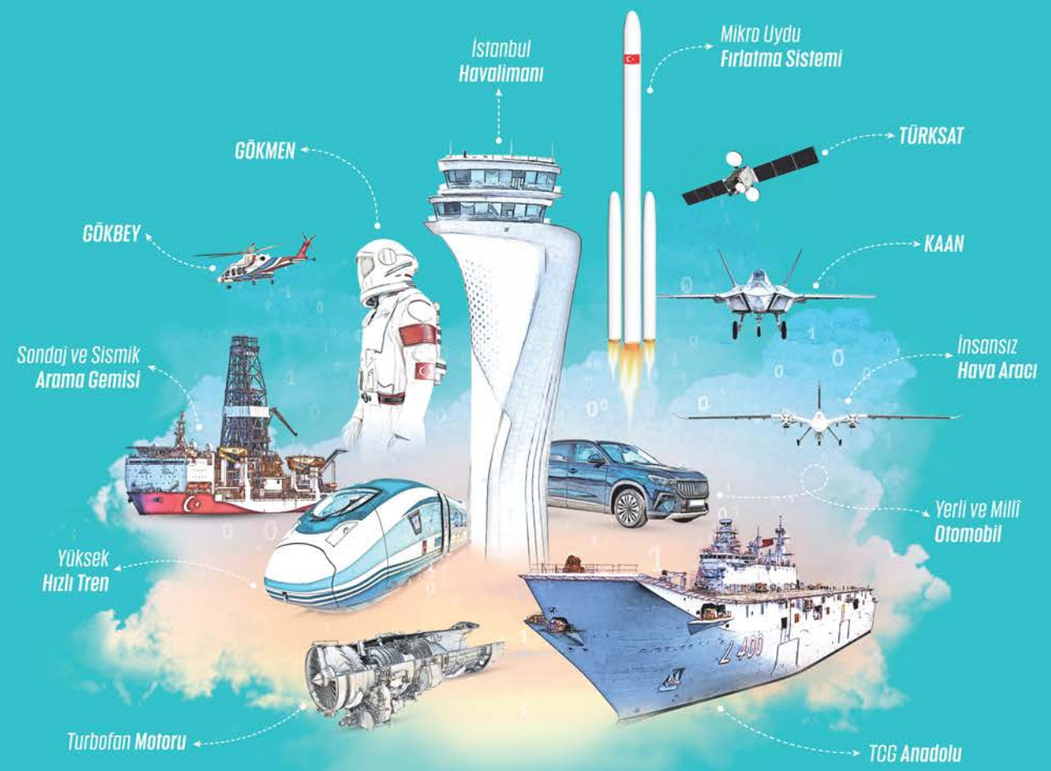
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

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: 978-975-11-7871-8

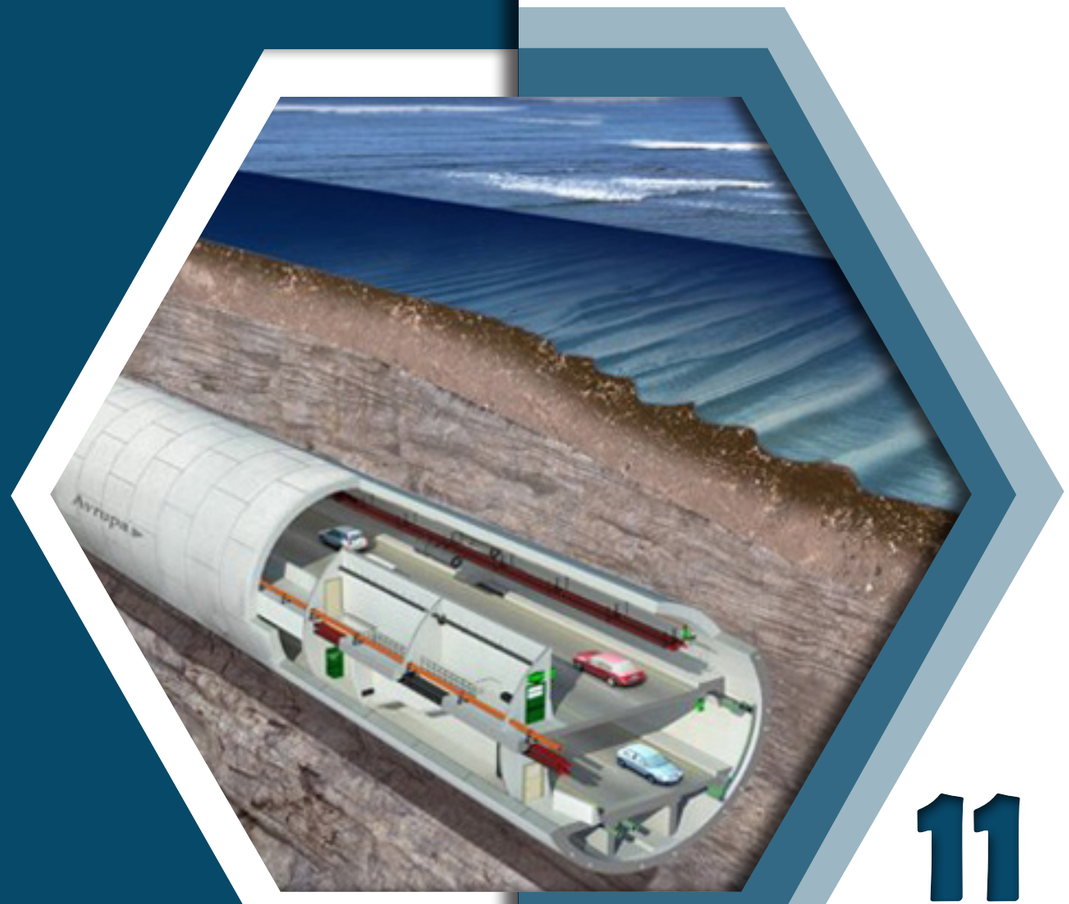
Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI İNŞAAT ALTYAPI ATÖLYESİ 11 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI

İNŞAAT ALTYAPI ATÖLYESİ



11
DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI

İNŞAAT ALTYAPI ATÖLYESİ

11

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Kemal ŞAHİNOL

Murat YILMAZ

Volkan KARA

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI :..... 9400
DERS KİTAPLARI DİZİSİ :..... 3060

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

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI : Celal ÇOBAN

DİL UZMANI : Neşe CanTÜRK

PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI : Ergül SIRKINTI

REHBERLİK UZMANI : Filiz KILIÇ

GÖRSEL TASARIM UZMANI : Barış GÖL

Bu ders materyalinde uluslararası ölçü birimleri esas alınmıştır.

ISBN: 978-975-11-7871-8

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

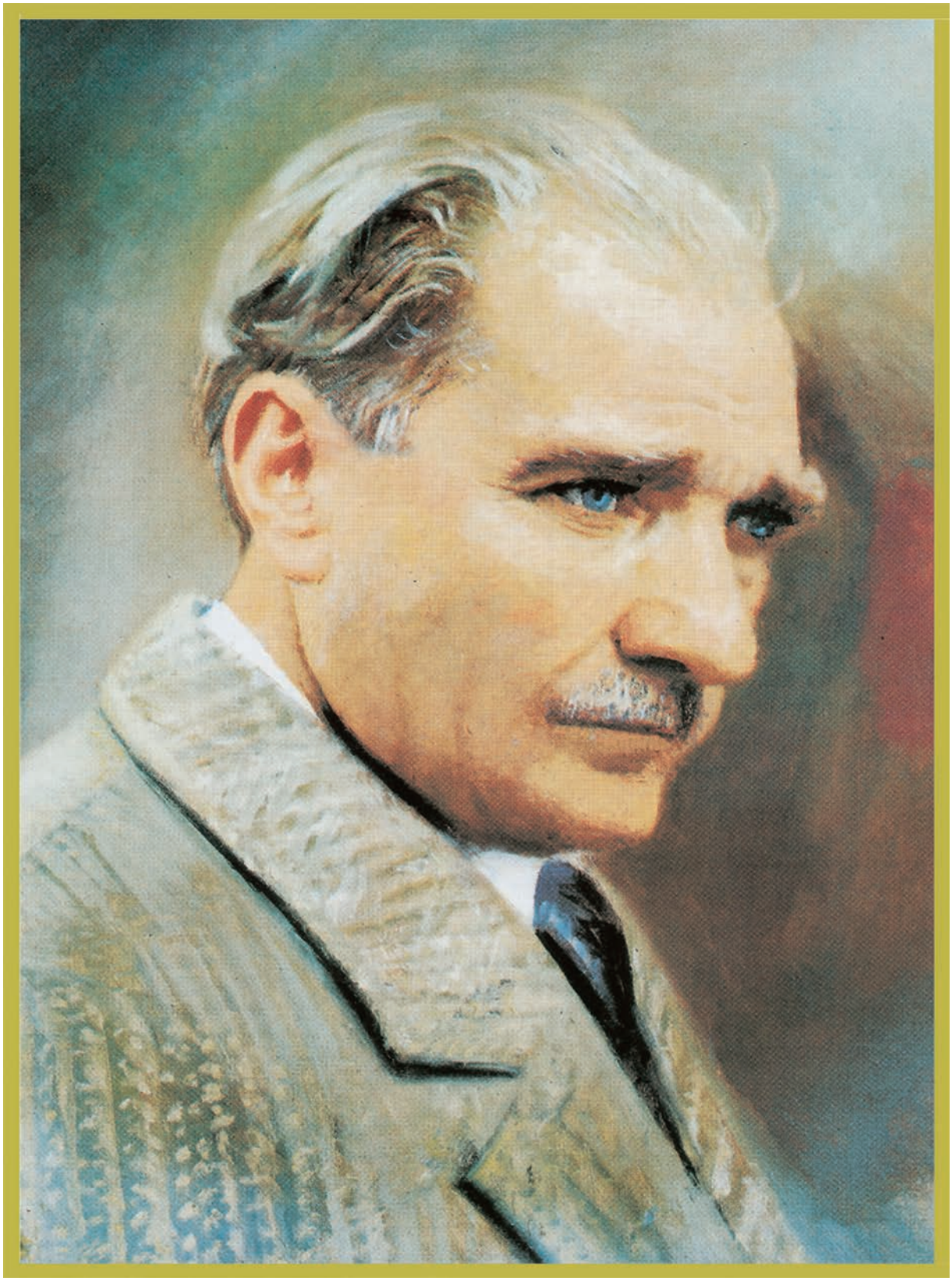
GENÇLİĞE HİTABE

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

İÇİNDEKİLER 9
DERS MATERYALİNİN TANITIMI 13
1. ÖĞRENME BİRİMİ : BETON AGREGALARINDA YÜZEY NEMİ VE AŞINMA DAYANIM DENEYLERİ 17
1.1. ATÖLYEDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİK TEDBİRLERİ 18
1.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amacı ve Tarafları 18
1.1.2. İş Kanunu ve Çalışma Mevzuatları 18
1.1.3. Altyapı Atölyesindeki (Laboratuvar) Tehlike, Risk Unsurları ve Alınacak Önlemler 19
1.1.4. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Kullanılan Kişisel Koruyucu Donanımlar 19
1.1.5. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Uyulması Zorunlu Kurallar 19
1.2. BETON AGREGALARINDA YÜZEY NEMİ ORANI TAYİNİ [TS 3523 (2015)] 21
1.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 21
1.2.2. Deneyin Yapılışı 22
1.2.3. Deney Numunesinin Doygun Kuru Yüzey (DKY) Hâline Gelmesinin Tespit Edilmesi 22
1.2.4. Deney Raporunun Hazırlanması 23
1.3. BETON AGREGALARINDA AŞINMA ORANI [TS EN 1097-2 (2020)] 27
1.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 27
1.3.2. Deneyin Yapılışı 28
1.3.3. Deney Raporunun Hazırlanması 30
1.4. DENEY ARAÇ GEREÇLERİNİN BAKIM VE ONARIMI 33
1.4.1. El Aletlerinin Bakım ve Onarımı 34
1.4.2. Mekanik Aletlerin Bakım ve Onarımı 34
1.4.3. Elektronik Aletlerin Bakım ve Onarımı 34
1.4.4. Hassas Aletlerin Bakım ve Onarımı 34
1.4.5. Laboratuvar Ortamının Bakım ve Onarımı 34
1.4.6. Aletlerin Kalibre Edilmesi 34
2. ÖĞRENME BİRİMİ : BETONU SIKIŞTIRMA VE KORUMA 37
2.1. BETONU SIKIŞTIRMA 38
2.1.1. Beton Çeşitleri 39
2.1.2. Betonun Kullanım Alanları 45
2.1.3. Betondan Beklenen Özellikler 45
2.1.4. Betonun Dökümü 45
2.1.5. Betonu Sıkıştırma 48
2.2. BETONU KALIBA GÖRE DÜZELTME 52
2.2.1. Betonu Düzeltme Yöntemleri 52
2.2.2. Betonu Düzeltmede Kullanılan Araç Gereç 53
2.2.3. Betonu Düzeltmede Dikkat Edilecek Hususlar 54
2.3. BETONU KORUMA 54
2.3.1. Betonu Koruma Yöntemleri ve Kullanılan Malzemeler 55
2.3.2. Betonu Korumada Dikkat Edilecek Hususlar 58
2.3.3. Kür Süresi ve Kür Uygulama Yöntemleri 59
3. ÖĞRENME BİRİMİ : HAZIR BETON ÜRETİMİ VE HACİM TESPİTİ DENEYİ 65
3.1. HAZIR BETON ÜRETİMİNE ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI 66
3.2. HAZIR BETON KARIŞIMI 69
3.3. HAZIR BETON ÖZELLİKLERİNİN KONTROLÜ 69
3.4. HAZIR BETON DÖKÜMÜ 70
3.5. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON (KYB) DENEYLERİ 71
3.5.1. Kendiliğinden Yerleşen Beton Karışım Tasarımı 73
3.5.2. Kendiliğinden Yerleşen Betona Uygulanan Deneyler 75

4. ÖĞRENME BİRİMİ : TAZE BETON KARIŞIM ORANI VE HAVA MİKTARI TAYİNİ.....97
4.1. BETON KARIŞIM ORANLARI HESAPLARI 98
4.1.1. Beton Özellikleri 100
4.1.2. Beton Karışım Hesabının Yapılması 110
4.1.3. Değişkenlerin Belirlenmesi.....110
4.1.4. Agregalarda Rutubet Düzeltmesinin Hesaplanması.....112
4.1.5. Karışım Hesaplarının Deneylerle Gerçekleşmesi 113
4.1.6. Beton Karışım Hesabı Örnek Sorular.....113
4.2. TAZE BETONDAN NUMUNE ALIMI.....122
4.2.1. Numune Alınması ve Saklanması Süreci 122
4.2.2. Deney Numunesi Alınırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar 126
4.2.3. Taze Betondan Numune Alma Raporunun Hazırlanması.....127
4.2.4. Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS) (Çipli Beton) 127
4.3. TAZE BETONDA HAVA MİKTARININ TAYİNİ 128
4.3.1. Taze Betonda Hava Miktarı Tayini Deneyinde Kullanılan Yöntemler.....130
4.3.2. Basınç Ölçme Metodu ile Taze Betonda Hava Miktarı Tayini Deneyi.....130
5. ÖĞRENME BİRİMİ : TAZE BETON KIVAM VE YOĞUNLUK (BİRİM HACİM KÜTLESİ) DENEYLERİ.....141
5.1. TAZE BETONDA KIVAM DENEYİ (SLUMP).....142
5.1.1. Çökme (Slump / Slamp) Deneyi (TS EN 12350-2, ASTM C143) 142
5.2. TAZE BETONDA KIVAM (SIKIŞTIRMA FAKTÖRÜ) DENEYİ.....149
5.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 149
5.2.2. Sıkıştırma Faktörü Deneyinin Yapılışı 149
5.2.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması, Değerlendirilmesi ve Raporunun Hazırlanması 150
5.3. TAZE BETONUN YOĞUNLUK DENEYİ 154
5.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 154
5.3.2. Deneyin Yapılışı 155
5.3.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması, Değerlendirilmesi ve Deney Raporunun Hazırlanması 156
6. ÖĞRENME BİRİMİ : SERTLEŞMİŞ BETON BASINÇ DENEYLERİ.....163
6.1.BETON DAYANIM DENEYLERİNDE KULLANILACAK NUMUNELERİN DENEYE HAZIRLIĞI VE BAKIMI (TS EN 12390-2, ASTM C31) 164
6.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 164
6.1.2. Beton Dayanım Deney Numunelerinin Deneye Hazırlanması ve Kür Koşulları .167
6.1.3. Numune Boyutlarının Deneye Uygunluğunun Kontrolü 169
6.1.4. Numune Yüzeyinin Düzeltilmesi (TS EN 12390-3: Ek A) 170
6.1.5. Deney Raporunun Hazırlanması.....174
6.2. BETON BASINÇ DAYANIMI DENEYİ 176
6.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 177
6.2.2. Deneyin Yapılışı 178
6.2.3. Hesaplamalar, Deney Sonuçların Değerlendirilmesi ve Raporun Hazırlanması 179
7. ÖĞRENME BİRİMİ : SERTLEŞMİŞ BETON GEÇİRGENLİK VE YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYLERİ 189
7.1. BETONDA GEÇİRGENLİK TAYİNİ DENEYİ (TS EN 12390-8).....190
7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 190
7.1.2. Deneyin Yapılışı 190
7.1.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Raporun Hazırlanması 191
7.2. SERTLEŞMİŞ BETONDA YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYİ (TS EN 12390-7, ASTM 138).....195

