2). Bu bölgedeki bazı göl yataklarında ince kum ve bitümden oluşan malzemede yaklaşık %39 oranında bitüm vardır.

Kum Asfaltları (Gilsonit): Kumların içinde karışık hâlde olup en önemlileri Kanada ve Amerika'da bulunmaktadır.

Kaya Asfaltları: Kaya yarıklarında damarlar hâlinde veya gözenekli kayalar içinde (kum taşı ve kireç taşı) emilmiş olarak bulunur. Asfaltit adı verilen bu tür kayalara birçok yerde rastlamak mümkündür (Görsel 5.3). En önemli kaynaklardan biri Amerika kıtasında bulunmaktadır.



Görsel 5.2: Doğal göl asfaltı



Görsel 5.3: Doğal kaya asfaltı

b) Yapay Asfaltlar: Yapay asfaltlar, ham petrolün damıtılmasından elde edilir. Damıtma sonucunda elde edilen benzin, mazot nafta vb. sanayi ürünlerinden sonra artan kalıntı asfalt kalıntısıdır**.** Ağır kalıntı maddesine ısıtılarak buhar ve vakumlama işlemi uygulanır. Böylelikle kıvam ve kalitesi ayarlanmış doğrudan yol kaplama malzemesi olarak kullanılan asfalt çimentosu (bitüm) elde edilir.

Türkiye'de ham petrol; Kırıkkale, İzmit, İzmir ve Batman olmak üzere başlıca dört rafineride işlenmektedir.

Yapay asfaltlar beşe ayrılır.

Bitüm (Asfalt Çimentosu): Bitüm, petrol rafinerilerinde ham petrolün damıtılması ile elde edilen hidrokarbonlu, yapışkan ve su geçirimsiz üründür. Bitüm suda çözünmeyen; birçok asit, alkali ve tuza karşı dayanıklı; yapışkan, ısıyla yumuşayan, plastik (termoplastik) bir malzemedir. Yol üstyapılarında kullanılan bitümler, özellik ve viskozite bakımından doğrudan doğruya bitümlü kaplamalarda kullanılmak üzere hazırlanmıştır ve petrol kökenlidir. Normal olarak 140 °C'nin üzerinde sıvılaşır, bu şekilde karıştırılması ve taşınması kolaylaşır.

Bitümler; belirli bir sıcaklıktaki viskozitesi (akmaya karşı direnç), sertliği veya kırılganlığı ile ilişkili olarak kullanım amaçlarına ve fiziksel özelliklerine göre farklı sınıflarda üretilmektedir. Kıvamlılığı gösteren ve 25 ºC'deki değişen penetrasyon derecelerine, 60 ºC'deki mutlak viskozite derecelerine, dönen ince film hâlinde ısıtma deneyi (Rolling Thin Film Oven Test -roling tin film ovın test -RTFOT) ve Superpave [süpırpeyv (performans)] sistemine göre sınıflandırılmaktadır.

Bitümler, sıvı petrol asfaltların (katbek asfaltlar) ve bitüm emülsiyonlarının hazırlanmasında kullanılan ana ham maddedir. Bazı durumlarda, asfalt karışımların hizmet verdiği geniş bir sıcaklık aralığında performansı artırmak için polimerlerle modifiye edilir.

Modifiye Bitümler (TS EN 14023): Esnek yol üstyapı kaplamalarından beklenen kalıcı deformasyonlar, yorulma çatlakları, düşük sıcaklık çatlakları, soyulmalar ve başlıca bozulmaların en aza indirgenmesi gibi fonksiyonları yerine getirmelidir. Bitümlerin özelliklerini iyileştirmek, bağlayıcının veya karışımın performansını artırmak için üretim sırasında belirli oranlarda ve şartlarda bitüm içerisine ya da tesiste (plentte) karışım içerisine çeşitli modifiye edici katkılar kullanılmaktadır. Bunlar; elestomer (elastik polimer)/lateks, plastomerler (plastik polimer)/polietilen, termosetting (ısı ile sertleşen) polimerler/epoksi reçineleri gibi doğal (organik) veya sentetik katkılar olabilir. Katkı kullanılarak elde edilen bitüme **modifiye bitüm**, karışıma ise **modifiye edilmiş karışım** adı verilir.



Polimer, çok sayıda molekülün birleşmesinden oluşan büyük molekül zinciridir.

Okside (Blown-Bılovn) Bitümler: Okside bitümler; vakum kalıntıları, propan yoğun bitümler, atmosferik kalıntı karışımları veya parafinli kalıntıların yüksek sıcaklıkta tutularak içerisinden hava geçirilmesi yoluyla elde edilen çok sert bitümlerdir. Rafinerilerde reaksiyon hızını artırmak veya bitümün modifiye edilmesi için kimyasal tepkimeleri sıcaklık artışına gerek kalmadan hızlandıran maddeler (katalizörler) eklenerek üretilen bu bitüm, **katalitik okside bitüm** olarak adlandırılır. Okside bitümler özel amaçlar için yalıtım işlerinde; elektrik, otomobil ve boya sanayinde kullanılır. Yol kaplama işlerinde kullanılmaz.

Sıvı Petrol Asfaltları (Katbek Asfaltlar-TS EN 15322): Ham petrolün kolay uçucu bileşenlerinin damıtma yoluyla uzaklaştırılmasından sonra kalan kalıntıya gaz yağı, nafta veya benzin gibi çözücülerin karıştırılmasıyla elde edilen yumuşak bağlayıcılardır. Kullanılan bitümün sınıfı (kıvamı) ve oranı ile çözücü miktarına göre değişik sınıflarda sıvı petrol asfaltı tipleri hazırlanır. Bunlar:

Hızlı Kür Olan Katbekler: Oldukça sert asfalt çimentosunun normal sıcaklıkta (25 °C) benzin veya nafta gibi çok uçucu bir çözücüyle karıştırılması sonucu elde edilen bitümlü bağlayıcılardır. Benzin düşük sıcaklıklarda uçtuğundan karışım çabuk kür olur.

Orta Hızda Kür Olan Katbekler: Orta kıvamda asfalt çimentosuna kerosen-gaz yağı gibi orta derecede bir uçucunun karıştırılmasıyla elde edilen bitümlü bağlayıcılardır.

Yavaş Kür Olan Katbekler: Oldukça yumuşak asfalt çimentosuna, ham petrolün kaynama noktasında yüksek bakiye yağ ve mazot gibi bileşenlerin karıştırılmasıyla elde edilen yumuşak bağlayıcılardır.

TS EN 15322'ye göre sıvı petrol asfaltların çeşitleri ve isimlendirilmesinde kullanılan sayı ve harflerin açıklaması Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Sıvı Petrol Asfaltların Çeşitleri ve İsimlendirilmesi

Yavaş Kür Olan		Orta Hızda Kür Olan	Çabuk Kür Olan
Fm2B2, Fm3B2, FM4B2		Fm2B3, Fm3B3	Fm3B4, Fm3B4
Sayı ve Harflerin Açıklaması			
Fm	**2**	**B (BP)**	**2**
Sıvı Petrol Asfaltı	**Kıvamı**	**Bitüm Türü**	**Kesilme Sınıfı**
Fm: Katbek	2: Düşük viskozite 3: Orta viskozite 4: Yüksek viskozite	B : Normal Bitüm BP: Polimer Modifiye Bitüm	2:Yavaş kür olan 3:Orta hızda kür olan 4: Hızlı kür olan

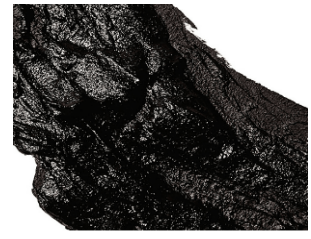
BİLGİ NOTU

Kür olma; bir asfaltın kıvamlılığının, çözücüsünün buharlaşarak uçması sonucunda artmasıdır.

Bitüm Emülsiyonları (TS EN 13808): Bitüm emülsiyonları da bitüm parçacıklarının su içerisinde dağıtılmasından oluşur. Bu işlem mekanik olarak yapılırken asfalt parçacıklarının birbirine yapışarak sudan ayrılmalarını önlemek için emülgatör denilen kimyasal katkı maddeleri kullanılır. Emülgatör, bitüm parçacıklarının çevresini bir film hâlinde sararak bitüm parçacıklarının kendi aralarında birleşip kesilmelerine engel olur.

Bitüm emülsiyonları, "5.3. Bitüm Emülsiyonları ve Sınıflandırılması" bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır.

B) Katran: Ağaç, kömür ve petrol gibi organik maddelerin kapalı bir kapta havasız olarak kuru kuruya damıtılmasıyla elde edilen siyaha yakın koyu kahve renkli, sıvı veya yoğun akışkan hâlde, kendine özgü kokusu olan bir maddedir (Görsel 5.4). Ham katran damıtılarak su, ince yağlar ve ağır yağlar ayrıldıktan sonra yol bağlayıcısı olarak kullanılabilir. Katranın damıtılamayan arta kalan atık maddesine **zift** denir. Zift, yalıtım işlerinde kullanılır.



Görsel 5.4: Katran

Yol kaplamalarında bağlayıcı olarak kullanılan katranın, kömür kökenli olması tercih edilir. **RT** sembolleriyle gösterilen yol katranları (road tars- royd tars) kıvamlılıklarına göre **RT-1, RT-2, … RT -12 ve RTCB-5, RTCB-6** olarak on dört sınıfa ayrılır. Numara büyüdükçe kıvamı artar.

5.1.2. Bitümlü Karışım (Asfalt) İskelet Malzemesi Agregalar

Yol üstyapısının çeşitli tabakalarında kullanılan ve oran olarak önemli bir paya sahip olan agregalar, yol kaplamasının deformasyonlara karşı göstereceği dirençten sorumludur. Agregalar betonda olduğu gibi bitüm bağlayıcılı karışımlarda da ağırlıkça en büyük bileşendir. Bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça **%90-95**'i, beton (rijit) kaplamaların ağırlıkça **%70-80**'i agrega tarafından sağlanır. Yol üstyapısında yüksek miktarda gereksinim duyulduğu için agrega önemli bir yol malzemesidir.

Bitümlü karışımlarda, doğal agregalar (kırma kum, taş tozu, kum, çakıl, kırma taş) ve yapay agregalar (yüksek fırın cürufu, klinker, çimento vb.) kullanılmaktadır. Bitümlü karışımlarda; taş tozu, mermer tozu, sönmüş kireç, portland çimentosu, yüksek fırın cürufu, uçucu kül ve benzeri maddeler mineral filler olarak kullanılmaktadır. Yol kaplamalarında kullanılacak en uygun agrega, kayaların konkasörlerde kırılmasıyla elde edilen kırma taş agregalardır. Agregalarda; en büyük tane boyutu, gradasyon, temizlik, tane şekli, pürüzlülük, gözeneklilik, sağlamlık ve soyulmaya karşı dayanıklılık özellikleri aranmaktadır. Bitümlü kaplamalarda kullanılacak agregaların, her kaplama tipi için şartnamelerde verilen fiziksel özellikleri sağlaması gerekir. Karayolları Teknik Şartnamesi'nde (KTŞ) aranan tüm koşulları sağlayan her agrega, kara yolu üstyapısında kullanılabilir.

Bitümlü kaplamalarda kullanılacak agregaların fiziksel özelliklerini belirlemek için elek analizi, Los Angeles (Los Encılıs) aşınma oranı, hava tesirlerine karşı dona dayanıklılık, yassılık indeksi, cilalanma, vialit yöntemiyle yapışma, soyulma mukavemeti, özgül ağırlık ve su emme (absorpsiyon) deneyi yapılmaktadır.

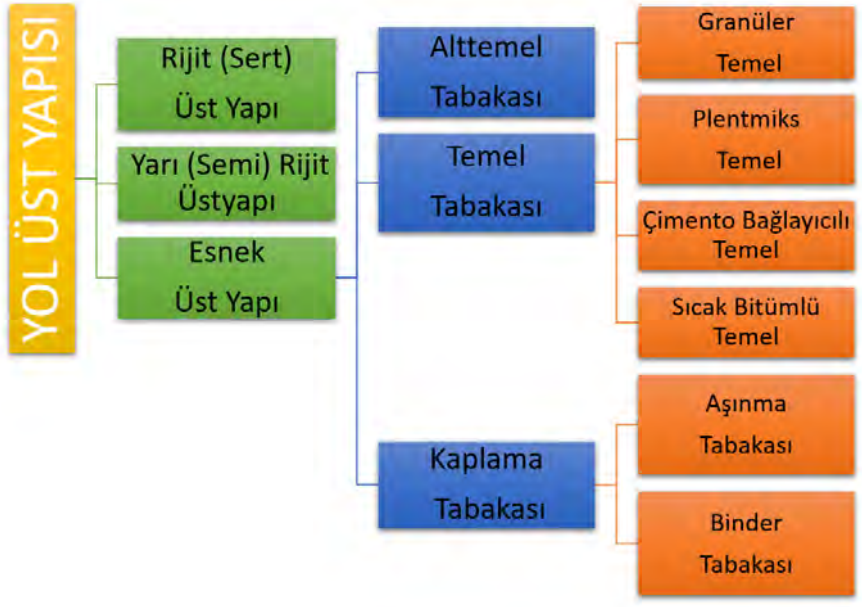
5.2. BİTÜMLÜ KAPLAMALAR VE SINIFLARININ TESPİTİ

Her çeşit kara taşıtı, yaya ve hayvanların yürürlükteki kurallara göre kullanmaları için oluşturulmuş ve kamunun yararlanmasına açık olarak yapılandırılmış olan arazi şeridine **kara yolu** denir. Kara yolları, altyapı ve üstyapıdan oluşur.

Drenaj yapıları, köprü, menfez, tünel, köprüyol (viyadük), istinat ve iksa duvarları, tahkimat gibi sanat yapıları ve şevler de altyapı kapsamında değerlendirilmektedir.

5.2.1. Yol Üstyapısı

Kara yolu üzerindeki trafik yüklerinin doğurduğu olumsuz etkileri karşılamak ve emniyetli bir şekilde altyapıya aktarmak için altyapının üzerine genellikle alt temel, temel ve kaplama tabakası olarak inşa edilmektedir. Yol üstyapısını rijit (beton, parke taşı), yarı rijit ve esnek üstyapılar olarak üç gruba ayırmak mümkündür. Yol üstyapısının tabakalara göre sınıflandırılması Görsel 5.5'te verilmiştir.



Görsel 5.5: Yol üstyapısının tabakalara göre sınıflandırılması

5.2.1.1. Rijit (Sert) Üstyapı

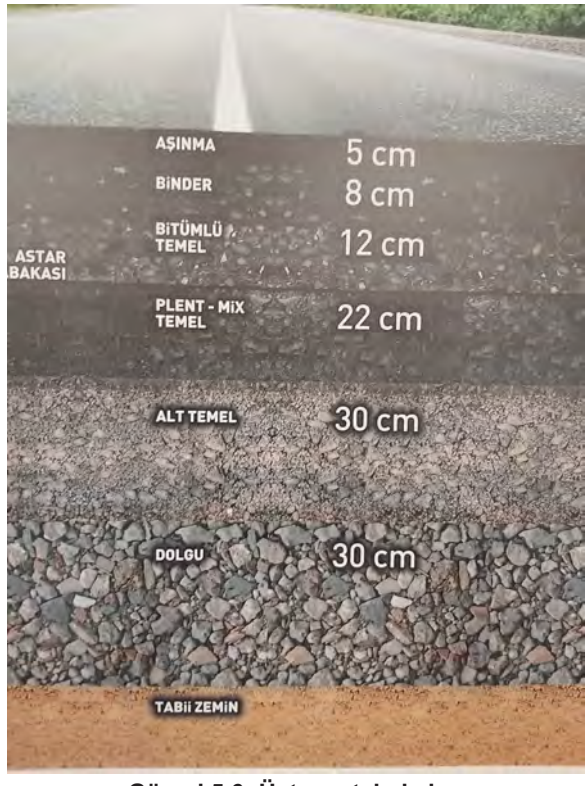
Yüksek eğilme mukavemetine sahip ve portland çimentosundan yapılmış tek tabakalı bir plak vasıtasıyla yükleri dağıtan bir üstyapı tipidir. Beton plak bağlayıcısız veya çimento bağlayıcılı bir alt temel veya zayıf beton üzerine yerleştirilebildiği gibi doğrudan taban zemini üzerine de inşa edilebilmektedir. Beton plak, boyuna sürekli donatılı veya kesikli donatılı olarak inşa edilebilmektedir.

5.2.1.2. Yarı (Semi) Rijit Üstyapı

Çimento bağlayıcılı alt temel ya da temel üzerine bitümlü sıcak karışım tabakalarının teşkil edildiği üstyapı tipidir. Diğer bir ifadeyle rijit, üstyapı üzerine uygulanan esnek tabakadan oluşur. Esnek tabaka; sessiz, sorunsuz ve güvenli bir sürüş yüzeyi sağlarken rijit, katmanda sert ve güçlü bir temel sağlar. Bu kaplamalar, trafik hacminin yoğun olduğu, ağır taşıt yükleri altında bulunan ve minimum bakım ile maksimum ömür hedeflenen yollarda yaygın şekilde kullanılmaktadır.

5.2.1.3. Esnek Üstyapı

Tesviye yüzeyi ile sıkı bir temas sağlayan ve yükleri taban zeminine dağıtan bir üstyapı şeklidir. Bağlayıcısız alt temel veya temel malzemeleri üzerinde trafiğe bağlı olarak bitümlü sıcak karışımla teşkil edilmiş kaplama tabakalarıyla (aşınma ve binder tabakası) veya bitümlü sathi kaplamayla oluşturulmaktadır (Görsel 5.6). Üst tabakalarda, kaplama tabakasının kalınlığı arttıkça yolun trafik yüklerine karşı direnci de artar; temel tabakasına iletilen basınç ve kayma gerilmeleri azalır.



Görsel 5.6: Üstyapı tabakaları

Alt Temel Tabakası: Trafik yüklerinin taban zeminine aktarılmasında temel tabakasına yardımcı olan su ve don etkilerine karşı üstyapının korunmasına yardımcı olan tabakadır. Alt temelin asıl görevi, bitümlü tabakaların inşası için çalışma platformu oluşturmaktır.

Temel Tabakası ve Bitümlü Tabaka: Temel tabakasının esas görevi; taşıtların geçişlerinden kaynaklanan gerilmeleri alt temele taşıma gücü sınırları içerisinde yaymak ve belirli bir esneklik sağlayarak kaplamanın kırılmasını önlemektir. Yoldaki ağır taşıt trafiğine ve yoğun trafik hacmine bağlı olarak sıcak bitümlü temel tabakası yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıcak bitümlü temel dışındaki temel tabakaları çakıl, kırılmış çakıl, kırma taş, kum, cüruf vb. malzemelerle hazırlanmaktadır.

Kaplama Tabakası (Aşınma-Binder): Kaplama tabakasının görevleri; trafiğin aşındırma etkisine karşı koymak, trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerini azaltmak, yüzey sularının temel tabakasına geçmesini engellemek, iklim koşullarının ayrıştırıcı etkisine karşı koymak, kaymaya karşı yüzey pürüzlülüğü oluşturarak konforlu ve güvenli bir sürüş sağlayarak yolu kalıcı deformasyonlara karşı korumaktır.

Kaplama tabakası, aşınma ve binderden (bağlayıcı) oluşan iki tabaka hâlinde, sathi kaplama ya da karışım tipi (asfalt betonu) kaplamalardan oluşturulmaktadır. Aşınma ve binder tabakaları esnek kaplamanın üst kısmında olmaları nedeniyle gerilmelere, deformasyonlara ve çevresel etkilere daha fazla maruz kalmaktadır. Bu nedenle temel ve alt temel tabakalarına göre daha stabil ve dayanıklı olmalıdır.

- **Aşınma Tabakası:** Üstyapının en üst tabakası olan aşınma tabakası; şartnameye göre genellikle **5 cm** kalınlığında asfalt betonu olarak uygulanmaktadır.
- **Binder (Bağlayıcı) Tabakası:** Bitümlü temel veya granüler temel üzerine uygulanan binder tabakası, trafiğe bağlı olarak genellikle **6-8 cm** kalınlıklarda asfalt betonu ile oluşturulmaktadır.

5.2.2. Bitümlü (Asfalt) Kaplama Tabakasının Sınıflandırılması

Bitümlü kaplamalar; trafik yükü, üretim yöntemleri ve kullanım amacına göre sınıflandırılabilir.

5.2.2.1. Trafik Yüküne Göre Bitümlü Kaplamalar



Sathi (Yüzeysel) Kaplama: Bitüm emülsiyonları yola asfalt dağıtıcı (distribütörü) ile püskürtüldükten hemen sonra üzerine mıcır serilmekte ve sıkıştırılmaktadır (Görsel 5.7). Sathi kaplama tek ya da birkaç tabaka olarak da gerçekleştirilebilir. Uygulaması kolay ve ilk yatırım maliyeti düşüktür. Ancak iklimsel faktörlerden çok fazla etkilendiği için bakım ve onarım maliyetleri yüksek olmaktadır. Köy yolları gibi çok düşük trafikli yollarda kullanılır.

Görsel 5.7: Sathi kaplama

Karışım Tipi (Bitümlü Karışım) Kaplamalar: Karışım tipi kaplamalar, orta ve ağır trafikli yollar ile otoyollarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sathi kaplamalara göre çok daha pahalıdır. Bu nedenle, karışım tipi kaplamaların fiziksel özelliklerinin iyi bilinmesi ve dikkatli bir şekilde hazırlanması gerekir. Kaplama tabakası olarak kullanılacak asfalt betonu kaplama kalınlığı üstyapı projelendirmesi ile bulunur.

Karışım tipi kaplamalar; **soğuk asfalt** (bitümlü harç tipi kaplama, hazır asfalt), **ılık asfalt** (köpük asfalt) ve **sıcak asfalt** (asfalt betonu, taşmastik asfalt**,** mastik asfalt, polimer modifiye asfalt, renkli asfalt, poroz asfalt, sessiz asfalt) olmak üzere üç grupta toplanabilir.

5.2.2.2. Üretim Çeşidine Göre Bitümlü Kaplamalar

Bitümlü Soğuk Karışım Kaplamalar: Bitümlü soğuk karışımlar; ısıtılmamış kırma taş agrega, bitüm emülsiyonu ve karışımın işlenebilirliğini sağlayan katkı maddesinden oluşmaktadır. Düşük trafikli yollarda kaplama olarak, asfalt kaplamalı yollarda ise pürüzlülüğü, sızdırmazlığı ve yüzey düzgünlüğünü sağlamak amacıyla karışımı plentte veya yolda hazırlanarak uygulanan karışımlardır. Son yıllarda soğuk karışım olarak kullanılabilen onarım amaçlı asfaltlar, işlenebilirlik süresini artırıcı katkı malzemesi ilave edilerek sıcak olarak plentte üretilmektedir. Eklenen bu katkı maddesi, karışımın soğumasına rağmen işlenebilirliğini uzun süre korumasını sağlamaktadır. Soğuk asfaltlara, hazır asfalt örnek gösterebilir.

Bitümlü Ilık Karışım Kaplamalar: Bitümlü ılık karışımlar, enerji tasarrufu sağlamak ve emisyonları azaltmak için bitümlü sıcak karışım sıcaklığını en az 20-30 °C düşürecek şekilde uygun metotla hazırlanan bitümlü bir karışımdır. 100 °C üzerindeki sıcaklıkta uygulanan ılık karışım asfalt tekniklerinde; düşük sıcaklıkta, agreganın tamamen kaplanmasını ve karışımın sıkıştırılabilirliğini sağlamak için bağlayıcının viskozitesini düşüren parafin gibi organik ve suyu uzaklaştıran zeolit gibi kimyasal katkılar ile köpüklendirme teknikleri kullanılmaktadır. Ilık karışım asfalta, köpük (foam) asfalt örnek gösterilebilir.

Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) Kaplamalar: Bitümlü sıcak karışım asfalt üretiminde; 145-160 ºC sıcaklıkta kurutulmuş ve ısıtılmış agregayla yaklaşık aynı sıcaklığa kadar ısıtılarak akışkan hâle getirilmiş bitüm, karışım dizayn (tasarım) oranlarına uygun olarak plentte karıştırılmaktadır. Bitümlü sıcak karışımlar; aşınma, binder ve bitümlü temel tabakalarında kullanılır. Karışımın kullanılacağı tabakaya ve özelliğine bağlı olarak karışımdaki bitüm ağırlıkça **%3-%7**

oranında değişmektedir. Bitüm, ısıtıldığında yumuşayarak akışkan hâle gelir ve bitümlü sıcak karışım üretimi esnasında agreganın kaplanmasını; soğuduğunda ise sertleşerek parçacıkları bir arada tutmasını sağlar.

Karayolu Teknik Şartnamesi'ne göre sıcak karışım, kullanılan bitüm sınıfına bağlı olarak karıştırılır ve üretilir. Üretim sıcaklığı, kullanılan bitümün penetrasyon sınıfına göre değişmektedir (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Penatrasyon Sınıfına Göre Bitüm Üretim Sıcaklıkları

Penetrasyon Sınıfı	Bitüm Sıcaklığı (°C)
B160/200	110-120
B100/150	120-130
B70/100	130-140
B50/70	140-150
B40/50	150-160

Karayolları Teknik Şartnamesi'nde sathi kaplama ve bitümlü sıcak karışım tipine göre bitüm sınıflarının kullanıldığı bölgeler Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3: Kaplama Tipi ve Bölgelere Göre Bitüm Sınıfı Seçimi

Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) için	Sathi Kaplama için	Bitümün Kullanılacağı Yerler
B 40/60 B 50/70	**B 70/100**	Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü kesimler ve Güney Doğu Anadolu'nun güney kesimleri
B 50/70	**B 100/150**	Karadeniz, Marmara, İç Anadolu, İç Batı Anadolu, Güney Doğu Anadolu'nun kuzey kesimleri, Doğu Anadolu'nun batı kesimleri
B 70/100	**B 100/150**	Yukarıda belirtilen bölgelerin çok soğuk kesimleri ile Doğu Anadolu'nun soğuk ve yüksek kesimleri

Bitümlü Sıcak Karışım Üretim Tesisi (Asfalt Plenti): Asfalt plenti; agregaları karıştırıp ısıtarak, kuruttuktan sonra bitümlü bağlayıcı ile karıştırarak, sıcak asfalt betonu elde etmek için bir araya getirilmiş bir dizi elektronik ve mekanik parçalardan oluşan bir üretim tesisidir. Plentler, bitüm bağlayıcılı karışım (asfalt) üretim tesisleri olarak adlandırılmaktadır.

Asfalt plentleri, çalışma prensiplerine göre Batch (betç-harman) tip ve Drum miks (dıram miks-kazan tipi) plentler olmak üzere iki tiptir. Her iki tip plent de sabit ve mobil olarak üretilebilmektedir. Plentlere 8. Öğrenme Birimi'nde detaylı olarak değinilecektir.

5.2.2.3. Kullanım Amacına Göre Bitümlü Kaplamalar

Bitümlü Sıcak Karışım (Asfalt Betonu): Dünyada ve ülkemizde en yaygın kullanılan BSK tipidir. Sürekli yoğun bir gradasyona sahip ve boşluk oranı düşük olan bu karışımlarda bitüm oranları düşüktür. Aşınma ve binder tabakalarında kullanılır. İri boyutlu yoğun gradasyonlu karışımlar ise bitümlü temel tabakasında kullanılmaktadır.

Taş Mastik Asfalt (TMA): Yolun en üst tabakası olan aşınma tabakasında oluşan boşlukların ince harç ile kapatılmasına **taş mastik asfalt (TMA) uygulaması** denir. Taş mastik asfalt; mineral filler, bitüm ve özel bir malzeme olan bitümü tutan elyaf karışımından oluşan malzemedir. Hem stabilite hem de performans açısından daha üstün özelliklere sahip taş mastik asfalt tabakaları; yüksek trafik hacmine sahip yollarda, yükleme-boşaltma ve depolama yapılan sahalarda (liman, havaalanı apronları gibi) sıklıkla kullanılmaktadır (Görsel 5.8).



Görsel 5.8: Taş mastik asfalt

Polimer Modifiye Asfalt: Yol üstyapımında kullanılan bitüm bağlayıcılı karışımın performansını artırmak ve karışımı farklı iklim koşullarında dayanıklı hâle getirmek için asfalt çimentosunun özellikleri polimer adı verilen kimyasal katkılarla artırılmaktadır. Bu iyileşmenin sağlanmasında elastomer veya plastomer tipi polimer kullanılmaktadır. Kara yolları ve otoyollarda trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgeler ile iklim değişikliğinin sert olduğu bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Görsel 5.9: Poroz (geçirimli) asfalt

Poroz (Geçirimli) Asfalt: Bitüm bağlayıcı ve kaba agrega oranı yüksek; ince agrega ve filler oranı az olan, açık gradasyona sahip malzemelerden oluşan bir kaplama türüdür (Görsel 5.9). Üretiminde ve uygulamasında yüksek miktardaki bağlayıcının agrega yüzeyinden akmaması için ilave katkılar kullanılmaktadır.

Poroz asfaltlar, yüksek boşluk oranına sahip oldukları için yüzeye gelen suyun drenajı iyi bir şekilde sağlanır. Normal asfaltlarda %3-%5 olan boşluk oranının poroz asfaltta %20-%25 boşluk içermesi bazı avantajlar sağlamaktadır. Yollarda ve geniş yüzey alanı bulunan parklarda, otoparklarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Renkli Asfalt: Özel pigmentler ve renkli agregalar kullanılarak üretilen asfalttır (Görsel 5.10). Spor alanları, otoparklar, yaya geçitleri, otobüs durakları, bisiklet ve yürüyüş yollarında renkli asfalt uygulaması gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda özel yollara dikkat çekmek ve diğer yollardan ayırmak için güvenlik amacıyla uygulanmaktadır.



Görsel 5.10: Renkli asfalt



Görsel 5.11: Mastik asfalt

Mastik Asfalt: Kesikli gradasyonlu, düşük orandaki iri agreganın zengin bir harç (bitüm+ince agrega+filler) içinde dağılmış hâlde bulunduğu boşluksuz karışım tipidir (Görsel 5.11). Bu tür karışımların bitüm oranı yüksek, boşluk oranı düşüktür. Tekerlek izi oluşumunun önlenmesi için sert bitümler kullanılır ve oluşturulan kum, filler ve bitüm harcı ile istenen mukavemet sağlanır. Kaba agregalar bu harcın içinde iskelet teşkil etmeyecek şekilde dağılmıştır.

Sessiz Asfalt: Yol yüzeyi ile tekerlekler arasında oluşan sürtünmeden meydana gelen gürültünün azaltılması amacıyla reçine esaslı katkı maddeleri ile özel gradasyonlu sıcak bitüm bağlayıcılı karışımlar geliştirilmiştir. Her türlü yol kaplaması üzerine uygulanabilen sessiz asfalt; okul, hastane, huzurevi gibi sessizliğin önemli olduğu mekânların civarında tercih edilmektedir.

Hazır Asfalt: Yol yüzeylerindeki çukurların ve bozulmaların tamirinde, ısıtmaya ve sıkıştırmaya gerek kalmadan pratik olarak kullanılabilen katkılı bir soğuk asfalt çeşididir (Görsel 5.12).



Görsel 5.12: Hazır asfalt

Bitümlü Harç Tipi Kaplama: Belirli gradasyona (Tip 1: 4-5 mm, Tip 2: 6-7 mm veya Tip 3: 8-9,5 mm) sahip ince agrega, gerektiğinde mineral filler, bitüm (asfalt) emülsiyonu ve su ile tasarlanan bir karışımdır. Asfalt kaplama yüzeylerinin koruyucu ve düzeltici bakım işlemlerinde kullanılmak amacıyla yapılmaktadır. Sıcak asfalt ve diğer kaplama uygulamalarına göre hazırlaması ve uygulaması oldukça düşük maliyetli olup ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır. Bitümlü harç tipi kaplama, sıcak dökülebilir ve sıkıştırma gerektirmez. Bu tür karışımların yüzey pürüzlülüğü, önceden bitümle kaplanmış mıcırın yüzeyin üzerine serilip sıkıştırılmasıyla sağlanır.

Köpük Asfalt: Köpük hâline getirilmiş bitüm ile agrega karışımıdır. Köpük asfalt yönteminde, bitüm sıcak hâlde iken içerisine hava ve yaklaşık %2 soğuk su enjekte edilerek hızlı bir şekilde su buharlaşmaktadır. Bu şekilde, bitüm parçacıklarının köpük hâline getirilmesi sağlanarak bitümün hacmi 15-20 kat arttırılmaktadır. Böylece, az miktarda bitüm ile daha fazla malzemenin kaplanması sağlanmaktadır. Köpük, bitüm ve agreganın dayanım özelliğini artırarak rutubet hassasiyetini azaltır. Köpük asfalt, soğuk asfalta alternatif bir ılık asfalt türüdür. Esnek ve yorulmaya karşı dirençli olup az bitüm gerektirdiğinden daha ekonomiktir. Agreganın ısıtılması ve kurutulması gerekmediğinden büyük bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.

5.3. BİTÜM EMÜLSİYONLARININ İNCELENMESİ

Bitüm emülsiyonları **(TS EN 13808)**, bitüm taneciklerinin emülgatör yardımı ile su içerisinde dağılması ile oluşan bitümlü bağlayıcılardır. Bitüm emülsiyonun %50-70'lik kısmını bitüm, geriye kalan kısmını su ve emülgatörler oluşturur. Katkı maddesi olan emülgatör, emülsiyonun yükünü (anyonik ve katyonik) belirler ve kesilme hızını kontrol eder.

5.3.1. Bitüm Emülsiyonlarının Kullanım Yerleri

İşin özelliğine göre katyonik veya modifiye bitüm emülsiyonları; yol kaplamalarının astar ve yapıştırma tabakasında, sathi kaplamalarda ve soğuk karışımlarda kullanılmaktadır.

Bitüm emülsiyonları, sathi kaplamalarda agrega yüzeyinde ince malzeme (kil vb.) olmamak koşuluyla en fazla %2 nemli agregayla veya astar malzemesi olarak kullanıldığında yüzey kuru ise hafifçe nemlendirilerek kullanılabilir. Bitüm emülsiyonuna, astar malzemesi olarak kullanıldığında emülsiyonun uygulanmasını ve püskürtülebilme özelliğini iyileştirmek için ağırlıkça %50'ye kadar su ilave edilebilir. Bitüm emülsiyonlarının astar ve yapıştırma tabakasındaki püskürtme sıcaklıkları, emülsiyon tipine göre 20-70 °C arasında değişmektedir. Çeşitli tip ve özelliklerde üretilen katyonik veya katyonik modifiye bitüm emülsiyonlarından biri, uygulama yeri ve kullanılacağı bölgenin iklim şartlarına göre seçilerek kullanılır. Kullanım yerlerine göre emülsiyon tipleri Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4: Bitüm Emülsiyonların Tiplerine Göre Kullanıldığı Yerler (KTŞ 2013)

Kullanıldığı Yerler	Bitüm Emülsiyon Tipi
Astar tabakasında	C50B9-4, C50B9-5, C55B9-4,C55B9-5, C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5
Yapıştırma tabakasında	C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5, C60BP2-3, C60BP2-4, C65BP2-3, C65BP2-4
Sathi kaplamalarda	C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5,
Koruyucu sathi kaplamalarda	C60BP2-3, C60BP4-3, C60BP2-4, C60BP4-4, C65BP2-3, C65BP4-3, C65BP2-4, C65BP4-4
Soğuk karışımlarda	C60B4-3, C60B4-4, C60B4-5, C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5
Harç tipi kaplamalarda	C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5 C60BP9-2, C60BP9-3, C65B9-3, C65B9-4, C65BP9-3

5.3.2. Emülgatör Cinsine (Elektrik Yüklerine) Göre Bitüm Emülsiyonları

Bitüm emülsiyonları, bitüm parçacıklarının etrafını saran elektrik yüklerine göre anyonik, katyonik ve nonyonik olarak ayrılmaktadır. Anyonik ve katyonik emülsiyonlar, geniş ölçüde yol inşaatı ve bakımında kullanılır. Nonyonik emülsiyonlar ise soğuk karışım üretiminde ya da astar olarak kullanılır. Kullanım amacına ve kullanılan agreganın cinsine göre anyonik ya da katyonik bitüm emülsiyon tipi seçilmelidir. Seçilen bu emülsiyonun agregayı çok iyi sarması gerekir. Anyonik ve katyonik emülsiyonlar; kesilme hızına bağlı olarak çabuk (hızlı) kesilen, orta hızda kesilen ve yavaş kesilen olarak üç gruba ayrılmaktadır. Emülsiyonlarda kesilme ve yapışmanın sağlanabilmesi için hava şartlarına (rüzgâr hızı, yağmur, rutubet gibi) bağlı olarak suyun ortamdan uzaklaştırılması gerekir.



Bitüm emülsiyonu yolun yüzeyine püskürtüldükten ya da agregayla karıştırıldıktan sonra bitüm parçacıklarının sıvı ortamdan ayrılarak agrega yüzeyine yapışması ve agrega yüzeyini kaplaması işlemine **kesilme** denir.

5.3.2.1. Anyonik Bitüm Emülsiyonları

Suda çözündüğü zaman negatif yüklü anyon veren, organik kimyasal maddelerle hazırlanan emülsiyonlardır. Anyonik emülsiyonlar negatif yüklüdür ve yüzeyleri pozitif yüklü agregalara daha iyi yapışır. Bu tür emülsiyonların yangın tehlikelerine karşı güvenlikli olma ve çevreyi daha az kirletme gibi avantajları olmasına rağmen her türlü agrega ile kullanılamama, yağışlara karşı yüksek hassasiyet gösterme ve oldukça uzun kesilme zamanı gibi dezavantajları vardır.

5.3.2.2. Katyonik (C) Bitüm Emülsiyonları

Bitüm emülsiyonlarında kullanılan emülgatörlerin bitümde çözünen kısmı pozitif yüklüyse üretilen emülsiyon katyonik bitüm emülsiyonudur. Katyonik bitüm emülsiyonu; sıvı veya yarı katı hâlde olup rengi siyah ve kokusuzdur. Bu emülsiyonlar, her tür agrega ile daha iyi yapışma sağlar. Hızlı kesilme özellikleri olduğundan rutubetli agregada ve yol yüzeyindeki nemden etkilenmeden yolun kısa zamanda trafiğe açılmasını sağlar. Sertleşmesi suyun buharlaşmasıyla olur. Katyonik emülsiyonlar, basit makinelerle soğuk olarak uygulandığından iş gücü kolaylığı sağlar. İçerdiği bitüm türü ve yüzdesi ile penetrasyon (kıvam) ve kesilme sınıfına göre çeşitli tiplerde üretilmektedir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5: Kesilme Hızlarına Göre Katyonik Bitüm Emülsiyon Tipleri ve İsimlendirilmesi

Çabuk Kesilen Bitüm Emülsiyonları	Orta Hızda Kesilen Bitüm Emülsiyonları	Yavaş Kesilen Bitüm Emülsiyonları
C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C60BP2-3, C60BP2-4, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5, C65BP2-3, C60BP4-4, C69B2-3, C69B2-5, C69BP2-3	C60B4-3, C60B4-4, C60B4-5 , C60BP4-2, C60BP4-3, C65B4-3, C65B4-4, C65B4-5, C65BP4-2, C65BP4-3, C69B4-3, C69B4-4, C69B4-5, C69BP4-2, C69BP4-3	C50B9-4, C50B9-5, C55B9-4, C55B9-5, C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5, C60BP9-2, C60BP9-3, C65B9-3, C65B9-4, C65BP9-3, C69B9-3, C69B9-4, C69BP9-3

Sayı ve Harflerin Açıklaması				
C	**65**	**B veya BP**	**2**	**4**
Katyonik	Bitüm Yüzdesi	Bitüm Türü	Kesilme Sınıfı	Penetrasyon Sınıfı
	50, 55, 60, 65, 69	B : Normal Bitüm PB : Polimer Modifiye Bitüm	2:Çabuk 4.Orta 9: Yavaş	2: Pen.< 50 3: Pen. 50-100 4: Pen.100-150



11.03.2016 tarih ve E.8512 sayılı Karayolları Genel Müdürlük OLUR'u ile bitüm emülsiyonları dışındaki reçine, polimer vb. içerikli su bazlı emülsiyon astar bağlayıcılar, KTŞ Kısım 420'de olacak şekilde yürürlüğe girmiştir.

5. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi doğal bir asfalt kaynağıdır?
   A) Bitüm
   B) Bitüm emülsiyonu
   C) Göl asfaltı
   D) Ilık asfalt
   E) Katran

2. Aşağıdakilerden hangisi bitümün (asfalt çimentosunun) özelliklerinden biri <u>değildir</u>?
   A) Asitlere karşı dayanıklıdır.
   B) Suda çözünür.
   C) Yapışkan ve su geçirimsizdir.
   D) Alkali ve tuzlara karşı dayanıklıdır.
   E) Ham petrolden elde edilen üründür.

3. Aşağıdakilerden hangisi taşıtlara uygun bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak için bitümlü karışım, beton veya parke taşlarından yapılmış yolun üst tabakasıdır?
   A) Alt temel
   B) Bağlayıcı
   C) Bitümlü temel
   D) Kaplama
   E) Üst temel

4. Sathi (yüzeysel) kaplamalar ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi <u>yanlıştır</u>?
   A) Bakım ve onarım maliyetleri yüksektir.
   B) Düşük trafikli yollarda uygulanır.
   C) İklimsel faktörlerden çok fazla etkilenir.
   D) Uygulaması zor ve ilk yatırım maliyeti yüksektir.
   E) Yük taşıma özellikleri yoktur.

5. Enerji tasarrufu sağlamak ve emisyonları azaltmak için karışım sıcaklığını en az 20-30 °C düşürecek şekilde uygun metotla hazırlanan bitümlü karışım aşağıdakilerden hangisidir?
   A) Sıcak karışım asfalt
   B) Bitümlü soğuk karışım
   C) Ilık karışım asfalt
   D) Sathi kaplama
   E) Taş mastik asfalt

6. Kaba agrega oranı %70-80, ince agrega oranı %20-30 ve %6-7 gibi yüksek oranda bitüm ile oluşturulan yüksek kaliteli bitümlü karışım aşağıdakilerden hangisidir?
   A) Asfalt betonu
   B) Köpük asfalt
   C) Mastik asfalt
   D) Poroz asfalt
   E) Taş mastik asfalt

7. Aşağıdakilerden hangisi bitüme bir veya birden fazla organik polimer karıştırılmasıyla elde edilen bitümlü karışımdır?
   A) Hazır asfalt
   B) Polimer modifiye asfalt
   C) Modifiye bitüm
   D) Renkli asfalt
   E) Taş mastik asfalt

8. Aşağıdakilerden hangisi bitüm emülsiyonların kullanım yerlerinden biridir?
   A) Astar tabakası
   B) Aşınma tabakası
   C) Alt temel
   D) Temel
   E) Üst temel

9. Bitüm emülsiyonun elektrik yükünü belirleyen katkı maddesi aşağıdakilerden hangisidir?
   A) Elestomer
   B) Emülgatör
   C) Katyon
   D) Plastomer
   E) Polimer

10. Aşağıdakilerden hangisi anyonik ve katyonik bitüm emülsiyonun özelliklerinden biri <u>değildir?</u>
   A) Anyonik bitüm emülsiyonları, negatif yüzeyli agregalara daha iyi yapışır.
   B) Hızlı kesilen, orta hızda kesilen ve yavaş kesilen şeklinde sınıflandırılır.
   C) Katyonik emülsiyonlar, basit makinelerle soğuk olarak uygulanır.
   D) Zıt yüklü yüzeylere sahip agregalarla kullanıldıklarında yapışma özellikleri artar.
   E) Yangın tehlikelerine karşı güvenliklidir.







6. ÖĞRENME BİRİMİ

ASFALT FİZİKSEL ÖZELLİK DENEYLERİ

KONULAR

6.1. ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ
6.2. PENETRASYON DENEYİ
6.3. YÜZME DENEYİ
6.4. YUMUŞAMA DENEYİ
6.5. VİSKOZİTE, DÜKTİLİTE DENEYİ
6.6. DESTİLASYON DENEYİ
6.7. SU VE ÇÖZÜMLENME DENEYİ
6.8. ISI KAYBI, ALEVLENME NOKTASI DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Çözünürlük
- Düktilite
- Isıtma kaybı
- Parlama noktası
- Penetrasyon
- Vizkozite
- Yumuşama noktası

GİRİŞ

Bitüm ve bitüm emülsiyon deneyleri ile bağlayıcıların teknik şartnamelere uygunluğunun kontrolü yapılmaktadır. Saptanan bu özelliklerin yol kaplamasının durumuna ve dayanıklılığına etkisi büyüktür. Şartnamelerde, bitüm veya bitümlü bağlayıcının cinsine göre çeşitli deneylerden bahsedilmektedir. Bitümlü bağlayıcılar, modifiye bitüm ve bitüm emülsiyonlara uygulanan bazı deneylerin standart numaraları ve uygulama alanları Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılara Uygulanan Bazı Fiziksel Özellik Deneyleri

DENEY ADI	STANDART ADI	UYGULAMA ALANI		
Özgül Ağırlık Tayini Deneyleri				
Hidrometre Yöntemi	TS 1013 EN ISO 3675, ASTM D 1298	-	-	BE
Piknometre Yöntemi	TS EN 15326+A1, ASTM D 70	-	MB	-
Penetrasyon Deneyi	TS EN 1426, ASTM D 5	B	MB	-
Yüzme (Yüzdürme) Deneyi	ASTM D 139	-	-	KB
Yumuşama Noktası Tayini Deneyi	TS EN 1427, ASTM D 36	B	MB	-
Kinematik Viskozite Deneyi	TS EN 12595, ASTM D 445	-	-	BE
Kuvvet Ölçümlü Düktilite / Düktilite Deneyi	TS EN 13589, ASTM D 113	-	MB	-
Bitüm Emülsiyonlarından Damıtma (Destilasyon) ile Ayrılan Kalıntı Bağlayıcı ve Damıtık Petrol Ürünü İçeriğinin Tayini Deneyi	TS EN 1431, ASTM D 86	-	-	BE
Bitüm Emülsiyonlarda Su Muhtevası Tayini (Damıtma yöntemi) Deneyi	TS EN 1428, ASTM D 95		-	BE
Çözünürlük Tayini	TS EN 12592, ASTM D 1106	B	-	KB
İnce Film Hâlinde Isıtma Kaybı Deneyi (TFOT)	TS EN 12607-2, ASTM D 1754	B	MB	-
Cleveland (Kılivlınd) Açık Kap Yöntemi ile Parlama ve Yanma Noktası Tayini Deneyi	TS EN ISO 2592, ASTM D 92	B	MB	KB

B: Bitümlere uygulanan deneyler **MB:** Modifiye bitümlere uygulanan deneyler
BE: Bitüm emülsiyonlarına uygulanan deneyler **KB:** Katbek bitümlere uygulanan deneyler

6.1. ÖZGÜL AĞIRLIK VE YOĞUNLUK TAYİNİ

Bitümlü malzemelerin özgül ağırlık ve yoğunluklarını belirlemek için hidrometre ve piknometre yöntemleri kullanılmaktadır. Hidrometre yöntemiyle çok akıcı kıvamda olan sıvı petrol asfaltların özgül ağırlık değerleri, cam bir hidrometre kullanılarak belirlenmektedir. Yüksek viskoziteye sahip sıvı ve yarı katı bitümlü bağlayıcılar ile bitüm emülsiyonların özgül ağırlık değerleri ise piknometre yöntemiyle belirlenmektedir.

Yoğunluk (ρ): Bir maddenin birim hacim başına düşen kütlesidir. Birimi kg/m^{3}tür. Yoğunluk belirlemede kullanılan standart sıcaklık 25±0,2 °C'dir.

Özgül Ağırlık (*d*): Bitümlü bağlayıcının yoğunluğunun (ρ), aynı koşullardaki 25±0,2 ºC'deki bir deney sıvısı yoğunluğuna (ρ_T) oranıdır ($d_{25/25} = \rho/\rho_T$).

6.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Hidrometre: Şeffaf cam malzemeden yapılmış ve yoğunluk birimlerine göre taksimatlandırılmış olmalıdır. İç çapı, kullanılan hidrometrenin dış çapından en az 25 mm daha büyük ve yüksekliği, hidrometre deney numunesinde yüzerken hidrometrenin tabanı ile silindirin tabanı arasında en az 25 mm mesafe kalacak şekilde olmalıdır.

Damıtılmış veya Deiyonize Su: Taze kaynatılmış ve soğutulmuş damıtılmış (distile) veya deiyonize su; su banyosunu, piknometreyi ve beheri doldurmak için kullanılır.

25 ºC'de özgül ağırlıkları 1'den daha az olan katbek ve flux bitümler test edilirken 25 ºC'de yoğunluğu 782,7±0,1 kg/m^3 olan izopropanol (izopropil alkol/propan-2-ol) kullanılır.

Su Banyosu: Deney sıcaklığını 25±0,2 °C'de muhafaza edebilen özellikte ve piknometre boyunu geçen derinlikte olmalıdır.

Piknometre: Konik ya da silindirik bir kaptan oluşan, üst kısmı düz olan, alt kısmı da hava kabarcıklarını çıkarmak için 5±1 mm yüksekliğinde konkav bir tıpa ile kapatılan, cam bir piknometre kullanılır (Görsel 6.1). Kapasitesi 25±2 mL ve ağırlığı en fazla 40 g olmalıdır. Ayrıca 50 mL kapasiteli, geniş ağızlı piknometre tipi de kullanılabilir.



Görsel 6.1: Piknometre

Termometre : ±0,1 ºC hassasiyette ölçüm yapabilmelidir.
Etüv: Bitümlü bağlayıcıları eritmek için kullanılır.
Beher: 600 mL ve üzeri kapasiteli beherler kullanılabilir.
Terazi: Deney için gerekli hassasiyete sahip laboratuvar terazisi kullanılır.

6.1.2. Numune Alımı ve Hazırlanması

Deneye tabi tutulacak bitümlü bağlayıcı laboratuvar numuneleri, **TS EN 58**'e göre alınır. Bir numune alma vanası ya da musluğu ile boşaltma borusundan ve bitümün yaklaşık üçte birini oluşturacak kısmın boşaltılması esnasında, bitüm numunesi alınabilir. Tanklardan numune alırken tankın üstten yaklaşık olarak üçte birine veya ortasına kadar daldırılacak bir numune alma düzeneği kullanılmalıdır. Bu metotta, bitümün yüzeyindeki tabakalaşmış kısmın alınmamasına dikkat edilmelidir. Numune almadan önce bitüm karıştırılmalıdır. Mümkünse karıştırıcılı tanklardan numune alınmalıdır. Deney numunesi **TS EN 12598**'e göre hazırlanır.

1 Litreye Kadar Olan Numunelerin Alınması

- Modifiye bitümler; etüvde numune kabının kapağı gevşetilerek tahmini yumuşama noktasını (100 °C) aşmayacak şekilde, maksimum 120 dakika bekletilir. Sıcaklık 200 °C'yi aşmamalıdır.

- Numune kabı etüvden çıkarıldıktan sonra hava kabarcığı oluşturmayacak şekilde uygun bir karıştırıcı yardımıyla karıştırılır. Gerekli görüldüğünde numune içinde oluşabilecek hava kabarcıklarından kurtulmak için numune 5 dakikadan fazla olmamak şartıyla etüvde bekletilir.
- Sıvılaştırılmış ve homojen hâle getirilmiş numune, test kalıbına boşaltılır. Tüm prosedür (erime, homojenleştirme ve kalıba dökme) 135 dakika içinde tamamlanmalıdır.

1 Litreden Fazla Olan Numunelerin Alınması

- Eğer alt bir numune ayrımı gerekliyse ayrılacak olan alt numunenin, bütün numuneyi temsil ettiğinden emin olunmalıdır. Gerekliyse numune kabından yeterli miktarda malzeme (Min. 100 g) uygun bir araçla (ısıtılmış fakat kor hâline gelmemiş) erime kabına alınır.
- Erime kabı uygun bir ısıtıcıya (±5 ˚C doğrulukta uygun aralıklarda doğrulanmış havalandırmalı etüv, termometreli su ceketi etüvü veya termometreli yağ banyosu) yerleştirilir ve numune tahmini yumuşama noktasını (100 °C) aşmayacak şekilde maksimum sıcaklıkta uygun bir karıştırıcıyla karıştırılarak eritilir. Her durumda sıcaklık 200 °C'yi aşmamalıdır. Daha sonraki aşamalarda gerekli olan düşük sıcaklık, soğutma yöntemiyle sağlanmalıdır. Numunenin bütünü aşağıdaki gibi eritilecektir.

  1 L'den 2 L'ye kadar maksimum 3 saat
  2 L'den 3 L'ye kadar maksimum 3,5 saat
  3 L'den 5 L'ye kadar maksimum 4 saat
  5 L'den fazla numuneler için ertesi güne kadar

Erimiş numune, içinde hava kabarcığı oluşturmayacak ve yer yer yüksek ısınmalara neden olmayacak şekilde dikkatlice karıştırılmalıdır. Bir kullanım önerisinin bulunmadığı durumlarda modifiye bitüm hava kabarcıkları oluşmayacak şekilde 10 dakikaya kadar homojenize edilmelidir. Gerekli görülürse erime kabı alüminyum folyo veya uygun bir kapakla kapatılmalıdır.

Homojen hâle getirme ve boşaltma işlemleri maksimum 15 dakika içinde tamamlanmalıdır.



5 L'den fazla numuneler için erime sıcaklığı yumuşama noktası, 50 ˚C üzerinde olmalıdır. Ertesi güne kadar süren eritme işlemleri düşük sıcaklıklarda gerçekleştirileceği için sıcaklık, numune almaya başlanmadan yaklaşık 2 saat önce artırılmalıdır.

6.1.3. Hidrometre Yöntemi ile Özgül Ağırlık Tayini (TS 1013 EN ISO 3675)

Normal şartlarda sıvı hâldeki ham petrol, sıvı petrol ürünleri, petrol ve petrol dışı ürün karışımlarının 15 °C'deki yoğunluklarının bir cam hidrometre kullanılarak tayinini kapsar.

Hidrometreler, doğru bir okuma için belirli bir sıcaklıkta kalibre edilir. Kalibrasyon sıcaklığı dışındaki diğer sıcaklıklarda okunan değerler, sadece hidrometre okuma değeri olup bu sıcaklıklardaki yoğunluk değerlerini ifade etmez.

a) Deneyin Yapılışı

- Deney sıcaklığındaki numune sıçratılmadan, hava kabarcığı oluşturmayacak ve kaynama noktası düşük uçucu maddelerin buharlaşması en aza indirgenecek şekilde, temiz ve uygun sıcaklıktaki hidrometre silindirine aktarılır.
- Numunenin yüzeyinde toplanan hava kabarcıkları, bir parça temiz süzgeç kâğıdıyla alınır.
- Deney numunesi ihtiva eden silindir, hava akımı olmayan ve deneyin gereken süresi bitene kadar ortam sıcaklığı değişiminin en fazla 2 °C olduğu bir yere, düşey durumda yerleştirilir.

- Deney süresince deneyin yapıldığı yerdeki ortam sıcaklığı, deney sıcaklığıyla ±2 °C'den fazla farklılık gösteriyorsa bir sabit sıcaklık banyosu kullanılmalıdır.
- Deney numunesi, kullanılan termometreyle silindirin her tarafında aynı sıcaklığı ve yoğunluğu sağlamak için düşey ve dairesel olarak karıştırılır. Sıcaklık 0,1 °C yaklaşımla kaydedilir. Termometre ve varsa karıştırma çubuğu hidrometre silindirinden çıkarılır. Uygun hidrometre, numune içine daldırılır ve dengeye geldiğinde serbest bırakılır. Gövdenin serbest hâlde yüzerken numune seviyesinin üstünde kalan kısmının ıslanmamasına dikkat edilmelidir.
- Sıvının viskozitesi nedeniyle hidrometrenin batışı çok yavaş ise gerektiği kadar beklenerek istikrarlı (kararlı) bir noktaya kadar batması sağlanır ve bu nokta hidrometre yukarı çekilerek tekrar batmaya bırakılmak sureti ile kontrol edilir.
- İstikrarlı noktaya karşılık gelen taksimat okunmadan hidrometre hiçbir zaman içeri itilmemelidir. Ancak bu okunuştan sonra hidrometrenin üç, dört küçük taksimat kadar içeri itilip derhâl kendiliğinden yükselip yükselmediği gözlenir.
- Eğer hidrometre yükselmiyorsa maddenin yüksek viskoziteli oluşundan hidrometre yönteminin uygulanamayacağı anlaşılır. Bu durumda piknometre metodu kullanılmalıdır.
- Saydam ve düşük viskoziteli numunelerle yapılan tayinlerde, hidrometre denge durumundan yaklaşık iki taksimat uzunluğu kadar sıvı içine girecek şekilde bastırılır ve serbest bırakılır. Hidrometre gövdesinin sıvı üzerindeki geri kalan kısmında gereksiz sıvı olması, elde edilecek okumaları etkileyeceğinden gövde kuru tutulmalıdır.
- Hidrometrenin silindir çeperine dokunmadan serbestçe yüzebilmesi için serbest bırakılırken hidrometreye hafif bir dönme hareketi verilmelidir. Hidrometrenin hareketsiz hâle gelmesi ve oluşabilecek herhangi bir hava kabarcığının yüzeye çıkması için yeterli bir süre beklenir.
- Hidrometreden değer okumadan önce bütün hava kabarcıkları uzaklaştırılmalıdır. Hidrometre, silindir çeperlerine dokunmadan yüzerken hareketsiz hâle geldiğinde hidrometrenin gösterdiği değer, skala aralığının beşte biri yaklaşımla okunur.

Saydam (şeffaf) sıvılar için sıvının esas yüzeyinin skalayı kestiği noktadan, opak (şeffaf olmayan) sıvılar için ise hidrometre skalasının sıvı yüzeyinin hemen üstündeki seviyeden bakılarak hidrometre değeri okunur ve kaydedilir.



Uçucu bileşen kaybını en aza indirmek için mümkün olduğu durumlarda numune, bulunduğu kapta ve kapalı bir sistem içinde karıştırılmalıdır. Açık kaplarda numuneyi karıştırmak, uçucu bileşenlerin kaybına yol açar ve bu da elde edilen yoğunluk değerini etkiler.

b) Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Raporun Hazırlanması

Okunan sıcaklıklar, gerekirse sıcaklık düzeltmeleri uygulanılarak 0,1 °C yaklaşımla kaydedilir.

Hidrometrede okunan değerlere gerekirse düzeltme uygulanır ve 0,1 kg/m^3 (0,0001 g/mL) yaklaşımla kaydedilir. Hidrometre yönteminde, hidrometre üzerinde okunan değer 15 °C'deki suyun özgül ağırlığının birim kabul edilmesine dayanır. Bu değer, suyun 25 °C'deki özgül ağırlığını birim kabul eden sisteme çevrilmesi için 1,002 ile çarpılmalıdır.

$$d_{25/25\,^{\circ}C} = (d_{25/15\,^{\circ}C}) \cdot 1{,}002$$

Burada, d özgül ağırlığı ifade etmektedir.

15 °C'ye göre düzeltilmiş sonuçlar 0,1 kg/m³ (0,0001 g/mL) yaklaşımla verilir.

Deney raporu; deneye tabi tutulan maddenin tipi ve tanıtılması, standarda atıf (**TS 1013 EN ISO 3675** gibi), deney sonuçları ve deney tarihi bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

6.1.4. Kapiler Piknometre ile Özgül Ağırlık Tayini (TS EN 15326+A1)

Kapiler kapaklı piknometre ile 25 ºC'deki hacmi bilinen bitümlü bağlayıcının ağırlığının aynı sıcaklık ve aynı hacimdeki damıtılmış su ağırlığına oranı ile özgül ağırlığının bulunmasına dayanır.

a) Deneyin Yapılışı

- Piknometre temizlenip kurutulduktan sonra kapağı ile hassas terazide boş olarak 0,1 mg hassasiyetle tartılır.
- Piknometre, 25 ºC sıcaklığındaki damıtılmış su ile doldurulur ve kapağı sıkıca kapatılır. Kabın dışına taşan sular kuru ve temiz bir bezle silinir ve bu şekilde tekrar tartılır.
- Piknometre, 50-60 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra ¾'ü (dörtte üçü) herhangi bir hava boşluğu bırakmadan ve kenarlara dökmeden 25 ºC sıcaklığa getirilen bitüm numunesi ile doldurulur (Görsel 6.2). Daha kıvamlı olan bitümlerde ise yaklaşık olarak piknometrenin yarısına kadar akıcı hâle getirilmiş bağlayıcı numune doldurulur. Kapak sıkıca kapatılır ve bitümlü malzemelerin kapaktaki kılcal delikten dışarıya taşan kısımları kuru ve temiz bir bezle silinerek temizlenir.



Katbek ya da flux bitüm olduğunda piknometre duvarında veya yüzeyinde hava kabarcığı görülürse piknometre, kapağı kapatılmadan 20±2 dakika boyunca yumuşama noktasının 80-90 °C üzerinde etüvde bekletilir.

- Dolu piknometre, 40 dakikadan fazla bir süreyle ortam sıcaklığında soğumaya bırakılır. Bu süre sonunda dolu piknometre kapağı ile 0,1 mg yaklaşımla tartılır ve kütlesi kaydedilir.
- 600 mL'lik beher, 40 mm'den fazla bir seviyeye kadar yeni kaynatılmış ve soğutulmuş saf su (distile veya deiyonize su) ile doldurulur.
- Beherin alt kısmından itibaren en az 100 mm'den fazla bir kısmı banyo içinde, üst kısmı bir miktar su seviyesi üzerinde kalacak şekilde su banyosu içine batırılır ve en az 30 dakika su banyosunda tutulur (Görsel 6.3).



Görsel 6.2: Bitüm numunesinin piknometreye dökülmesi



Görsel 6.3: Piknometrenin beher ile su banyosunda bekletilmesi

- Bitümle doldurulmuş piknometrenin kalan kısmının üzeri, buharlaşmanın olmaması için damıtılmış su ile doldurulur ve kapak önce gevşek bir şekilde kapatılır. Daha sonra 25±0,2 °C'de su banyosu içindeki behere konulur ve kapak sıkıca kapatılarak suyun taşması sağlanır. Katbek ve flux bitümlerde doldurma sıvısı olarak su yerine izopropanol kullanılır ve kapağın orta noktasına kadar doldurulur.

- Piknometre 30 dakikadan fazla bir süreyle su banyosunda beherde bekletilir.
- Daha sonra beherden çıkarılır, kuru bir bezle kapağın üst kısmı tek seferde kurulanır. Ardından piknometrenin dış yüzeyi kurulanır. Beherden çıkartılma esnasında küçük bir damla çıksa dahi kapağın üst kısmı tekrar kurulanmaz.
- Tartım sırasında piknometrenin dış yüzeyi nemlenirse tekrar kurulanır ve piknometre tartılır. Tartım işlemi sonunda piknometre boşaltılır, çözücüler kullanılarak temizlenir ve 110±5 °C'de etüvde kurutulur.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereç, uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

b) Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Raporun Hazırlanması

Bitümün özgül ağırlığı (d), üç ondalık basamağa kadar aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$d_{25/25} = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$$

Bitüm yoğunluğu (ρ), 1 kg/m³ yaklaşımla aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\rho = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)} x \rho_T$$

Burada;

A: Piknometre ve kapağın toplam kütlesi

B: Suyla (veya izopropanolle) doldurulmuş kütle (g)

C: Bitümle kısmen doldurulmuş kütle (g)

D: Piknometre, bitüm ve su ile doldurulmuş kütle (g)

$d_{25/25}$: Bitümün özgül ağırlığı (25 °C)

ρ_T: Suyun (veya izopropanol) yoğunluğu

Deney sıvısı olarak su kullanıldığı zamanlarda, yoğunluk (ρ_{su}) 25 °C'de 997,0 kg/m³ olarak alınır. Katbek ya da flux bitümlerin kullanıldığı durumlarda (izopropanol önerilir) yoğunluk (ρ_{izo}) 25 °C'de 782,7 kg/m³ olarak alınır.

Sonuç olarak en az iki değer belirlenmelidir. Deney sonucu bu iki değerin ortalaması alınarak belirlenir. Elde edilen iki özgül ağırlık değerinin arasındaki fark ±2 kg/m³'ten az olmalıdır.

Deney raporu; kullanılan standarda atıf, test edilen numunenin tipi ve tam bilgileri, deneyde kullanılan piknometre tipi, deney sıvısı ve banyo sıcaklığı, özgül ağırlık ve yoğunluk deneyinin sonucu, deneyin tarihi gibi bilgileri içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi sapma varsa belirtilmelidir.

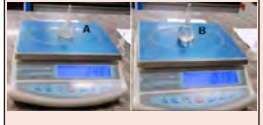
1. DENEY UYGULAMASI

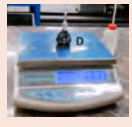
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21681

Modifiye bitüm deney numunesi ile **TS EN 15326+A1** standardına uygun olarak kapiler piknometre yöntemini kullanarak numunenin özgül ağırlık ve yoğunluk değerini tayin ediniz.

Deney Adı : Piknometre Yöntemi ile Özgül Ağırlık Tayini

Deney Süresi : 4 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*Uygulama Kontrolü
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. • Laboratuvar ortamında çalışırken arkadaşlarınızın dikkatinin dağılmaması için yüksek sesle konuşmayınız. • Kimyasal maddelerin tadına bakmayınız ve kimyasal maddeleri solumayınız. • Deney sırasında ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
 Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	• Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olmasına dikkat ediniz. • **TS EN 12594**'e göre bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. • Eritme kabına iki deney numunesine yetecek miktarda numune alınız. Modifiye bitüm numune kabının kapağını gevşeterek kabı tahmini yumuşama noktası olan 100 °C'yi aşmayacak şekilde en çok 120 dakika etüvde bekletiniz. • Numune kabını etüvden çıkardıktan sonra hava kabarcığı oluşturmayacak şekilde uygun bir karıştırıcıyla karıştırarak homojen hâle getiriniz.	
 Piknometrenin boş ve damıtık su dolu ağırlığının tartılması	• Boş, kuru ve temiz piknometreyi kapağını kapatarak 0,1 mg hassasiyetli terazide tartınız ve piknometrenin kütlesini kaydediniz (A). • 25 °C'deki damıtılmış suyu piknometreye doldurunuz ve piknometrenin kapağını sıkıca kapatınız. • Piknometrenin dışını, temiz ve kuru bir bezle silip piknometrenin kütlesini terazide tartarak kaydediniz (B).	
  Modifiye bitüm numunesinin piknometreye doldurulması ve tartılması	• Piknometreyi 50-60 °C'ye kadar ısıtınız. • 25 ºC sıcaklığa getirilen modifiye bitüm numunesini piknometrenin ¾'ü (dörtte üçü) dolacak şekilde herhangi bir hava boşluğu bırakmadan ve kenarlara dökmeden piknometreye doldurunuz. • Bitüm dolu piknometreyi en az 40 dakika ortam sıcaklığında soğuması için bekletiniz. • Süre sonunda bitüm dolu piknometreyi kapağıyla 0,1 mg yaklaşımla tartınız ve kütlesini kaydediniz (C).	

 Su banyosu için beherin hazırlanması	• 600 mL'lik beheri, yeni kaynatılmış ve soğutulmuş saf su ile 40 mm'den fazla bir seviyeye kadar doldurunuz. • Saf su ile doldurulmuş beheri en az 30 dakika 25±0,2 °C'deki su banyosunda bekletiniz.	
 Modifiye bitüm dolu piknometrenin su banyosunda bekletilmesi	• ¾'ü (dörtte üçü) bitümle doldurulmuş piknometrenin kalan kısmını damıtık su ile doldurunuz ve kapağını gevşek şekilde kapatınız. • Bitüm dolu piknometrenin kapağını sıkıca kapatıp beherin içerisine daldırınız ve beher içindeki suyun taşmasını sağlayınız. • Dolu piknometreyi en az 30 dakika beher içerisinde su banyosunda bekletiniz.	
 Modifiye bitüm ve damıtık su dolu piknometrenin tartılması	• Süre sonunda bitüm ve su dolu piknometreyi su banyosundan çıkarınız. • Piknometrenin üzerini kurulayınız ve 0,1 mg hassasiyetle tartarak kütlesini kaydediniz (D).	
Deney sonuçlarının hesaplanması ve sonuçların değerlendirilmesi	• Deney sonuçlarının hesaplanması ile ilgili formülleri kullanarak iki numunenin ayrı ayrı özgül ağırlık ve yoğunluk değerini hesaplayınız. • Sonuçların geçerliliği için en az iki değer belirleyiniz. Bu iki değerin ortalamasını alarak özgül ağırlık ve yoğunluğunu bulunuz. • Elde edilen iki değer arasındaki farkın ±2 kg/m3ten az olmasına dikkat ediniz.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Piknometrenin içini ve diğer araç gereci uygun çözücüler ve temizlik maddeleri ile iyice temizleyiniz. • Çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6.2. PENETRASYON (İĞNE BATMA DERİNLİĞİ) TAYİNİ (TS EN 1426, ASTM D5)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21682

Penetrasyon tayini, **TS EN 1426** standardına uygun olarak bitümlü malzemelerin belirli koşullardaki kıvamlılığının veya akıcılığının tayini yöntemini kapsamaktadır. Penetrasyon değeri arttıkça bitümün yumuşaklığı da artmaktadır.

Penetrasyon değeri, 330 x 0,1 mm'ye kadar olan batma derinlikleri için bu metot uygulanır. Penetrasyon değeri 330 x 0,1 mm ile 500 x 0,1 mm arasında olan batma derinlikleri için ise farklı yöntemler kullanılmaktadır.

6.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Penetrasyon Cihazı (Penetrometre): Ölçülebilir bir sürtünme olmadan bir iğne tutucuyu düşey olarak hareket ettirerek iğne batma derinliğinin 0,1 mm yaklaşımla belirlenmesini sağlayan otomatik veya yarı otomatik (manuel) ölçüm yapan bir alettir (Görsel 6.4). İğne tutucu 47,50±0,05 gram ağırlığında ve kolayca ayrılabilir özellikte olmalıdır. Numune kabının üzerine konulduğu dayanak düz ve yatay konumda olmalıdır. Desteğin altına 50 g ağırlık sabitlenir.

Penetrasyon İğnesi: TS EN 10088-3 ile uyumlu, sertleştirilmiş, tavlanmış ve cilalanmış paslanmaz çelikten bir iğne kullanılır (Görsel 6.4a). İğnenin silindirik gövdesinin yarıçapı ise 1,00 mm ile 1,02 mm arasında olmalıdır. 330 x 0,1 mm'ye kadar olan penetrasyonlar için iğnenin boyu yaklaşık 50 mm'dir. Penetrasyon değeri 330 x 0,1 mm ve 500 x 0,1 mm arasındaki ağırlık ve boyutlar için verilen şartlara uyan iğneler kullanılır.

Deney Numunesi Kabı (Görsel 6.4b): Deney numunesi kabının ölçüleri Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.2: Penetrasyon Değerine Göre Numune Kabı Ölçüleri

Penetrasyon (0,1 mm)	İç Derinlik (mm)	İç Yarıçap (mm)	Kap Hacmi (mL)
Penetrasyon<160	35	55	80
160≤Penetrasyon<330	45	70	170
330≤Penetrasyon≤500	60	70	230



Görsel 6.4: Penetrasyon cihazı (penetrometre) ve deney seti

Su Banyosu: Deney numunesinin sıcaklığını 25±0,15 ºC toleransla muhafaza edebilmeli, en az 10 L kapasiteli olmalıdır.

Transfer (Aktarma) Kabı: İçerisine numune kabı konur.Numune kabının üzerinin tamamen su ile kaplanmasını sağlayacak derinlikte olmalıdır (Görsel 6.4c).

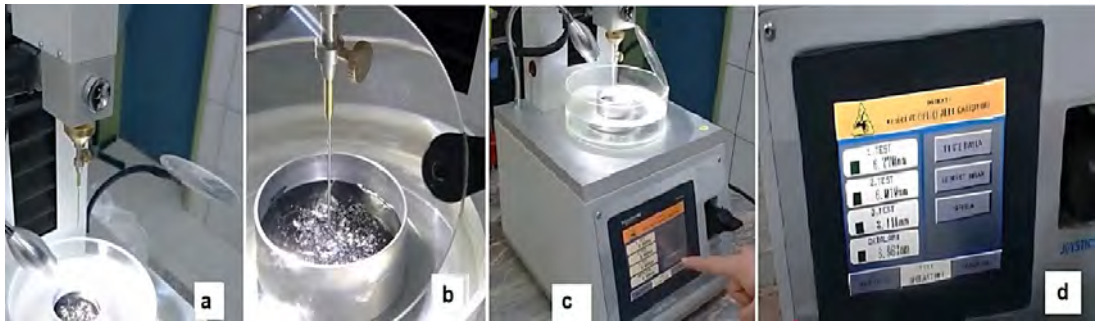
Kronometre: 0,1 saniye hassasiyete sahip (süreölçer) olmalıdır.

Termometreler: Cıvalı termometre ve diğer sıcaklık ölçme cihazları kullanılabilir. Kullanılacak termometre en az 0-30 ºC arasında ölçülendirilmiş, 0,1 ºC hassasiyetli ve okunabilirliğe sahip olmalıdır.

Etüv: Numunelerdeki hava kabarcığının çıkarılması ve numunenin ısıtılmasında kullanılır.

6.2.2. Deneyin Yapılışı

- Temiz ve homojen kıvamdaki bitüm veya modifiye bitüm deney numunesinden en az 100 g alınır ve numune uygun bir kaba aktarılır.
- Numune 100 °C'ye kadar ısıtılır (Bu sıcaklık, polimer modifiye bitiümler için 180 ºC ile 200 ºC olmalıdır.).
- Daha sonra deney numunesi, numune derinliği iğnenin tahmin edilen batma derinliğinden en az 10 mm fazla olacak şekilde penetrasyon kabına doldurulur.
- Numune kaba doldurulduktan hemen sonra numunedeki mevcut kabarcıkları uzaklaştırmak ve numuneyi tozlara karşı korumak için deney numunesi kabı, gevşek bir şekilde uygun büyüklükteki beherle kapatılır.
- Numuneler, 15 ºC ile 30 ºC arasındaki ortam sıcaklığında soğumaya bırakılır. Deney numunelerinin soğutma süreleri, hacmi 180 mL'yi geçmeyen numunelerde kabın derinliği 45 mm'den az olanlar için 60-90 dakika; kabın derinliği 45 mm-60 mm arasında olanlar için 90-120 dakika olmalıdır.
- Numune kapları, soğutma süreleri sonunda aktarma kabıyla alınarak penetrasyon cihazının tablası üzerine yerleştirilir (Görsel 6.5a).
- Daha sonra deney iğnesi yavaşça aşağı doğru indirilerek batmayacak şekilde numunenin yüzeyine sıfır konuma getirilir (Görsel 6.5b). Penetrasyon iğnesi, benzin veya toluen (metil benzen) ile temizlendikten sonra temiz bir bezle kurutulup tutucu yuvasına yerleştirilir. İğnenin serbestçe hareket edebilmesi için iğne tutucu ile yatağın, temiz ve kuru olmasına dikkat edilir. Tutarsız sonuçlar elde edilmesi durumunda, iğneler kurutma işleminden önce %1'lik oleik asit çözeltisi eklenmiş toluen içerisinde 5 dakika bekletilerek ön işleme tabi tutulur.
- İğne tutucu serbest bırakılarak iğnenin numune içine batması sağlanır. 5 saniye sonunda iğnenin bitüme batma ilk okuma değeri, kayıt altına alınır (Görsel 6.5c).



Görsel 6.5: Penetrasyon deneyinin yapılışı

- Kabın kenarına ve birbirine 10 mm'den daha yakın olmayan noktalardan en az üç okuma yapılır. Her bir ölçüm için farklı ve temiz iğneler kullanılmalıdır (Görsel 6.5d).
- 25 ºC deney sıcaklığı, 100 gram toplam uygulanan yük ve 5 saniye yükleme süresi koşullarında gerçekleştirilen deneyler için sonuçların aralığı Tablo 6.3'teki değerleri aşmıyorsa üç ölçüm de geçerli sayılır.

Tablo 6.3: Uygun Koşullarda Gerçekleştirilen Deneyler İçin Sonuçların Aralığı

Penetrasyon Değeri (mm)	49'a kadar	50-149 arası	150-249 arası	250 ve üzeri
Ölçümler Arasındaki En Büyük Fark	2	4	6	8

- Penetrasyon değeri 100'den daha büyük numunelere yapılan deneylerde her ölçüm için kullanılan iğne, numune üzerinde saplı olarak bırakılmalı; üç ölçüm tamamlandıktan sonra iğneler çıkarılıp temizlenmelidir. Üç ölçüm 2 dk. içinde tamamlanmalıdır, aksi hâlde numune tekrar su banyosuna yerleştirilir ve ölçümler tekrarlanır.
- Deney tamamlandıktan sonra penetrasyon iğneleri uygun bir çözücü ile (benzin gibi) temizlenir. İğneleri temizlemek için deterjan ya da silikon yağı kullanılmamalıdır.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereç uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

6.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Denemelerin geçerli olabilmesi için penetrasyon değerleri arasında olabilecek en büyük fark değerinin aşılması durumunda, ikinci bir numune ile deney tekrarlanır. Yapılan deneylerden sonuç elde edilememesi durumunda sonuçlar dikkate alınmayıp iptal edilir. Deneye tekrar baştan numunelendirme aşamasından başlanır. Fark tekrar aşılmaktaysa tüm ölçümler iptal edilir ve aynı deney numunesi üzerinde üç geçerli ölçüm elde edilinceye kadar deney tekrar edilir. Bu yöntemde elde edilen kabul edilebilir üç ölçümün aritmetik ortalaması 0,1 mm'ye yuvarlatılarak penetrasyon değeri olarak rapor edilir.

Deney raporu; deneyi yapılan numunenin türü ve özellikleri, kullanılan standarda atıf, cihaz adı (manuel ya da otomatik), deney koşulları, deney sonucu, deney tarihi gibi bilgileri içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

2. DENEY UYGULAMASI

Bitüm deney numunesi alarak TS EN 1426 standardına uygun olarak numunenin iğne batma derinliği değerini tayin ediniz.

Deney Adı : Penetrasyon (İğne Batma Derinliği) Tayini Deneyi

Deney Süresi : 4 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	

Deney numunesinin alınması ve numunenin deneye hazırlanması	• Bitüm laboratuvar numunesinden en az 100 g deney numunesi alınız ve numuneyi uygun bir kaba aktarınız. • Deney numunesini **TS EN 12594** standardına uygun olarak hazırlayınız. • Numune kabının kapağını gevşeterek beklenen yumuşama noktasını (100 °C) aşmayacak şekilde etüvde ısıtınız ve numuneyi homojen hâle getiriniz.	
 Numunenin penetrasyon kabına doldurulması ve soğutulması	• Deney numunesini, tahmini iğne batma derinliğinden en az 10 mm fazla olacak şekilde penetrasyon kabına doldurunuz. Numuneyi kaba doldurduktan hemen sonra tozlanmaya karşı numunenin üzerini kapatınız. • Deney numunelerini; 15-30 ^{0}C ortam sıcaklığında, penetrasyon kabının büyüklüğüne uygun zaman diliminde soğumaya bırakınız. • Deney kaplarını aktarma kaplarına koyunuz ve soğutma süreleri kadar su banyosunda bekletiniz.	
 Numune kaplarının penetrasyon cihazına yerleştirilmesi ve ilk okumanın yapılması	• Penetrasyon iğnesini, benzin veya toluen ile temizleyiniz ve temiz bir bezle kurulayıp tutucu yuvasına yerleştiriniz. • Numune kaplarını, aktarma kabıyla alınız ve penetrasyon cihazının tablası üzerine yerleştiriniz. • Deney iğnesini yavaşça aşağı indiriniz ve batmayacak şekilde numune yüzeyine sıfır konuma getiriniz. • İğne tutucuyu serbest bırakınız ve iğnenin batmasını sağlayınız. 5 saniye sonunda iğnenin bitüme batma değerini okuyunuz ve ilk okuma olarak kaydediniz.	
Diğer okumaların yapılması	• Kabın kenarına ve birbirine 10 mm'den daha yakın olmayan noktalardan en az üç okuma yapınız. • Her bir ölçüm sonunda iğneyi benzin veya toluen ile temizleyerek kullanmayı unutmayınız.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney araç gerecini uygun çözücüler ve temizlik maddeleri ile iyice temizleyiniz. • Çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz bırakınız.	

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Penetrasyon değerleri arasındaki en büyük fark değerinin aşılması durumunda ikinci bir numune ile deneyi tekrarlayınız. • Yapılan deneylerden sonuç elde edilememesi durumunda sonuçları dikkate almayıp deneyi iptal ediniz. • Deneye tekrar baştan numunelendirme aşamasından başlayarak aynı deney numunesi üzerinde üç geçerli ölçüm elde edinceye kadar deneyi tekrar ediniz. • Elde edilen kabul edilebilir üç ölçümün aritmetik ortalamasını 0,1 mm'ye yuvarlayarak penetrasyon değeri olarak rapor ediniz. • Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.3. YÜZME (BİTÜM YÜZDÜRME) DENEYİ (ASTM D139)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21683

Bitüm kıvamının, penetrasyon veya viskozite deneyi ile belirlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda "Şamandıra Testi" kullanılır. Bitümün yüzdürme deneyi, bitüm numunesinin sıcaklık değişimlerinde ve akışa karşı direnci hakkında bilgi verir.

Yol kaplamasında kullanılan bitümlü bağlayıcı, üzerine uygulanan deformasyonlara dayanabilmelidir. Bitümün kıvamı; bitümün sıcaklık değişimine duyarlılığını, akışa karşı direncini ve deformasyonlara direnme yeteneğini etkiler. Bu nedenle, bitüm hakkında bilgi edinebilmek için bitümün kullanılmadan önce kıvamının belirlenmesi önemlidir.