7.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 195
7.2.2. Deneyin Yapılışı 196
7.2.3. Sonuçların Hesaplanması ve Deney Raporunun Hazırlanması 197
7.3. KAROT NUMUNESİ (YERİNDE BETON BASINÇ DAYANIMININ BELİRLENMESİ) 202
7.3.1. Tahribatlı (Doğrudan) Yöntemlerle Yerinde Beton Basınç Dayanımı Tayini 202
7.4. TAHRİBATSIZ (DOLAYLI) YÖNTEMLERLE BETON BASINÇ DAYANIMI TAYİNİ 215
7.4.1. Beton Test Çekiciyle Geri Sıçrama Sayısı Tayini Deneyi (TS EN 12504-2, ASTM C 805) 215
7.4.2. Ultrasonik (Ses üstü) Darbe Hızı Tayini (TS EN 12504-4, ASTM C 597) 221
8. ÖĞRENME BİRİMİ : ZEMİN YAPISI 229
8.1. YAPI ZEMİNİNİN GENEL YAPISI 230
8.1.1. Yapı Zemin Çeşitleri 230
8.1.2. Yapı Zemin Özellikleri 233
8.1.3. Yapı Zemini İnceleme Metotları 233
8.1.4. Sorgulama ve Sondaj Yöntemi 236
8.1.5. Zemin Araştırma Noktalarının Belirlenmesi 236
8.1.6. Sondaj Yöntemine Göre Yapı Zemini Sorgulama 236
8.1.7. Derinliğine Göre Yapı Zemininin Genel Yapısını İnceleme 240
8.2. MUAYENE ÇUKURU 240
8.2.1. Muayene Çukurları Açma Yöntemleri 241
8.2.2. Muayene Çukuru Açma 242
8.3. ZEMİNDEN ÖRNEK NUMUNE ALIMI 242
8.3.1. Zemin Numuneleri 243
8.4. ZEMİN İNCELEME TUTANAĞI 247
8.4.1. Zemin İnceleme Tutanakları Üzerindeki Bilgiler 247
8.4.2. Zemin İnceleme Tutanağı Hazırlama 247
9. ÖĞRENME BİRİMİ : ZEMİNLERDE SU MUHTEVASI (İÇERİĞİ) TAYİNİ DENEYİ (TS 1900-1) 249
9.1. ÖRSELENMEMİŞ ZEMİN NUMUNELERİNİN DENEYE HAZIRLIĞI 250
9.1.1. Örselenmemiş Numunelerde Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 250
9.1.2. Numunelerin Tüpten Çıkartılması ve Deneye Hazırlanması 250
9.1.3. Zemin Numunesi İlgili Tutanakları ve Formları Doldurtulması 251
9.2. ÖRSELENMEMİŞ ZEMİNLERDE SU MUHTEVASININ (İÇERİĞİNİN) TAYİNİ DENEYİ (TS 1900-1) 253
9.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 253
9.2.2. Deneyin Yapılışı 253
9.2.3. Deney Raporu 253
10. ÖĞRENME BİRİMİ : ZEMİNLERDE KIVAM LİMİTLERİ DENEYİ 259
10.1. ZEMİNLERDE LİKİT LİMİT DENEYİ (CASAGRANDE YÖNTEMİ-TS 1900-1) 260
10.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 261
10.1.2. Deneyin Yapılışı 261
10.1.3. Deney Raporu 262
10.2. ZEMİNLERDE PLASTİK LİMİT DENEYİ (TS 1900-1) 266
10.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 266
10.2.2. Deneyin Yapılışı 267
10.2.3. Deney Raporu 267
11. ÖĞRENME BİRİMİ : ZEMİNLERDE SIKIŞMA DENEYLERİ 271
11.1. TEK EKSENLİ VE HACİMSEL BÜZÜLME DENEYLERİ (TS 1900-1) 272
11.1.1. Zeminlerde Tek Eksenli Büzülmenin Saptanması Deneyi 272
11.1.2. Hacimsel Büzülmenin Tayini 275

11.2. ZEMİNLERDE DANE ÇAPI DAĞILIMI DENEYİ 279
11.2.1. Yıkamalı Eleme Metoduyla Dane Çapı Dağılımının Bulunması (TS 1900-1).....279
11.2.2. İnce Dane Dağılımının Hidrometre Yöntemiyle Bulunması.....287
11.3. ZEMİNLERDE KURU BİRİM AĞIRLIK- SU İÇERİĞİ BAĞINTISINI 2,5 KG LIK TOKMAKLA BELİRLEME DENEYİ.....292
11.3.1. Zeminlerde Kuru Birim Ağırlık-Su İçeriği Bağlantısını 2,5 Kg Tokmakla (Standart Proktor) Belirleme Deneyi 293
11.3.2. Zeminlerde Kuru Birim Ağırlık-Su İçeriği Bağlantısını 4,5 Kg'lık Tokmakla (Modifiye Proktor) Belirleme Deneyi 299
11.3.3. Zeminin Kuru Birim Hacim Ağırlığının Kum Konisi İle Yerinde Tayini (TS 1900-1).....304
12. ÖĞRENME BİRİMİ : ZEMİNLERDE TAŞIMA ORANI VE KAYMA DAYANIMI DENEYLERİ.....311
12.1. ZEMİNLERDE CALİFORNİA TAŞIMA ORANI (CBR) TAYİNİ DENEYİ (TS 1900-2, ASTM D1883).....312
12.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları 312
12.1.2. Deneyin Yapılışı 314
12.1.3. Hesaplamalar ve Deney Raporu 317
12.2. ZEMİNLERDE ARAZİDE KAYMA DAYANIMININ KANATLI KESİCİ İLE SAPTANMASI DENEYİ(FVT)(TS EN ISO 2476-9, ASTM D2573) 328
12.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanlar 329
12.2.2. Deneyin Yapılışı 330
12.2.3. Deney Raporunun Hazırlanması.....332
13. ÖĞRENME BİRİMİ : ZEMİNLERDE DAYANIM DENEYLERİ 339
13.1. ZEMİNLERDE SERBEST BASINÇ DAYANIMININ TAŞINABİLİR ALETLERLE SAPTANMASI (TEK EKSENLİ SERBEST BASINÇ DAYANIM) DENEYİ 340
13.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanlar 340
13.1.2. Deneyin Yapılışı 341
13.1.3. Deney Raporu 342
13.2. ZEMİN DAYANIM TEST ARAÇ GERECİNİN BAKIM VE TEMİZLİĞİ.....346
13.2.1. Temizlik, Yağlama ve Koruma 346
13.2.2. Kontrol, Periyodik ve Teknik Servis Bakımları 348
CEVAP ANAHTARLARI.....353
KAYNAKÇA 354

DERS MATERYALİNİN TANITIMI



Öğrenme Birimi Numarası

Formül Sembolleri

Başlık

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:

SF: Çökme-yayılma değeri (mm)

d_1: Yayılan taze beton tabakasının en büyük çapı (mm)

d_2: yayılan taze beton tabakasının d_1 doğrultusuna dik yöndeki çapı (mm)

dır.

- Bulunan çökme-yayılma değerinin geçerli aralıkta olup olmadığı kontrol edilir.

Bir betonun KYB olarak kabul edilebilmesi için çökme-yayılma (SF) değerinin **550-850 mm** arasında olması gerekir. Çökme-yayılma 550-650 mm arasında ise SF1, 660-750 mm arasında ise SF2, 760-850 mm arasında ise SF3 olarak sınıflandırılır. t_{500} süresi 2 sn.den az ise VS1, eşit veya büyük ise VS2 sınıfını alır.

3.5.2.2. V Hunisi Deneyi

Bu deney, KYB'nin viskozite ve geçiş yeteneği hakkında fikir verir. Bu deney agrega büyüklüğü en fazla(Dmax) 22,4 mm'den daha fazla olan betonlar için uygun değildir. Aparat olarak özel bir huni kullanılır (Görsel 3.13) ve betonun bu huninin ağzından ne kadar sürede akacağı ölçülür. V hunisinin hacmi yaklaşık olarak 12 litredir.

Bu deney **TS EN 12350-9** Standardı'na uygun olarak yapılır.

Deneyin Yapılışı

- V hunisi titreşim veya darbeye maruz kalmayan düz ve yatay bir zemine yerleştirilir.
- V hunisinin iç kısımları yüzeylerinde serbest su kalmayacak şekilde rutubetlendirilir.
- V hunisinin alt kısmındaki akmayı sağlayan kapağı kapatılır.
- Taze beton numunesi herhangi bir zorlama veya sıkıştırma yapmadan tek işlemle huni üst seviyesine kadar huni içine doldurulur. Huni üzerindeki taşan fazla numune sıyrılarak alınıp üzeri tesviye edilir.
- Taze beton numunesi doldurulduktan sonra betonun yerleşmesi için 1 dakika kadar beklenir.



- V hunisinin alt kısmındaki akışı sağlayan kapağı açılır (Aynı anda kronometrede çalıştırılır.) ve taze beton numunesinin V hunisinden akması sağlanır.
- Kapak açıldığı anda, üstten bakıldığında huni alt kesitinde boşluğun görüldüğü ana kadar geçen süre ölçülür ve **Vt** değeri olarak kaydedilir.
- Kaydedilen bu değerin geçerli aralık

Görsel 3.13: V hunisi ve ölçüleri

Görselin numarası ve açıklaması

- ta olup olmadığı kontrol e
  V hunisinden akma süre on uygundur.
  V hunisinden akma süre nda ise VF2 adını alır.

3.5.2.3. L Kutusu Deneyi

L kutusu deneyi, KYB'nin d sındaki dar açıklıklardan ayrışma veya tıkanma olmadan akarak geçme yeterliliğinin değerlendirilmesi için kullanılır. Bu deney KYB'nin yerleşme, doldurma, geçiş yeteneğinin ve ayrışmaya karşı direncinin L şeklindeki bir kutu (Görsel 3.14) içinde gözlemlenmesini içerir.

L kutusu iki çubuklu ve üç çubuklu olmak üzere iki çeşittir. Çubuk yerleştirme sistemi, iki çubuklu deneyde 12 mm çapındaki çelik çubuklar arası mesafe 59 mm olacak şekilde, üç çubuklu deneyde ise 12 mm çapındaki çelik çubuklar arası mesafe 41 mm olacak şekilde olmalıdır. Üç çubuklu deney, daha sık donatıyı temsil eder. L kutusunun dikey kısmı yaklaşık olarak 13 litre beton hacmine sahiptir.

74

Deney Adı ve Süresi

1. DENEY UYGULAMASI

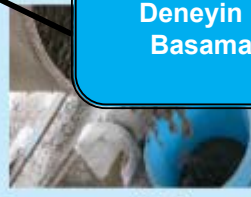
ceği taze KYB numunesinin çökme-yayılma deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Kendiliğinden Yerleşen Betonda Çökme-Yayılma Deneyi

Deney Süresi: Taban plakasının ve koninin ayarlanması, numunenin doldurulması 2 dakika, numune doldurulduktan sonra bekleme süresi 30 sn. gerekli ölçümler ve hesaplamaların yapılması 2 dakikadır.

Deneyin İşlem Basamakları

Deneyin İşlem Basamaklarının Açıklamaları

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alı-	
 Deney numunesinin alınması ve malzemelerinin hazırlanması	KYB'den slump cek kadar numune • Slump konisini ve taban plakasını nemli bir bezle silip, düz ve sarsıntısız bir zemin üzerine yerleştiriniz.	
  Gerekli işaretlemelerin yapılması ve koninin yerleştirilmesi	• Taban plakasına 500 mm çapında daire çiziniz. • Slump konisini taban plakasının tam ortasına (500 mm'lik dairenin merkeziyle koni merke-	
  Numunenin çökme konisine doldurulması	• Ta ma ve sıkıştırma yapmadan koni içine tek seferde doldurunuz. • Koni üzerindeki fazla numuneyi alıp üzerini tesviye ediniz. • Doldurma ve tesviye işlemi bittikten sonra numunenin yerleşmesi için 30 sn. bekleyiniz.	
 Koninin kaldırılması	• Koniyi dik bir şekilde yukarı doğru 1-3 sn. içinde kaldırınız ve numunenin yayılmasını sağlayınız. • t_{500} süresini tespit edebilmek için koniyi kaldırdığınız an ile aynı zamanda kronometreyi çalıştırınız.	

Deney Görselleri

Tablo 7.5: Deney Değerlendirme Raporu

1.DENEY İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER			
Laboratuvar No.		Yapı Sahibi / Proje Adı	
Deney Standardı		Ada/Pafta/Parsel	
Deney Tarihi	…. /….. / 20…	Bina/Şantiye Adresi	
Deneyi Yapan Firma / Kuruluş			
Deneyi Yapanın Adı Soyadı			
Beton Çekicinin Modeli ve Tipi			
Rapor Tarihi ve Numarası			

Deney Raporu Tanımlamaları

2.DENEY YAPILAN BETON YAPI ELEMANINA AİT BİLGİLER			
Hazır Beton Firması		Beton Döküm Tarihi	
Beton Sınıfı		Betonun Yaşı (Gün olarak)	
Beton Yapı Elemanın Tanımı (kiriş, kolon, perdenin aksı ve kat No.su)			

3.DENEY YERİNİN HAZIRLANMASINA AİT BİLGİLER
Deney Alanı / Alanları Hazırlama Bilgisi:

4.DENEY SONUÇLARINA AİT BİLGİLER
Geri Sıçramalı Çekiç Okumaları:
Deney Sonucu (Ortanca Değeri ve Her Deney Alanı İçin Çeki
Beton Çekicinin Yönü İçin Ayarlanan Deney Sonuçları (varsa):
Standard Deney Yönteminde Herhangi Sapma (varsa):
Deneyin İlgili Standarda Göre Yapıldığına Dair Deneyden Teknik Olarak Sorumlu Kişinin Beyanı:

Deney Sonuçları

5.DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
3				

Deneyi Yapan Öğrenci Bilgileri

6.ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER				
SNo	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
3				

Öğretmen Bilgileri







1. ÖĞRENME BİRİMİ

BETON AGREGALARINDA YÜZEY NEMİ VE AŞINMA DAYANIM DENEYLERİ

KONULAR

1.1. ATÖLYEDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİK TEDBİRLERİ
1.2. BETON AGREGALARINDA YÜZEY NEMİ ORANI TAYİNİ
1.3. BETON AGREGALARINDA AŞINMA ORANI
1.4. DENEY ARAÇ GERECİNİN BAKIM VE ONARIMI

TEMEL KAVRAMLAR

- Agrega yüzey nemi
- Doygun kuru yüzey
- Agrega aşınma oranı
- Çalışma mevzuatı

GİRİŞ

Kaliteli ve dayanıklı bir beton üretebilmek için betonu oluşturan malzemelerin de kaliteli ve dayanıklı olması gerekir. Kullanılacağı yapıya göre betonun birim ağırlıkları ve dayanım sınıfları değişiklik gösterir. Betonun birim ağırlık ve dayanım gibi özelliklerini doğrudan etkileyen ürün, betonun yaklaşık 3/4'ünü oluşturan agregadır. Agreganın aşınmaya karşı gösterdiği direnç, üretilen betonun da birim ağırlık ve dayanımını olumlu veya olumsuz yönde etkiler. Agregaların kalite ve dayanımını belirlemek için de birtakım deneyler yapılır.

Beton üretiminde kullanılacak agreganın nem durumu beton karışımında suyun dolayısıyla çimentonun karışım miktarlarında değişikliklere sebebiyet verebilir. Beton dayanımına etki edebilecek bu miktar değişimlerinin agrega yüzey nemi durumuna göre gözden geçirilmesi gerekir.

1.1. ATÖLYEDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİK TEDBİRLERİ

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ-WHO) iş sağlığı ve güvenliğini; tüm mesleklerde çalışanların **bedensel, ruhsal ve sosyal yönden** iyilik hâllerinin en üstün düzeyde tutulması, sürdürülmesi ve geliştirilmesi çalışmaları olarak tanımlar. İş sağlığı ve güvenliği yasalar doğrultusunda yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır.

1.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amacı ve Tarafları

İş sağlığı ve güvenliğinin amacı,çalışanları ruh ve beden sağlığı bütünlüğünde iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı korumaktır.

İş sağlığı ve güvenliğinde **devlet, işveren ve çalışanlar** olmak üzere üç taraf vardır.

Devlet: Kanun çıkartmak, uygulama ile ilgili altyapı oluşturmak ve denetlemek ile yükümlüdür.

İşveren: İşin gerektirdiği her türlü önlemi almak, araç gereci noksansız bulundurmak, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) önlemlerine uyulup uyulmadığını denetlemekten sorumludur. Aynı zamanda çalışanları karşı karşıya bulundukları mesleki riskler, alınması gerekli tedbirler, yasal hak ve sorumlulukları konusunda bilgilendirmek, gerekli iş sağlığı ve güvenliği eğitimini vermek zorundadır.

Çalışanlar: İş sağlığı ve güvenliği konusunda alınan her türlü önleme uymakla yükümlüdür.

1.1.2. İş Kanunu ve Çalışma Mevzuatları

Çalışma hayatı ile ilgili dört kanun vardır.

a) **3308 sayılı Mesleki Eğitim Kanunu:** Bu kanunun amacı; çırak, kalfa ve ustaların eğitimi ile okullar, yükseköğretim kurumları ve işletmelerde yapılacak mesleki eğitime ilişkin esasları düzenlemektir.

b) **4857 sayılı İş Kanunu:** Bu kanunun amacı, işverenlerle bir iş sözleşmesine dayanarak çalıştırılan işçilerin çalışma şartları ve çalışma ortamına ilişkin hak ve sorumluluklarını düzenlemektir.

c) **5510 sayılı Sosyal Güvenlik Kanunu:** Bu kanunun amacı; sosyal sigortalarla genel sağlık sigortası bakımından kişileri güvence altına almak; bu sigortalardan yararlanacak kişileri ve sağlanacak hakları, bu haklardan yararlanma şartlarıyla finansman ve karşılanma yöntemlerini belirlemek, sosyal sigortaların ve genel sağlık sigortasının işleyişiyle ilgili usûl ve esasları düzenlemektir.

ç) **6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu:** Bu kanunun amacı, iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemektir.

İşveren, öğrencilerin mesleki ve teknik eğitim okullarının atölye ve laboratuvarları ile staj ve beceri eğitimleri için gittikleri işletmelerde yükümlülüklerini yerine getirmek zorundadır. Çalışma ortam ve şartlarının iyileştirilmesi, çalışanların işe uygun alanlarda görevlendirilmesi, iş ile ilgili bilgilendirmelerin yapılması, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin verilmesi, işe uygun kişisel koruyucu kullanımların temin edilmesi işveren yükümlülüklerindendir.

İşveren, iş yerinde meydana gelen tüm kaza ve meslek hastalıklarından sorumludur. İş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliği uzmanı ve iş yeri hekimi bulundurmaları bu yükümlülüklerinden sorumlu olmamalarını sağlamaz.

Çalışanlar ve mesleki eğitim alan öğrenciler, kendilerine verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine katılmak zorundadırlar. 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. Öğrenciler, staj yaptığı işletmesi tarafından kendilerine verilen kişisel koruyucu donanımları kullanmak zorundadırlar. **İşletmelerde beceri eğitimi alan staj öğrencileri, okulu tarafından** iş kazası, meslek hastalığı ve hastalık sigortası ile sigortalanırlar.

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

Altyapı atölyesi derslerindeki risk unsurları Tablo 1.1'de belirtilmiştir.

Tablo 1.1: Altyapı Atölyesi Derslerinde Tehlike ve Risk Unsurları

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 levhalarına dikkat ederek çalışmak • İşe uygun kişisel koruyucu donanım kullanmak
Zehirlenme	Kullanılan kimyasallardan etkilenme	• Çalışma sırasında işe uygun kişisel koruyucu kullanmak • İzin almadan kimyasal madde içeren dolapları kullanmamak
Elektrik çarpması	Elektrikli aletlerle çalışırken elektrik akımına maruz kalma	• Elektrikli aletlerle ilgili uyarı, ikaz ve işaretlere uymak • Kablo ucu açık ve bozuk araç gereç 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 gösterilmeli, risklere karşı uyarı ikaz işaret ve levhalar asılmalı, çalışma sırasında uygun kişisel koruyucuları kullanmaları sağlanmalıdır. Ayrıca kullanma talimatı, her makinenin üzerinde veya yakınındaki duvarda asılı olmalıdır. Acil durumlarda makinenin durdurulması gerektiği anlatılmalıdır.