Yüzme deneyinde, manşonun içine ısıtılmış sıvı bitüm numunesi doldurulur ve manşon belirli sıcaklıktaki su banyosuna konur. Daha sonra suyun manşondaki bitümü iterek içeri girme süresi, (bitümün suda yüzme süresi) bu deneyin şamandıra değerini verir.

6.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Şamandıra (**Yüzer**)**:** Ağırlığı 37,9±0,2 g, normal ölçüleri; yüzdürme yüksekliği 35,0±1,0 mm, açılış çapı 11,1±0,1 mm ve 1,4 mm kalınlığında alüminyum malzemeden yapılmış parçadır (Görsel 6.6).

Manşon (Yaka): Ağırlığı 9,8±0,2 g, normal ölçüleri; toplam yaka yüksekliği 22,5±0,2 mm, yaka alt iç çapı 12,82±0,10 mm ve yaka üst iç çapı 9,70±0,05 mm olan pirinç malzemeden yapılmış parçadır (Görsel 6.6). Deneyde iki adet manşon kullanılır.



Görsel 6.6: Bitüm yüzdürme aparatları

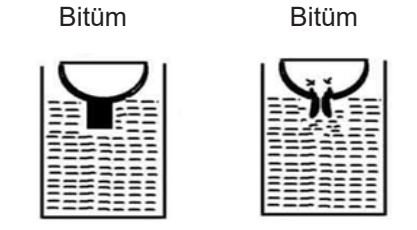
Termometre: -2 °C ile 80 °C arasında ölçülendirilmiş olup süneklik aparatındaki suyun sıcaklığını ölçmek için kullanılır.

Ayrıca deneyde su banyosu, bıçak veya spatula, etüv, metal plaka ve kronometre, bitümlü malzeme (ısıtılmış bitüm veya katran ürünleri), gliserin ve dekstrin kullanılır.

6.3.2. Deneyin Yapılışı

- Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olmasına dikkat edilmelidir.
- **TS EN 12594**'e göre bitüm ve bitümlü bağlayıcı deney numunesi hazırlanır. Deney numunesinde su olmamalıdır.
- Bitüm numunesi, bir kaba alınarak mümkün olan en düşük sıcaklıkta ısıtılır. Bitüm, tamamen dökülmeye yetecek kadar eritilerek sıvı hâle getirilir.
- Homojen bir numune elde etmek için bitüm numunesi iyice karıştırılarak hava kabarcıkları çıkarılır.
- İyice karıştırılarak eşit oranlarda gliserin ve dekstrin karışımı hazırlanır.
- Metal plaka yüzeyi, hazırlanan karışımla kaplanır ve iki manşonun küçük çaplı kısmı metal plaka üzerine yerleştirilir.
- Homojen bitüm numunesi, manşonun üst kısmından taşana kadar dökülür.
- Bitüm ve bitüm ürünleriyle hazırlanan numuneler, yaklaşık 15 dakika oda sıcaklığında soğumaya bırakılır. Katran ürünleriyle hazırlanan numuneler ise hızlıca 5 dakika su banyosunun suyuna daldırılır ve 5 °C sıcaklıkta muhafaza edilir.
- Numune sudan çıkarılır ve biraz ısıtılmış çelik bıçak veya spatula yardımıyla manşonun üstünden kesilerek tıraşlanır.
- Manşon ve taban plakası numuneyle tekrar 5 °C'de en az 15 dakika su banyosuna yerleştirilir. Sürenin 30 dakikayı geçmemesine dikkat edilmelidir.
- Numunenin test edilmesi için su banyosu 50±5 °C sıcaklığa kadar ısıtılır.
- Su banyosu karıştırılmadan test boyunca 50±5 °C sıcaklık korunmalıdır.
- Termometrenin ampulü; su seviyesinin üst kısmının altına, 40±2 mm derinliğe kadar suya daldırılır ve sıcaklık kontrol edilir.
- Banyo suyu en az 15 dakika, en fazla 30 dakika ısıtılmalıdır.
- Hazırlanan deney numunesi ile manşon, taban plakasından çıkarılır.
- Numune manşonla birlikte alınır; manşonun dişli kısmı alüminyum şamandıraya yerleştirilir ve sıkıştırılarak sabitlenir.
- Daha sonra hazırlanan düzenek 5 °C'deki suya 1 dakika daldırılır.
- Süre sonunda düzenek sudan çıkarılır ve varsa şamandıranın içindeki su çıkarılır.

- Düzenek, manşonun şamandıraya sıkıca tutturulduğundan emin olarak yaklaşık 50 °C sıcaklıkta önceden hazırlanmış ılık su banyosuna getirilir. Test sırasında manşon ile şamandıra arasında su sızıntısı olmamalıdır.
- Kronometre hazırlanır ve düzenek sıcak su banyosuna girer girmez zamanlayıcı başlatılır (Görsel 6.7.a).
- Bir kronometre yardımıyla suyun numuneden geçtiği (Görsel 6.7.b) andaki süre, her iki numune için saniye cinsinden şamandıra değeri olarak not edilir.



Görsel 6.7: Şamandıra testi

6.3.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Raporun Hazırlanması

İki deneyden elde edilen şamandıra değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanır. Elde edilen sonuç, en yakın tam sayıya yuvarlanarak verilen bitüm numunesinin şamandıra değeri belirlenir. Şamandıra değeri ne kadar yüksekse bitüm numunesi o kadar serttir.

Deney raporu; deney tarihi, deneye tabi tutulacak numunenin tipi ve tam olarak tanımlanması, kullanılan standarda atıf ve deney sonucu bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

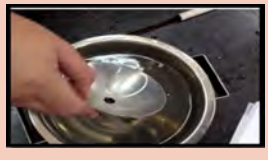
3. DENEY UYGULAMASI

Verilen bitüm numunesinin, bitüm şamandıra testini yaparak standartlarda verilen penetrasyon şartlarını karşılayıp karşılamadığını belirleyiniz.

Deney Adı : Bitümün Yüzdürme (Yüzme) Deneyi

Deney Süresi : 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	• Bitüm numunesini, bir kaba alarak mümkün olan en düşük sıcaklıkta, tamamen dökülmeye yetecek kadar eriterek sıvı hâle getiriniz. • Bitüm numunesini, homojen hâle getirmek için iyice karıştırarak hava kabarcıklarını çıkarınız.	

 Gliserin ve dekstrin karışımının hazırlanması ve metal plaka yüzeyine sürülmesi	• Gliserin ve dekstrini eşit oranlarda karıştırınız. • Hazırladığınız bu karışımı bitümün yapışmasını önlemek için pirinç plaka yüzeyine sürünüz. • Daha sonra her iki manşonun, çapı küçük ucunu plaka ile temas hâlinde olacak şekilde plaka üzerine yerleştiriniz.	
 Deney numunesinin manşona doldurulması	• Homojenliği sağlamak için eritilmiş bitümü manşona dökmeden önce iyice karıştırmayı unutmayınız. • Eritilmiş bitüm veya bitümlü bağlayıcı numunesini hava kalmayacak şekilde tamamen dolana kadar manşona dikkatlice dökünüz. • Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar için her iki manşondaki numuneyi oda sıcaklığında 15 dakika soğutmaya özen gösteriniz.	
 Deney tertibatının 5 °C sıcaklıktaki su banyosunda bekletilmesi	• Tüm tertibatı, 5 dakika boyunca 5 °C'deki buzlu suya sahip su banyosuna yerleştiriniz. • Manşonun üst kısmında düz bir yüzey elde etmek için bıçak veya spatulayı hafif ısıtarak fazla bitümü kesiniz. • Tüm tertibatı en az 15 dakika ve 30 dakikadan fazla olmamak üzere 5 °C'deki su banyosuna yerleştiriniz. • Sabit bir sıcaklık sağlamak için termometrenin ampulünü, su banyosunun içine 40±2 mm derinliğe daldıracak şekilde yerleştirmeye özen gösteriniz.	
 Numuneyle manşonun şamandıraya monte edilmesi	• Numune ile manşonu taban plakasından ayırınız. • Daha sonra manşonu aralarında su sızıntısı olmayacak şekilde alüminyum şamandıraya vidalayarak takınız.	
 Şamandıra ve manşon tertibatının 5 °C'deki suda bekletilmesi	• Şamandıra ve manşon tertibatını 1 dakika boyunca 5 °C'deki buzlu suya daldırınız. • Tertibatı sudan çıkarınız ve varsa şamandırada biriken suyu boşaltınız.	

 Tertibattaki bitüm numunesinin test edilmesi	• Şamandıra ile manşon arasına su sızmasını sağlamak için tertibatı 50 °C'lik ılık bir su banyosuna koyunuz. • Tertibat suya girer girmez kronometreyi başlatınız.	
 Şamandıra değerinin ölçülmesi	• Her iki numune için suyun bitüm tıkacından çıktığı süreyi saniye cinsinden not ediniz.	
Deney sonuçlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi	• İki deneyden elde ettiğiniz şamandıra değerlerinin aritmetik ortalamasını hesaplayınız. • Elde edilen sonucu en yakın tam sayıya yuvarlayarak verilen bitüm numunesinin şamandıra değerini belirleyiniz. Şamandıra değeri ne kadar yüksekse bitüm numunesinin o kadar sert olduğunu unutmayınız. Bitümün şamandıra değerinin, standartlarda verilen penetrasyon şartlarını karşılayıp karşılamadığını araştırınız.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deneyde kullanılan araç gereci uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. • Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamını temizleyiniz.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6.4. BİTÜM YUMUŞAMA NOKTASI TAYİNİ (TS EN 1427, ASTM D36)

Bitüm yumuşama noktası tayini deneyi; TS EN 1427'ye. uygun olarak 28 ºC ile 150 ºC sıcaklık aralığında bitüm ve bitümlü bağlayıcıların standart bir yük altında halka (yüzük)-bilye yöntemiyle katıdan işlenebilir bir akışkanlığa geçtiği (yumuşama noktası) sıcaklığın tespiti için yapılmaktadır. Yumuşama noktası değeri, bitümün kaplama yapımında kullanılmadan önce ısıtılması gereken sıcaklığı verir. İklimsel sıcaklık yumuşama noktasını aşarsa, bağlayıcı olarak kullanılan bitüm erimeye başlar ve kaplama yapışkan hâle gelir.

Bu deneyde, standart iki pirinç halka kalıp içerisine bitüm numunesi dökülür. Bir sıvı banyosu (su veya gliserin) içerisinde, kalıpların üstüne 25±0,4 mm'lik bir mesafede 3,5 g ağırlığında çelik bilye yerleştirilir. Sistemin standart bir oranda ısıtılmasıyla çelik bilyelerin düşerek deney

plakası tabanına değdiği andaki termometrede okunan değer, yumuşama noktası sıcaklığı olarak belirlenir. Birimi °C'dir.

6.4.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Banyo Sıvısı: Deney numunesi yüzeyindeki hava kabarcıklarını önlemek için damıtık veya yeni kaynatılmış deiyonize su kullanılmalıdır. Gliserol, %99 (m/m) saflıkta ve yoğunluğu 20 ºC'de 1250±10 kg/m^3 olmalıdır. **TS EN ISO 3696** standardına uygun sınıf 3 laboratuvar suyu ve belirlenen analitik saflıktaki reaktifler kullanılır.

Yapışmayı Önleyici Madde: Gliserol ile dekstrin veya mineral talk karışımından yapılmış bir madde (vazelin gibi) kullanılır. Bitümlü bağlayıcının plakalara yapışmasını önlemek için metal yüzeye sürülür.

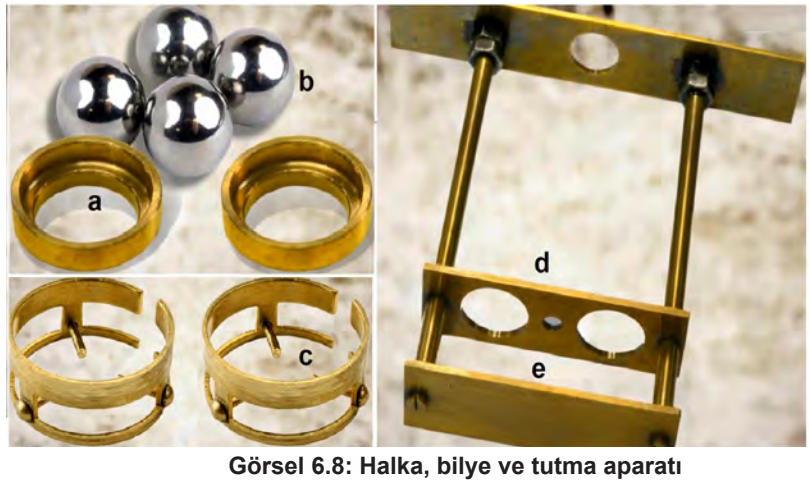
Döküm Hazırlama Plakası: Düz, pürüzsüz, metal, 50 mm x 75 mm ebatlarında ve 1,5 mm-2 mm kalınlıkta, kenarları aşağıya çevrili, metal plakadır.

Halkalar: Numune doldurmak için uygun boyutlarda iki adet pirinç halka kullanılır (Görsel 6.8a).

Bilyeler: İki adet, 9,50±0,05 mm çapında ve ağırlığı 3,50±0,05 g olan paslanmaz çelik top kullanılır (Görsel 6.8b).

Bilye Merkezleme Kılavuzları: iki adet olup bilyeleri halka üzerinde yatay konumda tutmak için kullanılır (Görsel 6.8c).

Halka Tutucu ve Alt Plaka: Paslanmaz çelik ya da pirinçten imal edilmiş, iki halkayı yatay konumda tutacak bir tutucu kullanılır (Görsel 6.8d). Halka tutucusundaki halkaların tabanında, alt plakanın üst yüzeyden mesafesi 25±0,4 mm olmalıdır (Görsel 6.8e). Halkaların üst kısmı ise banyo sıvısının yüzeyinden 50±3 mm aşağıda olmalıdır.



Görsel 6.8: Halka, bilye ve tutma aparatı

Beher: En az 85 mm çapında ve en az 120 mm derinliğinde ısıtılabilir cam beher (600 veya 800 mL) kullanılır.

Termometreler: -2 ºC ile +80 ºC arasında, 0,2 ºC taksimatlı ve +30 ºC ile +200 ºC arasında 0,5 ºC taksimatlı olmalıdır.

Su Banyosu: Yumuşama noktası 80 °C ve daha düşük olan bitümlü bağlayıcılarda başlangıçta banyo suyu sıcaklığı 5±1 ºC; yumuşama noktası 80 °C'den yüksek olan bitümlü bağlayıcılarda ise başlangıçtaki banyo suyu sıcaklığı 30±1ºC olmalıdır.

Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı: Kap içinde homojen bir sıcaklık dağılımı sağlamak için dönme hızı yaklaşık 100 r/dk. olmalıdır (Görsel 6.9). Bu cihazı kullanmak yerine yarı otomatik veya otomatik cihazlar kullanılabilir (Görsel 6.10).



Görsel 6.9: Isıtıcılı manyetik karıştırıcı



Görsel 6.10: Otomatik yumuşama noktası cihazı

6.4.2. Deneyin Yapılışı

- Laboratuvar numunesinden deneyin tekrarlanması durumu göz önünde bulundurularak dört halkaya yetecek miktarda deney numunesi bir kaba alınır.
- Alınan deney numunesi, beklenen yumuşama noktasının üzerinde 75-100 °C'ye kadar ısıtılır.
- Numune, tamamen sıvı hâle dönüşene kadar eritilir. Numunenin; tamamen erimesi, hava kabarcıkları ve sudan arındırılması için gerekirse bitüm karıştırılır.
- Bitümün metal veya cam döküm hazırlama plakasına yapışmaması için eşit oranlarda gliserin ve dekstrin ile homojen bir karışım hazırlanır.
- Hazırlanan bu karışım bitümün yapışmasını önlemek için metal veya cam plaka yüzeyine sürülür.
- Numune halkaları, erimiş bitüm ile aynı sıcaklığa yaklaşacak şekilde önceden ısıtılır ve ardından metal plaka üzerine yerleştirilir.
- Halkalar üst seviyenin üzerinde hafifçe dolana kadar hava kabarcığı kalmayacak şekilde erimiş bitüm, dikkatlice halkalara doldurulur.
- Doldurulmuş deney halkalarının ortam sıcaklığına kadar soğuması için halkalar en az 30 dakika bekletilir.
- Oda sıcaklığında yumuşak olan maddelerde ise deney numunesi, hava ortamında beklenen yumuşama noktasının en az 10 ºC'nin altında bir sıcaklıkta ve en az 30 dakika soğutulur.
- Deney numuneleri soğuduğunda halkadan taşan numune kısmı sıcak bir bıçak veya spatula ile kesilerek atılır. Her deney numunesi düz ve halkaların üst seviyesi ile aynı seviyeye getirilir.
- Deney numunelerinin halkalara aktarılmasından, deneyin tamamlanmasına kadar geçen süre 4 saatten fazla olmamalıdır.
- Deney cihazı; deney numunesi halkaları, bilye merkezleme kılavuzları ve termometrenin cıvalı ucu halkaların tabanıyla aynı hizada olacak ve halkalara ya da halka tutucuya dokunmayacak şekilde yerleştirilerek hazırlanmalıdır. Cam beher, sıvı yüzeyi halkaların üst ucundan 50±3 mm yukarıda olacak şekilde banyo sıvısıyla doldurulmalıdır (Görsel 6.11a).
- Beklenen yumuşama noktası için uygun banyo sıvısı ve termometre seçilir. Yumuşama noktaları 28 ºC ile 80 ºC olan numuneler için banyo sıvısı olarak yeni kaynatılmış damıtık veya deiyonize su kullanılır. Banyonun başlangıç sıcaklığı 5±1 ºC olmalı ve sıcaklık ölçümü 0,2 ºC taksimatlı bir termometre kullanılarak yapılmalıdır. Yumuşama noktaları 80 ºC'den yüksek ve 150 ºC'ye kadar olan numuneler için banyo sıvısı olarak gliserin (gliserol) kullanılmalıdır. Banyonun başlangıç sıcaklığı 30±1 ºC olmalı ve sıcaklık ölçümü için en küçük taksimatı 0,5 ºC olan bir termometre kullanılmalıdır.

- İki çelik bilyenin, deney düzeneğiyle aynı sıcaklığa gelmesi için bir pens yardımıyla cam beher ya da ayrı bir kap içerisinde uygun sıcaklıktaki (5 ºC veya 30 ºC) su banyosuna yerleştirilir.
- Belirlenen başlangıç sıcaklığını elde etmek için banyo, buzlu su ya da termostatik bir cihaz içine yerleştirilir ve banyo sıvısı suyu 5±1 ºC'ye soğutulur (Görsel 6.11b). Eğer banyo sıvısı gliserol ise 30±1 ºC sıcaklığa kadar yavaş yavaş ısıtılmalıdır. Banyo sıvısı sıcaklığı, 15 dakika sabit tutulmalı ancak bu süre 20 dakikayı geçmemelidir.
- Banyo içerisinden bir maşa ile bilyeler alınarak numune halkaları üzerindeki merkezleme kılavuzunun ortasına yerleştirilir. Banyo sıvısının, ilk 3 dakika başlangıç sıcaklığında kalması sağlanır.
- Banyo sıvısına, ilk 3 dakika sonunda sıcaklık düzgün olarak dakikada 5 ºC artacak şekilde alttan ısı verilir (Görsel 6.11b). Cihazın manyetik karıştırıcıyla homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmalıdır.
- Otomatik olmayan deney cihazı kullanıldığında her iki halkadaki numunenin yumuşayarak bilyenin taban plakasına değdiği anda termometreden okunan sıcaklık değeri yumuşama noktası olarak kaydedilir. Yarı otomatik veya otomatik deney cihazı kullanıldığında ise yumuşama noktası, uygun biçimde konumlandırılmış fotoelektrik sensörler tarafından algılanır ve sıcaklık sensör ile ölçülür.
- Yumuşama noktası tayini iki numune ile yapılır ve iki değerin ortalaması alınır.
- Deneyde kullanılan araç gereç uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.



Görsel 6.11: Deney düzeneğinin hazırlanması ve banyo sıvısına yerleştirilmesi

6.4.3. Deney Raporu Hazırlama

Numunelerden elde edilen iki sıcaklığın ortalaması, yumuşama noktası 80 ºC'nin altındaki numunelerde 0,2 ºC; 80 ºC'nin üzerindeki numunelerde ise 0,5 ºC hassasiyetle kaydedilir. İki numune arasındaki ölçülen sıcaklık farkı 80 ºC'nin altındaki numunelerde 1 ºC'yi, 80 ºC'nin üzerindeki numunelerde ise 2 ºC'yi geçiyorsa deney tekrarlanmalıdır.

Modifiye bitümlerde ise iki numunenin ölçülen sıcaklık farkı 2 ºC'yi geçerse bilye alt plakaya dokunmadan ince katmanı kırarsa ya da bilye ve bitüm arasında kısmi ayrılma görülürse deney tekrarlanır.

Sonuç olarak yumuşama noktası çok yüksek bitümlerin, viskozitesi de yüksek olduğundan sıcak karışım yapım sıcaklıkları da yüksek olmaktadır.

Deney raporu; deneyi yapılan numunenin türü ve özellikleri, kullanılan standarda atıf, cihaz adı (yarı otomatik ya da otomatik), deney sonucu, deney tarihi bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa raporda belirtilmelidir.

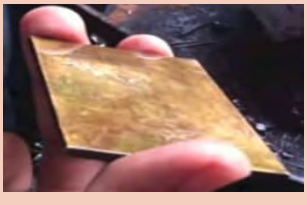
4. DENEY UYGULAMASI

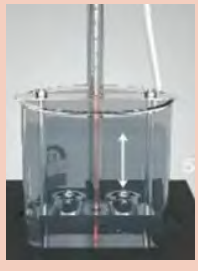
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21684

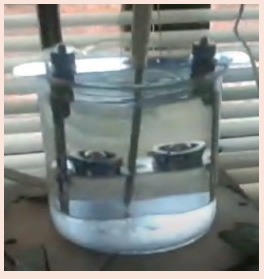
Yumuşama noktaları 28 ºC ile 80 ºC olan bitüm numunesi alarak **TS EN 1** standardına uygun yüzük bilye yöntemiyle numunenin yumuşama noktasını tayin ediniz.

DENEY ADI : Yumuşama Noktası Tayini Deneyi

DENEY SÜRESİ : 2 saat 30 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesinin alınması ve deneye hazırlanması	• Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olmasına dikkat ediniz. • Eritme kabına, deney halkalarını en az dört halkayı dolduracak miktarda bitüm veya modifiye bitüm numunesi alınız. • **TS EN 12594'**e göre bitüm veya modifiye bitüm deney numunesini hazırlayınız. • Bitüm numunesi, tamamen eriyene kadar bitümün beklenen yumuşama noktasının üzerinde 75-100 ° C'de bir kapta ısıtınız. • Hava kabarcığı oluşumunu önlemek için gerekirse karıştırınız.	
 Metal veya cam plaka yüzeyinin yağlanması	• Gliserin ve dekstrini eşit oranlarda alarak iyice karıştırınız. • Hazırladığınız bu karışımı bitümün yapışmasını önlemek için metal veya cam plaka yüzeyine sürünüz.	

  Deney halkalarının hazırlanması	• Hazırladığınız bitüm numunesini, halkalara düzgün bir şekilde dökülebilmek için uygun bir kaba dökünüz. • Halkaları, erimiş bitüm ile aynı sıcaklığa yaklaşacak şekilde önceden ısıtınız ve ardından metal plaka üzerine yerleştiriniz. • Her deney halkasını, hacminden biraz fazla olacak şekilde bitümle doldurunuz. • Doldurulmuş deney halkalarını ortam sıcaklığında en az 30 dakika bekletiniz.	
 Doldurulmuş deney halkalarının yüzeyinin düzeltilmesi	• Deney numuneleri soğuduğunda halkadan taşan fazla kısımları, halka üzeri ile bitümü aynı seviyeye getirmek için sıcak bir bıçak veya spatula ile keserek atınız. • Deney numunelerinin halkalara aktarılmasından, deneyin tamamlanmasına kadar geçen sürenin 4 saatten fazla olmamasına dikkat ediniz.	
Su banyosunun hazırlanması	• Su banyosunu yeni kaynatılmış damıtık suyla duldurunuz. • Su banyosunu 5±0,5 °C'ye kadar ısıtınız.	
 Deney düzeneğinin ve sıvı banyosunun hazırlanması	• Bitümle dolu deney halkalarını, bilye merkezleme kılavuzlarını ve termometreyi yerleştirerek deney düzeneğini hazırlayınız. • Termometrenin cıvalı ucu halkaların tabanıyla aynı hizada olacak ve halkalara ya da halka tutucuya dokunmayacak şekilde yerleştirmeye özen gösteriniz. • Beklenen yumuşama noktası için uygun banyo sıvısı ve termometre seçmeyi unutmayınız. • Cam beheri, su seviyesi halkaların üst yüzeyinin 50±3 mm üzerinde kalacak şekilde damıtık suyla doldurunuz.	
 Deney düzeneğinin uygun banyo sıvısı içerisinde soğutulması	• Deney düzeneğine sabitlenmiş halkaları 15 dakika boyunca 5±0,5 ºC'deki su banyosuna yerleştiriniz. • Çelik bilyeleri, içerisinde deney düzeneği olan banyo suyu doldurulmuş behere veya ayrı bir kap içerisine koyarak su banyosuna yerleştiriniz ve bilyeleri 5±0,5 °C sıcaklığa kadar soğutunuz.	

 Bilyelerin kılavuza yerleştirilmesi	• Çelik bilyeleri, bir pens yardımıyla su banyosundan alarak dikkatli bir şekilde halka merkezleme kılavuzunun ortasına yerleştiriniz. • Banyo suyunu ilk üç dakika başlangıç sıcaklığında tutunuz.	
 Deney düzeneğinin ısıtılması	• Deney düzeneğini, ısıtıcılı manyetik karıştırıcı üzerine koyarak cihazın homojen bir sıcaklık dağılımı sağlaması için ayarlayınız. • Termometreyi düzeneğin ortasına yerleştiriniz. • Banyo sıvısına ilk üç dakikanın sonunda sıcaklığı düzgün olarak dakikada 5±0,5 ºC artacak şekilde alttan ısı veriniz. • Halkaya doldurulan bitüm yumuşayana ve üzerine yerleştirilen çelik bilye kendi ağırlığından dolayı aşağı doğru hareket etmeye başlayana kadar ısıtmaya devam ediniz.	
 Yumuşama noktası sıcaklığının tespit edilmesi	• Manuel cihaz kullanıyorsanız her iki halkadaki numunenin yumuşayarak bilyenin taban plakasına değdiği andaki termometreden okuduğunuz sıcaklığı yumuşama noktası olarak kaydediniz. • Otomatik cihaz kullanıyorsanız sensörler tarafından tespit edilen sıcaklığı, yumuşama noktası olarak kaydediniz.	
Deney araç gerecin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney araç gerecini uygun çözücüler ve temizlik maddeleri ile iyice temizleyiniz. • Çalışma alanını ve tezgâhını temiz bırakınız.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Numunelerden elde edilen iki sıcaklığın ortalamasını yumuşama noktası 80 ºC'nin altındaki numunelerde 0,2 ºC, 80 ºC'nin üzerindeki numunelerde ise 0,5 ºC hassasiyetle kaydediniz. • Eğer iki numune arasındaki ölçülen sıcaklık farkı 80 ºC'nin altındaki numunelerde 1 ºC'yi, 80 ºC'nin üzerindeki numunelerde 2 ºC'yi geçiyorsa deneyi tekrarlayınız. • Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6.5. VİSKOZİTE (KİNEMATİK VİSKOZİTE YÖNTEMİ) VE DÜKTİLİTE DENEYİ

Vizkozite deneyi; bitümlü malzemenin karışım, serme ve sıkıştırma sıcaklıklarını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Bitümün işlenebilir kıvamını belirleme deneyidir.

Düktilite deneyi, bitümün belirli sıcaklıktaki uzama limitini ve kopma derecesini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Elde edilen uzama eğrisiyle yük altındaki deformasyon değerleri belirlenmiş olur.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21685

6.5.1. Kinematik Viskozite (TS EN 12595)

Kinematik viskozite ölçüm prensibi; yer çekimi kuvveti ile akış yapan sıvıların viskozitesini belirlemek için kullanılan en hassas yöntemdir. Bu deneyde, belirli bir genişlik ve uzunluktaki kapiler tüpten akan bitümlü bağlayıcıların akış süresi ölçülür. Klasik olarak bu akış göz ile takip edilir ve süre manuel olarak bir kronometre ile ölçülür. Deneyde kinematik tip tam otomatik veya yarı otomatik viskozite ölçüm cihazları kullanıldığında ölçümler sensörler yardımıyla otomatik olarak okunur.

BİLGİ NOTU

Kinematik viskozite, akışkanın yer çekimi altında ne kadar hızlı hareket ettiğinin bir ölçüsüdür.

Viskozite, bir sıvının akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Viskozite arttıkça direnç de artar.

6.5.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Viskozimetre: Kapiler tipte, kılcal borosilikat camdan yapılmış olmalıdır (Görsel 6.12).

Termometre: En az 55 ºC-140 ºC aralığında, 0,05 ºC okunaklı, 0,1 ºC doğrulukta olmalıdır.

Banyo: Banyo sıvısının sıcaklığı, viskozimetre boyunca veya değişik viskozimetre konumlarında 0,3 °C (60 °C'de ölçme) veya 0,5 °C'den (135 °C'de ölçme) daha fazla farklılık göstermeyecek şekilde olmalıdır. 60°C'deki tayinler için banyo sıvısı olarak **TS EN ISO 3696**'da belirtilen sınıf 3 laboratuvar suyu kullanılmalıdır. 135 °C'deki tayinler için ise parlama noktası 215 °C'nin üzerinde olan beyaz yağ veya herhangi bir parafinik ya da silikon esaslı yağ kullanılabilir.

Kronometre (Süreölçer): 1000 saniyede en fazla 0,5 saniye hata ile ölçüm yapan cihaz kullanılır.

Otomatik veya Yarı Otomatik Cihazlar: Sıcaklık düzenlemeleri ve zaman ölçme doğruluğu **TS EN 12595**'te verilen kesinlik bilgilerini sağlayacak şekilde, tam olarak kalibre edilmiş olmalıdır (Görsel 6.13).



Görsel 6.12: Opak ve saydam sıvılar için viskozimetre



Görsel 6.13: Otomatik kinematik viskozimetre

6.5.1.2. Deneyin Yapılışı

- Deney numunesi iyice çalkalanır. Numune sıcaklığı 30 ºC'nin altına düşmemelidir. Gerekirse ısıtılmalıdır.
- Banyo sıcaklığı, 60±0,3 ºC'de ya da 135±0,5 ºC'de sabit tutulur.
- 60 saniyeden daha büyük akış süresi sağlayan temiz, kuru bir viskozimetre tüpü seçilir.
- Viskozimetre, deney sıcaklığına gelene kadar (60±0,3 ºC ya da 135±0,5 ºC) önceden ısıtılır.
- Viskozimetreyi doldurmak için viskozimetre ters çevrilir, N tüpünün sıvı numuneye daldırılmasıyla L tüpüne vakum uygulanır. N tüpüne sıvı çekilerek D haznesi, G noktasına kadar doldurulur. N tüpündeki fazla numune silinip viskozimetre normal durumuna getirilir. Viskozimetre, L tüpü dik tutularak sabit sıcaklıktaki banyoya monte edilir.
- A balonu, 4/5 oranında doluyken L tüpünün üst kısmı bir tıpa ile kapatılır.
- Viskozimetre, sabit sıcaklık banyosunda numunenin denge sıcaklığına ulaşacağı süre boyunca bekletilir. Deney dört saat içinde bitirilmelidir.
- L tüpündeki tıpa çıkarılıp numunenin alt sıvı yüzeyinin, E alt zamanlama işaretinin karşısına gelene kadar yer çekimi yönünde akmasına izin verilir.
- Sıvı yüzeyinin başlangıç kısmının E zaman işaretinden F zaman işaretine ve F işaretinden I işaretine kadar geçen süre 0,1 saniye hassaslıkta ölçülür. Akış süresi, 60 saniyeden az ise kılcal çapı daha küçük olan bir viskozimetre seçilerek deney tekrarlanır.
- Deney sonunda viskozimetre uygun bir çözücü ile birkaç defa durulanarak temizlenir. Kılcaldan 2 dk. boyunca ya da çözücünün en son kalıntısı ortadan kalkana kadar filtrelenmiş kuru hava ile hafif bir akış geçirerek kurutulur.

6.5.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Kinematik viskozite (v), aşağıdaki formül kullanılarak mm^2/s cinsinden hesaplanır:

$$v = C.t$$

C : Viskozimetrenin kalibrasyon birimi (mm^2/s^2)
t : Akış süresi (s)



Uluslararası birimler sisteminde (SI) "s", saniye olarak ifade edilmektedir.

Deney sıcaklığı ile kinematik viskozite, ortalama değer olarak 1000 mm^2/s'nin altında üç basamaklı ondalıklı sayı ya da bu değerin üzerindeki tam sayı olarak ifade edilir.

En iyi kaplamayı elde etmek için viskozite optimum (en uygun) olmalıdır. Viskozitesi çok yüksek bitüm agregaları, iyi bir şekilde saramaz ve uygun olmayan sonuçlar verir. Çok düşük viskozite bitümü kusma eğilimine yatkınlaştırarak yine uygun olmayan bir kaplama sağlar. 135 ºC'deki viskozite, bitümün agregaları düzgün bir şekilde kaplama kabiliyetini gösterir. 135 ºC'deki viskozitenin yapışma kalitesi doğru bir göstergesi olması nedeniyle agregayla birleşir.

Deney raporu; test edilen numunenin türü ve açıklaması, kullanılan standart, kullanılan cihaz (viskozimetre türü, boyutu ve ID numarası), deney sonucu ve deneyin yapıldığı tarih bilgilerini içermelidir.

5. DENEY UYGULAMASI

TS EN 12595 standardına uygun olarak kinematik viskozite yöntemiyle belirli bir hacimdeki bitümlü bağlayıcıların akış süresini tayin ediniz.

Deney Adı : Kinematik Viskozite Deneyi

Deney Süresi : 1 saat 30 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*Uygulama Kontrolü
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Numunenin alınması ve hazırlanması	• Standardına uygun şekilde deney numunesini alınız. • Numuneyi ve viskozimetreyi deney sıcaklığına getiriniz. • Kullanmadan önce numuneyi iyice çalkalayınız.	
Banyo sıvısı seçimi ve sıcaklığının ayarlanması	• Banyo sıvısı olarak sınıf 3 laboratuvar suyu kullanınız. • Banyo sıcaklığını 60±0,3 ºC'de ya da 135±0,5 ºC'de sabit tutunuz.	
Viskozimetrenin seçilmesi ve ısıtılması	• Uygun akış süreli, temiz ve kuru viskozite tüpünü seçiniz. • Viskozimetreyi deney sıcaklığına kadar ısıtınız.	
Viskozimetrenin doldurulması ve banyoya monte edilmesi	• Viskoziteyi ters çeviriniz. • **N** tüpünü sıvı numuneye daldırınız ve **L** tüpüne vakum uygulayınız. • **N** tüpüne sıvı çekip **D** haznesini, **G** noktasına kadar doldurunuz. • **N** tüpündeki fazla numuneyi siliniz ve viskozimetreyi normal hâle getiriniz. • **L** tüpünü dik tutarak viskozimetreyi banyoya monte ediniz. • **A** balonu 4/5 oranında doluyken **L** tüpünün üst kısmını bir tıpa ile kapatınız.	
Viskozimetrenin sıcaklığının ayarlanması	• Viskozimetreyi sabit sıcaklık banyosunda numune denge sıcaklığına ulaşana kadar bekletiniz.	
Tıpanın çıkarılması ve numunenin akıtılması	• **L** tüpündeki tıpayı çıkarınız. • Numunenin alt yüzeyi **E** çizgisine gelene kadar numunenin akmasını sağlayınız.	

Akış süresinin ölçülmesi ve deneyin gözden geçirilmesi	• Sıvı yüzeyinin başlangıç kısmının **E** zaman işaretinden **F** zaman işaretine ve **F** işaretinden **I** işaretine kadar geçen süreyi 0,1 saniye hassaslıkta ölçünüz. • Akış süresi, 60 saniyeden az ise kılcal çapı daha küçük olan bir viskozimetre seçiniz ve deneyi tekrar yapınız.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonunda viskozimetreyi uygun bir çözücü ile birkaç defa durulayarak temizleyiniz. • Çalışma alanını ve tezgâhını temiz bırakınız.	
Deney sonuçlarının hesaplanması	• Kinematik viskozite (v) formülünü kullanarak mm^2/s cinsinden hesaplayınız. • Sonuçları; ortalama değer olarak 1000 mm^2/s'nin altında, üç anlamlı rakam ya da bu değerin üzerindeki tam sayı olarak ifade ediniz.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Vizkoziteyi, akış süresine göre düşük veya yüksek viskozite olarak değerlendiriniz. • Deney raporunu eksiksiz doldurunuz ve belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.5.2. Kuvvet Ölçümlü Düktilite (Süneklik) Deneyi (TS EN 13589, ASTM D 113)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21687

Kuvvet ölçümlü düklite deneyi, modifiye bitümün gerilme özelliklerinin kuvvet uygulamalı süneklilik yöntemiyle ölçümü ve şartname gereksinimlerinin belirlenmesi prosedürünü kapsar. Bu yöntem ile standartlara uygun olarak hazırlanmış numunenin yavaş etkiyen yükler altında, kopmadan uzayabilme yeteneğinin "cm" cinsinden miktarı belirlenir.

Kalıptan çıkarılan deney numuneleri; 25±0,5 ºC sıcaklıktaki su banyosu içerisinde 5 cm/dk. (%±5,0) hızda kopana kadar ya da en az istenen uzama görülene kadar sabit hızda düktilometrede çekilir.

6.5.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Düktilite Cihazı: Cihaz, çekme aparatı ve su banyosundan meydana gelir (Görsel 6.14).

Çekme Cihazı: 50±2,5 mm/dk. sabit hızla hareketli elemanlara sahip olmalıdır.

Su Banyosu: Sıcaklık kontrollü, numune ve bağlantı cihazını belirtilen 25±0,5 ºC sıcaklıkta tutabilen bir su banyosu kullanılır.

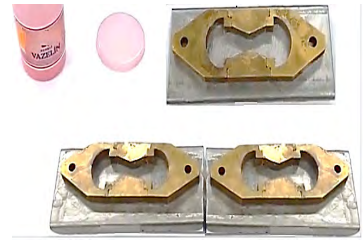
Kırpma Aracı: Düz kenarlı bir spatula kullanılır.

Alt Plaka ve Numune Kalıp Teçhizatı: Kalıplar 10±0,1 mm kalınlığında pirinçten yapılmış olup dört parçadan meydana gelir. Kullanılacak kalıplar, Görsel 6.15'de gösterildiği gibi birleştirilmiş olmalıdır.

Kalıp Ayırıcı: Numunenin kalıba yapışmasını önlemek için kalıbın tabanı ve yanlarına vazelin, gliserin gibi maddeler kullanılır (Görsel 6.15).



Görsel 6.14: Düktilite test cihazı



Görsel 6.15: Numune kalıpları ve kalıp ayırıcı

Termometre: -8 ºC ile 32 ºC arasında ölçüm yapabilecek özellikte olmalıdır.

Özgül Ağırlık Katkısı: Numunenin su yüzeyine çıkmasını ve banyonun tabanına temas etmesini önlemek için su banyosunun özgül ağırlığını ayarlamak amacıyla metil alkol, sodyum klorür ya da etil alkol kullanılır.

Kayıt Cihazı: Deney numunesinin uzaması ve uygulanan kuvvet için bir kayıt cihazı kullanılır.

Etüv: Gereken sıcaklığı±5 ºC toleransla koruyabilecek ve numunenin akışkan hâle gelmesi için yeterli sıcaklıkta ısıtılmasını sağlayabilecek bir etüv kullanılır.

Elekler: ASTM E11 standardına uygun, 300 µm (No. 50) boyutunda olmalıdır.

6.5.2.2. Deneyin Yapılışı

- Üç deney kalıbını en az iki defa dolduracak miktarda deney numunesi alınır.
- Kalıbın yan duvarlarının iç kısmı ve taban plakası yüzeyine kalıp ayırıcı sürülür. Üç kalıbın parçaları birleştirilir; düz ve dengeli bir alt plaka üzerine yerleştirilir.
- Bir eritme kabına üç deney numunesi için gereken miktarda numune eklenir ve numune, yumuşama noktası sıcaklığının 90 °C üstünü geçmeyecek şekilde etüvde ısıtılır.
- Üç kalıp ileri ve geri hareketlerle kalıbın uzunlamasına yönünde, kalıpta düzgün bir dağılım sağlamak için hızlıca kalıp seviyesinin biraz üzerinde doldurulur. Kalıp doldurulurken numune şeklinin bozulmaması için kalıp parçalarının hareket ettirilmemesine dikkat edilmelidir.
- Numuneler kalıpların içinde, oda sıcaklığında 35±5 dakika bekletilerek soğutulur.
- Daha sonra ısıtılmış bir bıçak veya spatula kullanılarak, fazla numune parçaları kesilerek numune yüzeyi düzeltilir.
- Deneyden önce kalıba konmuş numuneler, 90±10 dakika boyunca deney sıcaklığındaki su banyosunda tutulur.
- 90±10 dakika boyunca deney sıcaklığındaki su banyosunda tutulan dolu deney numune kapları, sudan çıkarılır ve taban plakasından ayrılarak çekme cihazına aktarılır.
- Kelepçelerin ucundaki halkalar (delikler), düktilite cihazındaki pimlere ya da kancalara tutturulur ve numuneye zarar vermeden dikkatli bir şekilde kalıbın yan yüzleri çıkartılır.
- Düktilite cihazı çalıştırılarak sabit numune kopana ya da uzunluk limitlerine ulaşana kadar kelepçeler 5±0,25 mm/dk. sabit hızla çekilir.
- Kopma gerçekleştiğinde ya da son uzunluğa ulaşıldığında elde edilen uzunluk “cm” cinsinden ölçülerek kaydedilir.
- Deney sonuçları değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereç uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma alanı ve tezgâhı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

6.5.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Kabul edilebilir üç okumanın aritmetik ortalaması alınır ve cm cinsinden raporlama yapılır. Normal bir deneyde malzeme, numunenin orta noktası yakınında ya da düktilite cihazının uzunluk limitleri dâhilindeyken kopar. Kelepçedeki bir kopma, normal sayılmaz.

Bitümlü malzeme, su yüzeyiyle ya da banyo tabanıyla temasa geçerse deney iptal edilir. Bu tarz olumsuz bir durumla karşılaşmamak için bir özgül ağırlık katkısı kullanılmalıdır. Kopma sırasındaki değer, numunenin düktilitesi olarak rapor edilir.

Normal bir deney sonucu elde edilemiyorsa "Düktilite, deney koşulları altında elde edilemez." olarak rapor edilir.

Bir tutarsızlık durumunda, üç numune kullanılarak deney yapılır. Tutarsızlık varsa damıtma kalıntısı içerebilir. Bu nedenle, sıvı hâldeki numune 135±5 °C'de önceden ısıtılmış 300 µm (No. 50) elekten elenerek deney kalıplarına dökülür. Üç normal deney sonucunun ortalaması numunenin sünekliği olarak rapor edilir.

Düktilite cihazının uzunluk limitleri sebebiyle kopma gerçekleşmiyorsa düktilite cm+ cinsinden uzunluk limiti olarak (örneğin 150 cm+) rapor edilir. Eğer bu deney, yetersiz malzeme sebebiyle üç adet sonuç olarak okunamıyorsa bu durum deney raporunda belirtilmelidir.

Deney raporu; kullanılan standarda referans, deney yapılan numunenin tipi ve tam bilgileri, deneyin sonucu, deneyin yapılış tarihi, kullanılan deney cihazı, deney sıcaklığı ve kullanılan hız bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

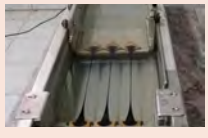
6. DENEY UYGULAMASI

Modifiye bitüm deney numunesiyle **TS EN 13589** standardına uygun olarak, kuvvet ölçümlü düktilite deneyini yaparak numunenin ortalama kopma veya uzama miktarını tayin ediniz.

Deney Adı : Kuvvet Ölçümlü Düktilite (Süneklik/Esneklik) Deneyi

Deney Süresi : 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*Uygulama Kontrolü
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. • Deney sırasında ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	• Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olmasına dikkat ediniz. • **TS EN 12594**'e göre bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. Deney numunesinde su olmamasına dikkat ediniz. • Eritme kabına üç deney numunesine yetecek miktarda numune alınız. Daha sonra numuneleri, yumuşama noktası sıcaklığının 90 °C üstünü geçmeyecek şekilde etüvde ısıtınız.	

 Kalıp ayırıcı sürerek numune kalıplarının hazırlanması	• Numune kalıplarının iç duvar yüzeylerine ve taban plakası yüzeyine kalıp ayırıcı sürünüz. • Üç kalıbın parçalarını birleştirip düz ve dengeli bir alt plaka üzerine yerleştiriniz.	
  Deney numunesinin kalıplara aktarılması ve numunelerin hazırlanması	• Etüvden ısıtılmış deney numunesini alarak, kalıbın uzun yönünde üç kalıbı ileri geri hareketlerle kalıpta düzgün bir dağılım sağlayarak hızlıca doldurunuz. • Kalıbı tam dolu seviyesinden biraz fazla malzeme ile doldurmaya özen gösteriniz. • Kalıbı doldururken numune şeklinin bozulmaması için kalıp parçalarının hareket ettirilmemesine dikkat ediniz. • Numuneleri kalıp içerisinde oda sıcaklığında 35±5 dakika bekleterek soğutunuz. • Numuneler soğuduktan sonra ısıtılmış bir bıçak veya spatula kullanarak, fazla numune parçalarını keserek numunenin yüzeyini düzeltiniz.	
 Numunelerin istenen deney sıcaklığındaki su banyosunda bekletilmesi	• Yüzeyi düzeltilen numuneleri, deneyden önce kalıpla birlikte 90±10 dakika boyunca 25±0,5 ºC sıcaklığındaki su banyosunda bekletiniz. Deneyi, aynı gün içerisinde gerçekleştiriniz.	
  Numunelerin deney cihazına yerleştirilmesi ve cihazın çalıştırılması	• Dolu deney numune kalıplarını sudan çıkarınız ve taban plakasından ayırarak düktilite cihazına yerleştiriniz. • Kelepçelerin ucundaki halkaları (delikler), düktilite cihazındaki pimlere ya da kancalara tutturunuz. • Numunelere zarar vermeden dikkatli bir şekilde kalıbın yan yüzlerini çıkarınız. • Numuneyi 5±0,25 mm/dk. sabit hızla çekecek şekilde düktilite cihazını çalıştırınız. • Numuneler kopana kadar ya da uzunluk limitlerine ulaşana kadar kelepçeleri sabit hızla çekiniz.	
Kopma veya uzama miktarının kaydedilmesi	• Kopma ya da istenen uzunluğa ulaşıldığında elde edilen uzunluk miktarını “cm” cinsinden cihazdan okuyarak kaydediniz.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deneyde kullanılan araç gereci uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. • Deney sonrasında alanı ve çalışma tezgâhını temizleyiniz.	

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Kabul edilebilir üç okumanın aritmetik ortalamasını alarak cm cinsinden raporlama yapınız. • Kelepçede meydana gelen kopmanın normal olmadığını unutmayınız. • Bitümlü malzeme su yüzeyiyle ya da banyo tabanıyla temasa geçerse deneyi iptal ediniz. Bu duruma engel olmak için bir özgül ağırlık katkısı kullanınız. • Kopma sırasındaki değeri numunenin düktilitesi olarak rapor ediniz. • Normal bir deney sonucu elde edilemiyorsa "Düktilite, deney koşulları altında elde edilemez." olarak rapor ediniz. • Numuneler arasında tutarsızlık varsa damıtma kalıntısı içerebileceğine dikkat ediniz. Bu durumda, sıvı hâldeki numuneyi 135±5 °C'de önceden ısıtılmış 300 µm (No. 50) elekten eleyerek, deney kalıplarına tekrar dökerek deneyi tekrarlayınız. • Üç normal deney sonucunun ortalamasını numunenin sünekliği olarak rapor ediniz. • Düktilite cihazının uzunluk limitleri sebebiyle kopma gerçekleşmiyorsa düktiliteyi cm+ cinsinden uzunluk limiti olarak (örneğin 150 cm+) rapor ediniz. • Eğer bu deneyde yetersiz malzeme sebebiyle üç adet sonuç okunamıyorsa bu durumu deney raporunda belirtiniz. • Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6.6. DESTİLASYON YÖNTEMİ İLE AYRILAN KALINTI BAĞLAYICI VE DAMITIK PETROL ÜRÜNÜ İÇERİĞİNİN TAYİNİ (TS EN 1431)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21688

Bu deney, basit destilasyon (damıtma) yöntemi ile bitüm emülsiyonlarında kalıntı olarak elde edilen bağlayıcı miktarının tayinini kapsar. Destilasyon yöntemi ile damıtılmış yağ ve su, bitümlü emülsiyondan damıtılır ve kalıntı bağlayıcıdan bir kalıntı bırakarak dereceli silindire ayrılır.



Basit destilasyon; uçucu bileşenlerin uçucu olmayanlardan ya da kaynama noktaları birbirinden uzak olan uçucu madde karışımlarından ayrılması için damıtma düzeneği kullanılarak yapılan sistemdir. Kaynama noktası >140-150 °C olan sıvılarda soğutucu olarak düz bir boru kullanılır.

6.6.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Temizleme Malzemeleri: Genel olarak laboratuvarda kullanılan temizlik malzemeleridir.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi: 40 g sodyum hidroksit tozunun 1000 mL damıtılmış su içerisinde çözülmesiyle elde edilir.

Damıtma (Destilasyon) Cihazı: Damıtma balonu, yoğuşturucu, adaptör, kalkan, balon ve kalkan tutucu, alev beki veya termostatlı elektrikli ısıtıcı, mezür (toplama kabı) ve termometreden oluşmaktadır. Termometrenin bir tıpa arasına yerleşmesine izin verecek ölçülere sahip bir kapak ve bağlantı tüpü (damıtma balonu) ile tıpa arasında bağlantı sağlayacak şekilde uygun çapa sahip çıkış ağzı bulunmalıdır (Görsel 6.16).

Bağlantı Aparatı: 12±1 mm çaplı cam bağlayıcı tüp, kalay veya metal kalkan, kalkan tutucu ve standart su soğutmalı yoğuşturucu cam tüp bölümlerinden oluşmaktadır.

Toplama Kabı (Dereceli Silindir): 100 mL, derecelendirme aralıkları 0,5 mL ve **ISO 4788**'e uygun olmalıdır.

Yoğuşturucu Cam Tüp [Liebig (Laybig) Soğutucusu]: İçinden su geçirilen bir cam tüp ile çevrili cam borudur (Görsel 6.17). Çözücü buharları, içteki borudan geçerken soğuk duvara çarpınca yoğunlaşarak sıvı hâle gelir.

Termometreler: -2 ºC ile 400 ºC aralığında derecelenmiş olmalıdır. İki düşük destilasyon termometresi kullanılmalıdır. Cıvalı termometreler yerine diğer sıcaklık ölçüm cihazları kullanılabilir.

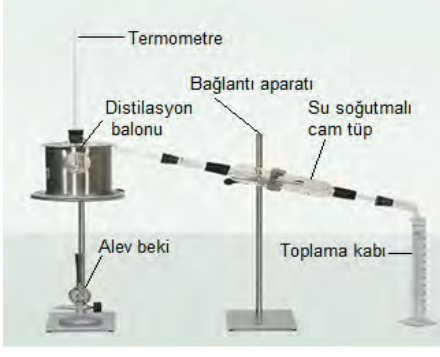
Terazi: 0,1 g hassasiyetli olmalıdır.

Alev Beki ya da Eşdeğer Isıtma Araçları: Elektrik, hava gazı, doğal gaz veya bütan gazı ile çalışarak ayarlanabilen, ısı sağlayan aletlerdir.

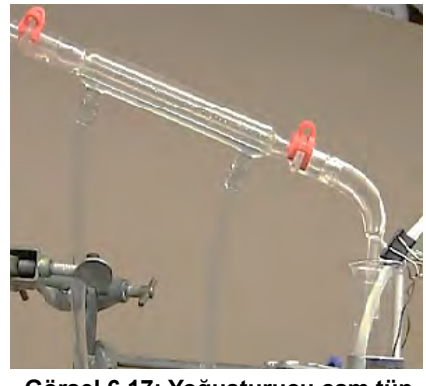
Elek: ISO 565 R 40/3'e uygun, 300 µm elek kullanılır.

Damıtılmış Yağ: Bu deneyde belirlenen şartlar altında damıtılmış ve dereceli silindirde toplanmış hidrokarbondur.

Kalıntı Bağlayıcı (Damıtma Sonrası Kalan Bağlayıcı): Damıtılmış su ve damıtılmış yağdan sonra, katbek veya bitümlü emülsiyondaki kalıntıdır.



Görsel 6.16: Destilasyon (damıtma) deney düzeneği



Görsel 6.17: Yoğuşturucu cam tüp

6.6.2. Deneyin Yapılışı

- 200±0,1 g bitüm emülsiyon numunesi (A_m) tartılıp daha önce darası alınmış (kapak, kelepçe, termometreler ve kullanılıyorsa conta dâhil) damıtma cihazına yerleştirilir.
- Damıtma cihazı ve kapağı arasına yağlı kâğıt conta konularak kapak güvenli bir şekilde damıtma cihazına kelepçelenir.
- Kapakta, her birinin içerisinde termometre bulunan iki küçük delik, iki adet tıpa ile kapa-

tılarak konumlandırılmıştır. Termometrelerden biri, cıva haznesi damıtma cihazının tabanından 6,5±1 mm uzaklıkta; diğeri ise cıva haznesi damıtma cihazı tabanından 165±2 mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilir.

- Halka brülör, damıtma cihazının tabanından 152±2 mm uzaklığa yerleştirilir. Brülör yakılır ve kısık ateşte ısıtılır. Testin başlangıcında brülörün alevinin konumu esnektir. Daha sonra taşma riskini azaltmak için artırılabilir ya da çözücü madde ihtiva etmeyen bir emülsiyon için damıtma cihazının ortasına kadar düşürülebilir. Üst termometrenin sıcaklık okumasındaki ani bir değişiklik cıva haznesinde taşmayı gösterir ve taşma sona erene kadar ısıtma kesilmelidir.
- Alev bekinden bağlantı tüpüne, tüpte su yoğunlaşmasını önlemek için yeterli ısı uygulanır.
- Isı uygulamasına başlanmasından 60±15 dakika içinde damıtma işlemi tamamlanır. Elde edilen kalıntı üzerinden bağlayıcı yüzdesi belirlenmeyecekse soğutma ve tartma işlemi yapmaya gerek yoktur. Ancak bağlayıcı yüzdesi belirlenecekse tartım öncesi damıtma cihazı ve malzemelerin soğuması için beklenmelidir. Damıtma cihazı ve diğer malzemeler, damıtma sonrası kalıntı kütlesini **(B_m)** belirlemek için tartılır.
- Kalıntının daha fazla işlenmesinin sağlanması için numune içeren damıtma cihazı 260±5 ºC'ye kadar tekrar ısıtılır. Dereceli silindirdeki damıtık petrol ürününün hacmi **(D)** 0,5 mL yaklaşımla kaydedilir.
- Su ve yağın ayrışmasını kolaylaştırmak için damıtılmış sıvılara, katyonik emülsiyonlarda 5 mL sodyum hidroksit çözeltisi eklenir.
- Damıtma cihazının kapağı kaldırılır. Kalıntı çalkalanır ve kullanımdan önce aynı sıcaklığa kadar ısıtılmış 300 µm eleğe boşaltılır.
- Yeterli miktarda kalıntı, gerekli diğer testleri uygulamak için uygun kalıplara transfer edilir. Kalıntı, incelenmesi için **TS EN 12594**'te belirtildiği gibi kalıplar kullanılıp uygun hâle getirilir ve uygun deney metoduna göre adımlara devam edilir.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereç, uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma alanı ve tezgâhı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

6.6.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Damıtmadan sonraki kalıntı bağlayıcı (r), ağırlıkça yüzde olarak aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r = (B_m/A_m)\cdot 100$$

A_m: Bitüm emülsiyon numunesinin kütlesi (g)
B_m: Damıtmadan sonra kalıntı kütlesi (g)
Damıtık petrol ürününün hacimce yüzdesi (o), aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$o = [(D.\ \rho)/ A_m].100$$

D: Petrol ürününün hacmi (mL)
ρ **:** Bitüm emülsiyonun yoğunluğu (g/mL)



Bitüm emülsiyonun yoğunluğu **(ρ)**, 15 ºC'de 1000 kg/m^3 veya 1 g/mL olarak kabul edilir.

Sonuç olarak kalıntı bağlayıcı %1, petrol ürünü %0,1 yaklaşımla ifade edilir. Bu yöntemdeki damıtma yöntemi ile bitüm emülsiyonun bağlayıcı içeriği, kalıntı bağlayıcının ağırlıkça yüzdesi ile petrol ürününün ağırlıkça yüzdesinin toplamına eşittir.

Deney raporu; kullanılan standarda referans, deney yapılan numunenin tipi ve tam bilgileri, deneyin sonucu, deneyin yapılış tarihi, kullanılan deney cihazı ve deney sıcaklığı bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

7. DENEY UYGULAMASI

Bitüm emülsiyon deney numunesi alarak **TS EN 1431** standardına uygun, destilasyon (damıtma) ile numunenin ayrılan kalıntı bağlayıcı ve damıtık petrol ürünü içeriğini tayin ediniz.

Deney Adı : Bitüm Emülsiyonlarından Destilasyon (Damıtma) ile Ayrılan Kalıntı Bağlayıcı ve Damıtık Petrol Ürünü İçeriğinin Tayini

Deney Süresi : 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*Uygulama Kontrolü
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Numunenin alınması ve hazırlanması	• **TS EN 58**'e göre alınan laboratuvar numunesinin temiz ve homojen olmasına dikkat ediniz. • Standardına uygun şekilde deney numunesini alınız. • Numuneyi, TS EN 12594'e göre hazırlayınız. • 200±0,1 gram bitüm emülsiyon numunesi tartınız (A_m) ve darası alınmış damıtma cihazına yerleştiriniz.	
Termometrelerin damıtma cihazına yerleştirilmesi	• Termometrelerden birini, cıva haznesi damıtma cihazının tabanından 6,5±1 mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştiriniz. • Diğer termometreyi cıva haznesi damıtma cihazı tabanından 165±2 mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştiriniz.	
Halka brülörün yerleştirilmesi ve yakılması	• Halka brülörü, damıtma cihazının tabanından 152±2 mm uzaklığa yerleştiriniz. • Brülörü yakınız ve kısık ateşte ısıtınız.	
Damıtma işleminin tamamlanması	• Isı uygulamasına başladıktan sonraki 60±15 dakika içinde damıtma işlemini tamamlayınız.	
Kalıntı kütlesinin belirlenmesi (gerekiyorsa)	• Kalıntı üzerinden bağlayıcı yüzdesi belirlenecekse damıtma cihazını ve diğer malzemeleri soğutunuz. • Soğuduktan sonra damıtma cihazını ve diğer malzemeleri kalıntı kütlesini (B_m) belirlemek için tartınız.	
Kalıntının işlenmesi	• Numune içeren damıtma cihazını 260±5 ºC'ye kadar ısıtınız. • Dereceli silindirdeki damıtık petrol ürününün hacmini (D) 0,5 mL yaklaşımla kaydediniz.	

Su ve yağın ayrıştırılması	• Su ve yağın ayrışması için damıtılmış sıvıya 5 mL sodyum hidroksit çözeltisi ekleyiniz.	
Kalıntının eleğe alınması	• Eleği kalıntı ile aynı sıcaklıkta olacak şekilde ısıtınız. • Damıtma cihazının kapağını kaldırınız. • Kalıntıyı çalkalayınız ve 300 µm (mikron) eleğin üzerine boşaltınız.	
Test için kalıntıların aktarılması	• Yeterli miktarda kalıntıyı gerekli diğer testlerin uygulanması için uygun kalıplara transfer ediniz.	
Sonuçların hesaplanması	• Damıtmadan sonraki kalıntı bağlayıcıyı (r), ağırlıkça yüzde olarak hesaplayınız. • Damıtık petrol ürününün hacimce yüzdesini (o) hesaplayınız.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deneyde kullanılan araç gereci uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. • Deney sonrasında alanı ve çalışma tezgâhını temizleyiniz.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Kalıntı bağlayıcıyı %1, petrol ürününü %0,1 yaklaşımla ifade etmeyi unutmayınız. • Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.7. SU VE ÇÖZÜMLENME DENEYLERİ

Bitümlü malzemelerde su içeriği tayini deneyi, içinde bulunan suyun damıtma yoluyla ayrıştırılarak su miktarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Çözünürlük deneyinde amaç, bitüm bağlayıcının saflık derecesini belirlemektir. Kimyasal maddelerle bitüm çözdürülür ve bitümün içindeki çözünmeyen madde miktarı tespit edilir.

6.7.1. Damıtma Metoduyla Su Muhtevası Tayini (TS EN 1428)

Bitümlü bir emülsiyondaki su, suyla karışmayan bir sıvıdan taşıyıcı bir buhar yardımıyla damıtılır. Yoğunlaştırılmış çözücü (ksilen, toulen) içeren sıvı ve su, dereceli bir alıcıda sürekli olarak ayrılır. Su, alıcının derecelendirilmiş bölümünde kalır. Yoğunlaştırılmış çözücü içeren sıvı, damıtma balonuna geri döner.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21689

6.7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

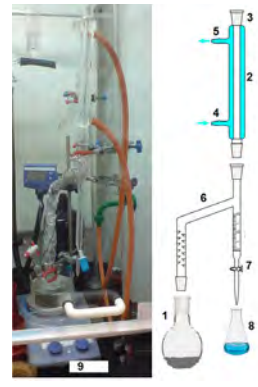
Alıcı: Kapasitesi 25 mL olmalı, 0,1 mL olarak derecelendirilmiş olmalıdır.
Cam Yoğuşturucu: Uzunluğu minimum 300 mm ve su soğutmalıdır.
Terazi: Uygun kapasiteli ve 0,01 gram hassasiyete sahip bir terazi kullanılır.
Ayrıca termo regülatörlü elektrikli ısıtıcı ve paslanmaz çelik tel kullanılır.

Reaktifler: Uygun çözücü içeren sıvı kullanılır, rutin deneyler için **ISO 5280**'e uygun ksilen önerilir.

Deney Düzeneği: Termo regülatörlü elektrikli ısıtıcı, bağlantı aparatı, cam yoğuşturucu, toplama kabı (erlenmayer), cam damıtma balonu ve cam damıtıcıdan oluşur (Görsel 6.18).

Damıtma Aparatı: Damıtma balonu, alıcı ve buzlu cam ek yerleri ile bağlanan soğutucudan oluşur.

Damıtma Balonu: 500 mL kapasiteli, alıcı üzerindeki geri akış tüpünü destekleyebilen, kısa boyunlu ve yuvarlak tabanlıdır.



1. Damıtma borusu
2. Yoğuşturucu (kondenser)
3. Tıpa
4. Soğutma suyu girişi
5. Soğutma suyu çıkışı
6. Damıtma alıcısısı (Dean Stark geri-dönüş tüpü)
7. Musluk
8. Toplama kabı (Erlenmayer-Cam mezür)
9. Elektrikli ısıtıcı

Görsel 6.18: Damıtma deney düzeneği

6.7.1.2. Deneyin Yapılışı

- Deney, normal laboratuvar koşulları altında 23±5 ºC'de gerçekleştirilir. Deneye başlamadan önce damıtma aparatının temiz ve kuru olduğundan emin olunur. 200 mL çözücü içeren sıvıya 100 mL su dökülür ve karışım yuvarlak tabanlı damıtma balonuna aktarılır (Görsel 6.19.a).
- Test edilecek emülsiyon numunesinden bir örnek alınır ve yuvarlak tabanlı damıtma balonunda tartılır (M_E) (Görsel 6.19b).
- Soğutucu tüpteki atmosferik nemin yoğunlaşmasını önlemek için aparat montajı gerçekleştirilerek (Görsel 6.19c) soğutucu tüpün tepesine gevşek bir hidrofil pamuk tıkacı takılır.
- Soğutucu ucundaki yoğuşma, kaynama hızı saniyede 2-5 damla olacak şekilde ayarlanarak damıtma balonu kaynama noktasına kadar ısıtılır (Görsel 6.19d).
- Soğutucu tüpünde su varsa ya da alıcının kenarlarına su yapışmışsa paslanmaz çelik tel ile yerinden çıkarılır.
- Damıtmaya, alıcıdaki su hacmi sabit oluncaya ve alıcının dışında hiç su kalmayıncaya kadar devam edilir.
- Soğutucu, çözücü içeren bir sıvı ile durulanır.
- Alıcıdaki su ve çözücü tabakaları arasında net bir ara yüzey oluşması beklenir. Daha sonra su hacmi 0,1 mL hassasiyetle okunarak kaydedilir (M_w) (Görsel 6.19e).
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereç uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.



a b c d e

Görsel 6.19: Bitüm emülsiyon su muhtevası deneyinin yapılışı

6.7.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Test edilen malzemenin su içeriği, ağırlıkça yüzde olarak aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır:

$$w = (M_W / M_E).100$$

M_W : Deney malzemesinden damıtılan su ağırlığı (g), derecelendirilmiş alıcıda toplanan su hacmi (mL) olarak da belirtilir.

M_E : Deneyde kullanılan emülsiyon ağırlığı (g)

Su içeriği ağırlıkça yüzde olarak %0,1 hassasiyetle ya da bilirkişi deneylerinde iki deneyin aritmetik ortalaması alınarak ifade edilir. Çift deneyler, sadece bilirkişi amaçları için yapılır. Rutin kontrollerde tek bir deney yapılmasına izin verilmektedir. Bitümde bulunan fazla su köpürmeye neden olabileceğinden su içeriği ağırlıkça %0,2'yi geçmemelidir.

Deney raporu; test edilen numunenin tam olarak tanımlanması ve türü, kullanılan standarda atıf, kullanılan çözücü türü, deneyin sonucu, gerçekleştirilen deney sayısı ve deney tarihi bilgilerini içerir.

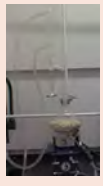
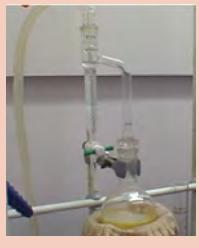
8. DENEY UYGULAMASI

Bitüm emülsiyon deney numunesi alarak **TS EN 1428** standardına uygun damıtma metodu ile numunenin su muhtevasını tayin ediniz.

Deney Adı : Bitüm Emülsiyonlarda Damıtma Metoduyla Su Muhtevası Tayini

Deney Süresi : 1 saat 30 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. • Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan kapların etiketli olmasına dikkat ediniz. • Kimyasal maddeleri kullanmadan önce etiketlerini dikkatlice okuyunuz. • Deneyde kullanılan çözücüler zehirli olduğundan çalışma ortamını iyi bir şekilde havalandırınız. • Kullanılan çözücüler insan ve çevre sağlığına zararlı olduğundan kesinlikle lavabo vb. yerlere dökmeyiniz.	
 Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	• Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz. • Ortam sıcaklığının 23±5 °C'de olmasına dikkat ediniz. • Deneyde kullanılacak araç ve gereçlerin öncesinden laboratuvara getirilerek ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Özellikle soğutucu tüpün kuru olduğundan emin olunuz. • Deneyden önce damıtma balonunun darasını alınız.	

 Çözücüye su ilave edilerek çözücünün damıtma balonuna aktarılması	• Çözücü olarak ksilen kullanınız. • Ölçüm yaparken dereceli beher ya da dereceli silindir kullanınız. • Çözücü ve su karışımı için en az 500 mL'lik dereceli beher kullanınız. • Karışımı damıtma balonuna aktarırken numune kaybı olmamasına dikkat ediniz.	
 Örnek bitüm emülsiyon numunesi tartımı	• Deney numunesini **TS EN 12954**'e göre hazırlayınız. • Örnek numune miktarını damıtma cihazı kapasitesini dikkate alarak belirleyiniz. • Numuneyi balona yerleştirirken özenli olunuz. Balonun içerisinde örnek emülsiyon numunesini tartınız (M_E).	
 Damıtma balonunun ısıtılması	• Soğutucu tüpteki atmosferik nemin yoğunlaşmasını önlemek için soğutucu tüpün tepesini tıkaç ile kapatmayı unutmayınız. • Kaynama hızını yoğunlaşmanın saniyede 2-5 damla olmasına dikkat edecek şekilde ayarlayınız. • Kaynama hızını ayarlayarak damıtma balonunu kaynama noktasına kadar ısıtınız. • Bu ayarları yaptıktan sonra yoğunlaşmayı bir süre takip ederek kontrol ediniz.	
 Damıtma işleminin yapılması	• Soğutucu tüpünde su varsa ya da alıcının kenarlarına yapışmışsa tüpü paslanmaz çelik tel ile yerinden çıkarınız ve soğutucuyu, çözücü sıvı ile durulayınız. • Damıtma işlemine alıcı haznesindeki su hacmi sabit oluncaya kadar devam ediniz. • Alıcı dışında deney düzeneğinde hiç su kalmadığından emin olunuz. • Alıcıdaki su ve çözücü tabakaları arasında net bir ara yüzey oluşana kadar bekleyiniz.	
 Damıtılan suyun okunması ve su içeriğinin hesaplanması	• Alıcı içerisindeki su hacmini 0,1 mL hassasiyetle dikkatli okuyunuz ve bu değeri 0,1 g hassasiyetle M_w olarak kaydediniz. • Su muhtevasını ağırlıkça yüzde olarak hesaplayınız.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temizleyiniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	

Sonuçların değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Su içeriğini ağırlıkça yüzde olarak %0,1 hassasiyetle ya da bilirkişi deneylerinde iki deneyin aritmetik ortalamasını alarak ifade ediniz. • Rutin kontrollerde tek bir deneyin, bilirkişi amaçlıda çift deneyin yapıldığını unutmayınız. • Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6.7.2. Çözünürlük (Çözümlenme) Tayini (TS EN 12592)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21691

Bitümlü bağlayıcının, saflığını belirlemek ve içeriğinde bulunan mineral kirliliği ölçmek amacıyla yapılan bu deneyde; trikloroetilen, karbon disülfit, karbon tetra klorür, toluen (metil benzen), ksilen vb. çözücüler kullanılır.

Deneyde kullanılan kimyasalların, zehirleme ve yanıcı özelliği bulunduğu için deneyden önce iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alındıktan sonra deneye başlanmalı ve deney uygulanmalıdır.

6.7.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Reaktifler: Trikloretilen ya da toluen (ISO 5272'ye uygun olmalı) veya ksilen (ISO 5280'e uygun olmalı) gibi çözücüler kullanılabilir.

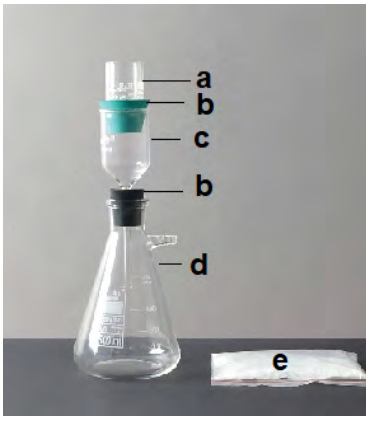
Terazi: 0,2 mg hassasiyette ve 0,1 mg okunabilirlikte olmalıdır.

Etüv: Sıcaklığı, kullanılan çözücünün kaynama noktasının 15-25 ºC üzerine çıkabilecek bir etüv kullanılır.

Erlenmayer: Çözeltilerin karıştırılmasında kullanılan, ağız kısmı ince ve uzun olan cam malzemedir. 100 mL kapasiteli, sıkıştırılmış mantar tıpası bulunan kap kullanılır.

Su Banyosu: 25±2 °C'ye ayarlanabilen numune kür ortamıdır.

Desikatör: Krozenin ortam sıcaklığına getirilmesinde kullanılır.



Görsel 6.20: Çözünürlük şişesi ve seti

Sinterlenmiş Cam Kroze (Kap): Dibi geçirgen delikli, yaklaşık olarak 30 mm çapında olan küçük cam kaplar (Görsel 6.20a) kullanılır.

Lastik veya Kauçuk Bağlantı Borusu: Cam krozeyi sabitlemek için kullanılır (Görsel 6.20b).

Süzme Hunisi: İç çapı 40 mm-42 mm arasında olan, krozenin yerleşebilmesini sağlayacak lastik veya kauçuk adaptörlü olmalıdır (Görsel 6.20c).

Süzme Şişesi (Süzme Erleni): Dibi düz, koni biçimli, kalın duvarlı, yanda çıkış borusu olan, 250 mL ya da 500 mL kapasiteli cam kaplar kullanılmalıdır (Görsel 6.20d).

Cam Tozu: Borosilikat cam tozu kullanılmalı, parçacık çapı yaklaşık 50 µm ile 80 µm arasında olmalıdır [Cam elyaf veya sınıf 934 filtre de kullanılabilir (Görsel 6.20e).].

6.7.2.2. Deneyin Yapılışı

- Numunenin su içermesi durumunda 100-200 g arasında temsilî bir miktar alınır. Alınan numune, 130 °C'yi geçmeyen bir sıcaklıkta bitüm köpüklenmesi bitene kadar sürekli karıştırılarak ısıtılır.
- Deneyin yapılacağı sıcaklık için kritik bir değer yoktur ve deney laboratuvar ortam sıcaklığında yapılabilir. Ancak referans deneyler için cam kap (kroze) ve çözücü içerisindeki numune, deneyden 1 saat önce 25±2 °C'de su banyosunda bekletilmelidir.
- 3±0,1 g temiz, kurutulmuş cam tozu veya cam elyaf tartılarak cam kroze içerisine aktarılır.
- Cam kroze, filtre kabının üzerine yerleştirilir ve az miktarda toluen (veya diğer çözücüler) ile cam tozu veya cam elyaf yıkanır. Kendiliğinden veya az miktarda vakumlanarak filtre kabına süzülmesi sağlanır. Yıkama işlemi birkaç kez tekrarlanır.
- Kroze, 30 dk. boyunca bir ısıtıcı üzerinde veya buhar banyosunda ısıtıldıktan sonra en az 20 dk. etüvde bekletilir.
- Numune, etüvden alınarak 25-35 dk. desikatörde soğutulur ve 0,1 mg hassasiyetle tartılır (M_1). Kurutma ve tartma işlemi iki tartım arasındaki fark 0,5 mg'ı geçmeyecek şekilde sabit kütleye gelene kadar tekrarlanır.
- 2±1 g deney numunesi, gerekirse ısıtılmış bir bıçak yardımıyla erlenmayer ya da uygun bir kap içerisine alınır. Numune ve kap ağırlığı 0,1 mg hassasiyetle tartılır (M_2).
- 100 mL çözücü (toluen vb.) azar azar kaptaki deney numunesi üzerine, numunenin tamamen çözülmesi için sürekli karıştırılarak aktarılır. Cam kap kapatılır ve en az 15 dk. bekletilir.
- Önceden hazırlanmış ve tartılmış kroze, süzme hunisine yerleştirilir.
- Numune çözeltisi dikkatlice krozeye aktarılır ve cam tozu veya cam elyaf tabakasından süzme erleni içerisine süzdürülür. Gerekirse hafif miktarda vakum ile süzdürme işlemi yapılabilir.
- Erlenmayer içerisinde, gözle görülür miktarda çözülmeyen madde varsa çözünmeyen kısım mümkün olduğu kadar kapta bırakılarak numune çözeltisi süzdürülür. Daha sonra erlanmayer içerisine bir miktar daha çözücü ilave edilir ve tekrar krozeden geçirilir. Kap içerisine yapışmış parçalar kalmışsa cam çubuk yardımıyla krozeye boşaltılır. Krozedeki çözünmeyen maddeler toluen ile süzüntü berraklaşıncaya kadar yıkanır ve vakum uygulanarak kalan çözücü (toluen) de uzaklaştırılır.
- Kroze, süzme hunisinden çıkarılır; alt kısmında çözünmeyen maddeler varsa vakum sonrası çözünmeyen dipteki maddeler yıkanır ve kroze 140 °C sıcaklıktaki etüvde en az 20 dk. bekletilir.
- Etüvden çıkarılan kroze, 25-35 dk. boyunca desikatörde soğumaya bırakılır; daha sonra 0,1 mg hassasiyetle tartılır (M_3). Kurutma ve tartma işlemi iki tartım arasındaki fark 0,5 mg'den az olana kadar tekrarlanır.
- Tüm işlemler ikinci numune için de aynı şekilde tekrarlanır.
- Deneyde kullanılan araç gereç uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılır ve sonuçlar değerlendirilir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

6.7.2.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Çözünmeyen malzemenin toplam kütle yüzdesi (X1) veya çözünebilen malzemenin kütle-yüzdesi (X_2) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$X_1 = [(M_2-M_3) / M_1].100$$
$$X_2 = 100- [(M_2-M_3) / M_1].100$$

X_1 : Çözünmeyen madde miktarı (%)
X_2 : Çözünen madde miktarı (%)
M_1 : Krozenin boş ağırlığı (g)
M_2 : Numune miktarı (g)
M_3 : Deney sonrası kroze ağırlığı (g)

Çözünürlük, çözünen maddenin ağırlıkça yüzdesi olarak X_2 veya %0,05 yaklaşımla iki geçerli tayinin ortalaması alınarak ifade edilir. Çözücü madde olarak karbon disülfit kullanılması hâlinde numunenin çözünen kısmının yüzdesi bitüm yüzdesi olarak tanımlanır. Bitüm bağlayıcılarda minimum %99 çözünürlük olmalıdır.

Deney raporu; test edilen numunenin tipi ve bilgileri, kullanılan standarda atıf, kullanılan çözücü, kullanıldıysa yardımcı filtrasyon ortamının türü (cam tozu, cam lifi, filtre), deney sonucu, deney tarihi bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

9. DENEY UYGULAMASI

Bitümlü bağlayıcılardan alınan deney numunesiyle **TS EN 12592** standardına uygun çözünürlük deneyini yaparak numunedeki çözünmeyen maddenin toplam kütle yüzdesini tayin ediniz.

Deney Adı : Bitümlü Bağlayıcılarda Çözünürlük (Çözümlenme) Deneyi
Deney Süresi : 3 saat 15 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. • Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan kapların etiketli olmasına dikkat ediniz. • Kimyasal maddelerin kullanmadan önce etiketlerini dikkatlice okuyunuz. • Deneyde kullanılan çözücüler zehirli olduğundan çalışma ortamını iyi bir şekilde havalandırınız, çözeltileri kesinlikle lavabo vb. yerlere dökmeyiniz.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	• Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz. • Ortam sıcaklığının 23±5 °C'de olmasına dikkat ediniz. • Deneyde kullanılacak araç ve gereçlerin öncesinden laboratuvara getirilerek ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Deneyinizin referans deney olması durumunda kroze ve numuneyi 25±2 °C'deki su banyosunda 1 saat bekletiniz.	

Bitümlü bağlayıcı deney numunesinin alınması ve numunenin hazırlanması	• Laboratuvar numunesinin homojen ve temiz olmasına dikkat ediniz. • Numune su içeriyorsa 100 g-200 g arasında temsilî deney numunesi alınız. • Deney numunesini 130 °C'yi geçmeyecek şekilde ısıtınız.	
 Cam tozu veya cam elyafın tartılması ve krozenin hazırlanması	• 3±0,1 g temiz ve kurutulmuş cam tozu veya cam elyafı, 0,1 mg hassasiyetli terazide tartarak cam kroze içerisine aktarınız. • Cam krozeyi, filtre kabının üzerine dikkatlice yerleştiriniz. • Az miktarda toluen (veya diğer çözücüler) ile cam tozu veya cam elyafı yıkayınız. • Çözücünün kendiliğinden süzülmesini bekleyiniz veya az miktarda vakumlayarak filtre kabına süzülmesini sağlayınız. • Yıkama işlemini birkaç kez tekrarlayınız.	
Cam elyafın krozeyle birlikte kurutulması ve kütlesinin bulunması	• Krozeyi önce 30 dk. boyunca ısıtıcı veya buhar banyosunda ısıttıktan sonra 140 °C sıcaklıktaki etüvde en az 20 dk. bekletiniz. • Etüvden çıkan numuneyi 25-35 dk. desikatörde soğutunuz ve 0,1 mg hassasiyetle tartınız. • Kurutma ve tartma işlemini iki tartım arasındaki fark 0,5 mg'ı geçmeyecek şekilde sabit kütleye gelene kadar tekrarlayınız. • Tartım sonucunu M_1 olarak kaydediniz.	
Bitüm bağlayıcı deney numunesinin tartılması	• 2±1 g kuru deney numunesini, kütlesi bilinen uygun bir kaba alınız. • Kap ve numuneyi 1 mg hassasiyetle tartınız ve kütlesini M_2 olarak kaydediniz.	
Çözücünün alınması ve numunenin çözdürülmesi	• 100 mL çözücü alınız. • Çözdürme işlemini uygun bir kapta yapınız. • Çözücüyü azar azar kaptaki deney numunesinin üzerine sürekli karıştırarak ekleyiniz. • Kabı, ağzını kapatarak 15 dk. dinlendiriniz.	

 Çözeltinin süzülmesi ve yıkanması	• Süzdürme işleminde içerisinde cam tozu veya cam elyafı bulunan krozeyi kullanınız. • Önceden hazırlanmış ve tartılmış krozeyi süzdürme hunisine yerleştiriniz. • Numune çözeltisini dikkatlice krozeye aktarın ve cam tozu veya cam elyaf tabakasından süzme erleni içerisine süzünüz. • Süzme işlemini dışarı taşırmadan dikkatli yapınız. • Kap içerisinde gözle görülen çözünmeyen madde kalmışsa içine bir miktar daha çözücü koyarak tekrar krozeden süzünüz. • Kap içine yapışan çözünmemiş parçaları cam çubuk (baget) yardımıyla krozeye boşaltınız. • Kroze içerisindeki maddeleri süzüntü berraklaşıncaya kadar çözücü ile yıkayınız. • Krozeyi bir vakum desikatörüne koyup kalan çözücüyü vakumlayarak uzaklaştırınız. • Krozenin alt kısmında çözünmeyen maddeler varsa vakum sonrası çözünmeyen dipteki bu maddeleri yıkayınız.	
Numunenin kurutulması ve tartılması	• Krozeyi 140 °C'deki etüvde en az 20 dk. kurutunuz. Süre sonunda etüvden çıkartıp desikatörde 25-35 dk. soğutunuz. • Kurutma ve tartma işlemini iki tartım arasındaki fark 0,5 mg'ı geçmeyecek şekilde, sabit kütleye gelinceye kadar tekrarlayınız. • Numune kütlesini 0,1 mg hassasiyetle tartarak M_3olarak kaydediniz. • Deneyi başka bir örnek numune ile ikinci kez tekrarlamayı unutmayınız.	
Sonuçların hesaplanması	• İki deney sonucundaki çözünmeyen maddelerin toplam kütle yüzdesini (X_1) veya çözünebilen maddelerin kütle yüzdesini (X_2) hesaplayınız.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Kullanılan araç gereci uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak dikkatlice temizleyiniz. • Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamını temizleyiniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Sonuçların değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Çözünen veya çözünmeyen maddelerin yüzdesini %0,05 yaklaşımla iki geçerli sonucun ortalamasını alarak ifade ediniz. • Çözücü madde olarak karbon disülfit kullanıldığında numunenin çözünen kısmının yüzdesinin bitüm yüzdesi olduğunu unutmayınız. • Bitüm bağlayıcılarda minimum %99 çözünürlük olduğunu gözlemleyiniz. • Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6.8. ISITMA (ISI) KAYBI VE PARLAMA (ALEVLENME) NOKTASI TAYİNİ

Isıtma kaybı tayini deneyi, bitümlü karışımların hazırlanması ve serilmesi sırasında oluşan yüksek ısı nedeniyle bitüm miktarında meydana gelen malzeme kaybını tespit etmek için yapılmaktadır.

Parlama noktası tayini deneyinde ise bitümlü bağlayıcının yanmaya karşı koyabileceği maksimum sıcaklık tespit edilir. Malzemenin alev alma riskine karşı kullanım koşullarının önceden belirlenmesi amaçlanmaktadır.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21692

6.8.1. Isıtma Kaybı Deneyi (TS EN 12607-2, ASTM 1754)

Isıtma kaybı deneyi, bitümlü bağlayıcının ince bir film tabakası hâlinde yüksek sıcaklıktaki etüvde belirli bir süre ısıtıldığında kütlesinde meydana gelen kaybı ya da kinematik viskozite gibi özelliklerindeki değişime göre ısının ve havanın etkilerini belirlemek için yapılmaktadır.

6.8.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Termometreler: 110 ºC ile 170 ºC sıcaklıkta ölçüm yapabilecek, 0,5 ºC bölünmüş cıvalı termometre kullanılır.

Terazi:±10 mg hassasiyetle ölçüm yapabilen bir terazi kullanılır.

Etüv: Ön kapağı camlı, iç ölçüleri 30x30x30 cm boyutlarında olan, elektrik ile ısıtılan, 163±1 ºC sıcaklığa ayarlanabilen ve sıcaklığı otomatik olarak kontrol eden bir cihaz kullanılır. Üzerine monte edilen dişli bir motor yardımıyla içinde dakikada 5-6 devir yapabilen ve üzerinde en az 14 cm çaplı iki numune kabı taşıyan, yatay döner raf bulunmaktadır (Görsel 6.21).

Kap: İç çapı 140±1 mm, derinliği 9,5±0,5 mm ve et kalınlığı yaklaşık 1 mm olan paslanmaz çelik veya alüminyumdan yapılmış; içine bitümlü bağlayıcı numunesi koymaya yarayan, hasar görmemiş kaplar kullanılır.



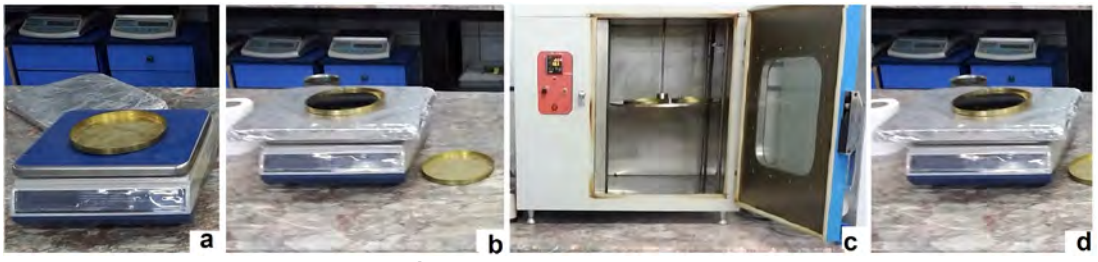
Görsel 6.21: İnce film hâlinde ısıtma etüvü ve taşıyıcı rafı

6.8.1.2. Deneyin Yapılışı

- Metal kaplar numaralandırılır ve Görsel 6.22a'daki gibi ayrı ayrı tartılarak kütleleleri kaydedilir (M_0).
- Önceden ısıtılmış ve karıştırılarak homojen hâle gelmiş bitümlü bağlayıcı numunesinden

her kap içine 50±0,5 g dökülür. Numuneler 30 dk. boyunca oda sıcaklığında soğumaya bırakılır ve 0,1 mg hassasiyetle tartılır (M_1) (Görsel 6.22b).

- Deney sıcaklığına erişmiş (163±1 ºC) etüvdeki dairesel rafa hızlı bir şekilde deney numunesi içeren kaplar yerleştirilir ve raf döndürülür (Görsel 6.22c).
- Deney numunesi 5 saat boyunca etüvde bekletilir. Numunelerin etüvde 5 saat 15 dakikadan daha fazla kalmamasına dikkat edilmelidir.
- Bekleme süresi sonunda numuneler etüvden çıkarılarak 30 dk. oda sıcaklığına kadar soğutulur ve 1 mg hassasiyetle tartılır (M_2) (Görsel 6.22d).



Görsel 6.22: İnce film hâlinde ısıtma kaybı deneyi

- Aynı etüvde aynı anda farklı tür numuneler test edilemez.
- Deneyde kullanılan araç gereç, uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

6.8.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Deney sonucunda, her kaptaki bitümlü bağlayıcı numunesindeki kütlece değişim yüzdesi (bitüm ısıtma kaybı) aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanır. İki numunenin deney sonuçlarının aritmetik ortalaması alınır ve ısıtma kaybı değeri olarak kaydedilir.

$$M = [(M_2-M_1) / (M_1-M_0)].100$$

M : Kütlece değişim yüzdesi (bitüm ısıtma kaybı)
M_0 : Boş kabın kütlesi (g)
M_1 : Deneyden önce numune dolu kabın kütlesi (g)
M_2 : Deneyden sonra numune dolu kabın kütlesi (g)

Sonuç olarak deney numunesi kütlesindeki azalış negatif yüzde, artış ise pozitif yüzde şeklinde ifade edilir. Kütledeki değişim, geçerli iki sonucun ortalaması alınarak kaydedilir. Isıtma kaybı ne kadar az ise bitümün durabilitesi (dayanıklı, sağlam) o kadar yüksektir. Yol kaplama karışımlarında kullanılacak bitümlerin, ağırlık olarak %1'den fazla kaybı olmamalıdır.

Bitüm numunesine ısıtma kaybı deneyinden sonra tekrar penetrasyon ve düktilite testi uygulanarak penetrasyon ve düktilite azalması belirlenir. Bu azalma ne kadar az ise durabilite o kadar yüksek demektir.

Deney raporu; test edilen numunenin tipi ve bilgileri, kullanılan standarda atıf, deneyin yapıldığı sıcaklık değeri, deney sonucu, deney tarihi bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

1. DENEY UYGULAMASI0

Bitümden numune alıp **TS EN 12607-2** standardına uygun olarak ince film hâlinde ısıtma kaybı deneyi ile numunenin kütlece ortalama yüzde kaybını tayin ediniz.

Deney Adı : İnce Film Hâlinde Isıtma Kaybı Deneyi

Deney Süresi : 1 saat uygulama, 5 saat bekleme, 30 dakika uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. • Laboratuvar ortamında çalışırken arkadaşlarınızın dikkatinin dağılmaması için yüksek sesle konuşmayınız. • Kimyasal maddelerin tadına bakmayınız ve maddeleri koklayarak solumayınız. • Deney sırasında ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Deneye başlamadan, TFOT etüvünü (163±1 °C) deney sıcaklığına ayarlamayı unutmayınız.	
Deney numunesinin alınması ve numunenin deneye hazırlanması	• Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olup olmadığına dikkat ediniz. • **TS EN 12594**'e göre bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. Deney numunesinde su olmamasına dikkat ediniz. • Katı veya yarı katı bitümlü bağlayıcı numuneleri, deneyi yapılan maddeye uygun olan ve sıkıca kapatılabilen sızdırmaz kaplara koyunuz. • Deney numunesini bir kaba koyarak etüvde ısıtınız ve iyice karıştırarak homojenleştiriniz.	
 Boş ve dolu numune kaplarının tartılması	• Numune kaplarını numaralandırınız ve ayrı ayrı tartarak kütlelelerini kaydediniz (M_0). • Önceden ısıtılmış ve hazırlanmış bitümlü bağlayıcı numunesinden her kap içine 50±0,5 g dökünüz. • Numuneleri 30 dk. boyunca oda sıcaklığında soğumaya bırakınız ve 0,1 mg hassasiyetle tartınız (M_1).	

 Numune kaplarının deney cihazındaki döner rafa yerleştirilmesi	• Deney sıcaklığına (163±1 ºC) gelmiş etüvdeki dairesel rafa, hızlı bir şekilde deney numunelerini içeren kapları yerleştiriniz ve rafı döndürünüz. • Deney numunelerini 5 saat boyunca etüvde bekletiniz. Numunelerin etüvde 5 saat 15 dakikadan daha fazla kalmamasına dikkat ediniz.	
 Isıtmadan sonra soğutulan numunenin tartılması	• Bekleme süresi sonunda numuneleri etüvden çıkarınız. • Numuneleri, oda sıcaklığına kadar 30 dk. soğuttuktan sonra 1 mg hassasiyetle tartınız (M_2).	
Kütlece değişim yüzdelerinin hesaplanması	• Her kaptaki bitümlü bağlayıcı numunesindeki kütlece değişim yüzdesini (bitüm ısıtma kaybını) hesaplayınız. • Kütledeki değişimi geçerli iki sonucun ortalamasını alarak kaydediniz.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deneyde kullanılan araç gereci uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. • Deney sonrasında çalışma alanını ve tezgâhını temizleyiniz.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Deney numunesi kütlesindeki azalışı negatif yüzde, artışı ise pozitif yüzde şeklinde ifade ediniz. • Isıtma kaybı ne kadar az ise bitümün durabilitesinin (dayanıklı, sağlam) o kadar yüksek olduğunu unutmayınız. • Yol kaplamasında kullanılacak bitümlerde ağırlık olarak %1'den fazla kaybın olmamasına dikkat ediniz. • Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6.8.2. Parlama (Alevlenme) ve Yanma Noktası Tayini (Cleveland Açık Kap Metodu ile -TS EN ISO 2592)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21693

Bu deney, **TS EN ISO 2592** standardına göre Cleveland (Klivlend) açık kap yöntemi kullanılarak 79 ºC-400 ºC arasında olan bitüm ve bitümlü bağlayıcıların parlama ve yanma noktalarının tayinini kapsar.

Parlama noktası; belirtilen deney şartları altında bir tutuşturma kaynağının deney numunesi buharını tutuşturduğu en düşük sıcaklığın 101,3 kPa basınca göre düzeltilmiş değeridir. **Yanma noktası** ise belirtilen deney şartları altında, bir tutuşturma kaynağının deney numunesi buharını tutuşturduğu ve en az 5 saniye yanmasını sürdürdüğü en düşük sıcaklığın 101,3 kPa (760 mm-Hg) basınca göre düzeltilmiş değeridir.



Bitüm ve yavaş kür olan (SC) sıvı petrol asfaltlarında Cleveland açık kabı; orta kür (MC) ve hızlı kür (RC) olan sıvı petrol asfaltlarında ise Tagliabue (taglibu) kapalı kabı (15-74 °C aralığı için) kullanılarak parlama noktası deneyi yapılmaktadır.

6.8.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Temizleme Çözücüsü: Numune izlerinin deney kabından ve kapaktan çıkarılması için kullanılır. Deney kabında daha önce çalışılan malzeme yapışkan malzeme ise toluen, aseton-metanol karışımı; yağlı malzeme ise toluen kullanılabilir.

Çelik Yünü (Bulaşık Teli): Kaba zarar vermeden karbon kirlerini temizleyebilecek özellikte olmalıdır.

Barometre: 0,1 kPa çözünürlüğe sahip ve 0,5 kPa hassasiyette olmalıdır.

Isıtma Banyosu veya Etüv: Isıtma banyosu, gerektiğinde numuneyi ısıtmak için sıcaklığı±5 °C toleransla kontrol edilebilmelidir. Etüv, havalandırmalı tipte olmalı ve numune ısıtıldığında oluşabilecek yanıcı buharların tutuşmasını engelleyecek şekilde yapılmış olmalıdır.

Parlama ve Yanma Noktası Cihazı: Bitümlü bağlayıcıların parlama ve yanma noktalarının tespitinde kullanılır. Koruyucu metal kafesli, elektrikli, ısıtıcılı cihazdır. Bu cihaz; pirinç deney kabı, ısıtma levhası, deney alevi çubuğu ve termometreden (-6 ºC ile 400 ºC) meydana gelmektedir (Görsel 6.23). Standarda uygun otomatik deney cihazları kullanılabilir (Görsel 6.24). Her deney öncesi cihaz, temiz ve kuru olmalıdır. Deney cihazı, sertifikalı referans doğrulama sıvısıyla yılda en az bir defa doğrulanır.



Görsel 6.23: Cleveland açık kap cihazı

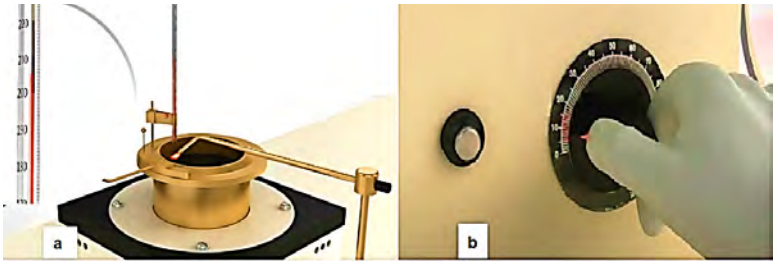


Görsel 6.24: Otomatik Cleveland açık kap cihazı

6.8.2.2. Deneyin Yapılışı

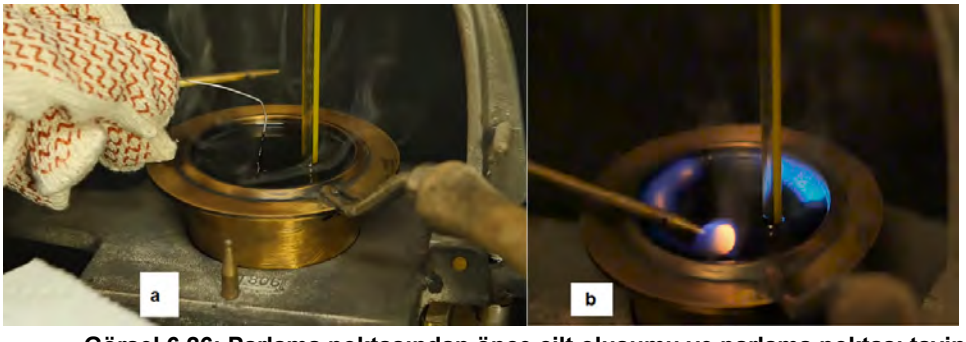
- **EN 12594**'e göre hazırlanan bitümlü bağlayıcı deney numunesinde kesinlikle su bulunmamalıdır.
- Deney numunesi bir kapta 140-160 °C'de ısıtılır ve iyice karıştırılarak homojen hâle getirildikten sonra ağzı kapaklı cam veya metal kaplara konur.
- 56 °C sıcaklık altında bulunan deney kabına, yüzeyinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde varsa seviye çizgisine kadar ya da üstten 1 cm boşluk kalacak şekilde bitümlü bağlayıcı numunesi doldurulur. Doldurma sırasında kaptan numune taşmışsa temizlik işleminden sonra doldurma işlemi yeniden yapılmalıdır. Ancak kaptan taşmadan doldurulan fazla numune pipetle alınabilir. Numune 30 °C'nin altındaki sıcaklıklarda saklanır.

- Deney sırasında, deney cihazı yakınında barometre kullanılarak ortamın barometrik basıncı kaydedilir.
- Deney kabı üzerine kapak koyularak ısıtma odacığına yerleştirilir. Konumlandırma veya kilitleme aracının uygun şekilde yerine oturması sağlanır ve termometre haznenin tabanı ile desteklenerek dik konumda yerleştirilir.
- Deney alevi yakılır ve cihaz ucunun çapı 3,2 mm ile 4,8 mm olacak şekilde ayarlanır. Başlangıçta sıcaklık artışı 5-17 ºC/dk. arasında değişmektedir. Deney sıcaklığı tahmin edilen parlama noktasının yaklaşık 56 ºC aşağısına gelene kadar uygulanır (Görsel 6.25a).
- Beklenen parlama noktasından 28 ºC öncesine ulaşıldığında sıcaklık artış hızı 5-6 ºC/dk.ya düşürülerek deney alevi, deney kabının üzerinden yaklaşık 1 saniyede geçirilerek uygulanır (Görsel 6.25b).



Görsel 6.25: Deney alevinin uygulanması ve sıcaklığın ayarlanması

- İlk uygulamadan sonra test alevi, parlama noktasına ulaşılana kadar 2 °C aralıklarla uygulanmalıdır.
- Parlama noktasına ulaşılmadan önce numunenin yüzeyinde bir cilt oluşursa bir cam çubuk veya ataş ile dikkatlice kenara itilir (Görsel 6.26a).
- Deney süresince, deney kabındaki buhara dikkat edilir. Parlama noktası, deney numunesinin buharının tutuştuğu en düşük sıcaklık olarak kaydedilir (Görsel 6.26b).



Görsel 6.26: Parlama noktasından önce cilt oluşumu ve parlama noktası tayini

- Deney başlangıcındaki numunenin hacmi, deney sonunda %50'nin altına düşerse parlama noktası deneyi sonuçları etkilenir.
- Deney alevinin ilk uygulama sıcaklığından 18 ºC daha düşük bir değer elde edilirse bu değer, geçersiz sayılır. Deney yeni bir deney numunesi kısmı alınarak tekrarlanır.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereç uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Yanma noktası tayininde; parlama noktası tayini metodundaki işlemler uygulanır. Daha sonra deney numunesinin sıcaklığı 5-6 ºC/dk. artana kadar ısıtmaya devam edilir. Alev uygulamasına, 2 ºC'lik aralıklarda deney kısmının buharı tutuşup en az 5 saniye yanıncaya kadar devam edilir. Bu değer, yanma noktası olarak kaydedilir. Alev 5 saniyeden fazla devam ederse metal bir kapak ya da yangına dayanıklı bir malzeme ile söndürülür.

6.8.2.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Eğer barometrik basınç okuması kPa haricinde bir birimle ölçülmüşse aşağıdaki denklemlerden biri kullanılarak birim kPa'ya dönüştürülür:

hPa cinsinden okuma x 0,1 = kPa
mbar cinsinden okuma x 0,1 = kPa
mmHg cinsinden okuma x 0,1333 = kPa

Gözlenen Parlama Noktası ya da Yanma Noktası Değerlerinin Standart Atmosferik Basınca Dönüşümü

Standart atmosferik basınç olan 101,3 kPa'ya düzeltilen parlama ya da yanma noktası (T_c), aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$T_c = T_0 + 0{,}25.(101{,}3 - p)$$

T_0 : Ortam barometrik basıncında parlama ya da yanma noktası (ºC)
p : Ortam barometrik basıncı (kPa)

Deney sonuçları, parlama ya da yanma noktası en yakın tam sayıya yuvarlanarak ºC cinsinden rapor edilir.

Deney raporu; deney tarihi, deneye tabi tutulacak numunenin tipi ve tam olarak tanımlanması,kullanılan standarda atıf ve deney sonucu bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

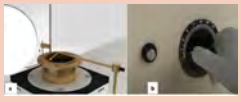
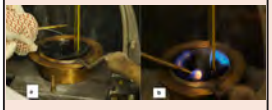
1. DENEY UYGULAMASI1

Parlama (alevlenme) noktası 79 ºC-400 ºC arasında olan bitüm veya bitümlü bağlayıcılardan numune alarak **TS EN ISO 2592** standardına göre Cleveland açık kap yöntemi ile parlama noktasını tayin ediniz.

Deney Adı : Cleveland Açık Kap Metodu ile Parlama ve Yanma Noktası Tayini Deneyi
Deney Süresi : 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	

 Deney cihazının hazırlanması	• Deney cihazını, aşırı ışık olmayan deney ortamında düz ve sabit bir yüzeye yerleştiriniz. • Deney kabını uygun bir temizleme çözücüsü ile temizleyiniz ve sonra etüvde kurutunuz. Deney kabında, karbon içeren bir malzeme kalmışsa bulaşık teli ile temizleyiniz. • Deney kabını kullanmadan önce beklenen parlama noktasının en az 56 ºC altına kadar soğutunuz. • Termometreyi, kabın tabanı ile destekleyerek dik konuma getiriniz.	
Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	• Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olup olmadığına dikkat ediniz. • **TS EN 12594**'e göre bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. Deney numunesinde su olmamasına dikkat ediniz. • Deney numunesini bir kapta ısıtınız ve iyice karıştırarak homojenleştiriniz. • Numuneleri, deneyi yapılan maddeye uygun, sıkıca kapatılabilen sızdırmaz kaplara koyunuz. • Katı veya yarı katı bitümlü bağlayıcı numuneleri, deneyi yapılan maddeye uygun olan ve sıkıca kapatılabilen sızdırmaz kaplara koyunuz. Beklenen parlama noktasının (56 °C) altındaki değeri aşmayacak çalışma sıcaklığına kadar (140- 160°C) ısıtınız ve hafifçe karıştırarak homojen hâle getiriniz.	
 Deney numunesinin deney kabına doldurulması	• Ortam sıcaklığında sıvı hâlde olan numuneleri hafifçe çalkalayınız. Bu sırada uçucu madde kaybını en aza indirmeye özen gösteriniz. • Yüzeyinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde, varsa seviye çizgisine kadar ya da üstten 1 cm boşluk kalacak şekilde bitümlü bağlayıcı numunesini deney kabına doldurunuz ve 30 °C'nin altındaki sıcaklıkta saklayınız. • Deney kabına fazla numune dökülmesi hâlinde pipetle fazlalık kısmı alınız. Kabın dış kısmına malzeme dökülmüşse kabı boşaltınız ve temizleyerek yeniden doldurunuz. • Deneyin son aşamasına kadar numunede hava kabarcığı veya köpük oluşumu devam ediyorsa deneyi iptal ediniz.	
Ortam basıncının ölçülmesi	• Deney sırasında, deney cihazı yakınında barometre kullanarak ortamın barometrik basıncını ölçünüz.	
Numune kabının deney cihazına yerleştirilmesi	• Numune kabını, deney cihazındaki yerine uygun şekilde oturtunuz ve termometreyi içine yerleştirerek dik konuma getiriniz.	

 Deney alevi ve sıcaklığının ayarlanması	• Deney alevini yakarak cihaz ucunu çapı 3,2 mm ile 4,8 mm olacak şekilde ayarlayınız. • Başlangıçta 5-17 ºC/dk. sıcaklık artışı olacak şekilde deney sıcaklığını tahmin edilen parlama noktasının (yaklaşık 56 ºC) altına gelene kadar ısıtınız. • Beklenen parlama noktasının 28 ºC öncesine ulaşıldığında sıcaklık artışını 5-6 ºC/dk.ya düşürerek deney alevini uygulayınız. • İlk uygulamadan sonra test alevini, parlama noktasına ulaşılana kadar 2°C aralıklarla uygulayınız.	
 Parlama noktası öncesi oluşan cilt oluşumunun temizlenmesi ve parlama noktasının tespit edilmesi	• Parlama noktasından önce numunenin yüzeyindeki cilt oluşumunu bir cam çubuk veya ataş ile dikkatlice kenara ittiriniz. • Deney süresince, deney kabı üzerindeki numune buharını dikkatlice gözlemleyiniz. • Deney numunesinin buharının tutuştuğu en düşük sıcaklığı, parlama noktası olarak °C cinsinden kaydediniz.	
Parlama noktasının standart atmosferik basınca göre düzeltilmesi ve deney sonuçlarının hesaplanması	• Barometrik basınç okuması, kPa haricinde bir birimle ölçülmüşse standart atmosferik basıncı kPa birimine dönüştürünüz. • Standart atmosferik basınç olan 101,3 kPa'ya düzeltilen parlama noktasını (T_c) hesaplayınız.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi	• Deney başlangıcındaki numune hacmi deney sonunda %50'nin altına düşmüşse bu durumun parlama noktası deney sonuçlarını etkilediğini unutmayınız. • Deney alevinin ilk uygulama sıcaklığından, 18 ºC daha düşük bir değer elde edilirse bu değeri geçersiz sayınız. Yeni bir deney numunesi kısmı alarak deneyi tekrarlayınız.	
Deney araç gerecinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deneyde kullanılan araç gereci uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. • Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamını temizleyiniz.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi bitümlü bağlayıcının yoğunluğunu belirlemek için kullanılan deney yöntemidir?

A) Damıtma
B) Düktilite
C) Piknometre
D) Su muhtevası
E) Viskozite

2. Normal şartlarda sıvı hâldeki ham petrol, sıvı petrol ürünleri ve petrol dışı ürünlerin 15 °C'deki özgül ağırlıkları aşağıdaki deney yöntemlerinden hangisiyle belirlenir?

A) Damıtma
B) Düktilite
C) Hidrometre
D) Piknometre
E) Viskozite

3. Bitümlü bağlayıcılardan numune alma aşağıdaki standartlardan hangisine göre yapılır?

A) TS EN 58
B) TS EN 1426
C) TS EN 1431
D) TS EN 12594
E) TS EN 12607-2

4. Bitüm penetrasyon (iğne batma derinliği) deneyinde uygulama yükü ve yükleme süresi sırasıyla aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) 25 g, 5 sn.
B) 50 g, 10 sn.
C) 75 g, 10 sn.
D) 100 g, 5 sn.
E) 100 g, 10 sn.

5. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılara uygulanan penetrasyon (iğne batma derinliği) deneyinin amacı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Dayanımı belirlemek
B) Dayanıklılığı tespit etmek
C) Kıvamını tespit etmek
D) Özgül ağırlığını bulmak
E) Viskozitesini ölçmek

6. Yavaş kür olan (SC sınıfı) katbek asfaltların kıvamlılığını belirlemek için kullanılan deney yöntemi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Düktilite
B) Özgül ağırlık
C) Penetrasyon
D) Yumuşama noktası
E) Yüzme

7. Numune halkaları ısıtılmış bitümle doldurulduktan sonra numuneler, yumuşama noktasının 10 °C altındaki bir değere kadar en az ne kadar süre ile oda sıcaklığında soğutulmalıdır?

A) 20 dk.
B) 30 dk.
C) 45 dk.
D) 1 saat
E) 2 saat

8. Bitümün standart yük şartı altında, katıdan işlenebilir bir akışkanlığa geçtiği andaki sıcaklığı belirlemek için aşağıdaki deney yöntemlerinden hangisi kullanılır?

A) Çözünürlük
B) Düktilite
C) Özgül ağırlık
D) Yumuşama noktası
E) Yüzme

9. Viskozite deneyi ile 60 ºC ve 135 ºC'de olan belirli hacimdeki bitümlü bağlayıcıların hangi fiziksel özelliği ölçülür?

A) Akma özelliği
B) Çözünme durumu
C) Esnekliği
D) Özgül ağırlığı
E) Yumuşama durumu

10. Kuvvet ölçümlü düktilite deneyinde, deney uygulama sıcaklığı ve numune çekme hızı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 5 ºC ve 5 mm/dk.
B) 10 ºC ve 5 mm/dk.
C) 15 ºC ve 10 cm/dk.
D) 25 ºC ve 50 mm/dk.
E) 25 ºC ve 50 cm/dk.

11. Yüzeyi düzeltilmiş düktilite deney numuneleri, deneyden önce kalıpla birlikte kaç dakika deney sıcaklığındaki su banyosunda bekletilir?

A) 30
B) 45
C) 60
D) 75
E) 90

12. Bitüm emülsiyonlarından damıtma ile ayrılan kalıntı bağlayıcı ve damıtık petrol ürünü içeriğinin tayini için alınacak deney numunesinin miktarı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 100 g
B) 200 g
C) 400 g
D) 800 g
E) 1000 g

13. Birbiri içerisine homojen olarak karışmış sıvıları, kaynama noktalarından faydalanıp buharlaştırdıktan sonra yoğuşturarak yapılan ayırma işlemine ne ad verilir?

A) Buharlaştırma
B) Çöktürme
C) Çözünme
D) Destilasyon
E) Süzülme

14. Bitüm emülsiyonlarda su muhtevası tayini deneyinde, damıtma balonunun ısıtılması ve kaynama hızının ayarlanması aşağıdakilerden hangisine bağlıdır?

A) Soğutucu ucunda saniyede oluşan 2-5 damla yoğuşmaya
B) Kaynama noktasının 23±5 ºC sıcaklıkta olmasına
C) Soğutucu tüpünde biriken su miktarına
D) 5 dakikadaki kaynama hızına
E) Bitüm emülsiyon numunesinin temiz ve homojen olmasına

15. Bitüm emülsiyonlarda su muhtevası tayini deneyinde, rutin deneylerde kullanılması için önerilen çözücü ve miktarı aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) 50 mL karbon tetra klorür
B) 100 mL trikloroetilen
C) 150 metil benzen
D) 200 mL ksilen
E) 250 mL karbon disülfit

16. Çözünürlük deneyi, bitümlü bağlayıcıların hangi özelliğini belirlemek amacıyla yapılır?

A) Akış süresi
B) İçeriğinde bulunan mineral kirliliği ve saflığı
C) Uzama kabiliyeti
D) Parlama noktası
E) Yoğunluğu

17. Aşağıdaki organik çözücülerden hangisi bitümlü bağlayıcıların çözünürlük derecesini belirlemede referans testleri için kullanılır?

A) Trikloroetilen
B) Toluen (metil benzen)
C) Karbon tetra klorür
D) Karbon disülfit
E) Ksilen

18. Bitümlü karışımların hazırlanması ve serilmesi sırasında yüksek ısı nedeniyle bitüm miktarında meydana gelen malzeme kaybı aşağıdaki deneylerden hangisi ile tespit edilir?

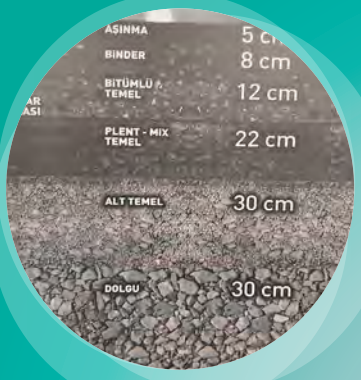
A) İnce film hâlinde ısıtma
B) Düktilite
C) Su muhtevası
D) Parlama noktası
E) Viskozite

19. Bitüm veya bitümlü bağlayıcılara ince film tabakası hâlinde uygulanan ısıtma deneyi ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?

A) Metal kaplara dökülen numuneler, 15 dakika boyunca oda sıcaklığında soğumaya bırakılmalı.
B) Numuneler en az 6 saat etüvde tutulmalı.
C) 10 g bitüm numunesi, 140 ºC'de 2 saat boyunca etüvde ısıtılmalı.
D) 50 g bitüm numunesi, 163 ºC'de 5 saat boyunca etüvde ısıtılmalı.
E) Deney için dört adet numune hazırlanmalı.

20. Cleveland açık kap metodunda, deney kabına numune doldurulurken aşağıdakilerden hangisine dikkat edilmelidir?

A) Kabın tamamı dolacak şekilde doldurulmalıdır.
B) Hava kabarcıkları görünecek şekilde kabın yarısına kadar konulmalıdır.
C) Deney kabından taşacak şekilde boşluk bırakmadan doldurulmalıdır.
D) Deney kabının yarısına numune konulduktan sonra üstüne su eklenerek tamamlanmalıdır.
E) Yüzeyinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde üstten 1 cm boşluk bırakarak doldurulmalıdır.







7. ÖĞRENME BİRİMİ

BİTÜMLÜ TABAKA DENEYİ

KONULAR

7.1. BİTÜMLÜ TABAKA KARIŞIM DİZAYNI
7.2. BİTÜMLÜ TEMEL DİZAYNI
7.3. BİNDER TABAKASI DİZAYNI
7.4. AŞINMA TABAKASI DİZAYNI

TEMEL KAVRAMLAR

- Hweem dizayn yöntemi
- Karışım dizaynı
- Marshall dizaynı
- Superpave dizayn yöntemi

GİRİŞ

Bitümlü karışımlar, agrega ile bitümlü bağlayıcı malzemenin belli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Bu karışımlar serbest agrega malzemesine göre çok pahalı olduklarından yol inşasında çoğunlukla kaplama tabakalarının yapımında kullanılır. Bitümlü karışımlar, karışımda kullanılan bitümün ısıtılıp ısıtılmamasına bağlı olarak sıcak karışımlar ve soğuk karışımlar olmak üzere ikiye ayrılır. Ayrıca karışımlar yapıldıkları yere bağlı olarak yolda karışım ve plentte karışım olmak üzere de ikiye ayrılır.

Bitümlü sıcak karışım (BSK), hem asfalt bağlayıcının hem de agreganın uygun sıcaklıkta ısıtılıp belli oranlarda plentte karışımıyla elde edilmekte ve kaplamaları; "aşınma", "binder" ve "bitümlü temel" tabakalarında kullanılmaktadır. Bitümlü sıcak karışım, karışımda kullanılan agrega granülometrisi sınıflarına göre dört gruba ayrılır.

Açık Gradasyonlu Sıcak Karışımlar: Bu karışımlarda ince agrega oranı çok az, dolayısıyla boşluk oranı çok olup %12'den fazladır. Makadam tipi kaplamalar bu sınıfa girer.

Kesikli Gradasyonlu Sıcak Karışımlar: Ara boyutlu malzemenin çok az olduğu veya hiç olmadığı karışımlardır. Boşluk oranı %8-12 arasında olan bu tür karışımlar, pürüzlü bir yüzey verir ve tekerlek izine karşı yüksek dirençlidir.

Yoğun Gradasyonlu Sıcak Karışımlar: Agrega granülometrisi düşük boşluk verecek şekilde süreklilik gösteren karışımlardır. Boşluk oranı %8'den azdır. Bitümlü temel ve asfalt betonu (binder ve aşınma tabakaları) bu sınıfa girer

Harç Tipi Karışımlar: Bu karışımların ince malzeme oranı fazladır. Kaba agrega, ince malzeme ve bitüm karışımı içinde dağılmış hâlde bulunur. Bu tür karışımlarda boşluk oranı çok düşüktür, bitüm yüzdesi çok yüksek olduğundan penetrasyonu düşük asfalt kullanılır. Beton ve çelik köprüler üzerinde de kullanılan mastık asfalt ve gussasfalt bu tür kaplamalara örnek olarak verilebilir.



Makadam kaplama, en büyük tane çapı 7 cm olan kırılmış taşların döşenip silindir geçirilerek oluşturulduğu yol kaplamasıdır.

Karışımların dizayn edilmeleri sırasında aşağıdaki fiziksel ve mekanik özellikler dikkate alınır:

Stabilite: Asfalt kaplamanın stabilitesi; asfaltın trafik yüklerine, ötelenmesine ve tekerlek izleri oluşmayacak şekilde direnç gösterme yeteneğidir. Ayrıca stabilite, agregalar arası içsel sürtünmeye ve bitüm-agrega kohezyonuna bağlı olarak değişir.

Durabilite: Bir karışımın durabilitesi, karışımdaki asfaltın özelliklerinin değişmesine (oksidasyon vb.), agreganın kırılmasına ve asfaltın agreganın yüzeyinden soyulmasına karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilir. Bu faktörler iklim, trafik veya her ikisinin birleşimi sonucu ortaya çıkar. Yüksek durabilite; yüksek asfalt %'si kullanarak, yoğun gradasyonlu soyulma direnci yüksek agrega kullanarak ve karışımı en yüksek geçirimsizlik verecek şekilde dizayn edip sıkıştırarak sağlanır.

Geçirimsizlik: Asfalt kaplamanın hava veya su geçişine olan direnci olarak tanımlanır ve karışımdaki hava boşluğu yüzdesi ile belirlenir. Karışımdaki boşlukların, birbiri ile bağlantılı olması ve yüzeyle irtibatlı olması geçirimsizliği etkileyen başlıca faktörlerdir.

İşlenebilirlik: Karıştırılma ve sıkıştırılmadaki kolaylık olarak ifade edilebilir. Çok fazla iri agrega bulunduran karışımlar kolay işlenemez. Fillerin (200 No.lu elek altında kalan ince malzeme) de çok fazla kullanılması işlenebilirliği düşürür.İşlenebilirliği çok iyi olan karışımlar yumuşak karışımlardır. Bunların, trafik yükleri altında deforme olmaları kolaydır. Bu, dayanım açısından istenen bir durum değildir.

Esneklik: Karışımın, üstyapının taban zeminindeki geçici oturma ve hareketlere karşı, çatlamaya neden olmadan uyum gösterebilmesidir. Bitüm yüzdesi yüksek, açık gradasyonlu karışımlar; bitüm yüzdesi düşük, yoğun gradasyonlu karışımlara göre daha esnektir. Ancak bazen esnekliği yüksek karışımların stabilitesi düşük olabilir.

Yorulmaya Karşı Direnç: Bir üstyapının yorulmaya karşı direnci; trafik yükleri altında oluşan, tekrarlanan eğilmeye karşı direncidir. Karışımdaki boşluk yüzdesi ve asfaltın viskozitesi yorulmaya karşı direnç üzerinde çok etkilidir. Yetersiz sıkışma, yüksek boşluk yüzdesi, asfaltın yaslanması ve sertleşmesi yorulma direncini azaltır. Üstyapının kalınlığı ve mukavemeti, taban zemininin taşıma gücü üstyapı ömrünü etkileyen diğer faktörlerdendir.

Kaymaya Karşı Direnç: Asfalt kaplama yüzeylerinde, özellikle yağışlı havalarda araç tekerleğinin kaymasına karşı oluşan dirence **kayma direnci** denir. Kayma direncinin yüksek olması için hem agrega sert ve pürüzlü olmalı hem de asfalt kaplama yüzeyi pürüzlü olmalıdır. Maksimum tane boyutu 1/2" veya 3/8" olan açık gradasyonlu karışımların kayma direnci yüksek olur.

7.1. BİTÜMLÜ TABAKA KARIŞIM DİZAYNI

Karışım dizaynı Marshall yöntemi, Hweem yöntemi ve Superpave yöntemi kullanılarak laboratuvarda hazırlanır. Dünyada ve ülkemizde en yaygın olarak kullanılan yöntem Marshall metodudur.

Hweem Yöntemi: Bu metot Amerikan Karayolları Teşkilatı tarafından kullanılmaktadır. Maksimum tane büyüklüğü 1 inç olan agregaya, sıvı asfalt veya penetrasyon asfaltı katılarak hazırlanan kaplama karışımları dizayn yöntemidir. Ayrıca sıcak karışım asfalt kaplamaların arazi kontrolünde ve laboratuvar dizayn çalışmalarında kullanılabilir.

Superpave Yöntemi: 1987 yılında Bitümlü Sıcak Kaplamaların (BSK) performansını iyileştirmeye yönelik ABD'deki SHRP [Strategic Highway Research Program-Sıtratejik Hayvey Risörç Program (Stratejik Yol Araştırmaları Programı)] tarafından geliştirilmiştir.

Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements) olarak isimlendirilen üstün performanslı kaplama yöntemidir. Üstün performanslı asfalt kaplama (Superpave); ağır trafik hacmi, bölgesel maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ve inşa edilecek yolun yapısal özelliklerince gereksinim duyulan performansı sağlamaya yönelik olarak hazırlanmış bir üstyapı tasarım sistemidir.

Karışım dizaynlarının ortak amacı, sıcak karışımların laboratuvar aşamasındaki dizaynını ve bitümlü kaplamaların uygulamadaki kontrollerini içermektir. Bu çalışmalarda elde edilen değerler KTŞ'de verilen kriterleri yakaladığında üretim plentlerde gerçekleştirilir.

Marshall Metodu ile Bitümlü Sıcak Karışım Dizaynı (TS EN 3720, AASHTO T245, ASTM D1559, D6927, D5581)

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de bitümlü sıcak karışım dizaynı için Marshall dizayn metodu kullanılmaktadır. Bu metot, Marshall stabilite deney aleti yardımıyla aynı agrega karışımına farklı oranlarda bitümlü bağlayıcı karıştırılarak hazırlanan, briket yan yüzlerine yükleme yapılarak plastik akmaya karşı dayanım ölçümünü kapsamaktadır. Marshall Stabilite deneyi, asfalt tabakaları için maksimum tane boyutu 25 mm ya da bu değerin altında olan agregalar ile penetrasyonu belirli bitümlü bağlayıcılar kullanılarak hazırlanan bitümlü sıcak karışım kaplama tiplerine uygulanmaktadır.

Marshall deney yöntemi ile stabilite, akma, pratik özgül ağırlık, bitüm oranı, bitümle dolu boşluk oranı, boşluk oranı, agregalar arası boşluk oranı değerleri tespit edilmektedir.

Bitümlü sıcak kaplamanın karışım dizaynı hedefleri şu şekilde sıralanabilir:

- Dayanıklı bir kaplama türü oluşturmak için bağlayıcı oranını belirlemek.
- Dingil ağırlıkları altında deformasyon oluşturmayacak gerekli dayanımı sağlamak.
- Sıkışması bitmiş tabakanın, dingil ağırlıklarından dolayı çok az ölçüde sıkışabilmesi için

kaplamanın stabilitesini ve akma değerini etkilemeyecek şekilde rutubet ve fazla hava barındırmayacak oranda boşluğu sağlamak.

- Ayrışma olmadan uygun dökümü sağlayacak bir işlenebilirliğe sahip sıcak karışım oluşturmak.

BİLGİ NOTU

Marshall dizaynında, üç adet numunenin ortalama değerleri alınarak beş farklı bitüm içeriğinde karışımın hacimsel ve fiziksel özellikleri tayin edilir. Optimum bitüm içeriği ise genellikle %4 hava boşluğuna denk gelen miktar olarak seçilir.

7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Numune Kalıbı: 101,6 mm çapında, 76,2 mm yüksekliğinde silindir kalıp, taban plakası ve uzatma yakasından oluşur (Görsel 7.1).



Görsel 7.1
Numune kalıbı

Numune Çıkarıcı: Yakası takılı kalıp içindeki sıkışmış briketi çıkarabilmek için çapı 100 mm'den küçük olmayan ve 13 mm kalınlığında olan, disk şeklinde, çelik numune çıkarıcısıdır. Elle basmalı hidrolik kriko veya otomatik numune çıkartıcı kullanılabilir (Görsel 7.2).

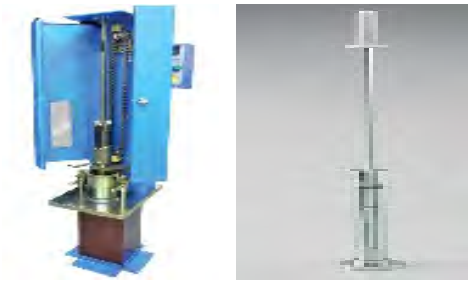


Görsel 7.2
Numune çıkarıcı

Sıkıştırma Tokmağı: 4536 g ağırlığında, 457,2 mm'den düşüş yapabilen, dar kesitli bir tokmaktır. Manuel veya otomatik sıkıştırma tokmak cihazı kullanılır (Görsel 7.3).

Sıkıştırma Tabanı: Üzerine 305 x 305 x 25 mm boyutlarında bir çelik plaka yerleştirilmiş, 20 x 20 x 460 mm ölçülerinde ahşap bir sıkıştırma tabanıdır (Görsel 7.4).

Kalıp Tutucu: Sıkıştırma tabanının merkezi üzerine monte edilen ve numune kalıbını buraya merkezleyebilen bir özelliğe sahiptir. Bu tutucu; numunenin sıkıştırılması sırasında kalıbı, yakayı ve taban plakasını emniyetle tutabilecek şekilde olmalıdır (Görsel 7.4).



Görsel 7.3: Sıkıştırma tokmağı, tabanı ve tutucu
(Otomatik Marshall kompaktör aleti)

Kırma Kafası: Üst ve alt silindirik parçalardan oluşan veya iç eğrilik çapı 51 mm olan deney kafalarıdır (Görsel 7.4).



Görsel 7.4: Kırma kafası

Marshall Test Cihazı veya Manuel Yükleme Krikosu: İki parçadan oluşan kırma kafası arasında numuneye sabit hareketle yükleme yapabilecek şekilde dizayn edilmiş, maksimum yükteki deformasyonu ve akma ölçme değerlerini bulmaya yarayan otomatik test cihazıdır. Ayrıca dakikada 51 mm üniform düşey hareket sağlayabilecek manuel yükleme krikosu da kullanılabilir (Görsel 7.5).



Görsel 7.5: Marshall test cihazı

Mekanik Karıştırıcı (Mikser): Uygun kapasiteli (en az 4 litre), gerekli karıştırma sıcaklığı sağlayabilen mekanik karıştırıcıdır (Görsel 7.6).



Görsel 7.6: Mekanik karıştırıcı

Su Banyosu: En az 150 mm derinliğinde ve bir termostat aracılığı ile 60±1 ˚C sıcaklıkta sabitlenebilecek şekilde olmalıdır. Numuneleri tabandan 2 cm yukarıda tutabilecek ızgara veya benzeri düzenekli olmalıdır (Sıkıştırma tokmağı ve kalıpların ısıtılmasında kullanılabilir.) (Görsel 7.7).



Görsel 7.7: Su banyosu

Hava Banyosu: Sıvı petrol asfalt karışımları için termostatik kontrollü olmalı ve 25±1 °C'lik sıcaklık verebilmelidir.

Etüv: Sıcaklık ayarı 250 °C'ye kadar çıkabilen ve bitüm eritmek amacıyla kullanılabilen ısıtma plakalı özellikte olmalıdır. Ayrıca; metal tepsiler, metal numune boşaltma kapları, beher, spatula veya çelik kürek, kumpas, termometre, hassas terazi, arşimet sehpası ve sepeti, ısı yalıtımlı eldiven, lastik eldiven, işaretleme tebeşiri, havlu veya bez, metal kepçe veya kaşık, ince metal şiş ve çelik cetvel kullanılacaktır.

7.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

- Marshall metodu için hazırlanacak briketlerde kullanılacak agrega Tablo 7.1'de belirtilen elek aralıklarından seçilecektir. Uygulamada kullanılacak agregalar genellikle üç kısma ayrılır:

  Kaba Kısım: 37,5 mm-19 mm arası
  Orta Kısım : 19 mm-4,75 mm arası
  İnce Kısım : 4,75 mm-0 mm arası

Tablo 7.1: Kullanılacak Agrega Elek Aralıkları

Elek Aralığı (mm)	25-19	19-9,5	9,5-4,75	4,75-2,36	2,36'nın altı
Elek Aralığı (inç)	1"- 3/4"	3/4"-3/8"	3/8"-No.:4	No.:4-No.:8	No.:8 altı



Bitümlü sıcak karışımda kullanılan maksimum agrega tane büyüklüğü; bitümlü temel tabakasında 37,5 mm, binder tabakasında 25 mm ve aşınma tabakasında 19 mm'yi geçmemelidir.

- Her bir bitüm yüzdesi (%4, %4,5, %5, %5,5 ve %6 bitümler) için en az üç agrega numunesi yani karışımın dizayn çalışması için en az 15 adet agrega numunesi hazırlanmalıdır.
- Her bir test numunesi yaklaşık 1200 g agrega gerektirmektedir. Ufak kayıplar da göz önüne alınırsa yaklaşık 22 veya 23 kilogram agrega karışımı ile farklı bitüm yüzdeleri için Tablo 7.2'de verilen miktarlardan az olmamak kaydıyla toplam üç L bitüm yeterli olacaktır.

Tablo 7.2: Bitüm Yüzdeleri ve Miktarları

Bitüm Yüzdesi (%)	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Bitüm Miktarı (g)	48	54	60	66	72

7.1.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Agregalar etüvde 105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulur ve istenen eleklerden kuru yöntem ile elenir.
- Karıştırma sıcaklığı 170±20 °C belirlenmeli, ayrıca bitümün vizkozitesi de 280±30 °C'de sıkıştırma sıcaklığı olarak belirlenmelidir.



Her bir briket numunesi için kullanılacak agrega miktarı uluslararası (SI) birim sistemine göre şu şekilde bulunabilir:
Agrega Ağırlığı = [63,5 (mm) x Kullanılan Agrega Ağırlığı (g)] / Ölçülen Numune Yüksekliği (mm)

7.1.4. Deneyin Yapılışı

Deneye tabi tutulacak numunenin (briket) önceden hazırlanması gerekir. Ayrıca deneye başlanmadan önce hava kurusu, doygun kuru yüzey ve su içindeki ağırlıkları tartılarak kaydedilir. Ardından kırma testi aşamasına geçilir.

7.1.4.1. Marshall Briket Numunelerinin Hazırlanması

- Gradasyon limitlerine göre önceden hazırlanan 1200 g agrega karışımı, farklı bitüm oranlarında (%4-%4,5 -%5-%5,5 ve %6) her briket için üçer numune olmak kaydı ile farklı kaplar içinde etüvde ısıtılır ve bitümde en fazla 170 °C'ye kadar ısıtılmış hâlde hazırlanır.
- Marshall kalıpları temizlenir ve sıkıştırma sırasında oluşabilecek sürtünmeyi önlemek için az bir şekilde yağlanır.
- Bitüm karışımı, hazırlandıktan sonra karışım sıcaklığında bir saatten fazla tutulmamalıdır.
- Karışım ile kalıpların tabanlarının yapışmaması için daire şeklinde kesilen kâğıt parçaları veya filtre kâğıdı tabana yerleştirilebilir ve aynı şekilde üzerine de yapışmayı önleyici filtre kâğıdı konulabilir.
- Hazırlanan numuneler mekanik asfalt karıştırıcısı yardımı ile agrega ve farklı oranlarda hazırlanan bitümle karıştırılır (Her bitümlü karışım yüzdesine sahip üçer adet numune hazırlanır.).
- Numuneler önceden etüvde veya su banyosunda 95 °C ile 150 °C arasında ısıtılmış briket numune kalıplarına homojen bir şekilde doldurulur.
- Uzatma yakası takılı kalıplar içerisindeki karışımlar, etüvde 280±30 °C'ye kadar ısıtılır.
- Gerekli sıcaklığa gelen karışım ince bir şiş yardımıyla 25 kez şişlenerek sıkıştırılır. Şişleme

sonrası yaka çıkarılır, numunenin yüzeyi çelik bir cetvel ile tesviye edilir.

- Hazırlanan briket numune kalıplarına, tekrar uzatma yakası takılarak kalıplar otomatik marshall kompaktörüne yerleştirilir.
- Etüv veya su banyosunda 95-150 °C arasında ısıtılmış ve her defasında temizlenmiş sıkıştırma tokmağı ile numunenin her iki yüzeyine 50 veya 75 darbe vurularak numune sıkıştırılır (Sıkıştırma aletinde 4,5 kg ağırlığındaki tokmak, 45 cm yükseklikten numunenin üzerine kendi ağırlığıyla dik düşürülerek sıkıştırma işlemini yapar.).
- Marshall briketleri oda sıcaklığına geldiğinde karışmaması amacıyla tebeşirle numaralandırılır ve numune çıkarıcı ile kalıplarından dikkatlice çıkarılır.
- Kalıptan çıkartılan ve çapakları temizlenen deney numunesi silindir şeklinde 100 mm çapında ve yaklaşık 64 mm yüksekliğinde olmalıdır.
- Numunelerin 24 saat oda sıcaklığında bekletilerek dayanım kazanması sağlanmalıdır.



Karışımların sıkıştırma sıcaklığı, bitümün erken yaşlanması ve bozulmasını önlemek amacıyla maksimum 177 °C yapılmalıdır. Bitüm karışımları genellikle 135-150 °C arasında karıştırılarak sıkıştırılır.

7.1.4.2. Marshall Briket Numunelerinin Özgül Ağırlıklarının Bulunması

- Kalıptan çıkartılan briketlerin havadaki ağırlıkları tartılır ve A değeri olarak kaydedilir.
- Briketler oda sıcaklığındaki suyun içerisine bırakılarak beş dakika beklenir. Sudan çıkarıldıktan sonra yüzeyinde su kalmayacak şekilde kurulanır, tartılır ve (B) doygun kuru yüzey ağırlığı olarak kaydedilir.
- Ardından 25 °C sıcaklığa sahip su içerisine konularak sudaki ağırlıkları, arşimet terazisi ve tel sepet yöntemiyle bulunur ve C değeri olarak kaydedilir.
- Bu ağırlıklar numunelerin özgül ağırlığının, boşluk oranının ve bitümle dolu boşluk oranının tespitinde kullanılmaktadır.

7.1.4.3. Marshall Akma ve Stabilite Değerlerinin Bulunması

- Marshall briketlerinin yüksekliği üç farklı bölgeden kumpas ile ölçülür ve değerlerin ortalaması alınır.
- Briketler 60 °C'deki su banyosuna konur ve 30-45 dakika arasında bekletilir.
- Briketler su banyosunda bekletildikten sonra çıkarılıp en geç 30 sn. içinde Marshall stabilite test cihazında bulunan kırma kafasının içine yerleştirilir.
- Kırma kafası hizalanıp flowmetrenin ayarı sıfırlanır. Eksenel yönde 51 mm/dk. sabit hızda yük uygulanır (Kırma kafasının sıcaklığı 21- 38 °C arasında tutulmalıdır.).
- Her briketin kırılmaya başladığı andaki yük ve deformasyon değerleri tespit edilir.
- Numunenin 60 °C'deki taşıyabildiği maksimum yük değeri stabilite değerini, bu stabilite değerindeki deplasman değeri ise akma değerini verir. Marshall stabilitesi değeri, numunelerin yüksekliğine göre düzeltilir (numune yüksekliği 63,5 mm'den farklıysa).
- Testler tamamlandıktan sonra aşağıdaki değerler için grafikler çizilir ve optimum bitüm oranı tayin edilir.
    - Hava Boşluğu-Bitüm İçeriği (Görsel 7.9)
    - Agregalar Arası Boşluk (VMA)-Bitüm İçeriği (Görsel 7.10)
    - Asfaltla Dolu Boşluk (VFA)-Bitüm İçeriği (TMA hariç) (Görsel 7.11)
    - Karışımın Birim Ağırlığı-Bitüm İçeriği (Görsel 7.12)
    - Stabilite-Bitüm İçeriği (TMA hariç) (Görsel 7.13)
    - Akma-Bitüm İçeriği (TMA hariç) (Görsel 7.14)

7.1.4.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Grafiklere İşlenmesi

Briket Numunelerinin Hacimlerinin Bulunması

$$V=B-C$$

V: Briket numunesinin hacmi
B: Briket numunesinin doygun kuru yüzey ağırlığı (g)
C: Briket numunesinin sudaki ağırlığı (g)

Briket Numunelerinin Pratik Yoğunluğunun Bulunması

$$Dp = \frac{A}{V}$$

A: Briket numunesinin havadaki ağırlığı (g)
V: Briket numunesinin hacmi (cm^3)
Dp: Sıkıştırılmış briket numunesinin pratik yoğunluğu (g/cm^3)

Agregadaki Bitümlü Bağlayıcı Yüzdesinin Bulunması

$$Wa = \frac{Mb}{Ma}.100$$

Wa: Agregadaki bitümlü bağlayıcı yüzdesi (%)
Ma:Briket numunesindeki agrega miktarı (g)
Mb: Briket numunesindeki bitümlü bağlayıcı miktarı (g)

Karışımdaki Bitümlü Bağlayıcı Yüzdesinin Bulunması

$$Wb = \frac{Mb}{Mb+Ma}.100$$

Wb: Karışımdaki bitümlü bağlayıcı yüzdesi (%)
Ma: Briket numunesindeki agrega miktarı (g)
Mb: Briket numunesindeki bitümlü bağlayıcı miktarı (g)

Karışımın Teorik Yoğunluğunun Bulunması

$$Dt = \frac{100+Wa}{\frac{100}{Gef}+\frac{Wa}{Gb}}$$

Dt: Teorik Yoğunluk
Wa: Agregadaki bitüm bağlayıcı yüzdesi (%)
Gef: Agrega karışımının efektif özgül ağırlığı
Gb: Bitümün özgül ağırlığı

Hava Boşluk Yüzde Oranının Bulunması

$$Vh = \frac{Dt-Dp}{Dt}.100$$

Vh: Hava boşluğu yüzdesi (%)
Dt: Sıkıştırılmış briket numunesinin teorik yoğunluk (g/cm^3)
Dp: Sıkıştırılmış briket numunesinin pratik yoğunluk (g/cm^3)

Agrega Karışımının Hacim Özgül Ağırlığının Bulunması

$$Gsb = \frac{100}{\frac{\%K}{Gk}+\frac{\%İ}{Gi}+\frac{\%F}{Gf}}$$

Gsb: Agrega karışımının hacim özgül ağırlığı
%K: Ağırlıkça kaba agrega yüzdesi (%)
%İ: Ağırlıkça ince agrega yüzdesi (%)
%F: Ağırlıkça filler yüzdesi (%)
Gk: Kaba agreganın hacim özgül ağırlığı
Gi: İnce agreganın hacim özgül ağırlığı
Gf: Fillerin zahirî özgül ağırlığı

Agregalar Arası Boşluk Yüzdesinin Bulunması

$$VMA = 100.\left[\frac{Dp}{Gsb}.\frac{100}{100+Wa}.100\right]$$

VMA: Agregalar arası boşluk yüzdesi (%)
Dp: Sıkıştırılmış briket numunesinin pratik yoğunluğu (g/cm^3)
Gsb: Agrega karışımının hacim özgül ağırlığı
Wa: Agregadaki bitümlü bağlayıcı yüzdesi (%)

Bitümle Dolu Boşluk Yüzdesinin Bulunması

$$Vf = \frac{VMA-Vh}{VMA}.100$$

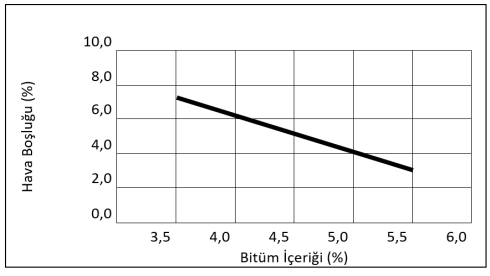
Agreganın Ağırlıkça Emilen (Absorpsiyon) Bitüm Bağlayıcı Yüzdesi

$$Pba = 100.\frac{Gef-Gsb}{Gef.Gsb}.Gb$$

Vf: Bitümle dolu boşluk yüzdesi (%) **VMA**: Agregalar arası boşluk yüzdesi (%) **Vh:** Hava boşluğu yüzdesi (%)	**Pba:** Agreganın bitüm absorpsiyonu (%) **Gef**: Agrega karışımının efektif özgül ağırlığı **Gsb:** Agrega karışımının hacim özgül ağırlığı **Gb**: Bitümün özgül ağırlığı
$\mathbf{Dport} = \frac{\mathbf{Dp1+Dp2+Dp3}}{\mathbf{3}}$	Dport: Briket numunelerinin pratik yoğunluk ortalaması

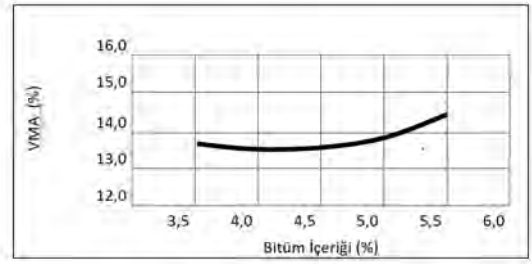
En ideal bitüm yüzdesini belirlemek için farklı bitüm oranlarında hazırlanan briketlere ait "Hava Boşluğu-Bitüm İçeriği", "Agregalar Arası Boşluk (VMA)-Bitüm İçeriği", "Asfaltla Dolu Boşluk (VFA)-Bitüm İçeriği", "Karışımın Birim Ağırlığı-Bitüm İçeriği", "Stabilite-Bitüm İçeriği", "Akma-Bitüm İçeriği" grafikleri çizilir ve optimum bitüm oranı tayin edilir.

Örnek Marshall Dizayn Grafikleri



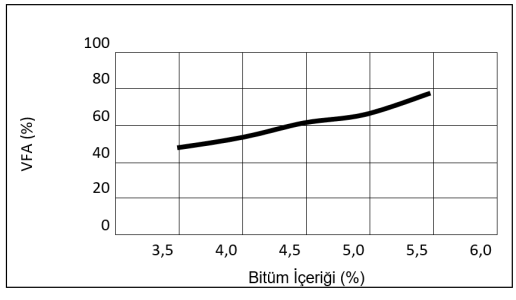
Görsel 7.8: Hava boşluğu-Bitüm içeriği grafiği

- Hava boşluğu değerleri, bitüm içeriği arttıkça azalır (Görsel 7.8).



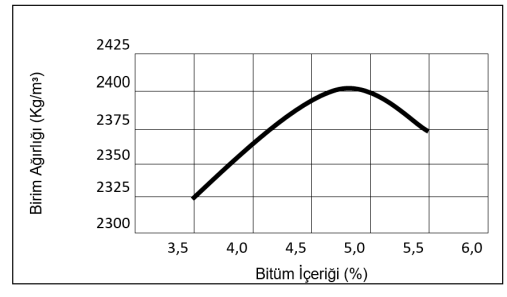
Görsel 7.9: Agregalar arası boşluk (VMA)-Bitüm içeriği grafiği

- VMA değeri, bitüm içeriği arttıkça önce azalır (daha iyi sıkışma nedeniyle) ancak bir noktadan sonra artmaya başlar (Görsel 7.9). Bunun nedeni ise artan bitümün, taneleri birbirinden itmeye başlamasıdır.



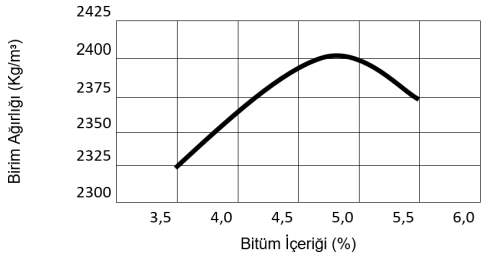
Görsel 7.10: Asfaltla dolu boşluk (VFA)-Bitüm içeriği grafiği

- Asfaltla dolu boşluk (VFA) değeri, bitüm miktarı ile beraber artış gösterir (Görsel 7.10).



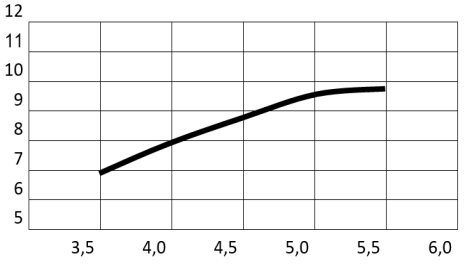
Görsel 7.11: Karışımın birim ağırlığı-Bitüm içeriği grafiği

- Birim ağırlık eğrisi genellikle stabilite eğrisi ile aynı şekilde gözlenir ancak maksimum birim ağırlık, normalde maksimum stabilite değerindeki bitüm içeriğinden yüksek bir bitüm içeriği değerinde gözlenir (Görsel 7.11).



Görsel 7.12: Stabilite-Bitüm içeriği grafiği

- Stabilite değeri bitüm içeriği ile beraber artış göstermekte olup bir noktadan sonra düşüş göstermeye başlar (Görsel 7.12).



Görsel 7.13: Akma-Bitüm içeriği grafiği

- Akma değeri, asfalt içeriği ile beraber artış gösterir (Görsel 7.13).

Optimum Bitüm Oranının Bulunması

Bitümlü sıcak karışımda kullanılması gereken bitümün optimum yani en uygun miktarını bulmak için deney sonrası çizilen grafiklerdeki maksimum yoğunluğa, maksimum stabiliteye, şartname boşluk yüzdesi ortalamasına ve şartname asfalt dolu boşluk yüzdesi ortalamasına karşılık gelen bitüm miktarlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunur.

$$\textbf{Optimum Bitüm Miktarı} = \frac{\textbf{Max Dp}\ (\%\textbf{ac}) + \textbf{Max S}\ (\%\textbf{ac}) + \textbf{Ort Vh}\ (\%\textbf{ac}) + \textbf{Ort Vf}\ (\%\textbf{ac})}{\mathbf{4}}$$

Max Dp (%ac): Maksimum yoğunluktaki bitüm yüzdesi

Max S (% ac): Maksimum stabilitedeki bitüm yüzdesi

Ort Vh (% ac): Şartnamede belirtilen boşluk yüzdesine karşılık gelen ortalama bitüm yüzdesi

Ort Vf (%ac): Şartnamede belirtilen asfalt dolu boşluk yüzdesine karşılık gelen ortalama bitüm yüzdesi

Bulunan optimum bitüm değeri aşağıdaki şartları sağlamıyorsa uygun değildir:

- Optimum bitüm oranındaki akma değeri, dizayn kriterindeki sınırlar arasında olmalıdır.
- Optimum bitüm oranındaki VMA (Agrega boşluk hacmi), Tablo 7.3'te belirtilen minimum değerden fazla olmamalıdır.
- Filler/bitüm oranı şartname üst sınırını geçmemelidir.
- Marshall stabilitesi (kg) / akma (mm) oranı 300 ile 400 arasında olmalıdır.

Tablo 7.3: Minumum VMA Değeri

Nominal Dmax (inç)	Mim VMA (%)
1"	13
3/4"	14
1/2"	15
3/8"	16

Yukarıdaki şartları sağlayan BSK optimum bitüm miktarının şantiyede üretimi için iş yeri karışım formülü hazırlanır. Bu formülde, hangi grup agregadan yüzde kaç oranında kullanılacağı ve 100 kg agrega karışımına ne kadar bitüm katılacağı belirlenir.

7.1.5. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 7.4: Deney Raporu

Tasarım Briketi Hazırlama Deneyi						
Yapılacak Tabakanın Tanımlanması	Bitümlü Temel Tabakası				Deney Standart No.	
	Binder Tabakası					
	Aşınma Tabakası				Rapor No.	
Laboratuvar Adı ve Adresi						
Numunenin Ait Olduğu İş						
Dizayn Metodu		Marshall M.		Superpave		Diğer:
Kullanılan Agreganın Fiziksel Özelliği		Malzeme Adı	Filler	İnce Agr.	Kaba Agr.	Tip 3 Agr.
		Tane Boyutu	...-...mm)	.....-.....(mm)	....-....(mm)	.....-...(mm)
		Miktarı	..... (g)	..... (g)	..... (g)	..... (g)
Bitüm Miktarı	%3,5	%4,0	%4,5	%5,0	%5,5	%6,0
	.....(g)	..... (g)	..... (g)	..... (g)	..... (g)	..... (g)

DENEY SONUÇLARI						
Briket No.	Briket Yüksekliği	Kuru Özgül Ağırlık	DKY Özgül Ağırlık	Sudaki Özgül Ağırlık	Stabilite (kg)	Akma (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
Deney Tarihi ve Saati: ..../.....20.... .../...			Optimum Bitüm Oranı:			

DENEYİ YAPANLAR			
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası
1			
2			
3			

DENEY RAPORUNU ONAYLAYANLAR			
S.No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası
1			
2			

Deney ile ilgili açıklamalar:

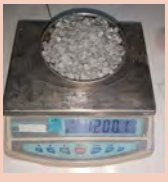
1. DENEY UYGULAMASI

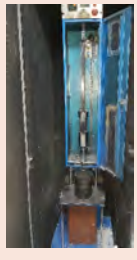
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21694

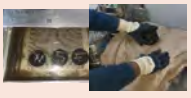
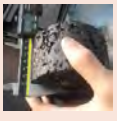
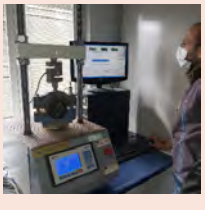
Maksimum 25 mm'lik elekten geçen 22 kg deney numunesi ile 3 kg bitüm numunesini temin ediniz. Bitümlü sıcak karışım kullanarak bu numunelerden 15 adet briket yapınız. Marshall test cihazı ile stabilite ve akma deneylerini yapınız. Sonuçları örnek deney raporuna işleyin ve kullanılacak malzemenin kriterlere göre en uygun bitümlü karışım dizayn sonucunu belirleyiniz.

Deney Adı : Marshall Metodu ile Bitümlü Tabaka Sıcak Karışım Dizaynı

Deney Süresi : Numune hazırlığı 30 dakika, etüvde kurutma 16-24 saat, agregaların ve bitümlerin karıştırılma ve kompaktörle sıkıştırılması 3 saat, deney uygulamaları 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Isı yalıtımlı eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.	
 Deney araç gerecinin ve numunelerinin hazırlanması	**Briket Numunelerinin Hazırlanması** • Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Agregayı Tablo 7.1'de belirtilen elek aralıklarında seçiniz ve her bir test numunesi için yaklaşık 1200 g alınız. • 15 deney numunesi için oluşabilecek ufak kayıplaırı da dikkate alarak yaklaşık 22 kg agrega karışımı ile 3 L bitüm hazırlayınız.	
 Numunenin etüvde kurutulması ve elenmesi	• Agregaları etüvde 105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz ve istenen eleklerden kuru yöntem ile eleyiniz (En büyük tane boyutu 25 mm'yi geçmemelidir.).	
 Numunelerin hazırlanması	• 1200 gramdan oluşan agrega karışımlarını tartarak hazırlayınız. • Deneyde kullanılacak farklı bitüm oranlarında (%4-%4,5 -%5-%5,5 ve %6) hazırlanacak her briket için üçer numune, toplamda 15 numune hazırlayınız.	
  Sıcak karışım bitümün hazırlanması	• 15 kabın içinde bulunan agrega karışımlarını etüvde ısıtınız ve hazırladığınız bitümü de maksimum 170 °C'ye kadar ısıtınız (Bitümü hazırlandıktan sonra karışım sıcaklığında 1 saatten fazla tutmayınız.). • Deneyin bu kısmında ısı yalıtımlı eldiven giyiniz. Kendinize ve çevrenize zarar vermemek için dikkatli olunuz.	

 Numunelerin bitümle karıştırılması	• Marshall kalıplarını temizleyiniz ve kalıpların iç yüzeyini az bir şekilde yağlayınız. • Hazırlanan her agrega numunesini mekanik asfalt karıştırıcıya ayrı ayrı koyunuz ve belirlenen farklı oranlarda hazırlanmış bitümle karıştırınız. • Her bitümlü karışım yüzdesine sahip olan üçer adet numune hazırlayınız.	
 Karışımın kalıba konulması	• Numuneleri önceden etüv veya su banyosunda 95 °C ile 150 °C ısıtılmış briket numune kalıplarına homojen bir şekilde doldurunuz. • Karışımın kalıp tabanlarına yapışmaması için tabana daire şeklinde filtre kâğıdı yerleştirmeyi unutmayınız ve aynı şekilde üzerine de yapışmayı önleyici filtre kâğıdı koyunuz.	
 Karışımın 25 kez şişlenmesi	• Karışımları, uzatma yakası takılı kalıplar içerisinde etüvde 280±30 °C'ye getiriniz. • İnce bir şiş yardımıyla 25 kez şişleyerek sıkıştırınız. • Şişleme sonrası yakayı çıkarınız ve numune yüzeyini çelik cetvel ile tesviye ediniz.	
 Briketlerin sıkıştırılması	• Hazırlanan briket numune kalıplarına uzatma yakasını takarak kalıpları otomatik Marshall kompaktörüne yerleştiriniz. • Etüv veya su banyosunda 95-150 °C arası ısıtılmış ve her defasında temizlenmiş sıkıştırma tokmağı ile her iki yüzeyine 50 veya 75 darbe vurarak sıkıştırınız (Marshall sıkıştırma aletinde 4,5 kg ağırlığındaki tokmağın, 45 cm yükseklikten kendi ağırlığı ile numunenin üzerine dik düşürülerek sıkıştırma yapmasına dikkat ediniz.).	
 Briketlerin kalıptan çıkartılması	• Marshall briketlerini oda sıcaklığına geldiğinde karışmaması amacıyla tebeşirle numaralandırınız ve numune çıkarıcı ile kalıplarından dikkatlice çıkarınız. • Briketlerin çapaklarını temizleyiniz (Briketler silindir şeklinde 100 mm çapında ve yaklaşık 64 mm yüksekliğinde olmalıdır.).	
 Numunelerin bekletilmesi	• Kalıptan çıkartılan numuneleri dayanım kazanması için 24 saat oda sıcaklığında bekletiniz.	

 Numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi	**Numunelerinin Özgül Ağırlıklarının Bulunması** • Kalıptan çıkarılan her briketin havadaki ağırlığını tartınız ve sonucu A değeri olarak kaydediniz.	
 Numunenin DKY ağırlığının belirlenmesi	• Briketleri oda sıcaklığındaki suyun içerisinde 5 dk. bekletiniz. • Sudan çıkardıktan sonra briketleri, yüzeyinde su kalmayacak şekilde havlu ile kurulayınız ve tartınız. Doygun kuru yüzey ağırlığı (B) olarak kaydediniz.	
 Numunenin sudaki ağırlığının belirlenmesi	• Ardından 25 °C sıcaklığa sahip su içerisine koyunuz. Sudaki ağırlıkları arşimet terazisi ve tel sepet yöntemiyle bulunuz ve C değeri olarak kaydediniz. • İlgili formüller ile her numunenin özgül ağırlığını, boşluk oranını ve bitümle dolu boşluk oranını hesaplayınız.	
 Numunelerin ölçülmesi ve suda bekletilmesi	**Marshall Akma ve Stabilite Değerlerinin Bulunması** • Marshall briketlerinin yüksekliğini üç farklı yerden kumpas ile ölçünüz ve değerlerin ortalamasını alınız. • Tüm briketleri 60 °C'deki su banyosuna koyunuz ve 30-45 dk. arasında bekletiniz.	
 Numunenin test cihazına koyulması	• Su banyosundan çıkardığınız numuneyi en geç 30 sn. içinde Marshall stabilite test cihazındaki kırma kafasına yerleştiriniz . • Kırma kafası hizalaması ve flowmetre ayarını sıfırlayınız. • Numuneye eksenel yönde 51 mm/dk. sabit hızda yük uygulayınız (Deney süresince kırma kafasının sıcaklığını 21-38 °C arasında tutunuz.).	
 Numunenin testte kırılması	• Her briketin, kırılmaya başladığı andaki yük ve deformasyon değerlerini tespit ediniz. • Numunenin 60 °C'de taşıyabildiği maksimum yük değeri, stabilite değerini; bu stabilite değerindeki deplasman değeri ise akma değerini verir. Marshall stabilitesi değerini, numunelerin yüksekliğine göre düzeltiniz (numune yüksekliği 63,5 mm'den farklıysa).	

Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerini bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney sonucunun belirlenmesi ve deney raporunun doldurulması	• Testler tamamlandıktan sonra deney sonucu ve hesaplamalara göre grafikleri çiziniz ve optimum bitüm oranını tayin ediniz. Deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda; en ideal bitüm yüzdesini belirlemek için farklı bitüm oranlarında hazırlanan briketlere ait "Hava Boşluğu-Bitüm İçeriği", "Agregalar Arası Boşluk (VMA)-Bitüm İçeriği", "Asfaltla Dolu Boşluk (VFA)-Bitüm İçeriği", "Karışımın Birim Ağırlığı-Bitüm İçeriği", "Stabilite-Bitüm İçeriği", "Akma-Bitüm İçeriği" grafiklerine göre optimum bitüm oranını belirleyiniz. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

7.2. BİTÜM TEMEL DİZAYNI

Bir veya birden fazla tabaka hâlinde yapılan temel tabakaları; granüler temel, plentmiks temel, çimento bağlayıcılı granüler temel ve trafik yoğunluğu yüksek yollarda bitümlü temel olarak dört farklı tipte inşa edilmektedir.

7.2.1. Bitümlü Temel Tabakası

Bitümlü temel tabakası; kırılmış ve elenmiş kaba agrega, ince agrega ve mineral fillerin belirli gradasyon limitleri (37,5 mm ile 0 mm arasında şartname limitleri) arasında belirli esaslara uygun olarak bitümlü bağlayıcı ile bir plentte karıştırılarak bir veya birden fazla tabaka hâlinde sıcak olarak serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulan temel tabakasıdır.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak genellikle 8-18 cm kalınlıklarında uygulanır. Bitümlü temel tabakası, genellikle bağlayıcısız granüler temel üzerine yoğun gradasyonlu bitümlü sıcak karışımın uygulandığı bir tabakadır. Uygulamada kullanılan bitüm içeriği, büyük agrega boyutu ve düşük yüzey alanı nedeniyle üzerindeki tabakalara göre daha az olmaktadır. Ayrıca bitümlü temel karışımlar, genellikle serbest drenajın sağlanabilmesi için açık gradasyon ile yapılmalıdır.

Bitümlü temel tabakasında bitümlü bağlayıcı olarak **TS 1081 EN 12591** standardına uygun 40/60, 50/70 veya 70/100 penetrasyonlu bitüm kullanılmalıdır. Bitümlü temelin karışım tasarımı **TS 3720** (Bitümlü Kaplama Karışımlarının Hesap Esasları) standardına göre Marshall yöntemi kullanılarak yapılmalıdır.

7.2.2. Bitümlü Temel Tasarım Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi

Bitümlü temel dizaynında Marshall yöntemi kullanılarak Tablo 7.2'de belirtilen dizayn kriterleri esas alınacaktır. Üretilecek farklı her karışım dizaynı için uygulamanın başlangıcında iş yeri karışım formülü hazırlanmalıdır.

İş Yeri Karışım Formülü: Laboratuvar karışım dizaynına göre plentte üretilen bitümlü sıcak karışımın fiziksel özelliklerinin dizayn kriterlerine uygunluğunun tespiti ve sıkışma kontrolüne esas olan yoğunluk tayinleridir.

Laboratuvar karışım dizaynına uygun olarak plentte üretilen bitümlü temel karışımı ile şantiye laboratuvarında **TS EN 12697-30**'a uygun olarak en az altı Marshall briketi hazırlanmalıdır. Marshall briketleri Tablo 7.5'te verilen proje dizayn kriterlerini sağlamalıdır.

Tablo 7.5: Bitümlü Temel Tabakası İçin Dizayn Kriterleri

ÖZELLİKLER	MİNİMUM	MAKSİMUM	DENEY STANDARDI
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75		TS EN 12697-30
Marshall stabilitesi (kg)	600	-	TS EN 12697-34
Boşluk (%)	4	6	TS EN 12697-8
Bitümle dolu boşluk VFA (%)	55	75	TS EN 12697-8
Agregalar arası boşluk VMA (%)	12	14,5	TS EN 12697-8
Akma (mm)	2	5	TS EN 12697-34
Bitüm (ağırlıkça %)	3,0	5,5	TS EN 12697-1
Sudan kaynaklanan bozulmalara karşı direnci, indirekt çekme mukavemeti İÇM (%)	80	-	AASHTO T283

- İş yeri karışım yoğunluğu tayini için altı tane Marshall briketinin yoğunluğunun ortalaması alınmalıdır. Sonucu bulunan yoğunluk değeri ile dizayn yoğunluk değerinin farkı ±%10 sınır değerlerini geçmemelidir.
- Agrega ve bitüm, iş yeri karışım formülünde belirtilen oranlarda harman tipi karıştırma (batch tipi) prensibi ile çalışan plentte homojen olarak karıştırılmalıdır.
- Plentte iş yeri karışım formülüne göre üretilecek malzemenin plent karışım sıcaklıkları, bitüm ve agrega için Tablo 7.6'da verilen sınır değerlere göre uygulanmalıdır.
- Plentten çıkan karışımın sıcaklığı Tablo 7.7'de ve karışımın minimum serim sıcaklıkları Tablo 7.8'de belirtildiği gibi olmalıdır.

Tablo 7.6: Malzemelerin Plentte Karıştırma Sıcaklıkları

Bitümlü Bağlayıcı Tipi	Bitüm		Agrega	
	Min. (°C)	Max. (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)
AC 40/60, AC 50/70 ile hazırlanan karışım	145	160	150	165
AC 70/100 ile hazırlanan karışım	140	155	145	160
Not: Agreganın sıcaklığı ile bitümün sıcaklığı arasındaki fark 15 °C'den fazla olmayacaktır.				