1.1.4. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Kullanılan Kişisel Koruyucu Donanımlar

İş Önlüğü: Uzun kollu, cepli, diz hizasında tercihen beyaz renkli, bedene uygun önlük kullanılır.

Eldiven: Genellikle beyaz ve mavi renkli cerrahi nitril eldivenler kullanılır. Numune alma, alet ve makinelerin taşınması gibi durumlarda tekstil üzeri kaplamalı eldivenler kullanılır.

Maske: Ağız ve burnu kapatacak toz maskesi kullanılır.

Gözlük: Şeffaf iş gözlükleri kullanılır.

İş Ayakkabısı: Çalışmalar sırasında kazaların etkisini azaltmak ve ayak güvenliğini sağlamak için çelik / kompozit burunlu iş ayakkabıları kullanılır.

1.1.5. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Uyulması Zorunlu Kurallar

Çalışma yaparken atölye düzeni, yapılan işin verimli bir şekilde ilerleyebilmesi ve sağlık için aşağıda belirtilen kurallara uyulması gerekir.

- Laboratuvarda yapılan çalışmalar sırasında çalışmanın özelliğine göre iş ayakkabısı, gözlük, yüz maskesi, eldiven, kulaklık gibi kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanılmalıdır. KKD'ler sağlığa uygunluk şartlarının sağlanması için kişiye özeldir.
- Laboratuvarda çalışırken önlük giyilir ve önlüğün tüm düğmeleri mutlaka kapalı olur. Önlük üzerine başka giysiler giyilmez.

- Çalışma tezgâhlarının üzerine kıyafet, çanta gibi özel eşyalar konmaz.
- Laboratuvardaki çalışma alanları içinde kesinlikle yiyecek ve içecek maddesi tüketilmez.
- Her deney öncesinde laboratuvar sıcaklığının 20±2 °C olması ve nem oranının en az %65 olması sağlanır.
- Laboratuvarın ciddi bir çalışma ortamı olduğunu unutmamak gerekir. Deney sırasında şakalaşma, başka şeylerle ilgilenme, düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek şekilde hareket ve davranışlarda bulunulmaz.
- Deneyler öğretmenin anlattığı ve gösterdiği şekilde ve öğretmenin gözetiminde yapılır. Anlatılan ve gösterilen deney yönteminden farklı bir yöntem izlenmez.
- Öğretmenin bilgisi olmadan laboratuvarda çalışma yapılmaz.
- Deney sırasında beklenmeyen bir durum ortaya çıktığında hemen laboratuvar öğretmenine haber verilir.
- Kâğıt, kalem gibi eşyalar; el, yüz ve ağza sürülmez. Elde yara, kesik varsa su geçirmez bant ile kapatılır.
- Laboratuvar zemininin kaygan olmasına yol açacak su ve yağ gibi kirlenmelere izin verilmez.
- Numune veya malzeme alımında daima temiz araç gereç kullanılır. Aynı araç gereç temizlenmeden başka bir madde içine sokulmaz.
- Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan hiçbir kap etiketsiz olmaz. Kullanmadan önce etiket dikkatlice okunur. Kimyasallar bir kaptan başka bir kaba aktarıldığında yeni kabın etiketlenmesi unutulmaz. Etiket üzerinde hazırlanış tarihi, saklama süresi, numune sahibi, çözeltinin / numunenin özellikleri ve diğer gerekli olabilecek bilgiler yer alır.
- Laboratuvarda bulunan bütün kimyasallar tehlike içerir. Bu nedenle kesinlikle kimyasallara çıplak elle dokunulmamalı, tadına bakılmamalı ve koklanmamalıdır..
- Kimyasallar ve hazırlanan çözeltiler izinsiz boşaltılmaz ya da dökülmez.
- Kabından alınan kimyasallar kullanılmasa bile hiçbir zaman tekrar orijinal kabına konmaz, orijinal kabın içerisine pipet daldırılmaz.
- Bir çözeltiyi almak için kullanılan pipet farklı bir çözelti şişesine sokulmaz.
- Ağızla pipetleme yapılmaz, tek kullanımlık plastik ve otomatik pipetler veya puar gibi pipetleme gereci kullanılır.
- 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 atılmaz.
- Cıva herhangi bir şekilde dökülürse vakumlanarak ya da köpük tipi sentetik süngerlerle toplanır. Toplanamayacak kadar az miktarda ise üzerine toz kükürt serpilerek zararsız hâle getirilir.
- Kimyasal atıklar, laboratuvar öğretmeninin talimatlarına uygun olarak işleme tabi tutulur. Kimyasal maddeler, çevreye ve insan sağlığına zarar verebileceğinden lavabolara veya başka yerlere kesinlikle dökülmez.
- Laboratuvar ortamına kimyasal madde veya numune döküldüğü takdirde derhâl temizlenir, gerektiğinde durum laboratuvar öğretmenine bildirilir.
- Laboratuvar kimyasallarının (yanıcı, patlayıcı, parlayıcı maddeler) kullanımı sırasında üzerlerindeki güvenlik bilgilerine uygun davranılır. Bunların yanına ateş, elektrik kontağı ve kıvılcım oluşmaması amacıyla yanıcı, parlayıcı, patlayıcı maddeler ile yaklaşılmaz.
- Termometre, pipet gibi yuvarlanabilecek cam eşyalar, laboratuvar tezgâhı üzerine yere düşmelerini önleyecek şekilde konur.
- Soğuk ve sıcak camın görüntüleri aynı olduğundan ısıtılmış cam eşya herhangi bir uyarı olmaksızın gelişigüzel bir yere konmaz.
- Kullanımdan sonra cam eşyalar distile su ile yıkanır.
- Kırık cam malzemelere kesinlikle çıplak elle dokunulmaz. Kırılan cam malzemeler derhâl süpürülüp dikkatle uygun bir yere atılır. Kırık camlar, çöp kutusuna değil geri dönüşüm kutusuna atılır.
- Etüv veya fırın kullanırken mevcut sıcaklık ayarı değiştirilmez.
- Etüv, fırın gibi cihazlarda plastik eldiven kullanılmaz. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanılır.

- Çözücülerle yıkanan malzemeler, patlama riski nedeniyle kurutulmak üzere etüve konmaz.
- Hassas terazinin dengesi kontrol edilir. Denge durumunda su terazisindeki hava kabarcığının ortalanmış olması gerekir. Hassas terazi, kullanılmadığı zamanlarda kapalı ve yüksüzdür.
- Hassas terazi üzerine veya etrafına kimyasal madde dökülmemesine özen gösterilir. Dökülen kimyasal madde fırça ile temizlenir.
- Laboratuvardaki bütün elektrikli cihaz prizlerinin topraklamalı olması ve elektrik yalıtımlarının çift ya da takviyeli yapılması gerekir. Elektrik kablosu zedelenmiş cihazların laboratuvarda kullanımına izin verilmez, hasarlı kablolar derhâl değiştirilir.
- Elektrikli aletlerin elektrik bağlantısı yapılırken ellerin tamamen kuru olmasına dikkat edilir.
- Kullanılmadığı sürece etüv ve elektrikli ısıtıcılar daima kapalı tutulur. Isıtılmış etüv, ocak gibi alet ve cihazlar gözetimsiz bırakılmaz.
- Atölye deney aleti veya elektrikli cihazlar izinsiz çalıştırılmaz. Kullanımı tam olarak bilinmeyen
- cihazlar kesinlikle kullanılmaz.
- Harç ve zemin numuneleri su ile birleşince sertleşebilen bir malzemedir. Bu sebeple harç veya zemin numunesi bulaşmış aletler, giderlerin tıkanmaması için normal lavabolarda yıkanmaz.
- Cihazlar üreticilerinin önerdiği ve imal edildikleri materyallere uygun temizlik malzemesi ile temizlenir. Çalışmalar sırasında kullanılan yıkanabilir malzemeler işlem tamamlanır tamamlanmaz aynı gün içinde yıkanır, kirli malzemelerin biriktirilmesine izin verilmez.
- Deney bittikten sonra kullanılan malzemelerin deney düzeneği ve deney tezgâhının temizliği özenle yapılır.
- Çalışma bittikten sonra eller sabunlu su ve gerektiğinde antiseptik bir sıvı ile yıkanır.

1.2. BETON AGREGALARINDA YÜZEY NEMİ ORANI TAYİNİ [TS 3523 (2015)]

Bu deney TS 3523 (2015) Standardı'na göre yapılır. Deneyin amacı beton üretiminde kullanılacak agregaların üzerindeki serbest su miktarını hesaplamaktır.

Beton karışım hesabında genellikle agreganın nem durumu doygun kuru yüzey (DKY) varsayılarak su, çimento ve agrega miktarları hesaplanır.

Karışım hesaplarında DKY olarak varsayılan agreganın nemlilik durumu, beton üretiminde bizzat yer alan agreganın nemlilik durumu ile genellikle aynı değildir. Betonun üretileceği gün, agrega **hava kurusu** durumunda veya ıslak durumda olabilir. Şayet, agrega ıslak durumda başka bir ifadeyle tanelerin üzerinde serbest su bulundurur durumda ise betonun içine karışım hesaplarında elde edilen su miktarından daha çok su katılır. Böyle bir durumda su / çimento oranı hesaplanan miktardan daha yüksek olacağından betondan istenen dayanım elde edilemez. Öte yandan agrega, **tamamen kuru** veya **hava kurusu** durumunda ise beton karışımının içine katılan suyun bir miktarını emer. Bu durumda da istenen işlenebilme ve dayanımın elde edilebilmesi güçleşir.

UYARI: Agreganın yüzeyindeki nem oranı, birim ağırlığını etkiler. Üretilecek betonun karışım suyunu etkiler. Betonun su / çimento (s / ç) oranını değiştirir. Betondan beklenen özellikleri olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle beton üretilirken bulunan yüzey nemi oranına göre beton üretiminde kullanılan agreganın ıslak, kuru veya hava kurusu olma durumlarına göre gerekli su azaltma veya su eklemeleri yapılmalıdır. Böylece beton karışımı için yapılan hesaplardaki s / ç oranından sapma olmaz.

Yüzey Nemi: Suya doygun durumdaki agreganın yüzeyinde bulunan serbest sudur.

Doygun Kuru Yüzey: Agreganın içyapısındaki boşlukların suya doygun, dış yüzeyinin kuru olduğu durumudur.

Bu deney **TS 3523 (2015)** Standardı'na göre yapılır.

1.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Terazi: 0,1 g hassasiyetle ölçme özelliğine sahip ve dijital özellikli terazi olmalıdır.

Etüv veya Isıtıcı: Sıcaklığı (105±5) °C'ta tutulabilen, hava dolaşımlı bir etüv veya deney numunesinin yakın çevresindeki sıcaklığı (105±5) °C'a çıkarabilecek güçte ve elektrik ısıtmalı bir tabladır.

Madeni Kap veya Tepsi: Deney numunesinin tamamını içine alabilecek ve dökülmeden karışmasını sağlayacak büyüklükte bir kap veya tepsi olabilir.

Abraham Konisi: Üst çapı 40 mm, alt çapı 90 mm, yüksekliği 75 mm olan kesik koni biçimli metal bir kalıptır (Görsel 1.1).

Sıkıştırma Çubuğu: Kütlesi 340±15 g ve çapı 25±3 mm olan düzgün dairesel vurma yüzeyli metal bir çubuktur (Görsel 1.2).

Diğer Araç Gereç: Fırça ve spatuladır.



Görsel 1.1: Abraham konisi



Görsel 1.2: Sıkıştırma çubuğu

1.2.2. Deneyin Yapılışı

Beton agregalarında yüzey nemi tayini deneyi şu işlem sırasına göre yapılır:

Not: Deney numunesinin doygun kuru yüzey (DKY) hâle geldiğini anlamak için agrega dane büyüklüğüne bağlı olarak farklı yöntemler kullanılabilir. Deneyin yapılışı kısmında agreganın doygun kuru yüzey hâle geldiğini anlamak için **Abraham Konisi Yöntemi'**ni bilmek gerekir. **Abraham Konisi Yöntemi'**ni kullanabilmek için dane büyüklüğü 0-4 mm arasında olan deney numunesi kullanılır.

- Tablo 1.2'de verilen yüzey nemi oranının tayini deney numunesi miktarlarına göre deneyde kullanılacak agrega, dane büyüklüğüne uygun miktarda laboratuvar numunesi alınır ve homojen bir şekilde karıştırılır.

Tablo 1.2: Yüzey Nemi Oranının Tayini Deney Numunesi Miktarları

EN BÜYÜK DANE BÜYÜKLÜĞÜ (MM)	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	63	90	125
NUMUNE MİKTARI (KG)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	3	5	10	15	15

- Hazırlanan laboratuvar numunesinden çeyrekleme veya bölgeç yöntemiyle deney numunesi alınır.
- Hazırlanan deney numunesinin ağırlığı tartılır ve (M1) olarak kaydedilir.
- Deney numunesi bir tepsi içine yayılır ve ısıtıcı üzerine yerleştirilir.
- Deney numunesi sık sık karıştırılarak ısıtılır ve deney numunesinin doygun kuru yüzey hâline gelmesi sağlanır.
- Deney numunesi doygun kuru yüzey hâline geldiği zaman numunenin ağırlığı tartılır ve (M2) olarak kaydedilir.
- İlgili deney formülü kullanılarak agrega daneleri üzerindeki yüzey nemi oranı hesaplanır.

1.2.3. Deney Numunesinin Doygun Kuru Yüzey (DKY) Hâline Gelmesinin Tespit Edilmesi

Agrega numunesinin yüzey nemini belirleyebilmek için numune doygun kuru yüzey (DKY) hâlde olmalıdır. Numunenin doygun kuru yüzey hâle gelip gelmediği, şu işlem sırasına göre Abraham konisi ile koni deneyi yapılarak anlaşılır:

- Abraham konisi geniş açıklığı aşağıda kalacak şekilde düz ve kuru bir zemine yerleştirilir.
- Deney numunesi kaşık veya spatula yardımıyla tek seferde sıkıştırma yapılmadan Abraham konisi içerisine bir miktar taşacak kadar doldurulur.
- Koni üzerindeki fazla numune spatula yardımıyla tesviye edilir.

- Sıkıştırma çubuğu ile yirmi beş (25) defa sıkıştırma işlemi yapılır (Her düşüşte tokmak yaklaşık 5 mm yukarıdan ve numunenin farklı yerlerine düşürülmelidir.).
- Koninin doldurulması ve sıkıştırılması sırasında koninin hareket etmemesi için bir elle sürekli tutulmalıdır.
- Koninin doldurulması ve sıkıştırılması sırasında huninin çevresine dökülen numuneler fırça ile temizlenir.
- Koni dik bir şekilde yukarı kaldırılır.
- Deney numunesinin aldığı şekil gözlemlenir.
- Numune kabın şeklini aldıysa veya numune daneleri birbirini tutuyorsa numunenin dış yüzeyinde hâlâ yüzey nemi olduğu anlaşılır ve kurutma işlemine devam edilir.
- Numune daneleri birbirini tutmuyor, serbest bir şekilde dağılıyorsa numunenin dış yüzeyinde yüzey nemi olmadığı, doygun kuru yüzey hâline geldiği anlaşılır.

Not: Deney numunesinin doygun kuru yüzey hâline geldiğini anlamak için kesme veya yakma yöntemi gibi yöntemler de kullanılabilir. Kesme yönteminde numune yarım küre şeklinde bir yığın hâline getirilir ve ortadan ikiye bölünür. Ayrılan yüzeyler birbirini tutuyor ve düzlemliğini koruyorsa yüzey nemi var demektir ve kurutmaya devam edilir. Yüzeyler birbirini tutmuyor ve dağılma oluyorsa numune DKY durumuna gelmiş demektir. Yakma yönteminde ise agrega numunesi yanıcı bir madde ile karıştırılır ve yakılır. Bu şekilde numune dış yüzeyindeki ıslaklığın giderilmesi sağlanır. Bu yöntem daha çok iri daneli numunelerde kullanıma uygundur.

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Deney süresi boyunca numunenin rutubetinin değişmemesine özen gösterilmelidir. Bunun için deney sırasında ara verilmez.
- Abraham konisine numune doldurulurken, sıkıştırma yapılırken ve koninin çevresi temizlenirken koni sabit olarak tutulur.
- Abraham konisi kaldırılırken koninin etrafı yayılmayı engellemeyecek şekilde temiz olur.
- Abraham konisine doldurulan numuneyi sıkıştırırken sıkıştırma çubuğunun kendi ağırlığı ile serbest düşüş yapması sağlanır, ayrıca bir güç uygulanmaz.
- Numunenin DKY durumuna geldiği gözlemlenirse aynı numune ile bir koni deneyi daha yapılır. İki deney arasındaki fark 0,2 veya daha az ise iki deneyin ortalaması alınır ve yüzey nemi oranı olarak kaydedilir.

Deney Hesaplamalarının Yapılması

Agrega yüzey nemi oranı hesaplaması şu formülle yapılır:

$$n = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \cdot 100$$

n: Agreganın yüzey nemi oranı (%)
M_1: Deney numunesinin deney başlangıcındaki ağırlığı (g)
M_2: Deney numunesinin doygun kuru yüzey hâlindeki ağırlığı (g)

1.2.4. Deney Raporunun Hazırlanması

Deney uygulaması sırasında **Deney Takip Formu** doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar deney **Değerlendirme Raporu'**na kaydedilir. Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur ve imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Buna göre

- Her öğrenci deneye katılmadan önce gerekli hazırlığını yapmalıdır.
- Her öğrenci oluşturulan deney grubuyla birlikte 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.
- Deneye katılmayan öğrenci ya da öğrenciler rapor teslim edemez. O öğrenci ya da öğrencilere gerekirse ayrıca deney yaptırılabilir.

Beton agregalarında yüzey nemi oranı tayini deneyi için Tablo 1.3'teki deney değerlendirme raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 1.3: Deney Raporu

Deneyin Adı	Beton Agregalarında Yüzey Nemi Oranı Tayini
Standart No.	TS 3523 (2015)

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Kullanılan Aletler	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat		Laboratuvar Nemi	

Deney No.	Deney Numunesi Başlangıçtaki Ağırlığı (M1) (G)	Deney Numunesinin Doygun Kuru Yüzey Hâlindeki Ağırlığı (M2) (G)	Agreganın Yüzey Nemi Oranı (n) (%)
1			
2			
3			
4			
5			

Deneyin Değerlendirilmesi

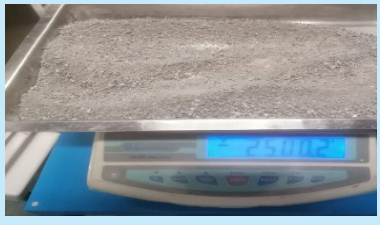
Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

1. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği iki farklı çeşit agrega numunesinin yüzey nemi oranı tayini deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Beton Agregalarında Yüzey Nemi Oranı Tayini

Deney Süresi: Bir deney grubu için numune hazırlama ve DKY tespiti toplam süre 1 saattir. Numune hazırlanması ve deney hesaplamaları süreleri haricinde numunenin DKY durumuna geldiğini tespit etmek için Abraham konisi ile yapılan koni deneyi sayısına bağlı olarak toplam deney zamanı değişkenlik gösterebilir.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney numunesinin hazırlanması	• Agrega dane büyüklüğüne uygun miktarda deney numunesini hazırlayınız.	
Deney numunesinin azaltılması	• Numune azaltma yöntemlerinden birine göre deney numunesini azaltınız.	
Deney numunesinin tartılması	• Deney yapımında kullanacağınız numuneyi tartınız ve M1 değeri olarak kaydediniz.	
 Deney numunesinin doygun kuru yüzey hâline getirilmesi	• Deney numunesini bir tepsi üzerine yayınız. • Numuneyi ısıtıcı üzerine koyunuz ve karıştırma yaparak ısıtınız. • Numunenin doygun kuru yüzey hâline geldiğini anlamak için ara ara Abraham konisi deney yöntemini uygulayınız.	
Abraham konisi deneyinin yapılması		
 Abraham konisinin hazırlanması	• Abraham konisini, içi kuru ve temiz olarak geniş açıklığı aşağıda kalacak şekilde düz bir tepsi içine veya düz bir zemine yerleştiriniz.	