Tablo 7.7: Plentten Çıkan Karışımın Sıcaklığı

Hava Sıcaklığı (gölgede) °C	5-15	15,1- 30	30'dan fazla
Karışım Sıcaklığı °C	Min.155	Min.145	Min.140

- Bitümlü temel inşaat genel olarak 1 Nisan-30 Kasım tarihleri arasında yapılmalı; bitümlü temelin üzeri hiçbir şekilde açık bırakılmamalı ve en az binder tabakası ile kaplanacak şekilde düzenlenmelidir (Tablo 7.8).

Tablo 7.8: Bitümlü Temel Tabakasına Ait Serme Sıcaklıkları

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	50-75 mm	> 75 mm
Yol Yüzeyi Sıcaklığı °C	Minimum Serim Sıcaklığı °C	
< 5	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.
5-9,9	141	135
10-14,9	138	132
≥ 15	135	130



Hava sıcaklığı gölgede ve herhangi bir suni ısıdan uzakta 5 °C veya 5 °C'nin altına düşmeye başladığı zaman yağmur veya kar yağıyorsa yolun üzerinde su, buz veya kar mevcut ise bitümlü temel imalatı yapılmamalıdır.

Bitümlü temel tabakası imalatında agrega; kaba agrega, ince agrega ve mineral filleri içeren en az üç ayrı tane grubunun düzgün bir derecelenme verecek şekilde belli oranlarda karıştırılmasından oluşturulmalıdır. Karışım agreganın gradasyonu, Tablo 7.9'da verilen gradasyon limitlerinden birine uymalıdır.

Tablo 7.9: Bitümlü Temel Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu-mm (inç No.)		Tip A	Tip B
Kaba Agrega	37,5 (11/2")	100	100
	25 (1")	72-100	80-100
	19 (3/4")	60-90	70-90
	12,5 (1/2")	50-78	61-81
	9,5 (3/8")	43-70	55-75
	4,75 (No.4)	30-55	42-62
İnce Agrega	2,00 (No.10)	18-42	30-47
	0,425 (No.40)	6-21	15-26
Filler	0,180 (No.80)	2-13	7-17
	0,075 (No.200)	0-7	1-8



Kaba agrega; kırmataş, kırma çakıl veya bunların karışımından oluşmalı ve Tablo 7.10'da verilen özelliklerde olmalıdır. Ayrıca **BS 812**'ye göre test edildiğinde yassılık indeksi %30'dan fazla olmamalı, taneler kübik ve köşeli olmalıdır.

Tablo 7.10: Bitümlü Temel Tabakasında Kullanılan Kaba Agreganın Özellikleri

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI
Parçalanma Direnci (Los Angeles) %	≤ 30	TS EN 1097-2 AASHTO T 96
Aşınma Direnci (Mikro-Deval) %	≤ 25	TS EN 1097-1
Hava Tesirine Karşı Dayanıklılık ($MgSO_4$ ile kayıp) %	≤ 18	TS EN 1367-2
Kırılmışlık (Ağırlıkça) %	≥ 95	TS EN 1367-2
Su Emme %	≤ 2,5	TS EN 1097-6
Yassılık İndeksi %	≤ 25	TS EN 933-3
Soyulma Mukavemeti %	≥ 60	TS EN 12697-11
Kil Toprağı ve Dağılabilen Tane Oranı %	≤ 0,3	ASTM C-142 AASHTO T 112

- Karışımda kullanılacak doğal kum, Tablo 7.11'de belirtilen ince agrega özelliklerine sahip olmalıdır. Miktarı ise karışımdan istenen stabilite, akma ve boşluk değerlerini sağlayacak şekilde tespit edilmelidir.

Tablo 7.11: İnce Agreganın Özellikleri

ÖZELLİKLER	ŞARTNAME LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI
Plastisite İndeks, %	2	TS-1900-1
Su Emme %	≤ 2,5	TS EN 1097-6
Organik Madde (%3 NaOH ile)	Negatif	TS EN 1744-1
Metilen Mavisi, g/kg (İnce agrega için) (Magmatik agrega için)	≤ 2,5 ≤ 3,5	TS EN 933-9

- Bitümlü temel tabakasının yapımı için agregaya ilave edilmek suretiyle hazırlanacak karışımda bitümlü bağlayıcı olarak **TS EN 12591** standardına uygun 40/60 penetrasyonlu bitüm, 50/70 penetrasyonlu bitüm veya 70/100 penetrasyonlu bitüm kullanılmalıdır.
- Astar malzemesi olarak **TS EN 15322** standardına uygun, Fm2B2, Fm2B3 ile **TS EN 13808** standardına uygun C60B9-3, C60B9-4 ve C60B9-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- Yapıştırıcı olarak **TS EN 13808** standardına uygun C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4 ve C65B2-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.

7.3. BİNDER TABAKASI DİZAYNI

Bitümlü temel veya granüler temeller üzerine uygulanan ve orta tabaka olan binder tabakası genellikle 6-8 cm kalınlıklarda bitümlü sıcak karışım olarak yapılır. Bu tabakanın, stabilitesinin ve durabilitesinin yüksek olması gerekir. Ancak aşınma tabakasına göre bitüm içeriği daha düşük dizayn edilir.

7.3.1. Binder Tabakası

Genellikle aşınma ve bitümlü temel tabakaları arasında bağlayıcı bir tabaka olarak fonksiyon görmektedir. Bu tabakanın dizaynında; kırılmış ve elenmiş kaba agrega, ince agrega ve mineral fillerin belli gradasyon limitleri (25 mm ile 0 mm arasında şartname limitleri) arasında uygun bitümlü bağlayıcıyla karıştırılması esas alınır.

7.3.2. Bitümlü Karışım Binder Tabakası Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi

Binder tabakası dizaynında Marshall yöntemi kullanılarak Tablo 7.12'de belirtilen dizayn kriterleri esas alınmalıdır. Uygulanma aşamasında iş yeri karışım formülünde miktarı belirlenen malzemeler plentte hazırlanarak temel tabakalarına, diğer bitümlü kaplamalara ve beton kaplamalar üzerine bir veya birden fazla tabakalar hâlinde sıcak olarak uygulanır.

Tablo 7.12: Bitümlü Karışım Binder Tabakası İçin Dizayn Kriterleri

ÖZELLİKLER	MİNİMUM	MAKSİMUM	DENEY STANDARDI
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75		TS EN 12697-30
Marshall stabilitesi (kg)	750	-	TS EN 12697-34
Boşluk (%)	4	6	TS EN 12697-8
Bitümle dolu boşluk VFA (%)	60	75	TS EN 12697-8
Agregalar arası boşluk VMA (%)	13	15	TS EN 12697-8
Filler/Bitüm oranı	-	1,4	
Akma (mm)	2	4	TS EN 12697-34
Bitüm (ağırlıkça %)	3,5	6,5	TS EN 12697-1

- Binder tabakasının uygulamalarında, farklı her karışım dizaynı için imalatın başlangıcında iş yeri karışım formülü Tablo 7.15'teki dizayn kriterlerine göre hazırlanmalıdır.
- Binder tabakası için agrega kırma taş, kırılmış çakıl veya bunların karışımından oluşmalı; karışımın gradasyon limitleri Tablo 7.13'te verilen değerlerde olmalı ve ağırlıkça % olarak uygulanmalıdır. Kullanılacak granülometri sınırları içindeki agrega karışımı, kabadan inceye doğru muntazam bir derecelenme göstermeli ve herhangi bir elekte üst sınırda olan bir malzeme, bunu takip eden elekte alt sınırda seyretmemelidir.

Tablo 7.13: Agrega Karışımının Gradasyon Limitleri

ELEK BOYU mm (inç)		% GEÇEN
Kaba Agrega	25 (1")	100
	19 (3/4")	80-100
	12,5 (1/2")	58-80
	9,5 (3/8")	48-70
	4,75 (No.4)	30-52
İnce Agrega	2,00 (No.10)	20-40
	0,425 (No.40)	8-22
Filler	0,180 (No.80)	5-14
	0,075 (No.200)	2-7

- Binder tabakalarının yapımı için agregaya ilave edilmek suretiyle hazırlanacak karışımda, bitümlü bağlayıcı olarak **TS EN 12591** standardına uygun 40/60, 50/70 ve 70/100 penetrasyonlu bitüm ve "Bitümlü Bağlayıcılar" limitlerine uygun polimer modifiye bitüm kullanılmalıdır.
- Astar malzemesi olarak **TS EN 15322** standardına uygun Fm2B2, Fm2B3; **TS EN 13808** standardına uygun C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- Yapıştırıcı olarak **TS EN 13808** standardına uygun C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- İş yeri karışım formülüne göre hazırlanan malzemelerin plentte karıştırma sıcaklığı Tablo 7.14'te, plentten çıkan karışımın sıcaklığı Tablo 7.15'te, binder tabakasına ait serme sıcaklıkları Tablo 7.16'da verilen sınır değerleri dikkate alınarak uygulanmalıdır.

Tablo 7.14: Malzemelerin Plentte Karıştırma Sıcaklıkları

Bitümlü Bağlayıcı Tipi	Bitüm		Agrega	
	Min.(°C)	Max. (°C)	Min.(°C)	Max. (°C)
AC 40/60, AC 50/70 ile hazırlanan karışım	145	160	150	165
AC 70/100 ile hazırlanan karışım	140	155	145	160
Not: Agreganın sıcaklığı ile bitümün sıcaklığı arasındaki fark 15 °C'den fazla olmayacaktır.				

Tablo 7.15: Plentten Çıkan Karışımın Sıcaklığı

Hava Sıcaklığı (gölgede) °C	5-15	15,1- 30	30'dan fazla
Karışım Sıcaklığı °C	Min.155	Min.145	Min.140

Tablo 7.16: Bitümlü Karışım Binder Tabakasına Ait Serme Sıcaklıkları

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	<50 mm	50-75 mm	> 75 mm
Yol Yüzeyi Sıcaklığı °C	Minimum Serim Sıcaklığı °C		
< 5	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.
5-9,9	Serim yapılmamalıdır.	141	135
10-14,9	146	138	132
≥ 15	141	135	130

- Binder tabakasının iklim olarak uygulanma zamanı ve en düşük hava sıcaklıkları, bitümlü temel tabakanın uygulanma esaslarıyla aynı uygulamaları içermektedir.

7.4. AŞINMA TABAKASI DİZAYNI

Aşınma tabakası, asfalt betonu binder tabakası üzerine yapılan ve trafiğin doğrudan temas ettiği tabakadır. Genellikle 5 cm kalınlığında asfalt betonu olarak uygulanmaktadır. Aşınma tabakası trafiğin akışı için düzgün ve pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi oluşturmalıdır. Trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek düzeyde olması nedeniyle daha yüksek elastisite modülüne sahip olmalıdır. Trafiğin aşındırma etkilerine karşı koymak, yapıya sızan yüzeysel su miktarını ve diğer tabakalara iletilen kayma gerilmelerini azaltmak amacıyla inşa edilir.

7.4.1. Aşınma Tabakası

Aşınma tabakasının yapılma amacı, bitmiş yol yüzeyinin konfor ve güvenlik içinde yeterli sürtünme katsayısına sahip trafik ve dış etkilere karşı dayanımı yüksek koruyucu kaplama oluşturmaktır.

Genellikle binder tabakası üzerine finişerle serim yapıldığında bitüm tabakasının homojen olarak yüzeye serilmesi sağlanır. Konfor tabakası olarak da isimlendirilen bu tabaka; tekerlek izi oturmalarına, yüzeysel çatlaklara, güvenli sürtünmeye dayanıklı olmalı ve gürültünün en altlara indirilmesini sağlamalıdır.

7.4.2. Bitümlü Karışım Aşınma Tabakası Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi

Marshall yöntemi kullanılarak aşınma tabakası dizaynında Tablo 7.17'de belirtilen dizayn kriterleri esas alınmalıdır. Bu tabaka dizaynında kırılmış ve elenmiş kaba agrega, ince agrega, mineral filler ve Tip 3 çok ince aşınma tabakası mineral agregası dahil en az dört ayrı tane grubunun belli oranlarda karıştırılması ve oluşturulan malzemenin uygun bitümlü bağlayıcı ile karıştırılması esas alınır.

Kullanılan malzemelere göre üç farklı uygulama şekli bulunmaktadır.

- **Aşınma Tabakası Tip 1** (19 mm ile 0 mm arası tane büyüklüğünde agrega kullanılan)
- **Aşınma Tabakası Tip 2** (12,5 mm ile 0 mm arası tane büyüklüğünde agrega kullanılan)
- **Aşınma Tabakası Tip 3** (9,5 mm ile 0 mm arası tane büyüklüğünde agrega kullanılan)

Asfalt betonunda kullanılacak her tür mineral agrega ve bitümlü bağlayıcı için gereken tüm deneyler laboratuvar karışım dizaynı hazırlanmadan önce tamamlanmış olmalıdır.

Tablo 7.17: Bitümlü Karışım Aşınma Tabakası İçin Dizayn Kriterleri

ÖZELLİKLER	AŞINMA TİP 1 , TİP 2		AŞINMA TİP 3		Deney Standardı
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75		75		TS EN 12697-30
Marshall stabilitesi (kg)	900	-	400	-	TS EN 12697-34
Boşluk (%)	3	5	5	12	TS EN 12697-8
Bitümle dolu boşluk VFA (%)	65	75	-	-	TS EN 12697-8
Agregalar arası boşluk VMA (%)	14	16	-	-	TS EN 12697-8
Filler/Bitüm oranı	-	1,5	-	-	
Akma (mm)	2	4	2	4	TS EN 12697-34
Bitüm (ağırlıkça %)	4,0	7,0	5,0	8,0	TS EN 12697-1
Tekerlek izinde oturma Max % (30.000 devirde, 60 °C'de)	8		-		TS EN 12697-22
Tekerlek izinde oturma Max % (3.000 devirde, 60 °C'de 5 cm kalınlığında numune)	-		7		TS EN 12697-22

- Aşınma tabakasının uygulamalarında, her farklı karışım dizaynı için imalatın başlangıcında iş yeri karışım formülü Tablo 7.17'deki dizayn kriterlerine göre hazırlanmalıdır.
- Aşınma tabakası iş yeri karışım yoğunluğu tayini için en az altı Marshall briketi yoğunluğunun ortalaması alınmalıdır. İş yeri karışım formülü sonucu bulunan yoğunluk değeri,

dizayn yoğunluk değerinin±%10 sınır değerlerinde olmalıdır. Bulunan yoğunluk değeri uygulamada sıkışma kontrolünde esas değer olarak alınmalıdır.

- Karışımın agrega gradasyonu, aşınma tabakası için Tablo 7.18'de verilen limitler içinde olmalıdır. Agrega en az üç tane grubu hâlinde hazırlanmalıdır. Aşınma tabakasında kullanılacak agrega tane çapı en fazla 19 mm olmalıdır.

Tablo 7.18: Agrega Karışımının Gradasyon Limitleri

ELEK BOYU mm (inç)	TİP 1	TİP 2	TİP 3 (Çok İnce Aşınma)
19 (3/4")	100		
12,5 (1/2")	88-100	100	100
9,5 (3/8")	72-90	80-100	90-100
6,0 (1/4")	-	-	25-33
4,75 (No.4)	42-52	55-72	23-31
2,00 (No.10)	25-35	36-53	20-27
0,425 (No.40)	10-20	16-28	12- 18
0,180 (No.80)	7-14	8-16	-
0,075 (No.200)	3-8	4-8	7-11

- Tip 3 çok ince aşınma tabakası; kaymaya karşı direnci artırmak ve kaplamaya su girişini önlemek amacıyla en fazla 6 mm, tekerlek izi oluşmuş mevcut bitümlü sıcak karışım tabakaları üzerine ise 25-30 mm kalınlıkta uygulanmalıdır. Tip 3 çok ince aşınma tabakası yeni yapım ve takviye olacak esnek üstyapılarda aşınma tabakası olarak kullanılır.
- Gradasyon değerlerini bulmak için yapılacak elek analizleri **ASTM C-136**, **ASTM C-117**'ye (**TS EN 933-1**) uygun olarak yapılmalıdır.
- Aşınma tabakasında zorunlu sebepler yüzünden cilalanma değeri en az 40 olan agregalar kullanılabilir. Bu durumda, kaymaya karşı direnci artırmak için Tablo 7.22'de verilen kriterleri sağlayan ve cilalanma değeri en az 50 olan, 1-3 mm boyutlarında magmatik kökenli pürüzlendirme malzemesi uygulanmalıdır.
- Pürüzlendirme malzemesi, karışım serildikten ve silindirle ilk pas yapıldıktan sonra miktarı 1,5-2,0 kg/m² olacak şekilde tabakanın üzerine homojen olarak serilmelidir. Agreganın miktarını tam olarak uygulamak ve homojen dağıtılmasını sağlamak amacıyla silindire monte edilmiş mıcır yayma sistemi kullanılır.
- Tip 3 çok ince aşınma tabakası agregasının cilalanma değeri, en az 50 ve aşınma kaybı en fazla %25 olmalı, diğer özellikleri Tablo 7.19'daki limitlere uygun olmalıdır.
- Kaba agregada aranan fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 7.19'da verilmektedir.

Tablo 7.19: Kaba Agreganın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMİTLERİ		DENEY STANDARDI
	BİNDER	AŞINMA	
Parçalanma Direnci (Los Angeles) %	≤ 30	≤ 27	TS EN 1097-2 AASHTO T 96
Aşınma Direnci (Mikro-Deval) %	≤ 25	≤ 20	TS EN 1097-1
Hava Tesirine Karşı Dayanıklılık ($MgSO_4$ ile kayıp) %	≤ 18	≤ 16	TS EN 1367-2
Kırılmışlık (Ağırlıkça) %	≥ 95	≥ 95	TS EN 1367-2
Su Emme %	≤ 2,5	≤ 2,0	TS EN 1097-6
Yassılık İndeksi %	≤ 30	≤ 25	BS 812
	≤ 25	≤ 20	TS EN 933-3
Cilalanma Değeri %	≥ 35	≥ 50	TS EN 1097-8
Soyulma Mukavemeti %	≥ 60	≥ 60	TS EN 12697-11
Kil Toprağı ve Dağılabilen Tane Oranı %	≤ 0,3	≤ 0,3	ASTM C-142 AASHTO T 112

- Kaba agrega yassılık indeksi, Tablo 7.19'da verilen limitten fazla olmamalı. Taneler kübik ve keskin köşeli olmalıdır.
- Mineral filler düzgün bir gradasyona sahip olmalıdır. Tanelerin şekli yassı, düz ve uzun olmalıdır.
- Aşınma tabakalarının yapımı için agregaya ilave edilmek suretiyle hazırlanacak karışımda bitümlü bağlayıcı olarak **TS EN 12591** standardına uygun 40/60, 50/70 ve 70/100 penetrasyonlu bitüm ve "Bitümlü Bağlayıcılar" limitlerine uygun polimer modifiye bitüm kullanılmalıdır. Tip 3 çok ince aşınma tabakasında **TS EN 12591**'e uygun polimer modifiye bitümler kullanılmalıdır.
- Astar malzemesi olarak **TS EN 15322** standardına uygun Fm2B2, Fm2B3; TS EN 13808 standardına uygun C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- Yapıştırıcı olarak **TS EN 13808** standardına uygun C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- Tip 3 ince aşınma tabakasında yapıştırıcı olarak modifiye emülsiyon ya da modifiye bitüm kullanılmalıdır.

İş yeri karışım formülüne göre hazırlanan malzemelerin plentte karıştırma sıcaklığı Tablo 7.20'de, plentten çıkan karışımın sıcaklığı Tablo 7.21'de, aşınma tabakasına ait serme sıcaklıkları Tablo 7.22'de verilen sınır değerleri dikkate alınarak uygulanmalıdır. Karışımda modifiye bitüm kullanıldığı zaman imalat sıcaklıkları "Bitümlü Bağlayıcılarda" belirtildiği şekilde olmalıdır.

Tablo 7.20: Malzemelerin Plentte Karıştırma Sıcaklıkları

Bitümlü Bağlayıcı Tipi	Bitüm		Agrega	
	Min.(°C)	Max. (°C)	Min.(°C)	Max. (°C)
AC 40/60, AC 50/70 ile hazırlanan karışım	145	160	150	165
AC 70/100 ile hazırlanan karışım	140	155	145	160
Not: Agreganın sıcaklığı ile bitümün sıcaklığı arasındaki fark 15 °C'den fazla olmayacaktır.				

Tablo 7.21: Plentten Çıkan Karışımın Sıcaklığı

Hava Sıcaklığı (gölgede) °C	5-15	15,1- 30	30'dan fazla
Karışım Sıcaklığı °C	Min.155	Min.145	Min.140

Tablo 7.22: Bitümlü Karışım Aşınma Tabakasına Ait Serme Sıcaklıkları

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	<50 mm	50-75 mm	> 75 mm
Yol Yüzeyi Sıcaklığı °C	Minimum Serim Sıcaklığı °C		
< 5	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.
5-9,9	Serim yapılmamalıdır.	141	135
10-14,9	146	138	132
≥ 15	141	135	130

Aşınma tabakasının iklim olarak uygulanma zamanı ve en düşük hava sıcaklıkları, bitümlü temel tabakanın uygulanma esaslarıyla aynı uygulamaları içermektedir.

7. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Aşağıda verilen uygulamalardan hangisi yol güzergâhında en üst katman olarak uygulanır?

A) Aşınma tabakası
B) Binder tabakası
C) Bitümlü temel tabakası
D) Plent- Mix temel tabakası
E) Alt temel tabakası

2. Karışımların dizayn edilmesinde aşağıda verilenlerden hangisi istenen fiziksel ve mekanik özelliklerden biri değildir?

A) Durabilite
B) Esneklik
C) İşlenebilirlik
D) Porozite
E) Stabilite

3. Marshall metodunda her bir test numunesi için kullanılacak agrega miktarı ne kadar olmalıdır?

A) 600 g
B) 800 g
C) 1000 g
D) 1200 g
E) 1400 g

4. Kalıptan çıkartılan briketlerin Marshall test cihazına konulmadan su banyosunda bekletilme ısısı ve süresi ne kadar olmalıdır?

A) 90 °C'de en fazla 5 dk.
B) 70 °C'de en az 10 dk.
C) 60 °C'de en az 30 dk.
D) 40 °C'de en fazla 20 dk.
E) 25 °C'de en az 60 dk.

5. Marshall dizayn test cihazıyla aşağıdaki değerlerden hangisi elde edilir?

A) Hacim sabitliği-Stabilite
B) Özgül ağırlık-Stabilite
C) Birim ağırlık-Stabilite
D) Akma-Stabilite
E) Boşluk-Stabilite

6. Bitümlü temel kaplamasının ülkemizde uygulanma sezonu aşağıdakilerden hangisidir?

A) 1 Mart-30 Eylül
B) 1 Nisan-30 Kasım
C) 1 Mayıs-30 Aralık
D) 1 Haziran-30 Ağustos
E) 1 Şubat-30 Ekim

7. Binder tabakası uygulama yüksekliği maksimum ne kadar olmalıdır?

A) 8 cm
B) 10 cm
C) 15 cm
D) 18 cm
E) 25 cm

8. Marshall stabilite ve akma deneyi yapılırken test cihazının kırma kafası sıcaklığı ne kadar olmalıdır?

A) 21-38 °C
B) 35-45 °C
C) 40-58 °C
D) 55-70 °C
E) 90-100 °C

9. Su banyosundan çıkartılan numunenin Marshall stabilite aleti kırma kafasına yerleştirme süresi maksimum ne kadar olmalıdır?

A) 10 sn.
B) 30 sn.
C) 60 sn.
D) 90 sn.
E) 120 sn.

10. Aşınma tabakasında kullanılan agreganın maksimum tane boyutu ne kadar olmalıdır?

A) 9,5 mm
B) 12,5 mm
C) 19 mm
D) 25 mm
E) 37,5 mm







8. ÖĞRENME BİRİMİ

TABAKALARDA DENEYLER

KONULAR

8.1. TABAKALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK
8.2. LABORATUVAR YOĞUNLUĞU
8.3. TABAKALARDA BOŞLUK MİKTARI
8.4. EKSTRAKSIYON DENEYİ
8.5. ELEK ANALİZİ DENEYİ
8.6. İŞ YERİ KARIŞIMI
8.7. ASFALT PLENTLERİNİN AYARLANMASI

TEMEL KAVRAMLAR

- Ekstraksiyon
- İş yeri karışımı
- Laboratuvar yoğunluğu
- Plent
- Refluks ekstraktör
- Tabaka deneyleri

GİRİŞ

Bitümlü sıcak karışımlar (BSK) ile elde edilen aşınma, binder ve bitümlü temel tabakaları; esnek kaplamanın üst kısmında yer almaktadır. Kaplamanın üst kısmında olmaları sebebi ile gerilmelere, deformasyonlara ve çevresel etkilere daha fazla maruz kaldıkları için temel ve alt temel tabakalarına göre daha kararlı ve dayanıklı olmak zorundadır. Beklenen tüm fonksiyonların sağlanabilmesi için bitüm bağlayıcılı tabakaların daha kaliteli ve daha mukavemetli olması gerekir.

Bitümlü kaplamalar, laboratuvarda çok iyi tasarlanıp bileşenlerin dizaynı kusursuz hesaplansa bile uygulama aşamalarında çeşitli sorunlarla karşılaşılabilmektedir. Üstelik laboratuvar ortamında bile agrega köşeliliği ve gradasyonu gibi faktörler tam olarak kontrol altına alınamamaktadır. Uygulama sırasında inşaat araçlarından, işçilikten veya hava koşullarının zorluğundan kaynaklanan problemler oluşabilmektedir.

BSK'nin homojenliği, bileşenlerinin (bitüm, agregalar, katkı maddeleri ve hava boşlukları) dağılımına bağlıdır. Bunların arasında agrega dağılımı, homojenliği belirlemede önemli bir rol oynar çünkü diğer üç bileşenin bitümlü sıcak karışım içerisindeki durumu genellikle agrega dağılımı tarafından belirlenir.

Tabaka deneyleri, bitümlü sıcak karışımın yol güzergâhına uygulanması esnasında yapılan deneyleri kapsamaktadır. Bu deney sonuçlarına göre laboratuvar dizaynında iş yeri karışım oranları ile tasarlanan karışımın uygulamada sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Uygulama sahasında günlük olarak yapılan kalite kontrolü son derece önemlidir. Günlük test sonuçlarının bazılarının kabul edilemez olması durumunda, hatalı uygulanan bitümlü tabakanın yerinden sökülmesi gerekebilir. Sökme işlemi zahmetlidir. Sökme işlemi zahmetli olmasının yanında maddi kayba ve zaman kaybına da sebep olmaktadır. Bu gibi olumsuz durumlarla karşılaşmamak için yapılması gerekenler şunlardır:

- Her gün en az iki kez, serim sırasında finişerin arkasından numuneler alınarak "Bitümlü Kaplama Karışımlarında Bitüm Miktarı Tayini (Ekstraksiyon)" ve "Ekstrakte Edilmiş Agreganın Gradasyonunun Tayini (Elek Analizi)" deneyleri yapılmalıdır.
- Sıkıştırma değerlerini hesaplamak amacı ile her tabakanın başlangıcından itibaren en az 400 m^2de bir, deneme kesimi yapılmalıdır.
- Gelişigüzel seçilmiş en az üç noktadan ikişer adet, 15 cm çapında karot numuneleri alınarak yoğunluk bulunmalıdır.



Karotlar, kaplama birkaç gün soğuduktan sonra alınmalıdır. Karot numuneleri alımı için yaz aylarında sabah erken veya akşam üzeri uygun zaman aralıklarıdır.

8.1. TABAKALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ (ASTM D-2726, AASHTO T166)

Yerine yerleştirilmiş ve sıkıştırılmış BSK'den alınan karot numunelerden veya deneme kesiminden elde edilen numunelerin, kütle özgül ağırlıkları bulunur. Daha önce dizayn aşamasında bulunan değerler ile karşılaştırılarak tabakanın sıkışma yüksekliği, agrega gradasyonu, kullanılan bitüm içerikleri ve uygulama sırasındaki segregasyon hakkında değerlendirme yapılır.

BSK dizaynı ve tabaka kontrolü sırasında, özgül ağırlıklarını belirlemek için farklı birçok laboratuvar deneyi yapılmaktadır. En çok uygulanan, Arşimet terazisi (tel sepet) yöntemi ile karot numunesinde özgül ağırlık tespiti yapılmasıdır.

Özgül ağırlık ve yoğunluk deneylerinde kullanılacak terimler ve kısaltmaları Tablo 8.1'de verilmektedir.

Tablo 8.1: Bitümlü Karışımlar İçin Hacimsel Özellikler

Başlangıçtaki Büyük Harf	İlk Alt Simge (Küçük Harf)	İkinci Alt Simge (Küçük Harf)
G: Özgül Ağırlık (Specific Gravity)	**a**: Hava (Air)	**a**: Absorbe olan (Absorbed) -Bitüm için
M: Kütle (Mass)	**b**: Bitüm (Binder)	**a**: Görünür (Apparent)-Agrega için
V: Hacim (Volume)	**s**: Agrega (Stone)	**b**: Birim hacim / Toplam hacim (Bulk)
P: Yüzde (Percent)	**m**: Karışım (Mix)	**e**: Efektif (Effective)
		m: Maksimum (Maximum)
Bitümlü Karışımlarda Örnek Özgül Ağırlık Sembolleri		
Gsb: Agrega Hacim Özgül Ağırlığı **Gsa**: Agrega Görünür Özgül Ağırlık **Gse**: Agrega Efektif Özgül Ağırlık	**Gmm**: Karışım Teorik (Maks.) Özgül Ağırlık **Gmb**: Karışım Birim Hacim Özgül Ağırlık **Gb**: Bitümün Özgül Ağırlığı	

Tablonun kullanımı aşağıdaki gibi yapılır.

- Başlangıçta bir büyük harf ile özellik tanımlanır.
- İlgili malzemeyi tarifleyen bir alt simge küçük harf ile ortaya yazılır.
- Bazen de malzeme hakkında daha fazla detay veren ikinci bir alt simge sona eklenir.

8.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.

Dijital termometre ve desikatörün yanı sıra Görsel 8.1'de verilen deney araç gereci kullanılmaktadır.



Görsel 8.1: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Etüv 2.Terazi 3.Arşimet sehpası 4.Tel sepet 5.Kurutma bezi veya havlu 6.Metal tepsi veya metal tava 7.Karot numune

8.1.2. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Uygulama sahasında günlük çalışma alanının farklı noktalarından 15 cm çapında, en az üç karot numunesi alınır.
- Karot numuneleri etüvde bitüm içeriği bozulmayacak şekilde tamamen kurutulur.
- Etüvden çıkartılan numuneler, oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulur.

8.1.3. Deneyin Yapılışı

- Deney için desikatörden çıkarılan kuru karot numuneleri, önce tartılır ve sonucu M_1 değeri olarak kaydedilir.
- Karot numunesinin; belirlenen deney sıcaklığında su banyosunda en az 30 dakika, en fazla 3 saat suya doyması sağlanmalıdır.
- Deney sıcaklığındaki suyun yoğunluğu Tablo 8.2'deki değere yakın alınmalıdır.

Tablo 8.2: Suyun Sıcaklık Yoğunluğu

Sıcaklık (0 C)	0	4	10	15	20	25	30
Yoğunluk (g/cm³)	0,9999	1,0000	0,9996	0,9990	0,9982	0,9980	0,9957

- Tel sepet içerisinde suya daldırılan karotun yüzeyinde hava kabarcıklarının olmamasına dikkat edilmelidir. Suya doymuş numunenin kütlesi Arşimet terazisi ile belirlenir ve sonuç M_2 değeri olarak kaydedilir.
- Karot numunesi sudan çıkarılır ve numunenin yüzeyi havlu yardımıyla kurulanır.
- Kurulama işleminden hemen sonra DKY hâline gelmiş karotun kütlesi belirlenir ve M_3 değeri olarak kaydedilir.
- İlgili formüller kullanılarak numunenin özgül ağırlığı hesaplanır.
- Deney üç ayrı karot üzerinde yapılır. Çıkan değerlerin ortalaması alınır.

8.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması

$$Gmb = [M_1 / (M_3 - M_2)] \cdot Pw$$

Gmb: Karışımın birim hacim özgül ağırlığı (g/cm³)
M_1: Kuru karot numunesinin gram cinsinden kütlesi
M_2: Karot numunesinin gram cinsinden su içindeki kütlesi
M_3: Doygun ve yüzeyi kurulanmış karot numunesinin gram cinsinden kütlesi
Pw: g/cm³ cinsinden deney sıcaklığındaki suyun yoğunluğu (Tablo 8.2'deki değerler)
Deney sonuçları Tablo 8.3'teki deney raporuna işlenmelidir.

Tablo 8.3: Deney Raporu

Numunenin Tanımlanması	Bit.Temel	Binder	Aşınma	Deney Standardı
Numunenin Geldiği Yer				
Numune Geldiği Tarih	...../..../20...	Kodu:	.....	Rapor No.: .....
Laboratuvar Adı				
Deney Sonuçları	1. Numune	2. Numune	3.Numune	Ort. Özgül Ağırlık
Suyun Sıcaklık Yoğunluğu (g/cm³)				
Numunenin Kuru Kütlesi M_1 (g)				
Numunenin Sudaki Kütlesi M_2 (g)				
Numunenin DKY Kütlesi M_3 (g)				
Özgül Ağırlık Değerleri (g/cm³)				
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat	...../...../20.... ..... :			

DENEYİ YAPAN VE RAPORU HAZIRLAYAN			
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası
1			
2			
3			

RAPORU ONAYLAYAN			
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası
1			
2			

Deney ile İlgili Açıklamalar:

1. DENEY UYGULAMASI

Güzergâhta belirlenen iki farklı tabakadan alınan üçer karot numunesine, laboratuvarda tel sepet yöntemiyle özgül ağırlık deneyini yapınız. Sonuçları, örnek deney raporuna işleyerek tabakanın dizayn kriterlerine uygunluğunu belirleyiniz.

Deney Adı : Tabakalarda Özgül Ağırlık Deneyi

Deney Süresi : Karot numenlerinin alımı ve hazırlanması 16 saat, deney uygulama 4 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Deneyde kullanılacak araç gereci ortam sıcaklığında (20±2 °C) hazırlayınız. • Araç gerecin temiz ve çalışır durumda olduklarını kontrol ediniz.	
 Karotların kurutulması	• Karot numunelerini, etüvde bitüm içeriği bozulmayacak şekilde kurutunuz. • Etüvden çıkartılan numuneleri oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutunuz.	
 Kuru numunenin kütlesinin bulunması	• Desikatörden çıkartılan kuru karot numunelerini tartınız ve M_1 değeri olarak kaydediniz.	
 Sudaki numune ağırlığının bulunması	• Karot numunesini, su banyosunda en az 30 dakika, en fazla 3 saat suya doyması için bekletiniz. • Tel sepet içerisinde suya daldırılan karotun yüzeyinde hava kabarcıklarının olmamasına dikkat ediniz • Suya doymuş numunenin kütlesini Arşimet terazisi yardımıyla bulunuz ve M_2 değeri olarak kaydediniz.	
 Numunenin DKY hâline getirilmesi	• Karot numunesini sudan çıkarınız, havlu veya bez yardımıyla yüzeyini kurulayınız ve doygun kuru yüzey hâline getiriniz.	

 DKY numunenin tartılması	• Kurulama işleminden hemen sonra DKY hâline gelmiş karotun kütlesini bulunuz, M_3 değeri olarak kaydediniz. • İlgili formülleri kullanarak numunenin özgül ağırlığını hesaplayınız. • Deneyi üç ayrı karot üzerinde yapınız. • Çıkan değerlerin ortalamasını alınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda, alınan karışım numunelerinin bitümlü karışım dizaynının kontrolü için gerekli olan özgül ağırlıklarını belirleyiniz. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

8.2. LABORATUVAR YOĞUNLUĞU

Kaplama yoğunluğunun; güzergâhtan alınan numune kullanılarak, laboratuvarda belirlenmiş olan hedef yoğunluk değeri ile kıyaslaması yapılarak kabul edilebilir değerlerde olup olmadığı saptanmalıdır.

8.2.1. Laboratuvarda Yoğunluk Değeri Yöntemleri ve Uygulama Kuralları

Laboratuvar yoğunluk değerleri farklı yöntemlerle bulunabilmektedir.

- **Laboratuvar Yoğunluk Yüzdesi Yöntemi**

Laboratuvar yoğunluk yüzdesi yöntemi özellikle, şantiye laboratuvarlarının kurulduğu geniş çaplı projelerdeki Marshall sıkıştırma yöntemi için geçerlidir. Şantiyeye karışım taşıyan araçlardan rastgele alınan numunelerle (genellikle günlük üretimden) her üretim birimini (lot) kapsayan, laboratuvarda hazırlanan dört veya daha fazla numune için bir hedef yoğunluk belirlenmektedir. Bu numuneler, **ASTM D 1559** veya **AASHTO T 245** yöntemine uygun olarak Marshall ekipmanı ile sıkıştırılmaktadır. Bu süreçte iki önemli hususa dikkat edilmelidir. Birincisi; karışımın sıcaklığı, yeniden ısıtmaya izin verilmeksizin finişerdeki sıcaklığa yakın olmalıdır. İkincisi sıkıştırma darbe sayısı karışım tasarımında kullanılan ile aynı olmalıdır.

Laboratuvar yoğunluk yüzdesi yönteminin avantajı, sonuçtaki hedef yoğunlukların günlük gerçek karışım üretimini yakından temsil edebilmesi ve karışımdaki günlük işlemlere bağlı olarak ortaya çıkan küçük değişimler için bir telafi olanağı sağlamasıdır.

- **Maksimum Teorik Yoğunluk Yüzdesi Yöntemi**

Maksimum teorik yoğunluk yüzdesi yönteminde hedef yoğunluk, karışım tamamen boşluksuz bir kütle oluncaya kadar yoğunlaştırıldığında ortaya çıkacak birim ağırlığın yüzdesi olarak belirlenmektedir. Bu maksimum teorik yoğunluk, yaygın olarak pirinç deneyi ya da maksimum efektif özgül ağırlık olarak bilinen **ASTM D 2041** veya **AASHTO T 209** deney yöntemi ile belirlenmektedir.

- **Deneme Kesimi Yoğunluk Yüzdesi Yöntemi**

Hedef yoğunluk, serilmekte olan her bir kaplama tabakasının başlangıcında bir deneme kesimi oluşturulmasıyla belirlenmektedir. Deneme kesimi, kaplama projesinin bir parçası niteliğinde olup minimum 150 metre uzunluğunda olmalı ve temsil ettiği tabakanın geriye kalan kısmı ile aynı kalınlık ve genişliğe göre inşa edilmelidir.

- **Elektromanyetik Yoğunluk Ölçer (PQI) Yöntemi**

Elektromanyetik yoğunluk ölçer (Pavement Quality Indicator- peyvmınt kualiti indıkeydır-PQI); tek kişi tarafından kullanılan, tahribatsız (karot almaksızın) ve hızlı sonuç verebilen Görsel 8.2'deki yoğunluk ölçme cihazıdır. Bu cihaz bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplama tabakalarında kullanılmaktadır. Tabakaya uygulanan sıkıştırmayı takip etmek ve BSK sıkıştırma yoğunluklarında meydana gelen değişiklikleri hızlı bir şekilde denetleyebilmek amacıyla kullanılır. Uygulama alanlarında, nükleer olmayan elektromanyetik yoğunluk ölçer cihazı olarak isimlendirilmektedir.



Görsel 8.2: Elektromanyetik yoğunluk ölçme cihazı

Cihazın okuduğu değer, örnekleme hacmini oluşturulan her bir bileşenin (agrega, bağlayıcı ve hava) dielektrik katsayılarının bir birleşimidir. Bitüm ve agreganın dielektrik katsayısı 5-6 arasındadır. Havanın dielektrik katsayısı ise yaklaşık 1'dir. Elektromanyetik yoğunluk ölçme cihazı, malzemelerin dielektrik katsayıları arasındaki değişiminden malzeme yoğunluğunu ölçer.

Bu cihazın sahip olduğu avantajlı yönler şunlardır; Kullanıcı ve çevre için güvenilirdir. Kısa bir sürede sonuç verir. Tabakaya zarar vermez ve tahribatsızdır. Hafif ve bir kişi tarafından rahatlıkla kullanılabilmektedir.

- **Nükleer Yoğunluk Ölçer (NYÖ) Yöntemi**



Görsel 8.3: Nükleer yoğunluk cihazı

BSK, tabakaların sıkışma kontrolleri ve yoğunluğu için tercih edilmektedir. Bu yöntemde radyoaktif kaynaktan gama ışınları yayan cihazın kullanımı basit, hızlı, tahribatsız ve doğru sonuçlar verdiği için tercih edilmektedir. Bu yöntem ve cihaz ilk olarak 1954 yılında California'da yol yapım çalışmalarında kullanılmıştır. Bu yöntem, zeminin yoğunluğunu ve su muhtevasını tespit etmek için kullanılmaktayken zamanla esnek ve beton üstyapılarda da kullanılmaya başlanmıştır.

Görsel 8.3'teki bu cihaz, radyoaktif kaynaktan gama ışınları yayarak yoğunluk ölçümü yapar.

8.2.2. Laboratuvarda Yoğunluk Değeri Bulma-Maksimum Teorik Yoğunluk Deneyi (ASTM D 2041-AASHTO T 209)

Maksimum teorik yoğunluk değerini bulmak için kullanılan yöntem, yaygın olarak **ASTM D 2041** ve **AASHTO T 209'**da belirtilen maksimum efektif özgül ağırlık deneyi sonucunda bulunur. Bu test yöntemi, 25 °C'de sıkıştırılmamış bitümlü sıcak karışımların teorik maksimum özgül ağırlığının ve yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla serme işlemi öncesi alınan numunelere uygulanır.

8.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde etüv ve sıcaklık ayarlı su banyosunun yanında Görsel 8.4 ve Görsel 8.5'te belirtilen araç ve gereçler kullanılmaktadır. Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.



Görsel 8.4: Deney araç gereç ve aletleri



Görsel 8.5: Sarsma makinesi

Görsel 8.4: 1. Vakum şişesi- Erlenmayer (4 adet) 2. Hortumlar, tıpalar ve musluk 3. Isı izolasyonlu eldiven 4. Yaklaşık 5 L su 5. Havlu veya bez 6. Kronometre 7. Cam-dijital termometre 8. Pipet veya damlalık 9. Cam plaka 10. Bakkalcı küreği 11. Regülatörlü vakum pompası 12. Askı aparatı 13. BSK numunesi 14. Hassas dijital terazi (0,1 gram hassasiyetli) 15. Metal tava veya karıştırma tepsisi. Görsel 8.5: 16- Sarsma makinesi

8.2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

Bu deney için günlük üretimden Tablo 8.4'te belirtilen bitümlü sıcak karışım numunesi alınmalıdır. Ayrıca deney üç defa tekrarlanacağı için tablodaki miktara uygun üç ayrı numune oluşturulmalıdır.

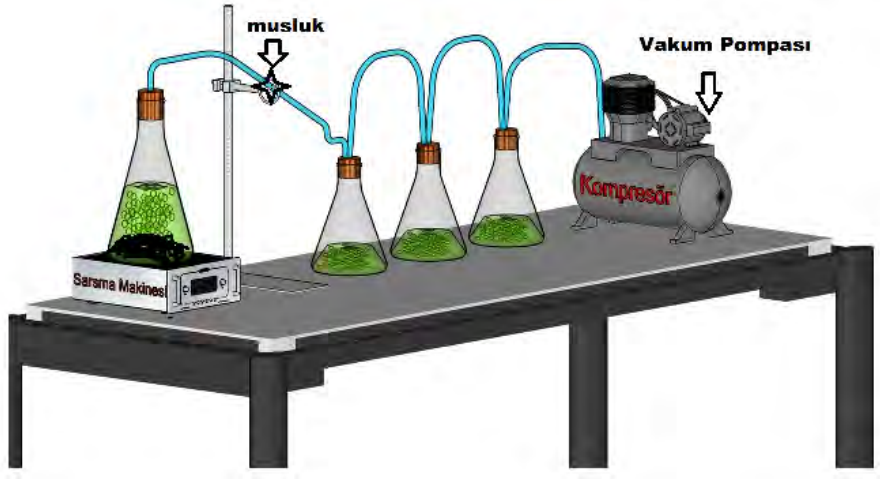
Tablo 8.4: Deney Numune Miktarı

BSK'de Kullanılan Agreganın Maksimum Tane Çapı (mm)	12,5	19-25	37,5 ve daha büyük
Deney Numune Miktarı (gram)	1500	2500	4000

8.2.2.3. Deneyin Yapılışı

- Numune ilk olarak etüvde 25 °C sıcaklıkta kurutulur ve birbirine yapışmış parçalar el ile ayrılır (Yapışmış parçalar 1/4 inç veya 6,35 mm'yi geçmeyecek şekilde ayrıştırılmalıdır.).
- Deneye başlanmadan önce vakum şişesinin (erlenmayerin) kalibrasyonu için 25 °C sıcaklıktaki su, huni yardımıyla doldurulur. Su; damlalık ve cam plaka yardımıyla vakum şişesinin ağzında hava boşluğu kalmayacak şekilde, dikkat edilerek ilave edilir ve cam plaka üzerine yerleştirilir.
- Vakum şişesinin dışındaki su damlacıkları, bez veya havlu ile kurulanır.
- Vakum şişesi içinde su (25 °C'de) ve üzerindeki cam plaka 0,1 g hassasiyette terazide tartılır ve D değeri olarak kaydedilir.
- Suyu tamamen boşaltılmış vakum şişesi, etüvde 25 °C sıcaklık değerine gelmesi için bekletilir.
- Etüvde çıkartılan vakum şişesi teraziye konulur ve darası sıfır olacak şekilde terazi ayarlanır.

- Sıcak numune, vakit kaybetmeden vakum şişesine kürek yardımıyla doldurulur. 0,1 g hassasiyetli tartılır ve A değeri olarak kaydedilir.
- 25 °C'deki su, vakum şişesi içindeki numunenin üzerini bir parmak geçecek şekilde ilave edilir.
- Vakum pompasının takıldığı deney düzeneği oluşturulur (Görsel 8.6).



Görsel 8.6: Maksimum efektif özgül ağırlık deney düzeneği

- Vakum pompası açılır, 15 dakika 27,5+2,5 mmHg (0,04 atm) basınçta vakum uygulanır.
- Süre sonrası musluk kapatılır ve vakum şişesinin üzerine tekrar aynı sıcaklıkta su ilave edilir.
- Damlalık ve cam plaka yardımıyla vakum şişesinin yüzeyinde hava boşluğu kalmayacak şekilde dikkat edilerek su ilave edilip cam plakayla üstü kapatılır.
- Vakum şişesi, 25 °C sıcaklıktaki su banyosunda cam plakayla kapalı bir şekilde 10 dakika bekletilir.
- Su banyosundan çıkartılan şişenin dışı, kuru bezle silinir.
- İçi numune ve tamamen su ile dolu vakum şişesi, üzerindeki cam plakayla tartılır ve E değeri olarak kaydedilir.
- İlgili formülle karışım teorik (maksimum) yoğunluk hesabı hesaplanır, üç farklı numuneyle yapılan değerlerin ortalaması alınarak günlük karışımın yoğunluğu bulunur.

8.2.2.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama

$$\mathbf{Gmm} = \frac{\boldsymbol{A}}{\mathbf{A} + \mathbf{D} - \mathbf{E}}$$

Gmm: Karışım teorik (Maks.) özgül ağırlık (Yoğunluk)
A: Kuru karışımın havadaki ağırlığı (g)
D: Vakum şişesinin tamamen 25 °C sıcaklıktaki su ile dolu cam plakalı ağırlığı (g)
E: 25 °C su banyosundan çıkartılan şişe, numune, su ve cam plakalı ağırlığı (g)
Deney sonuçları Tablo 8.5'teki deney raporuna işlenmelidir.

Tablo 8.5: Deney Raporu

Numunenin Tanımlanması		Deney Standardı		
Numunenin Geldiği Yer				
Numune Geldiği Tarih	...../..../20...	Kodu:	.....	Rapor No.:
Laboratuvar Adı				
Deney Sonuçları		1. Numune	2.Numune	3.Numune
Numunenin Havadaki Kuru Kütlesi **A** (g)				
Vakum Şişesi + Su + Cam Plaka Toplam Kütlesi **D** (g)				
V.Şişesi +Numune + Su + Cam Plaka Toplam Kütlesi **E** (g)				
Maksimum Teorik Yoğunluk Değeri (g/cm^3) **[A/(A+D-E)]**				
Ortalama Maksimum Teorik Yoğunluk Değeri (g/cm^3)				
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat	...../...../20.... ..... :			
DENEYİ YAPAN ve RAPORU HAZIRLAYAN				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi		İmzası
1				
2				
3				
RAPORU ONAYLAYAN				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi		İmzası
1				
2				
Deney ile İlgili Açıklamalar:				

2. DENEY UYGULAMASI

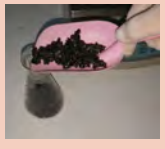
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21696

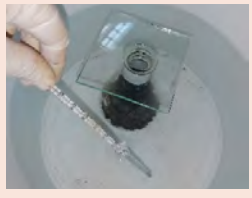
Günlük üretimden Tablo 8.4'te verilen miktarlara uygun üç ayrı numuneyle maksimum teorik yoğunluk deneyini yapınız. Sonuçları örnek deney raporuna işleyerek tabakanın dizayn kriterlerine uygunluğunu belirleyiniz.

Deney Adı : Laboratuvarda Yoğunluk Deneyi/ Maksimum Efektif Özgül Ağırlık Yöntemi

Deney Süresi : Numune Hazırlama 1 saat, uygulama 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz • Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Isı yalıtımlı eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	

 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Deneyde kullanılacak araç gereci ortam sıcaklığında (20±2 °C) hazırlayınız. • Araç gerecin temiz ve çalışır durumda olduklarını kontrol ediniz.	
 Numunenin etüvde kurutulması	• Numune miktarını Tablo 8.4'te belirtilen tane boyutuna göre alınız. • Numuneyi ilk olarak etüvde 25 °C sıcaklıkta kurutunuz.	
 Yapışmış numune tanelerinin ayrılması	• Bitümle birbirine yapışmış parçaları el ile ayırınız (Yapışmış parçaları 1/4 inç veya 6,35 mm'yi geçmeyecek şekilde ayırınız).	
 Vakum şişesine kalibrasyon yapılması	• Deneye başlanmadan önce vakum şişesinin (erlenmayerin) kalibrasyonu için 25 °C sıcaklıktaki suyu huni yardımıyla doldurunuz. • Damlalık ve cam plaka yardımıyla vakum şişesinin ağzında hava boşluğu kalmayacak şekilde su ilave edip cam plakayı kapatınız.	
  Vakum şişesinin su dolu olarak tartılması	• Vakum şişesinin dışındaki su damlacıklarını bez veya havlu ile kurulayınız. • Vakum şişesini içindeki su (25 °C'de) ve üzerindeki cam plaka ile terazide tartınız ve D değeri olarak kaydediniz.	
 Boş vakum şişesinin tartılması	• Suyu tamamen boşaltılmış vakum şişesini, etüvde 25 °C sıcaklık değerine gelmesi için bekletiniz. • Etüvden çıkartılan vakum şişesini teraziye koyunuz ve darası sıfır olacak şekilde teraziyi ayarlayınız.	
 Numunenin doldurulması ve tartılması	• Sıcak numuneyi vakum şişesine kürek yardımıyla doldurunuz. • Numune konulan vakum şişesini 0,1 g hassasiyetle tartınız ve A değeri olarak kaydediniz.	

 Deney düzeneğinin oluşturulması	• 25 °C'deki suyu, vakum şişesi içindeki numunenin üzerini bir parmak geçecek şekilde ilave ediniz. • Vakum pompasının takıldığı deney düzeneğini oluşturunuz. • Vakum pompasını açınız, 15 dakika 27,5+2,5 mmHg (0,04 atm) basınçta vakum uygulayınız.	
 Şişenin cam plakayla kapatılması	• Süre sonrası musluğu kapatınız. • Havası alınmış numunenin üzerine tekrar aynı sıcaklıkta su ilave ediniz. • Damlalık ve cam plaka yardımıyla vakum şişesinin yüzeyinde hava boşluğu kalmayacak şekilde su ilave edip cam plakayı üstüne kapatınız.	
 Su banyosunda bekletilmesi	• Vakum şişesini, 25 °C sıcaklıktaki su banyosunda cam plakayla kapalı bir şekilde 10 dakika bekletiniz. • Su banyosundan çıkartılan şişenin dışını kuru bezle siliniz.	
 Şişe içindeki numunenin tartılması	• İçi numune ve tamamen su ile dolu vakum şişesini, üzerindeki cam plakayla tartınız ve E değeri olarak kaydediniz. • Karışım teorik (Maks.) yoğunluk hesabını formülle hesaplayınız. • Üç farklı numuneyle yapılan değerlerin aritmetik ortalamasını alınız ve günlük karışımın yoğunluğunu belirleyiniz.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda, günlük alınan karışım numunelerinin yoğunluğunu belirleyiniz ve sonuçları dizayn kriterlerine göre yorumlayınız. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

8.3. TABAKALARDA BOŞLUK MİKTARI

Tabakalardaki boşluk miktarı; asfalt dolu boşluk yüzdesi (V_{FA}), agregalar arası boşluk yüzdesi (V_{MA}) ve hava boşluk yüzdesi (P_a) gibi kavramların bütünüyle oluşmaktadır.

Bitümlü sıcak karışımların dizaynında en zor elde edilen özellik, mineral agregada minimum boşlukların yakalanmasıdır. Bu nedenle tabakalardaki boşluk hesabında aşağıda verilen yöntem ve hesaplamalar dikkate alınmalıdır.

8.3.1. Tabakalarda Boşluk Miktarı Bulunmasının Yöntem ve Kuralları

- **Sıkıştırılmış Karışımda Hava %'si (P_a)**

Laboratuvarda sıkıştırılmış karışımın hava boşluk yüzde (P_a) değeri, asfalt karışımı için uygun olan bağlayıcıyı seçmekte kullanılan önemli bir kriterdir. Sıkıştırma sonucu üstü bitümle kaplanmış agregaların arasında yine küçük hava boşlukları meydana gelir.

Agrega karışımının hava muhtevasındaki her bir %1'lik azalma, karışım dizaynının bağlayıcı muhtevasında yaklaşık %0,3-0,4 artışa neden olmaktadır. Aşağıda verilen formülle hesaplanır.

$$P_a = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} . 100$$

P_a: Sıkıştırılmış karışımdaki toplam hacmin yüzdesi olarak hava boşlukları (%)
G_{mm}: Tabaka karışımın maksimum özgül ağırlığı (g/cm^3)
G_{mb}: Tabaka karışımın kütle özgül ağırlığı (g/cm^3)

- **Sıkıştırılmış Karışımdaki Agregalar Arası Boşluk Yüzdesi (V_{MA})**

Mineral agregadaki V_{MA} değeri, sıkışmış tabakadaki agrega parçacıkları arasındaki taneler arası boşluk yüzeyi olarak tanımlanır. Bu tanım efektif asfalt muhtevasındaki hava boşluklarının toplam hacim içindeki %'sini ifade etmektedir.

Tabakadaki maksimum agrega çapı küçüldükçe toplam agrega yapısının yüzey alanı artar. Tanelerin yeteri oranda kaplanması için bitüm %'sinin artırılması gerekecektir. Artan bitüme yeterli boş yer yaratmak için V_{MA} artmalıdır ki hedeflenen hava boşlukları aynı kalabilsin. Ayrıca agregalar arası boşluk yüzdesine (V_{MA}) etki eden faktörlerin bazıları; Bitümlü bağlayıcının tipi, bitümlü bağlayıcın miktarı, numune sıcaklığı, agrega tipi, mukavemeti ve dokusu, laboratuvar sıkıştırma çalışmasının metodu ve miktarı, agrega gradasyonudur.

V_{MA} aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır:

$$V_{MA} = 100. \frac{G_{mb} . P_s}{G_{sb}}$$

V_{MA}: Mineral agrega boşluklar (%)
G_{mb}: Tabaka karışımın kütle özgül ağırlığı (g/cm^3)
P_s: Total karışımın ağırlığı içindeki agreganın %'si
G_{sb}: Kuru agrega özgül ağırlığı (g/cm^3)

- **Sıkıştırılmış Karışımdaki Asfaltla Dolu Boşluk Yüzdesi (V_{FA})**

Asfalt dolu boşluk oranı (V_{FA}), bitümlü agrega karışımının basınç altında boşluksuz bir kitle hâline yaklaşabilme derecesini ifade eder. Bu özellik doğal olarak birinci derecede agrega boşluklarının ne dereceye kadar bitümle doldurulduğu ile alakalıdır.

Bitümlü sıcak karışımındaki bu boşlukların doldurulması tabakaya su ve hava nüfusunu engelleyecektir. Bu da agregalar arasındaki boşlukların maksimum derecede bitüm ile doldurulması ile mümkün olabilir. Bu şekilde yolun geçirimi azalacak, dolayısıyla yolda patlama şişme gibi olaylar meydana gelmeyecektir.

V_{FA} değeri de V_{MA} gibi karışım inceldikçe artma eğiliminde olur ve daha fazla toplam agrega yüzey alanı kazanır.

$$V_{FA} = 100.\frac{V_{MA} - P_a}{V_{MA}}$$

V_{FA} : Asfaltla dolu boşluklar (%)
V_{MA} : Mineral agrega boşluklar (%)
P_a : Sıkıştırılmış karışımdaki toplam hacmin yüzdesi olarak hava boşlukları (%)



Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre bitümlü temel tabaka için boşluk oranı limiti %4 ile %6, binder tabakası için %4 ile %6, aşınma tabakası için %3 ile %5 kriterleri arasında olmalıdır.

8.4. EKSTRAKSİYON DENEYİ (TS 125, TS EN 12697-28, AASHTO T 164, AASHTO T 308, ASTM D 2172)

Bu deney bitümlü sıcak karışımın (BSK) plentlerin altından alınmış, serilip silindiraj yapılmış veya laboratuvarda hazırlanmış olan BSK numunelerinin bitüm içeriğini kontrol etmek ve miktarını bulmak amacıyla yapılır. Üretilen bitümlü tabakanın belli aralıklarla numune alınıp uygunluğunun analiz edilmesi bu deneyle yapılmaktadır. Deney sonucu bitüm miktarının düşük çıkması hâlinde üretim durdurulur. İmalat sırasında, karışımdaki bitümün dizayn değerine uygun verilip verilmediği ve karışımdaki agrega gradasyonunun uygunluğu tekrar kontrol edilir.

Ekstraksiyon deneyi iki yöntemle yapılır. Birincisi santrifüjlü ekstraksiyon metodu, ikincisi refluks esktraktör metodudur (ısıtıcılı cam ekstraktür metodu).

Santrifüjlü ekstraksiyon metodunda deney daha kısa zamanda sonuçlanmakta ancak filler kaybı yüksek olmaktadır.

Refluks ekstraktör metodunda deney yaklaşık 2-4 saat sürmekte ancak filler kaybı daha az olmaktadır.

Ayrıca bu deney sonucunda BSK numunesinden ayrışan agreganın tane dağılımı kontrolü de yapılır.

8.4.1. Santrifüjlü Ekstraksiyon Deneyi

Bu metotta temel amaç, yer çekimi kuvvetini aşacak büyüklükte bir merkezkaç kuvvetinin uygulanması ile numune içindeki taneciklerin bitümlü karışımdan ayrılmasını sağlamaktır. Ayrılan bitüm, drenaj çıkışı bulunan kaptan dışarıya atılır ve ayrı bir kapta toplanır. Böylelikle zamandan büyük tasarruf sağlanarak iki farklı madde birbirinden ayrılmış olur.

8.4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır. Alet; sağlam zemin üzerine, hava sirkülasyonunun uygun olduğu bir yere kurulmalıdır. Zararlı gaz çıkışı için davlumbaz veya havalandırma sistemi kurulmalıdır.

Deneyde hassas terazi, bitüm toplama kovası, çekiç, keski, maske, eldiven, etüv, metal tava ve bakkalcı küreğinin yanında aşağıdaki araçlar da kullanılmaktadır.



Santrifüjlü Ekstraksiyon Aleti: Alüminyum muhafaza içine yerleştirilmiş, dönüş hızı 3600 devir/dakikaya kadar kademeli çıkacak şekilde ayarlanabilen, santrifüj ve drenaj çıkışı bulunan bir kaptan oluşur. Alet hızlı dönme sonucu oluşan merkezkaç kuvvetiyle mineral malzemeden ayrılan ekstratın bir kapta toplanmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır ve elektrikle çalışan bir makinedir (Görsel 8.7).

Görsel 8.7: Santrifüjlü ekstraksiyon aleti

Santrifüj Ekstraksyon Filtre Kâğıdı: Dış çapı tas veya kapak çapına uygun seçilmiş , iç delik çapı 45 mm ve kül ihtiva etmeyen rafine pamuk veya selülozdan üretilmiş malzemedir (Görsel 8.8).

Görsel 8.8: Santrifüj ekstraksiyon filtre kâğıdı

Trikloretilen: Metal parçalarının yağ ve buhardan arındırılması için kullanılan kimyasaldır. Gresleri, yağları, bal mumlarını ve katranları çözebilmek için ekstraksiyon çözücüsü olarak kullanılmaktadır. Kimyasal formülü C_2HCl_3 olan renksiz bir sıvıdır. Kanserojen bir maddedir.Solunduğunda ve yutulduğunda ciddi sağlık sorunlarına sebep olabilir (Görsel 8.9).



Görsel 8.9: Trikloretilen

8.4.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması

- Karot numunesi alınır ve birim ağırlığı için tartılır.
- Karot numunesi, çekiş ve ve keski yardımıyla tane yapısı bozulmayacak şekilde parçalara ayrılır.
- Alet kapasitesine bağlı olarak 1500-3000 g numune alınır.

8.4.1.3. Deneyin Yapılışı

- Aletin içine konulacak numune terazide tartılır, kütlesi M_1 olarak kaydedilir.
- Aletin üst kapağı açılır, içerisindeki iç kısım numune haznesi ve iç kısım hazne kapağı alınıp kontrol edilir, tekrar yerine yerleştirilir (Görsel 8.10a).
- Hazneye önce parçalanmış numune konulur, üzerine filtre kâğıdı takılı sıkıştırma kapağı vidası sıkılarak yerleştirilir (Görsel 8.10b).
- En üst kapak takılır ve mandalları kapatılır (Görsel 8.10c).
- Sonra santrifüj ekstraktör aleti çalıştırılır, dönüş hızı yavaş yavaş artırılır ve 3600 devir/dakika olacak şekilde ayarlanır.
- Çıkış kanalının önüne bitüm ve trikloretilenden etkilenmeyen bir kap konulur.
- Aletin üst kısmından yavaş yavaş trikloretilen dökülür (Görsel 8.10d).
- Trikloretilen ilavesine yan boşaltma kanalından renksiz şekilde akana kadar devam edilir.
- Akan sıvı rengi siyahtan şeffafa dönünce alet durdurulur ve aletin kapağı açılır.
- Filtre kâğıdı ve bitümden ayrışmış agregalar, kütlesi belirlenmiş bir tepsiye konulur ve ku-

ruması için etüve yerleştirilir (Hassas ölçüm yapılabilmesi için kurutma işlemi sonrası filtre kâğıdının üzerindeki yapışmış agregalar fırçayla tepsiye dökülmelidir.).

- Etüvde kurutulan numune, ortam sıcaklığına gelince tartılır ve kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- İlgili formül kullanılarak tabaka içindeki bitüm yüzdesi hesaplanır.



Görsel 8.10: a) İç hazne ve kapak kontrolünün yapılması



Görsel 8.10: b) Numune konulan iç haznenin yerleştirilmesi



Görsel 8.10: c) Üst kapağın takılması



Görsel 8.10: d) Çalışan santrifüje trikloretilenin dökülmesi

8.4.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması

$$BO = \frac{M1 - M2}{M1} . 100$$

BO: Bitüm içeriği (%)
M_1: Numunenin ilk ağırlığı (g)
M_2: Ekstrak edilmiş numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

8.4.2. Refluks Ekstraktör Deneyi

Refluks ekstraktör metodu, cam fanus içinde filtre kâğıdı ile kaplı iki konik tel örgü içindeki numunenin trikloretilen buharı ile ayrıştırılması prensibine dayanır. Laboratuvarlarda uygulaması basit ve ucuz olduğu için ayrıca agrega içerisindeki filler kaybı daha az olduğu için tercih edilmektedir.

8.4.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır. Isıtıcı ve üzerine konulan alet, ısıdan etkilenmeyen sağlam zemin üzerine ve hava sirkülasyonunun uygun olduğu bir yere kurulmalıdır. Zararlı gaz çıkışı için davlumbaz veya havalandırma sistemi kurulmalıdır.



Görsel 8.11 Reflüks ekstraktör cam fanus

Reflüks Ekstraktör Cam Fanusu: Isıya dayanıklı silindirik yapıda, konik tel sepet ve ayakların kolaylıkla konulabileceği çap ve yükseklikte olmalıdır (Görsel 8.11).



Görsel 8.12: Konik tel sepet ve üç ayak sehpası

Konik Tel Sepet ve Üç Ayak Sehpası: Paslanmaz çelik örgü koni şeklinde yapıya sahip iki adet sepet ve sepetlerin üst üste yerleşmesini sağlayan üç ayaklı metal sepet sehpasıdır (Görsel 8.12).



Görsel 8.13: Refluks ekstraktör yoğunlaştırıcısı ve hortumları

Refluks Ekstraktör Yoğunlaştırıcısı ve Bağlantı Hortumları: Cam kavanozun üstünde soğutucu görevi gören bakırdan kondensatör ve su girişi çıkış kısmına bağlı hortumlardan meydana gelir (Görsel 8.13).



Görsel 8.14: Amyantlı tel

Amyantlı Tel: Isıtma işlemi yapılırken cam fanusun ısıdan etkilenmesini önlemek için ısı kaynağının üzerine konulan malzemedir. Ölçüleri genelde 120x120 mm ile 160x160 mm'dir (Görsel 8.14).

Filtre Kâğıdı: Çapı 400 mm olacak şekilde kesilmiş, kül ihtiva etmeyen, rafine pamuk veya selülozdan üretilmiş olmalıdır.



Görsel 8.15: Deneyde kullanılan araç gereç

1. Metal tava veya tepsi (2 adet) 2. Hassas terazi 3. Trikloretilen 4. Numune 5. Refluks ekstraktör yoğunlaştırıcı ve bağlantı hortumları 6. Konik tel sepet ve sehpası 7. Refluks ekstraktör cam fanusu 8. Bakkalcı küreği 9. Isıtıcı ve amyantlı tel 10. Filtre kâğıdı (2 adet) 11. Eldiven 12. Maske (Görsel 8.15) Ayrıca etüv

8.4.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması

- Karot numunesi çekiç ve keski yardımıyla tane yapısı bozulmayacak şekilde parçalara ayrılır.
- Her iki konik tel sepet için ayrı ayrı yaklaşık 500 g numune hazırlanır.

8.4.2.3. Deneyin Yapılışı

- Konik tel sepet içine konulacak numuneler tartılır, toplam kütlesi M1 olarak kaydedilir.
- İki adet filtre kâğıdı tartılarak ağırlığı kaydedilir.
- Her bir filtre kâğıdı, çapı boyunca önce ikiye sonra dörde katlanır. Açıldığında üç pileli bir koni olacak şekilde konik tel sepet içine oturtulur.
- Her iki tel sepet, üç ayaklı metal çerçeve içine oturtulur ve içindeki filtre kâğıdının tam ortasına 500 g numune konulur.
- Cam silindir fanusun içine, üst üste oturacak şekilde çerçeve içindeki konik tel sepetler yerleştirilir.
- Isıtıcı üzerine önce amyantlı tel, sonra cam silindir fanus yerleştirilir.
- Cam veya plastik bir mezürde yaklaşık 500 mL trikloretilen hazırlanır (Bu kimyasalın cilde ve solunuma karşı zararlarını önlemek için mutlaka maske ve eldiven kullanılmalıdır.).
- Cam fanus içine çözücü (trikloretilen) dikkatli bir şekilde boşaltılır. Çözücünün üst seviyesi tel koninin alt tepe noktasını geçmemelidir.
- Cam silindir üzerine yoğunlaştırma kapağı yerleştirilir. Yoğunlaştırma kapağının giriş borusundan hortumla soğuk su verilmeli, çıkış borusundan su çıkışı sürekli olacak şekilde sağlanmalıdır.
- Bu arada ısıtıcı açılarak çözücünün sürekli kaynaması sağlanmalıdır.
- Kaynayan çözücünün buharı kapağa değdiğinde yoğunlaşan damlaların tekrar numune üzerine damlaması sağlanmalıdır.
- Bu düşen yoğunlaşmış trikloretilen damlacıkları, agrega ile bitümün ayrışmasını sağlar.
- Ayrışma tamamlandığında ısıtıcı kapatılır, cam silindir fanus soğuyuncaya kadar kapaktaki soğuk su sirkülasyonuna devam edilmelidir.
- Sistem soğuduktan sonra kapak açılarak tel sepetler tek tek çıkartılıp numunenin havada bir miktar kuruması beklenir.
- İki adet darası alınmış tepsiye filtre kâğıdı içindeki numuneler konulur ve etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulur.
- Kurumuş agrega numuneleri etüvden çıkartılır ve filtre kâğıdı ile tartılır. Filtre kâğıdı ve tepsi ağırlıkları bu kütleden çıkartılır ve toplam kütle M_2 olarak kaydedilir.
- Kurumuş agrega numuneleri ve filtre kâğıdına yapışan filler malzemeler, fırça yardımıyla bir tepsi içerisine tane dağılımı deneyi için toplanır.
- Cam fanus içindeki çözücü, bir kap içerisine alınır. Cam fanusun içi çözücü dökülerek iyice çalkalanır ve temizlenmesi sağlanır.
- İlgili formül kullanılarak tabaka içindeki bitüm yüzdesi hesaplanır ve Tablo 8.6'daki rapora işlenir.

8.4.2.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama

$$BO = [(M_1-M_2) / M_1]\cdot 100$$

BO: Bitüm içeriği (%)

M_1: Numunenin ilk ağırlığı (g)

M_2: Ekstrak edilmiş numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

Deney sonuçları Tablo 8.6'daki deney raporuna işlenmelidir.

Tablo 8.6: Deney Raporu

Deney Adı		Deney Standardı		
Numunenin Geldiği Yer				
Numune Geldiği Tarih	...../..../20...	Kodu:	.....	Rapor No.:
Numunenin Tanımı				
Deney Metodu				
Numunenin İlk Ağırlığı **M_1** (g)				
Ekstrak Edilmiş Numunenin Etüv Kurusu Ağırlığı **M_2** (g)				
Tabakanın Bitüm İçeriği Oranı **BO** (%)				
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat	...../...../20.... ..... :			
DENEYİ YAPANLAR ve RAPORU HAZIRLAYAN				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi		İmzası
1				
2				
3				
RAPORU ONAYLAYAN				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi		İmzası
1				
Deney ile İlgili Açıklamalar:				

3. DENEY UYGULAMASI

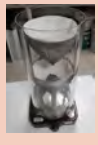
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21697

Güzergâhta belirlenen farklı noktalardan alınan iki karot numunesine, laboratuvarda reflüks ekstraktör yöntemiyle bitüm oranı belirleme deneyini yapınız. Sonuçları örnek deney raporuna işleyerek tabakanın bitüm yüzdesini belirleyiniz.

Deney Adı : Reflüks Ekstraktör Metodu ile Bitüm İçeriği Deneyi

Deney Süresi : Numune hazırlama 30 dakika, deney uygulama 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deney ortamının zararlı gazlara karşı havalandırma sistemini kurunuz. • Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Maske, eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	

 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Deney araç gereç ve malzemelerini hazırlayınız. • Araç gerecin ortam sıcaklığının 20±2 °C olmasına dikkat ediniz. • Isıtıcıyı ısıdan etkilenmeyen sağlam zemin üzerine ve hava sirkülasyonunun uygun olduğu bir yere kurunuz. • Zararlı gaz çıkışı için davlumbaz veya havalandırma sisteminin çalışır olmasına dikkat ediniz.	
 Numunenin tartılması	• Karot numunesini çekiç ve keski yardımıyla tane yapısı bozulmayacak şekilde parçalara ayırınız. • Her iki konik tel sepet için ayrı ayrı 500 g numune tartınız ve toplam kütlesini M_1 olarak kaydediniz.	
 Filtre kâğıdının katlanarak hazırlanması	• Her bir filtre kâğıdını, çapı boyunca önce ikiye sonra dörde katlayınız. • Açıldığında üç pileli bir koni olacak şekilde konik tel sepet içine oturtunuz.	
 Numunelerin tel sepete konulması	• Her iki tel sepeti üç ayaklı metal çerçeve içine oturtunuz ve içindeki filtre kâğıdının tam ortasına 500 g numuneyi yerleştiriniz.	
 Cam fanus içine sepetlerin yerleştirilmesi	• Cam silindir fanusun içine üst üste oturacak şekilde çerçeve içindeki konik tel sepetleri yerleştiriniz. • Isıtıcı üzerine önce amyantlı teli, sonra cam silindir fanusu yerleştiriniz.	
 Çözücünün fanus içine boşaltılması	• Cam veya plastik bir mezürde yaklaşık 500 mL trikloretilen hazırlayınız (Bu kimyasalın cilde ve solunuma karşı zararlarını önlemek için mutlaka maske ve eldiven kullanınız.). • Cam fanus içine çözücüyü (trikloretilen) dikkatli bir şekilde boşaltınız.	
 Yoğunlaştırma kapağının yerleştirilmesi	• Cam silindir üzerine yoğunlaştırma kapağını yerleştiriniz. • Yoğunlaştırma kapağının giriş borusundan hortumla soğuk su veriniz, çıkış borusundan su çıkışının sürekli olmasını sağlayınız.	

 Bitümün ayrışmasının beklenmesi	• Isıtıcıyı açınız, çözücünün kaynamasını sağlayınız. • Kapağa değip yoğunlaşan damlaların tekrar numune üzerine damlamasını sağlayınız. • Düşen yoğunlaşmış trikloretilen damlacıklarının agrega içindeki bitümü ayrıştırmasını bekleyiniz.	
 Havada numunenin bir süre kurutulması	• Ayrışma tamamlandığında ısıtıcıyı kapatınız. • Cam silindir fanus soğuyuncaya kadar kapaktaki soğuk su sirkülasyonunu devam ettiriniz. • Sistem soğuduktan sonra kapağı açınız. • Tel sepetleri çıkartarak numunenin havada bir miktar kurumasını bekleyiniz.	
 Numunenin etüvde kurutulması	• Darası alınmış tepsilere, filtre kâğıdı içindeki numuneleri koyunuz ve etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz. • Kurumuş agrega numunelerini etüvden çıkartınız. • Numune ve filtre kâğıdını birlikte tartınız. Filtre kâğıdı ve tepsi ağırlıklarını bu kütleden çıkartınız ve toplam kütleyi M_2 olarak kaydediniz.	
 Numunenin bir araya toplanması	• Kurumuş agrega numuneleri ve filtre kâğıdına yapışan filler malzemeleri fırça yardımıyla bir tepsi içerisine daha sonra yapılacak tane dağılımı deneyi için toplayınız. • Cam fanusun içindeki çözücüyü kapaklı bir kap içerisine alınız. Cam fanusun içini tekrar çözücü ile iyice temizleyiniz. • İlgili formülü kullanılarak tabaka içindeki bitüm yüzdesini hesaplayınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız. • Kullanılan trikloretileni zararlı maddeler geri dönüşüm alanına kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda, tabakadan alınan karot numunelerinin bitüm içeriklerini belirleyiniz ve dizayn kriterlerine göre yorumlayınız. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

8.5. ELEK ANALİZİ DENEYİ (ASTM-C 136, ASTM-C 117)

Deney sonucunda tabakadaki agrega ve filler içindeki muhtelif boydaki tanelerin ağırlıkça oranları bulunur. Bu oranlar Tablo 8.7'de şartname kriterleri ve tolerans oranına göre uygulamakta ve tekrar iş yeri karışım oranları oluşturulmalıdır. Tabakada oluşabilecek segregasyon ve sıkıştırmadan kaynaklanan boşlukların kontrolü de bu deney sonucunda belirlenir.

Bitümlü karışım içindeki çeşitli metotlar ile ayrıştırılan agrega taneciklerinin dağılımı, kuru eleme yoluyla tayinini içeren yöntem kullanılarak yapılır.

Deney sonucunda tabakadaki agrega ve filler içindeki muhtelif boydaki tanelerin ağırlıkça oranları bulunur. Bu oranlar Tablo 8.7'de şartname kriterleri ve tolerans oranına göre uygulamakta ve tekrar iş yeri karışım oranları oluşturulmalıdır.



Bu deney **ASTM- C 136**'da verilen yöntemle yapılır. **TS130** ve **TS 3530'**da verilen tane boyutu dağılımı deneyleri beton agregaları için tanımlanmıştır. Analizde **TS 1225** veya A**STM 11**'de tanımlanmış KGM'nin şartnamesinde belirtilen elekler kullanılacaktır. Deneyde kullanılacak elekler; 37,5 -25-19-12,5-9,5-4,75-2,00-0,425-0,180-0,075 mm'lik göz açıklıklı şeklinde sıralanmalıdır.

Tablo 8.7: Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanılan Agrega Gradasyon Limitleri ve Tolerans Değerleri

Elek Boyu (mm)	Bitümlü Temel Tabaka			Binder Tabaka	Aşınma Tabakası			
	Tip A	Tip B	Tolerans		Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tolerans
37,5	100	100	±%5	-	-	-	-	±%4
25	72-100	80-100		100	-	-	-	
19	60-90	70-90		80-100	100	-	-	
12,5	50-78	61-81		58-80	88-100	100	100	
9,5	43,70	55-75		48-70	72-90	80-100	90-100	
4,75	30-55	42-62		30-52	42-52	55-72	23-31	
2,00	18-42	30-47	±%3	20-40	25-35	36-53	20-27	±%3
0,425	6-21	15-26		8-22	10-20	16-28	12-18	
0,180	2-13	7-17		5-14	7-14	8-16	-	
0,075	0-7	1-8	±%2	2-7	3-8	4-8	7-11	±%2
Aşınma tabakası Tip 3'te ilave olarak 6 mm elek kullanılır ve geçen yüzde değeri %25-33'tür.								

Ekstraksiyon deneyi sonrası bitümden tamamen ayrıştırılmış agrega ve filler kullanılarak elek analizi deneyi, kuru eleme yöntemiyle yapılır.

8.5.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.



Görsel 8.16: Deneyde kullanılan araç gereç

1. Deney elekleri 2. Tava ve kapak 3. Bakkalcı küreği 4. Agrega numunesi 5. Dijital terazi. 6. Numune kapları (Görsel 8.16) ve varsa elek sarma makinesi

8.5.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması

- Ekstraksiyon deneyi sonucu bitümden tamamen arındırılmış agrega numunesi, sabit ağırlığa gelene kadar etüvde kurutulur.
- Tablo 8.8'de verilen miktarlara göre numuneler çeyrekleme veya bölgeç metoduyla ayrılır ve deney için gerekli miktar hazırlanır.

Tablo 8.8: Deneyde Maksimum Tane Boyutuna Göre Kullanılacak Numune Miktarı

Elek Çapı (mm)	4,75	9,5	12,5	19	25	37,5
Minimum Numune Ağırlığı (kg)	0,5	1	2	5	10	15

8.5.3. Deneyin Yapılışı

- Elekler en büyük göz açıklıktan en küçüğe doğru sıralanarak en alta tava gelecek şekilde üst üste konulur.
- Etüvde kurutulmuş ve istenen miktarda hazırlanmış numune terazide tartılır.
- Bakkalcı küreği ile numune en üst eleğin üzerine boşaltılır.
- Elek sarsma makinesi en az 10 dakika çalıştırılır.
- Elek üzerinde kalan her numune, tek tek darası alınmış metal numune kaplarına konulur.
- Numune kapları sırayla tartılır ve elek çapına göre Tablo 8.9'a kaydedilir.
- Gerekli hesaplamalar yapılarak eleklerden geçen yüzde miktarı bulunur (Başlangıçtaki numune ağırlığı ile toplam numune ağırlığı arasındaki farkın±%1'den fazla çıkması durumunda, deney tekrar edilmelidir.).
- Tabaka ile ilgili kriterler karşılaştırılarak numunenin uygun gradasyona sahip olup olmadığı karşılaştırılır.

8.5.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama

$$P\%\ (Geçen) = (Wk / \Sigma Wk) \times 100$$

P% : Herhangi bir tane büyüklüğü için geçen kümülatif ağırlık yüzdesi (%)
Wk : Herhangi bir tane büyüklüğü için kümülatif ağırlık miktarı (g)
Σ Wk : Tüm elek ve tavadaki toplam numune miktarı (g)

Tablo 8.9: Deney Sonuçlarının İşlendiği ve Hesaplamaların Yapıldığı Çizelge

Elek Çapı (mm)	Elek Üzerinde Kalan Miktar (g)	Kümülatif Kalan Miktar (g)	Elek Üzerinde Kalan Yüzde (%)	Kümülatif Kalan Yüzde (%)	Kümülatif Geçen (P%)
37,5					
25					
19					
12,5					
9,5					
4,75					
2,00					
0,425					
0,180					
0,075					
Tavada kal.					
TOPLAM					

Deney sonuçlarında geçen yüzdeler ve sonuçla ilgili açıklamalar Tablo 8.10'daki deney raporuna işlenmelidir.

Tablo 8.10: Deney Raporu

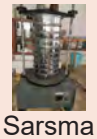
Deney Adı						Deney Standardı				
Numunenin Geldiği Yer										
Numune Geldiği Tarih			...../..../20...			Kodu:	.....		Rapor No.:	
Numunenin Tanıtımı										
Deney Metodu										
Numunenin İlk Ağırlığı **M** (g)										
Elek Çapı (mm)	37,5	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075
Elekte Kalan (g)										
P % (Geçen)										
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat			...../...../20....			..... :				
DENEYİ YAPANLAR ve RAPORU HAZIRLAYAN										
Sıra No.	Adı Soyadı		Görevi					İmzası		
1										
2										
3										
RAPORU ONAYLAYAN										
Sıra No.	Adı Soyadı		Görevi					İmzası		
1										
Deney ile ilgili açıklamalar:										

4. DENEY UYGULAMASI

Ekstraksiyon yöntemiyle bitümünden arındırılmış numuneye, elek analizi deneyini yapınız. Sonuçları örnek deney raporuna işleyerek tabakanın agrega gradasyon kriterlerine uygunluğunu belirleyiniz

Deney Adı : Elek Analizi Deneyi

Deney Süresi : Numunelerin hazırlanması 30 dakika, deney uygulama 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Maske, eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Deney araç gereç ve malzemelerini hazırlayınız. • Araç gerecin temiz, çalışır durumda olmasına ve ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmasına dikkat ediniz.	
 Numunenin kurutulması	• Ekstraksiyon deneyi sonucu bitümden tamamen arındırılmış agrega ve filleri sabit ağırlığa gelene kadar etüvde kurutunuz.	
 Numunenin elek setine dökülmesi	• Etüvde kurutulmuş ve istenen miktarda hazırlanmış numuneyi terazide tartınız. • Bakkalcı küreği ile numuneyi en üst eleğin üzerine boşaltınız.	
 Sarsma makinesinde eleme yapılması	• Elek sarsma makinesini en az 10 dakika çalıştırınız.	
 Elek üzerindeki numunenin kaplara konulması	• Elek üzerinde kalan her numuneyi, tek tek darası alınmış metal numune kaplarına koyunuz.	

 Çözücünün fanus içine boşaltılması	• Numune kaplarını sırayla tartınız ve değerleri elek çapına göre çizelgeye kaydediniz. • Gerekli hesaplamaları yaparak eleklerden geçen yüzde miktarını bulunuz (Başlangıçtaki numune ağırlığı ile toplam numune ağırlığı arasındaki farkın±%1'den fazla çıkması durumunda deneyi tekrar ediniz.).	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda, deney sonuçlarını ilgili kriterler ile karşılaştırarak numunenin uygun gradasyona sahip olup olmadığını yorumlayınız. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

8.6. İŞ YERİ KARIŞIMI

Üretilen sıcak asfalt karışımının dizayn kriterlerine uygunluğunu test etmek için iş yeri karışım öncesi ve karışım sonrasında numuneler alınır. Numunenin gerçek partiyi temsil etmesi önemlidir, aksi takdirde elde edilen veriler yanıltıcı sonuçlar verecektir. Bitümlü sıcak karışım hazırlama öncesi aşamasından başlanan numune alma, sıkıştırma işlemi tamamlanmış yol güzergâhından alınan karot alma işlemine kadar aşama aşama devam etmektedir. Buna göre plent ayarlarının yapılması öncesinde karışım boşaltma işlemi süresince kovadan, taşıma araçlarından; finişer serimi sonrası ve sıkıştırma sonrasında ise serilen malzemeden numune alınmaktadır. İş yeri karışım öncesi ve sonrasında numune alımında genel olarak kullanılan deney araçları şunlardır (Görsel 8.17):



Görsel 8.17: Numune alma araçları

1. Numune kabı, 2. numune küreği, 3. termometre (200 °C), 4. Isıya dayanıklı eldiven, 5. karot Makinesi (fosil yakıtta çalışan)

8.6.1. İş Yeri Karışım Numunesi Alma

Karışım Öncesi Numune Alınması

- İş yeri karışım dizaynı oluşturmak için agregalardan alınır.
- Plent üretim çeşidine göre numune alma yöntemleri değişmektedir.
- Buna göre plent ayarlarının yapılması öncesinde karışım boşaltma işlemi süresince kovadan, taşıma araçlarından; finişer serimi sonrası ve sıkıştırma sonrasında ise serilen malzemeden numune alınmaktadır.

Asfalt Plent Kovasından Numune Alınması

- Karışım işlemi sırasında yapılan numune alma işlemidir.
- Numune alınırken plent kovası durdurulur.
- Numune, plent kovasının orta kısmından partiyi temsil edecek şekilde alınmalıdır.
- Metal tepsi içerisine 2-5 kg numune alınır.
- Numune sıcaklığı termometre ile ölçülür ve değer, etikete yazılır.
- Etiket bilgileri doğru ve eksiksiz doldurularak numune kabına yapıştırılır.

Kamyondan Numune Alınması

- Hazırlanan bitümlü sıcak karışım bunkerinden kamyon kasasına dökülen karışımdan alınan numunedir.
- Kamyon kasasındaki numunenin üst kısmından alınmalıdır.
- Kamyon köşelerinden ve kenarlarından 50 cm içeriden ve iki ayrı yerden numune alınmalıdır.
- Numune alınacak kısmın üzerinden 15-20 cm'lik tabaka sıyrılır.
- Sonrasında kürekle mümkün olduğu kadar aşağı inilerek numune alınır.
- Metal tepsi içerisine 2-5 kg numune alınır.
- Numune sıcaklığı derece ile ölçülür ve değer, etikete yazılır.
- Etiket bilgileri doğru ve eksiksiz doldurularak numune kabına yapıştırılır.

Yoldan Numune Alınması

- Serim işlemi sırasında numune alma işlemidir.
- Serim sonrası finişerin hemen arkasından numune alınmalıdır.
- Metal tepsi içerisine 2-5 kg numune alınır.
- Numune sıcaklığı termometre ile ölçülür ve değer, etikete yazılır.
- Etiket bilgileri doğru ve eksiksiz doldurularak numune kabına yapıştırılır.

Karot Numune Alınması

- Sıkıştırma işlemi sonrasında numune alma işlemidir.
- Kaplamanın soğuması beklenmelidir.
- Özellikle sıcak mevsimlerde sabah erken ve akşam geç saatlerde numune alınmalıdır.
- 250 m aralıklarla belirlenen noktalardan numune alınmalıdır.
- Numune alma öncesinde karot makinesi sabitlenmelidir.
- Karot numunesi dağıtılmadan alınmalıdır.
- Etiket bilgileri doğru ve eksiksiz doldurularak numune kabına yapıştırılır.

8.6.2. İş Yeri Karışım Numunesinin Saklanması

Bitümlü sıcak karışım numuneleri, dayanıklı malzemelerdir. Agrega ve karot durumu hariç sıcak durumda bulunur ve numune alınırken sıcaklıklarının kaydedilmesi gerekir. Karışım öncesi alınan agrega numuneleri hariç nem kaybı riski taşımamaktadır.

- Alınan numuneler en kısa sürede laboratuvara ulaştırılmalıdır.

- Plent ayarı için alınan agrega numuneleri tüm numuneyi temsil ettiği için agrega nem kaybına uğramamalıdır.
- İş yeri karışım deneylerinde yaşanabilecek aksaklıklar göz önüne alınarak numune miktarı en az iki deneye yetecek kadar olmalıdır. .
- Etiketlerdeki bilgiler doğru ve eksiksiz olmalıdır.
- Numunelerin gerektiğinde ısıtılacağı veya soğutulacağı unutulmamalı, numuneler metal tepsilerde bekletilmelidir.

8.7. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM (ASFALT) PLENTLERİNİN AYARLANMASI

Plentler, bitümlü sıcak karışım hazırlama sistemleridir. Bitümlü sıcak karışımların dizaynı, üretim öncesi laboratuvarlarda hazırlanır. Plentle yapılan üretimde laboratuvar karışım dizaynlarını yakalamak için iş yeri karışımları dizaynları hazırlanır ve hazırlanan bu iş yeri karışım oranları ile üretim yapılır. Bitümlü sıcak karışım üretimi, iki farklı sistemle yapılmaktadır. Ülkemizde bu iki sistem de yaygın olarak kullanılmaktadır. Her iki sistemde de agrega ve bitümlü bağlayıcı hava sıcaklığına ve yol tabakasının özelliğine göre önceden 145-165 °C'de ısıtılarak yaklaşık 45- 60 sn. arasında karıştırılır ve bitümlü sıcak karışım bunkerinde depolanarak kamyonlara yüklenir.

8.7.1. Plentlerin Özellikleri

Yol kaplamasının özelliğine göre laboratuvarlarda yapılan dizaynlar KTŞ'de belirlenen karışım değerleri esas alınarak hazırlanır. Hazırlanan bu karışım dizaynlarının üretim aşamasında yakalanabilmesi için üretim tesislerinde iş yeri dizaynı çalışması yapılır. Bitümlü sıcak karışım üretimi iki farklı sistemle yapıldığı için iş yeri karışım dizayn yöntemleri de üretim sistemine bağlı olarak değişmektedir.

Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan Drummix (Durummiks/eleksiz) (Görsel 8.18) ve batch (beç/elekli) (Görsel 8.19) tipi üretim sistemleri vardır.



Görsel 8.18: Drummix tipi plent

1.Soğuk agrega depoları 2. Kurutucu 3. Filtre 4. Mikser 5. Kovalı bant 6. Bitümlü sıcak karışım bunkeri



1-Soğuk agrega depoları
2- Kurutucu
3- Filtre
4-Kovalı agrega asansör kulesi
5- Plent elekleri ve agrega depoları
6- Mikser

Görsel 8.19: Batch tipi plent

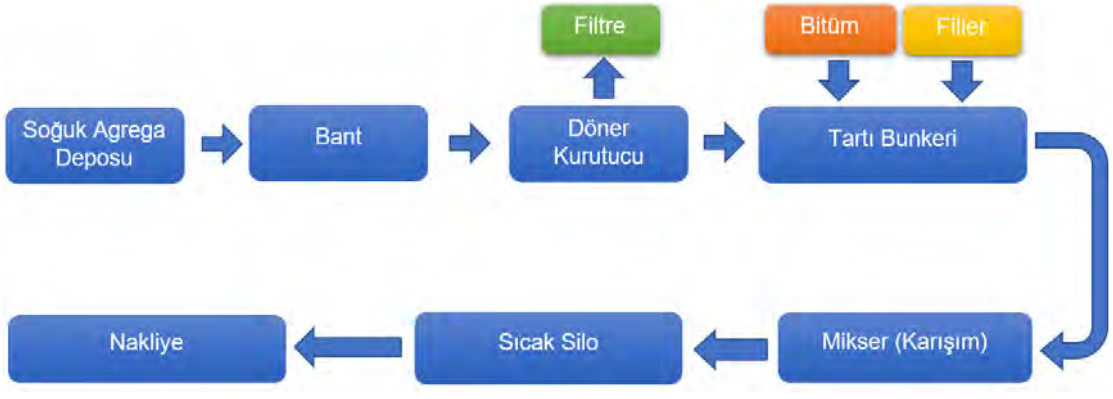
8.7.1.1. Drummix Tipi/Eleksiz Plentlerin Özellikleri

Buradaki iş yeri karışımları, bitümlü sıcak karışımın üretiminde kullanılacak agreganın ağırlıkça yüzdesinin belirlenerek laboratuvar dizaynının yakalanmasını amaçlamaktadır.

Bu üretim sistemindeki temel prensip; malzemelerin kurutma ve karıştırma işlemlerinin aynı anda drum drying (tambur kurutma) içinde gerçekleşmesidir. Plent üretim kapasitesi dikkate alınarak iş yeri dizayn oranları belirlenir. Bu değerler üzerinden plent ayarları yapılarak üretim gerçekleşmekte ve laboratuvarlarda hazırlanan dizayn oranları yakalanmaya çalışılmaktadır.

Drummix/ eleksiz plentlerde üretim şu şekilde yapılmaktadır (Görsel 8.20):

- Önce agrega ve bitümlü bağlayıcıların iş yeri karışım değerleri hesaplanarak plent ayarları yapılır. Agrega silolardan, lastik bantlarla malzeme beslemesi yapılır.
- Agregalar drayerda (kurutucularda) ısıtılarak nemden arındırılır ve ısıtılır.
- Bitüm ve filler ısıtılır.
- Üretilecek sıcak karışım tipi belirlenerek plent üretim değerleri PLC'ye yüklenir.
- Üretilen bitümlü sıcak karışım bunkerde biriktirilerek kamyonlara yüklenir.



Görsel 8.20: Drummix tipi plent üretim şeması

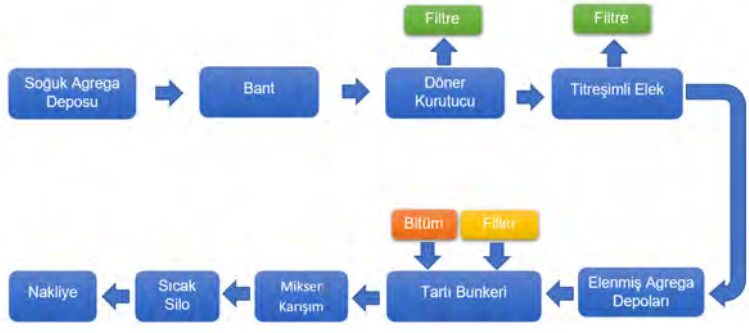
8.7.1.2. Batch Tipi / Elekli Plentlerin Özellikleri

Karışımda kullanılacak agregaların, plent eleklerinde elendikten sonra gradasyona uygun oranlarda kullanılarak üretimi gerçekleştirilir. İş yeri elek analiz grafiği, KTŞ sınırları içinde belirlenen laboratuvar dizaynına en yakın grafik çizgisini yakalamalıdır.

Bu üretim sistemindeki temel prensipte ise tüm bileşenler (agrega,bitüm,filler) ayrı ayrı tartılıp dozajlandıktan sonra, mikser kapasitesi kadar üretim yapılmakta ve laboratuvar dizayn oranları yakalanmaya çalışılmaktadır.

Batch/elekli plentlerde üretim şu şekilde yapılmaktadır (Görsel 8.21):

- Dane boyutlarına göre ayrı ayrı depolanmış agregalar drayerlara (kurutuculara) getirilerek içerisindeki nem uzaklaştırılır ve agregalar ısıtılır.
- Agregalar plent eleklerinden elenerek boyutlarına göre ayrı ayrı depolanır.
- Bu depolardan alınan deney örnekleri ile elek analizleri yapılır.
- Yapılan elek analizleri ile laboratuvar dizayn grafiğine yakın grafik oluşturmak için oranlama yapılır.
- Elek analizi değerleri ile hesaplanıp elde edilen dizayn oranları % olarak otomasyon sistem programına işlenir.
- Miksere; ısıtılmış agrega, filler ve bitüm bu oranlara göre alınarak 45-60 sn. karıştırılır ve bitümlü sıcak karışım bunkerinde depolanarak kamyonlara yüklenir.



Görsel 8.21: Batch tipi plent üretim şeması

8.7.2. Plent Ayarlarının Yapılması

Plent ayarları laboratuvar dizaynı ile bitümlü sıcak karışımın hazırlanması için yapılan ayarlardır. Plent çalıştırılmadan önce aşağıda belirlenen kontrollerin yapılması gerekmektedir.

- Plentteki tüm ölçüm cihazları (tartılar ve termometre) kalibre edilmiş olmalıdır.
- Karıştırıcı, kazan ve paletlerin ayarları yapılmış olmalıdır.
- Bitüm bağlayıcı püskürtme sistemi ayarları yapılmalıdır (memelerin çapı, püskürtme süresi, açısı, basıncı vb.).
- Karıştırma süresi yeterli olmalıdır.
- Agrega gradasyonu doğru yapılmalı, kurutulmalı ve tüm daneler asfaltla kaplı olmalıdır.
- Asfalt miktarı hassas olarak tartılmalı ve uygun viskozite için gerekli ısı sağlanmalıdır.

İki farklı üretim sistemi olduğu için drummix (eleksiz) ve batch (elekli) tipi plentlerin ayarları da kendine özgü yapılmaktadır.

8.7.2.1. Drummix Tipi Plent Ayarlarının Yapılması

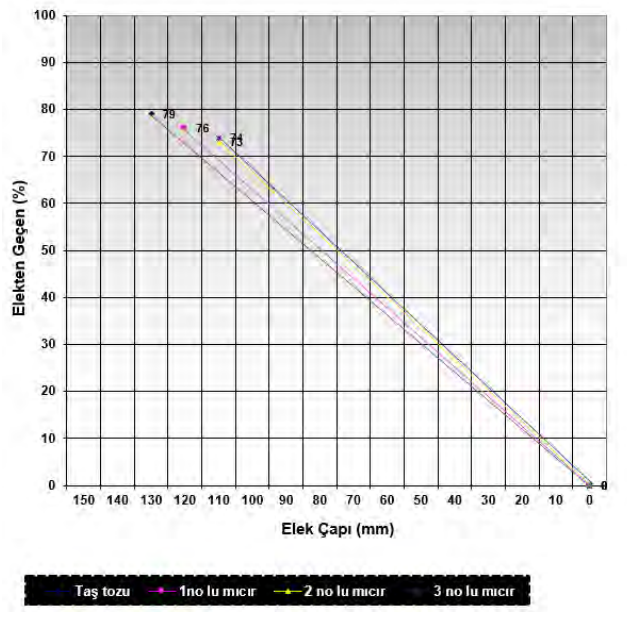
- Agrega silolarından farklı hız kapasiteleriyle çalıştırılan bantlardan birim süre içinde temin edilen agrega miktarı belirlenir.
- En az üç farklı hız seviyesi için bu örnekler alınır. Örneğin besleme hızı ilk seferde %30 performansla, ikincisinde %60, üçüncüsünde de %90 performansla çalıştırılır.

- Bu işlem, karışıma kullanılacak her bir farklı boyuttaki agregalar için ayrı ayrı yapılır.
- Alınan numuneler ayrı ayrı tartılır (Tablo 8.11).

Tablo 8.11: Agrega Numune Kütle Hesap Tablosu

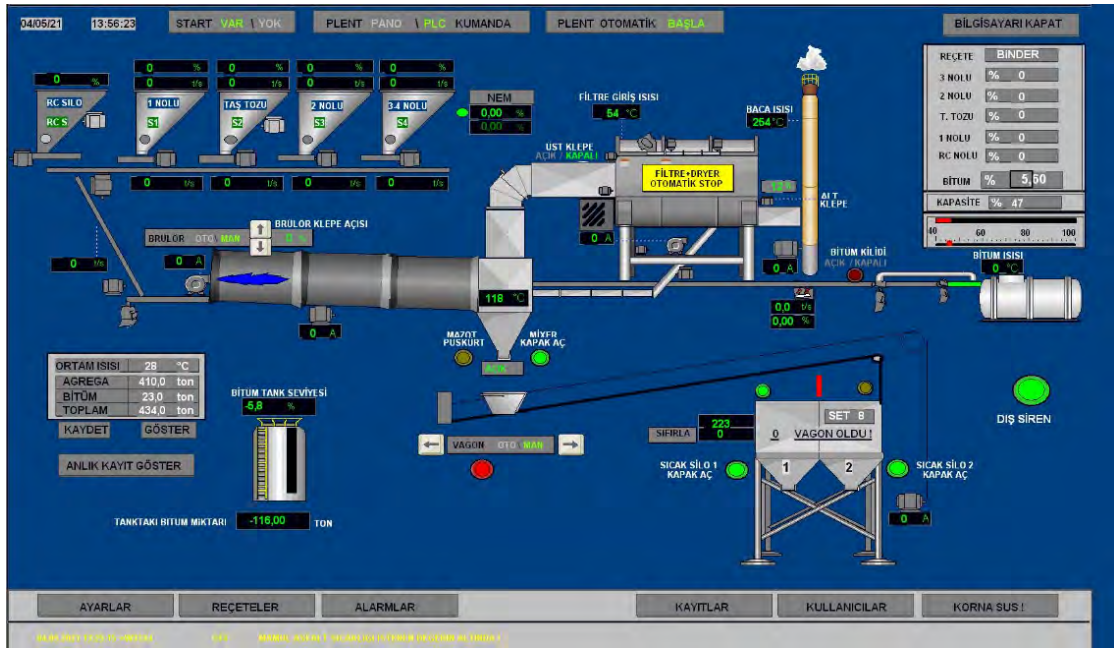
KÜMÜLATİF AĞIRLIKLAR				
Malzemeler	Dara (kg)	300 (3,0) Devir (kg/dk.)	600 (6,0) Devir (kg/dk.)	900 (9,0) Devir (kg/dk.)
Taş Tozu	11700	12550	15250	19750
1 No. Mıcır	11700	12500	14900	18850
2 No. Mıcır	11700	12450	14750	18500
3 No. Mıcır	11650	12450	14700	18400
4 No. Mıcır	-	-	-	-
YAŞ NET AĞIRLIKLAR				
Malzemeler	Nem %'si	300 (3,0) Devir (kg/dk.)	600 (6,0) Devir (kg/dk.)	900 (9.0) Devir (kg/dk.)
Taş Tozu	1,6	850	2700	4500
1 No. Mıcır	0,0	800	2400	3950
2 No. Mıcır	0,0	750	2300	3750
3 No. Mıcır	0,0	800	2250	3700
4 No. Mıcır	-	-	-	-
KURU NET AĞIRLIKLAR				
Malzemeler		300 (3,0) Devir (kg/dk.)	600 (6,0) Devir (kg/dk.)	900 (9,0) Devir (kg/dk.)
Taş Tozu		836,3	2656,4	4427,4
1 No. Mıcır		800,0	2400,0	3950,0
2 No. Mıcır		750,0	2300,0	3750,0
3 No. Mıcır		800,0	2250,0	3700,0
4 No. Mıcır		-	-	-
KURU NET AĞIRLIKLAR				
Malzemeler		300 (3,0) Devir (t/saat)	600 (6,0) Devir (t/saat)	900 (9,0) Devir (t/saat)
Taş Tozu		25.089	79.693	132.822
1 No. Mıcır		24.000	72.000	118.500
2 No. Mıcır		22.500	69.000	112.500
3 No. Mıcır		24.000	67.500	111.000
4 No. Mıcır		-	-	-

- Her bir farklı dane boyutundaki agreganın bu üç kapasite değeri ile devir/kuru net ağırlık doğrusal grafikleri çizilir (Görsel 8.22).



Görsel 8.22: Agrega plent besleme kapasite grafiği

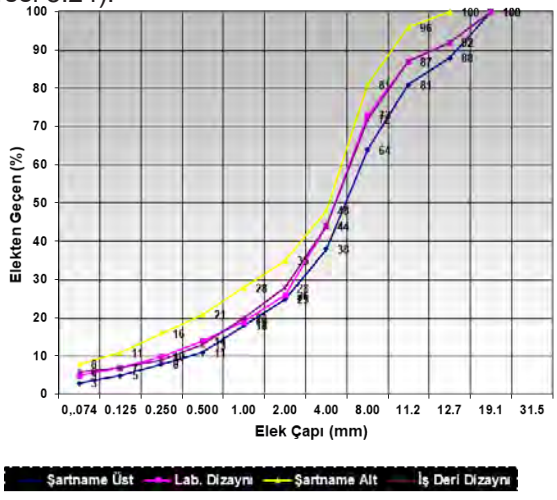
- Elde edilen grafiklerle laboratuvar bitümlü sıcak karışım miktarına uygun agrega kütleleri saat/ton değeri üzerinden belirlenir.
- Bu kütle değerleri, karışımda kullanılacak her bir agrega için otomasyon sistemine işlenir (Görsel 8.23).
- Bitümlü sıcak karışım hızı saat/ton üzerinden ayarlanarak üretime geçilir (Görsel 8.23).



Görsel 8.23: Drummix plent ayarları

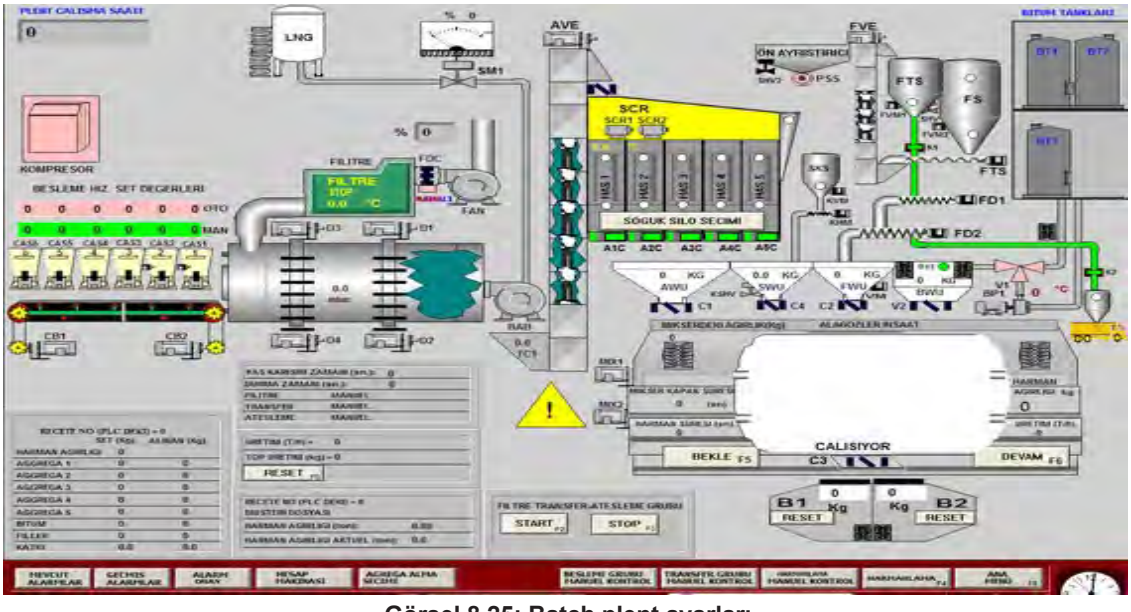
8.7.2.2. Batch Tipi Plent Ayarlarının Yapılması

- Karışımda kullanılacak farklı boyutlardaki agregalar, agrega silolarından konveyör bantlar yardımı ile çekilip kurutucudan geçirilerek kurutulur ve ısıtılır.
- Bu agregalar plent sistemi içerisindeki eleklerden elenir ve boyutlarına uygun ayrıştırılarak ayrı ayrı depolanır.
- Her bir elek çapı için tepsi içerisinde elek analizi deney numunesi alınarak elek analizine tabi tutulur ve elek analiz değerleri belirlenir.
- Bu değerler her bir elek çapı için belirlenerek tablo oluşturulur.
- Elde edilen bu tablo değerleri ile üretilecek bitümlü sıcak karışım tipinin, KTŞ'ye uygun laboratuvarda hazırlanan dizayn sonucuna göre çizilen grafiğe en yakın elek analiz grafiği oluşturulur (Görsel 8.24).



Görsel 8.24: Agrega elek analiz grafiği

- Oluşturulan bu grafikten elde edilen % dizayn oranları, otomasyon sistemine işlenir (Görsel 8.25).
- Yüzdelik agrega karışım oranları programla kütleye çevrilerek bitümlü sıcak karışım üretimine geçilir (Görsel 8.25).



Görsel 8.25: Batch plent ayarları

8. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Tabakalarda özgül ağırlık deneyi için en az kaç numune kullanılmalıdır?

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

2. Tabakalarda özgül ağırlık deneyinde numune su banyosunda <u>en az</u> kaç dakika bekletilmelidir?

A) 10
B) 15
C) 20
D) 25
E) 30

3. Maksimum teorik yoğunluk deneyinde vakum şişesinin kalibrasyonunda kullanılan su sıcaklığı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 10 °C
B) 25 °C
C) 40 °C
D) 75 °C
E) 100 °C

4. Aşağıda verilenlerden hangisi tabakadaki agrega boşluk yüzdesine etki eden faktörlerden biri <u>değildir</u>?

A) Bitüm bağlayıcı tipi
B) Bitüm bağlayıcı miktarı
C) Agrega gradasyonu
D) Agrega tipi ve dokusu
E) Karışıma katılan su miktarı

5. Santrifüj ekstraksiyon deneyinde çözücü sıvı olarak aşağıda verilenlerden hangisi kullanılır?

A) Sülfirik asit
B) Trikloretilen
C) Etanol
D) Terebentin
E) Aseton

6. Reflüks ekstraktör deneyinde her bir tel sepet içine konulacak bitümlü karışım numune miktarı ne kadar olmalıdır?

A) 100 g
B) 500 g
C) 1000 g
D) 1500 g
E) 2000 g

7. Ekstraksiyon deneyinde kullanılan numunelere yapılacak ilk işlem aşağıdakilerden hangisidir?

A) Suda bekletilir.
B) Etüvde eritilir.
C) Asitle yıkanır.
D) Çekiç ve keskiyle ufalanır.
E) Dolapta dondurulur.

8. I- Gradasyonu kontrol etmek
II- Segregasyon oluşmasını önlemek
III- Sıkışmadan kaynaklanan boşlukları kontrol etmek
IV- Agrega yoğunluğunu tespit etmek

Yukarıda verilenlerin hangileri tabakalarda elek analizinin amacını doğru ifade etmektedir?

A) I
B) I ve III
C) II ve III
D) I, II ve III
E) I, II, III ve IV

9. Aşağıdakilerden hangisi plent kontrol ayarlarından birisi değildir?

A) Ölçüm cihazlarının kalibrasyonun yapılması
B) Agreganın depolarda ısıtılması
C) Karıştırma süresinin önceden ayarlanması
D) Karışım sıcaklığının ayarlanması
E) Bitüm bağlayıcı püskürtme ayarlarının yapılması

10.

I. Yoldan karot numunesi alma
II. Serim sonrası numune alma
III. Kurutucudan çıktıktan sonra numune alma
IV. Nakliye aracından numune alma
V. Plent kovasından numune alma

Verilen ifadelerden hangileri iş yeri karışım numunesi alma yöntemlerindendir?

A) I ve II
B) I, II ve III
C) I, II, III ve IV
D) I, II, IV ve V
E) I, II, III, IV ve V







9. ÖĞRENME BİRİMİ

YOL GÜZERGÂHINA ASFALT SERME VE KONTROLÜ

KONULAR

9.1. YOL YAPISI ASFALT SERİM VE SIKIŞTIRMA MAKİNELERİ

9.2. FİNİŞER KONTROL VE KALINLIK AYARLARI

9.3. FİNİŞER SIKIŞTIRMA KALINLIK VE UYGUNLUK KONTROLÜ

9.4. ASFALT SERME VE SIKIŞTIRMA KURALLARI

9.5. ASFALT SERME VE SIKIŞTIRMA ISISININ KONTROLÜ

TEMEL KAVRAMLAR

- Duyarga
- Finişer
- Silindir

GİRİŞ

Bitümlü sıcak karışımlar yol güzergâhına hazneli, haznedeki karışımı arka tarafa ileten konveyörü (bant), yol genişliğinde dağıtma görevini yapan helezon spiralleri, düzeltme ve sıkıştırma işleminin büyük bölümünü yapan tablaları bünyesinde bulunduran komplike makineler yardımıyla uygulanır. Bu araçlara **finişer** denir.

9.1. YOL YAPISI ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERİM VE SIKIŞTIRMA MAKİNELERİ

Finişerler serme ve sıkıştırma işlerini yapmakla beraber sıkıştırma işleminin sonlandırılmasını silindirler yapmaktadır.

9.1.1. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serim Makinelerinin Özellikleri ve Kullanım Amaçları

Tekerlekli (Görsel 9.1.a) ve paletli (Görsel 9.1.b) olmak üzere iki tip finişer vardır. Genelde sert ve düz zeminlerde tekerlekli finişerler; gevşek zeminli, eğimli ve geniş yollarda ise daha güçlü olması bakımından paletli finişerler kullanılır. Saatte 200 ton ile 1800 ton malzeme serme kapasitesine sahip finişerlerin, yaya yollarından havaalanı pistlerine kadar uygun yapıda farklı büyüklük ve kapasitede modelleri vardır. Finişerler bitümlü sıcak karışımların serme işlerinin yanında; yol ve saha betonu serme işlerinde, yol temel tabakasında kullanılan malzemelerin serme işlerinde de kullanılmaktadır.



Görsel 9.1: a) Tekerlekli Finişer



Görsel 9.1: b) Paletli Finişer

Finişerler, traktör ve tabla bölümleri olmak üzere iki ana bölümden oluşur. Traktör ve tabla bölümleri. Traktör bölümü aracın hareket ve kumanda bölümüdür. Tabla bölümünde malzemenin iletim, serim ve kısmi sıkıştırma işleri yapılmaktadır.

Bitümlü sıcak karışım yüklü kamyon, finişerin önünde bulunan hazneye (kazan) geri geri yanaşır ve finişer, kamyon tekerine değene kadar ilerler. Kamyon, damperini kaldırarak finişerin kazanının kapasitesine göre malzemenin bir miktarını boşaltır.

Sıcak bitümlü karışım, bantlar yardımıyla ön taraftan arka tarafa iletilir. Arka kısımda bulunan helezonik spiraller yardımıyla segregasyona izin vermeden karışım, yol genişliğince eşit oranda yayılır. Tabla, malzemeyi istenen kalınlıkta ve kotta sererek bir yandan da sıkıştırır (Görsel 9.2). Bu işlemler yapılırken finişer kendi serim hızında kamyonu ileriye doğru iter. Bu arada kamyon damperi havada kalarak hazneyi sürekli besler.



Görsel 9.2: Bitümlü sıcak karışım serim işi

9.1.2. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Sıkıştırma Makinelerinin Özellikleri ve Kullanım Amaçları



Sıkıştırma işleminde, statik ağırlığı 8-12 ton arasında demir bandajlı silindirler ile lastik basıncı ayarlanabilen kendinden yürür, minimum 20 tonluk lastik tekerlekli silindirler kullanılır. Finişer tarafından serilen ve sıkıştırmanın bir bölümü de yapılmış malzemenin son sıkıştırma işlemi, üç farklı tip makine ile yapılabilir. Bunlar:

Demir Bandajlı Silindirler: Bitümlü sıcak karışım uygulamalarında ilk kullanılan silindirler olup statik (kendi ağırlığıyla) etkiyle sıkıştırma yapar. Hafif 4-6 ton, normal 6-8 ton ve ağır 8-12 ton olan tipleri vardır (Görsel 9.3).

Görsel 9.3: Demir bandajlı silindir

Pnömatik Silindirler*:* Lastik tekerlekli silindirlerdir. Sıkıştırma işlemi lastik tekerler tarafından yapılır. Bu tip silindirlerin lastik basınçları elle ayarlandığı gibi yürürken otomatik olarak kendi lastik basıncını ayarlayabilen tipleri de vardır. Pnömatik silindirlerin 12 tona kadar olanları hafif tip olarak adlandırılır ve lastik sayıları 9-13 arasındadır. Orta ağırlıktaki tipleri 12-25 ton arasında olup 5, 7, 9 ya da 11 tekerleklidir. Ağır tipte olanları 25-200 ton arasında olup 2, 7 ve 9 tekerleklidir. Bu silindirlerin yoğurma etkisi nedeniyle homojen sıkıştırma, geçirimsiz tabaka oluşturma ve yüzeyde iz bırakmama gibi avantajları vardır (Görsel 9.4).



Görsel 9.4: Pnömatik silindir



Görsel 9.5: Vibrasyonlu silindir

Vibrasyonlu Silindirler*:* Titreşim özelliği bulunan demir bandajlı silindirlerdir. Tek ya da çift bandajlı vibrasyon etkisi oluşturur. Özellikle düşük sıcaklık ve rüzgârlı havalarda, kısa sürede sıkıştırma yapar. Kalın tabakaların ve ek yerlerinin sıkıştırılmasında iyi sonuçlar verir. Titreşim etkisi ile homojen sıkıştırma yapar (Görsel 9.5).

9.2. FİNİŞER KONTROL VE KALINLIK AYARLARI

Bitümlü karışımlar serilirken belli bir sıcaklıkta olmalıdır. Bu sıcaklık, malzemenin akışkan ve işlenebilir olmasını sağlamaktadır. Finişerlerin tablalarında ısıtma sistemi mevcuttur. Termostat sistemi ile bitümlü karışım ısısı belli bir değerin altına düşürülmez.

Düşey eğimlerin yanında özellikle virajlarda bulunan kurp eğimlerine, serme sırasında dikkat edilmelidir. Güzergâh boyunca eğimli bölgeler, işlem öncesinde tespit edilmelidir.

Finişer serme kalınlığı; yolun trafik yoğunluğu, coğrafi bölgesi, iklim şartları, ilk defa veya eski kaplama üzerine yapılıp yapılmadığı gibi unsurlar göz önüne alınarak hesaplanır. Kalınlık ayarları yapılırken yol yüzeyinde oluşmuş çökmeler de belirlenerek önlemler alınmalıdır.

9.3. FİNİŞER SIKIŞTIRMA KALINLIK VE UYGUNLUK KONTROLÜ

Kaplamanın istenen kalınlıkta serilebilmesi tabla yardımıyla yapılır. Finişer tablasına bir kalınlık ayarı yapıldığında tabla sürekli bu kalınlıkta malzeme serer. Serim yapılan temel tabakası sürekli aynı kottaysa sorun olmayacaktır. Ancak bu her zaman mümkün olmayacağından serimin,

serim yapılan tabakanın belirlenen kota uygun olarak yapılması istenir. Finişerde bulunan duyargalar, kot kontrolü yaparak tablanın serim kalınlığını yönlendirmektedir. Duyargaların kullanılması için yol boyunca çelik hatlar gerilir ve topograflar tarafından yol kotlandırılır. Finişerlerde bulunan duyarganın ayağı, bu şeritler üzerinde yürür. Serim kalınlığında artma ya da azalma gerektiğinde duyarga bu çelik halatlar sayesinde tespit ettiği kalınlığı tablaya iletir ve tabla kota uygun kalınlıkta serim ayarını yapar (Görsel 9.6).

Özellikle dever nedeniyle kurplardaki eğim sürekli olarak değiştiği için serim sırasında da bu eğim verilmelidir. Eğim, düz yollarda yol genişliğinin her iki yanına verilir. Bu ayarlar duyargalar yardımıyla yapılır.

Segregasyonun oluşmaması taşıma, yayma, serme ve vibrasyon hızlarının uyum içerisinde çalışmasına bağlıdır. Bantlar yoluyla iki ayrı tünelden spirallere gelen malzemeler, spiraller yardımıyla yanlara doğru itilir ve karışım tabla yoluyla eşit kalınlıkta serilir. iletici bantlarla spiraller senkronize olarak finişerin hızıyla orantılı bir şekilde çalışır. Serme sırasında tabla uzunluğunda olan ve hızı ayarlanabilen bıçaklar, aşağı ve yukarı hareket ettiği için yoğurma etkisi ve tablanın ağırlığıyla segregasyonun önüne geçmiş olur.



Görsel 9.6: Çelik halatlarla finişer serim kalınlık kontrolü

9.4. ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERME VE SIKIŞTIRMA KURALLARI

Serim sırasında finişerin ilerleme hızı; finişerlerde bulunan hazne, malzemenin iletimi, helezon spirallerin malzemeyi enine dağıtma kapasitesi ve finişerin hızı ile tablada bulunan bıçak hareket hızı ve vibrasyon titreşim hızlarının uyumu büyük önem taşımaktadır.

Sıkıştırmaya etki eden birçok faktör vardır: karışımın ısısı, sıkışma yüzdesi, sıkıştırma makinesinin tipi ve hızı, asfalt çimentosunun viskozitesi vb.

9.4.1. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serme Kuralları

Serim kalitesine etki edebilecek unsurların neden kaynaklandığını bilecek teknik bilgi ve tecrübeye sahip olmak önemlidir (Görsel 9.7).

Serim işlemi sırasında uyulması gereken kurallar şunlardır:

- Serim yapılacak olan tabaka zemininin kuru ve temiz olması gerekir.
- Serime başlamadan önce serim genişliğine göre finişer ayarı yapılmalıdır.

- Kesintisiz serim için plentle iletişim içinde organizasyon yapılmalıdır.
- Finişerin tüm kontrolleri önceden yapılmış olmalıdır.
- Karışımın soğumasını önlemek için sıcak bitümlü karışımı taşıyan kamyonların üzeri nakliye sırasında branda ile kapatılmalıdır.
- Serim işi düzenli ve kesintisiz olmalıdır. Malzemenin gelmediği durumlarda finişerin hızı yavaşlatılmalıdır.
- Uzun süreli kesintilerde, özellikle soğuk havalarda tabla kaldırılarak temizlenmelidir.
- Karışım ve sıcaklık serim boyunca kontrol edilmelidir.
- Serim kotu, sürekli kontrol edilmelidir.
- Elle serim sadece zorunlu durumlarda yapılmalıdır.
- Zorunlu olmadıkça aşınma tabakası 6 °C'nin altında serilmemelidir; binder tabakası 0 °C'de, bitümlü temel tabakası ise -3 °C'deki sıcaklıklarda serilebilir.
- Serim kalınlığının, en büyük tane boyutunun en az üç katı olmasına dikkat edilmelidir.



Görsel 9.7: Planlı yürütülen kaplama işlemi

9.4.2. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Sıkıştırma Kuralları

Yol alt ve üst tabakalarının yapımında en önemli unsur sıkıştırmadır. Finişerle serme işlemi devam ederken finişerin arkasından sıkıştırma işlemi yapılmalıdır (Görsel 9.8). Sıkıştırma işlemi üç aşamalı olarak yapılmalıdır.

İlk Sıkıştırma: Serme işlemi devam ederken finişerin ardından demir bandajlı silindirle yapılmalıdır. Bir nokta en az iki defa sıkıştırılmalıdır.

İkinci Sıkıştırma: Bu aşamada üç tüp silindir de kullanılabilir. Bir nokta en az iki defa sıkıştırılmalı; dalgalanma ve iz oluşmamasına dikkat edilmelidir.

Son Sıkıştırma: Statik demir bandajlı silindirlerle yapılır, silindir izi ve çatlak olmamasına dikkat edilmelidir.

Sıkıştırma işlemi sırasında uyulması gereken kurallar şunlardır:

- Sıkıştırma işlemi serimle başlamalıdır.
- Kenar takviyesi yoksa kenarlara en fazla 20 cm yaklaşılmalıdır.
- Kenar takviyesi bulunan kaplamalarda kenardan başlanmalıdır.
- Kurplarda içlerden dışa doğru sıkıştırma yapılmalıdır.
- Sıkıştırmaya başlanmadan silindirin zeminde öteleme ve çatlaklığa sebep olup olmadığına bakılmalıdır.

- Kaplama kalınlığına, serime ve yapılan işe uygun silindir seçilmelidir.
- Sıkıştırma işlemi için uygun ağırlıkta silindir seçilmelidir.
- Sıkıştırma sırasında tamburlar suyla ıslatılmalıdır.
- Titreşimli silindirlerde silindir durduğunda titreşim kapatılmalıdır.
- Silindir uzun süreli olarak hareketsiz bırakılmamalıdır.
- Ani manevralardan kaçınılmalıdır.



Görsel 9.8: Serme ve sıkıştırma işlerinin birlikte yürütülmesi

- Silindir park edilmek zorundaysa serim yönünde çapraz bir şekilde ve sıkıştırılmış zemin yüzeyinde olmalıdır.
- Yol, sıkıştırma bittikten 24 saat sonra trafiğe açılmalıdır.

9.5. ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERME VE SIKIŞTIRMA ISISININ KONTROLÜ

Bitümlü sıcak karışımların ısı kontrolleri plentten çıktığı andan trafiğe açılma aşamasına kadar düzenli olarak yapılmalıdır.

Plentten 140-160 °C'de çıkan bitümlü sıcak karışımların serim sıcaklığı, hava sıcaklığı ile bağlantılıdır. Düşük hava sıcaklıklarında serim sıcaklığının fazla olması, sıcak havalarda ise bu sıcaklığın 130 °C civarında olması uygun olmaktadır. Hava sıcaklığı, kaplama sıcaklığının soğuma süresini etkilemektedir. İhtiyaç duyulması hâlinde finişerlerde bulunan tablalarda ısıtma sistemi devreye sokulmaktadır (Görsel 9.9).



Görsel 9.9: Sıcak bitümlü karışım serme işlemi

Hava sıcaklığı sıkıştırma sıcaklığını da etkilemektedir. Karışımın serildiği andaki sıcaklığı (130 °C), sıkıştırma zamanlaması hava sıcaklığı dikkate alınarak planlanmalıdır. Sıcaklık kontrolü yapılmalı, silindir ile test sıkıştırması yapıldıktan sonra hemen ilk sıkıştırmaya başlanmalıdır. Sıkıştırma işlemine 130 °C'de başlanmalı 80 °C'nin altına inmeden sıkıştırma işlemi sonlandırılmalıdır.

9. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Aşağıdaki araçların hangisi sıcak bitümlü karışımların serme işini gerçekleştirir?

A) Silindir
B) Damperli kamyon
C) Finişer
D) Tanker
E) Plent

2. Düşük sıcaklıklarda kullanımı uygun olan silindir çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Vibrasyonlu silindir
B) Üç tekerlekli silindir
C) Pnömatik silindir
D) Demir bandajlı silindir
E) Dokuz tekerlekli silindir

3. Aşağıdakilerden hangisi finişerin parçalarından biri değildir?

A) Tabla
B) Piston
C) Duyarga
D) Helezon spiral
E) Taşıyıcı bantlar

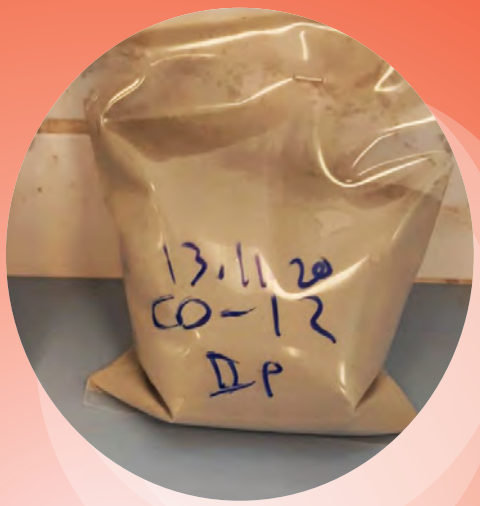
4. Aşağıdaki serme ile ilgili ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Plentle malzeme temini konusunda iletişim hâlinde olunmalıdır.
B) Serim öncesi finişerin ayarları yapılmalıdır.
C) Zorunlu olmadıkça serim işine ara verilmemelidir.
D) Serim yapılacak zemin sulanmalıdır.
E) Uzun süreli beklemelerde tabla kaldırılarak temizlenmelidir.

5. Bitümlü sıcak karışımların plentten çıkarılması için hangi sıcaklık aralığında olması gerekir?

A) 80-130 °C
B) 100-130 °C
C) 120-140 °C
D) 130-150 °C
E) 140-160 °C







10. ÖĞRENME BİRİMİ

ÇİMENTO NUMUNELERİ ALMA

KONULAR

10.1. ÇİMENTO NUMUNESİ ALMAK İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI

10.2. ÇİMENTODAN DENEY NUMUNESİ ALIMI

TEMEL KAVRAMLAR

- Çimento
- Farin
- Kalker
- Klinker
- Numune alma
- Proses

GİRİŞ

Dünyada ilk çimento üretimi 1824 yılında bugün de yaygın olarak bilinen portland çimentosunun patentinin alınması ile kayıtlara geçmiştir. Türkiye'de ise ilk olarak 1912 yılında üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır.

Çimentolar, çimento ham madde yataklarına (Görsel 10.1) yakın ve bol bulunan yerlerde kurulan çimento fabrikalarında (Görsel 10.2) üretilmektedir.

Bu öğrenme biriminde, deneylerde kullanılacak çimento numuneleri alınırken kullanılan deney alet ve düzenekleri, numunelerin alındıktan sonra taşınması, saklanması ve sevk edilmesi aşamaları ele alınacaktır.



Görsel 10.1: Çimento ham madde yatağı



Görsel 10.2: Çimento fabrikası

10.1. ÇİMENTO NUMUNESİ ALMAK İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI

Çimento deneylerini yapabilmek; deney numunelerini almak, hazırlamak, kaplara koymak, korumak ve laboratuvara taşımak için gereken malzemelere **numune alma alet ve düzenekleri** denir. Bu alet ve düzeneklerin çimento numunesi alma ve saklama süreçlerinde numunenin kimyasal ve fiziksel özelliklerini olumsuz etkilememesi gerekir.

10.1.1. Numune Alma Alet ve Düzenekleri

Numune Taşıma Kapları: Alınan çimento numunelerinin taşınmasında kullanılır. Çimento ile reaksiyona girmeyen ve korozyona uğramayan malzemeden yapılmış olmalıdır (Görsel 10.3).

Numune Saklama Kapları: Çimento numunelerinin saklandığı kaplardır. Çimento ile reaksiyona girmeyen ve korozyona uğramayan malzemeden yapılmış olmalıdır (Görsel 10.4).

Numune Alma Tüpü: Dökme ve torba çimentolardan numune almak için kullanılır. Pirinçten imal edilmiştir. İç içe eş merkezli iki tüpten oluşur. İç hacmi yaklaşık 3 litredir (Görsel 10.5).



Görsel 10.3: Numune taşıma kapları



Görsel 10.4: Numune saklama kapları



Görsel 10.5: Numune alma tüpü

Numune Alma Küreği: Paslanmaz çelikten yapılmış olmalıdır. Numuneleri karıştırma kaplarına koymak için kullanılır.

Mala veya Spatula: Numuneleri karıştırmak ve üzerlerini düzeltmek için kullanılır.

Fırça: Ölçü aletlerinin üzerinde biriken tozları temizlemek için kullanılır. Yumuşak uçlu, kıl fırça olmalıdır.

Çimento numunesi almada kullanılan bütün alet ve düzeneklerin, kullanılmadan önce çalışır ve temiz durumda olup olmadıkları kontrol edilmelidir. Kullanıldıktan sonra iyice temizlenmeli ve bakımları yapılmalıdır. Aksi takdirde deney numuneleri uygun şartlarda alınmamış olur ve çimentoyu tam temsil etmeyebilir. Bunun sonucunda doğru deney sonuçları elde edilemez.

10.1.2. Numune Ölçü Araçları

Deney sürecini sağlıklı bir şekilde tamamlayabilmek için malzemelerin miktarlarını, bekleme sürelerini, ısısını ölçmekte kullanılan araçlara **ölçü araçları** denir.

Terazi: 0,01/01 mg hassasiyetli, 60/220 gram kapasiteli olmalıdır (Görsel 10.6).

Kronometre: Başlatma ve durdurma tertibatlı, %1 hassasiyete sahip ve 300 saniye kadar zaman aralıklı olmalıdır (Görsel 10.7).

Termometre: Cıvalı,±0,1°C hassasiyetli olmalıdır (Görsel 10.8).



Görsel 10.6: Terazi



Görsel 10.7: Kronometre



Görsel 10.8: Termometre

Deneyde kullanılan ölçü aletleri iyi korunmalı, deney öncesi ve sonrası temizlenmeli, kendi kutularında saklanmalı ve aletlerin kalibrasyonları yapılmalıdır.

10.1.3. Çimento Katkı Maddeleri

Çimentoların üretim aşamasında, içerisine farklı cins ve oranlarda katkı maddeleri katılarak değişik özellikli olmaları ve değişik kullanım alanlarına sahip olmaları sağlanır.

- **Kil:** 0,002 mm'lik elek altına geçen küçük taneli malzemeye **kil** denir. Çimento ham maddesidir.
- **Kalker:** Ana bileşimi en az %90 kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) olan tortul kayaçlara **kalker** denir. Diğer adı kireç taşıdır. Çimento ham maddesidir.
- **Farin:** Çimento ham maddeleri kil ve kalkerin, döner fırına girmeden önce öğütülmesiyle elde edilen ince malzemedir.
- **Klinker:** Kil ve kalkerin öğütülmesiyle elde edilen farinin pişirilmesi sonucunda ortaya çıkan koyu gri renkli, bilye benzeri topak malzemelere verilen isimdir.
- **Alçı Taşı:** Kimyasal bileşimi kalsiyum sülfat olan bir mineraldir.

Kil (Görsel 10.9) ve kalker (Görsel 10.10) gibi ham maddelerin ince öğütülmesiyle elde edilen farinin (Görsel 10.11), 1400-1500 °C'lik yüksek sıcaklıklı döner fırınlarda pişirilmesiyle elde

edilen klinkere (Görsel 10.12), az miktarda (%3-%6) alçı taşı (Görsel 10.13) katılarak birlikte öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bağlayıcı yapı malzemesine **çimento** denir (Görsel 10.14).



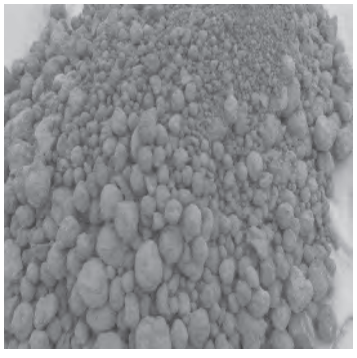
Görsel 10.9: Kil



Görsel 10.10: Kalker



Görsel 10.11: Farin



Görsel 10.12: Klinker



Görsel 10.13: Alçı taşı



Görsel 10.14: Çimento

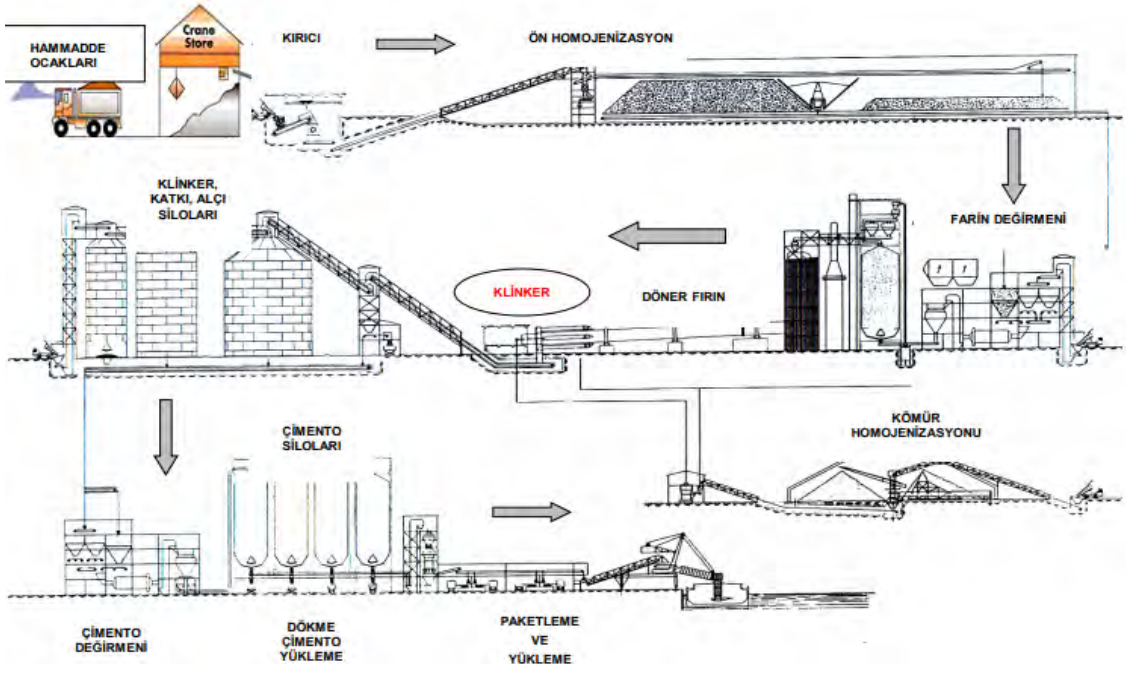
Çimento Üretiminde Alçı Taşı Kullanılmasının Önemi: Çimentoya alçı taşı katılmazsa su ile çimento arasındaki reaksiyon çok hızlı gelişir ve çimento çok hızlı bir şekilde katılaşır. Dolayısıyla işlenebilme imkanı yok olur. Su ve çimento arasındaki reaksiyonu ve çimentonun katılaşma süresini yavaşlatmak maksadıyla çimentolara üretim aşamasında alçı taşı katılır.

Çimentonun Kullanım Amacı: Çimentolar, betonda agrega tanelerinin birbirlerine ve betonun demir donatı ile birbirine tutunmasını sağlamak amacıyla kullanılır.

Hidrolik Bağlayıcı: Hem havada hem de suda priz (sertleşme) yeteneğine sahip olan, suda erimeyen bağlayıcılara denir. Çimento hidrolik bağlayıcıdır sözüyle su altında ya da suya maruz kalma durumlarında sertleşip dayanım kazanabilmesi özelliği, ifade edilir.

10.1.3.1. Çimentoların Üretim Prosesi

Çimento ham maddeleri (kil, kalker) öğütülerek farin hâline getirilir. Elde edilen farin, yüksek sıcaklıklardaki (1400°-1500°) döner fırınlarda pişirilir ve klinker adlı yeni bir ürün oluşur. Elde edilen klinkerin öğütülmesi aşamasında %3-%6 oranında alçı taşı ilave edilir ve beraber öğütülerek çimentolar üretilmiş olur (Görsel 10.15).



Görsel 10.15: Çimento üretim prosesi

Çimento fabrikalarında pişirme yöntemiyle elde edilen çimentonun; ham madde, yarı mamul ve ürün aşamalarında (Tablo 10.1) deneylere tabi tutularak standartlara uygun üretimi yapılmaktadır. Çimento prosesinin (üretim süreci) her aşaması, elektronik sistemle takip edilmektedir. Çimento üretildikten sonra kimyasal ve fiziksel deneylere tabi tutulmaktadır.

Tablo 10.1: Çimento Proses Aşamaları

Hammaddeler	*yarı-mamul*	*yarı-mamul*	*ürün*
Kalker Kil Şist Demir cev. Kum — *kırma+öğütme* →	farin — *Pişme* →	Klinker — *Öğütme* →	ÇİMENTO
Yakıt (kömürler)			
Katkı (tras,curuf, vb.			
Alçı			

10.1.3.2. Çimento Ana Tipleri

Dünya genelinde üretilen çimentoların %90'ını portland çimentosu oluşturmaktadır. Günümüzde kullanılan 27 farklı çeşit çimento bulunmaktadır. Bunlar **TS EN 197-1** standardına göre 5 ana tip altında toplanır. Bu sınıflandırma, içerdikleri katkı maddesine göre yapılmaktadır.

- CEM I: Portland çimentosu
- CEM II: Portland kompoze çimento
- CEM III: Yüksek fırın cüruflu çimento
- CEM IV: Puzolanlı çimento
- CEM V: Kompoze çimento

10.1.3.3. Çimento Bileşenleri

TS-EN 197-1'deki değişik çimento tiplerine göre çimentonun bileşen malzemeleri:

- Ana bileşen (Portland çimentosu klinkeri)
- İkinci ana bileşen (uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kalker, silis dumanı vb.)
- Minör ilave bileşen (uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kalker, silis dumanı, vb.)
- Priz ayarlayıcı (kalsiyum sülfat, alçı taşı)
- Kimyasal katkılar (pigmentler, hava sürükleyici katkılar)

TS-EN 197-1'e göre çimentoya katılan ana bileşenler şunlardır.

- A: Çimentonun en az mineral katkı, en fazla klinker içeren tipi
- B: Çimentonun A tipinden daha fazla mineral katkı, daha az klinker içeren tipi
- C: Çimentonun B tipinden daha fazla mineral katkı, daha az klinker içeren tipi

TS-EN 197-1'e göre çimentoya katılan ikinci ana bileşen katkılar şunlardır.

S: Yüksek fırın cürufu	**D:** Silis dumanı	**P:** Doğal puzolan
Q: Doğal kalsine puzolan	**V:** Silissi uçucu kül	**W:** Kalkersi uçucu kül
T: Pişmiş şist	**L:** Kalker (TOC<%0,5)	**LL:** Kalker (TOC<%0,2)

TOC: Toplam organik karbon

Granüle Yüksek Fırın Cürufu: Yüksek fırında pik demir elde edilirken demir cevheri içindeki SiO_2 ve AlO_3 içeren gayri saflıklar, yumuşatıcı olarak katılan kalkerdeki CaO tarafından bağlanır. Bu şekilde oluşan cürufun bileşimi, portland çimentosuna büyük benzerlik gösterir. Fırın çıkışında hızla soğutulması ve en az 2/3 oranında camsı faz içermesi gerekir. Ayrıca içindeki CaO, MgO ve SiO_2 miktarları toplamı gene en az 2/3 oranında olmalıdır. (CaO + MgO) / SiO_2 orantısının ise 1,0'den fazla olması istenmektedir.

Kalsine Edilmiş Doğal Puzolan: Puzolanik özellikleri ısıl işlem uygulanarak kazandırılmış olan doğal madde ve kayaçlardır. Reaktif silis içerikleri en az %25 olmalıdır.

Pişmiş Şist: Yaklaşık 800 °C'de pişirilen şist bileşimi itibarıyla puzolanik ve bağlayıcı özellikler gösterir. Çimento gibi denendiğinde 28 günlük basınç dayanımı en az 25 MPa olmalıdır. Hacim genleşmesi 10 mm'yi geçmemelidir.

Silis Dumanı: Silisyum ve ferrosilisyum alaşımlarının üretimi sırasında elektrik ark fırınlarında yüksek saflıktaki kuvarsın kömürle indirgenmesi sonucu elde edilen çok ince taneli baca tozudur. Reaktif silis içeriği en az %85 olup BET özgül yüzeyi en az 15 m/g olmalıdır. Kızdırma kaybı 1 saatte %4'ü geçmemelidir.

Silissi Uçucu Kül: CaO oranı %10'dan az olan puzolanik özellikli uçucu küldür. Serbest CaO içeriği %1'den fazla olmamalıdır. Serbest CaO değeri %2,5'e kadar olan küller koşullu olarak kullanılabilir. Reaktif SiO_2 %25'ten fazla olmalıdır.

Kalker (Kireç taşı): CaCO içeriği en az %75 olmalıdır. Kil içeriği %1,2'yi geçmemelidir. Standartta toplam organik karbon (TOC) değerinin en fazla %0,2 (LL) ve %0,5 (L) olarak sınırlandırıldığı iki sınıfa ayrılmıştır.

Doğal Puzolan: Doğada bulunan puzolanik özellikte madde ve kayaçlardır. Genellikle volkanik kökenlidir. Türkiye'de tras olarak adlandırılır. **TS EN 197-1'**e göre doğal puzolanlarda reaktif silis miktarı en az %25 olmalıdır.

Kalkersi Uçucu Kül: Reaktif CaO oranı %10'dan fazla olan bağlayıcı ve/veya puzolanik özellikli uçucu küldür. Reaktif CaO miktarı %15'e kadar olan küllerde reaktif SiO_2 %25'ten fazla olmalıdır. Reaktif CaO miktarı %15'ten fazla olan küller koşullu olarak kullanılabilir. Hacim genleşmesi 10 mm'yi geçmemelidir.

Uçucu Kül: Çok ince öğütülmüş kömür yakan fırınların baca gazlarına karışan ve çoğunlukla çimentodan ince olan kül tanecikleri elektrostatik yöntemlerle tutularak ayrılır. Genellikle kömürle çalışan termik elektrik santrallerinde elde edilir. Kızdırma kaybı 1 saatte %5'i geçmemelidir. Kızdırma kaybı %5-7 arasında ise kül koşullu olarak çimentoda kullanılabilir.

TS-EN 197-1'e göre her çimento tipine kütlece %0-5 arasında minör ilave bileşen katılabilmektedir. Bu bileşen o çimentoda ana bileşen olarak kullanılmamış, bir mineral katkı veya çimento özelliklerini iyileştirecek başka bir inorganik bileşen olabilir.



Çimentoya katılan klinkerin, ikinci ana bileşen katkıların ve minör ilave bileşen katkıların toplamı %100'e ulaşmalıdır. Miktarı kütlece %5'i geçen katkılar ana bileşen olarak kabul edilir.

Tablo 10.2: TS-EN 197-1'e Göre 27 Çeşit Çimento ve Bileşenleri

Çimento Türü	Adı	Notasyon	Ana Bileşenler (Kütlece % olarak)										Minör İlave Bileşenler
			Klinker K	Yüksek Fırın Cürufu S	Silis Dumanı D	Doğal Puzolan P	Endüstriyel Puzolan Q	Silissi Uçucu Kül V	Kalkersi Uçucu Kül W	Pişmiş Şist T	Kalker (Kireç Taşı) L	Kalker (Kireç Taşı) LL	
CEM I	Portland Çimento	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-		0-5
CEM II	Portland Cüruflu Çimento	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland Silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland Puzolanlı Çimento	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Portland Uçucu Küllü Çimento	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Portland Pişmiş Şistli Çimento	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Portland Kalkerli Çimento	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Portland Kompoze Çimento	CEM II/A-M	80-88	12-20									0-5
		CEM II/B-M	65-79	21-35									0-5
CEM III	Yüksek Fırın Cüruflu Çimento	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Puzolanik Çimento	CEM IV/A	65-89	-	11-35					-	-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	36-55					-	-	-	0-5
CEM V	Kompoze Çimento	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30			-	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-49	-	31-49			-	-	-	-	0-5

10.1.3.4. Özel Çimentolar

Cüruflu Çimentolar: Cüruflu çimentoların hidratasyonu daha yavaş geliştiğinden daha uzun süre kür gerektirir. Bu nedenle kurak iklimli bölgelerde kullanılması doğru değildir. Sülfatlı sular, deniz suları, klorlu sular, karbonatlı sular, termal sular, buz çözücü maddeler vb. ile yapılan uzun süreli deneyler sonucunda cüruflu çimentoların zararlı kimyasal etkiler altında performanslarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Alüminli Çimentolar: Bu çimento asit karakterli olduğundan asitlerden zarar görmez. Bu çimentoların mekanik dayanımları hızlı bir şekilde gelişir. Aynı koşullarda bir günlük dayanımı portland çimentosunun 8 aylık dayanımına eş değerdir. Bu çimentoların prizi ve sertleşmesi sırasında önemli derecede ısı açığa çıkar. Kimyasal etkilere çok dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır.

Uçucu Kül Çimentoları: Uçucu küller; çimentoya ham madde olarak, klinker ve alçı taşı ile öğütülerek veya mamul çimentoya doğrudan olmak üzere üç şekilde katılabilir. Uçucu küllü çimentoların istenen mekanik özellikleri sağlayabildikleri takdirde sülfata dayanıklılık, geçirimsizlik ve düşük hidratasyon ısısı gibi olumlu yönleri vardır.

Hidrofob Çimentolar: Bu tip çimentolar rutubete karşı dayanıklı olması amacıyla klinkere hidrofob bir eleman (%0,1-0,4 oranında stearik asit, oleic asit) eklenip öğütülmesi ile elde edilir. Hidrofob, çimento görünüş olarak normal portland çimentosuna benzer fakat küf kokusu gibi bir karakteristik özelliğe sahiptir. Hidrofob çimentolar suyla kolay ıslanmadıklarından bu tip çimentolar kullanılarak üretilen harç ve betonları daha uzun süre karıştırmak gerekir.

Beyaz Çimento: Beyaz çimentonun gri çimentodan birtakım üstün özellikleri bulunmaktadır. Buna göre denebilir ki beyaz çimento gri çimentoya göre daha hızlı priz alır, dayanımı daha yüksektir, yüzeyi pürüzsüzdür, dekoratif imalatlara rengi ve yapısı dolayısıyla daha uyumludur. Bu çimentolar mimari ve estetik amaçlı yapılarda kullanılır.

Renkli Çimentolar: Bu tip çimentolar beyaz çimento içine, inceliği çimento ile aynı olan toz hâlindeki (%1-5 arasında) metal oksitlerinden oluşan pigmentlerin eklenmesi ile elde edilir. Örneğin sarı renk için demir oksit hidrat, kırmızı renk için demir oksit, yeşil renk için krom oksit, mavi renk için lazurite, siyah renk için magnetik demir oksit ve beyaz renk için titan oksit kullanılır.

Sülfata Dayanıklı Çimentolar: Bu tip çimentolar, deniz suyu ve sülfatlı su içeren zeminler ve diğer sülfatlı ortamlar için en dayanıklı çimentolardır.

Erken Dayanımı Yüksek Çimentolar: Bu tip çimentolar ince öğütülmüş bağlayıcılar olup hızlı dayanım gerektiren yerlerde kullanılır. Bu çimentoların 2 ve 7 günlük dayanımları (30 MPa ve 40 MPa) aynı tip normal portland çimentolarına kıyasla yüksektir (10 MPa ve 21 MPa).

Oil-Well Çimentosu: Çok üstün özelliklere sahip bir çimentodur. Yer kabuğundaki çatlaklardan binlerce metre derinliğe kadar pompalanabilecek işlerde kullanılır. Araştırma için açılan sondaj kuyularında derinlik, 10000 m civarında olduğundan bu tip çimento ile doldurulmaları uygun olmaktadır.

Antibakteriyel Çimento: Bu çimento mikrobiyolojik fermantasyonu önlemek için antibakteriyel maddeler kullanılarak üretilen bir portland çimentosudur. Bakteriyel etkiye, gıda maddesi üreten tesislerin yer betonlarında rastlanılmaktadır. Bu gibi yerlerde, çimento üzerinde oluşan bakteriler ve nemin varlığı fermantasyona yol açmaktadır. Antibakteriyel çimento; su depoları, yemekhaneler, yüzme havuzları ve bakteri ya da mantar bulunan benzer yerlerde kullanılmaktadır.

10.1.3.5. Çimento Standart İşaretlemesi



Görsel 10.16: Çimento torbası ve çimentonun işaretlenmesi

Her çimento torbası üzerinde o çimentoya ait standart işaretleme yazmaktadır (Görsel 10.16).

CEM II / B-M (P-L) 32,5 N

CEM II: Ana çimento tipini, çeşidini ifade eder.
B: Çimento içindeki klinker içeriğini ifade eder (A: Yüksek, B: Orta, C: Düşük).
M: En az iki ana bileşen olduğunu ifade eder.
(P-L): Çimento katkı tiplerini ifade eder.
32,5: Çimento standart dayanım sınıfını ifade eder (28 günlük dayanım sınıfı, MPa cinsinden).
N: Normal, yüksek veya düşük erken dayanım sınıfını ifade eder (2 ve 7 günlük dayanımlar) (N: Normal, R: Yüksek, L: Düşük).

10.2. ÇİMENTODAN DENEY NUMUNESİ ALIMI

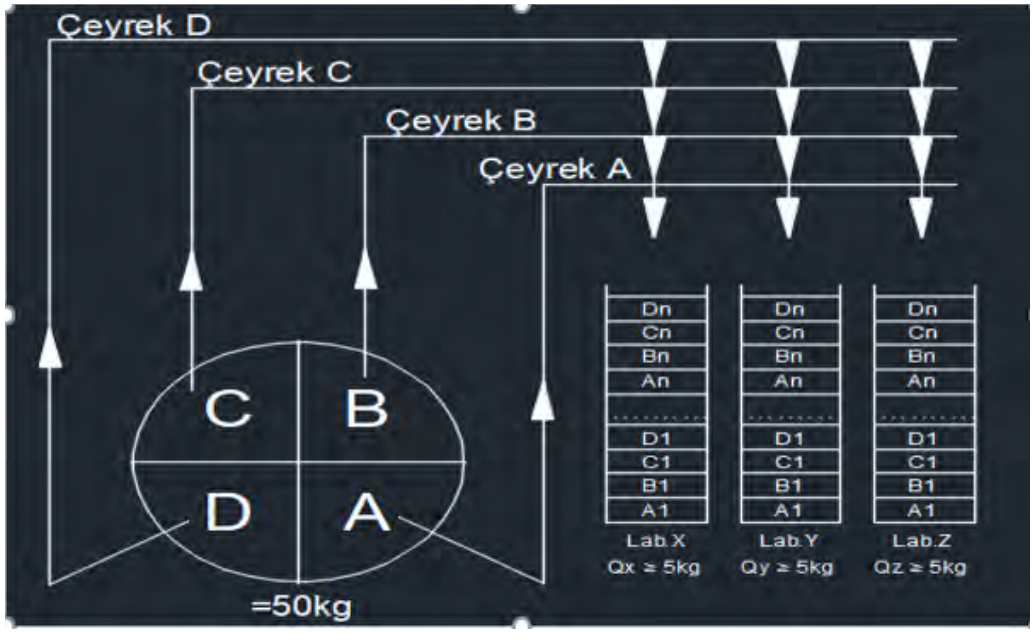
Çimento numuneleri proses aşamasında, silolarda, dökme çimento tankerlerinden ve ambalajlanmış çimentolardan alınır. Alınan çimento miktarı 40 kg-50 kg arasında olmalıdır. Numuneler, çeyrekleme yöntemiyle deney numunesi kadar azaltılır.

10.2.1. Çimento Numunesi Alma

Çimentolardan numune alma işlemi **TS EN 196-7** standardına göre yapılır.

Alınan çimento numunesi, nem oranı %85'ten az olan bir ortamda kuru ve temiz bir bez veya plastik örtü üzerine boşaltılır ve dış etkenlerden korunarak iyice karıştırılıp homojenize edilir. Homojenize etme işlemi bittikten sonra numune çeyrekleme yöntemi ile dört eşit parçaya bölünür (Görsel 10.17). Numune alma küreği ile her bir çeyrekten 0,5 kg olacak şekilde alınır ve numune kaplarına aktarılarak bölünür. Bu işleme her kapta en az 5 kg numune (laboratuvar numunesi) olana kadar devam edilir.

Her laboratuvar kabına x, y, z sırası ile dağıtılır. İlk olarak A'dan bir kürek, sonra B'den bir kürek, sonra C'den bir kürek, en son D'den bir kürek alınır.



Görsel 10.17: Laboratuvar numunelerinin oluşturulması

Spot Numune: Yapılacak deneyler için bir seferde aynı yerden ve aynı zamanda alınan numunedir.

Kompoze Numune: Farklı yer ve zamanda alınan spot numunelerin birleştirilip karıştırılması ve gerektiğinde bu karıştırılan numunenin azaltılmasıyla elde edilen numunedir.

Laboratuvar Numunesi: Deneyleri yapacak laboratuvarda kullanılmak üzere spot veya kompoze numuneden alınan numunedir.

Deney Numunesi: Sadece yapılacak tek bir deney için gerekli olan çimento numunesine denir.

10.2.1.1. Numune Almada Dikkat Edilecek Hususlar

- Numune miktarları, belirlenen deneylerin en az iki defa yapılmasına yetecek miktarda olmalıdır.
- Çimento kapları, çimento ile reaksiyona girmeyen malzemelerden seçilmelidir.
- Çimento numunesi homojen olmalıdır.
- Çimento numunesi; kuru, temiz ve hava geçirmez bir kaba aktarılmalıdır.
- Numune alma cihazları, sürekli olarak çalışır durumda olmalıdır.
- Numune alma cihazları, her numune alımından sonra dikkatlice temizlenmelidir.
- Diğer cihazlarda kullanılan yağların bu cihazları kirletmemesine dikkat edilmelidir.

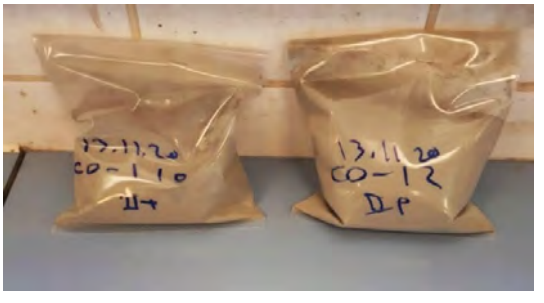
10.2.1.2. Ambalajlanmış Çimentolardan Numune Alma

Ambalajlanmış çimentodan (Görsel 10.18) çimento deney numunesi (Görsel 10.19) alma iki şekilde olur:

- Manuel paketleme makinesi memesinden doğrudan numune alınır. Çimentodan 5 dakikalık süre içinde üç kerede olmak sureti ile toplam 3-4 kg numune alınır.
- Otomatik paketlemeden numune almak için sistemde otomatik dolumu yapılan bir adet torba ayrılarak alınır. Torba içerisinden toplam 3-4 kg numune alınır.



Görsel 10.18: Ambalajlanmış çimento



Görsel 10.19: Çimento deney numunesi

10.2.1.3. Dökme Çimentodan Numune Alma

Hazır beton santrallerinde kullanılmak üzere, torbalanmadan silobas (Görsel 10.20) denilen özel araçlarla taşınan çimentoya **dökme çimento** denir. Dökme çimentodan numune almak için yine numune alma çubuğu kullanılır. İç tüp, yuvaları kapatmak ve numuneyi almak için döner. Numune alınırken iç kısımdaki boru döndürülerek hava alma delikleri kapatılmalıdır. Çimento kütlesinin üst ve alt tabakasından numune alınmamasına dikkat edilmelidir.



Görsel 10.20: Silobas (Dökme numune tankeri)

10.2.1.4. Çimento Silolarından Numune Alma

Beton santrallerine gerekli olan çimentonun saklanması için kullanılan saklama sistemlerine **çimento silosu** denir (Görsel 10.21). Çimento silosunun boyutları, beton üretim tesislerinin ihtiyacına göre farklı kapasitelerde olabilir. Hazır beton hizmeti veren firmalar tarafından kullanılır.

Uygun sabit bir numune alma cihazı olmadığında dağıtım sistemindeki farklı çimentoların birikintilerini ve istenmeyen karışımlarını atmak için boşaltma işlemi başladığında bir miktar çimento atılır. Çimento silosunun dökülüşündeki numune alıcının hava klapesi açılarak numune alıcının içi temizlenir. Numune alıcının klapesi açılır ve içindeki numune sıcak hâle gelinceye kadar boşaltılır (Görsel 10.22). Numune alıcının tıkanık olması durumunda metal çubuk ile tıkanıklık açılır.

Çimentodan 5 dakikalık süre içinde üç kerede olmak sureti ile toplam 3-4 kg numune alınır. Sıcaklık kontrol edilerek kayıt altına alınır.

Çimento silolarının iç yüzeyleri pürüzsüz ve düzgün olmalı, siloların tabanı yatay olarak en az 50°lik açı yapmalıdır.

Çimento siloları sık sık (en geç ayda bir kez) sonuna kadar boşaltılarak kullanılmalı, böylece çimentonun silo içerisinde katılaşması önlenmelidir.



Görsel 10.21: Çimento silosu



Görsel 10.22: Klapenin açılarak çimento numunesi alınması

10.2.2. Numune Alma Tutanağı

Çimento numuneleri alındıktan sonra, numuneye ve numune alan kişiye ait bilgilerin yer aldığı belgeye **numune alma tutanağı** denir.

Her numuneye tekabül eden numune alma raporu, bu iş için sorumlu bir kişi tarafından yapılır. Kopyalar, sözleşme maddelerine veya belgelendirme kurallarına uygun olarak hazırlanan ve dağıtılan laboratuvar numunelerine iliştirilir. Rapor veya kopyaları numune alma esnasında hazır bulunan ve/veya sorumlu temsilciler tarafından imzalanır.

10.2.2.1. Tutanakta Bulunması Gereken Mecburi (Zorunlu) Bilgiler

- Numune alınmasından sorumlu kuruluşun isim ve adresi
- Teslim söz konusu ise müşterinin isim ve adresi
- Çimentonun **TS EN 197-1**'de belirtilen standart işaretlemesi
- İmalat yerinin tanımı
- Numune alma yeri, tarih ve zamanı
- Numune tipi
- Numune kabındaki tanımlama işareti
- Yabancı madde mevcudiyeti
- Çimentonun kalitesini etkileyebilecek unsurlar (taşıma şartları gibi)
- Alınan çimento numunesinin tanımını sağlayacak diğer tüm bilgiler (silo numarası gibi)

10.2.2.2. Tutanakta Bulunması Gereken İhtiyari (İsteğe Bağlı) Bilgiler

- Raporda, taraflarca başka bir şekilde anlaşma yapılmadığı takdirde bulunması gereken ihtiyari bilgiler şunlardır:
- Partinin tanımı ve çimentonun alındığı stoğun yaklaşık miktarı (ambardan alınan 3000 ton torbalı çimento gibi)
- Laboratuvar numuneleri için kullanılan kabın tipi

10.2.3. Numunelerin Korunması

- Numuneler genellikle 30 °C altında muhafaza edilmelidir.
- Çimento muhafaza kapları, çimento ile reaksiyona girmeyen ve korozyona uğramayan maddelerden yapılmalı; hava ve rutubet geçirmemelidir.
- Daha önce herhangi bir malzemenin ambalajında kullanılan kaplar veya malzemeler kullanılmamalıdır.
- Kabın hava ile etkileşimini önlemek için kaplar mümkün olduğunca ağzına kadar doldurulmalıdır. Sızdırmaması için bantla sarılmalıdır.
- Torba ve kaplarda plastik kullanılıyorsa muhafaza süresi 3 ayı geçmemelidir.

10.2.4. Numunenin Sevk Edilmesi

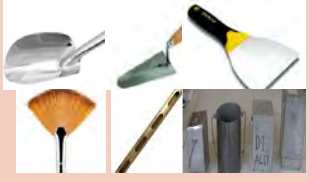
Numuneye ait bilgilerin bulunduğu raporların (Tablo 10.3) kopyaları vakit geçirilmeden ilgili taraflara iletilir. Numuneye ait bilgilerin bulunduğu formun bir kopyası, koruyucu bir zarf içinde numune kabının içine konulmalıdır. Alınan numuneler ilgili laboratuvara getirilerek deneyler yapılır. Laboratuvarda analize alınmadan önce poşet içerisindeki numune, tam homojen olması için iyice karıştırılır. Deney numunesi temiz bir torbaya konur, deney numunelerinin açık şekilde tanıtılması için numune torbaları silinmeyecek şekilde işaretlenir ve ağzı sıkıca bağlanarak laboratuvara getirilir ve 20+1 °C sıcaklığa ulaşması için ertesi sabah deney saatine kadar laboratuvarda bekletilir.