 Deney numunesinin Abraham konisine doldurulması	• Bir elinizle koniyi sabit tutup numuneyi sıkıştırma yapmadan koninin içine bir miktar taşacak şekilde doldurunuz.	
 Fazla numunenin tesviye edilmesi	• Bir kaşık veya spatula yardımıyla fazla numuneyi sıyırma yöntemiyle alınız.	
 Numunenin sıkıştırılması	• Sıkıştırma çubuğunu, yaklaşık 0,5 cm yukarıdan serbest düşüş yapacak şekilde numune üzerine 25 defa düşürünüz. • Sıkıştırma işlemini yaparken elinizle ekstra kuvvet uygulamayınız.	
 Abraham konisinin kaldırılması	• Koni etrafına dökülen numune varsa koninin etrafını temizleyiniz. • Koniyi dik bir şekilde yukarı kaldırınız.	
 Numunenin doygun kuru yüzey durumunun kontrol edilmesi	• Numunenin aldığı şekli gözlemleyiniz. • Numune koninin şeklini aldıysa veya daneler birbirini tutuyorsa (soldaki resim gibi) numune doygun kuru yüzey hâline gelmemiştir. Numuneyi ısıtmaya devam ediniz. • Numune kendi hâlinde veya ufak parmak darbeleriyle dağılıyor ve kenarlarda boşluk varsa (sağdaki resim gibi) numune doygun kuru yüzey hâline gelmiştir. Isıtma işlemini bitiriniz.	
Doygun kuru yüzey durumuna gelen numunenin tartılması	• Doygun kuru yüzey hâline gelen numuneyi tartınız ve M_2 değeri olarak kaydediniz.	
Deney hesaplamalarının yapılması	• İlgili deney formülünü kullanarak agrega yüzey nemi oranını 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 hazırlayıp, imzalayarak bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

1.3. BETON AGREGALARINDA AŞINMA ORANI [TS EN 1097-2 (2020)]

Bu deney **TS EN 1097-2 (2020)** Standardı'na göre yapılır.

Deneyin amacı, doğal ve yapay iri agregaların parçalanma direncini belirlemek ve agregaların kullanıldığı betonda yerine göre kullanılıp kullanılamayacağına karar vermektir.

Üretilen bir betondan beklenen en önemli özelliklerden biri de uygulandığı yapının kullanım amacına uygun dayanım göstermesidir. Askeri tesis, baraj veya yol gibi basınç yüklerinin fazla olduğu veya hastanelerin röntgen odaları gibi zararlı ışınların kullanıldığı yapılarda kullanılan betonun basınç dayanımı da yüksek olmalıdır. Basınç dayanımı yüksek bir beton üretmek için o betonun üretilmesinde kullanılacak agreganın da basınç dayanımının yüksek olması gerekir. Agregaların darbe ve basınçlar altında ne kadar aşınma veya kırılma gösterdiği ve bu etkilere ne kadar dayanabildiğini anlamak için aşınma dayanım deneyleri yapılır.

Aşınma dayanım deneyinde özellikle **Los Angeles Deney Yöntemi** kullanılır. Ancak Los Angeles deney sonuçlarında anlaşmazlık olması veya başka bir yöntemle teyit edilmesinin istendiği durumlarda alternatif olarak darbe deneyi de yapılabilir.

1.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Beton agregalarında aşınma dayanımı deneyi yapılırken kullanılacak araç gereç ve özellikleri şöyle verilmiştir.

Etüv: Sıcaklığı (105±5) °C'da tutulabilen özellikte olmalıdır.

Terazi: %0,1 hassasiyetli olmalıdır.

Elekler: 1,6 mm, 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm), 14 mm göz açıklıklı eleklerdir.

Los Angeles Deney Aleti: İç çapı 711 mm, iç uzunluğu 508 mm olan silindir şeklinde çelik tambur ve elektronik kontrol panelinden oluşur. 31-33 devir / dakika arasında dönme hızına sahip aşındırma yapabilen özellikte olmalıdır (Görsel 1.3).

Aşındırma Bilyeleri: Her biri 45 mm ile 49 mm arasında çapa sahip küresel çelikten oluşur. Ağırlıkları 400 g ila 445 g arasında kütleye sahip olmalıdır (Görsel 1.4).



Görsel 1.3: Los Angeles deney aleti



Görsel 1.4: Aşındırma bilyeleri

Diğer Araç Gereç: Numune koyma kapları ve fırçadır.

1.3.2. Deneyin Yapılışı

- Beton agregalarında aşınma dayanımı deneyi şu işlem sırasına göre yapılır:
- Laboratuvar numunesinden, dane büyüklüğü 10-14 mm arasında olacak şekilde 15 kg numune hazırlanır.
- Laboratuvar numunesi 10-11,2-14 mm'lik veya 10-12,5-14 mm'lik elekler kullanılarak iki farklı oranda ayrılır.

Not: Laboratuvar numunesinin dane büyüklüğü dağılımı, Tablo 1.4'teki numune dağılım oranlarından birine uygun olmalıdır.

Tablo 1.4: Laboratuvar Numunesinin Dağılım Oranı

10-11,2-14 MM'LİK ELEK SETİ KULLANILIRSA		10-12,5-14 MM'LİK ELEK SETİ KULLANILIRSA	
10-11,2 arası	%30-%40	10-12,5 arası	%60-%70
11,2-14 arası	%60-%70	12,5-14 arası	%30-%40

- Hazırlanan laboratuvar numunesi akan su berraklaşıncaya kadar iyice yıkanır.
- Yıkama işlemi bitince laboratuvar numunesi etüve konur ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutulur.
- Dağılım oranlarına göre ayarlanan iki grup birbiriyle iyice karıştırılır. Numune azaltma yöntemlerinden biri kullanılarak 15 kg laboratuvar numunesinin içinden 5000±5 g deney numunesi alınır ve (M1) değeri olarak kaydedilir.
- On bir adet aşındırma bilyesi Los Angeles deney aletinin tamburunun içine konur.
- Hazırlanan deney numunesi tambur içine konur.
- Tamburun kapağı kapatılır ve Los Angeles aletinin sayacı 500 devire ayarlanır.
- Los Angeles aleti çalıştırılır ve dakikada 31-33 devir yapacak şekilde sabit hızda döndürme yapılarak aşındırma işlemine başlanır.
- Beş yüz devir sonunda tambur içindeki bilyeler ve numune Los Angeles aletinin tepsisi içine alınır.
- Daha sonra tamburdan çıkarılan numune 1,6 mm'lik elek üzerine konur ve su berraklaşıncaya kadar iyice yıkanır.
- Numune yıkandıktan sonra etüve konur ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutulur.
- Etüvde kuruyan numune soğuduktan sonra tartılır ve (M2) değeri olarak kaydedilir.
- İlgili formül kullanılarak agreganın aşınma yüzdesi bulunur ve değerlendirilmesi yapılır.

Not: Aşındırma deneyi farklı aralık sınıflarındaki numunelere de yapılabilir. Deney 10-14 mm arasındaki dane büyüklüğüne sahip agrega numunesine göre yapılmıştır.

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Deney başlamadan aşınma olmaması için tambur içine önce aşındırma bilyeleri daha sonra deney numunesi konur.
- Aşındırma için Los Angeles aleti çalıştırılmadan önce tambur kapağı, vidaları sıkılarak açıklık kalmayacak şekilde iyice kapatılır.
- Aşındırma işlemi bittikten sonra tambur içinde numune kalmadan ve dökülmeden tamamının alınmasına dikkat edilir.

- Deney numunesinin aşındırmadan önce ve sonra iyice yıkanıp kurutulmasına dikkat edilir.
- Aşındırmada kullanılacak bilye sayısının dane aralık sınıfına uygun olmasına dikkat edilir.
- Aşındırma deneyi, farklı aralık sınıflarındaki numunelere de yapılabilir. Bunun için Tablo 1.5'teki aralık sınıfına uygun bilye sayısı kullanılır.

Tablo 1.5: Dar Aralık Sınıfları ve Bu Sınıflar İçin Uygun Bilye Sayıları

ARALIK SINIFLARI (MM)	BİLYELERİN SAYISI
4-8	8
6,3-10	9
8-12	10
10-14	11
11,2-16,0	12
16-32	14

Deney Hesaplamalarının Yapılması

Agrega aşınma oranı hesaplaması şu formülle yapılır:

$$LA = \frac{M_1 - M_2}{M_1} x100$$

LA: Los Angeles kat sayısı (%)
M_1: Deney numunesinin ilk ağırlığı (g)
M_2: 1,6 mm elek üzerinde kalan agreganın yıkanıp kurutulduktan sonraki ağırlığı (g)

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Los Angeles Aşınma deneyinde beş yüz dönüş sonunda numunenin aşınma oranı %50'den az olmalıdır. Özellikle yüksek aşınma etkisinde olan betonların numuneleri %30'dan az olmalıdır. Deney sonucunda bu şartlar sağlanıyorsa ilgili numune beton yapımında kullanılabilir.

Not: 1,6 mm'lik elekten geçen miktar ne kadar az ise agreganın aşınmaya karşı direnci yüksektir. Böyle bir agrega, yüksek dayanımlı beton yapımında kullanıma elverişlidir.

1.3.3. Deney Raporunun Hazırlanması

Beton agregalarında aşınma dayanım deneyi için Tablo 1.6'daki deney değerlendirme raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 1.6: Deney Raporu

Deneyin Adı	Beton Agregalarında Aşınma Dayanımı
Standart No.	TS EN 1097-2 (2020)

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Kullanılan Aletler	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat		Laboratuvar Nemi	

Kullanılan Bilye Sayısı	Deney Numunesi Aralık Sınıfı (mm)	Bilye Yükü Kütlesi (g)	Deney Numunesi İlk Ağırlık (M1) (g)	Aşınma Sonu Ağırlık (M2) (g)	Aşınan Numune Miktarı (M1-M2) (g)	Aşınma Yüzdesi (%)

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

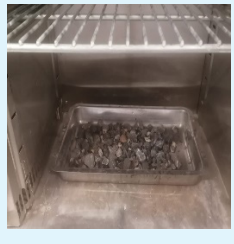
2. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği iki farklı çeşit agrega numunesinin aşınma dayanım deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Not: Bu deney uygulamasının anlatımında dane büyüklüğü 10-14 mm arasında olan numune örnek alınarak anlatım yapılmıştır.

Deney Adı: Beton Agregalarında Aşınma Dayanımı

Deney Süresi: 30-40 dakika uygulama, 2-3 saat bekleme, 20-30 dakika uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Laboratuvar numunesinin hazırlanması	• 10-14 mm dane büyüklüğüne sahip agrega numunesinden 15 kg tartınız.	
Laboratuvar numunesinin oranlanması	• 10-11,2-14 mm veya 10-12,5-14 mm göz açıklıklı elekleri kullanarak Tablo 1.3'teki değerlere göre laboratuvar numunesini oranlayınız.	
 Laboratuvar numunesinin yıkanması	• Oranlarına göre hazırlanmış laboratuvar numunesini akan su berraklaşıncaya kadar iyice yıkayınız.	
 Laboratuvar numunesinin kurutulması	• Yıkanan laboratuvar numunesini etüve koyunuz ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz. • Numuneyi ara ara etüvden çıkarıp, tartarak, sabit ağırlığa gelip gelmediğini kontrol ediniz.	

 Deney numunesinin hazırlanması	• Oranlanmış ve etüv kurusu hâline gelmiş laboratuvar numunesini iyice karıştırınız. • Deney azaltma yöntemlerinden birini kullanarak 5000±5 g deney numunesi hazırlayınız. • Hazırlanan deney numunesinin ağırlığını M_1 değeri olarak kaydediniz.	
 Bilya sayısının tespit edilmesi ve Los Angeles aletine yerleştirilmesi	• Kullanılacak deney numunesinin dane büyüklüğü aralığına göre Tablo 1.5'ten bilye sayısını tespit ediniz. • Hazırlanan bilyeleri Los Angeles aletinin tambur kısmının içine koyunuz. **Not:** Bu uygulama anlatımında 10-14 mm arası numune kullanıldığı için on bir adet bilya kullanılmıştır.	
 Deney numunesinin Los Angeles aletine yerleştirilmesi	• Hazırlanan deney numunesini Los Angeles aletinin tambur kısmının içine boşaltınız.	
 Aşındırma işleminin yapılması	• Los Angeles aletinin tambur kapağını vidalarını iyice sıkarak kapatınız. • Los Angeles aletinin sayacından beş yüz devire ayarlama yapınız. • Aletin başlatma butonuna basınız ve aşındırma işlemini başlatınız.	

 Aşındırma sonunda numunenin çıkarılması	• Beş yüz devir sonunda Los Angeles aletinin elektrik ile ilişkisini kesiniz. Tambur kapağının vidalarını sökünüz ve kapağı çıkarınız. • Tamburun açık ağzı tepsiye denk gelene kadar tamburu çeviriniz. • Aşınmış numuneyi dışarı taşırmadan Los Angeles aletinin tepsisinin içine boşaltınız.	
  Aşınmış numunenin yıkanması, kurutulması, soğutulması ve tartılması	• Tepsideki aşınmış numuneyi zayi etmeden 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerinde akan su berraklaşıncaya kadar yıkayınız. • Yıkanan numuneyi etüve koyunuz ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz. • Kurutulan numuneyi etüvden çıkarıp, desikatörde bekleterek soğutunuz. • Numune soğuduktan sonra desikatörden çıkartarak tartınız ve okunan değeri M_2 değeri olarak kaydediniz.	
Deney hesaplamalarının yapılması	• İlgili deney formülünü kullanarak agrega aşınma dayanım oranını 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 bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

1.4. DENEY ARAÇ GERECİNİN BAKIM VE ONARIMI

Bir deney yapılacağı zaman, bu deneyle ilgili ön hazırlıklar yapılır. Deney yapımı sırasında çeşitli el aletleri, mekanik, elektronik ve hassas ölçüm yapmaya yarayan aletler kullanılır. Bu alet ve cihazlar; yapılacak deneylerin daha hızlı ve pratik yapılması, deney sonuçlarının daha güvenli ve doğru olmasında önemli yardımcı elemanlardır.

Deney için gerekli olan bu alet ve cihazların sonraki deneylerde de verimli bir şekilde kullanılabilmesi için hazır durumda olması gerekir. Bunun için herhangi bir deney yapımında kullanılan alet ve cihazların gerekli temizlik ve bakımlarını yaparak bir sonraki deneye hazır hâlde bırakmak son derece önemlidir.

1.4.1. El Aletlerinin Bakım ve Onarımı

Deneylerden sonra kullanılan el aletlerinin sağlamlığı ve temizliği kontrol edilmelidir. Deney yapıldıktan sonra temiz bir su ile iyice yıkanır. Yıkanmasına rağmen üzerinde deneylerden kalan toz ve yapışmış madde varsa nemli bir bezle silinir. Paslanan kısımlar varsa pas önleyici ve yağlarla yağlanıp temizlenir.

Eleklerin göz açıklıklarında numune danelerinin kalmamasına özen gösterilir. Bunun için elek göz açıklıkları hassasiyetine göre tel fırça veya kıl fırça ile iyice temizlenir.

Deneylerde kullanılan camdan yapılan araç gereç sadece cam malzemelerin olduğu ayrı dolaplarda saklanmalıdır. İçlerinde kullanılan çeşitli sıvılardan dolayı iç kısımlarında zamanla kireç veya kullanılan sıvıya ait kalıntılar kalabilir. Bu gibi kalıntıların giderilmesi için zaman zaman kireç sökücü gibi malzemelerle yıkanması gerekir.

El aletlerinin metal kısımları suyla yıkanır, ahşap kısımlar nemli bir bezle silinir. Yıkanan el aletleri, sularının süzülmesi için ters çevrilerek tezgâh üzerine dizilir veya kuru bir bezle silinir. Temizlenen el aletleri düzgün bir şekilde malzeme dolabına yerleştirilir.

1.4.2. Mekanik Aletlerin Bakım ve Onarımı

Deneylerde kullanılan mekanik aletler özelliklerine göre temizlenip bırakılır. Mekanik aletlerin motor ve kullanım amacına göre dişli ve dönen kısımları vardır. Temizleme sırasında mümkün olduğunca su kullanmamakta fayda vardır. Çünkü motor kısımlarına zarar verilebilir. Bunun yerine nemli bir bezle temizlik yapmak daha uygundur. Su kullanmak gerekirse motor kısmına zarar verilmez. Yıkama sırasında su kaçırılmamasına özen gösterilir.

Dişli ve dönen kısımlar arasında deney malzemesi kalıntısı kalmamasına özen gösterilip yağlanması yapılır. Makinelere gereğinden fazla yağlama yapılmaz. Yağlama zamanı aletin kullanım sıklığına göre değişebilir.

1.4.3. Elektronik Aletlerin Bakım ve Onarımı

Elektronik alet ve cihazların bakımları ve temizliği daha özenli yapılır. Bu cihazların açma kapama düğmeleri kapalı konumda bırakılır ve cihazlar fişten çekilir. Ortamda toz oluşması muhtemel ise üstleri bir bezle veya örtüyle kapatılır. Temizleme işleminde yıkama yapılmaz. Onun yerine nemli bir bezle silinir. Temizleme işlemi yapılmadan önce aletlerin elektrik ile temasları kesilir.

1.4.4. Hassas Aletlerin Bakım ve Onarımı

Kumpas, termometre, dansimetre, hassas terazi gibi aletler deneylerden sonra nemli bir bezle silinip mümkün olduğunca sarsıntısız ve kapalı bir ortamda kendi muhafaza kutularında saklanır.

1.4.5. Laboratuvar Ortamının Bakım ve Onarımı

Laboratuvar ortamı deneylerden sonra iyice temizlenir. Tezgâhların üstünde ve yerlerde deney araç gereci ve deney numuneleri kalmaz. Tezgâh üstleri ve yerler süpürülüp silinir. Laboratuvarda güvenli çalışma ortamı sağlamak için dikkatli ve hassas çalışmak, güvenlik tedbirlerine mutlaka uymak, kullanım talimatlarını okumak gerekir.