Tablo 10.3: Numune Alma / Sevk Raporu

Numuneyi Getiren Kuruluş/Kişi			
Numunenin Teslim Edileceği Laboratuvar			
Numune Tanımı			
Numunenin	Alındığı Ünite		
	Alma Yeri		
	Alma Tarihi	…….. / …….. / ……	
	Alma Saati	……..-……..	
	Boyutu		
Numune Alma Tipi		Spot	Kompoze
Numune Kabul No.			
Açıklamalar	Yabancı Madde	Var	Yok
	Kurşun Mühür	Var	Yok
	Taşıma Şartları	Ağzı Kapalı (Sızdırmaz)	Ağzı Açık
	Silo Numarası / Stok Numarası	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	
Parti Tanımı	Gönderildiği Yer		
	Sevk Tipi		
	Sevk Tarih Aralığı		
	Miktar (Ton/Litre)		
Numuneyi Hazırlayan-Unvan/İmza			
Numuneyi Gönderen-Unvan/İmza			

1. DENEY UYGULAMASI
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21699

Çimento deneyi yapabilmek için gerekli numuneyi, istenen yerden alınız ve laboratuvara gönderiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. • Numune veya malzeme alımında daima temiz araç gereç kullanınız, aynı araç gereci temizlemeden başka bir madde içine sokmayınız. • Çalışma bittikten sonra ellerinizi sabunlu su ve gerektiğinde antiseptik bir sıvı ile yıkayınız. Çalışma bittikten sonra eller sabunlu su ve gerektiğinde antiseptik bir sıvı ile yıkanmalıdır.	
 Numune alma araç gereç hazırlığının yapılması	• İş önlüğünüzü giyiniz. • Araç gereç hazırlığını yapınız. • Araç gerecin işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz.	
  Ölçü araçlarının hazırlanması	• Ölçü araçlarının işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz.	
Çimento numunesinin alınması	• Numune nereden alınacaksa ilgili araç gereci alınız ve numunenin alınacağı yere gidiniz.	
Numune alma tutanağının düzenlenmesi	• Numune alındıktan sonra o numuneye ait bilgileri tutanağa yazınız ve imzalayınız.	
 Numunenin laboratuvara gönderilmesi	• Numuneyi kuru, temiz ve hava almayan poşet içerisine koyunuz. • Poşet üzerine numuneye ait bilgileri silinmeyecek şekilde yazınız.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

10. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi çimentoya katılan alçı taşının yüzde olarak oranıdır?

A) %1-%3
B) %2-%4
C) %2-%5
D) %3-%6
E) %3-%8

2. Yapılacak deneyler için bir seferde aynı yerden ve aynı zamanda alınan numune aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çimento numunesi
B) Deney numunesi
C) Kompoze numune
D) Laboratuvar numunesi
E) Spot numune

3. Çimento üretilirken katılan alçı taşı üretimin hangi aşamasında katılır?

A) Klinkerin öğütülmesi aşamasında
B) Kilin öğütülmesi aşamasında
C) Kalkerin öğütülmesi aşamasında
D) Farinin pişirilmesi aşamasında
E) Klinkerin pişirilmesi aşamasında

4. CEM II / A-M (Q-P) 42,5 R işaretlemesinde (Q-P) ifadesi aşağıdakilerden hangisini ifade eder?

A) Ana çimento tipi
B) Çimentoya katılan katkı tipleri
C) Çimento klinker oranı
D) Çimento dayanım sınıfı
E) Erken dayanım sınıfı

5. Çimentonun ana bileşenleri aşağıdakilerden hangisidir?

A) Kalker-Alçı taşı
B) Kil-Alçı taşı
C) Kil-Kalker
D) Kil-Klinker
E) Kalker-Klinker

6.

- **Numune 30 °C'nin üzerinde muhafaza edilmelidir.**
- **Numune kapları nemli olmalıdır.**
- **Numune kapları temiz olmalıdır.**
- **Deney numunesi bekleme süresi 3 ayı geçmemelidir.**
- **Numuneler ahşap kap içerisinde muhafaza edilmelidir.**

Çimento numunesinin korunmasıyla ilgili bu ifadelerden kaç tanesi doğrudur?

A)1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

7. Çimento silolarından numune alma işlemleriyle ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?

A) Kapak açıldıktan sonra akan ilk çimentodan alınmalıdır.
B) Çimentodan 5 dakikalık süre içerisinde üç seferde numune alınmalıdır.
C) Alınan numune miktarı en az 10 kg olmalıdır.
D) Silodan akan çimento, soğutulduktan sonra numune kaplarına konulmalıdır.
E) Çimento deneylerinin doğru sonuçlar vermesi için silolar yılda bir kez tamamen boşaltılarak temizlenmelidir.

8. Aşağıdakilerden hangisi kompoze çimentoyu ifade etmektedir?

A) CEM I B) CEM II C) CEM III D) CEM IV E) CEM V

9. Çimentoda priz ayarlayıcı katkı maddesi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Puzolan
B) Uçucu kül
C) Alçı taşı
D) Kil
E) Cüruf

10. Çimento üretiminde fırın sıcaklığının derecesi aşağıdakilerden hangisidir?

A) 100-200 °C
B) 500-600 °C
C) 900- 1000 °C
D) 1400-1500 °C
E) 1900-2000 °C







11. Öğrenme Birimi

ŞANTİYEDE ÇİMENTO DENEYLERİ

KONULAR

11.1. ŞANTİYEDE ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ DENEYİ

11.2. ŞANTİYEDE ÇİMENTO PRİZ DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Genleşme
- Hacim sabitliği
- Priz başlangıcı
- Priz sonu

GİRİŞ

Bu deneyler şantiye sahasında bulunan çimentonun kullanıma uygunluğunu kontrol etmek için yapılan deneylerdir. Şantiye ortamında yapıldığı için sonuçlar kesin olmayıp test sonucu uygun olmayan çimentoların laboratuvar ortamında, ilgili standartlar doğrultusunda tekrar analizinin yapılması gerekmektedir.

Hacim sabitliği ve priz deneyleri aynı anda yapılabileceği gibi ayrı ayrı da yapılabilir. Her iki deney için de deney hamurunun hazırlanması aynı yöntemle yapılmaktadır.

11.1. ŞANTİYEDE ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ DENEYİ

Çimentolarda sönmemiş kireç (CaO) ve serbest magnezyum oksidin (MgO) belirli bir değerin üstünde bulunması zararlıdır. Çünkü bu bileşenler, su ile yaptığı reaksiyon sonunda önemli derecede hacim artmasına neden olarak betonda çatlamalara yol açabilir. Dolayısı ile betonun basınç dayanımında azalmalara ve betonun daha geçirgen bir yapıya sahip olmasına sebep olacaktır.

11.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereç ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır (Görsel 11.1).

Terazi: 0,1 g hassasiyette ve kalibrasyonu (ölçümleme) yapılmış olmalıdır. Çimento numunesinin ve suyun ölçülmesinde kullanılır.

Cam Plak: Kenarları yuvarlatılmış, 150x150x3 mm ebatlarında düz cam levhadır. Deney pastalarının şekillendirilmesinde ve taşınmasında kullanılır.

Dereceli Beher (Su Kabı): En fazla 250 mL'lik beher, cam veya plastik kaplardır. Deneyde kullanılacak su miktarının ölçülmesinde kullanılır.

Mala veya Spatula: Küçük mala veya en fazla 5 cm ağız genişliğindeki spatulalar deney hamurunun karıştırılmasında kullanılır.

Madenî Yağ: Araç motorlarında kullanılan yağlardır. Deney pastasının cam levhaya yapışmaması için kullanılır.

Nemli Bez: Renkli temizlik bezleri kullanılabilir. Nemini çabuk kaybetmemesi önemlidir. Numuneyi örtecek büyüklükte olmalıdır.

Kaynatma Kabı: Deney numunelerini alabilecek büyüklükte, kapaklı, derin olmayan metal kaplar, tepsilerdir. Numunelerin kaynatılmasında kullanılır.

Maşa: Kaynatılan numuneyi kavrayabilecek özellikte ve büyüklükte olmalıdır. Numunelerin kaynatma kabından çıkartılmasında kullanılır.

Soğuk Su Havuzu: Deney numunelerini alabilecek büyüklükte derin olmayan metal, plastik tepsi ve kaplardır. Numunelerin suda bekletilmesinde kullanılır.

Isıtıcı: Gaz veya elektrikle çalışan ısıtıcılar, suyun kaynatılmasında kullanılır.



Görsel 11.1: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Soğuk su havuzu 2.Kaynatma kabı 3.Isıtıcı 4.Dinlendirilmiş su 5.Beher/Cam mezür 6.Numune kabı 7.Nemli bez 8.Cam plak 9.Mala-spatula 10.Madenî yağ 11.Çimento numunesi

11.1.2. Deney Numunesi

Çimento: Tüm çimentoyu temsil eden, numune alma kurallarına göre alınmış, kuru ve topaksız olmalıdır. Hacim sabitliği ve priz deneyi birlikte yapılacaksa 300 g numune (hacim sabitliği için 200 g, priz deneyleri için 100 g) alınmalıdır. Deney numunesi en az 12 saat öncesinden deneyin yapılacağı ortama getirilmelidir.

Su: İçilebilir özellikte olmalıdır. Deneyde kullanılacak su, en az 12 saat öncesinden deney ortamına getirilmelidir.

11.1.3. Deneyin Yapılışı

- Deneyde ortam sıcaklığı 20±2 °C'de olmalıdır. Deney sarsıntısız, aydınlatılmış ve hava akımı olmayan, ısı değişikliklerine maruz kalmayan bir ortamda yapılmalıdır.
- Cam levhaların bir yüzeyi madenî yağ ile ince bir film tabakası oluşacak şekilde yağlanır. Cam levhalara, yazıları alttan görünecek şekilde küçük etiket konur. Etikette; deney tarihi, saati, çimentonun adı ve hangi deneyde kullanılacağı, deneyi yapan vb. bilgiler olmalıdır.
- Su emmeyen sarsıntısız yüzeye 300 g (Hacim sabitliği ve priz deneyleri aynı anda yapılacaktır.) çimento öbeklenerek konur.
- Çimentonun %30'u (90 g / 90 ml) kadar su ölçülerek, ortası açılmış çimentonun içine taşırmadan konur.
- Suyu dışarı taşırmadan çimentoyu kenarlarından içeriye doğru doldurarak çimento hamur karışımına başlanır. 3 dakika boyunca homojen bir karışım elde edinceye kadar karıştırma işlemi yapılır.
- Hazırlanan çimento hamuru üç eşit parçaya (İkisi hacim sabitliği deneyi, biri priz deneyleri için kullanılacaktır.) ayrılır.
- Ayrılan hamurlar, cam levhalara alınır. Cam levhaları hafifçe zemine çarptırıp sarsarak 8-10 cm çapında daire şeklinde deney pastaları hazırlanır (Yayılmanın yavaş olması, su miktarının doğru olduğu anlamına gelmektedir. Çabuk yayılan çimento hamurları için deney daha az su oranıyla tekrar yapılmalıdır.). Deney pastalarının üst yüzeyleri nemli mala veya spatula ucuyla düzeltilir.
- Deney pastalarının ikisi hacim sabitliği deneyi için kullanılacaktır. Diğer pasta, priz deneyi için hazırlanarak takibine başlanmalıdır.
- Hacim sabitliğinde kullanılacak deney pastaları, nemli bez altında 24 saat bekletilir.
- Bu süre sonunda numuneler, cam levhalardan dikkatlice kaydırma hareketi ile ayrılır.
- Numunelerden biri soğuk su deneyi için içerisinde numune üstünü örtecek şekilde su (20±2 °C) bulunan su havuzuna konur.
- Diğer numune, kaynatma deneyi için düzgün yüzeyi üste gelecek şekilde içerisinde su bulunan kaynatma kabına konur.
- Kaynatma suyu, 15 dakikada kaynama durumuna gelmeli ve 2 saat boyunca kaynamalıdır. Bu süre içinde su seviyesi numuneyi örtecek şekilde olmalıdır. Eksilen suyun yerine elektrikli su ısıtıcılarında kaynar su hazırlanarak ilave edilmelidir.
- 2 saatlik kaynama süresi sonunda numune kenarlarında dökülme, yüzeyinde çatlama ve eğilme olup olmadığı gözlemlenir.
- Soğuk su havuzuna konan diğer numune, 28 gün boyunca suyun sıcaklığı (20±2 °C) sabit tutulmaya çalışılarak bekletilir. Su seviyesinin numune üzerinde kalmasına dikkat edilmelidir.
- Çimento içerisinde olması gerekenden fazla MgO ve CaO bileşikleri bulunan çimentolar çatlama ve dökülmelerini 3 gün içerisinde göstermektedir. Bu süre içinde numunede dökülme, çatlama veya eğilme olup olmadığı gözlenir. Gözlem amaçlı sudan çıkartılan

numune 15 dk. içinde su havuzuna geri konulmalıdır. Gözlemler mümkün olduğu kadar su içerisindeyken yapılmalıdır.

- Hacim sabitliği deneyinde, her iki yöntem gözlemleri deney raporunda belirtilir.

11.2. ŞANTİYEDE ÇİMENTO PRİZ DENEYİ

Priz süresi tayini deneyi, betonun sertleşmeye başladığı (priz başlangıcı) ve sertleşmiş beton hâline döndüğü (priz sonu) sürelerinin tespiti için yapılan deneylerdir. Priz süresi çimento ve suyun reaksiyon hızıyla alakalıdır. Çimentonun çeşidine uygun sürede çıkmayan priz süreleri için çimento numunelerinin laboratuvara gönderilerek ilgili standartlar doğrultusunda analizlerinin yapılması gerekir.

11.2.1. Deney Numunesi



Görsel 11.2: Batırma çubuğu

Hacim sabitliği deneyinde deney numunesinin özellikleri ve miktarı belirtilmiştir. Bu deney tek başına yapılacak ise 100 g çimento numunesi, numunenin yaklaşık %30'u kadar su kullanılmalıdır.

Bu deney için ucu 3 mm kalınlığında batırma çubuğu kullanılmalıdır (Görsel 11.2). Batırma çubuğu olarak 6'lık, 8'lik çivi veya ucu 3 mm inceltilmiş metal çubuklar kullanılabilir.

11.2.2. Deneyin Yapılışı

- Deney pastası, hacim sabitliği deneyinde hazırlanmıştır. Priz deneyi ayrı yapılacaksa hacim sabitliği deneyinde anlatıldığı şekilde deney pastası hazırlanır.
- Deney pastasının hazır olduğu saat kaydedilir.
- Hazırlanan deney pastası, üzeri nemli bez ile örtülerek 45 dk. bekletilir (İlk bekleme süresi çimento çeşidine göre değişmektedir.).
- Bu süre sonunda numune düzgün bir yüzeye konur ve bez kaldırılır.
- Batırma çubuğu, numune kenarından **15 mm** içeriden ve numuneye dik bir şekilde batırılır.
- Batırılan yerin kenarlarında kılcal çatlamalar gözlenir.
- Batırma işlemi dairesel bir yön belirlenerek sırayla ve her batırma yeri arasında en az **10 mm** mesafe kalacak şekilde 10'ar dakika ara ile yapılır. Bu süre içinde nemli bez, sa-

dece batırma işlemi için numune üzerinden alınır. Bekleme sürelerinde numune, nemli bez altında tutulmalıdır.

- Kılcal çatlamanın gözlendiği batırma anı, priz başlama zamanıdır. Pastanın hazır olduğu zaman ile priz başlama zamanı arasındaki süre hesaplanır ve **5 dakikaya** yuvarlatılarak priz başlama süresi olarak kaydedilir.
- Bundan sonra batırma aralıkları 15 dakika olmalıdır. Her kontrolden sonra numune nemli bez altında tutulmaya devam edilmelidir. Batırma işlemlerinde dairesel yöne devam edilmeli, kenarda bir tur tamamlandığında 15 mm içeriden ikinci tura başlanmalıdır.
- Batırma çubuğunun numune üzerinde en fazla **0,5 mm** iz bıraktığı an, numunenin priz sonu zamanı olarak kaydedilir. Priz sonu batırma işlemleri yapılırken numuneyi parçalamayacak şekilde kuvvet uygulanmalıdır.
- Numunenin hazırlandığı zaman ve priz sonu zamanı arasındaki süre hesaplanarak en yakın **15 dakikaya** yuvarlatılır ve priz sonu süresi olarak kaydedilir.

11.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 11.1'de dayanım sınıflarına göre çimentoların priz başlama süreleri verilmiştir. Tabloya göre deney numunesinin uygunluğu raporda belirtilir. Priz başlama sürelerine sadece dayanım sınıfının etki etmediği bilinmelidir.



Çimento deneyleri aynı tip çimento ile üç kez tekrarlanır. Birbirine yakın sonuçlarda (Her deney için kabul edilebilir değerler farklılık gösterir.) deney sonuçlarının ortalamaları sonuçlar arasında farklılığın fazla olması durumunda ise kabul edilebilir üç değer yakalanana kadar deney tekrarlanır.

Tablo 11.1: Çimento Çeşitlerinin Priz Başlama Süreleri

Dayanım Sınıfları	Priz başlama süreleri (dk.)
32,5	75 dk. veya 75 dk.dan büyük
42,5	60 dk. veya 60 dk.dan büyük
52,5	45 dk. veya 45 dk.dan büyük

Her iki deneyden elde edilen gözlem ve bilgiler deney raporuna işlenerek ilgililer tarafından imzalanır (Tablo 11.2).

Tablo 11.2: Deney Raporu

Firma		Şantiye	
		Rapor Tarihi	
Çimento Cinsi			
Çimento Markası ve Fabrikası			
Çimentonun Alındığı Firma			
Numunenin Alındığı Tarih			
Priz Deneyi (Batırma Yöntemi)			
Deney Sıcaklıkları		Çimento: Su: Oda:	
Pastanın Yapıldığı Tarih			
Pastanın Yapıldığı Saat			
Priz Başlangıcı Çatlağının Gözlendiği Saat			
Priz Başlangıcı İçin Geçen Süre		..... Dakika	
Prizin Sona Ermesinin Gözlendiği Saat			
Prizin Sona Ermesi İçin Geçen Süre		..... Dakika	
Priz Süreleri Bakımından		Uygun ☐ Uygun Değil ☐	
Hacim Sabitliği Deneyi			
Deney Sıcaklıkları		Çimento: Su: Oda:	
A- Kaynatma Deneyi			
Pastanın Yapıldığı Tarih			
Kaynatma Kabına Yerleştirildiği Tarih			
Pastada Kaynama Sonucu Çatlaklar ve Eğilme Görüldü Mü?		Evet ☐ Hayır ☐	
Çimento Kaynatma Deneyine Göre		Uygun ☐ Uygun Değil ☐	
B- Soğuk Su Deneyi			
Pastanın Yapıldığı Tarih			
18-22 ^{O}C Su İçinde Yerleştirildiği Tarih			
3 Gün İçinde Çatlak ve Eğilme Görüldü mü?		Evet ☐ Hayır ☐	
Çimento Soğuk Su Deneyine Göre		Uygun ☐ Uygun Değil ☐	
Deney Sonucunu Etkileyebilecek Faktörler:			
Deneyi Yapan		Kontrol Eden/Onay	
İmza		İmza	

DENEY UYGULAMASI

Temin edebildiğiniz en az iki farklı çimento türü ile şantiyede hacim sabitliği ve priz deneylerini yapınız.

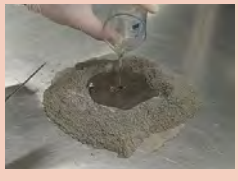
Deney Adı: Şantiyelerde Hacim Sabitliği ve Priz Tayini Deneyler

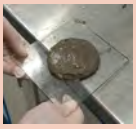
DENEY SÜRELERİ

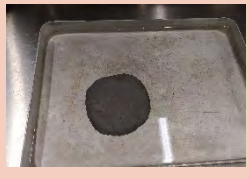
Priz süresi tayini : 3-5 saat

Hacim sabitliği deneyi : Kaynatma deneyi için 30 dakika uygulama,24 saat bekleme, 2 saat 30 dakika bekleme.

Soğuk suda bekletme deneyi: 4 hafta (28 gün)

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Kırık cam malzemelere kesinlikle çıplak elle dokunmayınız. Kırılan cam malzemeleri derhâl süpürüp dikkatle çöp kutusuna değil, geri dönüşüm kutusuna atınız.	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Çimento numunesinin ve suyun tartılması	• İçilebilir dinlenmiş su kullanınız. • Tartım esnasında hassas terazi kullanmaya çalışınız. • Terazi vb. ortak kullanılan cihazları bir sonraki kullanıma hazır hâlde bırakmayı unutmayınız. • Su/çimento oranının %25-35 arasında olmasına dikkat ediniz.	
 Çimento hamurunun hazırlanması	• Çimentonun ortasını açarak suyu doldurunuz. • Suyu taşırmadan 3 dk. içinde homojen bir karışım hazırlayınız. • Istenen kıvam yakalanmadığında su oranını azaltarak veya artırarak deneyi tekrarlayınız.	
 Cam levhaların yağlanması	• Madenî yağı fırça ile tüm yüzeye ince bir tabaka hâlinde sürünüz. • Grup çalışmalarında iş bölümü yapınız. • Etiketi koymayı unutmayınız.	

 Çimento hamurunun üç eşit parçaya ayrılarak cam levhalara yerleştirilmesi	• Çimento hamurlarını levhanın ortasına daire şeklinde öbekleyerek koyunuz. • Çimento hamuruna gerekirse mala ile şekil verebilirsiniz.	
 8-10 cm çapında dairesel deney pastalarının şekillendirilmesi ve yüzeylerinin düzeltilmesi	• Cam levhayı sarsarak ve yönlendirerek el hareketleriyle çimento hamuruna şekil vermeye çalışınız. • Yüzeyi düzeltmeden önce malayı hafif ıslatınız.	
 Numunelerin üzerinin nemli bez ile örtülmesi	• Priz tayini deneyinde deney süresince, hacim sabitliği deneylerinde ise 24 saat boyunca bezlerin nemini kaybetmemesine dikkat ediniz.	
 45 dk. sonra priz deneyinde ilk batırma işleminin yapılması	• Kenardan 15 mm içeriden, batırma çubuğunu dik tutarak batırma işlemini yapınız.	
Her 10 dakikada bir batırma işleminin yapılması	• Batırma işleminde kendinize bir yön belirleyip aynı yönde sırasıyla batırma yapınız. • Her batırma arası uzaklığın 10 mm olması gerektiğini unutmayınız. • Kontrolden sonra numunenin üzerini nemli bezle örtünüz.	
 Priz başlama süresinin belirlenmesi	• Batırma işleminde kılcal çatlamaların görüldüğü saati kaydediniz. • Pastanın hazır olduğu saatten bu saate kadar olan süreyi hesaplayarak priz başlama süresini rapora yazınız. • Süreyi en yakın 5 dakikaya yuvarlamayı unutmayınız.	
Priz sonu süresinin takibinin yapılması	• Priz başlangıcından sonra batırma süresini 15 dakikada bir yapınız ve aynı yönü takip ediniz.	

 Priz sonu süresinin belirlenmesi	• Batırma çubuğunun deney pastası üzerinde sadece iz bıraktığı saati kaydediniz. • Pastanın hazır olduğu saatten bu saate kadar olan süreyi hesaplayarak priz sonu süresini rapora yazınız. • Süreyi en yakın 15 dakikaya yuvarlamayı unutmayınız.	
24 saat sonra hacim sabitliği deneyleri için numunelerin cam levhalardan ayrılması	• Numuneleri çıkartırken iterek numuneye zarar vermemeye çalışınız. • Gerekirse spatula kullanabilirsiniz.	
Kaynatma deneyinde kullanılacak numunenin kaynatma kabına konulması	• Numuneyi, suya düzgün ve yüzeyi üste gelecek şekilde koyunuz. • Suyun 15 dk. içinde kaynamasına dikkat ediniz. • Kaynama süresince suyun numunenin üzerinde kalmasına dikkat ediniz. • Gerekirse üzerine kaynar su ilave ediniz.	
 2 saatlik kaynama sonunda numunenin kontrol edilmesi	• Numuneyi sudan çıkarmadan önce numunenin, kenarlarında dökülme ve yüzeyinde çatlamalar olup olmadığını kontrol ediniz. • Numuneyi maşayla düzgün bir yüzeye koyarak numunede eğilme olup olmadığını kontrol ediniz. • Gözlemlerinizi deney raporuna yazınız.	
Soğuk su deneyinde kullanacağınız numuneyi içinde su bulunan kaba koyunuz.	• Suyun sıcaklığının deney boyunca (en az 3 gün, tercihen 28 gün) 20± °C'de olmasına dikkat ediniz.	
 3 günlük bekleme sonunda numunenin kontrol edilmesi	• Deney numunesinin fazla olduğu durumlarda aynı çeşit çimentodan bir numuneyi 28 günlük gözleme tabi tutabilirsiniz. • Numuneyi sudan çıkarmadan önce kenarlarda dökülme olup olmadığını, yüzeyinde çatlamalar olup olmadığını kontrol ediniz. • Numuneyi düzgün bir yüzeye koyarak eğilme olup olmadığını kontrol ediniz. • Gözlemlerinizi deney raporuna yazınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğini yapılması	• Deney araç ve gerecini dikkatlice temizleyiniz. Araç gerecin çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

11. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Aşağıdaki çimento deneylerinden hangisi şantiyede yapılabilir?

A) Özgül yüzey tayini deneyi
B) Tane büyüklüğü tayini deneyi
C) Çekme ve basınç tayini deneyi
D) Hacim sabitliği deneyi
E) Çimento analiz deneyleri

2. Priz süresi tayini deneyinde kullanılan batırma çubuğunun ucu kaç mm incelikte olmalıdır?

A) 1 mm
B) 3 mm
C) 5 mm
D) 8 mm
E) 10 mm

3. Aşağıdakilerden hangisi şantiyelerde yapılan çimento deneylerinde kullanılan araçlardan <u>değildir?</u>

A) Mala
B) Cam levha
C) Gaz yağı
D) Isıtma kabı
E) Beher

4.Şantiyede yapılan çimento çeşitlerinde deneyin yapılacağı ortam sıcaklığı kaç °C olmalıdır?

A) 35±3
B) 30±3
C) 25±2
D) 20±2
E) 15±1

5. Şantiyede yapılan çimento priz tayini deneyi için batırma işlemi, kenarlardan kaç mm içeriden yapılmalıdır?

A) 15
B) 10
C) 8
D) 5
E) 3

6. Hacim sabitliği deneyinde numunede gözlenmesi gereken değişimler aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) Renk değişimi- Eğilme- Parçalanma
B) Dökülme- Eğilme- Çatlama
C) Çatlama- Bükülme- Parçalanma
D) Bükülme- Renk değişimi- Tortu oluşumu
E) Parçalanma- Tortu oluşumu- Eğilme

7. CEMI 32,5 portland çimento priz başlama süresi minimum kaç dakika olmalıdır?

A) 45
B) 55
C) 60
D) 75
E) 80

8. Saat 10.00'da hazırlanan bir deney pastasında, priz başlama saati 11.13 olarak kaydedilmiştir. Bu çimentonun priz başlama süresi kaç dakikadır?

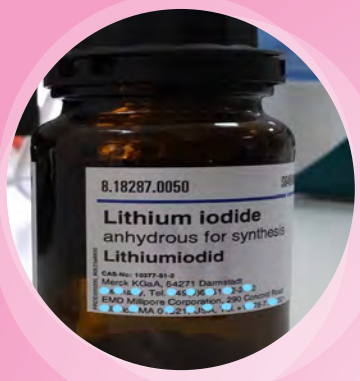
A) 70
B) 73
C) 75
D) 100
E) 113

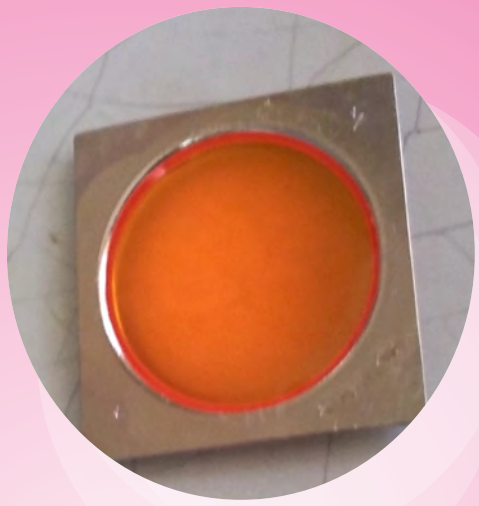
9. Şantiyede hacim sabitliği deneyinde kullanılan yöntemler hangi seçenekte bir arada verilmiştir?

A) Kaynatma- Soğuk suda bekletme
B) Isıtma- Soğuk suda bekletme
C) Soğuk suda bekletme- Çözme
D) Kaynatma- Dondurma
E) Soğuk suda bekletme- Dondurma

10. Aşağıdaki kimyasal bileşenlerden hangisinin oranı kabul edilebilir değerden fazla çıkarsa betonda gençleşme sonucu çatlamalar meydana gelir?

A) CO_2
B) H_2O
C) MgO
D) $CaCO_3$
E) SiO_2







12. ÖĞRENME BİRİMİ

ÇİMENTO ANALİZLERİ

KONULAR

12.1. SiO_2 TAYİNİ

12.2. SiO_3 TAYİNİ

12.3. Fe_2O_3 TAYİNİ

12.4. MgO TAYİNİ

12.5. CaO TAYİNİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Çimento bileşenleri
- XRF cihazı
- Analiz
- Eritiş tableti
- Pres tablet

GİRİŞ

Çimentonun içerisinde ham maddeden ve alçı taşından gelen oksitler bulunmaktadır. Kalkerin pişirilmesiyle CaO (kalsiyum oksit/serbest kireç) ve MgO (magnezyum oksit); kilin pişirilmesiyle SiO_2 (Silisyum oksit), Al_2O_3 (Alüminyum oksit), Fe_2O_3 (demir oksit); alçı taşından da SO_3 (Kükürt tri oksit) çimentonun bünyesine girmektedir.

MgO: Çimento hamurunda ve betonda hacim genleşmesine ve çatlamaya sebep olan zararlı etkileri vardır. Çimentoda kullanılan klinkerden gelen yüksek MgO, çimentoların erken ve ileri yaş dayanımını ciddi oranda düşürmektedir. Çimentonun üretildiği klinkerin MgO değerinin %5'ten yüksek olmaması gerekir.

Serbest CaO: Döner fırın içindeki ana bileşen reaksiyonlarında görev almamış CaO, serbest CaO olarak isimlendirilmektedir. Çimento hamurunda ve betonda yer alan serbest CaO, su ile birleşince ısı açığa çıkmakta ve hacim genleşmesi olmaktadır. Bu sebeple çimento bünyesinde CaO oranının da çok yüksek olmaması gerekir.

SO_3: Çimentonun çok erken priz yapmasını önlemek için çimento üretiminde klinker ve az miktarda alçı taşı birlikte öğütülmektedir. SO_3 değeri ağırlıklı olarak bu alçı taşından gelmektedir. SO_3 değeri düşük olursa çimentonun priz süresi kısalmaktadır (Bu durumda çimento harcı veya beton erken sertleşip işlenebilirliği azalmaktadır.). SO_3 değerinin fazla olması da çimento hamurunun genleşip hasar görmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple çimento standardında, çimento SO_3 değeri için üst sınır getirilmiştir. Maks. %4 (42,5 R, 52,5N ve 52,5 R sınıfı çimentolar için) olmalıdır.

SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3: Çimento içerisine ham maddeden giren bileşiklerdir. Pişirme esnasında CaO ile tepkimeye girerek çimentoya dayanım kazandıran **C_2S, C_3S**, **C_3A, C_4AF** çimento ana bileşenlerini oluşturur (Tablo 12.1). Bu ana bileşenler çimentoya bağlayıcılık özelliği kazandıran bileşenlerdir. Üretim boyunca takip edilmeli ve standartların istediği oranda çimento içeriğinde bulundurulmalıdır.

Tablo12.1: Çimento Ana Bileşenlerinin Oluşumu

Çimento Ana Bileşeni	Adı	Oksit Bileşenleri
C_2S (dikalsiyumsilikat)	Belit	$2CaO\text{-}SiO_2$
C_3S (trikalsiyum silikat)	Alit	$3CaO\text{-}SiO_2$
C_3A (trikalsiyumaluminat)	Aluminat	$3CaO\text{-}Al_2O_3$
C_4AF (tetrakalsiyumaluminoferrit)	Ferrit	$CaO\text{-}Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$

Çimento hidratasyonu sırasında, her ana bileşen su ile ayrı ayrı reaksiyona girmektedir. Ana bileşenin reaksiyon hızı ile reaksiyon sırasında açığa çıkan ısı ve reaksiyon sonunda oluşan ürünün çimento hamurunun bağlayıcı özelliğine (dayanımına) katkısı farklı olmaktadır (Tablo 12.2).

Tablo 12.2: Çimento Ana Bileşenlerinin Özellikleri

ÖZELLİK	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Reaksiyon Hızı	Orta	Yavaş	Hızlı	Orta
Hidratasyon Isısı	Orta	Düşük	Yüksek	Orta
Erken Dayanıma Etkisi	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Uzun Süreli Dayanıma Etkisi	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük

Çimento içerisindeki SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3 oksitleri kimyasal analizlerle bulunmaktadır. Çimentonun kimyasal analizleri **TS-EN 196-2**'ye göre yapılmaktadır. Analizler; X ışını floresan (XRF) yöntemi ve ıslak kimyasal analiz yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Çimento

bileşenlerini içeren oksitlerin kimyasal analizleri, günümüzde ağırlıklı olarak XRF cihazında yapılmaktadır. Fabrikaların kimya laboratuvarlarında ıslak analiz olarak Cl (klorür), SO_3, kızdırma kaybı, çözünmeyen kalıntı analizleri yapılmaktadır.

12.1. X IŞINI FLORESAN YÖNTEMİ İLE KİMYASAL (SiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3) ANALİZ

X ışını floresan yöntemi ile kimyasal analiz, XRF cihazı ile yapılır. **TS-EN 196-2**'de SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3, K_2O, Na_2O, TiO_2, P_2O_5, Mn_2O_3, SrO, Cl ve Br tayini için X ışını floresansın kullanıldığı performansa dayalı alternatif bir yöntem tarif edilmiştir. Çimento proses süreci 24 saat kesintisiz devam eder, bu yüzden yapılan analizlerin kısa sürede sonuçlanması ve olumsuz verilere vakit kaybetmeden müdahale edilmesi gerekmektedir. XRF cihazı, ıslak analiz yöntemine göre kıyaslanamayacak kadar kısa sürede kimyasal bileşik analizleri yapmakta ve anlık müdahale imkânı sağlamaktadır. Bu sebepledir ki çimento fabrikalarında kimyasal analizin vazgeçilmez unsurudur.

XRF cihazında SiO_2, Al_2O3, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3 bileşikleri analiz edilebilmektedir. Kimya laboratuvarlarında ayrıca SO3 tayini referans yöntem olarak analiz edilmektedir.

XRF cihazının çalışma prensibi şu şekildedir: Cihaz tüpünden çıkan ışınların numune içerisindeki atomlara çarpması sonucunda kırılarak oluşturduğu radyasyon, her element için farklı yoğunlaşma değeri vermektedir. Daha önceden tanımlı olan bu değerlerle o elementin kimliği belirlenmekte ve numune içerisindeki miktarı tespit edilebilmektedir.

Sonuçların güvenilirliği için belli aralıklarla referans numuneleri vasıtasıyla kalibrasyon kontrolü yapılmalıdır. Cihazda kullanılacak çimento numuneleri eritiş (cam plak) ve preslenmiş toz tablet olarak önceden hazırlanır.

12.1.1. Kızdırma Kaybı Tayini

Deneyde kullanılacak numune miktarını hesaplamak için yapılır. Çimento analizlerinde kullanılan deney numune kütlesi az miktardadır. Numune bünyesinde bulunan nem ve karbondioksit, deney sonuçlarını etkilemektedir. Çimentonun yüksek sıcaklıkta kızdırılması sonucunda nem ve karbondioksit çimentoyu terk etmektedir. Kızdırma kaybı sonucu elde edilen kayıp miktarı deney numune kütlesine ilave edilerek deneyde kullanılacak numune kütleleri belirlenmelidir. **TS EN 196-2**'ye göre bazı bileşiklerin kurutma sıcaklıkları ve süresi Tablo 12.3'te belirtilmiştir.

Tablo 12.3: Kurutma Sıcaklık ve Süreleri

Bileşik	Sıcaklık (°C)	Süre (Dakika)
SiO_2	1175±25	30
MgO	1175±25	30
Al_2O_3	1175±25	30
Fe_2O_3	700±25	30

12.1.2. Cihaz Kalibrasyonu ve Kalibrasyon Eğrilerinin (SiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3) Oluşturulması

Cihazın ölçüm doğruluğunu tespit etmek için en az dört farklı laboratuvar tarafından analizi yapılmış ve aynı değerleri okutulmuş gözetim (referans) numuneleri kullanılır.

XRF cihazına analizi yapılacak bileşiklerin referans değerleri, önceden yüklenerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmalıdır. Her bir bileşiğin bu değerler arasında çıkması gerekmektedir. CEMI çimento tipi için bazı bileşiklerin referans aralıkları Tablo 12.4'te verilmiştir. Herhangi bir deney numunesi tipi için bu değerler girilerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmalıdır.

Tablo 12.4: CEMI Çimento Referans Aralıkları

Reaktifler/ Bileşikler	Bileşikler Kütlece %						
	Bileşiklerin Cam Tablet Numaraları						
SiO_2	24,0	19,5	20,4	22,3	18,0	18,7	21,4
Al_2O_3	7,2	8,1	2,6	5,4	4,5	6,3	3,6
Fe_2O_3	1,5	6,1	6,8	4,2	5,3	2,3	3,4
CaO	61,2	62,4	63,3	64,5	66,0	67,8	68,8
MgO	1,1	1,7	4,0	2,6	2,2	3,2	0,5
SO_3	4,0	1,8	2,7	0,2	3,4	1,0	2,3

12.1.3. Deney Araç Gereci ve Numune Hazırlama (SiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3)

XRF Cihazı: Dalga boyu dağılımlı X Işınları floresan cihazının (WD-XRF) veya polarize enerji dağıtıcı X Işınları floresan cihazının (PEDXRF) kalibrasyonları yapılmış olmalıdır. XRF cihazları her türlü elementin tespitinde kullanıldığı için geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çoklu numune analizi yapan çeşitleri olduğu gibi (Görsel 12.1 a) el tipi tekli numune analizi yapan (Görsel 12.1b) türleri de mevcuttur. Eritilmiş ve toz tablet numunelerinin bileşik analizlerinin kütlece ve yüzde olarak belirlenmesinde kullanılır. Çimento fabrikalarında zaman tasarrufu sağlaması açısından yaygın kullanıma sahiptir.



Görsel 12.1: a) Çoklu XRF analiz cihazı



Görsel 12.1: b) Tekli XRF analiz cihazı

Gözetim Numuneleri: Önceden hazırlanmış cam tablet numunelerdir. Bu referans numunelerinde, en az dört laboratuvar tarafından aynı değerler okunmuş olmalıdır. XRF cihazlarının kalibrasyonunda kullanılır. Bu referans numuneler, her gün XRF cihazı tarafından okutulur ve referans değerler ile numunelerin kontrolü yapılır.

Deney Numunesi: TS EN 196-2 standardına göre çeyrekleme yöntemi ile 125-150^{m} elekten elenmiş ve 105 °C'de kurutulmuş topaksız çimento olmalıdır.

- **Eritiş Tableti Hazırlamak İçin Kullanılacak Araç Gereç ve Kimyasallar**

Desikatör: İçerisinde renk değiştiren silika jel bulunmalıdır.

Terazi: 0,0005 g duyarlılıkta olmalıdır.

Isıya Dayanıklı Eldiven ve Maşa: Eldiven, ısıya dayanıklı ve dirseğe kadar uzun olmalıdır. Kullanılacak maşa ise uzun, sapları ısıya dayanıklı ve bariyerli olmalıdır. Fırın eritme işleminde krozeyi tutmak için kullanılır (Görsel 12.2).





Görsel 12.2: Maşa ve ısıya dayanıklı eldiven



Görsel 12.3: Siyah camlı gözlük

Siyah Cam Gözlük: Fırın kapağı açıkken çalışmak ve erimiş numuneyi daha net görebilmek için kullanılır (Görsel 12.3).





Görsel 12.4: Eritiş cihazı ve fırın

Eritiş Cihazı veya Fırın: Otomatik sistemli, gazla çalışan, 900 °C ile 1200 °C arasında ayarlanabilen eritiş cihazı kullanılabildiği gibi elektrik dirençli fırın, muflalı fırın veya yüksek frekanslı indüksiyon fırını da kullanılmaktadır. 250±10 °C, 700±25 °C, 950±25 °C, 1000±25 °C ve 175±25 °C sıcaklıklara ayarlanabilen cihazlardır (Görsel 12.4).



Görsel 12.5: Platin kroze ve altlık

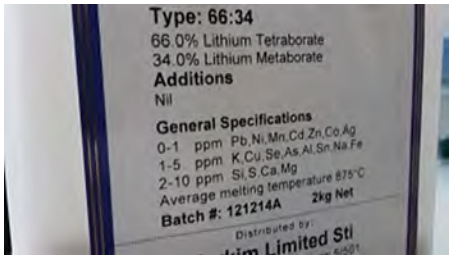
Kroze ve Altlık: Kroze, numune eritme kabı olarak kullanılır, 20-25 mL kapasiteli olmalıdır. Pt-Au (platin %95-altın %5) karışımından yapılmıştır. Altlık ise eritilmiş numune kalıbı olarak kullanılır.

Kalıplar kullanım esnasında çarpılma şeklinde biçim değiştirirse uygun bir şablon içinde preslenerek eski biçimine getirilmelidir. Temizlikleri hacimce 1/10'luk seyreltik hidroklorik asit veya 100 g/L derişimli sitrik asit içinde kaynatılması suretiyle sağlanabilir (Görsel 12.5).

Lityum İyodür (Lil) Çözeltisi: 25 g Lil/100 ml saf su karışımından oluşur. 1 g çimento numunesinde 0,3-0,4 g kullanılır (Görsel 12.6).

Lityumtetraborat (%66)-Lityummetaborat (%34) Karışımı: TS EN 196-2'ye göre ıslaklık önleyici malzeme olarak kullanılır. Ergitilmiş cam tabletlerin soğuma esnasında çatlamasının önlenmesine ve kalıptan kolay çıkarılmasına yardımcı olması için kullanılır (Görsel 12.6).





Görsel 12.6: Lityumiyodür ve lityum tetrobonat-lityummetaborat

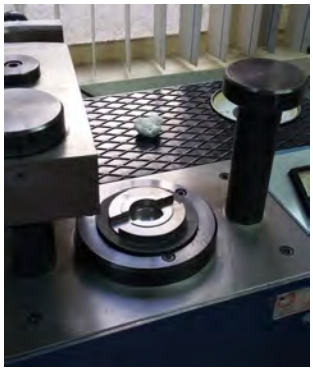
- **Toz Tablet Hazırlamak İçin Kullanılacak Araç gereç ve Kimyasallar**
  Terazi: 0,0005 g duyarlılıkta olmalıdır.
  Pipet: Lityum tetrabonatın çimentoya ilavesinde kullanılır.



Diskli Öğütücü: Kayaç, çimento, kalker, ham madde seramik, metal oksitler vb. gibi sert kırılgan malzemelerin öğütülmesi işlemleri için kullanılmaktadır. Toz tablet hazırlamak için kullanılacak çimento deney numunelerinin öğütülmesinde kullanılır (Görsel 12.7).

Görsel 12.7: Diskli öğütücü

Pres Cihazı: Çimento, öğütülmüş mineraller, cevher, ham madde, cüruf gibi malzemelerin hidrolik çalışma yöntemi ile preslenmesine uygun olmalıdır. Toz tablet numunelerinin hazırlanmasında kullanılır (Görsel 12.8).



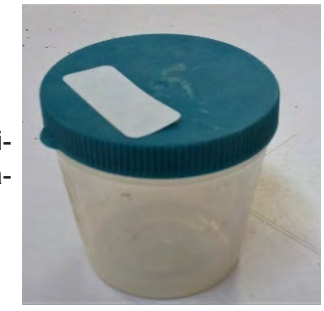
Görsel 12.8: Pres cihazı



Çelik Halka: 40 ton basınca dayanıklı sert çelikten yapılmış; iç Ø35, dış Ø40, yükseklik 14 mm ebatlarında ve XRF cihazı ile uyumlu olmalıdır. Preslenecek numunenin kalıbı olarak kullanılır (Görsel 12.9).

Görsel 12.9: Çelik halka

Vezin Kabı: Ağzı kapaklı bir tartım kabıdır. Aynı zamanda çimento numunesi ve lityum tetrabonatın karıştırma kabı olarak kullanılır (Görsel 12.10).



Görsel 12.10: Vezin kabı



Görsel 12.11
Tretonolamin

Trietanol Amin (TEA): Öğütmeyi kolaylaştırıcı bir kimyasaldır. 30 g çimento deney numunesine birkaç damla damlatılır (Görsel 12.11).

12.1.4. Deneyin Yapılışı (SiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3)

Cam (Eritiş) Tableti Hazırlama

- 1,1225 g olan numune, 7,7875 g Lityumtetraborat (toplam 9 g) olacak şekilde ve 0,3 g lityum iyodür, 0,0005 g hassasiyetli terazide tartılır.
- Numune ve kimyasallar uygun bir kap içerisinde iyice karıştırılır.
- Karışım platin krozeye konur.
- Kroze ve eritiş numune kalıbı eritme yapılacak cihaza konur/yerleştirilir.
- Eritme için fırın ve eritiş cihazı kullanılabilir. Bu cihazların eritme sıcaklıkları 900 ile 1200 °C arasında olmalıdır. (Fırında eritme yapılacaksa kroze, deneyi yapan kişinin kontrolünde karıştırılır. Eritiş cihazı kullanılacaksa bu cihazda karıştırma işlemi otomatik olarak yapılır. Eritiş cihazında ham madde, farin ya da çimento numune tipine uygun program seçilmelidir.)
- Numune tamamen eriyinceye ve içinde hava kabarcığı kalmayana kadar eritilir. (Ortalama süre; fırında 45 dakika, eritiş cihazında 15 dakikadır.)
- Erime sonrasında fırında eritilen numune, fırına yakın ve düz zemine konmuş kalıba deneyi yapan yetkili tarafından dikkatlice ve hava kabarcığı oluşmadan; eritiş cihazında ise otomatik olarak dökülür.
- Kalıp, oda sıcaklığında yaklaşık 5 dk. soğumaya bırakılır.
- Hazırlanan numune, etiketlenerek desikatörde saklanır.

Toz Tablet Hazırlama

- 30 g çimento numunesi, 0,0005 g hassasiyetle tartılarak vezin kabına konur.
- Öğütmeyi kolaylaştırmak için numune üzerine 2-3 damla trietanolamin damlatılır.
- Diskli öğütücüde 2-3 dakika öğütülür.
- Numune kalıbı olan çelik halka, pres makinesine yerleştirilir.
- Kalıbın 2/3'ü öğütülen çimento ile doldurulur.
- Çimento numunesi, 20 ton basınç altında 60 saniye preslenir.
- Preslenen numunenin yüzey kontrolü yapılır. Bozuk yüzeyli ve dökülme gözlenen numuneler analizde kullanılmamalıdır.

- Pres numuneler, etiketlenerek desikatörde saklanır.

Analiz İşlemi

- XRF cihazı, deneyde kullanılacak tablet çeşidine uygun ayarlara getirilir.
- Günlük analize başlamadan önce XRF cihazına gözetim numunesi okutulmalı, cihazın doğru okuma yapıp yapmadığı kontrol edilmelidir. Aynı zamanda önceden kalibrasyon eğrileri için kullanılan kontrol numuneleri cihaza okutulmalı ve cihazın aynı değerleri verip vermediği veya sapmaların kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığına bakılmalıdır.
- Analize başlamadan önce dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, kontrol numunelerinin fazla kullanımı nedeniyle yaşlanmasından şüpheleniliyorsa veya kontrol numune okumalarında kabul edilebilir değerler görülememesi durumlarında yeni kontrol numuneleri hazırlanmasıdır. Cihaz ölçümünden şüpheleniliyorsa cihaz kalibrasyonunun yapılması gibi düzeltici faaliyetler uygulanır. Bu aşamalardan sonra analiz işlemine geçilmelidir.
- Numuneler cihaza yerleştirilmeden önce yüzey parlaklıkları (eritiş numuneleri), yüzey düzgünlükleri (toz tablet) kontrol edilir. Uzun süre beklemiş eritiş numuneleri etanol veya asetonla yıkanarak ya da yumuşak bir bezle parlatılarak temizlenmelidir.
- Numuneler XRF cihazına yerleştirilir ve cihazın kapağı kapatılır.
- Cihaz ayarları deneyde kullanılacak numune tipine uygun analiz seçeneğine getirilir ve çalıştırılır (XRF cihazı tablet üzerine gönderilen X-ray ışınlarının kırılma açılarının kalibrasyon eğrileri ile hesaplanması prensibine dayanarak çalışmaktadır.).
- Deney sonuçlarında CaO, MgO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 bileşiklerinin tamamı aynı anda ölçülmektedir.
- Deney sonucu olarak elde edilen sonuçlar kütlece yüzde olarak, değerin kütlece %1,00'i aşması hâlinde binde bir hanesine yuvarlatılarak, kütlece %1,00'in altında olması hâlinde ise yüzde bir hanesine yuvarlatılarak gösterilir.
- Hazırlama işleminde veya XRF cihaz ölçümünde önemli herhangi bir değişiklik olduğunda analizin tekrarlanabilirliği yeni bir XRF cihazı ile geçerli kılınır.
- Deney raporu hazırlanır (Tablo 12.5).

Deneyin Tekrarlanabilirliğinin (Doğru Analizin Yapılamadığı) Sağlanamadığı Durumda Yapılacak İşlemler

XRF Cihazında Yapılacak İşlemler

- Cihazın kararlılığı kontrol edilir (gaz akışı, sıcaklık düzeni vb.),
- Ölçüm süresi artırılır,
- Hassasiyeti iyileştirmek amacıyla cam tablet için numune/ergitme malzeme oranı artırılır.

Deney Yönteminde Yapılacak İşlemler

- Cihazın kararlılığı kontrol edilir (gaz akışı, sıcaklık düzeni vb.),
- Ölçüm süresi artırılır,
- Hassasiyeti iyileştirmek amacıyla cam tablet için numune/ergitme malzeme oranı artırılır,
- Numunenin inceliği artırılır,
- Cam tabletler için ergitme sıcaklığı ve/veya süresi ayarlanır,
- Toz tabletler için öğütme malzemesi veya bağlayıcı parafin kullanımı dikkate alınır,
- Toz tabletler için sıkıştırma süresi ve/veya basıncı artırılır.

12.1.5. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 12.5: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimento Analizleri
Standart No.	TS EN 196-2

Rapor Numarası	Numunenin Alındığı Yer	Numunenin Alındığı Tarih	Deney Tarihi/Saati	Çimento Çeşidi

Deney Numunesi	Ham madde ☐	Farin ☐	Kliker ☐	Çimento ☐
Bileşikler	Ağırlıkça (%)			
Kızdırma kaybı				
Toplam SiO_2				
Al_2O_3				
Fe_2O_3				
CaO				
MgO				
SO_3				
Deney Sonucunu Etkileyebilecek Faktörler:				

Deneyi Yapan		Kontrol Eden/Onay
Adı Soyadı		
İmza		

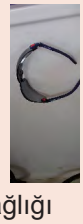
1. DENEY UYGULAMASI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21701

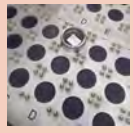
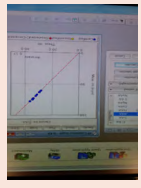
Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin kimyasal analizini XRF yöntemi ile cam tablet kullanarak yapınız.

Deney Adı : Cam Tablet Numune Kullanılarak XRF Yöntemi ile Çimento Analizi

Deney Süresi : 30-60 dakika tablet hazırlama,15 dakika analiz

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
  İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. • Kimyasal maddeleri kullanmadan önce etiketlerini dikkatlice okuyunuz. • Etüv veya fırın kullanırken mevcut sıcaklık ayarını değiştirmeyiniz. • Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	

Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	• Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Numune ile kimyasalın tartımı ve karıştırılması	• Tartımı, 0,0005 g hassasiyetle yapınız. • Kızdırma kaybını dikkate alarak numune miktarını belirlemeyi unutmayınız. • Çimento numunesi ve lityumtetraboratı iyice karıştırınız. • Karışımı platin krozeye yerleştiriniz. • Numune kaybı olmamasına dikkat ediniz.	
 Karışımın fırın veya eritiş cihazına yerleştirilmesi	• Kullanacağınız eritme yöntemini önceden belirleyiniz. • Yönteme uygun cihaz ayarlarını yapınız. • Fırında yapılan eritme işleminde cam tablet kalıbını fırına koymayı unutmayınız.	
 Karışımın eritilmesi	• Fırında yapılan eritme işleminde krozeyi belirli aralıklarla karıştırınız. • Karıştırma sırasında maşa ve siyah gözlük kullanınız. • Eritiş cihazı ile yapılan karışımlarda numuneye müdahalede bulunmayınız.	
 Karışımın kalıba dökülmesi	• Fırında yapılan eritme işleminde önce kalıbı çıkartınız ve fırının yakınında düz bir zemine koyunuz. • Krozeyi maşa ile dikkatlice tutarak çıkartınız. • Gözlük kullanarak dikkatlice kalıba dökünüz. • Eritiş cihazında yapılan eritme işleminde cihazın kalıba numuneyi kendisinin dökeceğini unutmayınız. • Cam tabletin içinde, hava kabarcığı olmadığından emin olunuz. • Hava kabarcığı olan cam tabletleri deneyde kullanmayınız.	
Kalıbın soğutulması	• Eritiş cihazı ile yapılan işlemlerde, cihaz kalıbı boşa çıkartmadan cihazdan almak için zorlamayınız. • Numuneyi desikatörde soğutunuz.	
 Cam tabletin kalıptan çıkartılması ve etiketlenmesi	• Cam tableti soğumadan (yaklaşık 5 dk.) kalıptan çıkartmayınız.	

 XRF cihaz ayarlarının yapılması	• Analize başlamadan önce gözetim numuneleri ile cihaz kontrolünü yapmayı unutmayınız. • Kullanacağınız numune tipine (ham madde, farin, çimento tipi) göre cihaz ayarlarını yapınız. • Numune bilgilerini cihaz programına eksiksiz giriniz.	
 Cam tabletin cihaza yerleştirilmesi	• Cam tabletin yüzeyinde herhangi bir kir ve toz olmadığından emin olunuz. • Cam tableti gerekirse etenol, aseton veya yumuşak bir bezle temizleyiniz.	
 Analiz yapılması	• Analizi cihaz ayarlarını kontrol ederek başlatınız. • Analiz sonuçlarının numune tipine bağlı olarak her bir element için kalibrasyon eğrileri sınır değerleri içinde olup olmadıklarını gözlemleyiniz. • Tekrarlanabilirlik sınır değerleri içinde çıkmayan analizler için numune hazırlama işleminden cihaz ayarlarına kadar olan düzeltme kontrollerini yapınız.	
Deney araç ve gereçlerinin temizliği	• Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

2. DENEY UYGULAMASI

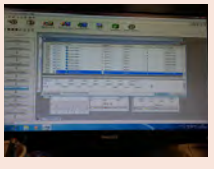
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21703

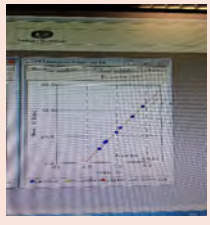
Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin kimyasal analizini XRF yöntemi ile toz tablet kullanarak yapınız.

Deney Adı : Toz Tablet Numune Kullanılarak XRF Yöntemi ile Çimento Analizi

Deney Süresi : 30 dakika tablet hazırlama, 5 dakika analiz

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. • Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan kapların etiketli olmasına dikkat ediniz.	

Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	• Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Numenin tartımı ve kimyasal ile karıştırılması	• Tartımı, 0,0005 g hassasiyetle yapınız. • Kızdırma kaybını dikkate alarak numune miktarını belirlemeyi unutmayınız. • Çimento numunesi ve trietanolamini vezin kabında karıştırınız.	
 Karışımın öğütülmesi	• Numuneyi diskli öğütücü haznesine koyunuz. • Kapağı kapatarak 2-3 dakika öğütünüz.	
 Presleme işlemi	• Kalıp olarak kullanılacak çelik halkayı pres makinesine yerleştiriniz. • Halkanın 2/3'ünü öğütülmüş numune ile doldurunuz. • Pres makinesinin basınç ayarını ve presleme süresini ayarlayınız. • 60 sn. boyunca presleme yapınız.	
 Toz tabletin kontrolü ve etiketlenmesi	• Presten çıkan toz tabletin yüzeyini kontrol ediniz. • Tableti etiketleyiniz. • Tam preslenmemiş numuneleri kullanmayınız. • Toz tableti desikatörde muhafaza ediniz. • Toz tablet numunelerinin çabuk bozulacağını göz önünde bulundurunuz.	
 XRF cihazının ayarlarının yapılması	• Analize başlamadan önce gözetim numuneleri ile cihaz kontrolünü yapmayı unutmayınız. • Kullanacağınız numune tipine (ham madde, farin, çimento tipi) göre cihaz ayarlarını yapınız. • Numune bilgilerini cihaz programına eksiksiz giriniz.	

 Toz tabletin cihaza yerleştirilmesi	• Toz tabletin yüzeyinde herhangi bir bozulma olmadığına emin olunuz.	
 Analiz yapılması	• Cihaz ayarlarını kontrol ederek analizi başlatınız. • Analiz sonuçlarının numune tipine bağlı olarak her bir element için kalibrasyon eğrileri sınır değerleri içinde olup olmadıklarını gözlemleyiniz. • Tekrarlanabilirlik sınır değerleri içinde çıkmayan analizler için numune hazırlama işleminden cihaz ayarlarına kadar olan düzeltme kontrollerini yapınız.	
Deney araç ve gereçlerinin temizliği	• Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

12.2. ISLAK (KİMYASAL) ANALİZ

TS-EN 196-2'ye göre SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3 bileşiklerinin yanında Cl, "çözünmeyen kalıntı" ve "kızdırma kaybı tayini" deneyleri de kimyasal yolla yapılan referans analizlerdir. Bu analizlerin deney prensibi, çimento numunesini kimyasal çözeltilerle tepkimeye sokarak analiz sonucuna ulaşmaktır. Bunlar, kimya laboratuvarlarında gerçekleştirilen deney yöntemleridir.

Çimento bileşenlerinden SO_3 tayininde, çimento numunesi hidroklorik asitle tepkimeye sokulur. Filtre kâğıdından süzülmeyen kalıntı miktarının tayini yöntemi ile yapılmaktadır.

SiO_2 tayininde çimento numunesi sodyum peroksit ile tepkimeye sokularak bir dizi işlemden geçirilir. Süzdürülemeyen madde tayini yöntemi ile sonuca ulaşılır. SiO_2 tayininden kalan, süzülmüş çözelti üzerinde yapılan bir dizi işlem ile de Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO tayinleri yapılmaktadır.

Islak analizler, referans yöntem olmasına rağmen uzun sürede sonuca ulaşıldığı için çimento fabrikalarında tercih edilmemektedir. Ancak doğrulama amacıyla özellikle SO_3 tayini, ıslak analizle kimya laboratuvarlarında yapılmaktadır.

12. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. "SiO_2-$Fe2O_3$-CaO-MgO-SO_3" bileşiklerinden hangisi ya da hangileri çimento içerisinde olması gerekenden fazla olduğu durumda genleşmeye sebep olur?

A) Yanlız SO_3
B) Yalnız MgO
C) Fe_2O_3-CaO
D) SiO_2- Fe_2O_3-CaO
E) CaO- MgO- SO_3

2. Kimyasal analizlerde kızdırma kaybı tayinin yapılmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Numuneyi etüv kurusu durumuna getirmek.
B) Numune içindeki topaklanmaları önlemek.
C) Toz tablet hazırlarken öğütmeyi kolaylaştırmak.
D) Numune içindeki nem ve CO_2 oranını belirlemek.
E) Numuneye katılacak kimyasal oranını belirlemek.

3. Eritiş numune hazırlanırken deney numunesine karıştırılan lityum iyodür (LiI) çözeltisinin kullanım amacı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çimentonun nemini uçurmak.
B) Numunenin tozumasını önlemek.
C) Numunenin erime ısısını düşürmek.
D) Numunenin rengini açmak.
E) Tabletin kalıba yapışmasını önlemek.

4. Çimento analizlerinde kullanılan standart aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?

A) TS-EN 196-1
B) TS-EN 196-2
C) TS-EN 196-3
D) TS-EN 196-4
E) TS-EN 196-6

5. Standarta göre gözetim numune analiz değerleri kaç farklı XRF cihazı ile teyit edilmelidir?

A) 2
B) 3
C) 4
D) 5
E) 6

6. Çimento analizinde kullanılan XRF cihazının çalışma prensibi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Eleme yöntemiyle analiz
B) Işınların kırılma açılarıyla analiz
C) Açığa çıkan sıcaklık değerlerine göre analiz
D) Sertlik derecelerine göre analiz
E) Renklendirmeyle analiz

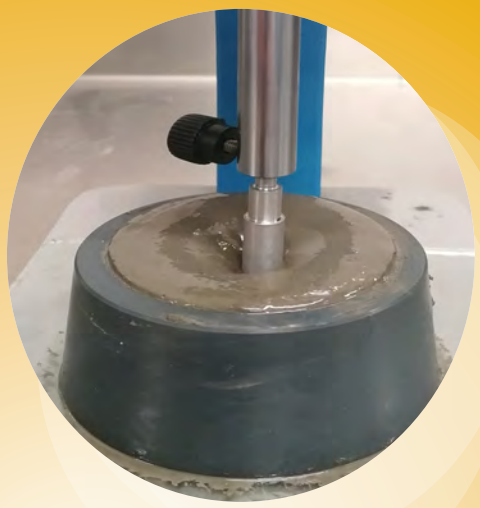
7. Eritiş numunesinin hazırlanmasında platin kroze kullanılmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Yüksek ısıya dayanıklı olması
B) Cam tablete saydamlık vermesi
C) Kolay temin edilmesi
D) Şekil değiştirebilmesi
E) Erime sırasında numuneye yapışmaması

8. Eritiş cihazında numune eritme süresi kaç dakikadır?

A) 5 B) 15 C) 30 D) 45 E) 60







13. ÖĞRENME BİRİMİ

ÇİMENTO NORMAL KIVAM VE PRİZ SÜRESİ TAYİNİ

KONULAR

13.1. LABORATUVARDA ÇiMENTOLARDA NORMAL KIVAM TAYİNİ DENEYİ

13.2. LABORATUVARDA PRİZ BAŞLAMA VE SONA ERME SÜRELERİNİN TAYİNİ DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Normal kıvam
- Su / çimento oranı
- Vicat aleti
- Vicat iğnesi

GİRİŞ

Çimento, beton içerisine bağlayıcı eleman olarak katılır. Beton içerisine katılan çimentonun fiziksel özellikleri, betonun da fiziksel özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Beton içine katılan çimentonun su emme oranı, betonun su çimento oranını (s/ç) ve çimentonun kimyasal reaksiyonlarını da etkilemektedir. Yine betona katılan çimentonun priz başlangıç ve bitiş süreleri, betonun da erken veya geç priz almasına neden olur.

Bu öğrenme biriminde, betonda kullanılacak olan çimentonun normal kıvama (kimyasal reaksiyonlarını tamamlayabileceği kıvam) ulaşması için gerekli su emme oranının bulunması ve çimentonun priz başlama ve priz sona erme sürelerinin tespit edilmesi konuları ele alınacaktır.

13.1. LABORATUVARDA ÇİMENTOLARDA NORMAL KIVAM TAYİNİ DENEYİ

Deney; beton yapımında kullanılan çimentonun, kimyasal reaksiyonunu tamamlaması için gerekli olan su miktarını tayin etmek amacıyla yapılır.

Vicat (vikat) aletinin sondasının serbest bırakıldığı andan itibaren 30 saniye içinde çimento hamuru içinden cam levhaya 6±2 (4-8) mm uzaklık kalıncaya kadar batabilmesini sağlayan kıvama **normal (standart) kıvam** denir.

Deneyin yapılacağı laboratuvarın sıcaklığı 20±2 °C olmalı, bağıl nem oranı en az %65 olarak sabit tutulmalıdır. Deneyin yapılmasında kullanılan su, çimento ve diğer araç gereç 20±2 °C sıcaklıkta olmalıdır.

Bu deney **TS EN 196-3 (2017)** standardına uygun olarak yapılır.

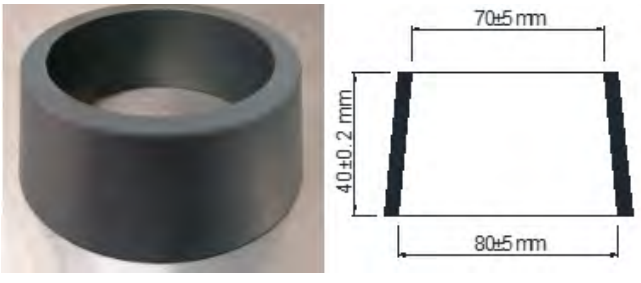
13.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Vicat Aleti: Yapılan deney türüne göre uç kısmına iğne veya sonda takılan alettir (Görsel 13.1).

Vicat Kalıbı: Üst iç çapı 70±5 mm, alt iç çapı 80±5 mm, derinliği 40±0,2 mm; pirinç veya sert plastikten yapılmış kesik koni şeklinde olmalıdır (Görsel 13.2).

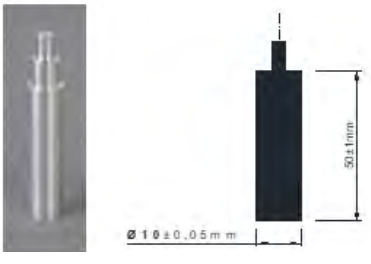


Görsel 13.1: Vicat aleti



Görsel 13.2: Vicat kalıbı ve ölçüleri

Vicat Sondası: Etkili uzunluğu 50±1 mm ve çapı 10±0,05 mm olan, dik silindir şeklinde, korozyona dayanıklı metalden yapılmış olmalıdır (Görsel 13.3).



Görsel 13.3: Vicat sondası ve ölçüleri

Çimento Mikseri: Çimento ve suyun homojen olarak karıştırılmasında kullanılır Düşük devir ve yüksek devir olarak iki farklı hızda dönme kapasitesine sahip olmalıdır (Görsel 13.4).

Terazi:±1 g doğrulukta tartım yapabilmelidir.

Cam Levha: 10x10 cm ebatlarında ve en az 2,5 mm kalınlığında olmalıdır.

Ölçekli Cam Mezür: %1 ölçüm hassasiyetli olmalıdır.

Su: Numune miktarının %25-30'u kadar damıtılmış ve laboratuvar sıcaklığında olmalıdır.

Çimento Numunesi: 500 g, laboratuvar sıcaklığında ve kuru olmalıdır.

Kronometre: Süreyi±1 saniye doğrulukla ölçebilmelidir.



Görsel 13.4: Çimento mikseri

Yağ: Mineral esaslı yağ olmalıdır.

Spatula: Vikat kalıbına çimento pastasını doldurmak ve üzerini tesviye etmek amaçlı kullanılır.

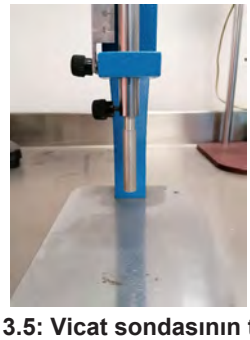
Temizlik Bezi: Deney araç gerecini ve vikat sondasını temizlemek için hafif nemli olmalıdır.

13.1.2. Deney Numunesi Alımı

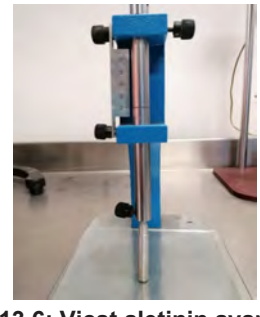
Deney için gerekli miktarda (500 g) deney numunesi, laboratuvara gelen numuneden çeyrekleme yöntemi yapılarak alınır. Alınan numune, homojen bir şekilde iyice karıştırılmalıdır. Numunede topaklanma olup olmadığı kontrol edilmelidir. Deney numunesi, deneye başlamadan önce kuru ve nem almayan bir kap içerisinde ve laboratuvar şartlarında en az 12 saat bekletilmelidir.

13.1.3. Vicat Aletinin Ayarlarının Yapılması

Vicat sondası, bu deneyde kullanılacağı için deneye başlamadan önce vicat aletine takılır (Görsel 13.5). Daha sonra, vicat aletinin hareketli kısmı cam plak üzerine indirilerek sondanın alt ucu cam plağa temas ettirilir ve sonda sabitlenir. Vicat aleti üzerindeki taksimatlı göstergenin 0 (sıfır) değerini gösterdiği kontrol edilir (Görsel 13.6). Daha sonra vicat sondası yukarı çekilir ve deneye hazır hâle getirilir.



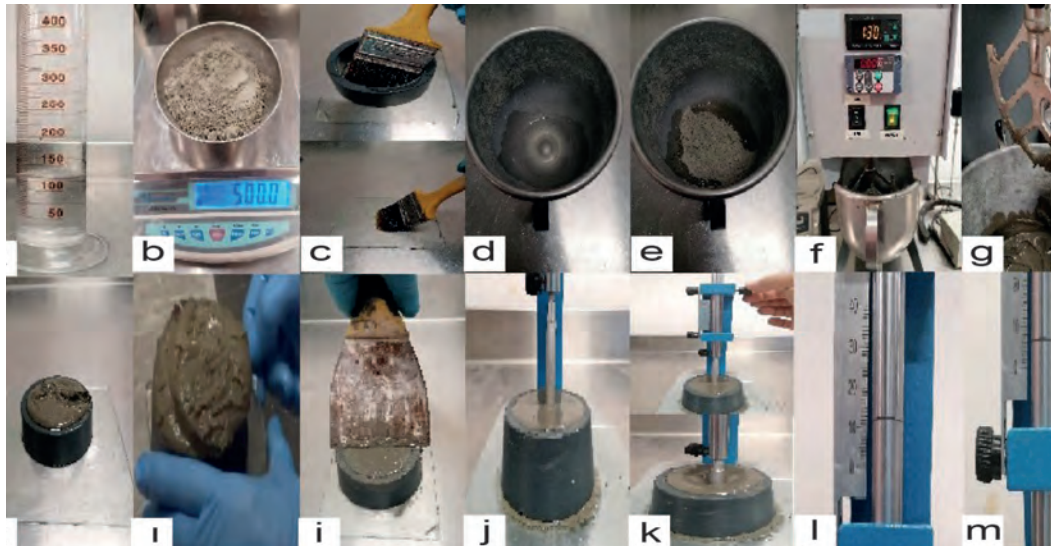
Görsel 13.5: Vicat sondasının takılması



Görsel 13.6: Vicat aletinin ayarlanması

13.1.4. Deneyin Yapılışı

- Başlangıç olarak numunenin %25'i (125 g) kadar su tartılıp hazırlanır (Görsel 13.7a).
- 500 g çimento deney numunesi, tartılıp hazırlanır (Görsel 13.7b).
- Vicat kalıbının çimento pastasının temas edeceği iç yüzeyleri ve cam plakanın üst yüzeyi yağlanır (Görsel 13.7c).
- Hazırlanan su, çimento mikseri kabına boşaltılır (Görsel 13.7d).
- Hemen sonrasında çimento deney numunesinin tamamı, 10 sn. içinde su üzerine boşaltılır (Görsel 13.7e). Boşaltma işleminin bittiği zaman, en yakın dakikaya yuvarlanarak 0 (sıfır) anı olarak kaydedilir.
- Çimento numunesi katıldıktan hemen sonra hiç beklemeden çimento mikseri düşük devirde 90 saniye çalıştırılır (Görsel 13.7f).
- Çimento mikseri 90 saniye çalıştırıldıktan sonra 30 sn. durdurulur. Mikser kabının iç kenarlarına ve palet üzerine yapışan çimento pastası kap içine sıyrılır (Görsel 13.7g).
- Mikser tekrar düşük devirde 90 saniye çalıştırılır. Mikserin toplam çalışma süresi 180 saniye (3 dk.) olmalıdır.
- Hazırlanan çimento pastası, karıştırma işlemi bittikten sonra cam plak üzerine koyulan vicat kalıbının içerisine fazla sıkıştırma ve sarsma yapmadan kalıptan bir miktar taşacak şekilde doldurulur (Görsel 13.7h).
- Bir miktar taşacak kadar doldurulan vicat kalıbı el ile hafifçe bir yüzeye vurularak içindeki hava kabarcıklarının çıkması sağlanır (Görsel 13.7ı).
- Vicat kalıbının üstündeki fazla çimento pastası, spatulayla testere kesme hareketi yapılıp sıyrılarak atılır ve kalıbın üzeri tesviye edilir (Görsel 13.7i).
- Vakit geçirmeden vicat kalıbı, altındaki cam plakla vicat sondası merkeze gelecek şekilde vicat aletinin tabanına yerleştirilir ve vicat sonda ucu çimento pastasının üst kısmına temas ettirilir (Görsel 13.7j).
- Vicat sondasını kilitli tutan vida gevşetilir ve sondanın kendi ağırlığı ile düşey olarak çimento pastası içerisine girmesi sağlanır (Görsel 13.7k).
- Sondanın serbest bırakılmasından 30 saniye sonra sonda kilitlenir ve vicat aleti üzerindeki taksimatlı göstergeden okuma yapılır (Görsel 13.7l). (Gösterge üzerinde yapılan okuma, cam plak üstü ile sondanın alt ucu arasındaki mesafeyi verir.)
- Okunan değer, katılan su miktarı ve oranı kaydedilir.
- Deney, değişik miktarlarda su içeren çimento pastalarıyla vicat aleti göstergesinde 6±2 (4-8) mm arasındaki değer okununcaya kadar tekrar edilir (Görsel 13.7m).
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır. Deney aletleri bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır.



Görsel 13.7: Çimentolarda normal kıvam deneyinin yapılışı

Deneyin Değerlendirilmesi

Vicat sondası batırıldıktan 30 sn. sonra göstergede okunan değere göre yapılması gerekenler şunlardır:

- 6±2 (4-8) mm arasında olursa normal (standart) kıvam bulunmuş, demektir.
- 4 mm'den az ise çimento pastası sulu kıvamdadır, demektir. Bir sonraki denemede su miktarı azaltılmalıdır.
- 8 mm'den fazla ise çimento pastası kuru kıvamdadır, demektir. Bir sonraki denemede su miktarı artırılmalıdır.

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar

- Deney esnasında vicat aleti sarsıntısız ortam üzerinde tutulmalıdır.
- Sonda, 0 (sıfır) anından itibaren en geç 4 dakika ±10 saniye içinde serbest bırakılmalıdır.
- Vicat sondası temiz ve kuru olmalıdır, asla yağlanmamalıdır.
- Vicat sondası ve diğer deney aletleri, her deneyden sonra iyice temizlenmeli ve kurulanmalıdır.
- Deney sonuçlarının daha güvenilir ve sağlıklı olması için aynı deney numunesi ile üç defa deney yapılmalıdır ve sonuçların ortalamaları alınmalıdır.

13.1.5. Deney Raporu Hazırlama

Çimentolarda normal kıvam tayini deneyleri için Tablo 13.1'deki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 13.1: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentolarda Normal Kıvam Tayini
Standart No.	TS EN 196-3

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Kullanılan Aletler	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deney Başlangıç Saati		Laboratuvar Nemi	

Deney No.	Deney Numunesi Miktarı (Mç) (g)	Su Miktarı (Ms) (g)	Sonda Batma Değeri (h) (mm)	Kıvam Yüzdesi (Ms/Mç) .100 (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

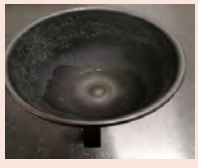
1. DENEY UYGULAMASI

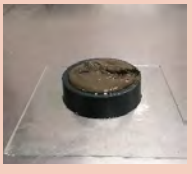
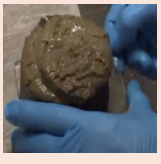
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21705

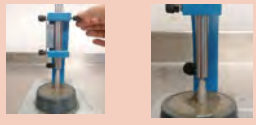
Öğretmeninizin vereceği iki farklı çeşit çimento numunesinin normal kıvam tayini deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Çimentolarda Normal Kıvam Tayini Deneyi

Deney Süresi : Her numune hazırlama ve batırma işlemi için 5 dakika (Normal kıvamı bulana kadar deneme sayısına göre toplam deney zamanı değişebilir.)

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Vicat aletine vicat sondasının takılması ve sıfırlama yapılması	• Vicat aletine vicat sondasını takınız. • Sonda ucunu cam plak üzerine indiriniz ve gösterge kısmını 0 (sıfır) değerine getiriniz.	
  Deney numunesi ve karışım suyunun hazırlanması	• 500 g çimento numunesi tartınız. • Numunenin %25'i kadar su tartınız.	
  Vicat kalıbının ve cam plağın yağlanması	• Vicat kalıbının iç yüzeyini yağlayınız. • Cam plağın, kalıbın konulacağı üst yüzeyini yağlayınız.	
 Karışım suyunun mikser kabına koyulması	• Suyun tamamını mikser kabına boşaltınız. Suyu dökerken dışarı taşırmamaya dikkat ediniz.	

 Çimento numunesinin mikser kabına koyulması	• Çimento numunesini 10 sn. içerisinde suyun üzerine boşaltınız. Çimentoyu dökerken dışarı taşırmamaya dikkat ediniz.	
 Mikserin ilk çalıştırılmasının yapılması	• Çimento mikserini 90 saniyeye ayarlayıp düşük devirde çalıştırınız.	
 Mikserin durdurulması	• Karışım kabının iç kısımlarına ve palet üzerine yapışan çimento pastasını, karıştırma kabının içerisine 30 saniye içinde sıyırınız.	
 Mikserin ikinci çalıştırılmasının yapılması	• Çimento mikserini 90 saniyeye ayarlayıp düşük devirde çalıştırınız.	
 Çimento pastasının vicat kalıbına doldurulması	• Çimento pastasını sıkıştırma ve sarsma yapmadan vicat kalıbına bir miktar taşacak kadar doldurunuz.	
 Vicat kalıbına doldurulan pastanın havasının alınması	• İçi dolu vicat kalıbını cam plaktan tutarak hafifçe bir yüzeye vurunuz ve içindeki hava boşluklarını çıkarınız.	

 Vicat kalıbının üst yüzeyinin tesviye edilmesi.	• Vicat kalıbının üst kısmında kalan fazla çimento pastasını testere yöntemiyle sıyırınız ve üzerini tesviye ediniz.	
 Vicat kalıbının vicat aletine yerleştirilmesi	• İçi dolu vicat kalıbını, vicat aleti tabanına cam plakla vicat sondası kalıbın tam merkezine gelecek şekilde yerleştiriniz.	
 Vicat sondasının çimento pastasına batırılması	• Vicat sondasını sabit tutan vidayı gevşetiniz ve sondanın batmasını sağlayınız.	
 Vicat aleti üzerinde batma miktarının okunması	• 30 saniye sonra sondayı sabitleyiniz ve vicat aleti üzerindeki göstergeden değeri okuyunuz.	
 Normal kıvam değeri bulunduğunda deneyin sonlandırılması	• Vicat aleti üzerinde 6±2 (4-8) mm arasında bir değer okuduysanız deneyi sonlandırınız.	
 Normal kıvam değeri bulunmazsa aynı yöntemle diğer batırma işlemlerinin uygulanması	• Vicat aleti üzerinde 6±2 (4-8) mm arasında bir değer okumadıysanız diğer batırma işlemlerini yapınız.	

Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

13.2. LABORATUVARDA PRİZ BAŞLAMA VE SONA ERME SÜRELERİNİN TAYİNİ DENEYİ

Priz başlama ve sona erme sürelerinin tayini deneyi; beton için hazırlanmış su çimento karışımının, kimyasal reaksiyona girdikten sonra ne kadar zamanda mukavemetini almaya başladığını ve ne kadar zamanda mukavemetini tamamladıklarını veya maksimum dayanıma ulaştıklarını tespit etmek amacıyla yapılır.

Çimentonun priz başlama ve priz sona erme süreleri; betonun taşınması, işlenebilmesi ve dayanımı gibi özelliklerini doğrudan etkiler. Betonun üretilmesinden kalıba dökülüp sıkıştırılmasına kadar geçen sürede priz başlamamalıdır, sıkıştırma işlemi yapıldıktan sonra priz başlamalıdır. Aksi hâlde betonun nakli ve dökümü çok zor olur. Priz sona erme süresi çok geç olursa beton istenen süre içinde mukavemetini sağlayamayacaktır ve betonun dayanımı olumsuz yönde etkilenecektir.

Normal portland çimentolarında prizin, 1 saatten önce başlamaması ve 10 saatten önce tamamlanması istenir. Bazı özel çimentolar için bu süreler değişebilir.

Çimentoların kullanım alanları, priz özelliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Örneğin su kaçaklarını önlemek amacıyla hızlı priz alan (8 dk.-15 dk.) çimentolar kullanılır.

Deneyin yapılacağı laboratuvarın sıcaklığı 20±2 °C olmalı, bağıl nem oranı en az %65 olarak sabit tutulmalıdır. Deneyin yapılmasında kullanılan su, çimento ve diğer araç gereç 20±2 °C sıcaklıkta olmalıdır. Bu deney **TS EN 196-3 (2017)** standardına uygun olarak yapılır.

13.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

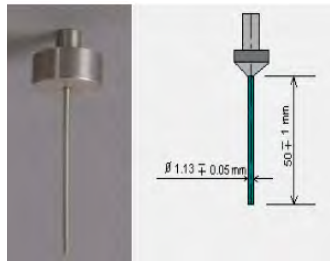
Vicat İğneleri: Priz başlangıç iğnesi etkili uzunluğu 50±1 mm ve çapı 1,13±0,05 mm'dir (Görsel 13.8). Priz sonlandırma iğnesi, derin olmayan batmaların hassas şekilde gözlenmesini kolaylaştırmak için yaklaşık 5 mm halka iğneye takılı ve çapı 1,13±0,05 mm'dir (Görsel 13.9).