Laboratuvarda bulunan alkol, asit, sülfat tuzu ve yağ gibi maddeler nem, ısı ve ateşten uzak tutulur. Yangın tüpü ve ecza dolabının ulaşılması kolay bir yerde olmasına dikkat edilir.

1.4.6. Aletlerin Kalibre Edilmesi

Bir ölçme cihaz veya ölçme sisteminin gösterdiği değerler veya bir malzemenin temsil ettiği değerlerle standartlarda belirtilen değerler arasındaki ilişkiyi, belirli şartlar altında tayin eden işlemler serisine **kalibrasyon** denir.

Kalibrasyon işleminde deneylerde kullanılan test / ölçü aleti veya cihazların sapmaları belirlenir, hataları düzeltilir. Periyodik olarak yapılan kalibrasyon işlemi neticesinde deney sonuçlarının hataları da minimuma indirilir. Yapılan deneylerde kalite güvencesi sağlanmış olur.

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. İş sağlığı ve güvenliğinin amacı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Çalışanların ekonomik şartlarını düzeltmek
B) Çalışanları ruh ve beden sağlığı bütünlüğünde iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı korumaktır.
C) İşverenin can ve mal güvenliğini sağlamak
D) Çalışanların can ve ekonomik güvenliğini sağlamak
E) Çalışılan ortamın güvenliğini sağlamak

2. İş sağlığı ve güvenliğinin tarafları aşağıdakilerden hangileridir?
A) Yalnızca çalışanlar
B) Yalnızca işverenler
C) Devlet, işveren ve çalışanlar
D) Devlet ve işveren
E) Çalışanlar ve işveren

3. Aşağıdaki amaçlardan hangisi beton agregalarında yüzey nemi tayini deneyini yapmaktır?
A) Agrega üzerindeki serbest su miktarını hesaplamak
B) Agreganın iç yapısındaki nem miktarını hesaplamak
C) Agreganın etüv kurusu ağırlığını hesaplamak
D) Agreganın su emme oranını hesaplamak
E) Agreganın birim ağırlığını hesaplamak

4. Numunenin doygun kuru yüzey hâline geldiğini anlamak için yapılan Abraham konisi deneyinde numunenin koni içine doldurulma ve sıkıştırılma işlemi aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?
A) Numune, iki seferde ve her aşamada 25 defa sıkıştırma yapılarak doldurulur.
B) Numune, üç seferde ve her aşamada 5 defa sıkıştırma yapılarak doldurulur.
C) Numune tek seferde doldurulur ve daha sonra hiç sıkıştırılma yapılmaz.
D) Numune, tek seferde el ile sıkıştırma yapılarak doldurulur.
E) Numune, tek seferde ve sıkıştırma yapılmadan doldurulur, sonra 25 defa sıkıştırılır.

5. Agrega numunesinin doygun kuru yüzey durumu aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak belirtilmiştir?
A) Agreganın içyapısının kuru, dış yüzeyinin ıslak olduğu durumudur.
B) Agreganın içyapısı ve dış yüzeyinin kuru olduğu durumudur.
C) Agreganın içyapısındaki boşlukların suya doygun, dış yüzeyinin ıslak olduğu durumudur.
D) Agreganın içyapısındaki boşlukların suya doygun, dış yüzeyinin kuru olduğu durumudur.
E) Agreganın içyapısındaki boşlukların suya doygun, dış yüzeyinin nemli olduğu durumudur.

6. Agrega aşınma dayanımı deneyinde kullanılacak olan deney numunesi miktarı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 1000±5 g
B) 3000±5 g
C) 5000±5 g
D) 10000±5 g
E) 15000±5 g

7. Agrega aşınma dayanımı deneyinde aşınmaya maruz kalan agrega numunesi aşağıdaki eleklerden hangisinde elenir?

A) 1,6 mm göz açıklıklı elek
B) 10 mm göz açıklıklı elek
C) 11,2 mm göz açıklıklı elek
D) 12,5 mm göz açıklıklı elek
E) 14 mm göz açıklıklı elek

8. Agrega aşınma dayanımı deneyinde Los Angeles aletinin devir hızı ve dönme sayısı aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) Dakikada 31-33 devir hızında, 15 dönme
B) Dakikada 31-33 devir hızında, 500 dönme
C) Saniyede 1 devir hızında, 15 dönme
D) Saniyede 1 devir hızında, 500 dönme
E) Dakikada 500 devir hızında, 31-33 dönme

9. Agrega aşınma dayanımı deneyinde kullanılacak aşındırma bilyelerinin sayısı aşağıdaki hangi duruma göre belirlenir?

A) Deneyde kullanılacak agrega numunesinin ağırlığına
B) Los Angeles aletinin deney sırasındaki dönme hızına
C) Los Angeles aletinin tambur kısmının büyüklüğüne
D) Deneyde kullanılacak agrega numunesinin dane büyüklüğü aralığına
E) Los Angeles aletinin deney sırasındaki dönme sayısına

10. Deney alet ve araç gerecinin bakım onarımının yapılışı aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?

A) Deney aleti araç gerecinin hepsini su ile yıkamak gerekir.
B) Deney aleti araç gerecinin bakım ve onarımı haftada bir yapılır.
C) Deney aleti araç gereci kuru bir bezle silinir ve tezgâh üstüne istif edilir.
D) Deney aleti araç gereci günlük olarak temizlenir.
E) Bütün deney alet ve araç gerecinin deneylerden sonra kendi özelliklerine göre yıkanıp temizlenir, özel muhafaza kutuları varsa onlara konur, hassasiyet ve malzeme türüne uygun yerlerde istif edilir.





2. ÖĞRENME BİRİMİ

BETONU SIKIŞTIRMA VE KORUMA

KONULAR

2.1. BETONU SIKIŞTIRMA

2.2. BETONU KALIBA GÖRE DÜZELTME

2.3. BETONU KORUMA

TEMEL KAVRAMLAR

- Beton
- Dayanım
- Sertleştirilmiş beton
- Sıkıştırma
- Kür işlemi

GİRİŞ

Beton, inşaat yapımında en sık kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Betonarme bir yapının uzun yıllar dayanıklı ve sağlıklı şekilde ayakta kalmasının önemli unsurlarından biri de kullanılan betonun sağlam ve kaliteli olmasıdır. Üretilen betonun sağlam ve kaliteli olabilmesi için de taze ve sertleşmiş hâldeyken betona uygulanması gereken işlemler vardır.

2.1. BETONU SIKIŞTIRMA

Bir betonun sağlam, dayanıklı ve uzun ömürlü olması; betonu oluşturan su, çimento, agrega ve katkı maddesi gibi beton bileşenlerinin kalitesi, uygunluğu ve karışım oranlarının doğru hesaplanmasına bağlıdır. Bir betonu oluşturan bileşenler ve üretilen beton ne kadar kaliteli ve sağlam olursa olsun, üretilen betonun yerleştirilmesi de betonun sağlamlığı, kalitesi ve uzun ömürlü olması açısından oldukça önemlidir.

Betonun yerleştirilmesi sırasında yapılan sıkıştırma, düzeltme, koruma gibi işlemlerin düzgün yapılması, kaliteli üretilen betonun kalitesini uzun yıllar korumasını sağlar. Sıkıştırma, düzeltme, koruma gibi işlemler kuralına uygun bir şekilde yapılmazsa betonun sağlamlığı ve kalitesinde olumsuz sonuçlar ortaya çıkar.

Betonun sıkıştırılması, düzeltilmesi ve korunması işlemlerinden önce betonun kalıba dökülmesi gerekir. Betonun hazırlanması, dökülmesi, sıkıştırılması ve bakımı **TS 1247** (normal hava şartları) veya **TS 1248** (anormal hava şartları) numaralı standartlardaki kurallara göre yapılır.

Beton: Su, çimento, agrega ve katkı maddelerinin belirli oranlarda homojen olarak karıştırılması ile elde edilen, başlangıçta plastik kıvamda (taze beton) (Görsel 2.1) olup şekil verilebilen, zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşıp, istenen kalıbın şeklini alarak sertleşen kompozit yapı malzemesine **beton** denir (Görsel 2.2).



Görsel 2.1: Plastik kıvamdaki beton (Taze beton)



Görsel 2.2: Sertleşmiş beton

Taze Beton: Betonun plastikliğini (şekil verilebildiği hâl) koruduğu ana kadarki hâlidir.

Sertleşmiş Beton: Betonun plastikliğini kaybedip katılaşma anından sonraki hâlidir.

UYARI: Beton; su, çimento, iri agrega, ince agrega ve katkı maddeleri katılarak hazırlanan bir yapı malzemesidir. Ancak çoğu zaman bilinçsiz bir şekilde çimento harcı ve çimento hamuru da beton olarak adlandırılmaktadır. Karıştırılan malzemelere göre elde edilen ürünler Tablo 2.1'de olduğu gibidir.

Tablo 2.1: Katılan Malzemeye Göre Elde Edilen Ürünler

MALZEME	ÜRÜN
Su + Çimento	Çimento hamuru
Su + Çimento + İnce agrega	Çimento harcı
Su + Çimento + İnce agrega + İri agrega	Beton

2.1.1. Beton Çeşitleri

Betonlar; yoğunlukları, üretim yerleri, basınç dayanımları ve uygulandıkları yere göre (özel) betonlar olmak üzere dört ana gruba ayrılır.

Yoğunluklarına Göre Betonlar

Betonun etüv kurusu kütlesinin tartılmasıyla elde edilen ağırlığının görünen hacmine oranına **betonun yoğunluğu** denir. Beton yoğunluğu genelde kg/m^3 veya kg/dm^3 olarak belirtilir. Betonlar yoğunluklarına göre hafif beton, normal beton ve ağır beton olmak üzere üç çeşittir.

Hafif Betonlar: Etüv kurusu birim hacim kütlesi 800-2000 kg/m^3 arasında değişen betonlardır. Hafif agrega, kimyasal köpük, kum kullanılmadan yalnız iri agrega ve kimyasal metotlarla gaz oluşturmak suretiyle üretilir. Hafif betonlar genelde atık maddeleri değerlendirmek, yapı elemanlarında ses, ısı ve hafiflik gibi özellikler arandığında kullanılır. Hafif beton kullanılması, yapı elemanlarında ses, ısı yalıtımı sağlamak ve ölü yükü azaltmak gibi konularda fayda sağlar.

Normal Betonlar: Etüv kurusu birim hacim kütlesi 2000-2600 kg/m^3 arasında değişen betonlardır. Yoğun beton agregası ile üretilir. Normal betonlar önemli bir ayrıcalık istenmeyen yapılarda kullanılır.

Ağır Betonlar: Etüv kurusu birim hacim kütlesi 2600 kg/m^3 ten büyük olan betonlardır. Barit, magnetit, limonit, demir gibi birim ağırlığı yüksek olan agregalar ile üretilir. Ağır betonlar özellikle zararlı ışınlara karşı bir kalkan oluşturmak amacıyla kullanılır. Genellikle nükleer reaktörler, hastanelerin ışın tedavisi yapılan bölümleri, askeri mühimmat depoları gibi yerlerde kullanılır.

Üretim Yerlerine Göre Betonlar

Betonlar üretildikleri yere göre şantiye betonu ve beton santrali betonu olmak üzere iki çeşittir.

Şantiye Betonu: Beton bileşenlerinin şantiyede karıştırılması sonucu elde edilen ve şantiyenin ihtiyacına yönelik üretilen betona **şantiye betonu** denir. Betoniyer veya elle karıştırılan türleri vardır. Burada üretilen betonlar dışarı satılmaz, sadece şantiyenin kendi beton ihtiyacını karşılar.

Beton Santrali Betonu: Betonu oluşturan malzemelerin belirli oranlarda bilgisayar kontrolüyle alınarak merkezi bir karıştırıcıda tamamen karıştırıldıktan sonra yerleştirileceği yere taze olarak götürülen betona **santral betonu (hazır beton)** denir. Beton santrali betonu kuru ve yaş karışımlı olmak üzere iki şekilde üretilir.

- **Kuru Karışımlı Üretim:** Santralden çıkışı kuru olan üretim şeklidir. Beton bileşenlerinden agrega, çimento ve gerekirse katı katkı maddesi ölçülür. Transmikser veya santralde karıştırılır. Karışım suyu ve sıvı katkı maddesi şantiyede ölçülüp transmiksere katılarak karıştırılmasıyla elde edilen hazır betondur.
- **Yaş Karışımlı Üretim:** Santralden çıkışı yaş olan üretim şeklidir. Su dâhil tüm bileşenlerin beton santralinde ölçülüp karıştırılmasıyla elde edilen hazır betondur. Su / çimento oranı istenen şekilde ve daha sağlıklı bir şekilde ayarlanabilir. Bu üretim şeklinde betonun 2 saat içinde kalıba dökülmesi gerekir. Beton üretiminde genelde bu sistem tercih edilir.

Basınç Dayanımlarına Göre Betonlar

Sertleşmiş betonların en önemli özelliklerinden biri basınç dayanımıdır. Betonun üzerine gelen basınç yüklerine karşı koyabilme gücüne **beton basınç dayanımı** denir. Beton, değişik yaşlarda basınç dayanım testine tutulabilir. Dünyada ise hesaplama ve değerlendirmelerde 28 günlük basınç dayanımı esas alınır. Beton karışımına su eklendiği zaman başlangıç kabul edilerek gün olarak geçen süreye **betonun yaşı** denir.

Betonun basınç dayanımı hedef dayanım ve karakteristik dayanım olmak üzere iki çeşittir.

Hedef (Amaç) Dayanım: Beton karışım hesaplarında esas alınacak ve laboratuvar şartlarında elde edilmesi gereken beton basınç dayanımıdır. Hedef dayanım **(F_{ca})**olarak ifade edilir.

Karakteristik Dayanım (Proje Dayanımı): Hesapla belirlenen, statik projede ön görülen beton basınç dayanımıdır. Karakteristik dayanım **(F_{ck})**olarak ifade edilir.

UYARI: Beton kalitesi, karakteristik dayanıma **(F_{ck})** göre kontrol edilmelidir.

Basınç dayanımlarına göre betonlar düşük, normal ve yüksek dayanımlı betonlar olmak üzere üç çeşittir.

Düşük Dayanımlı Betonlar: Basınç dayanımları 20 N/mm² altında olan betonlardır.

Normal Dayanımlı Betonlar: Basınç dayanımları 20-40 N/mm² arasında olan betonlardır.

Yüksek Dayanımlı Betonlar: Basınç dayanımları 40 N/mm²den fazla olan betonlardır.

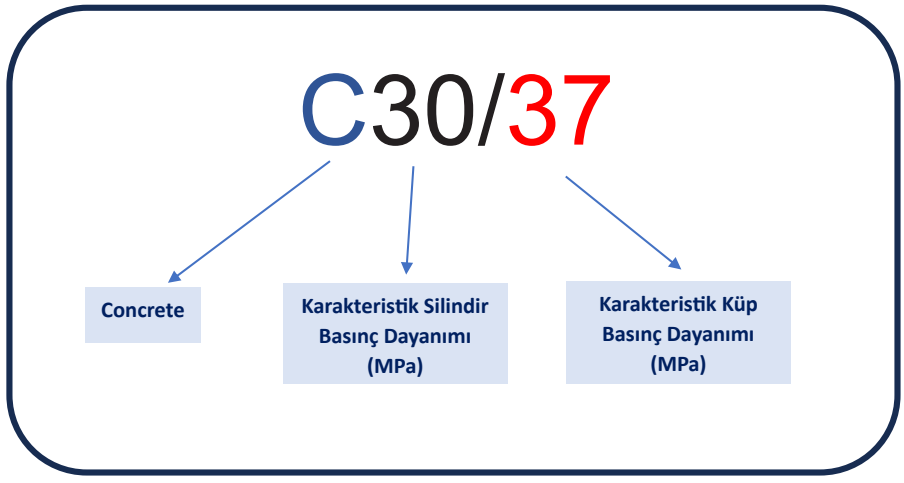
Beton sınıflandırılmasında esas alınacak 28 günlük karakteristik basınç mukavemetlerinin tayininde 150x300 mm'lik silindir, 100x200 mm silindir veya 150x150x150 mm'lik küp deney numuneleri kullanılır.

150x300 mm silindir ve 150x150x150 mm küp numune dışındaki basınç dayanımları, gerekli basınç düzeltmesi yapılarak dikkate alınır. TS EN 206-A2 Standardı'na göre silindir ve küp numunelerin 28 günlük karakteristik basınç dayanımları Tablo 2.2'de olduğu gibidir.

Tablo 2.2: Beton Silindir ve Küp Numunelerinin 28 Günlük Karakteristik Basınç Dayanımları

DAYANIM TÜRÜ	BETON SINIFI	EN DÜŞÜK KARAKTERİSTİK SİLİNDİR DAYANIMI $f_{ck,sil}$ (N/mm²)	EN DÜŞÜK KARAKTERİSTİK KÜP DAYANIMI $f_{ck,küp}$ (N/mm²)
Düşük Dayanımlı Betonlar	C 8/10	8	10
	C 12/15	12	15
	C 16/20	16	20
Normal Dayanımlı Betonlar	C 20/25	20	25
	C 25/30	25	30
	C 30/37	30	37
Yüksek Dayanımlı Betonlar	C 35/45	35	45
	C 40/50	40	50
	C 45/55	45	55
	C 50/60	50	60
	C 55/67	55	67
	C 60/75	60	75
	C 70/85	70	85
	C 80/95	80	95
	C 90/105	90	105
	C 100/115	100	115

UYARI: Beton sınıfı kodlamasında harf ve rakamların ifade ettikleri özellikler Görsel 2.3'teki örnek beton sınıfı kodlamasında belirtilmiştir.



Görsel 2.3: Beton sınıfı kodlamasında harf ve rakamların açıklamaları

Uygulandıkları Yere Göre (Özel) Betonlar

Geleneksel betondan farklı olarak betonun kullanım amacı, betonun kullanım yerinin özelliği veya konumu, betonun zayıf olan özelliğinin güçlendirilmesi, hidratasyon ısısı gibi öncelikli durumlara göre üretilen betonlardır.

Grobeton: Dayanımı düşük, çimento oranı az ve donatı kullanılmadan dökülen beton türüdür. Grobetonun yapımındaki amaç zemin ile temelin irtibatını keserek zeminden gelebilecek su veya zararlı kimyasalların temel betonarmesine zarar vermesini önlemek ve temel altını, donatı döşenmesi için gerekli düzlüğe getirmektir. Bununla birlikte beton yollar ve alt temel tabakasında kullanılabilir. Bir beton, hacimce %2'den az demir içerdiği takdirde grobeton olarak sınıflandırılabilir. Genellikle dayanımın önemli olmadığı, taşıyıcılık aranmadığı yerlerde dolgu, tesviye ve temel altı betonu olarak kullanılır. Ayrıca beton yollarda alt temel tabakasında kullanılabilir. Her ne kadar taşıyıcılık aranmasa da belli bir dayanıma sahip olmalıdır (Görsel 2.4).

Püskürtme Beton: Püskürtme beton, basınçlı hava yoluyla işlenmeye uygun olarak hazırlanmış yüzeyler üzerine püskürtülen ve püskürtme basıncıyla istenen yüzeyler üzerine yapışan beton veya harçtır. Püskürtme betonların çimento miktarı normal betonlara göre daha fazladır. Kum (ince agrega) içeriği toplam agreganın ağırlıkça %55-%65'i arasındadır. Beton püskürtülerek yerleştirilirken aynı zamanda püskürtme etkisiyle sıkıştırılmış olur. Yüksek basınçla püskürtüldüğü için yapışma ve sıkışma tam olur. Genellikle tünel kazıları ve şev yüzeylerinde kaplama olarak kullanılır (Görsel 2.5).



Görsel 2.4: Temel altı grobeton uygulaması



Görsel 2.5: Püskürtme beton

Lifli Beton: Agrega, çimento ve su gibi temel bileşenler ile üretilmiş kompozit bir malzeme olan betona değişik miktar ve çeşitlerde liflerin katılmasıyla elde edilen betondur. Beton içinde yaygın olarak çelik, polipropilen, karbon ve alkali dirençli cam lifler kullanılır.

Lifli beton, yorulma ve kesme kuvvetlerine karşı, yüksek enerji tutma kapasitesi ve darbeye karşı dayanım; betona yüksek elastik mukavemet kazandırır ve çatlamalara karşı yüksek dayanım sağlar. Genellikle havaalanı, su yapıları, fabrika zemin ve liman betonları gibi ağır çalışma koşullarına maruz kalan yapılar ve yüksek dayanım özelliği gereken yerlerde kullanılır (Görsel 2.6).

Ferrocement Beton (Ferro Beton): Sık aralıklarla serilmiş, sürekli ve nispeten küçük çaplı tel örgülerle donatılmış çimento harcından oluşan ince cidarlı bir betonarme çeşididir. Şekillendirilen demirler yerde monte edilir. Yapılmak istenen elemanın iskeleti oluşturulur. Daha sonra tel örgüler ana iskelet üzerine monte edilir ve üzerine çimento harcı mala ile uygulanır. Bu beton çatı örtülmesi, bot ve tekne, silo, güneş korumaları, gökdelen sandviç duvar panelleri, havuz, menfez, su tankı gibi birçok yerde kullanılabilir (Görsel 2.7).



Görsel 2.6: Lifli beton



Görsel 2.7: Ferrocement beton

Vakumlu Beton: Vakumlu beton, geniş yüzey alanlarında taze betonun katılaşmadan önce içindeki işlenebilirlik su ve havanın kontrollü bir şekilde vakum yoluyla alınması sonucu elde edilen betondur. Betonda yeterli yüksek işlenebilirlik ve minimum su / çimento oranının birlikte temin edilmesi istendiğinde yerleştirme işleminden sonra taze betona vakum işlemi uygulanabilir.

Beton yüzeyine tatbik edilen vakum, betonu belirli derinliğe kadar su çekilmesine imkân verir. Vakum işlemi ile sadece yüzeydeki kabarcıklar alınabilmektedir. Taze betonda suyun vakum yoluyla çekilmesi betonda oturmaya neden olduğu için beton kalınlığında %3 oranına varan azalmalar görülür.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton: Bu beton damperli kamyonlarla taşınır. Buldozer veya greyder ile yayılır. Çökmesi olmayan başka bir ifadeyle çökmesi sıfır, katı kıvamlı, 30-40 cm tabakalar hâlinde serilir. Vibratörlü silindir ile sıkıştırılan, çimento dozu düşük, yüksek dayanım, dökme verimliliği ve yapım süresi gibi birçok ekonomik avantaj sağlayan beton türüdür. Genellikle yol, baraj, liman mühendisliğinde kullanılır.

Reaktif Pudra Betonu: Reaktif pudra betonu liflerle güçlendirilmiş, çok düşük su / çimento oranında çimento ve silis dumanı karışımının süper akışkanlaştırıcı kullanılarak ince öğütülmüş kuvars tozuyla karıştırılması sonucu elde edilen yüksek dayanımlı kompozit bir beton türüdür.

Karışımında çok ince agrega kullanılması sebebiyle beton yapısındaki mikro boşluklar azaltılarak eğilme ve basınca yüksek dayanım gösterir. Laboratuvar koşullarında 400 °C ve 50 MPa'lık (megapascal) basınç kürü ile 500 MPa basınç dayanıma kadar numune üretilebilir. Yüksek eğilme kapasitesine sahiptir.

Özellikle içinde güçlendirici çelik donatının bulunmaması mimari açıdan şekil ve boyutlar bakımından sınırsız olanaklar sunmaktadır. Su ve buhar borularında altyapı rögar kapakları, tünel yapıları, yüksek dayanım istenen projeler, nükleer atıkların depoları ve askeri yapılar ile banka, sığınak, yangından korunması gereken yerlerde kullanılabilir.

Viskobeton (Kendiliğinden Yerleşen Beton): Kendiliğinden yerleşen beton; kendi öz kütlesi etkisiyle istenen yere yayılabilen, herhangi bir vibrasyon gerekmeden iyi sıkışma elde edilebilen, çok akıcı kıvamlı ve kullanılan katkı maddesine bağlı olarak en az 90 dakika kıvamını koruyabilen betondur.

Yüksek işlenebilirlikli ve kendiliğinden sıkışan beton olarak da bilinir. Yoğun donatılı yerlerde dahi vibratör gerekmeden boşlukları doldurma özelliğine sahiptir. Genellikle büyük boyutlu inşaatlar, sık donatılı dar kesitli yerler, vibratör kullanmaya uygun olmayan yüzeyler ve tünel gibi özel kalıp gerektiren işlerde kullanılır (Görsel 2.8).

Dekoratif (Baskı) Betonlar: Bu betonlar dış mekânlar için tasarlanan dekoratif bir zemin kaplama sistemidir. Özelliği tek tek döşenmiş taş görüntüsü veren desen baskı beton teknolojisine sahip oluşudur. Baskı beton teknolojisi hem görünüş güzelliği hem de uygulama kolaylığına sahiptir.

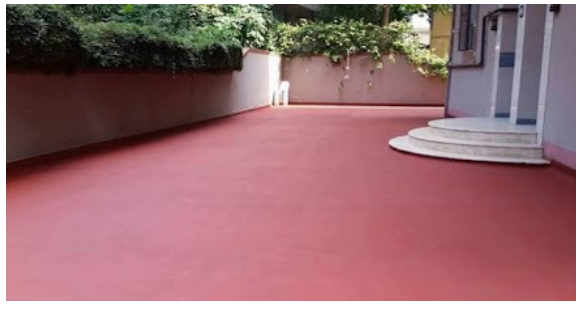
Çeşitli renk ve desende uygulanabilen, doğal taşların görünümünü verebilen baskı betonları, çökmez, kaymaz, leke tutmaz, rengi solmaz özelliğe sahiptir. Bahçe düzenlemeleri, parklar, havuz kenarları, kent rekreasyon alanları, çevre düzenlemeleri, yollar, marina ile rıhtımlar, alışveriş merkezleri, otoparklar ve akaryakıt istasyonlarında kullanılması mümkündür. İstenen yüzey görünümü doğrudan betondan elde edilebilir (Görsel 2.9).



Görsel 2.8: Kendiliğinden yerleşen beton



Görsel 2.9: Dekoratif (baskı) beton



Görsel 2.10: Renkli beton

Renkli Betonlar: Bu beton da baskı beton gibi dekoratif amaçlı kullanılan bir beton türüdür. Betonun üretilmesi aşamasında toz hâlindeki renk pigmentleri beton karışımına katılarak renkli betonlar elde edilir. Alışveriş merkezleri, meydanlar, park ve bahçelerdeki yolları gibi yerlerde kullanılabilir (Görsel 2.10).



Görsel 2.11: Kumaş beton

Kumaş Beton: Kumaş beton, sulandığında sertleşerek ince, sağlam, su geçirmez ve ateşe dayanıklı beton bir katman oluşturan, çimento karışımı içeren esnek bir dokumadır (Görsel 2.11). Kumaş beton, üç boyutlu dokumadan oluşan özel bir materyal ile özel formüllü çimento karışımı içerir. Materyalin iç yüzeyindeki PVC kaplama su geçirmezlik sağlar. Dış yüzeydeki hidrofilik yapı ise sulama sırasında suyu çimento karışımının içine çekmeye yarar.

Sulama yapıldığında iki saat esnekliğini korur ve hızlı bir şekilde sertleşir. Kumaş betonun kullanılabileceği uygulama alanları arasında çatı kaplama, sel baskını için set oluşturma, beton alanları yenileme, kanal kaplama, gölet yapımı, erozyon kontrolü, şev koruma, su altı beton uygulamaları, yangın yalıtımı, asit tankları, toprak altı yüksek gerilim kablolarını koruma, tasarım uygulamaları, balık havuzları yapımı, madencilik, boru koruma gibi birçok yer bulunmaktadır

Prefabrik Beton: Tamamı ya da bir kısmı bir tesis içinde üretilmiş olan yapı elemanlarına **prefabrik yapı elemanları** denir. Prefabrik beton ise biraz daha teknik bir konudur. Prefabrik beton, daha önceden dökülüp sonra yerine konan bir yapı bileşenini oluşturan betondur. Büyük yapıların kurulması için üretimi yapılan beton yapı elemanları genel olarak prefabrik beton olarak anılır.



Görsel 2.12: Prefabrik beton

Prefabrik beton (Görsel 2.12) ile yapılan yapılar hem tasarım hem de uygulama aşaması ile pek çok avantaja sahiptir. Her türlü yüksek yapıya cevap verebilecek nitelikte yapı elemanı üretebilmek mümkündür. Neredeyse tüm yapı elemanları fabrikada üretildiği için şantiye alanında sadece montaj devreye girer. Bu da işçilik ve lojistik harcamaların azalması anlamına gelir. Prefabrik beton oldukça ekonomiktir.



Görsel 2.13: Poroz beton

Poroz (Geçirimli) Beton: Geçirimli beton, Portland çimentosu, kaba agrega, kimyasal katkı, su ve az miktarda (ya da hiç) ince agrega kullanılmadan oluşturulan neredeyse sıfıra yakın çökme gösteren boşluklu yapıya sahip betondur (Görsel 2.13). Kaldırım, yol ve otoparklar ile yaya geçitleri, halı saha ve tenis kortu gibi spor tesisleri, oto yıkama yerleri, istinat duvarlar gibi su drenajı gerektiren yerlerde kullanımı uygundur.

Endüstriyel Zemin Betonları: Yoğun kullanım alanlarında tercih edilen, klasik betondan daha farklı uygulama yöntemlerine sahip, aşınma, çatlama ve basınç değerleri oldukça yüksek olan betonlara **endüstriyel zemin betonu** denir. Genel olarak atölye, fabrika, antrepo, depo, kapalı ve açık otopark, akaryakıt istasyonu, havaalanının iç ve dış alanları, hava alanı pistleri, uçak hangarları, saha betonları gibi ağır yük trafiğine ve aşınmaya maruz kalan alanlar için uygulanan işlemlerdir.

2.1.1.1. Betonun Avantajları

Yapılarda yapı malzemesi olarak beton kullanılmasının avantajları şunlardır:

- Diğer yapı malzemelerine göre daha ekonomik olması
- Kolayca karıştırılıp taşınabilir olması
- Yüksek basınç dayanımına sahip olması
- Kalıplara kolayca yerleşebilir akışkanlıkta olması
- Şekil verilebilme kolaylığına sahip olması
- Diğer yapı malzemelerine göre daha az enerji ile üretilebilmesi
- Çok düşük olan çekme dayanımının tasarım ve uygulamada çelik donatı ile dengelenebilmesi
- İstenen her yerde üretilebilir olması

- Yapım süresinin kısa olması
- Yapılarda estetik amaçlı kullanıma uygun olması

2.1.1.2. Betonun Dezavantajları

Yapılarda yapı malzemesi olarak beton kullanılmasının dezavantajları şunlardır:

- Sertleşmiş betonun çekme dayanımı düşüktür.
- Sertleşmiş beton gevrek bir özelliğe sahiptir.
- Çevreden maruz kalabileceği değişiklilikler karşısında bir miktar hacim değişikliği gösterebilir.
- Sabit yükler altında zamanla kalıcı deformasyonlar gösterebilir.
- Mükemmel bir geçirimsizliğe sahip değildir.
- Ek yapılması zordur.

2.1.2. Betonun Kullanım Alanları

Beton çağdaş toplumların temelini oluşturan malzemelerin en önemlilerinden biridir. Çevreye bakıldığında bina, köprü, baraj, liman ve yollar ile havaalanları, kent mobilyaları, kanalizasyon boruları, elektrik direkleri, kaldırımlar gibi yerlerin betondan yapıldığı görülür.

2.1.3. Betondan Beklenen Özellikler

İyi bir betonun, taze ve sertleşmiş hâldeyken bazı özellikleri yerine getirmesi gerekir. Bu özellikler şunlardır:

- Beton taze hâlde iken işlenebilir olmalıdır. Taze beton kolay karıştırılmalı ve yerleştirilmelidir. Karıştırılırken, taşınırken ve kalıba yerleştirilirken ayrışmamalı ve homojenliğini kaybetmemelidir.
- Sertleşmiş beton, dış etkilere karşı dayanıklı olmalıdır. Hava, su veya kimyasal etkiler nedeniyle oluşabilecek reaksiyonlara karşı betonun direnç göstermesi gerekir.
- İstenen özelliklere sahip olacak betonun maliyeti minimum düzeyde olmalıdır.

Betonun Kalıba Dökülmesinden Önce Yapılması Gerekenler

Üretilen beton kalıbına dökülmeden önce birtakım kontroller gerekir. Bu kontroller şunlardır:

- Beton dökülecek zemin toprak ise iyice sıkıştırılıp sulanmalıdır. Kayalık ise gevşek kısımlar alınmalı ve suya doygun hâle getirilmelidir.
- Beton dökümünde kullanılan kalıpların bağlantıları, sızdırmazlığı kontrol edilmeli, üzerinde yabancı maddeler varsa temizlenmeli ve beton temas edecek yüzeyler uygun kalıp yağı ile yağlanmalıdır.
- Beton dökülmeden önce donatı ve iskelenin uygunluğu kontrol edilmeli, donatı pas paylarının kontrolü yapılmalıdır.
- Betonun kıvamı, çökme deneyi (slump deneyi) ile kontrol edilmelidir.
- Döküm sırasında bekleme olmaması için beton pompası ve beton transmikserlerinin yeterliliği önceden kontrol edilip ayarlanmalıdır.
- Vibratör hazır hâlde bulundurulmalıdır.
- Beton pompasını tutan, vibratörü uygulayan ve düzeltme işlemlerini yapan elemanlar hazır hâlde bulunmalıdır.

2.1.4. Betonun Dökümü

Betonun kalıba yerleştirilmesi işlemine **betonun dökümü** denir. Beton dökümünden önceki kontroller yapılıp beton dökümüne hazır hâle gelindiğinde beton kalıba dökülür. Beton dökülürken de şu kurallara uymak gerekir:

- Beton daima kalıba düşey yönde ve dik olarak dökülmelidir (Görsel 2.14).
- Betonda segregasyon (ayrışma) olmaması için beton, kalıba 1,5 metreden (pompa ucu ile kalıp arası mesafe) fazla yüksekten dökülmemelidir (Görsel 2.15).

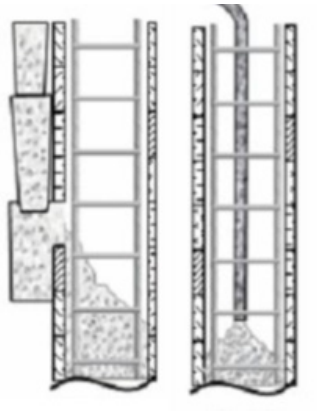


Görsel 2.14: Betonun düşey yönde dökülmesi

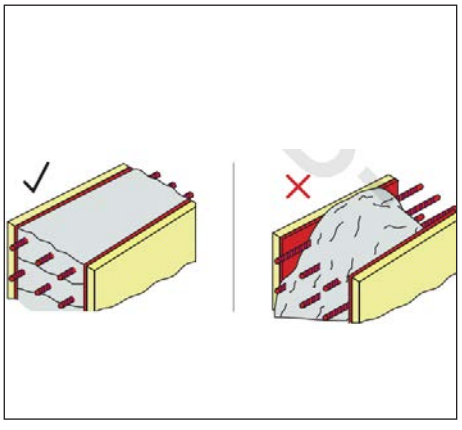


Görsel 2.15: Pompa ucu ile kalıp arası mesafe

- Kolon ve perde duvarlar gibi dar ve yüksek kalıplara beton en üstten değil yanlardan cepler bırakılarak dökülmelidir. Cep bırakılmamışsa pompa hortumunun çapına uygun plastik boru vasıtası ile beton dökülür (Görsel 2.16).
- Beton mümkün olduğunca yatay tabakalar hâlinde dökülmelidir. Tabaka kalınlıkları, her tabaka bir önce dökülenle birlikte sıkıştırılabilecek şekilde 15-30 cm arasında olmalıdır. Bu işlem sırasında alttaki tabaka işlenebilme özelliğini kaybetmemiş olmalıdır (Görsel 2.17).



Görsel 2.16: Kolonlara beton dökülmesi



Görsel 2.17: Betonun tabakalar hâlinde dökülmesi

- Beton dökümü olabildiğince sürekli olmalı, yeni dökülen betonun önceki tabaka ile kaynaşması sağlanmalıdır. Soğuk derz oluşmasına sebebiyet verilmemelidir.
- Beton dökümüne ara verme zorunluluğu oluşursa iş derzleri (zorunlu ek yerleri) bırakılmalıdır. Beton dökümüne yapının hangi ucundan başlanacağı, hangi yöne doğru devam edileceği ve gerekirse iş derzinin nerede bırakılacağı döküm öncesi belirlenmiş olmalıdır. İş derzleri momentlerin küçük olduğu yerlerde yaklaşık 45° eğimli ve pürüzlü bırakılır. Yeni beton dökülmeden önce bu yüzeyler temizlenir. Basınçlı su ile yıkanır, suya doyurulur ve kurumadan önce yeni beton dökülür. Kolonlar bir defada betonlanmalı, ek yapılmamalıdır.
- Kolon ve perde gibi düşey elemanlar en az üç aşamada doldurulmalıdır.