Su: Damıtılmış ve laboratuvar sıcaklığında olmalıdır.

Çimento Numunesi: 500 g, laboratuvar sıcaklığında, kuru ve topaksız olmalıdır.

Kap: Dolu vicat kalıplarının 20±2 °C'deki suya daldırılması için kullanılır. Numune yüzeyinin suya batmasını sağlayan çeşitli saklama kapları kullanılabilir.

Vicat aleti, vicat kalıbı, çimento mikseri, terazi, cam levha, ölçekli cam mezür, kronometre, yağ, spatula ve temizlik bezi de kullanılır.



Görsel 13.8: Priz başlama iğnesi ve ölçüleri



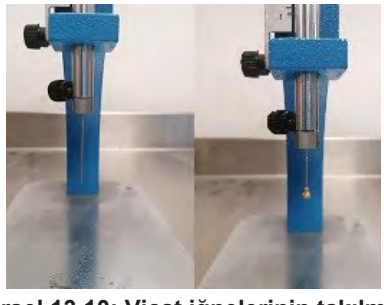
Görsel 13.9: Priz sona erme iğnesi

13.2.2. Deney Numunesi Alımı

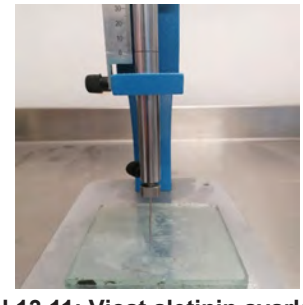
Deney için gerekli miktarda (500 g) deney numunesi, laboratuvara gelen numuneden çeyrekleme yöntemi yapılarak alınır. Alınan numune, homojen bir şekilde iyice karıştırılmalıdır. Numunede topaklanma olup olmadığı kontrol edilmelidir. Alınan deney numunesinin, deneyi yapılması istenen çimento tipine ait olmasına dikkat edilmelidir. Deney numunesi, deneye başlamadan önce kuru ve nem almayan bir kap içerisinde ve laboratuvar şartlarında en az 12 saat bekletilmelidir.

13.2.3. Vicat Aletinin Ayarlarının Yapılması

Vicat iğneleri, bu deneyde kullanılacağı için deneye başlamadan önce vicat aletine takılır (Görsel 13.5). Daha sonra, vicat aletinin hareketli kısmı cam plak üzerine indirilerek vicat iğnesinin ucuyla cam plağın üst kısmı temas ettirilir. Vicat aleti üzerindeki taksimatlı göstergenin 0 (sıfır) değerini göstereceği şekilde ayarlama yapılır (Görsel 13.6). Daha sonra vicat iğnesi yukarı çekilir ve deneye hazır hâle getirilir. Priz sona erme iğnesinde sıfırlama yapmaya gerek yoktur.



Görsel 13.10: Vicat iğnelerinin takılması

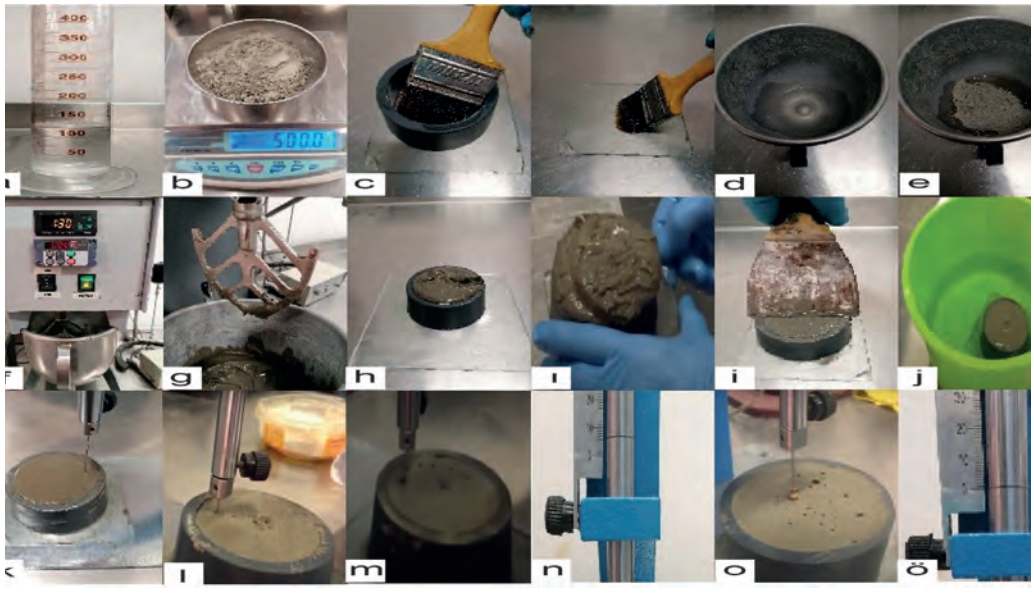


Görsel 13.11: Vicat aletinin ayarlanması

13.2.4. Deneyin Yapılışı

- Normal kıvam tayini deneyinde bulunan standart su miktarı kadar su hazırlanır (Görsel 13.12a).
- 500 g çimento deney numunesi, tartılarak hazırlanır (Görsel 13.12b).
- Vicat kalıbının çimento pastasının temas edeceği iç yüzeyler ve cam plakanın üst yüzeyi yağlanır (Görsel 13.12c).
- Hazırlanan su, çimento mikseri kabına boşaltılır (Görsel 13.12d).
- Hemen sonrasında çimento deney numunesinin tamamı 10 sn. içinde su üzerine boşaltılır (Görsel 13.12e). Boşaltma işleminin bittiği zaman, en yakın dakikaya yuvarlanarak 0 (sıfır) anı olarak kaydedilir.

- Çimento numunesi katıldıktan hemen sonra hiç beklemeden çimento mikseri düşük devirde 90 saniye çalıştırılır (Görsel 13.12f).
- Çimento mikseri 90 saniye çalıştırıldıktan sonra 30 saniye durdurularak mikser kabının iç kenarlarına ve palet üzerine yapışan çimento pastası kap içine sıyrılır (Görsel 13.12g).
- Mikser tekrar düşük devirde 90 saniye çalıştırılır. Mikserin toplam çalışma süresi 180 saniye (3 dakika) olmalıdır.
- Karıştırma işlemi bittikten sonra, hazırlanan çimento pastası fazla sıkıştırma ve sarsma yapmadan kalıptan bir miktar taşacak şekilde cam plak üzerine koyulan vicat kalıbının içerisine doldurulur (Görsel 13.12h).
- Bir miktar taşacak kadar doldurulan vicat kalıbı el ile hafifçe bir yüzeye vurularak içindeki hava kabarcıklarının çıkması sağlanır (Görsel 13.12ı).
- Vicat kalıbının üstündeki fazla çimento pastası, spatulayla testere kesme hareketi yapılıp sıyrılarak atılır ve kalıbın üzeri tesviye edilir (Sıfır anı ile yüzeyi tesviye etme işleminin bitiş anı arasındaki süre 240 saniyeyi (4 dakika) geçmemelidir (Görsel 13.12i).
- İçi çimento pastası dolu ve üzeri tesviye edilmiş vicat kalıbı taban plakası ile üzerini en az 5 mm örtecek şekilde 20,0±1,0 ºC sıcaklıktaki su içerisine koyulur (Görsel 13.12j).
- Uygun bir süre sonra (örneğin 55 dakika sonra) vicat kalıbı ve taban plakası su içerisinden çıkarılır, vicat iğnesi vicat kalıbı üst iç kenarından en az 10 mm (1 cm) içeride olacak şekilde çimento pastasına temas ettirilerek ilk batırma işlemi için vicat aletine yerleştirilir (Görsel 13.12k).
- 30 saniye sonra iğne sabitlenerek vicat aleti göstergesinde okunan değer ve zaman kaydedilir (Görsel 13.12l).
- Vicat iğnesi, vicat kalıbı üst iç kenarından ve batırılan noktalar arasındaki mesafe en az 10 mm (1 cm) olacak şekilde çimento pastası üzerine yerleştirilir ve 10 dakika arayla diğer batırma işlemleri yapılır; göstergede okunan değer ve zaman kaydedilir (Görsel 13.12m) (Her batırma işleminden sonra vicat kalıbı taban plakası ile su içinde bekletilir ve vicat iğnesi temizlenir.).
- Vicat aleti göstergesinde 6±3 (3-9) mm arasında değerin okunduğu zaman en yakın 1 dakikaya yuvarlatılarak priz başlama zamanı olarak kaydedilir (Görsel 13.12n).
- Priz başlama süresi tayin edildikten sonra, priz sona erme süresinin tayini için batırma yapılana kadar vicat kalıbı ve taban plakası su içinde bekletilir.
- Priz sona erme süresinin tayini için vicat aletine priz sona erme iğnesi takılır.
- Uygun bir süre sonra (örneğin 5 saat sonra) vicat kalıbı ve taban plakası su içinden alınır, vicat kalıbı ters çevrilerek vicat aletinin tabanına yerleştirilir (Görsel 13.12o) (Priz sona erme süresinin tayini, çimento pastasının başlangıçta taban plakası ile temas eden yüzeyi üzerinde yapılır.).
- Vicat iğnesi, vicat kalıbı üst iç kenarından en az 10 mm (1 cm) içeride olacak şekilde çimento pastasına temas ettirilir, iğneyi tutan vida gevşetilerek ilk batırma işlemi yapılır ve 30 saniye sonra iğne sabitlenerek vicat aleti göstergesinde okunan değer ve zaman kaydedilir.



Görsel 13.12: Laboratuvarda priz başlama ve sona erme süresi tayini deneyinin yapılışı

- Diğer batırma işlemleri 15 veya 30 dakika ara ile yapılır, göstergede okunan değer ve zaman kaydedilir. Deneyin sonuçlanacağının hissedildiği an her batırma arasındaki zaman aralıkları azaltılabilir (Örneğin 5 dakikada bir.). (Her batırma işleminden sonra vicat kalıbı, taban plakası ile su içinde bekletilir ve vicat iğnesi temizlenir.)
- Vicat aleti göstergesinde ilk 0,5 mm değeri, okunduğu zaman en yakın 1 dakikaya yuvarlatılır ve priz sona erme zamanı olarak kaydedilir (Görsel 13.12ö).
- Deney aletleri, bakım ve temizliği yapılarak bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır.

Deneyin Değerlendirilmesi

Vicat sondası batırıldıktan 30 saniye sonra okunan değer;

- 6±3 (3-9) mm arasında olursa çimento pastası priz almaya başlamış, demektir.
- 0,5 mm olursa çimento pastasının priz alması sonlanmış, demektir.

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar



Görsel 13.13
Otomatik vicat aleti

- Deney esnasında vicat aleti sarsıntısız ortam üzerinde tutulmalıdır.
- Priz başlama ve priz sona erme süreleri tayininde deneye uygun iğneler takılmalıdır.
- Her batırmadan sonra, iğne ucu nemli bir bezle iyice temizlenmelidir.
- Her batırmadan sonra, içi dolu vicat kalıbı su banyosu içinde tutulmalıdır.
- Deney sonuçlarının daha güvenilir ve sağlıklı olması için aynı deney numunesi ile üç defa deney yapılmalıdır ve değerlerin ortalamaları alınmalıdır.
- Priz başlama süresi belirlenirken en yakın 5 dakikaya yuvarlama yapılır, priz sona erme süresi bulunurken en yakın 15 dakikaya yuvarlama yapılır.
- Standart kıvam deneyi ile priz başlama ve sona erme deneyleri otomatik vicat aleti (Görsel 13.13) ile de yapılabilir.

13.2.5. Deney Raporu Hazırlama

Laboratuvarda priz başlama ve sona erme süresi tayini deneyi için Tablo 13.2'deki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 13.2: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentolarda Priz Başlama ve Priz Sona Erme Süresi Tayini
Standart No.	TS EN 196-3

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Kullanılan Aletler	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deney Başlangıç Saati		Laboratuvar Nemi	
Deney Numunesi Miktarı (g)		Su Miktarı (g)	

Batırma No.	İğne Batma Değeri (h) (mm)	Saat
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

0 (Sıfır) Anı (t1)	Priz Başlama Zamanı (t2)	Priz Sona Erme Zamanı (t3)	Priz Başlama Süresi (dk.) (t2-t1)	Priz Sona Erme Süresi (dk.) (t3-t1)

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

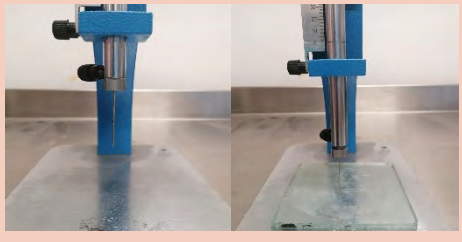
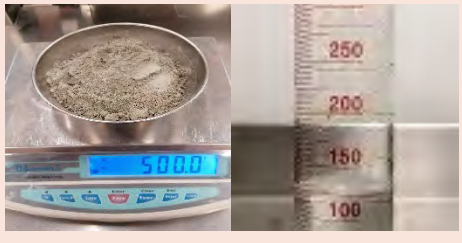
2. DENEY UYGULAMASI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21707

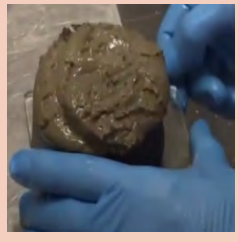
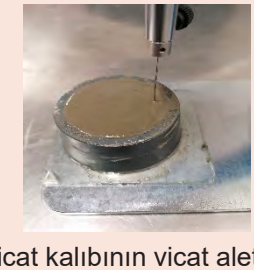
Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin, priz başlama ve sona erme tayini deneyini laboratuvar ortamında standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

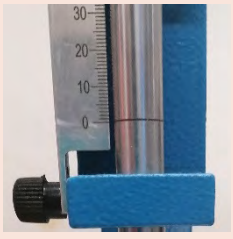
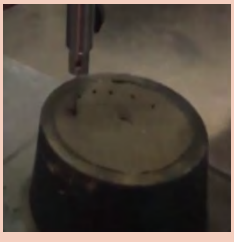
Deney Adı : Laboratuvarda Çimentolarda Priz Başlama ve Sona Erme Süresi Tayini Deneyi

Deney Süresi : 10 dakika uygulama, 5 saat deney takip

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	* UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Vicat aletine vicat iğnesinin takılması ve sıfırlama yapılması	• Vicat aletine priz başlama iğnesini takınız. • İğne ucunu cam plak üzerine indiriniz ve gösterge kısmını 0 (sıfır) değerine getiriniz.	
 Deney numunesinin ve karışım suyunun hazırlanması	• 500 g çimento numunesi tartınız. • Normal kıvam tayini deneyinde bulunan standart su miktarı kadar su hazırlayınız.	
 Vicat kalıbının ve cam plağın yağlanması	• Vicat kalıbının iç yüzeyini yağlayınız. • Cam plağın, kalıbın koyulacağı üst yüzeyini yağlayınız.	

 Karışım suyunun mikser kabına koyulması	• Suyun tamamını mikser kabına boşaltınız.	
 Çimento numunesinin mikser kabına koyulması	• Çimento numunesini 10 sn. içerisinde suyun üzerine boşaltınız.	
 0 (Sıfır) anının kaydedilmesi	• Numuneyi boşaltma işlemini bitirdiğiniz zamanı, en yakın 1 dakikaya yuvarlayarak deney raporuna (t1) zamanı olarak kaydediniz.	
Mikserin ilk çalıştırılmasının yapılması	• Çimento mikserini 90 saniyeye ayarlayıp düşük devirde çalıştırınız.	
 Mikserin durdurulması	• Karışım kabının iç kısımlarına ve palet üzerine yapışan çimento pastasını karıştırma kabının içerisine 30 saniye içinde sıyırınız.	
 Mikserin ikinci çalıştırılmasının yapılması	• Çimento mikserini 90 saniyeye ayarlayıp düşük devirde çalıştırınız.	

 Çimento pastasının vicat kalıbına doldurulması	• Çimento pastasını sıkıştırma ve sarsma yapmadan vicat kalıbına bir miktar taşacak kadar doldurunuz.	
 Vicat kalıbına doldurulan pastanın havasının alınması	• İçi dolu vicat kalıbını cam plaktan tutarak hafifçe bir yüzeye vurunuz ve içindeki hava boşluklarını çıkarınız.	
 Vicat kalıbının üst yüzeyinin tesviye edilmesi	• Vicat kalıbının üst kısmında kalan fazla çimento pastasını testere yöntemiyle sıyırınız ve üzerini tesviye ediniz.	
 Vicat kalıbının su içerisine koyulması	• İlk batırma işlemine kadar cam plak ile vicat kalıbını, üzerini en az 5 mm kadar geçecek suyun içerisine koyunuz.	
 Vicat kalıbının vicat aletine yerleştirilmesi	• Yaklaşık 55 dakika sonra cam plakla vicat kalıbını sudan çıkarınız ve vicat iğnesini kalıbın üst iç kenarından 10 mm içeride olacak şekilde vicat aleti tabanına yerleştiriniz.	

 Vicat iğnesinin çimento pastasına batırılması	• Vicat iğnesini sabit tutan vidayı gevşetiniz ve iğnenin batmasını sağlayınız.	
 Vicat aletinin üzerindeki batma miktarının okunması	• 30 sn. sonra iğneyi sabitleyiniz ve vicat aleti üzerindeki göstergeden değeri okuyunuz.	
 Diğer batırma işlemlerinin yapılması	• 10 dk. ara ile her batırma noktası arasında ve iğne ucu ile kalıp üst iç kenarı arasında en az 10 mm mesafe bırakarak diğer batırma işlemlerini uygulayınız. Her batırmadan sonra vicat kalıbını cam plakla su içerisinde bekletiniz.	
Priz başlama zamanının kaydedilmesi	• Vicat aleti üzerinde 6±3 (3-9) mm arasında bir değer okuduysanız bu zamanı priz başlama zamanı t2 olarak deney raporuna kaydediniz.	
Vicat kalıbının su içerisinde bekletilmesi	• Priz sona erme zamanı için ilk batırmayı yapana kadar vicat kalıbını cam plak ile su içerisinde bekletiniz.	
 İlgili vicat iğnesinin takılması	• Priz başlama iğnesini çıkarınız, yerine priz sona erme iğnesini takınız.	

 Vicat kalıbının vicat aletine ters çevrilerek yerleştirilmesi	• Yaklaşık 5 saat sonra cam plakla vicat kalıbını sudan çıkarınız ve vicat iğnesini kalıbın üst iç kenarından 10 mm içeride olacak şekilde vicat kalıbını ters çevirerek cam plakla vicat aleti tabanına yerleştiriniz.	
 Vicat iğnesinin çimento pastasına batırılması	• Vicat iğnesini sabit tutan vidayı gevşetiniz ve iğnenin batmasını sağlayınız.	
Vicat aletinin üzerindeki göstergeden batma miktarının okunması	• 30 saniye sonra iğneyi sabitleyiniz ve vicat aleti üzerindeki göstergeden değeri okuyunuz.	
Diğer batırma işlemlerinin yapılması	• 15 dk. veya 30 dk. ara ile her batırma noktası arasında 10 mm mesafe bırakarak diğer batırma işlemlerini uygulayınız. Her batırmadan sonra vicat kalıbını cam plakla su içerisinde bekletiniz.	
 Priz sona erme zamanının kaydedilmesi	• Vicat aleti üzerinde 0,5 mm batma değerini okuduysanız bu zamanı priz sona erme (t3) zamanı olarak deney raporuna kaydediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

13. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Vicat aleti göstergesinde aşağıdaki değerlerden hangisi okunursa çimento pastası normal kıvama ulaşmış denilebilir?

A) 4±2 mm B) 6±2 mm C) 6±3 mm
D) 30±2 mm E) 30±3 mm

1. Vicat aleti göstergesinde aşağıdaki değerlerden hangisi okunursa çimento pastası priz almaya başlamıştır denilebilir?

A) 4±2 mm B) 6±2 mm C) 6±3 mm
D) 0,5 mm E) 10 mm

2. Vicat aleti göstergesinde aşağıdaki değerlerden hangisi okunursa çimento pastasının priz alması bitmiştir denilebilir?

A) 0,5 mm B)10 mm C) 0,5-10 mm
D) 6±2 mm E) 6±3 mm

3. Aşağıdakilerden hangisi normal kıvam tayini deneyi için kullanılan çimento numunesinin miktarıdır?

A) 100 g B) 200 g C) 300 g
D) 400 g E) 500 g

4. Çimento pastasına katılacak su oranı, priz başlama ve sona erme süreleri tayini deneylerinde hangi oranda olmalıdır?

A) Çimento numunesinin %25'i
B) Çimento numunesinin %30'u
C) Çimento numunesinin %65'i
D) Çimento pastasını ele yapıştırmayacak oranda
E) Normal kıvam tayini deneyinde bulunan yüzde oranı

6. Çimento kıvam ve priz tayini deneyinde kullanılan ölçüm aletinin adı nedir?

A) Vicat aleti
B) Le chaletier aleti
C) Mikser
D) Blaine aleti
E) Balon joje

7. Aşağıdakilerden hangisi çimentonun priz süresine etki eden faktörlerden değildir?

A) Pastanın kürlemesinde kullanılan su miktarı
B) Karışımda kullanılan su miktarı
C) Çimento tane inceliği
D) Çimento tipi
E) Karışım suyunun temizliği

8. Priz ve kıvam tayini deneylerinde çimento hamurunun hazırlanması için verilen anlatımlardan hangisi doğrudur?

A) 15 sn. düşük devir - 30 sn. elle karışım – 90 sn. düşük devir karışım
B) 30 sn. düşük devir - 30sn. elle karışım – 30 sn. düşük devir karışım
C) 45 sn. düşük devir - 30sn. elle karışım – 45 sn. düşük devir karışım
D) 60 sn. düşük devir - 30sn. elle karışım – 60 sn. düşük devir karışım
E) 90 sn. düşük devir - 30sn. elle karışım – 90 sn. düşük devir karışım

9. Kıvam deneyinde kullanılan sonda aleti aşağıdaki seçeneklerden hangisinde gösterilmiştir?

A)  B)  C)  D)  E) 

10. Kıvam tayini deneyinin amacı aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) Çimentonun inceliğini tespit etmek.
B) Çimentonun priz alma sürelerini belirlemek.
C) Çimentonun yüzey alanını hesaplamak.
D) Çimentonun özgül ağırlığını hesaplamak.
E) Su / çimento oranını belirlemek.







14. ÖĞRENME BİRİMİ

ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ VE ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ

KONULAR

14.1. LABORATUVARDA ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ DENEYİ

14.2. ÇİMENTODA ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ DENEYİ (BLAİNE ALETİ)

TEMEL KAVRAMLAR

- Blaine yöntemi
- La chaletier aleti
- Manometre
- Özgül yüzey alanı

GİRİŞ

Hacim sabitliği deneyinde genleşmeye sebep olan CaO ve MgO oranlarının çimentoya zarar verecek miktarda olup olmadığının tespiti, özgül yüzey tayini deneyinde ise çimento tanelerinin inceliklerinin tespiti amaçlanmaktadır.

Kimyasal deney yöntemi ile belirlenen CaO ve MgO oranlarının fazla olmasının olumsuz etkileri, genleşme tayini deneyi ile gözlemlenebilmektedir.

Çimento tane inceliği ise elek analizi ve özgül yüzey tayini yöntemleri ile belirlenmektedir.

Hacim sabitliği deneyi **TS EN 196-3**'e göre le chaletier (lö şötölye) aleti yöntemiyle özgül yüzey tayini deneyi **TS EN 196-6**'ya göre blaine (bleyn) yöntemiyle laboratuvar ortamında gerçekleşmelidir.

14.1. LABORATUVARDA ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ DENEYİ (TS EN 196-3)

Çimento içerisinde bulunan serbest kireç (CaO), magnezyum oksit (MgO) ve SO_3 genleşmelere sebep olur. Bu genleşmeler kılcal çatlamalar oluşturur. Bu kılcal çatlamalar betonun dayanımında azalmaya sebep olmakla beraber beton geçirimsizliğini de olumsuz yönde etkilemektedir.

MgO ve CaO bileşenlerinin olumsuz etkilerinin araştırılması için **TS EN 196-3**'e göre le chaletier yöntemi ile hacim sabitliği deneyi yapılır.

14.1.1. Deney Araç Gereci

Le Chaletier Aleti: Le chaletier kabı, 30 mm çapında ve 30 mm yüksekliğinde silindir şeklindedir. Düşey eksende yarık ve yarığın her iki kenarında silindire dik sabitlenmiş 1 mm çapında ve150 mm uzunluğunda aynı malzemeden yapılmış iki çubuktan oluşmaktadır (Görsel 14.1). Paslanmaz metal malzemeden (yaygın olarak pirinçten) imal edilmektedir. Bu deneyde iki adet kullanılmaktadır. Deneye başlamadan çubuk uçlarının birbirine değiyor olması gerekmektedir (Görsel 14.2).



Görsel 14.1: Le chaletier aleti



Görsel 14.2: Çubuk uçlarının kontrolü



Görsel 14.3: Le chaletier aleti esneklik kontrolü

Deney öncesinde yarık kenara asılan 300 g ağırlık ile uç noktalarından çubuklar arası mesafe ölçülerek deney aletinin kontrolü yapılır. Bu açıklık en az 15 mm, en fazla 20 mm olmalıdır (Görsel 14.3). Ayrıca çimento mikseri, numune kabı, su kabı, spatula, madenî yağ, cam levhalar, kaynatma kabı, soğuk su havuzu, maşa, kumpas kullanılmaktadır.

14.1.2. Çimento Hamurunun Hazırlanması

Hacim sabitliği deneyinin kıvam tayini ve priz süreleri tayini deneylerinin birlikte yapılması uygun olur. Çünkü su/çimento oranıyla kıvam tutturulduğunda bu deney hamuru ile priz ve hacim sabitliği deneyi de yapılabilir. Bu şekilde yapılacak ise toplamda 500 g çimento ve uygun oranda su ile kıvam tutturularak priz ve hacim sabitliği deneyi yapılır. Ayrı yapılacak ve mikserde karıştırılacak ise 300 g çimento ve aynı çimentonun kıvam tayininde belirlenen su miktarı kullanılır. Kıvam tayini çimento hamuru hazırlanma yöntemi ile çimento hamuru hazırlanmalıdır.

Çimento hamuru elde karıştırılarak hazırlanacak ise 100 g çimento ve kıvam tayininde belirlenen su oranı ile şantiyelerde hacim sabitliği deneyinde çimento hamurunun hazırlanma yöntemi kullanılarak çimento hamuru hazırlanmalıdır.

14.1.3. Hacim Sabitliği Deneyinin Yapılması

- Deneye başlamadan önce le chaletier kalıbının iç yüzeyi ve cam levhalar hafif yağlanır.
- Lastik conta, paket lastiği veya çubuk kaynak yerlerinden ip ile bağlanarak silindir yarık yeri bitişik olacak şekilde sabitlenir. Bu aşamada çubuk uçları arasında bir açıklık var ise kumpas veya milimetrik cetvel ile ölçülür, bu ölçüm kaydedilir.
- Le chaletier kalıbı cam levha üzerine konarak hareket ettirilmeden tutulur.
- Çimento hamurundan silindiri dolduracak kadar çimento hamuru, el ile alınır ve parmaklar arasında çok sıkmadan şekillendirilerek sıkıştırma ve vibrasyon yapmadan silindir içine doldurulur.
- Silindirin üst yüzeyindeki fazla hamur, spatula kullanılarak testere hareketi ile sıyrılır. Lastik conta çıkarılır veya ip çözülür. Üzeri yağlanmış cam levha ile kapatılır.
- Cam levhanın ve le chaletier aletinin dengede durmasını sağlamak için levha üzerine en fazla 75 g'lık ağırlık konur.
- Kalıp bu şekilde kürleme için 20±1 °C'deki su kabına konarak 24 saat bekletilir.
- Bu süre sonunda kalıp sudan çıkarılır. Cam levhalar çıkartılır. Çubuk uçları arasındaki mesafe ölçülerek **A** değeri olarak en yakın 0,5 mm'ye yuvarlanıp kaydedilir. Deney öncesinde çubuk uçları arasında bir açıklık var ise ölçülen değerden ilk açıklık değeri çıkartılarak **A** değeri yazılmalıdır. Bundan sonraki ölçümlerde de buna dikkat edilmelidir.
- Kalıp, kaynatma kabına konur. 30 dk. kaynatma sıcaklığına getirilecek şekilde ısıtılarak 3 saat kaynatılır. Buradaki zaman aşımları 5 dakikayı geçmemelidir.
- Kaynama süresi sonunda numune çıkarılır ve zaman kaybetmeden çubuklar arası mesafe ölçülür, **B** değeri olarak en yakın 0,5 mm'ye yuvarlanıp kaydedilir.
- Numune sıcaklığının laboratuvar sıcaklığına (20±2 °C) gelmesi sağlandıktan sonra çubuklar arası mesafe ölçülür, **C** değeri olarak en yakın 0,5 mm'ye yuvarlanıp kaydedilir.
- Her iki deneyin **C-A** farklarının ortalaması alınır ve 0,5 mm'ye yuvarlanılır. Bu ortalamanın 10 mm'den az olması gerekir (Tablo 14.1).
- Ölçülen ve hesaplanan değerler deney raporuna kaydedilir (Tablo 14.2).

Tablo 14.1: Ölçüm Sonucu Kabul Edilebilir Sınır Değerleri

(B-A)< 4 mm olmalı
(C-A)< 10 mm olmalı

14.1.4. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 14.2: Deney Raporu

<table>
<tr><td colspan="2">Numune</td><td colspan="2">Numunenin Alındığı Tarih</td><td colspan="2">Standart: TS EN 196-3</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Deney Tarihi:</td><td colspan="2">Saati:</td><td>Sıcaklık:</td><td>Nem:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Çimento Miktarı:</td><td colspan="2">Su/Çimento Oranı (%):</td><td colspan="2">Su Miktarı:</td></tr>
<tr><td colspan="3">1.Numune</td><td colspan="3">2.Numune</td></tr>
<tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">C-A=</td><td colspan="3">C-A=</td></tr>
<tr><td colspan="2">UYGUN ☐</td><td colspan="2">C-A ort. =</td><td colspan="2">UYGUN DEĞİL ☐</td></tr>
<tr><td colspan="6">Deney Sonucunu Etkileyebilecek Faktörler:</td></tr>
<tr><td>Deneyi Yapan:</td><td></td><td>İmza:</td><td>Kontrol Eden/Onay</td><td></td><td>İmza:</td></tr>
</table>

1. DENEY UYGULAMASI

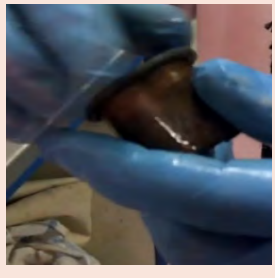
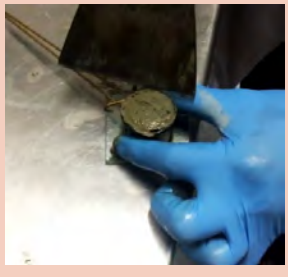
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21708

Karşılaştırma yapabileceğiniz iki farklı çimento çeşidi ile le chaletier yöntemini kullanarak hacim sabitliği deneyi uygulamasını yapınız. Sonuçları sınıf ortamında değerlendiriniz.

Deney Adı : Le Chaletier Yöntemi ile Hacim Sabitliği Deneyi

Deney Süreleri : 30 dakika uygulama, 24 saat bekleme, 4 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Etüv, fırın gibi cihazlarda plastik eldiven kullanılmamalıdır. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanınız. • Kullanımdan sonra cam eşyalar distile su ile yıkayınız.	

 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Le chaletier aletlerinin esneklik kontrolünü yapınız. • Le chaletier aletlerinin iç yüzeylerini yağlayınız. • Cam plakaları yağlayınız.	
Çimento numunesinin ve suyun tartılması	• İçilebilir dinlenmiş su kullanınız. • Tartım esnasında hassas terazi kullanmaya çalışınız. • Kıvam tayininde belirlenen su/çimento oranını kullanınız.	
 Çimento hamurunun hazırlanması	• Deneyi, kıvam tayini deneyi ile beraber yapınız. • Hazırlanan çimento hamurunu bu deney için de kullanınız. • Ayrı yapacaksanız 100 g çimento numunesi ve kıvam tayininde belirlenen su/çimento oranıyla elde karıştırma yapınız. • Elde karıştırmada çimento hamurunu 3 dk. içinde hazırlayınız.	
 Le chaletier aletlerinin hazırlanması	• Çubuk uçlarının bitişik olduğuna dikkat ediniz. • Çubuk uçları bitişik değilse arasındaki açıklığı ölçüp kaydediniz. Bundan sonraki ölçüm değerlerini, bu değerden çıkarmayı unutmayınız. • Le chaletier aletinin yarık yerlerini birleştirerek conta veya lastik ile sabitleyiniz. • Cam levhaya numune bilgilerinin olduğu etiketi koyunuz ve le chaletier aletini levha üzerine yerleştiriniz.	
 Çimento hamurunun doldurulması ve cam levha ile kapatılması	• Çimento hamurunu elinizle alınız. • Sıkmadan silindir şeklini vererek le chaletier aletinin içine yerleştiriniz. • Yerleştirirken aletin cam levhadan ayrılmamasına dikkat ediniz. • Sıkıştırma yapmadan tam olarak doldurunuz. • Yüzeydeki fazla çimento hamurunun üst yüzeyini spatula ile testere hareketi yaparak düzeltiniz. • Lastik contayı çıkarınız. • Cam levhayı yağlı yüzeyi çimentoya temas edecek şekilde kapatınız. • Dengede durması için üzerine en fazla 75 g'lık ağırlık koyunuz.	

 Numunenin 24 saat suda bekletilmesi	• Deney numunelerinin birbiri ile temas etmemesine dikkat ediniz. • Su seviyesinin le chaletier aletinin üstünde olduğuna emin olunuz. • Su sıcaklığını 20±1 °C'de sabit tutunuz.	
 İlk ölçümün (A) yapılması	• Numuneyi sudan çıkarınız. • Cam levhaları ayırırken dikkat ediniz. • Kumpas veya milimetrik cetvel ile çubuk uçları arasındaki mesafeyi ölçünüz. • 0,5 mm'ye yuvarlayarak değeri yazınız. • Deney başlangıcında bir açıklık var ise bu değeri ölçüm değerinden çıkararak A değerini kaydediniz.	
 Numunenin kaynatılması	• Kaynatma süresince su seviyesinin numune yüzeyinin üstünde olmasına dikkat ediniz. • Kaynatma suyunu 30 dakikada kaynama sıcaklığına getiriniz. • 3 saat süre ile numuneyi kaynatınız. • Bu sürelerde zaman aşımlarının 5 dakikayı geçemeyeceğini unutmayınız.	
  Kaynatma sonunda ölçümlerin yapılması	• Kaynama sonrası numuneyi dışarı alınız ve numune sıcakken çubuk uçlarını ölçerek (B) 0,5 mm hassasiyetle kaydediniz. • Numune oda sıcaklığına geldiğinde çubuk uçlarını tekrar ölçerek (C) 0,5 mm hassasiyetle kaydediniz.	
Deney araç ve gereçlerinin temizliği	• Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

14.2. ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ DENEYİ (TS EN 196-6)

Özgül yüzey tayini deneyi, çimento tanelerinin inceliğinin belirlenmesi amacıyla blaine aleti ile **TS-EN 196-6**'ya göre yapılır. Sıkıştırılmış hücre yatağından geçen sürenin **(t)** ölçülmesi yöntemi kullanılır. Geçirgenlik süresinin (t) uzun olması çimento tanelerinin ince olduğu dolayısıyla aralarında boşluk oranının az olduğu anlamına gelmektedir. İnce çimento taneleri, hidrolik bir bağlayıcı olan çimentonun su ile daha kolay reaksiyona girmesi ve erken dayanım kazanmasını sağlayacaktır.

$$"S = (K/d) \cdot (\sqrt{e^3}/(1-e)) \cdot (\sqrt{t}/\sqrt{0{,}1 \cdot \eta}"$$

Yukarıdaki formül ile hesaplanan özgül yüzey alanında (S), çimentonun geçirgenlik süresi (t) blaine aleti kullanılarak bulunur. Özgül yüzey alanının yüksek çıkması, çimento tanelerinin ince öğütüldüğü anlamına gelmektedir. formüldeki diğer değerler önceden verilmiş veya hesaplanmış olmalıdır.

14.2.1. Deney Araç Gereci

Blaine Aleti: Manometre, pompa, hücre, piston, hücre yuvası ve delikli diskten oluşur. Kullanım kolaylığı nedeniyle sektörde (çimento fabrikaları, hazır beton santralleri vb.) otomatik blaine (Görsel 14.4) yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak **TS-EN 196-6'**ya göre deneylerin Görsel 14.5'te görülen blaine aleti ile yapılması esas alınmalıdır. Bu nedenle deneyler otomatik blaine makinesi ile yapılacaksa belli aralıklarla bu aletin klasik blaine aleti ile doğrulanması gerekir.



Görsel 14.4: Otomatik blaine aleti



Görsel 14.5: Manuel blaine aleti



Görsel 14.6:Hücre

Hücre: Paslanmaz çelik veya aşınmaya dayanıklı malzemeden yapılmış olmalıdır. Alt ve üst yüzleri, düz ve silindirin eksenine dik olmalıdır. İçerisine sıkıştırılmış çimento numunesi konulacaktır (Görsel 14.6).



Görsel 14.7: Piston

Piston: Piston, hücrenin içine serbestçe girebilecek durumda olmalıdır. Paslanmaz çelik veya diğer aşınmaya dayanıklı paslanmaz metalden yapılmalıdır. Hücre içindeki çimento numunesini sıkıştırmak için kullanılır (Görsel 14.7).



Görsel 14.8: Delikli disk

Delikli Disk: Paslanmaz metalden yapılır, üzerinde 1 mm çapında 30-40 delik bulunur. Hücre tabanına yerleştirildiğinde düzlem yüzeyleri hücrenin tabanına dik olmalıdır (Görsel 14.8).



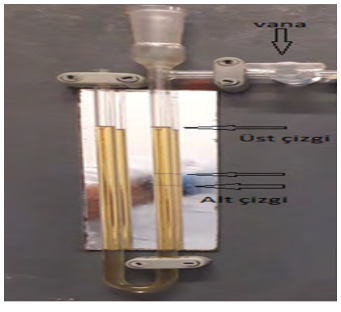
Görsel 14.9: Tıpa

Tıpa: Kesik koni şeklinde, hücre yuvasına uygun ebatta ve mantardan yapılmış olmalıdır (Görsel 14.9).



Görsel 14.10: Filtre kâğıdı

Filtre Kâğıdı: Hücre boyutlarına uygun olarak çevresi düzgün kesilmiş, orta porozitede ve dairesel olmalıdır. Çimento numunesi filtreler arasında sıkıştırılacaktır. İki adet filtre kâğıdı kullanılacaktır (Görsel 14.10).



Görsel 14.11: Manometre

Manometre Sıvısı: Düşük viskozite ve yoğunlukta, ince madenî (motor) yağ kullanılmalıdır. Madenî yağın manometre içerisine 24 saat öncesinden doldurulmuş olması gerekir. Sıvı, manometre borusunun iki ucundaki üst çizgilere kadar doldurulmalı ve boru uçlarındaki sıvı seviyelerinin eşit olduğu gözlenmelidir (Görsel 14.11).



Görsel 14.12: Gres yağı

Gres Yağı: Hücre ile manometre yuvası arasındaki hava geçirgenliğini önlemek için kullanılır (Görsel 14.12). Gres yağı yerine vazelin de kullanılabilir.



Görsel 14.13: Hassas terazi

Hassas Elektronik Terazi: 1 mg (0,001 g) hassasiyette ve etrafı cam panellerle kapalı olmalıdır. Çimento numunesinin hassas tartımında kullanılacaktır (Görsel 14.13).

Cam huni, küçük bakkal küreği, numune kabı, kronometre, cımbız ve temiz bez kullanılmaktadır.

14.2.2. Deneyin Yapılışı

Deneye başlamadan önce dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

- Blaine aletinin kalibrasyonu yapılmış olmalı, K sabiti bilinmelidir.
- Deneyde kullanılacak çimento numunesinin özgül ağırlığı (d) hesaplanmış olmalı veya özgül ağırlığı bilinen çimento kullanılmalıdır.
- Deneyde kullanılacak çimento numunesinin kütlesi hesaplanmalıdır.

$$M_ç = (V \cdot d) \cdot (1-e)$$

Mç: 0,001 g duyarlılıkta çimento deney numunesi kütlesi
V: Kalibrasyon yapılırken kullanılan referans deney numunesi hacmi (cm^3)
d: Çimento deney numunesi özgül ağırlığı (g/cm^3)
e: Gözeneklilik (0,5 olarak kullanılır.)

ÖRNEK: Özgül ağırlığı 3,16 g/cm^3 olarak bilinen hücre içine sıkıştırılmış referans çimento numunesinin yüksekliği 15,5 mm olarak ölçülmüştür. Deneyde kullanılacak olan çimento numunesinin kütlesini hesaplayınız. (Hücre iç çapı=12,6 mm) (e=0,5)

VERİLENLER	İSTENEN
d= 3,16 g/cm^3	Mç=?
R=12,6 mm	
h=15,5 mm	
ÇÖZÜM	
$V = \pi.r^2.h$	Mç=(V . d) . (1-e)
$V=3,14.(6,3)^2.15,5$	Mç=(1,932.3,16).(1-0,5)
$V=1931,7\ mm^3$	Mç=3,052 g
$V=1,932\ cm^3$	

Deneyin Yapılışı

- Laboratuvar sıcaklığı ve nem değeri kaydedilir.
- Kütlesi önceden hesaplanmış deney numunesi, hassas terazide tartılır.
- Hücre içerisine delikli disk yerleştirilir.
- Filtre kâğıdı dikkatlice disk üzerini örtecek şekilde hücreye yerleştirilir.
- Deney numunesi huni yardımıyla hücre dışına dökülmeden ve çimentoyu tozlandırmadan hücre içine doldurulur.
- Numunenin hücre içine tam anlamıyla yerleşmesini sağlamak için hücre her beş vuruş sonrası kısa ara verilerek toplamda yirmi beş defa masaya hafif hafif vurulur.
- Numunenin üzerine dikkatlice ikinci filtre kâğıdı yerleştirilir.
- Piston hücre içine yerleştirilerek numune sıkıştırılır.
- Piston 5 mm geri çekilir, hücre yavaşça 90 °C döndürülür, piston tekrar itilerek sıkıştırma yapılır.
- Bu işlem sonrası piston, hücre eski konumuna getirilerek yavaşça geri çekilir. Hücre ağzı tıpa ile kapatılır.
- Hücre ile manometre yuvasının arasındaki hava sızıntısını önlemek için hücre üst bölümünün çevresine gres yağı sürülür.
- Hücre, manometre yuvasına dikkatlice yerleştirilir.
- Manometre vanası kapalı konuma getirilerek pompa hava ile doldurulur. Sonrasında vana açılarak hava pompası yardımıyla sıvı manometre en alt çizgisine gelene kadar hava verilir.
- Vana kapatılır ve sıvının sabit kalıp kalmadığı kontrol edilir. Eğer sıvı yukarı doğru çıkıyorsa bir yerden kaçak var demektir. Vana ve hücre ağzındaki tıpa kontrol edilmelidir.

- Sıvının sabit olduğu gözlendiği zaman vana açılır, sıvı bir sonraki çizgiye geldiği anda kronometre çalıştırılır.
- Sıvı üst çizgiye gelip manometrenin her iki ucundaki sıvı hizası eşitlenince kronometre durdurulur.
- Okunan süre (t) 0,2 saniye hassasiyetle sıcaklık değeri kontrol edilerek kaydedilir. Hücre yerinden çıkartılmadan bir ölçüm daha yapılarak doğrulama yapılır.
- Aynı numune çimentodan yeni bir deney numunesi tartılarak deney tekrar edilir.
- Deney süreleri özgül yüzey alan formülünde yerine konularak özgül yüzey alan (S) hesaplaması yapılır. İki deney arasındaki özgül yüzey alan değeri %2'den az olmalıdır. Bu sağlanamazsa deney, birbiri arasındaki fark %2'den az olan iki sonuç elde edilinceye kadar devam ettirilmelidir.
- Sonuçlar deney raporuna kaydedilir (Tablo 14.3).

ÖZGÜL YÜZEY ALANI FORMÜLÜ

$$S = \frac{K.\sqrt{e^3.t}}{d.(1-e).\sqrt{\eta}}$$

S: Çimentonun özgül yüzey alanı (cm²/g)
K: Kalibrasyonda referans çimento numunesi ile tespit edilen sabit değer (cm/sn.)
D: Çimentonun özgül ağırlığı (g/cm³)
e: Gözeneklilik değeri (0,5 olarak kullanılır.)
t: Blaine deneyi sonrasında ölçülen geçirgenlik süresi (sn.)
η: Havanın vizkozitesi (Tablo 14.3)

Tablo 14.3: Sıcaklık-Hava Vizkozitesi Bağlantı Tablosu

Sıcaklık (°C)	Havanın Vizkozitesi(η)
18	0,0001810
19	0,0001815
20	0,0001819
21	0,0001824
22	0,0001829

ÖRNEK: 20 °C olan laboratuvar ortam sıcaklığında yapılan blaine deneyinde, aşağıdaki değerlere ulaşılmıştır. Bu değerlere göre deneyde kullanılan çimentonun özgül yüzey alanını hesaplayınız.

VERİLENLER
K Sabiti: 18,652 cm/sn.
d: 3,15 g/cm³
e: 0,5
t: 82,4 sn.

İSTENEN
S: ?

Çözüm: $S = \frac{K.\sqrt{e^3.t}}{d.(1-e).\sqrt{\eta}} = \frac{18{,}652.\sqrt{0{,}5^3.82{,}4}}{3{,}15.(1-0{,}5).\sqrt{0{,}0001819}} = \frac{59{,}686}{0{,}021} = 2842{,}21\ cm^2/g$

14.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 14.4: Deney Raporu

Deney Adı	Özgül Yüzey Alanı Tayini Deneyi
Standart No.	TS EN 196-6

Rapor Numarası	Numunenin Alındığı Yer	Numunenin Alındığı Tarih	Deney Tarihi/ Saati	Çimento Çeşidi

Değerler	1. Deney	2. Deney
Laboratuvar Sıcaklığı		
Numune Özgül ağırlığı (d)		
Numune Hacmi (V)		
Numune Kütlesi (Mç)		
Hava Vizkozitesi (n)		
Gözeneklilik (e)		
K Sabiti Değeri		
Geçirgenlik Süresi (t)		
Numunenin Özgül Yüzey Alanı (S)		

Deney Sonucunu Etkileyebilecek Faktörler:

Deneyi Yapan		Kontrol Eden / Onay
Adı Soyadı		
İmza		

2. DENEY UYGULAMASI

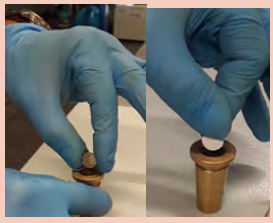
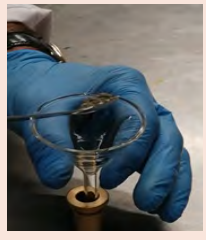
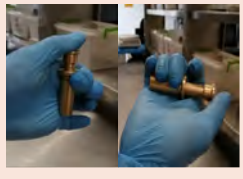
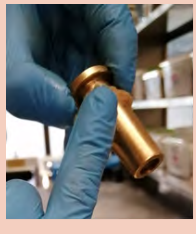
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21710

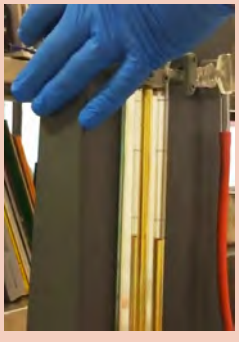
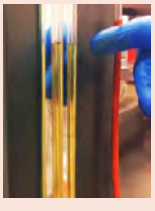
Öğretmeninizin önerdiği iki farklı çimento çeşidi ile özgül yüzey alanı tayini deneyinde çimentoların geçirgenlik sürelerini tayin ediniz. Deney sonucunda öğretmeninizin verdiği veya hesapladığınız diğer değerler üzerinden çimentonun özgül yüzey alan hesabını yapınız. Çimento çeşitleri arasında karşılaştırma yapınız.

Deney Adı : Çimento Özgül Yüzey Alanı (Blaine) Deneyi

Deney Süresi : 30 dk.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel nedenlerden ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Her deney öncesinde laboratuvar sıcaklığının 20±2 °C olmasını ve nem oranının en az %65 olmasını sağlayınız. • Laboratuvarın ciddi bir çalışma ortamı olduğu unutulmamalıdır. Deney sırasında şakalaşma, başka şeylerle ilgilenme, düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek şekilde hareket ve davranışlarda bulunmayınız. • Deney sırasında beklenmeyen bir durum ortaya çıktığında hemen laboratuvar öğretmenine haber veriniz. • Numune veya malzeme alımında daima temiz araç gereç kullanınız, aynı araç gereci temizlemeden başka bir madde içine sokmayınız.	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Blaine manometre sıvısının tam olduğunu kontrol ediniz. • Pompayı kontrol ediniz. • Hücrenin, pistonun ve delikli diskin temiz olduğundan emin olunuz.	
 Çimento numunesinin tartılması	• Deney numunesi olarak kullanacağınız çimentoyu kapalı bir kapta iyice sallayıp dinlendirdikten sonra tartım için numune alınız. • Terazinin 0,001 g duyarlılıkta ve etrafının kapalı olmasına dikkat ediniz. • Tartım esnasında içeride hava akımı oluşmamasına dikkat ediniz.	

 Hücre içerisine delikli disk ve filtre kâğıdının konulması	• Delikli diskin tam yerleştiğinden emin olunuz. • Filtre kâğıdının tam dairesel kesitli olmasına dikkat ediniz. • Fitre kâğıdını yerleştirirken gerekiyorsa cımbız kullanınız.	
 Numunenin hücre içerisine yerleştirilmesi	• Bu işlemde huni kullanınız. • Numunenin tozumamasına ve dışarı dökülmemesine çok dikkat ediniz. • Kuru ve temiz bir yüzeyde doldurma işlemini yapınız.	
 Numune içindeki havanın çıkarılması ve ikinci filtre kâğıdının yerleştirilmesi	• Hücreyi, delikli diski ve filtre kâğıdını oynatmayacak şiddette temiz ve kuru bir yüzeye vurunuz. • Hücrenin dik olmasına dikkat ediniz. • Her beş vuruş sonrası kısa süre durunuz. • 5x5=25 vuruş yapınız. • Bu işlem sırasında dışarıya numune dökülmemesine dikkat ediniz. • İkinci filtre kâğıdını numunenin üstüne yerleştiriniz.	
 Numunenin sıkıştırılması	• Hücre dik konumdayken pistonu yerleştirip başparmağınızla sıkıştırınız. • Pistonu 5 mm geri çekiniz. Bu işlemi yaparken hücrenin dik konumda olmasına dikkat ediniz. • Hücreyi 90 °C çevirip pistonu iterek tekrar sıkıştırma yapınız. • Hücreyi dik konuma getirip pistonu yavaşça çıkartınız.	
 Gres yağının kullanılması	• Dış yüzeyi kesik huni şeklinde olan hücrenin üst yüzeyine yakın bölgeyi, yüzeyde tabaka oluşturacak şekilde gres yağı ile yağlayınız.	

 Hücrenin blaine aletine yerleştirilmesi	• Hücre ağzını tıpa ile kapatınız. • Hücreyi yerleştirmeden önce manometre musluğunun açık konumda olmasına dikkat ediniz. Aksi takdirde manometre içindeki yağ taşacaktır. • Hücreyi manometrenin yuvasına yerleştiriniz. Hafifçe bastırıp tam oturmasını sağlayınız. • Aşırı zorlamada manometrenin kırılacağını unutmayınız. • Manometrenin ağzından taşan gres yağını hava sızıntısını önleyecek şekilde yayınız.	
 Sızdırmazlık kontrolü	• Vanayı kapatınız. • Pompayı şişiriniz. • Vanayı açarak ve pompayı da avucunuzun içinde hafifçe sıkarak manometre sıvısını en alt çizgiye kadar getirip vanayı kapatınız. • Manometre içindeki sıvının hareket etmediğinden emin olunuz. • Sıvı, vana kapalıyken ve tıpa varken hareket ediyorsa sızıntı olduğu anlamına gelir. • Sızıntının tıpadan, vanadan veya hücre yuvasından olabileceğini unutmayınız.	
  Geçirgenlik süresinin (t) ölçümü	• Kronometreyi sıfırlamayı unutmayınız. • Sızıntı olmadığından emin olduktan sonra tıpayı çıkartınız. • Manometre sıvısı hareketini takip ediniz. • Sıvı ilk çizgiye yükseldiğinde manometreyi çalıştırınız. • Sıvı üst çizgiye gelip hareket durunca ve manometrenin her iki ucundaki sıvı eşitlenince kronometreyi durdurunuz. • Ölçülen süreyi 0,2 sn. hassasiyetle kaydediniz. • Numuneyi çıkarmadan ölçme işlemini tekrarlamayı unutmayınız.	
Deney araç gerecinin temizliği	• Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, gerekli hesaplamaları yaparak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

14. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Aşağıdakilerden hangisi hacim sabitliği deneyi referans standart numarasıdır?

A) 196-2
B) 196-3
C) 196-5
D) 196-6
E) 196-9

2. Çimentolarda özgül yüzey alanının hesaplanmasında esas alınan standart numara aşağıdakilerden hangisidir?

A) 196-3
B) 196-5
C) 196-6
D) 196-8
E) 196-9

3. Le chaletier deney yönteminde deney, kaç kez tekrar edilmelidir?

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

4. Hacim sabitliği deneyinde le chaletier aleti esnekliği kontrol edilirken 100 g ağırlık asılması sonucunda çubuklar arası kabul edilebilir açıklık değerleri (a) aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) 15 mm ≤ a ≤ 20 mm
B) 20 mm ≤ a ≤ 25 mm
C) 25 mm ≤ a ≤ 30 mm
D) 30 mm ≤ a ≤ 35 mm
E) 35 mm ≤ a ≤ 40 mm

5. Aşağıdakilerden hangisi blaine deney aletinde bulunan manometre içine konulacak uygun sıvıdır?

A) Su
B) İspirto
C) Gaz yağı
D) Gres yağı
E) Madenî (motor) yağ

6. Blaine deneyinde filtre kâğıtlarının yerleştirilmesi ile ilgili doğru uygulama aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?

A) Delikli diskin altına ve üstüne gelecek şekilde
B) Delikli disk yerleştirildikten sonra birbiri üstüne gelecek şekilde
C) Çimento yerleştirildikten sonra üst üste gelecek şekilde
D) Delikli disk yerleştirildikten sonra ve çimento yerleştirildikten sonra
E) Delikli disk yerleştirildikten sonra ve çimento miktarının yarısı yerleştirildikten sonra

7. Blaine deneyinin yapılış amacı aşağıdaki seçeneklerden hangisidir?

A) Çimentonun priz sürelerini belirlemek
B) Çimentonun genleşmesini tespit etmek
C) Çimentonun inceliğini hesaplamak
D) Çimentonun pişirme ısısını tespit etmek
E) Çimentonun özgül ağırlığını hesaplamak

8. Hacim sabitliği deneyinde C-A'nın kabul edilebilir değeri hangi seçenekte verilmiştir?

A) C-A < 1 mm
B) C-A < 3 mm
C) C-A < 5 mm
D) C-A < 10mm
E) C-A < 15 mm







15. ÖĞRENME BİRİMİ

ÇİMENTO ÖZGÜL AĞIRLIK VE TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ

KONULAR

15.1. ÇİMENTOLARDA ÖZGÜL AĞIRLIK TAYİNİ DENEYİ
15.2. ÇİMENTOLARDA TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ
15.3. ÇİMENTODA EĞİLMEDE ÇEKME VE BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Çekme ve basınç deneyi
- Le chaletier balonu
- Özgül ağırlık
- Tane büyüklüğü

GİRİŞ

Çimentonun özgül ağırlığı ve tane büyüklüğü gibi fiziksel özellikleri betonun kullanım alanını ve gerekli karışım suyu miktarını doğrudan etkilemektedir. Çimentonun çekme ve basınç dayanımı gibi mekanik özellikleri de betonun dayanımını, durabilitesini doğrudan etkilemektedir.

15.1. ÇİMENTOLARDA ÖZGÜL AĞIRLIK TAYİNİ DENEYİ

Deneyin amacı, 1 cm³ hacmindeki boşluksuz çimentonun gram olarak ağırlığının bulunmasıdır. Çimentonun gereğinden ağır olması, birim hacim agregaya konacak çimento miktarını azaltır. Bu da bağlayıcı olarak kullanılacak olan çimentonun azalmasına neden olur. Çünkü çimentolar betona katılırken hacim olarak değil, ağırlık olarak katılmalıdır. Özgül ağırlığı fazla olan çimentonun hacmi az olacağından beton için uygun olmaz.

Bu deney le chatelier balonu veya piknometre kullanılarak iki şekilde yapılabilir. Esas olan le chatelier balonu ile yapılmasıdır. Çünkü hata yapma oranı az ve sonuçları daha kesindir. Ancak bu yöntem fazla zaman aldığı için özellikle sık periyotlarla çok sayıda numunenin özgül ağırlığının bulunmasının istendiği çimento fabrikaları vb. yerlerde piknometre ile özgül ağırlık tayini tercih edilmektedir. Bu deney **TS EN 196-3** standardına göre yapılır.

15.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Le Chatelier (Lö Şötölye) Balonu: Altı şişkin (balon biçiminde), üstü mezür şeklinde ölçeklendirilmiş, saydam cam veya sert plastikten yapılmış olmalıdır (Görsel 15.1).

Çimento ile Reaksiyona Girmeyen Sıvı: Gaz yağı, neft, terebentin, mazot vb. sıvılardır.

Cam Beher: Su banyosu olarak kullanmak için içine le chatelier balonunun gireceği büyüklükte olmalıdır.

Çimento Numunesi: Etüv kurusu olacak şekilde, 64 g kullanılacaktır.



Görsel 15.1: Le chatelier balonu



Görsel 15.2: Spatül

Spatül: Çimento deney numunesini le chatelier balonu içerisine doldurmak için kullanılacaktır (Görsel 15.2).

Terazi: 0,001 mg hassasiyetli olmalıdır.

Termometre: 0,1 °C duyarlı olmalıdır.

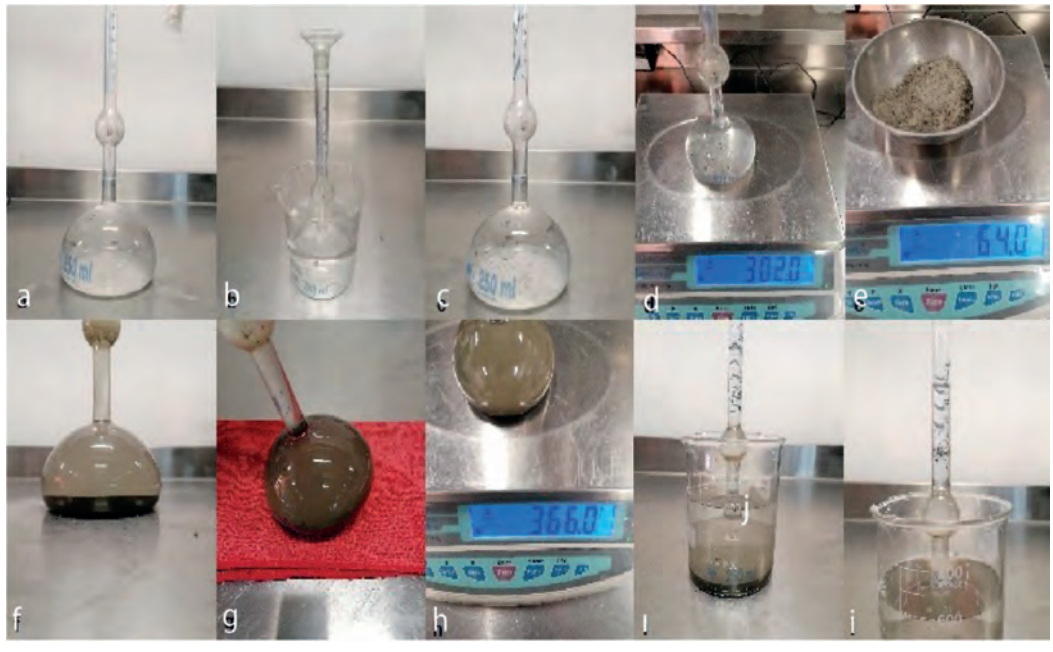
Etüv: 105±5 °C ayarlanabilir nitelikte olmalıdır.

15.1.2. Deneyin Yapılışı

- Yaklaşık 150-200 g (en az iki deney yapmaya yetecek miktar) laboratuvar numunesi sabit sıcaklığa gelene kadar etüvde kurutulur.
- Etüvde kurutulan laboratuvar numunesi, rutubetsiz bir ortamda soğuması için desikatör içerisine koyulur.
- Boş ve kuru le chatelier balonu, deneyde kullanılacak sıvı ile 0-1 mililitre çizgileri arasında bir yere kadar doldurulur (Görsel 15.3a).
- İçi deney sıvısı dolu le chatelier balonunun kapağı kapatılarak sıcaklığı 20±2 °C olan su

banyosu içerisine koyulur; içindeki sıvı, sabit sıcaklığa ve sabit seviyeye gelene kadar bekletilir (Görsel 15.3b).

- Le chatelier balonu içindeki sıvı, sabit sıcaklığa ve sabit seviyeye geldikten sonra le chatelier balonu üzerindeki mezür kısmından hacim okunur, sonuç V_1 olarak kaydedilir (Görsel 15.3c).
- Le chatelier balonu, su banyosundan çıkarılıp dış kısmı iyice kurulanarak tartılır ve ağırlığı g_1 olarak not edilir (Görsel 15.3d).
- Etüvde kurutulup desikatörde soğutulan laboratuvar numunesinden 64 gram çimento deney numunesi tartılır (Görsel 15.3e).
- Hazırlanan çimento deney numunesinin tamamı dikkatli ve yavaş bir şekilde le chatelier balonu içerisine doldurulur (Görsel 15.3f).
- Deney numunesi doldurulduktan sonra le chatelier balonunun taban kısmı hafifçe bir yüzeye vurularak veya vakum aleti kullanılarak numune içerisindeki havanın dışarı çıkması sağlanır (Görsel 15.3g).
- Le chatelier balonu, içindeki sıvı ve deney numunesi ile tartılır; ağırlığı g_2 olarak not edilir (g_2- g_1=64 g olmalıdır, eksik çıkarsa numune eklemesi yapılmalıdır.) (Görsel 15.3h).
- Deney numunesi le chatelier balonu içerisine eksiksiz olarak doldurulduktan sonra le chatelier balonunun kapağı kapatılarak balon tekrar su banyosu içerisine koyulur ve içindeki sıvı ile numune sabit sıcaklığa gelene kadar bekletilir (Görsel 15.3ı).
- Le chatelier balonu içindeki sıvı ile numune, sabit sıcaklığa ve sabit seviyeye geldikten sonra le chatelier balonu üzerindeki mezür kısmından hacim okunur; V_2 olarak kaydedilir (Görsel 15.3i).
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır, aletler bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır.



Görsel 15.3: Çimentolarda özgül ağırlık deneyi

Deney Hesaplamalarının Yapılması

Çimentonun özgül ağırlığı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$d = m / (V_2 - V_1)$$

d : Çimento özgül ağırlık (g/cm³)

m : Çimento deney numunesi ağırlığı (g)

$\mathbf{V_1}$ **:** İlk okunan hacim (Le chatelier balonu içinde sadece deney sıvısı varken okunan hacim) (cm³)

$\mathbf{V_2}$ **:** Son okunan hacim (Le chatelier balonu içinde deney sıvısı ve çimento deney numunesi varken okunan hacim) (cm³)

Not: 1 mL = 1 cm³

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar

- 64 g çimento deney numunesinin tamamı, le chatelier balonu içerisine eksiksiz bir şekilde doldurulmalıdır.
- Deney numunesi doldurulurken le chatelier balonunun taksimatlı mezür kısmı, çimentonun yapışmaması için tamamen kuru olmalıdır.
- Çimento numunesini daha rahat bir şekilde le chatelier balonu içerisine doldurmak için cam huni kullanılabilir.
- Çimento deney numunesi içerisinde asla rutubet olmamalıdır, etüv kurusu numune kullanılmalıdır.
- Çimento deney numunesinde topaklanmalar olmamalıdır, varsa topaklanmalar ezildikten sonra le chatelier balonu içerisine doldurulmalıdır.
- Deney numunesi doldurulurken le chatelier balonu hafifçe çalkalanarak ve yerinde döndürülerek çimento numunesinin balonunun taksimatlı mezür kısmına yapışması önlenmelidir. Çimento kaşığı kesinlikle cam balona vurulmamalıdır, darbe neticesinde cam balon kırılabilir.
- Hacim okumaları yapılırken le chatelier balonu mutlaka dik pozisyonda olmalıdır.
- Deneyde 64 gramdan fazla çimento kullanılmışsa deneye devam edilir. Ölçülen bu ağırlık numune ağırlığı olarak kabul edilir.
- Deney, aynı çimento numunesi üzerinde iki defa yapılmalıdır ve iki deney sonucu arasında %1'den (0,01 g/cm³) fazla fark olmamalıdır.
- Deney numunesi sıcak hâlde kullanılmamalıdır, desikatörde soğutulup kullanılmalıdır.

15.1.3. Deney Raporu Hazırlama

Çimentolarda özgül ağırlık deneyleri için Tablo 15.1'deki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 15.1: Deney Raporu

Deney Adı	Çimentolarda Özgül Ağırlık Tayini Deneyi
Standart No.	TS EN 196-3

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı		
Numune Kayıt No.		Kullanılan Alet	Le Chatelier Balonu	
			Piknometre	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı		
Deney Saati		Laboratuvar Nemi		

m = Çimento Deney Numunesi Miktarı (g)	
V_1 = İlk Okunan Hacim (Sadece sıvının hacmi) (cm^3)	
V_2 = Son Okunan Hacim (Sıvı + çimento deney numunesinin hacmi) (cm^3)	
V_2-V_1 = Çimento Deney Numunesinin Hacmi (cm^3)	
d = Çimento Özgül Ağırlık (g/cm^3)	

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

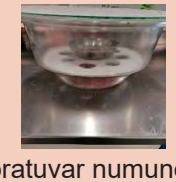
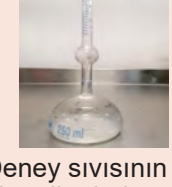
1. DENEY UYGULAMASI

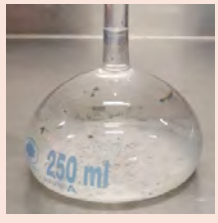
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21712

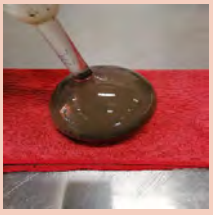
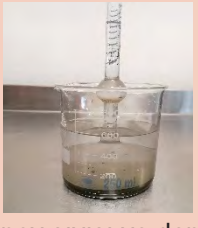
Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin özgül ağırlık tayini deneyini, le chatelier balonuyla standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Çimentolarda Özgül Ağırlık Tayini Deneyi

Deney Süresi : 10 dakika uygulama, 1 saat bekleme, 20 dakika uygulama, 1 saat bekleme

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. • Laboratuvarda çalışırken önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapatınız. Önlük üzerine başka giysiler giymeyiniz. • Laboratuvarlarda, içinde kimyasal madde olan hiçbir kabı etiketsiz bırakmayınız. Kullanmadan önce etiketi dikkatlice okuyunuz. • Kimyasalları bir kaptan başka bir kaba aktardığınızda yeni kabı etiketlendirmeyi unutmayınız. • Kabından alınan kimyasalları kullanmasanız bile hiçbir zaman tekrar orijinal kabına koymayınız, orijinal kabın içerisine pipet daldırmayınız.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	• Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Laboratuvar numunesinin kurutulması	• 150-200 g laboratuvar numunesini 105±5 °C sıcaklıktaki etüve koyunuz ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz.	
 Laboratuvar numunesinin soğutulması	• Etüvden çıkartılan numuneyi, nemsiz bir ortamda soğuması için desikatöre koyunuz.	
 Deney sıvısının Le chatelier balonuna doldurulması	• Le chatelier balonunun 0-1 mililitre çizgileri arasında bir seviyeye kadar deney sıvısını doldurunuz.	

 Deney sıvısı doldurulmuş le chatelier balonunun su banyosuna koyulması	• İçindeki deney sıvısı, sabit sıcaklığa gelene kadar le chatelier balonunu kapağı takılı şekilde 20±2 °C sıcaklıktaki su banyosunda bekletiniz.	
 Deney sıvısının hacminin bulunması	• Le chatelier balonunun üzerindeki mezür kısmından okunan değeri V_1 olarak kaydediniz.	
 Deney sıvısı dolu le chatelier balonunun ağırlığının bulunması	• Le chatelier balonunu su banyosundan çıkarınız, üzerini iyice kuruladıktan sonra tartınız ve değeri g_1 olarak not ediniz.	
  Deney numunesinin le chatelier balonuna doldurulması	• Desikatörden laboratuvar numunesini çıkarınız. • 64 g deney numunesini tartarak le chatelier balonunun içerisine yavaşça doldurunuz.	

 Deney numunesindeki hava boşluklarının çıkarılması	• Le chatelier balonunun tabanını hafifçe bir yüzeye vurarak veya vakum makinesi kullanarak deney numunesinin içindeki hava boşluklarını çıkarınız.	
 Deney numunesinin eksiksiz doldurulduğunun kontrol edilmesi	• Deney numunesi ve deney sıvısı dolu le chatelier balonunu tartınız ve g_2 olarak not ediniz. • "g_2-g_1" değerinin 64 olmasına dikkat ediniz, eksik gelirse tamamlayınız. • Fazla gelmesi durumunda çıkan değeri kullanınız.	
 Deney sıvısı ve deney numunesi dolu le chatelier balonunun su banyosuna koyulması	• Deney numunesi ve deney sıvısı sabit sıcaklığa gelene kadar le chatelier balonunu 20±2 °C sıcaklıktaki su banyosunda bekletiniz.	
 Deney sıvısı ve deney numunesinin toplam hacminin bulunması	• Deney numunesi ve deney sıvısı sabit sıcaklığa gelince le chatelier balonunun üzerindeki mezür kısmından okunan değeri V_2 olarak kaydediniz.	
Deney numunesinin özgül ağırlığının bulunması	• İlgili deney formülünü kullanarak deney numunesinin özgül ağırlık değerini hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

15.2. ÇİMENTOLARDA TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ

Çimento tanelerinin su ile reaksiyona girerek hidratasyon yapabilmesi için belirli bir incelik değerinde olması gerekmektedir. Öğütülen çimento taneleri 1-200 µm (mikron) arası boyutlarda olmaktadır. İncelik kavramı, çimento tanelerinin ortalama boyutlarını ifade etmektedir. Bu deney ile daha çok çimentoların içerdiği iri taneler hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Tane büyüklüğü tayini için 200 µm ve 90 µm boyutlarında iki elek kullanılır.

Bu deney **TS EN 196-6** standardına göre yapılır.

15.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Elek: 200 µm ve 90 µm boyutlarında olmalıdır.

Çimento Numunesi: Etüv kurusu olarak 100 g kullanılacaktır.

Etüv: 105±5 °C ayarlanabilir nitelikte olmalıdır.

Terazi: 0,01 g hassasiyetli, 100 g tartma kapasitesinde olmalıdır.

Numune Toplama Kabı (Pan): 90-200 mikron, eleklerin altına oturabilen, eleklerle aynı metalden yapılmış, 5-6 cm derinlikte ve üstünde kapağı olmalıdır.

Desikatör: Etüvde kurutulan numuneyi rutubetsiz bir ortamda soğutmak için kullanılacaktır.

Kıl Fırça: Elek göz açıklıkları içinde kalan çimento numunelerini çıkarmak ve temizlemek için kullanılacaktır.

Elek Sarsma Makinesi: Makine ile eleme yapılacaksa kullanılır.

15.2.2. Deneyin Yapılışı (Elle Eleme Yöntemi)

- Yaklaşık 250-300 g laboratuvar numunesi sabit sıcaklığa gelene kadar (2 saat) etüvde kurutulur (Görsel 15.4a).
- Etüvde kurutulan laboratuvar numunesi, rutubetsiz bir ortamda soğuması için desikatör içerisine koyulur (Görsel 15.4b).
- Desikatörde soğutulan laboratuvar numunesinden 100 g çimento deney numunesi tartılır (Görsel 15.4c).



Görsel 15.4: Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyi (Elle eleme yöntemi)

- Hazırlanan deney numunesinin tamamı, altında numune toplama kabı bulunan 90 mikronluk elek üzerine boşaltılır (Görsel 15.4d).
- 90 mikronluk eleğin üstü elek kapağı ile kapatılıp altındaki toplama kabı ile dairesel ve

doğrusal hareketlerle döndürülerek yaklaşık 25 dk. alta hiç çimento tanesi geçmeyinceye kadar iyice elenir (Görsel 15.4e).

- Eleme sonunda 90 mikronluk elek üzerinde kalan çimento miktarı boş, temiz ve kuru bir kap içerisine alınarak tartılır ve not edilir.
- Elenip tartılan çimento numunesi tekrar 90 mikronluk elek üzerine koyulur ve aynı şekilde 5 dk. daha elenip üzerinde kalan malzeme tartılır ve not edilir (Görsel 15.4f).
- İki tartma arasında 0,1 gramdan az fark olursa son tartılan değer M_1 olarak deney raporuna kaydedilir.
- 90 mikronluk elek üzerinde kalan deney numunesi (M_1), altında numune toplama kabı bulunan 200 mikronluk elek üzerine boşaltılır (Görsel 15.4g).
- 200 mikronluk eleğin üstü kapak ile kapatılıp altındaki toplama kabı ile dairesel ve doğrusal hareketlerle döndürülerek yaklaşık 5 dakika alta hiç çimento tanesi geçmeyinceye kadar iyice elenir (Görsel 15.4h).
- Eleme sonunda 200 mikronluk elek üzerinde kalan çimento miktarı boş, temiz ve kuru bir kap içerisine alınarak tartılır ve not edilir.
- Tartma işlemi yapıldıktan sonra yaklaşık 1 dk. kadar daha eleme yapılır ve elek üzerinde kalan malzeme varsa önceki tartılan malzeme üzerine eklenerek tekrar tartılır ve not edilir (Görsel 15.4ı).
- İki tartma arasında 0,05 gramdan az fark olursa son tartılan değer M_2 olarak deney raporuna kaydedilir.
- Elek üzerinde kalan değerlerin yüzdeleri belirlenir.
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır; aletler bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır (Görsel 15.4i).

15.2.3. Deneyin Yapılışı (Elek Sarsma Makinesiyle Eleme Yöntemi)

- Deney numunesi hazırlama işlemi, elle eleme yönteminde olduğu gibi aynı şekilde yapılır.
- En üste 200 mikronluk elek, onun altına 90 mikronluk elek, onun altına numune toplama kabı gelecek şekilde üst üste dizilir (Görsel 15.5a).
- Hazırlanan 100 gramlık deney numunesi 200 mikronluk elek üzerine boşaltılır ve üzeri kapak ile kapatılır (Görsel 15.5b).
- Sıralanmış elekler sarsma makinesine yerleştirilir ve elekler makineye sabitlenir (Görsel 15.5c).
- Elek sarsma makinesi çalıştırılarak 15 dk. eleme işlemi yapılır.
- Eleme sonunda, 200 mikronluk elek üzerinde kalan numune tartılır ve M_2 olarak kaydedilir (Görsel 15.5d).
- Eleme sonunda, 90 mikronluk elek üzerinde kalan numune tartılır ve M_3 olarak kaydedilir (Görsel 15.5e).
- Elek üzerinde kalan değerlerin yüzdeleri belirlenir.
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır, aletler bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır.



90 mikronluk elek üstünde kalan toplam numune miktarı (M_1), M_2 ve M_3 değerleri toplanarak hesaplanır. Çünkü elek sarsma makinesiyle eleme yaparken elekleri üst üste koyarak eleme yapıldığı için 200 mikronluk elek üzerinde kalan malzeme otomatik olarak 90 mikronluk elek üzerinde de kalmış olur.



Görsel 15.5: Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyi (Sarsma makinesi ile eleme yöntemi)

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar

- Deney numunesinde topaklanma olmamalıdır, topaklanma varsa eleme yapmadan önce deney numunesi ezilerek topaklanmalar giderilmelidir.
- Eleme işlemi etüvden çıkan sıcak malzeme üzerinde değil, desikatörde soğutulan malzeme üzerinde yapılmalıdır.
- Elek üzerinde kalan deney numuneleri eksiksiz ve hassas bir şekilde tartılmalıdır.
- Elek içerisine madeni para atılarak ve gerektiğinde kıl fırça kullanılarak elek gözlerinin tıkanması önlenmelidir.'
- Bu deneyde kullanılan eleklerin telleri hassas olduğu için eleklerin altları tel fırça ile temizlenmemelidir.
- Aynı deney numunesi ile ikinci bir deney daha yapılmalıdır. İki deney sonucunda, 90 mikronluk elek üstünde kalan yüzde değerlerinin arasında %1'den, 200 mikronluk elek üstünde kalan yüzde değerlerinin arasında %0,3'ten fazla fark olmamalıdır. İki deney sonunda bu şartları sağlayan iki değerin ortalaması alınıp numunenin elek tayini değerleri olarak rapor edilir. Fark bu değerlerden çok ise iki deney yeniden yapılmalıdır.

Deney Hesaplamalarının Yapılması

Eleme işlemi bittikten ve elek üstünde kalan çimento miktarları tartıldıktan sonra elekler üstünde kalan numune yüzdeleri aşağıda verilen formüllerle bulunur. Her iki eleme yönteminde de hesaplama yöntemi aynıdır.

90 mikronluk elek üstü %'si → $(M_1/100)$ .100

200 mikronluk elek üstü %'si → $(M_2/100)$.100

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Eleme yapıldıktan sonra yapılması gerekenler şunlardır:

- 200 µm (mikron) elek üzerinde kalan numune, toplam deney numunesinin %1'ini geçmemelidir.
- 90 µm (mikron) elek üzerinde kalan numune, toplam deney numunesinin %14'ünü geçmemelidir.

Deney sonucunda çıkan değerler bu sınır değerlere eşit veya değerlerin altındaysa o çimentonun tane büyüklüğü uygundur ve beton yapımında kullanılabilir.

15.2.4. Deney Raporu Hazırlama

Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyi için Tablo 15.2'deki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 15.2: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentolarda Tane Büyüklüğü Tayini Deneyi
Standart No.	TS EN 196-6

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı		
Numune Kayıt No.		Kullanılan Yöntem	Elle Eleme	
			Makine ile Eleme	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı		
Deney Saati		Laboratuvar Nemi		
Deney Numunesi Miktarı (g)				

Elle Eleme Yapıldıysa	1. Deney	2. Deney	Ort.	Elek Sarsma Makinesi ile Eleme Yapıldıysa	1. Deney	2. Deney	Ort.
M_1= 90 mikronluk elek üstünde kalan numune miktarı (g)				M_1= 90 mikronluk elek üstünde kalan toplam numune (M_2 + M_3) miktarı (g)			
M_2= 200 mikronluk elek üstünde kalan numune miktarı (g)				M_2= 200 mikronluk elek üstünde kalan numune miktarı (g)			
				M_3= 90 mikronluk elek üstünde kalan numune miktarı (g)			
90 mikronluk elek üstünde kalan numune yüzdesi (%)				90 mikronluk elek üstünde kalan numune yüzdesi (%)			
200 mikronluk elek üstünde kalan numune yüzdesi (%)				200 mikronluk elek üstünde kalan numune yüzdesi (%)			

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

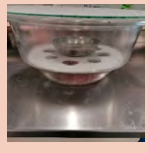
2. DENEY UYGULAMASI

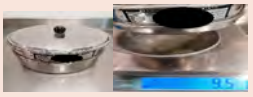
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=26155

Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin tane büyüklüğü tayini deneyini, elle eleme yöntemiyle standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Çimentolarda Tane Büyüklüğü Tayini

Deney Süresi :3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	• Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Laboratuvar numunesinin kurutulması	• 250-300 g arası laboratuvar numunesini 105±5 °C sıcaklıktaki etüve koyunuz ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz.	
 Laboratuvar numunesinin soğutulması	• Etüvden çıkarılan laboratuvar numunesini, nemsiz bir ortamda soğuması için desikatöre koyunuz.	
 Deney numunesinin hazırlanması	• Laboratuvar numunesini desikatörden çıkarınız ve içerisinden 100 g deney numunesi tartınız.	
 90 µm'luk elekte ilk eleme işleminin yapılması ve tartılması	• Hazırlanan deney numunesinin tamamını, altında toplama kabı bulunan 90 mikronluk elek üzerine boşaltınız ve elek kapağını kapatarak 25 dakika eleme işlemi yapınız. • Eleme sonunda elek üzerinde kalan numuneyi tartınız ve not ediniz.	