- Beton mümkün olduğunca yerleştirileceği yere veya çok yakınına dökülmelidir. Betonu bir bölgeye dökerek çekmek veya aktarmak yöntemiyle yerleştirileceği bölgeye taşımadan mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. Beton döküldüğü bölgeden en fazla 3 m'ye kadar yayılabilir.
- Döküm sırasında kalıp ve donatılara fiziksel darbe verilmemelidir.
- Betonun yerleştirilme ve sıkıştırılma hızları birbiriyle uyumlu olmalıdır.
- Kendiliğinden yerleşen beton gibi özel beton tipleri haricinde betonu sıkıştırmak için vibratör kullanılmalıdır.
- Beton dökümü için en ideal hava sıcaklıkları, çimentonun hidratasyonu için en ideal sıcaklık olan normal betonlarda 10-15 °C, baraj ve kütle betonlarında 5-10 °C'tur. 5°C'un altındaki ve 30°C'un üstündeki hava sıcaklıklarında beton dökülürken çimento hidratasyonu istendiği gibi gelişmediğinden gerekli önlemlerin alınması gerekir.
- Betonlar ya normal hava şartlarında ya da anormal hava şartlarında dökülür. Betonun yapım, döküm ve bakımı sırasında içinde bulunduğu ortamın ortalama sıcaklığı +5 °C ile +30 °C arasında olmak kaydıyla üç gün üst üste değişmez ve aşırı rüzgâr, yağış bulunmaz ise **normal hava şartları** olarak tanımlanır. Bunun dışındaki durumlar ise **anormal hava şartları** olarak kabul edilir.
- Normal hava şartlarında betonun hazırlanması, dökümü ve bakım işlerinde **TS 1247**'deki kurallar dikkate alınarak işlem yapılır.
- Anormal hava şartlarında betonun hazırlanması, dökümü ve bakım işlerinde **TS 1248'**deki kurallar dikkate alınarak işlem yapılır.

2.1.4.1. Aşırı Soğuk Havada Beton Dökülürken Alınması Gereken Önlemler

TS 1248'e göre birbirini izleyen üç günlük sıcaklık ortalamasının +5 °C'tan düşük olması durumu aşırı soğuk hava olarak değerlendirilir. Beton döküm sırasında hava sıcaklığının +5 °C'tan düşük olması hâlinde kaliteli beton elde edebilmek için yapım, döküm ve bakım işlerinde birtakım önlemler alınması gerekir. Bu önlemler şunlardır:

- Beton karışım suyu ısıtılabilir.
- Agrega ısıtılabilir.
- Hidratasyon ısısı yüksek çimentolar kullanılabilir.
- Beton dökümü, günün daha sıcak saatlerinde yapılabilir.
- Erken dayanım kazanan beton üretilmesi gerekir.
- Yüksek çimento dozajlı, düşük su / çimento oranlı betonlar üretmek gerekir.
- Antifriz veya priz hızlandırıcı katkılar kullanılabilir.
- Buhar kürü gibi yüksek sıcaklıklı kür uygulamaları yapılabilir.
- Taze beton yalıtımlı malzemeler ile örtülebilir.
- Betonun kalıp alma süresi uzatılabilir.

2.1.4.2. Aşırı Sıcak Havada Beton Dökülürken Alınması Gereken Önlemler

TS 1248'e göre birbirini izleyen üç günlük sıcaklık ortalamasının +30 °C'tan fazla olması durumu aşırı sıcak hava olarak değerlendirilir. Beton döküm sırasında hava sıcaklığının +30 °C'tan fazla olması hâlinde kaliteli beton elde edebilmek için yapım, döküm ve bakım işlerinde birtakım önlemler alınması gerekir. Bu önlemler şunlardır:

- Beton karışım suyu olarak soğuk su kullanılabilir.
- Beton karışım suyunun %80'i buz olarak kullanılabilir.
- Agrega gölgede saklanarak soğutulabilir.
- Hidratasyon ısısı düşük çimentolar kullanılabilir.
- Beton dökümü, hava sıcaklığının nispeten daha düşük olduğu sabah veya akşam saatlerinde yapılabilir.
- Kalıplar ve donatılar göllenme olmadan sprey şeklinde soğuk su ile nemlendirilerek soğutulabilir.
- Beton dökülecek zemin ıslatılıp suya doygun hâle getirilir. Bu sayede taze betondaki suyun zeminee emilmesi engellenir.

- Beton döküm işi hızlı bir şekilde yapılmalı, en kısa sürede bitirilmelidir.
- Transmikserde gereksiz yere fazla karıştırma yapılmamalıdır.
- Priz geciktirici katkılar kullanılabilir.
- Yerleştirilen taze betondaki suyun buharlaşarak kaybolmasını engelleyecek önlemler alınmalıdır.
- Kolonlar ıslak çuvalla sarılabilir.
- Aşırı rüzgâr var ise döküm yeri etrafına rüzgâr kırıcı yerleştirilebilir.
- Gölgelik kullanılarak beton güneş ışığından korunabilir.
- Aşırı vibrasyon yapılmamalıdır.

Betonla İlgili Terimler

Betonun birtakım özelliklerini ifade eden bazı terimler vardır. Bunların bazıları şunlardır:

Aderans: Betonarme demiri (donatı) ile betonun birbirine tutunma (yapışma) gücüdür.

Çiçeklenme: Beton boşlukları içinde bulunan suyun kapiler boşluklar arasından hareket ederek beton yüzeyine ulaşması ve orada buharlaşarak içinde bulunan tuzların kristal hâlinde yüzeyde toplanmasıdır.

Dayanım: Betonun üzerine gelen basınç yüklerine kırılmadan karşı koyabilme gücüdür.

Dayanıklılık (Durabilite): Betonun dış etkilere (donma-çözünme, ıslanma-kuruma, ısınma-soğuma vb.) karşı gösterdiği dirençtir. Betonun uzun yıllar bozulmadan işlevini yerine getirebilmesidir.

Dozaj: Yerine dökülmüş ve sıkıştırılmış 1 m^3 beton içindeki çimentonun kilogram (kg) cinsinden miktarıdır.

Kompasite: Betonun içerisindeki doluluk oranıdır. Betonun birim hacim ağırlığının özgül ağırlığına bölünmesi ile de elde edilir.

Kıvam: Betonun akışkanlık derecesidir.

Porozite: Betonun içindeki boşluk oranıdır. Boşluk hacminin toplam hacmine bölünmesi ile elde edilir.

Permeabilite: Betonun geçirgenliğidir.

Rötre: Betonun hacimsel değişimidir.

Segregasyon: Betonun içindeki iri ve ince agrega danelerinin birbirinden ayrılması sonucu betonun homojenliğinin kaybolmasıdır.

2.1.5. Betonu Sıkıştırma

Betonu sıkıştırma işlemi, beton dökümünün sonuca etki eden en önemli aşamasıdır. İyi sıkıştırılmamış bir betonun kalitesi önemli derecede düşer. Taze betonun içindeki hapsolmuş havanın dışarıya çıkartılması işlemine **betonu sıkıştırma** denir.

Betonun sıkıştırılmasındaki amaç; betondaki hava boşluklarını dışarı atarak boşluksuz ve geçirimsiz bir yapı oluşturmak, beton ve donatı arasındaki aderansı tam anlamıyla sağlamak ve betonu kalıbın her noktasına yaymaktır.

Betonun sıkıştırılması işlemi gerekli araç gereç kullanılarak yapılır. Kuralına uygun yapılmazsa beton kalıba homojen bir şekilde yerleşmez. Betonun bünyesinde boşluklar oluşur (Görsel 2.18). Agrega daneleri arasında segregasyon (iri ve ince agrega danelerinin birbirinden ayrılması sonucu betonun homojenliğinin bozulması) meydana gelir (Görsel 2.19).



Görsel 2.18: Bünyesinde boşluk oluşmuş beton



Görsel 2.19: Segregasyon meydana gelmiş beton

Uyarı: Betonu sıkıştırma işlemi, betonun kalıba dökülmesi aşamasında beton taze hâldeyken yapılır. Beton prizini almadan sıkıştırma işlemi bitmiş olmalıdır.

2.1.5.1. Betonu Sıkıştırma Yöntemleri

Betonu sıkıştırma işlemi; elle sıkıştırma ve mekanik sıkıştırma olmak üzere iki yöntemle yapılabilir. Elle sıkıştırma yönteminde şişleme veya tokmaklama yöntemleri uygulanabilir. Mekanik sıkıştırma yönteminde ise vibratör kullanılır.

Betonun yerleştirilmesi işleminde mutlaka vibratör ile sıkıştırma yapılması gerekir. **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**'te vibratör kullanmadan beton dökümü işlemini yasaklamıştır. Elle sıkıştırma yöntemleri, vibratör kullanımıyla beraber yardımcı yöntemler olarak ve taze beton numunesi alma işlemlerinde kullanılabilir.

Vibratör ile sıkıştırma, genellikle çökme değeri 0-10 cm olan betonlarda, şişleme ve tokmaklama ile sıkıştırma ise genellikle çökme değeri 10-15 cm olan betonlarda uygundur. Vibrasyon kullanmanın esas amacı taze betonu kuvvetli bir şekilde titreşime tabi tutmaktır. Taze betonu vibratör kullanarak yerleştirmek betonda mükemmel yerleştirme sağlar.

Betonun yerleştirilme ve sıkıştırılma işlemleri birbirine bağımlı olup aynı zamanda yapılır. Betonun sıkıştırılması sertleşmiş beton için gerekli olan mukavemet, geçirimsizlik ve dayanıklılığı sağlamak için çok önemlidir.

2.1.5.2. Betonu Sıkıştırmada Kullanılan Araç Gereç

Elle sıkıştırma yönteminde şiş ve tokmak, mekanik sıkıştırma yöntemlerinde farklı türde vibratörler kullanılır.

Şiş: Betonun yerleşmesinde Ø16-Ø18'lik demirden ucu yuvarlatılmış şiş kullanılır. Genellikle taze beton numunesi alınırken küp veya silindir numune kalıplarının içindeki betonun sıkıştırılması işleminde kullanılır. Vibratör ucunun girmediği, donatı aralığının sık olduğu yerlerde de kullanılabilir.

Tokmak: Tokmakla yapılan sıkıştırma işleminde sıkıştırma yüzeysel olur. Ancak donatının çok sık olduğu durumlarda su oranı yüksek olan karışımlarda uygulanmalıdır. Kalıpta darbe etkisi yaptığından sıkıştırma işlerinde tokmakla sıkıştırma tercih edilmemelidir.

Daldırma (İç) Vibratör: En yaygın olarak kullanılan vibratör tipidir. İç vibrasyon bir veya daha fazla vibratörün betonun içine daldırılmasıyla yapılan vibrasyondur. Normal ve yüksek frekanslı çeşitleri vardır. İç vibratörün titreşim yapan başlık kısmı kalıp genişliğine göre değişik çaplarda olabilir. İç vibratörler daha çok temel, kolon, kiriş, döşeme ve perde betonların sıkıştırılmasına kullanılır ayrıca küp veya silindir kalıplardaki taze beton numunelerinin sıkıştırılmasında da kullanılabilir (Görsel 2.20).

Kalıp Vibratörleri: Bu vibratörler, kalıplara monte edilerek kullanılan vibratörlerdir. Elastik bir yüzey üzerine oturmuş olan bu vibratörler, uygun aralıklarla kalıplara sıkı bir şekilde kelepçelenerek kalıba titreşim uygular ve betona temas etmeden kalıp içindeki betonun sıkışmasını sağlar. Bu vibratörler prefabrik eleman betonları, tünellerin kemer kısmında, perde betonlarında sıkıştırma yaparken kullanılır (Görsel 2.21).



Görsel 2.20: Daldırma (İç) vibratörler



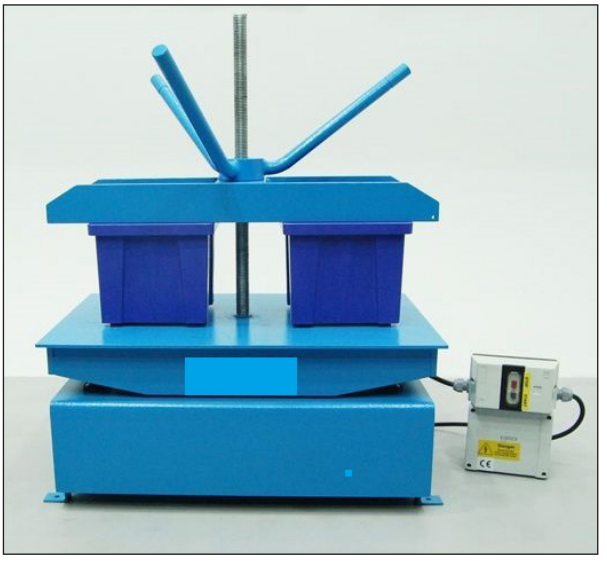
Görsel 2.21: Kalıp vibratörleri

Yüzey Vibratörleri (Titreşimli Mastar): Bu vibratörler, titreşen bir mala veya mastar şeklindedir. Betonu yüzeyden sıkıştırmak için genellikle beton yüzeyi mastarlanırken veya perdah çekilirken kullanılır. Tabaka kalınlığı 20 cm'ye kadar olan beton yüzeylerinde etkili olur. Genellikle döşeme, yol kaplaması, saha ve havaalanı pist betonları gibi yatay ve geniş yüzeyli betonlarının sıkıştırılmasında ve ayrıca daldırıcı vibratörün kullanılamadığı yerde sık donatının olduğu yerlerde kullanılır (Görsel 2.22).

Vibrasyon Masası: Vibrasyon masaları, küp veya silindir kalıplardaki taze beton numunelerinin kontrollü bir titreşimle sıkıştırılmasında kullanılır. Vibrasyon masaları, vibrasyon motoru, kontrol ünitesi ve kalıp bağlama düzeneğinden oluşur. Şantiye sahasında beton numunelerinin hazırlanmasında şişleme metoduna alternatif olarak taşınabilir vibrasyon masası kullanılabilir. Kullanılan kalıp boyutuna bağlı olarak bir veya iki küp veya silindir bağlanabilir (Görsel 2.23).



Görsel 2.22: Yüzey vibratörleri



Görsel 2.23: Vibrasyon masası

2.1.5.3. Elle Sıkıştırma Yöntemlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Elle beton sıkıştırması yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Şiş ile sıkıştırma yapılırken şiş beton içerisine dik bir şekilde daldırılmalıdır.
- İri daneli agregaların zarar görmemesi için şiş çok darbeli bir şekilde beton içerisine daldırılmamalıdır.
- Sıkıştırmada kullanılacak şişin uç kısmı yuvarlatılmış şekilde olmalıdır.
- Şiş ile sıkıştırma yapılırken şiş her seferinde beton dışına çıkarılmalı ve farklı yerlerden tekrar daldırılmalıdır.
- Tokmakla sıkıştırma yapılırken kalıbın zarar görmemesi için kalıba çok şiddetli vurulmamalıdır.
- Tokmakla sıkıştırma yapılırken kalıbın farklı yüzeylerine darbe uygulanmalıdır.
- Şişleme, tokmaklama ile sıkıştırma ancak vibratörün kullanımının uygun olmadığı durumlarda yapılmalıdır (dar kesit, sık donatı) ve akıcı beton kullanılmalıdır.

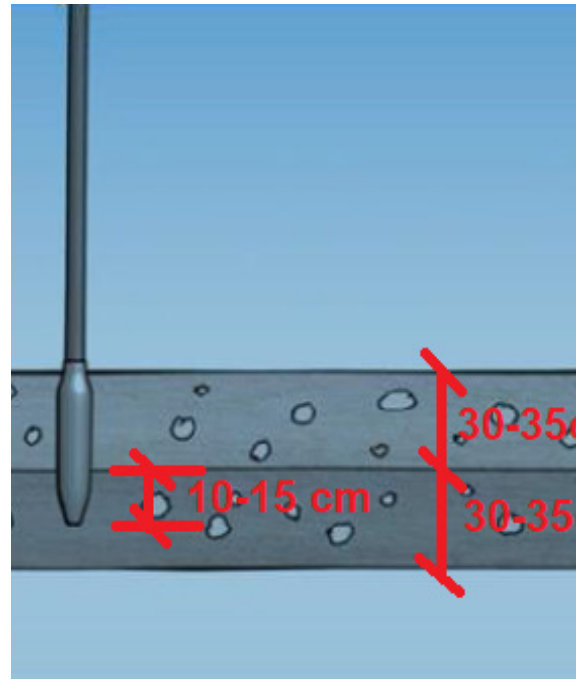
2.1.5.4. Mekanik Sıkıştırma Yöntemlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Mekanik sıkıştırma araçlarıyla beton sıkıştırması yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Betonun kalınlığı (derinliği) vibratör dalıcı ucundan fazla olmamalıdır.
- Dalıcı (iç) vibratörün ucu beton içerisine dik olarak daldırılmalıdır (Görsel 2.24).
- Dökülecek betonun kalınlığı (derinliği) fazla ise beton 30-35 cm'lik tabakalar hâlinde dökülmelidir. Bu durumda vibrasyon yaparken dalıcı (iç) vibratör ucunun her defasında bir önceki tabakaya 10-15 cm kadar girmesi ve tabakaların kaynaşması sağlanmalıdır (Görsel 2.25).



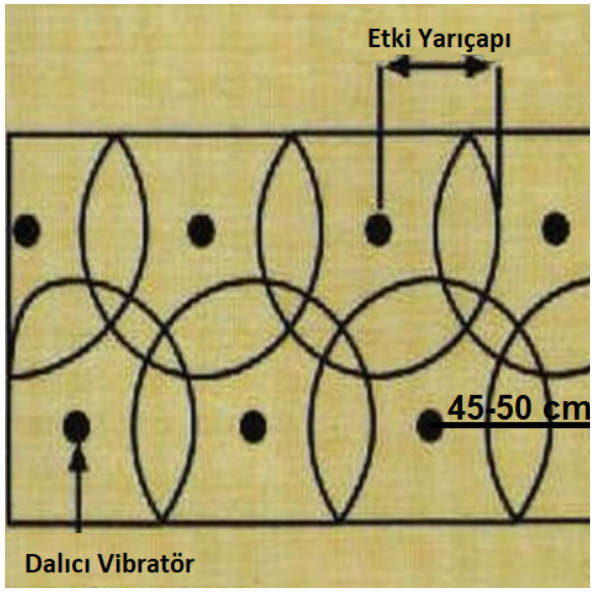
Görsel 2.24: Vibratör ucunun betona dik daldırılması işlemi



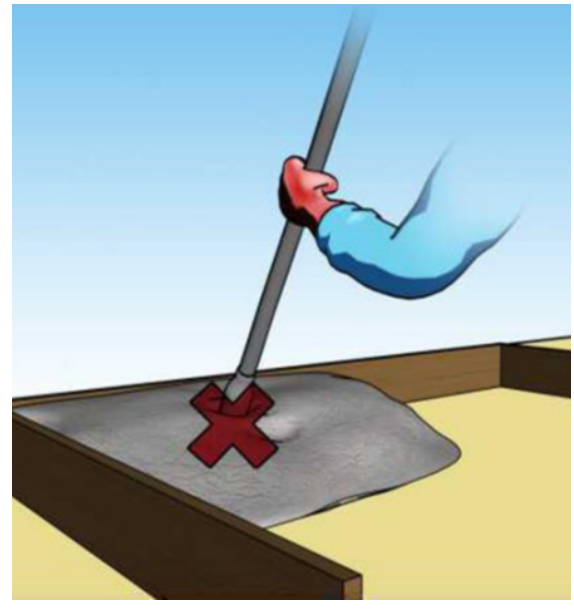
Görsel 2.25: Beton tabaka kalınlığı ve vibratör ucunun alt tabakaya girme payı

- Dalıcı (iç) vibratörün ucunu beton içine hızlıca daldırmak ve 10-20 saniye bekledikten sonra betondan yavaşça çıkarmak gerekir.
- Dalıcı (iç) vibratör ucunun daldırma aralığı vibratörlerin etki yarıçaplarına bağlı olarak 45-50 cm'yi geçmemelidir (Görsel 2.26).