 90 µm'luk elekte ikinci eleme işleminin yapılması ve tartılması	• Elenen ve tartılan deney numunesinin tamamını aynı şekilde tekrar 90 mikronluk elek üzerine boşaltınız ve 5 dakika daha eleme yapınız. • Eleme sonunda elek üzerinde kalan numuneyi tartınız ve not ediniz.	
 90 µm'luk elek üzerinde kalan numunenin belirlenmesi	• İki eleme sonundaki değerlerin arasında 0,1 gramdan az fark var ise son elemede tartılan değeri M_1 değeri olarak kaydediniz.	
 200 µm'luk elekte ilk eleme işleminin yapılması ve tartılması	• 90 mikronluk elek üzerinde kalan deney numunesini, altında toplama kabı bulunan 200 mikronluk elek üzerine boşaltınız ve elek kapağını kapatarak 5 dakika eleme işlemini yapınız. • Eleme sonunda elek üzerinde kalan numuneyi tartınız ve not ediniz.	
 200 µm'luk elekte ikinci eleme işleminin yapılması ve tartılması	• 200 mikronluk eleği 1 dakika daha eleyiniz ve elek üzerinde kalan numune varsa ilk tartılan numunenin üzerine ekleyip tartınız ve not ediniz.	
 200 µm'luk elek üzerinde kalan numunenin belirlenmesi	• İki eleme sonundaki değerlerin arasında 0,05 gramdan az fark var ise son elemede tartılan değeri M_2 değeri olarak kaydediniz.	
Elek üzerinde kalan numune yüzdelerinin bulunması	• Gerekli deney formüllerini kullanarak 90 ve 200 mikronluk elekler üzerinde kalan deney numunesinin yüzdelerini hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

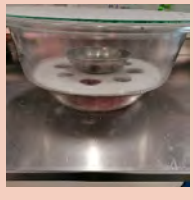
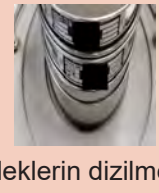
* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

3. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin tane büyüklüğü tayini deneyini, elek sarsma makinesiyle eleme yöntemiyle standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Çimentolarda Tane Büyüklüğü Tayini

Deney Süresi : 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	• Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Laboratuvar numunesinin kurutulması	• 250-300 g arası laboratuvar numunesini 105±5 °C sıcaklıktaki etüve koyunuz ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz.	
 Laboratuvar numunesinin soğutulması	• Etüvden çıkartılan laboratuvar numunesini nemsiz bir ortamda soğuması için desikatöre koyunuz.	
 Deney numunesinin hazırlanması	• Laboratuvar numunesini desikatörden çıkarınız ve içerisinden 100 g deney numunesi tartınız.	
 Eleklerin dizilmesi	• En üste 200 mikronluk elek, altına 90 mikronluk elek ve en alta numune toplama kabı gelecek şekilde dizilimi üst üste yapınız.	

 Deney numunesinin eleklere doldurulması ve eleklerin makineye yerleştirilmesi	• Deney numunesinin tamamını 200 mikronluk elek üzerine boşaltınız. • Elek kapağını kapatınız ve sıralı olarak dizilmiş elekleri sarsma makinesine yerleştirip sabitleyiniz.	
 Eleme işleminin yapılması	• Sarsma makinesini 15 dk. süreyle çalıştırınız.	
 200 µm'luk elek üzerinde kalan numunenin belirlenmesi	• Eleme sonunda 200 mikronluk elek üstünde kalan numuneyi tartınız ve **M_2** değeri olarak kaydediniz.	
 90 µm'luk elek üzerinde kalan numunenin tartılması	• Eleme sonunda 90 mikronluk elek üzerinde kalan numuneyi tartınız ve **M_3** değeri olarak kaydediniz.	
90 µm'luk elek üzerinde kalan toplam numunenin belirlenmesi	• M_2 ve M_3 değerlerinin toplamını **M_1** değeri olarak kaydediniz.	
Elek üzerinde kalan numune yüzdelerinin bulunması $((M_1/100) .100)$ $((M_2/100) .100)$	• Gerekli deney formüllerini kullanarak 90 ve 200 mikronluk elekler üzerinde kalan deney numunesinin yüzdelerini hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerini, bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

15.3. ÇİMENTODA EĞİLMEDE ÇEKME VE BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Deney, çimento harcının basınç ve eğilme dayanımı tayini metodunu kapsar. Asıl amaç çimentonun üretildiği standartta öngörülen 28 günlük basınç dayanımını sağlayıp sağlamadığını kontrol etmektir.

Çimentoların basınç dayanımlarının belirlenmesinde "çimento+standart kum+su" karışımından oluşan harçlar kullanılmaktadır. Bu deney **TS EN 196-1** standardına uygun olarak yapılır.

15.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Su: CEN standart kumunun 1/6'sı oranında damıtık su (225 g) kullanılacaktır.

Çimento Numunesi: Etüv kurusu hâlinde, CEN standart kumunun 1/3'ü oranında (450 g) kullanılacaktır.

CEN Standart Kumu: 1350±5 g ağırlığında, genellikle doğal ve yuvarlak tanelerden oluşan, en az %98 SiO_2 (silisyum dioksit) içeren, özel tane dağılımlı silis kumu (Görsel 15.6) olmalıdır.

Eğilmede Çekme Dayanım Cihazı: Çekme dayanımı cihazı 10 KN yükleme kapasitesinde, 50±10 N/sn. yükleme hızında olmalıdır. Cihaz, birbirinden uzaklığı 100,0±0,5 mm olan 10,0±0,5 mm çapında iki adet çelik mesnet silindir ile her ikisi arasına merkezî olarak yerleştirilen aynı çaptaki bir üçüncü çelik yükleme silindirin oluşturduğu eğilme düzeneğinden ibarettir. Bu silindirlerin uzunluğu 45-50 mm olmalıdır (Görsel 15.7).

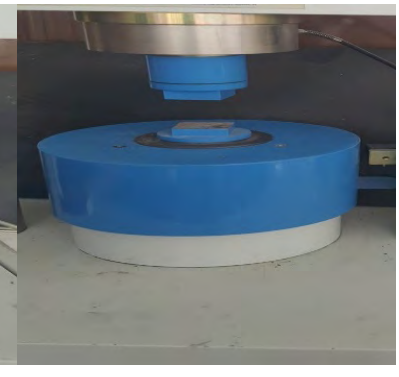
Basınç Dayanım Cihazı: Basınç dayanım cihazı 2400±200 N/sn. yükleme hızında, cihazın plakaları en az 600 HV Vickers sertliğinde, sert çelikten olmalıdır. Bu plakalar en az 10 mm kalınlığında, 40,0±0,1 mm genişliğinde ve 40,0±0,1 mm uzunluğunda olmalıdır. Numune ile temas eden tüm yüzeyi, düzgünlük toleransına göre 0,01 mm olmalıdır (Görsel 15.8).



Görsel 15.6: CEN standart kumu



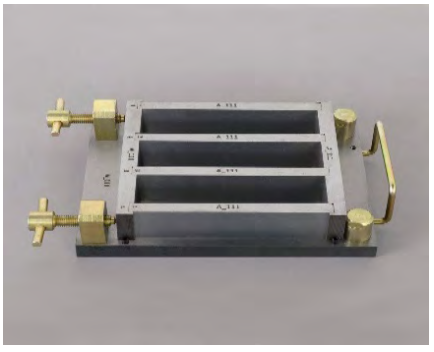
Görsel 15.7: Eğilmede çekme dayanım cihazı



Görsel 15.8: Basınç dayanım cihazı

Harç Kalıbı: Kalıbın, üç adet prizma biçimli numunenin aynı anda hazırlanabilmesi için en kesiti 40±0,1 mm x 40±0,1 mm ve uzunluğu 160±0,8 mm olmalı ve kalıp üç yatay bölümden oluşmalıdır (Görsel 15.9).

Kalıp Sarsma Cihazı: 60 devir/dk.lık sarsma periyodunda 15 mm yükseklikten düşme yapan kalıbın bağlandığı tabladan oluşur. Cihaz üzerinde, ayarlanan düşme sayısına ulaştığında otomatik olarak durmayı sağlayan bir sayaç bulunur (Görsel 15.10).



Görsel 15.9: Harç kalıbı



Görsel 15.10: Kalıp sarsma cihazı

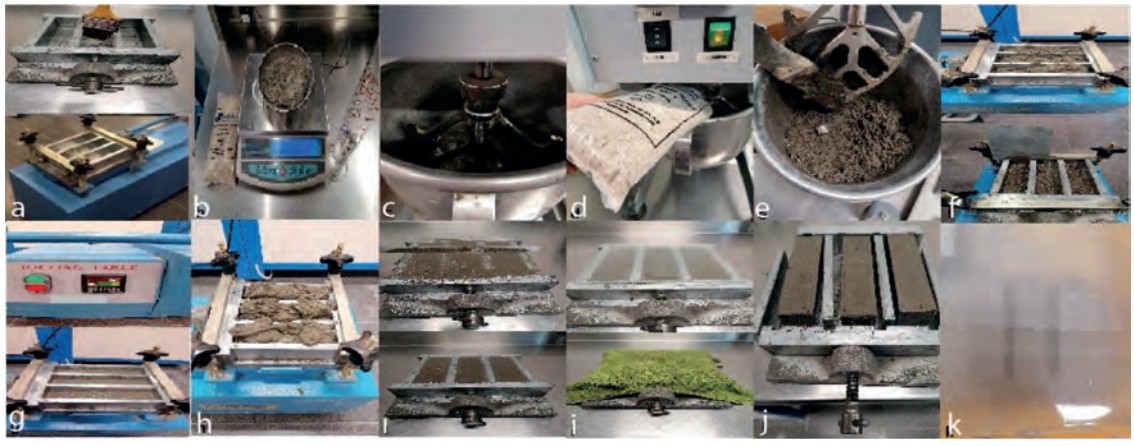
Sıyırma Çubuğu: Hazırlanan harcın kalıplara eşit ve düzgün yayılması için kullanılır.

Deney için ayrıca kür tankı, kronometre, çimento mikseri, cam plak, spatula, terazi, yağ ve kür havuzu kullanılmaktadır.

15.3.2. Deneyin Yapılışı

Harcın ve Prizmaların Hazırlanması

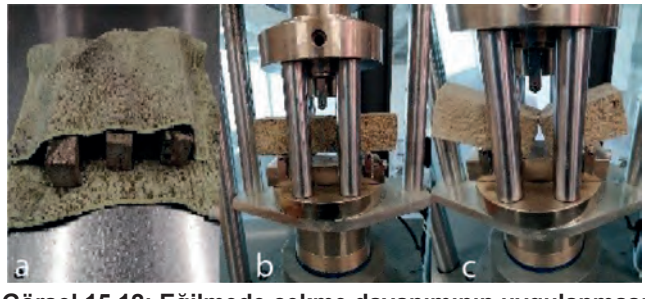
- Harç kalıbının iç ve üst kısımları, yağlanır ve sarsma cihazına bağlanır (Görsel 15.11a).
- Çimento harcını oluşturmak için 225 g su, 450 g çimento, 1350 g CEN standart kum hazırlanır (Görsel 15.11b).
- Çimento mikserinin karıştırma kabına önce su, sonra çimento deney numunesi boşaltılır ve mikser düşük hızda 30 saniye çalıştırılır (Görsel 15.11c).
- Süre sonunda mikser çalışmaya devam ederken 30 sn. içinde CEN standart kumu, su ve çimento üzerine eklenir (Görsel 15.11d).
- Standart kum eklendikten sonra mikser yüksek hıza alınır ve 30 sn. daha çalıştırılır. (Farklı karıştırma hızlarının ayarlanması±1 sn. içinde olmalıdır.)
- 90 sn. sonunda mikser durdurulur ve karıştırma kabının iç kenarlarına ve palet üzerine yapışan çimento harcı kabın ortasına doğru 15 sn. içerisinde sıyrılır (Görsel 15.11e).
- Çimento mikseri yüksek hızda 60 saniye çalıştırılır. Böylece toplam 150 sn. (2,5 dakika) karıştırma sonucunda harç, kalıplara doldurulmak üzere hazır hâle getirilmiş olur.
- Hazırlanan çimento harcı, harç kalıbının her bir bölmesine yaklaşık yarısını dolduracak şekilde doldurulur ve yayıcı aparat ile her bölmeye düzgün şekilde yayılarak yerleştirilir (Görsel 15.11f).
- Sarsma cihazı, 60 düşüşe ayarlanıp çalıştırılır ve otomatik olarak 60 sarsma (düşüş) yapılarak harcın ilk sıkıştırma işlemi yapılır (Görsel 15.11g).
- Kalıbın geri kalan kısmı, bir miktar taşacak kadar doldurulur ve yayıcı aparat ile her bölmeye düzgün şekilde yayılarak yerleştirilir. Harç kalıbı üst başlığı yoksa kalıbın tamamı bir miktar taşacak kadar doldurulur ve sarsma işlemi uygulanır (Görsel 15.11h).
- Sarsma cihazı 60 düşüşe ayarlanıp çalıştırılır ve otomatik olarak 60 sarsma (düşüş) yapılarak harcın ikinci sıkıştırma işlemi yapılır.
- Kalıp, sarsma makinesinden alınır. Kalıbın üzerindeki fazla harç, testere yöntemiyle sıyrılarak spatulayla temizlenir. Kalıp üzerine tanıtıcı etiketleri yapıştırılır (Görsel 15.11ı).
- Kalıbın üzeri, cam plak ile kapatılarak 20±1 °C sıcaklıkta ve en az %90 neme sahip kür tankında 20-24 saat bekletilir. Kür tankı yoksa kalıbın üzeri, cam plak ile kapatılır ve üzeri ıslak bezle örtülerek 20-24 saat bekletilir (Görsel 15.11i).
- Harç prizmaları, 20-24 saat sonra kalıbın kenarları sökülerek kalıptan çıkarılır (Görsel 15.11j).
- Kalıptan çıkarılan prizma numuneleri 20±1 °C'deki kür havuzuna yerleştirilir ve kırım gününe kadar kür havuzunda bekletilir (Görsel 15.11k).



Görsel 15.11: Harcın ve prizmalarının hazırlanması

Eğilmede Çekme Dayanımının Uygulanması

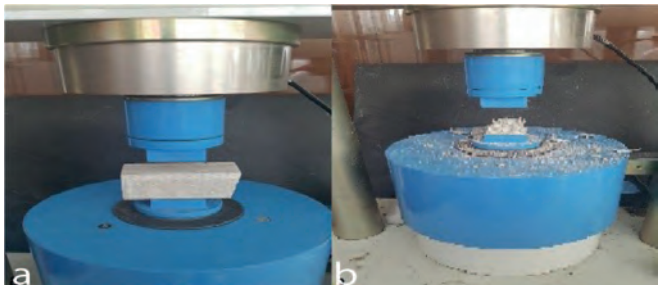
- Eğilme dayanımını bulmak için tek noktadan (merkezî) yükleme metodu kullanılır. Eğilme deneyi 50±10 N/sn. yükleme hızında yapılmalıdır.
- Harç prizmaları, ilgili yaşa ait deney tolerans zamanları içinde, kırılmalarına 15 dakika kala kür havuzundan çıkarılır ve kırım yapılana kadar nemli bir bez altında saklanır (Görsel 15.12a).
- Harç prizmaları, kalıptan çıkmış yan yüzeylerinden biri üzerine ve uzunluk ekseni destek silindirler eksenine dik gelecek şekilde cihaza yerleştirilir. Cihaz çalıştırılır (Görsel 15.12b).
- Harç prizması, cihazın üstten uyguladığı kuvvet ile iki parçaya bölünür (Görsel 15.12c).
- Cihazın verdiği eğilme mukavemeti değerini, ilgili formülde kullanarak numunenin eğilmede çekme dayanım değeri hesaplanır.
- Diğer iki harç prizması da aynı şekilde eğilme cihazına yerleştirilip kırılarak eğilme dayanım değerleri hesaplanır.
- İki parçaya bölünmüş olan yarım prizmalar, basınç dayanım deneyine kadar ıslak bir bezle sarılarak muhafaza edilir.



Görsel 15.12: Eğilmede çekme dayanımının uygulanması

Basınç Dayanımının Uygulanması

- Basınç dayanımı 2400±200 N/sn. yükleme hızında yapılmalıdır.
- Eğilmede çekme mukavemeti tayini deneyinde iki parçaya bölünmüş olan yarım prizma, kalıp yüzeyleri basınç uygulayan yüzeylere temas edecek şekilde basınç dayanım cihazına yerleştirilir ve cihaz çalıştırılır (Görsel 15.13a).
- Cihazın uyguladığı basınç sonucunda prizma numuneleri kırılır (Görsel 15.13b).
- Cihazın verdiği basınç dayanım değerini, ilgili formülde kullanarak numunenin basınç dayanım değeri hesaplanır.
- Diğer beş adet yarım numune aynı şekilde kırılır ve basınç dayanım değerleri hesaplanır.



Görsel 15.13: Basınç dayanımının uygulanması

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar

- Kalıp, sarsma cihazına sıkıca ve hareket etmeyecek şekilde yerleştirilmelidir.
- Kalıbın kenarları dikkatli bir şekilde sökülmelidir. Kalıbı çıkarma esnasında harç prizmalarına zarar verilmemelidir.
- Plastik, kauçuk çekiç veya bu iş için yapılan özel aletler kalıp sökmede kullanılır.
- Harç prizmalarını kür havuzunda bekletirken döküm esnasında üste gelen yüzeyler, aynı şekilde üste gelerek bekletilmelidir.
- Prizmalar kür havuzu içerisinde bütün yüzeylerine su değecek şekilde ve birbirinden ayrı olarak durmalıdır.
- Kum, hazır karışım hâlinde değil de ayrı ayrı yığınlar hâlindeyse her boyuttan gerekli miktar en irisinden başlanmak suretiyle birbirini takip eden miktarlarda karıştırma kabına ilave edilir.
- Harç prizmaları, ilgili kırım günlerinde (2, 7, 28 gün) Tablo 15.3'te verilen farklı yaşlardaki numunelerin deney tolerans aralıklarına uygun saatlerde eğilmede çekme ve basınç dayanımına tabi tutulmalıdır.

Tablo 15.3: Farklı Yaşlardaki Numunelerin Deney Tolerans Aralıkları

Numune Yaşı	Tolerans Aralığı
24 saat	±15 dakika
48 saat (2 gün)	±30 dakika
72 saat	±45 dakika
7 gün	±2 saat
≥ 28 gün	±8 saat

- Hazır CEN standart kumu yoksa malzeme, Tablo 15.4'te verilen tanecik büyüklük dağılımına göre yıkanmış doğal kumdan eleme yapılarak hazırlanır.

Tablo 15.4: CEN Referans Kumunun Tanecik Büyüklüğü Dağılımı

Elek Göz Açıklığı (mm)	Kümülâtif Elekte Kalan %	Ortalama Değerler Alınırsa (g)
2,00	0	0
1,60	7±5	94,5
1,00	33±5	351
0,50	67±5	459
0,16	87±5	270
0,08	99±5	162
0,08 altı	1±5	13,5

Deney Hesaplamalarının Yapılması

Eğilmede Çekme Dayanımı Hesaplamaları

- Eğilmede çekme mukavemeti (R_f), üç prizma için aşağıdaki formül ile N/mm² cinsinden ayrı ayrı hesaplanır ve kaydedilir.
- Üç prizma takımından elde edilen üç sonucun aritmetik ortalaması, eğilme dayanımı olarak kaydedilir.

$$Rf=(1,5 .Ff .\ell)/b^3$$

R_f : Eğilme dayanımı (N/mm²)

F_f : Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet (N)

ℓ : Eğilme cihazında, numunenin yerleştirildiği mesnet silindirleri arasındaki uzaklık (100 mm)

b : Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (40 mm)

Basınç Dayanımı Hesaplamaları

- Basınç dayanım değeri (Rc) altı yarım prizma için aşağıdaki formül ile N/mm² cinsinden ayrı ayrı hesaplanır ve kaydedilir.
- Altı adet dayanım sonucunun aritmetik ortalaması, basınç dayanımı olarak kaydedilir.

$$Rc=F /A$$

R_c : Basınç dayanımı (N/mm²)

F : Kırılmadaki en büyük yük (N)

A : Numune kesit alanı (40x40 mm²)

- Eğer altı adet dayanım sonucundan biri, ortalamadan±%10 veya daha fazla farklılık gösterirse bu sonuç ortalamadan çıkarılır ve geri kalan beş adet dayanım sonucunun ortalaması alınır. Geri kalan beş adet dayanım sonucundan biri, beş sonucun ortalamasından±%10 veya daha fazla farklılık gösterirse deney iptal edilir ve yeni harç hazırlanarak deney tekrar yapılır.
- Eğer altı adet dayanım sonucundan iki veya daha fazlası, ortalamadan±%10 veya daha fazla farklılık gösterirse deney iptal edilir ve yeni harç hazırlanarak deney tekrar yapılır.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

2, 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri, Tablo 15.5'te verilen çimento mekanik dayanım değerlerine uyuyorsa çimento numunesi uygundur ve beton yapımında kullanılabilir.

Tablo 15.5: Çimentoların Mekanik Dayanımları

Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı (N/mm²)			
	Erken Dayanımı		Standart Dayanım	
	2 günlük	7 günlük	28 günlük	
32,5 N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R	≥ 10,0	-		
42,5 N	≥ 10,0	-	≥ 42,5	62,5
42,5 R	≥ 20,0	-		
52,5 N	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-
52,5 R	≥ 30,0	-		

15.3.3. Deney Raporu Hazırlama

Çimentolarda eğilmede çekme ve basınç dayanımı deneyi için Tablo 15.6'daki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 15.6: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentoda Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Deneyi
Standart No.	TS EN 196-1

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar			Numune Tanımı			
Numune Kayıt No.			Kullanılan Aletler			
Deney Tarihi			Laboratuvar Sıcaklığı			
Deney Saati			Laboratuvar Nemi			
Deney Numunesinin Yaşı	2 gün		7 gün		28 gün	

Eğilmede Çekme Deneyi			
Prizma Numarası	1. Prizma	2. Prizma	3. Prizma
Ff = Kırılma yükü (N)			
Rf = Eğilmede çekme dayanım değeri (N/mm²)			
Deney numunesi çekme dayanım değeri			

Basınç Dayanım Deneyi						
Prizma Numarası	1	2	3	4	5	6
F = Kırılma yükü (N)						
Rc = Basınç dayanım değeri (N/mm²)						
Deney numunesi basınç dayanım değeri						

1.Kontrol Hesaplaması	
Ortalama basınç değeri (A)	
Ortalama basınç değerinin %10'u (B)	
Maximum sınır değer (A + B)	
Minimum sınır değer (A-B)	
Varsa iptal edilen numuneler	

2.Kontrol Hesaplaması (Gerekirse)	
Ortalama basınç değeri (A)	
Ortalama basınç değerinin %10'u (B)	
Maximum sınır değer (A + B)	
Minimum sınır değer (A-B)	
Varsa iptal edilen numuneler	

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

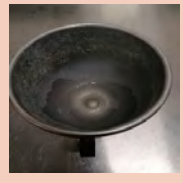
4. DENEY UYGULAMASI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21714

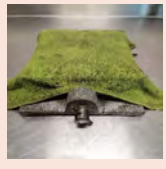
Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Çimentolarda Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Deneyi

Deney Süresi : 30 dakika uygulama, 20-24 saat bekleme, 15 dakika uygulama, 2-7-28 gün bekleme, 30 dakika uygulama ve hesaplamalar

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. • Elektrikli aletlerin elektrik bağlantısı yapılırken ellerinizin tamamen kuru olmasına dikkat ediniz.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	• Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
  Harç kalıbının yağlanması ve sarsma makinesine yerleştirilmesi	• Harç kalıbının iç ve üst yüzeylerini yağlayınız. • Yağlanmış harç kalıbını sarsma makinesindeki yerine yerleştirin ve hareket etmeyecek şekilde sabitleştirici vidaları sıkınız.	
  Çimento hamurunun oluşturulması	• Çimento mikserinin kabına, önce suyu sonra çimento numunesini ekleyiniz. • Mikseri derhal düşük hızda 30 sn. çalıştırınız ve su ile çimentoyu karıştırınız.	

 CEN standart kumunun çimento hamuruna eklenmesi	• Mikser düşük hızda çalışırken CEN standart kumunun tamamını 30 saniye içerisinde mikser kabına boşaltınız. • CEN standart kumunu kattıktan sonra mikseri yüksek hıza alıp 30 saniye daha karıştırınız.	
 Mikserin durdurulması	• Mikseri durdurunuz ve karışım kabının iç kısımlarına ve palet üzerine yapışan çimento harcını karıştırma kabının ortasına doğru 15 sn. içerisinde sıyırınız.	
 Çimento harcının hazır hâle gelmesi	• Çimento mikserini yüksek hıza alınız. • 60 saniye daha çalıştırınız ve çimento harcını kalıba doldurulmak üzere hazır hâle getiriniz.	
  Harç kalıbının ilk aşama doldurulması	• Harç kalıbının her bir bölmesini yaklaşık yarısına kadar çimento harcı ile doldurunuz. • Yayıcı aparat ile her bir bölmeye koyulan harcı iyice yayınız.	
  İlk sarsma (sıkıştırma) işleminin yapılması	• Kalıp sarsma makinesini sayaç kısmından 60 düşüşe ayarlayınız. • Makineyi çalıştırınız ve ilk sarsma (sıkıştırma) işlemini yapınız.	
 Harç kalıbının ikinci aşama doldurulması	• Harç kalıbının her bir bölmesindeki boş kalan kısmı bir miktar taşacak kadar çimento harcı ile doldurunuz. • Yayıcı aparat ile her bir bölmeye koyulan harcı iyice yayınız. • **Not:** Harç kalıbı üst başlığı yoksa kalıbın tamamını bir miktar taşacak kadar doldurunuz.	

 İkinci sarsma (sıkıştırma) işleminin yapılması	• Kalıp sarsma makinesini sayaç kısmından 60 düşüşe ayarlayınız. • Makineyi çalıştırınız ve ikinci sarsma (sıkıştırma) işlemini yapınız.	
 Harç kalıbının üzerinin tesviye edilmesi	• Harç kalıbını dikkatli bir şekilde sarsma makinesinden çıkarınız ve düz bir yüzeye alınız. • Kalıp üzerindeki fazla harcı testere yöntemiyle sıyırarak spatula iyice temizleyiniz. • Numune tanıtıcı etiketi prizmanın üzerine yapıştırınız.	
  Çimento harcının kür tankında bekletilmesi	• Harç kalıbının üzerini, tamamen örtülecek şekilde cam plak ile kapatınız. • Harç kalıbını 20-24 saat kür tankı içerisinde bekletiniz. • **Not**: Kür tankı yoksa üstü cam plak ile kapatılan harç kalıbını ıslak bir bez ile örterek 20-24 saat bekletiniz.	
  Çimento harç numunelerinin çıkarılması ve kür havuzunda bekletilmesi	• Kür tankından çimento kalıbını çıkarınız. • Kalıbın kenarlarını harç prizmasına zarar vermeyecek şekilde sökünüz. • Harç prizmalarını tesviye edilen kısım yukarı gelecek ve her prizmaya su temas edecek şekilde kür havuzuna yerleştiriniz.	
 Kırımı yapılacak prizmaların kür havuzundan çıkarılması	• Kırım günü gelen harç prizmalarını, ilgili yaşa ait deney tolerans zamanları içerisinde kırımdan en az 15 dakika önce kür havuzundan çıkarınız. • Harç prizmalarını kırım yapılana kadar nemli bir bez altında saklayınız.	
Eğilme çekme makinesinin kontrollerinin yapılması	• Makinenin uygun yükleme (50±10 N/sn.) hızında olduğunu kontrol ediniz. • Makinenin eğilme çekme modunda olduğunu kontrol ediniz.	
 Harç prizmasının eğilme çekme makinesine yerleştirilmesi	• Bir adet harç prizmasını, kalıp yüzeyleri silindirlere temas edecek şekilde makinenin silindirleri üzerine yerleştiriniz.	

  Harç prizmasının kırılması ve eğilmede çekme dayanımlarının hesaplanması	• Makineyi çalıştırınız ve cihazın üstten uyguladığı kuvvet ile harç prizmasını iki parçaya bölmesini bekleyiniz. • Kırılan ve ikiye ayrılan harç prizmasını dikkatli bir şekilde alarak bir kenara koyunuz ve basınç dayanım deneyine kadar ıslak bir bezle sararak muhafaza ediniz. • Diğer iki harç prizmasını da aynı şekilde kırınız ve hesaplamalarını yapınız.	
Eğilmede çekme dayanımının hesaplanması	• İlgili formülle prizmaların eğilmede çekme dayanımını hesaplayınız.	
Basınç makinesinin kontrollerinin yapılması	• Makinenin uygun yükleme hızında (2400±200 N/sn.) olduğunu kontrol ediniz. • Makinenin basınç modunda olduğunu kontrol ediniz.	
 Harç prizmasının basınç makinesine yerleştirilmesi	• Eğilmede çekme deneyinde ikiye ayrılan yarım prizmalardan bir tanesini alınız ve kalıp yüzeyleri basınç uygulayacak yüzeylere temas edecek şekilde makineye yerleştiriniz.	
 Harç prizmalarına basınç uygulanması ve basınç dayanımlarının hesaplanması	• Makineyi çalıştırınız. • Makinenin prizmaya basınç uygulayarak prizmayı kırmasını bekleyiniz. • Kırılan prizmayı makineden alınız ve basınç uygulayan yüzeyleri bezle siliniz. • Diğer beş numuneyi de aynı şekilde kırınız ve hesaplamalarını yapınız.	
Basınç dayanımının hesaplanması	• İlgili formülle prizmaların basınç dayanımını hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerini bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

15. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki sıvılardan hangisi le chatelier balonu ile çimento özgül ağırlık tayini deneyinde <u>kullanılmaz</u>?

A) Tiner
B) Terebentin
C) Gaz yağı
D) Neft
E) Su

2. Çimento özgül ağırlık tayini deneyinde, le chatelier balonunu su banyosunda bekletmenin amacı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Aletlerin temizliğini sağlamak.
B) Deney numunesinin nemini kaybetmemesini sağlamak.
C) Deney numunesinin suyla tepkimeye girmesini sağlamak.
D) Deney sıvısı ve deney numunesinin sabit sıcaklığa ve sabit hacme gelmesini sağlamak.
E) Deney sıvısı ve deney numunesinin hacmini ölçmek.

3. Çimentolarda özgül ağırlık tayini deneyi yapılırken hesaplamalarda kullanılan V_1 ve V_2 hacim okumalarının ifade ettiği özellik sırasıyla aşağıdaki şıklardan hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) Deney sıvısının hacmi / Deney numunesinin hacmi
B) Deney numunesinin hacmi / Deney sıvısının hacmi
C) Deney numunesinin hacmi / Deney sıvısıyla deney numunesinin hacmi
D) Deney sıvısıyla deney numunesinin hacmi / Deney sıvısının hacmi
E) Deney sıvısının hacmi / Deney sıvısıyla deney numunesinin hacmi

4. Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyinde kullanılan elekler aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) 90 mikron-20 mikron
B) 90 mikron-200 mikron
C) 90 milimetre-200 milimetre
D) 900 mikron-200 mikron
E) 90 milimetre-200 mikron

5. Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyinde kaç gram deney numunesi kullanılır?

A) 100 g
B) 200 g
C) 300 g
D) 400 g
E) 500 g

6. Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyi, çimento numunesinin aşağıdaki özelliklerinden hangisi hakkında bilgi verir?

A) Çimentonun kıvamı
B) Çimentoların içerdiği iri taneler
C) Çimentonun hacim genleşmesi
D) Çimentonun dayanımı
E) Çimentonun içerisindeki kimyasal katkılar

7. Çimentoda eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini deneyinde, harç hazırlarken su çimento oranı ne kadar olmalıdır?

A) 1/6
B) 1/3
C) 1/2
D) 2
E) 3

8. Çimentoda eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini deneyinde, prizma numunelerine sarsma (sıkıştırma) işleminin uygulanması aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) 2 kere 60 sarsma
B) 3 kere 40 sarsma
C) 1 kere 60 sarsma,1 kere 40 sarsma
D) 1 kere 30 sarsma,2 kere 40 sarsma
E) 2 kere 40 sarma, 2 kere 30 sarsma

9. Çimentoda eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini deneyinde kullanılacak olan prizma numunelerinin ölçüleri mm cinsinden aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) 40 x 40 x 40
B) 40 x 40 x 100
C) 40 x 80 x 160
D) 40 x 40 x 160
E) 40 x 100 x 160

10. Deney numunesini etüvde bekletmenin amacı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Numune içerisindeki topaklanmaların dağılmasını sağlamak.
B) Numuneyi deney sıcaklığına getirmek.
C) Numune içindeki rutubeti alarak numunenin sabit ağırlığa gelmesini sağlamak.
D) Numune içindeki yabancı maddeleri yakmak.
E) Numuneyi laboratuvar sıcaklığına getirmek.







16. ÖĞRENME BİRİMİ

KİMYASAL KATKI MADDELERİ DENEYİ

KONULAR

16.1. YOĞUNLUK DENEYLERİ

16.2. PH DENEYLERİNİ YAPMAK

16.3. KATI MADDE MİKTARI DENEYLERİ

16.4. PERFORMANS DENEYLERİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Katı madde miktarı
- Kimyasal katkı performansları
- pH kâğıdı
- pH metre

GİRİŞ

Betonun birtakım özelliklerini iyileştirmek amacıyla beton içindeki çimento miktarı baz alınarak betonun üretim aşamasında belli oranlarda katılan organik veya inorganik maddelere **kimyasal katkı maddeleri** denir. Betona katılan katkı maddelerinin, betonun içerisindeki diğer bileşenlerin görevini yerine getirmesine engel olmaması gerekir. Ayrıca betona katılan katkı maddelerinin betonun karışım oranlarını ve betonun dayanım özelliklerini etkilememesi için birtakım kriterlerinin olması gerekir. Şunun iyi bilinmesi gerekir ki kurallara uygun üretilmeyen bir betonun özelliklerini katkı maddeleri ile iyileştirmek mümkün değildir. Kurallarına uygun üretilen betonların da katkı maddeleri ile uyumu önceden yapılan deneylerle belirlenmelidir.

16.1. YOĞUNLUK DENEYLERİ

Yoğunluk (özkütle), birim hacim başına düşen madde miktarıdır (kütle). Aynı hacme sahip iki cisimden, diğerine göre yoğunluğu fazla olanın kütlesi de daha fazladır. Ortalama yoğunluk ise bir cismin toplam kütlesinin toplam hacmine oranıdır. SI birim sisteminde yoğunluk birimi kg/m³ olarak verilir. Bunun dışında g/cm³, g/mL, kg/m³, kg/L yoğunluk birimi olarak kullanılmaktadır.

d: Cismin yoğunluğu (kg/m³)
m: Cismin toplam kütlesi (kg)
v : Cismin toplam hacmi (m³)

Sıvılarda yoğunluk ölçümü için kullanılan dalıcı ve yüzücü aletler **dansimetre (hidrometre)** (Görsel 16.1) olarak adlandırılır. Sıvının içine daldırılarak kullanılır.

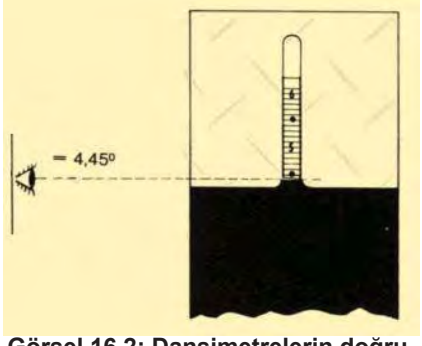
Dansimetrelerin temel ilkesi, sıvının kaldırma kuvvetinin sıvı yoğunluğu ile doğru orantılı olmasıdır. Yer değiştiren sıvının ağırlığı, hacmine ve yoğunluğuna bağlıdır. Bu deney **TS 781 ISO 758** standardına göre yapılır.

Yoğunluk ölçmek için çeşitli dansimetreler geliştirilmiştir. Dansimetre ile çalışırken dikkat edilmesi gereken kurallar vardır.

- Dansimetrenin skalası kontrol edilerek taksimatların neye denk geldiğini belirlemek gerekir.
- Kullanılacak dansimetrenin tamamen kuru ve temiz olması gerekir.
- Dansimetreden okunan değer, dansimetrenin ayar edildiği sıcaklık üzerinden okunarak kaydedilmelidir.
- Sıvının koyulacağı silindirin hacmi, dansimetreye uygun olmalıdır.
- Dansimetre, kabın çeperlerine çarpmadan serbestçe yüzebilmelidir.
- Okuma işlemi areometre sabit bir durumda durunca yapılmalıdır.
- Okuma yapılırken areometre sapına tırmanmış kısım dikkate alınmayarak sıvı yüzeyi hizasındaki taksimat okunur. Bunun için okuma sırasında göz, sıvı yüzeyi hizasında olmalıdır (Görsel 16.2).



Görsel 16.1: Dansimetreler



Görsel 16.2: Dansimetrelerin doğru okunma şekli

16.1.1. Dansimetre ile Yoğunluk Ölçme

Dansimetre (Görsel 16.3), yoğunluk ölçümleri için uygulamada yaygın olarak kullanılan araçlardır. Sıvının özgül ağırlığını doğrudan verir. Genellikle kapalı bir cam tüpten oluşmuştur. Tüpün alt kısmı, aracın dik durması ve gerekli ağırlığın sağlanması amacıyla içerisinde saçma veya cıva bulunan bir kürecik şeklindedir. Üst kısmı da üzerinde yoğunluk ve bazılarında da sıcaklık göstergesi bulunan bir cam borudan oluşmuştur. Bir sıvı içinde dengede duran dansimetrenin sıvı yüzeyine rastlayan bölüm çizgisi karşısında okunan sayı, o sıvının yoğunluğunu verir.



Görsel 16.3: Dansimetre çeşitleri

Sıcaklık Farkı Nedeniyle Düzeltme Yapılması

Sıcaklığın değişmesi, dansimetrelerin ölçülecek yoğunluğun değişmesine neden olur. Bu farklılık, sıcaklık düzeltme faktörü kullanılarak giderilebilir. Sıcaklık düzeltme faktörü 0,0002'dir. Sıcaklık arttığında yoğunluk azalacaktır. Bu nedenle numunenin sıcaklığı, dansimetrenin sıcaklığından yüksekse hesaplanan sıcaklık düzeltmesi okunan değerin üzerine eklenir; düşük ise okunan değerden çıkarılır.

Örneğin dansimetrenin sıcaklık kalibrasyonu 15 °C'de yapılmışsa ve yoğunluğu ölçülecek çözeltinin sıcaklığı 19 °C ise aradaki fark 4 °C'dir. Her bir derece için 0,0002 sıcaklık düzeltme faktörü kullanılacağından "4x0,0002 =0,0008" birimlik sıcaklık düzeltmesi yapılacaktır.

Yukarıdaki örnekte çözeltinin sıcaklığı, dansimetre kalibrasyon sıcaklığından büyük olduğu için 0,0008'lik sıcaklık düzeltmesi, skaladan okunan 1,032 değerinin üzerine eklenmelidir. Bu ekleme ile sıcaklığa bağlı doğru yoğunluk "1,032+ 0,0008=1,0328 g/mL" olarak bulunur.

16.1.2. Piknometre ile Yoğunluk Ölçme

Piknometreler küçük, hafif ve genelde camdan yapılmış kaplardır. Aynı hacimdeki su ve sıvının, aynı sıcaklıktaki ağırlıklarının oranı özgül ağırlığı verir.

Hacim Ölçümü ve Hesaplama (Piknometrenin Kullanılması)

- Piknometrede bulunan suyun ağırlığına o piknometrenin **su kıymeti** denir. Piknometrenin su kıymetini bulmak için ilk önce boş piknometrenin, sabit ağırlığa getirilerek darası bulunur.
- Daha sonra piknometre yeni kaynatılmış ve soğutulmuş damıtık su ile çizginin biraz üstüne kadar doldurulur.
- Özgül ağırlık 20 ºC sıcaklığa göre verildiği için deneylerin bu sıcaklığa ayarlı su banyosunda gerçekleştirilmesi tavsiye edilir.
- Su banyosundaki suyun piknometrenin boğazındaki çizginin biraz üstüne çıkacak kadar dolu olmasına dikkat edilir.

- Piknometrenin içinde bulunduğu müddetçe su banyosundaki ısının 20±0,1 °C'de kalması sağlanır.
- Piknometre, dış ısıyı tamamen alması için 30 dk. su banyosunda bekletilir.
- Kılcal boru yardımı ile su seviyesi tam çizgiye getirilir. İçerisinde hava kabarcığının kalmamasına dikkat edilmelidir.
- Daha sonra piknometrenin dış çeperi iyice kurutularak dört haneli bir terazide tartım alınır.

Örneğin sabit tartıma getirilmiş piknometrenin kendi darası 21,3515 g ve su ile tartıldığında ise 71,3853 g geliyorsa piknometre su kıymeti "71,3853-21,3515 = 50,0338 g" olur ki bu da piknometrenin hacmi demektir.

- Daha sonra yoğunluğu tayin edilecek sıvı ile piknometre birkaç defa çalkalanır ve sıvı çizgisinin biraz üstüne kadar doldurulur.
- Aynı şekilde su banyosunda aynı derecede bekletilir ve aynen su gibi tartılır.
- Örneğin deney sıvısı dolu piknometrenin ağırlığı 71,3357 gram geldi. Dara çıktıktan sonra deney sıvısının ağırlığı 49,9842 g ise sıvının özgül ağırlığı "d= 49,9842 / 50,0338 = 0,9990 g/mL" olarak bulunur.

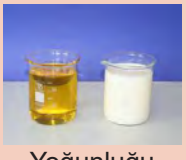
1. DENEY UYGULAMASI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21715

Öğretmeninizin vereceği iki farklı sıvı numunenin yoğunluk deneyini dansimetre aleti ile standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Dansimetre ile Yoğunluk Deneyi

Deney Süresi : 15 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Yoğunluğu ölçülecek sıvı örneğinin seçilmesi	• İş önlüğünüzü giyiniz. • Araç gereç hazırlığını yapınız. • Araç gerecin işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz. • Yoğunluğu ölçülecek sıvıyı alınız.	
 Sıvının sıcaklığının ölçülmesi, uygun dansimetre ve mezürün seçilmesi	• Termometre ile sıvının sıcaklığını ölçünüz. • Dansimetrenin büyüklüğüne göre mezür seçiniz.	

 Yoğunluğu ölçülecek sıvının mezüre doldurulması	• Deney sıvısını dışarı taşırmadan mezür içerisine dikkatli ve yavaş şekilde doldurunuz.	
 Dansimetrenin sıvı içine daldırılması	• Dansimetreyi mezür içerisindeki sıvının içine doğru yavaş ve dikkatli bir şekilde daldırınız.	
Yoğunluğun okunması	• Sabitlendiğinde dansimetreyi göz hizasına getiriniz ve skalada görünen değeri okuyunuz.	
Sıcaklık farkına göre düzeltmelerin yapılması ve yoğunluğun hesaplanması	• Deney sıvısı ve dansimetre sıcaklığı arasında fark var ise aradaki fark ile düzeltme katsayısını çarpınız ve düzeltme değerini hesaplayınız. • Uygun duruma göre düzeltme değerini ekleyiniz veya çıkarınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney aletlerini deney sonrasında çalışır ve temiz olmasına dikkat ederek bir sonraki deneye hazır olacak şekilde bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

2. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin vereceği iki farklı sıvı numunenin yoğunluk deneyini piknometre aleti ile standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Piknometre ile Yoğunluk Deneyi

Deney Süresi : 10 dakika uygulama, 30 dakika bekleme, 10 dakika uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Piknometrenin seçilmesi ve deneye hazırlanması	• Deneyde kullanacağınız piknometrenin temizliğini dikkatli bir şekilde yapınız ve piknometreyi kuru hâle getiriniz.	
 Piknometrenin darasının alınması	• Boş piknometreyi hassas terazide tartınız ve ağırlığını kaydediniz.	
Piknometrenin su kıymetinin bulunması	• Piknometreye çizginin biraz üstüne kadar damıtık su doldurunuz. • Su dolu piknometreyi su banyosuna koyunuz ve en az 30 dk. bekletiniz. • Piknometredeki su, sabit sıcaklığa ulaşınca piknometreyi su banyosundan çıkarınız ve tartınız. • Okuduğunuz değerden piknometrenin boş ağırlığını çıkarınız ve piknometre su kıymeti değerini bularak kaydediniz.	
 Deney sıvısının piknometreye doldurulması	• Deney sıvısının sıcaklığını ölçünüz. • Deney sıvısını dışarı taşırmadan dikkatli ve yavaş bir şekilde piknometre üzerindeki çizginin üzerini geçecek şekilde doldurunuz.	

 Piknometre kapağının kapatılması ve su banyosuna koyulması	• Piknometrenin kapağını kapatınız ve su banyosunun içerisine koyunuz.	
  Deney sıvısının ağırlığının bulunması	• Deney sıvısı sabit sıcaklığa gelince piknometreyi su banyosundan çıkarınız. • Piknometredeki fazla sıvıyı çıkarıp çizgi hizasına getiriniz. • Piknometrenin dışını iyice kurulayınız ve piknometreyi hassas terazide tartınız. • Okuduğunuz değerden piknometrenin darasını çıkartınız ve deney sıvısının ağırlığını bulup kaydediniz.	
Deney sıvısının yoğunluğunun hesaplanması	• Elde ettiğiniz veriler ile deney sıvısının yoğunluğunu hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney aletlerini deney sonrasında çalışır ve temiz olmasına dikkat ederek bir sonraki deneye hazır olacak şekilde bırakınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

16.2. PH DENEYLERİNİ YAPMAK

pH, ürünün asitlik bazlık (alkalinlik) derecesini ifade eden bir ölçü parametresidir. pH ifadesi; "power of hydrogen" yani hidrojenin gücü anlamına gelmektedir. Çözeltilerin pH değerleri, pH kâğıtları (Görsel 16.4) veya pH metre (Görsel 16.5) ile ölçülür. pH ölçeği 14 birime ayrılmıştır. Bir çözeltinin pH değeri; 0 ile 7 arasında ise çözelti asidik, 7 ile 14 arasında ise baziktir. pH değeri 7 olan çözeltiler ise nötrdür.

pH logaritmik bir fonksiyon olduğu için pH değerindeki bir birimlik değişim, hidrojen iyon derişimindeki on katlık değişime karşılık gelir. Örneğin pH 5 değeri pH 6 değerinden 10 kat daha asidiktir veya pH 12 değeri pH 11 değerinden 10 kat daha baziktir. Bu deney **TS ISO 4316** standardına göre yapılır.



Görsel 16.4: pH kâğıdı



Görsel 16.5: pH metre

16.2.1. pH Kâğıdı ile pH Ölçümü Yapma

Yaklaşık bir pH belirlemesi, pH seviyesi değiştikçe değişik renk alan pH kâğıtları ve pH skalası (Görsel 16.6) ile elde edilebilir. Bu tip göstergelerin doğruluklarında sınırlamalar mevcuttur. Renkli veya koyu örneklerde doğru olarak sonuç elde etmek zorlaşabilir. Bunun yerine daha hassas ve sağlıklı ölçüm yapan pH metreler kullanılır.



Görsel 16.6: pH skalası

pH Kâğıdı ile Ölçüm Yapma

- Bir adet pH kâğıdı alınır.
- pH kâğıdı, pH değeri ölçülmek istenen sıvıya batırılır ve sıvı içinde birkaç saniye bekletilir.
- pH kâğıdı sıvıdan çıkarılır ve birkaç saniye beklenir.
- pH kâğıdının üzerindeki küçük karelerin almış olduğu renk değişimi, pH skalası ile karşılaştırılır.
- pH kâğıdının aldığı renk, pH skalasındaki hangi renklere yakın ise o skalanın değeri ilgili sıvının pH değeri olarak kabul edilir.

16.2.2. pH Metre ile pH Ölçümü Yapma

pH değeri, elektrik sinyali üreten bir araç (elektrot) kullanılarak yapılan, bu elektriksel sinyali pH birimine çeviren potansiyometrik bir ölçümdür. Bu çevrim pH metre ile gerçekleştirilir. Üretilen ve ölçülen sinyal bir voltajdır. pH ölçümünü yapabilmek için iki gerilime ihtiyaç vardır, pH ölçümü için gerekli olan elektriksel sinyal bu iki gerilim arasındaki fark ile oluşur.

Bu iki gerilim şunlardır:

- **Algılama Elektrodu:** Ürün içindeki hidrojen iyon aktivitesinin logaritmasına oransal bir gerilim sağlar.
- **Referans Elektrot:** İdeal olarak ürünün aktivitesinden bağımsız, sabit ve sürekli bir gerilim sağlar.

Referans ve algılama elektrotu arasındaki bu gerilim farkı pH metre tarafından ölçülür ve pH değerine çevrilir. Bütün pH sensörleri cam ölçüm elektrotu ve referans elektrottan meydana gelir.

pH Metre Kullanırken Dikkat Edilecek Hususlar

- Her pH metrenin farklı kalibrasyon yöntemi olduğu bilinmelidir.
- pH metrenin kalibre edilmiş olup olmadığı kontrol edilmelidir. Kalibre edilmemiş ise o pH metre için verilen kullanma bilgileri takip edilerek kalibre edilmelidir.

- Kalibrasyon çözeltileri temiz tutulmalıdır. Prob ve distile suyla yıkanıp iyice kurulandıktan sonra kalibrasyon çözeltilerine daldırılmalıdır.
- Kalibre edilmiş pH metre gün boyunca kapatılmamalıdır. Elektrik kesilmesi durumunda pH metre yeniden kalibre edilmelidir.
- Ölçüm sırasında prob dik tutulmalıdır. Ölçüm yapılan sıvı, probla karıştırılmamalı; prob sabitlenmelidir. Karıştırma amacıyla manyetik karıştırıcı kullanılmalıdır.
- Ölçüm yapılamadığı zamanlarda probun koruma çözeltisi içinde olmasına dikkat edilmelidir. Koruma çözeltisi dökülmemeli, üzerine su eklenmemelidir. Çözeltinin temiz kalması için prob yıkanıp kurulanmadan çözelti içine daldırılmalıdır.

pH Metrenin Kalibre Edilmesi

- pH değeri bilinen (pH değeri 7 , 7'nin altında, 7'nin üstünde olan) kalibrasyon çözeltileri (Görsel 16.7) uygun sıcaklıkta olacak şekilde hazırlanır.
- pH metrenin elektrodu çözeltiye eklenmeden önce saf su ile yıkanıp kurulanmalıdır.
- Yıkanıp kurulanan elektrot, pH değeri bilinen bu çözeltilere daldırılır.
- pH metre göstergesi üzerinde okunan değer ile çözeltinin pH değerinin aynı olması sağlanır.
- Bu şekilde kalibrasyon yapılmış olur.



Görsel 16.7: Kalibrasyon çözeltileri

pH Metre ile Ölçüm Yapma

- pH metre ekipmanları hazırlanır.
- pH değeri ölçülecek sıvı veya çözelti, bir beher veya benzeri bir kap içerisine yaklaşık 50 mL kadar boşaltılır.
- pH metrenin elektrotu pH değeri ölçülecek sıvı veya çözeltiye daldırılır.
- pH metre göstergesi üzerindeki pH değeri sabit kalıncaya kadar beklenir.
- Gösterge üzerindeki pH değeri sabitlenince gösterge üzerinden sıvının pH değeri okunur. Bu şekilde sıvı veya çözeltinin pH değeri bulunmuş olur.

3. DENEY UYGULAMASI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=2171

Öğretmeninizin vereceği iki farklı sıvı numunenin pH deneyini, pH kâğıdı ve pH metre ile standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : pH Değeri Bulma Deneyi

Deney Süresi : 15 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Araç gereç hazırlığının yapılması	• İş önlüğünüzü giyiniz. • Araç gereç hazırlığını yapınız. • Araç gerecin işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz.	
 pH değeri bulunacak çözeltinin veya sıvının hazırlanması	• Bir beher içerisinde yaklaşık 50 mL kadar çözelti veya sıvı hazırlayınız. • Birden fazla sıvının pH değeri bulunacaksa her bir sıvı veya çözeltiyi ayrı kaplarda hazırlayınız. • Çözelti veya sıvının uygun sıcaklıkta (genelde 25°C) olmasına özen gösteriniz.	
 pH kâğıdının batırılması ve çıkarılması	**pH kâğıdı ile pH değerinin bulunması** • Bir adet pH kâğıdı alınız. • pH değeri bulunacak sıvı veya çözeltiye kâğıdı batırınız. • Kâğıdı 5-10 sn. sıvı içerisinde bekletiniz ve çıkarınız.	
 pH değerinin bulunması	• pH kâğıdı üzerindeki kutucukların renklerinin değişmesini bekleyiniz. • Renk değişimi olan pH kâğıdını, pH skalası ile karşılaştırınız. • pH kâğıdı üzerinde oluşan renkler skala üzerinde hangi renklere yakın ise gözlemleyiniz. • pH kâğıdının renkleri ile benzeyen skalanın değerini dikkatlice okuyunuz ve ilgili sıvının pH değerini tespit ediniz.	

 pH metrenin kontrolünün yapılması	**pH metre ile pH değerinin bulunması** • pH metrenin kalibre edilip edilmediğinin ve bağlantıların uygun olup olmadığının kontrolünü yapınız.	
 pH metre elektrodunun çözeltiye daldırılması	• pH metrenin elektrodunu daldırmadan önce saf su ile yıkayıp kurulayınız. • Elektrodu çözeltinin içine daldırınız.	
 pH değerinin bulunması	• pH metre üzerinde ölçme tuşuna basınız. • pH metre göstergesindeki değerin sabit kalmasını bekleyiniz. • Göstergedeki değer sabitlenince değeri okuyunuz ve ilgili sıvının pH değerini bulunuz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney aletlerini deney sonrasında çalışır ve temiz olmasına dikkat ederek bir sonraki deneye hazır olacak şekilde bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

16.3. KATI MADDE MİKTARI DENEYLERİ

Bu deney, katkı maddesi içerisindeki katı madde muhtevasını tespit etmek için yapılır. Katkının sıvı olması durumunda bu metot, katı madde muhtevasının tayininde kullanılır. Katkının toz olması durumunda ise kurutulmuş tozun gerçek kütlesinin tayininde kullanılır. Bu deney **TS EN 480-8** standardına göre yapılır.

16.3.1. Deney Araç Gereci



Görsel 16.8: Düz tabanlı buharlaştırma kapsülü

Buharlaştırma Kapsülü: Yaklaşık 75 mm çapında, 45 mm derinliğinde düz tabanlı olmalıdır (Görsel 16.8).
Terazi: 0,5 mg doğrulukta tartım yapabilmelidir.
Etüv: Hava dolaşımlı ve sıcaklığı her noktada 105±3 °C'de tutabilen sıcaklık göstergeli olmalıdır.
Bu deney için ayrıca desikatör de kullanılacaktır.

16.3.2. Deneyin Yapılışı

- Buharlaştırma kapsülü, 105±3 °C'lik etüvde en az bir saat ısıtılır.
- Isıtılan kapsül 30 dakika desikatörde soğutulur ve kütlesi tartılarak kaydedilir.
- Kapsülün kütlesi 0,001 gram aralığında sabit kalana kadar soğutma ve tartma işlemleri tekrar edilir.
- Yaklaşık 2 gram sıvı veya 1 gram toz katkı maddesi buharlaştırma kapsülüne koyulur ve ağırlığı 0,001 gram hassasiyetli olarak ölçülür ve kaydedilir (M).
- Tartılan katkı maddesi önceden 105±3 °C'ye ısıtılmış etüve yerleştirilir.
- Etüvde 4 saat kurutulur ve süre sonunda desikatöre koyulup soğutulur.
- Soğutulan katkı maddesinin ağırlığı 0,001 gram aralığında sabit kalana kadar soğutma ve tartma işlemleri tekrar edilir.
- Soğutulan katkı maddesinin ağırlığı tartılır ve kaydedilir (R).
- Deney iki defa tekrarlanır.
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır; aletler bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda geçerli iki deneyin ortalaması alınıp kütlece en yakın %0,1'ine yuvarlatılarak deney raporu hazırlanır.

Deney Hesaplamalarının Yapılması

Katkı maddesi içerisindeki katı madde miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$X = \frac{R}{M} \cdot 100\ (\%)$$

X: Katı madde miktarı (kütlece, %)
M: Kapsüle koyulan katkı maddesi kütlesi (g)
R: Kalan katı madde kütlesi (g)

Deneyin Değerlendirilmesi

Ortalama katı madde muhtevası %20 veya daha az ise iki deney sonucu arasındaki fark ortalama katı madde muhtevasının %4'ünü aşmamalıdır.

Ortalama katı madde muhtevası %20'den fazla ise iki deney sonucu arasındaki fark kütlece %0,8'den büyük olmamalıdır.

Bu farklar aşılırsa deneyler, izin verilen en büyük fark sağlanıncaya kadar tekrarlanmalıdır.

16.3.3. Deney Raporu Hazırlama

Katı madde muhtevası, geçerli iki deneyin ortalaması olarak kütlece en yakın %0,1'ine yuvarlatılarak rapor edilir. Katı madde tayini deneyi için Tablo 16.1'deki "Deney Raporu" örneği kullanılabilir.

Tablo 16.1: Deney Raporu

Deneyin Adı	Kimyasal Katkılarda Katı Madde Miktarı Tayini Deneyi
Standart No.	TS EN 480-8

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Kullanılan Alet	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deney Saati		Laboratuvar Nemi	

	1.Deney	2.Deney
M = Kapsüle koyulan katkı maddesi kütlesi (g)		
R = Kalan katı madde kütlesi (g)		
X = Katı madde miktarı (kütlece) %		
Ortalama katı madde miktarı		

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

4. DENEY UYGULAMASI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21718

Öğretmeninizin vereceği iki farklı katkı maddesinin katı madde miktarının tespitini standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Kimyasal Katkılarda Katı Madde Miktarı Tayini Deneyi

Deney Süresi : 10 dk. hazırlık, 1 saat kapsül ısıtma, 30 dk. kapsül soğutma, 5 dk. numune hazırlama, 4 saat numune kurutma, 30 dk. numune soğutma

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Araç gereç hazırlığının yapılması	• İş önlüğünüzü giyiniz. • Araç gereç hazırlığını yapınız. • Araç gerecin işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz.	
Buharlaştırma kapsülünün ısıtılması	• Buharlaştırma kapsülünü 105±3 °C'deki etüve koyunuz ve 1 saat ısıtınız.	
Buharlaştırma kapsülünün soğutulması	• Buharlaştırma kapsülünü desikatöre koyunuz ve en az yarım saat soğutunuz.	
Buharlaştırma kapsülünün tartılması	• Soğutulan kapsülü 0,001 gram hassasiyetli olarak tartınız.	
Katkı maddesi numunesinin hazırlanması	• Deneyde sıvı katkı maddesi kullanılıyorsa 2 gram, toz katkı maddesi kullanılıyorsa 1 gram deney numunesini 0,001 gram hassasiyetli olarak tartınız ve M değeri olarak kaydediniz. • Hazırladığınız numuneyi buharlaştırma kapsülü içerisine doldurunuz.	
Deney numunesinin kurutulması	• İçinde deney numunesi bulunan buharlaştırma kapsülünü etüve koyunuz ve 4 saat kurutunuz.	
Deney numunesinin soğutulması	• Etüvde kurutulan buharlaştırma kapsülünü desikatöre koyunuz ve en az yarım saat soğutunuz.	
Kalan katı maddenin tartılması	• Soğutulan deney numunesini tartınız ve R değeri olarak kaydediniz.	
Hesaplamaların yapılması	• İlgili formülü kullanarak katı madde miktarı değerini hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunuzu hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

16.4. PERFORMANS DENEYLERİ

Betona katılan katkı maddelerinin sahip olması gereken özellikler vardır. Betona farklı özellikler kazandırmak ve birtakım özelliklerini değiştirebilmek için çeşitli katkı maddeleri katılabilmektedir. Betona katılan katkı maddeleri, özelliğine ve miktarına göre betonun diğer bileşenlerinin oranlarında azaltma veya çoğaltmaya sebep olur. Betona katılan katkı maddelerinin kendinden beklenen özellikleri yerine getirmesi gerekir. Aksi takdirde karışım oranlarında yapılan azaltma veya çoğaltmalardan betonun dayanımı olumsuz yönde etkilenir.

Beton Kimyasal Katkısı: Betonun taze ve/veya sertleşmiş hâldeki özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi sırasında betona, çimento kütlesinin %5'ini geçmemek üzere eklenen maddedir.

Performans: Bir kimyasal katkının amaçlanan kullanımında zararlı yan tesir göstermeksizin etkili olma yeteneğidir.

Şahit Beton ve Harç: Kimyasal katkıların standarda uygun olup olmadıklarını tayin etmek için yapılan, deneylerde kullanılan, **EN 480-1**'de tarif edilen beton ve harçlardır.

Bu deneyler ve değerlendirmeler **TS EN 934-2 + A1** standardına göre yapılır.

Bu kazanım betonda kullanılan kimyasal katkıların tariflerini ve sahip olması gereken özellikleri kapsamaktadır.

16.4.1. Betonda Kullanılan Katkı Maddeleri ve Sağlaması Gereken Şartlar

- **Su Azaltıcı/Akışkanlaştırıcı Katkı**

Belirli bir beton bileşiminde kıvamı değiştirmeden su miktarının azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi/yayılmayı artıran veya her iki etkiyi birlikte yaratan kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Su azaltma: Deneme betonundaki su miktarı, şahit betondaki su miktarından en az %5 az olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 7 ve 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımının en az %110'u kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Yüksek Oranda Su Azaltıcı/Süper Akışkanlaştırıcı Katkı**

Belirli bir beton bileşiminde kıvamı değiştirmeden su miktarının yüksek oranda azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi/yayılmayı yüksek oranda artıran veya her iki etkiyi birlikte yaratan kimyasal katkıdır.

Eşit su/çimento oranında sağlaması gereken şartlar

Kıvamdaki artış: Başlangıç 30±10 mm olmak üzere çökme artışı en az 120 mm, başlangıç 350±20 mm olmak üzere yayılma artışı en az 160 mm olmalıdır.

Kıvam koruma: Deneme betonunun katkı katıldıktan 30 dakika sonraki kıvamı, şahit betonun ilk kıvamının altına düşmemelidir.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %90'ı kadar olmalıdır.

Yayılma artışı: En az 16 cm olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalı.

Eşit kıvamda sağlaması gereken şartlar

Su azaltma: Deneme betonundaki su miktarı, şahit betondaki su miktarından en az %12 az olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonu 1 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 1 günlük basınç dayanımının en az %140'ı; deneme betonu 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %115'i kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Su Tutucu Katkı**

Terlemeyi azaltarak su kaybını düşüren kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Terleme: Deneme betonundaki terleme, şahit betondaki terlemenin en çok %50'si kadar olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %80'i kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Hava Sürükleyici Katkı**

Karıştırma sırasında taze betona kontrollü miktarda küçük, düzgün dağılmış ve sertleşme sonrasında da kalıcı hava kabarcığı sürükleyen kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Taze betondaki hava miktarı (Sürüklenmiş hava): Deneme betonundaki hava miktarı, şahit betonun hava miktarının en az %2,5 (hacimce)üzerinde olmalıdır. Deneme betonundaki toplam hava miktarı hacimce %4-%6 oranında olmalıdır.

Sertleşmiş betondaki hava boşluğu karakteristikleri: Deneme betonundaki aralık faktörü en çok 0,200 mm olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %75'i kadar olmalıdır.

- **Priz Hızlandırıcı Katkı**

Karışımın, plastik hâlden katı hâle geçmeye (prizin) başlama süresini kısaltan kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Priz başlangıcı: 20 °C'deki deneme betonunda en az 30 dakika sonra priz başlamalıdır, 5 °C'deki deneme betonunda, şahit betonun priz alma süresinin en çok %60'ı kadar geçen sürede priz başlamalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %80'i kadar; deneme betonunun 90 günlük basınç dayanımı, şahit betonun en az 28 günlük basınç dayanım değeri kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Sertleşmeyi Hızlandırıcı Katkı**

Priz süresini etkileyerek veya etkilemeksizin betonun erken dayanım kazanma hızını artıran kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 20 °C'de ve 24 saatteki basınç dayanımı, şahit betonun 20 °C'de ve 24 saatteki basınç dayanımının en az %120'si kadar; deneme betonunun 20 °C'de ve 28 gündeki basınç dayanımı, şahit betonun 20 °C'de ve 28 gündeki basınç dayanımının en az %90'ı kadar; deneme betonunun 5 °C'de ve 48 saatteki basınç dayanımı, şahit betonun 5 °C'de ve 48 saatteki basınç dayanımının en az %130'u kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Priz Geciktirici Katkı**

Karışımın, plastik hâlden katı hâle geçmeye (prizin) başlama süresini uzatan kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Priz başlangıcı: Deneme betonunun priz başlangıç süresi, şahit betonun priz başlangıç süresinden en az 90 dakika fazla olmalıdır.

Priz sonu: Deneme betonunun priz sona erme süresi, şahit betonun priz sona erme süresinden en çok 360 dakika fazla olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 7 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 7 günlük basınç dayanımının en az %80'i kadar; deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %90'ı kadar olmalıdır.

Hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Su Geçirimsizlik Katkısı**

Sertleşmiş betonun kılcal su emmesini azaltan kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Kılcal su emme: 7 günlük kürden sonra 7 günlük deney için deneme betonunun su emme oranı, şahit betonun su emme oranının en çok %50'si kadar; 90 günlük kürden sonra 28 günlük deney için deneme betonunun su emme oranı, şahit betonun su emme oranının en çok %60'ı kadar olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %85'i kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Priz Geciktirici / Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı Katkı**

Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl amaç) ve priz geciktirici katkının etkisini (tali amaç) birlikte oluşturan etkidir.

Sağlaması gereken şartlar

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %100'ü kadar olmalıdır.

Priz başlangıcı: Deneme betonunun priz başlangıç süresi, şahit betonun priz başlangıç süresinden en az 90 dakika fazla olmalıdır.

Priz sonu: Deneme betonunun priz sona erme süresi, şahit betonun priz sona erme süresinden en çok 360 dakika fazla olmalıdır.

Su azaltma: Deneme betonundaki su miktarı, şahit betondaki su miktarından en az %5 az olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Priz Geciktirici / Yüksek Oranda Su Azaltıcı / Süper Akışkanlaştırıcı Katkı**

Yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl amaç) ve priz geciktirici katkının etkisini (tali amaç) birlikte oluşturan etkidir.

Eşit su/çimento oranında sağlaması gereken şartlar

Kıvam koruma: Deneme betonunun katkı katıldıktan 60 dakika sonraki kıvamı, şahit betonun ilk kıvamının altına düşmemelidir.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %90'ı kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

Eşit kıvamda sağlaması gereken şartlar

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 7 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 7 günlük basınç dayanımının en az %100'ü kadar; deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %115'i kadar olmalıdır.

Priz başlangıcı: Deneme betonunun priz başlangıç süresi, şahit betonun priz başlangıç süresinden en çok 360 dakika fazla olmalıdır.

Priz sonu: Deneme betonunun priz sona erme süresi, şahit betonun priz sona erme süresinden en az 90 dakika fazla olmalıdır.

Su azaltma: Deneme betonundaki su miktarı, şahit betondaki su miktarından en az %12 az olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

16. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

Bir maddenin birim hacminin kütlesi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Özgül ağırlık
B) Hacim
C) Özkütle
D) Ağırlık
E) Birim ağırlık

2. Özkütle birimi aşağıdakilerden hangisidir?

A) g/m³
B) kg/m³
C) kg/cm³
D) kg/mL
E) g/l

3. Katkı maddelerinin yoğunluklarının hesaplanması deneylerinde aşağıdaki deney aletlerinden hangi ikisi kullanır?

A) pH metre / Piknometre
B) pH kâğıdı / Dansimetre
C) Buharlaştırma kapsülü / Piknometre
D) Piknometre / Dansimetre
E) Piknometre / Buharlaştırma kapsülü

4. Bir ürünün pH deneyi sonucunda asidik özellikli olduğu tespit edilirse pH değeri aşağıdakilerden hangisi olabilir?

A) 5
B) 7
C) 9
D) 11
E) 13

5. Bir ürünün pH deneyi sonucunda bazik özellikli olduğu tespit edilirse pH değeri aşağıdakilerden hangisi olabilir?

A) 1
B) 3
C) 5
D) 7
E) 9

6. Bir ürünün pH deneyi sonucunda nötr özellikli olduğu tespit edilirse pH değeri aşağıdakilerden

hangisi olabilir?

A) 2
B) 5
C) 7
D) 9
E) 12

7. Katı madde miktarı tayini deneyinde sıvı ve toz deney numuneleri için sırasıyla kaçar gram numune alınmalıdır?

A) 2 g / 1 g
B) 2 g / 4 g
C) 1 g / 2 g
D) 1 g / 4 g
E) 5 g / 10 g

8. Katı madde miktarı tayini deneyinde içerisinde deney numunesi olan buharlaştırma kapsülü etüvde ne kadar süre kurutulmalıdır?

A) 1 saat
B) 2 saat
C) 3 saat
D) 4 saat
E) 5 saat

9. Betona katılan katkı maddesinin miktarı, beton bileşenlerinden hangisinin kütlece oranına göre tespit edilir?

A) Agrega
B) Su
C) Kum
D) Çakıl
E) Çimento

10. Beton karışımına, plastik hâlden katı hâle geçmeye (prizin) başlama süresini kısaltmak için katılan kimyasal katkı maddesi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Priz yavaşlatıcı katkı maddesi
B) Priz hızlandırıcı katkı maddesi
C) Hava sürükleyici katkı maddesi
D) Akışkanlaştırıcı katkı maddesi
E) Su geçirimsizlik katkı maddesi

KAYNAKÇA

ASTM C88 / C88M-18, Sodyum Sülfat veya Magnezyum Sülfat Kullanımıyla Agregaların Sağlamlığı için Standart Test Yöntemi. (2018). West Conshohocken, PA: www.astm.org.

AVCIOĞLU, M.(2011). Karayolu inşaatı. İstanbul: Birsen Yayınevi

AVCIOĞLU, M.(2012). Malzeme Bilimi ve Yapı Malzemeleri Deneyleri. İstanbul: Birsen Yayınevi

CEYLAN, S. (2006). Bitümlü Sıcak Karışımlarda Filler Olarak Carboniferous-Triassic Kayaç Tozlarının Kullanılması ve Etkisi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı. Konya.

ÇELİK, M. E. (2016, Ekim 13-14). 8.Uluslararası Kırmataş Sempozyumu. Beyyazı (Afyonkarahisar) Yöresi Karbonatlı Kayaçların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Kütahya, s. 378. https://acikerisim.aku.edu.tr/. adresinden alındı.

ÇELİKLİ U.(2018). Kırsal yolların üstyapı performansının belirlenmesi. Isparta: Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

DAL, M. , KILINÇ, Ç., EREN, E. , IŞIK, A. (2013) Beton Teknolojisi ve Beton Teknolojisi Laboratuvarı. İstanbul: Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi

DİVLİ, M. (2013). D-100 (E-5) Karayolunun Zincirlikuyu Kavşağı- Çobançeşme (Havaalanı) Kavşağı Arası Üstyapı Yenileme Çalışması ve Sma (Stone Mastic Asphalt)Tabakasının Performans Analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi. İstanbul.

GÜNER, M.Ş. (2013). Malzeme Bilimi-Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi. İstanbul: Aktif Yayınevi.

ILICALI, M. ,TAYFUR, S. , ÖZEN, H. , SÖNMEZ, İ. , EREN, K. (2001). Asfalt ve Uygulamaları, İSFALT Bilimsel Yayınları No:1. İstanbul: Seçil Ofset.

İSFALT İş makinaları Finişer kullanım kitapçığı

İSFALT İş makinaları Silindir kullanım kitapçığı

Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), Karayolları Genel Müdürlüğü. (2013). Ankara.

Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü. (2020). İnşaat Teknolojisi Alanı 10. Sınıf Alt Yapı Atölyesi Dersi Bilgi Formu. Ankara.

Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü. (2020). İnşaat Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı. Ankara.

ORHAN, F. (2012). Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları, Karayolları Genel Müdürlüğü. Ankara.

ÖZKUL, H. , TAŞDEMİR, M.A. , TOKYAY, M. ,UYAN, M. (1999). Meslek Liseleri İçin Her Yönüyle Beton İstanbul: Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını

SAĞLIK, A. , GÜNGÖR, A.G. (2008). Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, Karayolları Genel Müdürlüğü. Ankara.

ŞENOL, A. (2010). Karayoluyol Üstyapısı, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi inşaat Mühendisliği Bölümü. Sivas.

ŞİMŞEK, O. (2004). Beton Bileşenleri ve Beton Deneyleri. Ankara: TÇMB.

TS 3530 EN 933-1 Agregaların geometrik özellikleri için deneyler-Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini-Eleme metodu / 1999

TS 706 EN 12620+A1 Beton Agregaları. (2003). Ankara.

TS EN 1097-6/A1 Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-Bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranı tayini /2007

TS EN 12607-2 Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-Isı ve Hava Etkisi Altında Sertleşme Direncinin Tayini-Bölüm 2: TFOT Yöntemi. (2015). Ankara.

TS EN 1367-2 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri için Deneyler-Bölüm 2: Magnezyum Sülfat. (2011). Ankara.

TS EN 1426 Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-İğne Batma Derinliği Tayini. (2015). Ankara.

TS EN 1427 Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-Yumuşama Noktası Tayini-Halka ve Bilye Yöntemi. (2015). Ankara.

TS EN 15326+A1 Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-Yoğunluk ve Özgül Kütle Tayini-Kapiler Kapaklı Piknometre yöntemi. (2010). Ankara.

TS EN 196-1 Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım tayini. (2016).

TS EN 196-2 Çimento deney yöntemleri-Bölüm 2: Çimentonun kimyasal analizi. (2013)

TS EN 196-3 Çimento deney yöntemleri-Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini (2017).

TS EN 196-3 Çimento deney yöntemleri-Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini. (2017)

TS EN 196-6 Çimento deney yöntemleri-Bölüm 6: İncelik tayini. (2020).

TS EN 196-7 Çimento deney yöntemleri-Bölüm 7: Çimentodan numune alma ve numune hazırlama yöntemleri. (2010).

TS EN 197-1 Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. (2012).

TS EN 480-8 Kimyasal katkılar-Beton, harç ve şerbet için- Deney metotları- Bölüm 8: Katı madde muhtevası tayini. (2012).

TS EN 932-2 Agregaların genel özellikleri için deneyler-Bölüm 2: Laboratuvar numunelerin azaltılması metotları /1999

TS EN 933-9 Agregaların geometrik özellikleri için deneyler-Bölüm 9: İnce tanelerin tayini-Metilen mavisi deneyi /2001

TS EN 934-2 + A1 Kimyasal katkılar-Beton, harç ve şerbet için-Bölüm 2: Beton kimyasal katkıları-Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme. (2013).

Türk Dil Kurumu Yazım Kılavuzu (2012). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Türkçe Sözlük (2019). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

UÇAR, H. (2008). Kırmataşların Beton Agregasında ve Hazır Beton Tesislerinde Kullanılma Kriterleri Örnek Uygulama: Sağlıklı Köyü Kalker Ocağı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı. Adana.

ÜNSAL, A. , ŞEN, H. (2008). Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuvar Deneyleri, Karayolları Genel Müdürlüğü. Ankara.

YALÇIN, H. ve GÜRÜ, M.(2006). Çimento ve Beton. Ankara: Palme Yayıncılık.

YÜKNÜ, K., ÖZTÜRK, T., KOMUT, M. (2020). Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvar El Kitabı, Karayolları Genel Müdürlüğü,. Ankara.

NOT: Kaynakça, APA 6.0 referanslama sistemi kullanılarak oluşturulmuştur.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

- https://santiyede.com/agrega-nedir-cesitleri-nelerdir-kullanim-alanlari/ (Erişim: 15.10,.2020).
- https://insapedia.com/agrega-nedir/ (Erişim: 15.10.2020).
- https://www.igdir.edu.tr/Addons/Resmi/announc/7782/laboratuvar-deney-foyu.pdf (Erişim: 15.10.2020 12.30).
- https://www.atauni.edu.tr/yuklemeler/c974173c23175e7c91e762e1fed6657c.pdf (Erişim: 15.10.2020).
- https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/8655/1/11445.pdf (Erişim: 17.10.2020).
- https://www.agub.org.tr/agrega-deneyleri.php (Erişim: 17.10.2020).
- https://cdn.istanbul.edu.tr/statics/onkoloji.istanbul.edu.tr/wp-content/uploads/2017/10/OE-CHGS-PR-005-RB-001-Laboratuvar-G%C3%BCvenlik-Rehberi.pdf (Erişim: 20.11.2020 Saat: 21.25).
- http://cevre.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2017/08/lab-calisma-guvenlik.pdf (Erişim: 21.11.2020 Saat: 23.32).
- https://www.astm.org (Erişim: 26.11.2020).
- https://gost-snip.su/download/astm_c_88_05_standard_test_method_for_soundness_of aggregate (Erişim: 27.11.2020 Saat: 19.40 Saat: 9.40).
- http://www.asmud.org.tr (Erişim: 11.01.2020 Saat: 22.00).
- https://sanayihavarehberi.csb.gov.tr/sektorel-kilavuzlar-i-86227 (Erişim: 11.01.2021 Saat: 22.50)
- http://www.caglaryalcinkaya.com/FileUpload/ks149954/File/16-bitumlu_malzemeler-cyweb.pdf (Erişim: 11.01.2021 Saat: 22.42).
- https://www.tamyol.com.tr/Uretim-ve-Uygulama (Erişim: 12.01.2021 Saat: 21.27).
- https://docplayer.biz.tr/32080413-Yararlanilacak-kaynaklar.html (Erişim: 12.01.2021 Saat: 22.38).
- https://insaat.bartin.edu.tr/dokumanlar/ders-notlari.html (Erişim: 12.01.2021 Saat: 23.35).
- http://e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebakademi/modern_farmasotk/17.pdf(Erişim: 14.01.2021 Saat: 21.40).
- https://yapim.otoyolas.com.tr/wp-content/uploads/kaliteyayinlari (Erişim: 14.02.2021 Saat: 22.20).
- https://www.fhwa.dot.gov/pavement/materials/hmec/pubs/module_f/lab_manual_asphalt.pdf (Erişim: 15.02.2021 Saat: 23.14).
- https://civiconcepts.com/blog/float-test-of-bitumen#Observation_Table_for_Float_Test_of_Bitumen (Erişim: 13.05.2021 Saat: 21.38).
- http://www.ismakinalari.org.tr/tr/article.asp?id=29 (Erişim: 17.02.2021 01.15)
- https://www.yapikulubu.com/finiser-nedir-cesitleri/ (Erişim:18.02.2021 02.54)
- http://www.igdir.edu.tr/Addons/Resmi/announc/7782/laboratuvar-deney-foyu.pdf (Erişim: 18.10.2020 00.20)
- https://cdn3.beun.edu.tr/insaat/297a396322b1bf9bc53575e6ee2cf870/2-yapi-malzeme-deneyleri-2-agrega.pdf. (Erişim: 18.10.2020 00.25)
- https://agub.org.tr/agrega-deneyleri/ (Erişim: 17.11.2020, 20.35)
- https://avesis.erciyes.edu.tr/dosya?id=54686f45-b936-4940-a9e8-eafd0ce98c94. (Erişim: 29.01.2021 00.24)
- https://yapim.otoyolas.com.trwp- contentuploadskaliteyayinlari16_ EK1_Asphalt_Institute_MS2_kisim_3_5_6_7_12_13_cevirisi_T%C3%BCrk%C3%A7e.pdf./(Erişim: 28.01.2021 16.43)
- https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/221109 (Erişim: 28.01.2021, 16.33)
- https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/11737 (Erişim 17.02.2021 02.08)

- https://volkanatabey.com.tr/agrega-yikanabilen-ince-madde-orani-tayini/ (Erişim: 07.12.2020, 21.41)
- http://acikerisim.gelisim.edu.tr/xmlui/handle/11363/2436#sthash.e0FFUveR.dpbs (Erişim 06.02.2021, 2.38)

GÖRSEL KAYNAKÇASI

	http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1564

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

Öğrenme Birimi	Cevaplar
1	1-A, 2-E, 3-A, 4-D, 5-E, 6- A, 7-C, 8-E, 9-A, 10-B
2	1- D, 2-B, 3-C, 4-D, 5-C, 6-D, 7-C, 8-E, 9-D, 10-B
3	1-D, 2-B, 3-D, 4-C, 5-C, 6-C, 7-D, 8-C, 9-D, 10-B, 11-A
4	1-A, 2- E, 3-C, 4- E, 5-D, 6-C, 7-B, 8-D, 9-B, 10-A
5	1-C, 2- B, 3-D, 4-D, 5-C, 6-E, 7-B, 8-A, 9-B, 10-A
6	1-C, 2-C, 3- A, 4-D, 5-C, 6-E, 7-B, 8-D, 9-A, 10-D, 11-E, 12-B, 13- D, 14- A, 15- D, 16-A, 17-B, 18-A, 19-D, 20-E
7	1-A, 2-D, 3-D, 4-C, 5-D, 6-B, 7-E, 8-A, 9-D, 10-C
8	1-C, 2-E, 3-B, 4-E, 5-B, 6-B, 7-D, 8-D, 9-B, 10-D
9	1-C, 2-A, 3-B, 4-D, 5-E
10	1-D, 2-E, 3-A, 4-B, 5-C, 6-C, 7-B, 8-E, 9-C, 10-D
11	1-D, 2-B, 3-C, 4-D, 5-A, 6-B, 7-D, 8-C, 9-A, 10-C
12	1-E, 2-D, 3-E, 4-B, 5-C, 6-B, 7-A, 8-B
13	1-B, 2-C, 3-A, 4-E, 5-E, 6-A, 7-A, 8-E, 9-B, 10-E
14	1-B, 2-C, 3-B, 4-A, 5-E, 6-D, 7-C, 8-D
15	1-E, 2-D, 3-E, 4-B, 5-A, 6-B, 7-C, 8-A, 9-D, 10-C
16	1-C, 2-B, 3-D, 4-A, 5-E, 6-C, 7-A, 8-D, 9-E, 10-B