Dalıcı (iç) vibratörün ucu betonu yatay yönde taşımak için kullanılmamalıdır (Görsel 2.27).



Görsel 2.26: Vibratör ucunu daldırma aralığı



Görsel 2.27: Vibratör ucu ile betonu taşıma

- Dalıcı (iç) vibratörün ucu kalıba ve donatılara temas ettirilmemelidir (Görsel 2.28).



Görsel 2.28: Vibratör ucunun kalıba ve donatıya temas etmesi

- Dalıcı (iç) vibratör ucunun çapı donatılar arasından geçebilecek büyüklükte seçilmelidir.
- Dalıcı (iç) vibratör ucu beton içerisinde fazla durdurulmamalıdır. Aksi takdirde betonda segregasyona neden olur.
- Çok akıcı kıvamdaki betona vibratör uygulanmamalıdır.
- Eğik yüzeylerde sıkıştırma işlemine beton kalınlığının az olduğu yerden başlanmalıdır.
- Gereğinden fazla vibrasyon uygulanmamalıdır. Fazla vibrasyon uygulanması betonun geç priz almasına neden olur.
- Beton dökümü sırasında her zaman çalışmaya hazır alternatif bir güç kaynağı ve yedek vibratör hazır bulundurulmalıdır.
- Sıkışmanın başarıyla sağlandığının göstergesi yüzeyde çok ince bir şerbet tabakasının oluşmasıdır. Hava kabarcıklarının yüzeye çıkması durduğunda vibratör ucunu çıkarıp başka bir yere daldırmak gerekir.

UYARI: Betonun içinde bir miktar hava olmalıdır fakat betonun içinde fazladan kalan her %1 hava beton dayanımının %5-6 düşmesine neden olur.

2.2. BETONU KALIBA GÖRE DÜZELTME

Betonarme bir yapıda betonu üretip iyi bir sıkıştırma yaparak kalıbına dökdükten sonra betona uygulanması gereken bir diğer önemli husus da kalıba dökülen betonun düzeltilmesi işlemidir.

Sertleşmiş beton yüzeyinde söz konusu yapının proje şartnamelerinde tanımlanan görünüşün elde edilmesi gerekir. Bu görünüşün yerine göre kalıp veya çeşitli el ve makine yöntemleri ile elde edilmesi için yapılan işlemlere genel olarak **betonu düzeltme (betonda yüzey bitirme işlemi)** denir.Düşey yüzeyler genellikle kalıp tutularak düzgün hâle getirilmiş olur. Yatay veya eğik yüzeylerde ise düzeltme işleminde el ve makine yöntemleri kullanılır.

Yerine dökülmüş ve sıkıştırılmış olan betonun prizini almaya başlamadan önce yüzey düzgünlüğünün sağlanması gerekir. Düzgün yüzeyli beton sonradan üzerine yapılacak olan kaplamaların işçilik olarak kolay ve güzel görünüşlü olmasını sağlar.

Sertleşmiş beton yüzeyinin istenen düzgünlükte olabilmesi için yüzey düzeltme işleminin taze betonun kalıplara yerleştirilip sıkıştırılmasından hemen sonra yapılması gerekir. Betonun kalıbın şeklini almasında düzeltme araçlarının önemi büyüktür.

2.2.1. Betonu Düzeltme Yöntemleri

Betonu düzeltme işlemi; el araç gereci veya makineler ile yapılabilir. El ile düzeltme yaparken mala, mastar, perdah malası ve tirfil kullanılabilir. Makineler ile düzeltme yaparken titreşimli mastar veya perdah makineleri kullanılabilir.

Betonu düzeltme işlemi, ilk ve son düzeltme olmak üzere iki aşamaya ayrılır. İlk düzeltme işlemi, kalıbına yerleştirilmiş ve sıkıştırılmış betonun yüzeyinde bulunabilecek çıkıntılı veya çukur kısımlardan kurtulmak ve beton yüzeyini aynı seviyeye getirebilmek için yapılır. İlk düzeltme işlemi beton daha taze hâldeyken ve sıkıştırma işlemi yapıldıktan hemen sonra mala, mastar veya titreşimli mastar kullanılarak yapılır.

Son düzeltme işlemi, ilk düzeltme işleminin sonunda aynı seviyeye getirilmiş olan beton yüzeyinin tamamen düzgün bir duruma getirilebilmesi, beton yüzeyindeki çatlakların giderilmesi, aşınma dayanımı ve dış etkilere karşı dayanıklılığı yüksek bir beton yüzeyi elde etmek için yapılır.

Son düzeltme işlemi, ilk düzeltme işlemi yapılıp beton bir miktar prizini aldıktan sonra (bir insan yükünü taşıyabilecek kadar ayakla basıldığı zaman en fazla 3-5 mm'lik bir iz bırakabilecek kadar priz aldıktan sonra) ve beton yüzeyinde su bulunmadığı zaman tirfil, perdah malası veya perdah makineleri kullanılarak yapılır.

Not: Bazı durumlarda son düzeltmeden hemen sonra kaymaya ve aşınmaya karşı direnç kazandırmak ve pürüzlü yüzey elde etmek için beton yüzeyine sert metal süpürgeler vasıtasıyla tarak çekme (süpürme) işlemi uygulanarak beton yüzeyi pürüzlü hâle getirilebilir (Görsel 2.29).



Görsel 2.29: Beton yüzeyini süpürme yöntemi ile pürüzlendirme işlemi

2.2.2. Betonu Düzeltmede Kullanılan Araç Gereç

Taze betonun düzeltilmesi aşamasında kullanılan araç gereç ve bu araç gerecin kullanım yerleri aşağıda belirtildiği gibidir.

Mala: Döşeme ve kolon gibi elemanların kenarlarının düzeltilmesinde ve mastarlama işleminde yardımcı alet olarak kullanılır.

Mastar: İlk düzeltme işleminde beton yüzeyinde ileri geri hareket ettirilerek yüzey düzeltme işleminde kullanılır (Görsel 2.30).

Perdah Malası, Tirfil: Son düzeltme işleminde beton yüzeyindeki çatlamaları ortadan kaldırmak için kullanılır (Görsel 2.31).



Görsel 2.30: Mastar ile beton yüzeyini düzeltme işlemi



Görsel 2.31: Perdah ile beton yüzeyini düzeltme işlemi

Titreşimli Mastar (Yüzey Vibratörü): İlk düzeltme işleminde genellikle döşeme, yol kaplaması, saha ve havaalanı pist betonları gibi yatay ve geniş yüzeyli betonların düzeltilmesinde kullanılır (Görsel 2.32).

Perdah Makineleri: Son düzeltme işleminde büyük alan veya saha betonlarının perdahlama işlerinde kullanılır (Görsel 2.33).



Görsel 2.32: Titreşimli mastar ile beton yüzeyini düzeltme işlemi



Görsel 2.33: Perdah makinesi ile beton yüzeyini düzeltme işlemi

2.2.3. Betonu Düzeltmede Dikkat Edilecek Hususlar

Kalıba dökülen betonun düzeltilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken kurallar şunlardır:

- Yerine dökülüp sıkıştırılan betonun prizini almaya başlamadan önce (en fazla 1 saat içinde) yüzey düzgünlüğünün sağlanması gerekir.
- Küçük alanların yüzey düzgünlüğünün sağlanması işleminde ahşap veya çelik el mastarı ve mala kullanılmalıdır.
- Büyük alanların yüzey düzgünlüğünün sağlanmasında titreşimli mastarlar kullanılmalıdır.
- Beton yüzeyinin el mastarı ile mastarlanması için en az iki kişi gereklidir.
- Mastarlama işlemi beton dökümü yönünde yapılmalıdır.
- Mastar yapmak için beton yüzeyine herhangi bir çimento veya su ilavesi yapılmamalıdır.

Mastarlama işinde iki kişi mastarın iki ucuna geçerek karşılıklı mastarı hareket ettirir. Bu işlem sırasında beton yüzeyindeki boşluklar beton harcı ile doldurulmalıdır.

- Aynı yüzeylere birkaç defa mastarlama yapılarak yüzey düzgünlüğü tam olarak sağlanmalıdır.
- Kenar bitirilmesi önce yapılmalı, sonra pah ve derzler bitirilmelidir.
- Beton yüzeyindeki su-çimento şerbeti kaybolduktan (priz başladıktan) sonra perdahlama yapılmalıdır.
- Küçük alanlarda perdahlama, tirfille (el malası) büyük alanlarda perdah makineleri ile yapılmalıdır.
- Son olarak yüzey hafifçe sertleşince beton yüzeyine pürüzlüğün verilmesi için süpürge ya da fırça belli bir yönde çekilir.

2.3. BETONU KORUMA

İyi ve kaliteli bir beton elde edebilmek için kuralına uygun bir şekilde betonun üretilmesi, kalıba dökülmesi, sıkıştırılması ve düzeltilmesi işlemleri yapıldıktan sonraki son işlem betonun korunması (kür edilmesi) işlemidir. Çimento hidratasyonu için gerekli rutubetin ortamda bulunmasını sağlamak için yapılan işlemlere **betonu koruma (kür etmek)** denir.

Betonun korunmasındaki diğer bir ifadeyle kür edilmesindeki amaç, betonun yerleştirilmesinden sonra oluşabilecek su kaybını önlemektir. Ayrıca hidratasyon reaksiyonlarının uygun şekilde ve zamanda gerçekleşmesini sağlamaktır.

Çimento hidratasyonu günler, haftalar hatta aylarca sürer. Hidratasyon reaksiyonunun devamı için yeterli miktarda su ve sıcaklık gerekir. Bu koşullar sağlanamadığı takdirde betondan beklenen dayanım ve dayanıklılık (durabilite) elde edilemez.

Kalıba yerleştirilen taze betonun su içeriği çimentonun hidratasyonunu tamamlayabilmesi için yeterlidir. Ancak bu suyun buharlaşarak kaybolması hidratasyonu güçleştirir ve hatta bozar. Bu nedenle betonun korunması (betonu kürlenmesi), su kaybını (kurumayı) önlemek ve zararsız düzeyde tutmak, bu suretle hidratasyonun hatasız şekilde tamamlanabilmesini sağlayabilmek için betonun dökümünden sonra başlatılmalıdır.

Yeni yerleşmiş betonun suyunu sürekli kaybetmesi ve kaybedilen suyun geri verilmemesi çimento hidratasyonunu olumsuz etkiler. Su kaybı betonda büzülmeye neden olur. Kuruyan yüzeylerde çekme gerilmeleri meydana gelir. Bu gerilmelerin beton dayanımı oluşmadan meydana gelmesi yüzey çatlaklarına neden olur.

Uygun bir şekilde kür edilmemiş betonun mukavemeti yaklaşık %30 oranında düşebilir. Betonun durabilite özelliği olumsuz etkilenir. Betonun geçirimliliği yaklaşık on kat artabilir. Bu da donatı korozyonunu olumsuz şekilde etkiler.

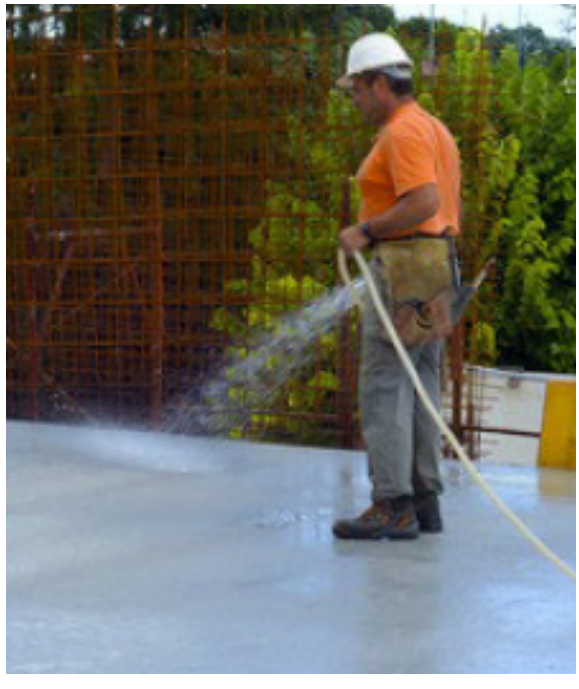
2.3.1. Betonu Koruma Yöntemleri ve Kullanılan Malzemeler

Betonun kürlenmesinde beton yüzeyinin örtülerle kaplanarak kimyasal kür maddeleri ve su ile kür yapılması olmak üzere başlıca üç yöntem uygulanır.

Betonu koruma amaçlı uygulanacak kür yöntemlerinde su, ıslak örtüler, su geçirmez ıslak polietilen örtüler, teliz bezi, ıslak kum, suya doygun talaş, kimyasal tozlar veya sıvılar gibi farklı malzemeler kullanılır.

Suyla Kür Yapılması

Bu yöntemde sürekli olarak beton yüzeyinin ıslak kalması sağlanmalıdır. Uygun kür süresi yaklaşık yedi (7) gündür. Kış aylarında bu süre uzatılmalıdır. Su ile kür uygulama yöntemi farklı şekillerde yapılabilir.



- Sürekli olarak beton yüzeyine su püskürtülmesi mükemmel bir su ile kür yoludur. Bu işlem aralıklarla yapılıyorsa beton yüzeyinin kuru kalmamasına dikkat edilmelidir. Hortum veya mekanik spreyleme ile beton yüzeyine saçılan su, betonun yüzeyinde oluşacak çatlamaları yok denecek kadar azaltır. Su kürünün priz bitiminden hemen sonra başlatılması bünyesel kurumayı önlemek için önemlidir. Ancak taze betona su / çimento oranını değiştirecek şekilde su girmesi önlenmelidir. Bu sistemin tek dezavantajı maliyetidir. Sistemin uygun işlemesi için yeterli miktarda su ve tecrübeli uygulamacı gerekmektedir (Görsel 2.34).

Görsel 2.34: Su püskürtme yöntemi ile beton kürü

- Göllendirme yapılarak da beton kür işlemi yapılabilir. Bu metotta suyun kapalı bir alanda hapis kalması için etrafına setler yapılır. 5 cm'lik bir su tabakası yeterli olur. Bu sayede hem betonun su kaybetmesi engellenir hem de eş dağılımlı bir sıcaklık sağlanır. Bu yöntem genellikle döşeme, kaldırım, köprü ve beton yollar gibi düz beton yüzeylerinde uygulanır (Görsel 2.35).

Telis bezi veya diğer su tutucu örtüler kullanılarak da beton yüzeyinin ıslak kalması ve buharlaşmanın daha az olması sağlanabilir. Yüzeyde bozulma olmasını engellemek için beton sertleşir sertleşmez su tutucu örtüler serilmelidir. Örtülerin sürekli ıslak kalmaları sağlanmalıdır (Görsel 2.36).



Görsel 2.35: Göllendirme yöntemi ile beton kürü



Görsel 2.36: Telis bezi serilerek beton kürü

Beton Yüzeyinin Örtülerle Kaplanarak Kür Yapılması

Beton yüzeyinin plastik, naylon veya polietilen örtülerle kaplanması her uygulamada gerekli ve verimli olmasa da bazı özel uygulamalar için zorunludur. Yatay ve düşey elemanlarda kolayca uygulanabilir olması önemli avantajıdır. Plastik, naylon veya polietilen örtülerin kullanılması, betonun kir ve tozdan korunmasına yardımcı olduğu için de avantajlıdır.

Plastik, naylon veya polietilen örtüler yatay elemanlarda kalıplar söküldükten sonra en geç yarım saat içinde ve döşemelerde beton yeteri sertliği kazanır kazanmaz uygulanmalıdır. Beton üzerindeki suyun buharlaşması beklenmeli ancak beton kurumadan önce başlanmalıdır. Beton, baskı beton gibi ya da desenli yol ise örtüler hafif bir iskelet üzerine yerleştirilmelidir. Bu sayede beton yüzeyi bozulmaz.

Bu tarz bir kürde polietilen örtüler yerleştirilmeden önce betondaki suyun terleyip buharlaşmasını beklemeye gerek yoktur. Kür uygulaması beton yerleştirildiğinde başlanabilir. Düşey elemanlarda kalıplar söküldükten sonra en fazla yarım saat içinde polietilen örtüler kullanılmalıdır. Döşemelerde ise beton yeterli sertliğe ulaşınca uygulamaya başlanmalıdır. Kolon ve perde duvar gibi düşey elemanlarda kalıp belli bir miktarda koruma yapar. Ancak özellikle kolon basları ve duvarların üst tarafları dış ortamla temas ettiğinden ek bir koruma gerektirir. Kolonun dış ortamla temas eden bölgesi polietilen örtü ile kaplanır (Görsel 2.37).



Görsel 2.37: Beton yüzeyini örtülerle örtme yöntemi ile beton kürü

UYARI: Toprak, kum, talaş, ot gibi malzemeler de ıslak olarak kullanılarak beton yüzeyini örtmede kullanılabilir. Ancak bu gibi malzemelerin kullanılmasının en büyük dezavantajı beton yüzeyinde renk değişimine neden olma olasılığının bulunmasıdır.

Kimyasal Kür Maddeleriyle Kür Yapılması

Beton kürü işlemi için yeterli miktarda veya kalitede su bulunamadığı durumlarda beton yüzeye kimyasal kür maddesi uygulanmalıdır. Kür maddesinin de uygunluğu da önceden saptanmalıdır. Uygulanan kimyasal kür maddeleri işin cinsine göre farklılık gösterir.



Görsel 2.38: Kimyasal kür maddeleri ile beton kürü

Beyaz veya alüminyum renginde olan kimyasal maddeler beton yüzeyinde ince bir polimer tabakası oluşturur. Bu tabaka buharlaşmayı çok küçük seviyelere indirdiği gibi özellikle sıcak mevsimlerde beton yol gibi uygulamalarda güneş ışınlarının beton yüzeyinde kırılması ve yansımasını sağlar. Süper (%90 verim) ve normal (%75 verim) olmak üzere iki türdür. Yapılarda daha çok normal, geniş yüzeye sahip betonlarda süper derecede kimyasal kür maddeleri kullanılır. Kimyasal kür maddeleri spreyleme veya rulo fırça ile beton yüzeyine uygulanır (Görsel 2.38).

Döşemelerde terleyen su buharlaşmadan uygulamaya geçilmelidir. Ancak beton yüzeyi çok sulu ise spreyleme yapılmamalıdır.Yapılırsa kimyasal kür maddesi suyun üzerinde çalışmamaktadır. Burada yüzeydeki parlama biter bitmez uygulamaya geçilmelidir. Diğer Kür Yöntemleri

Bazı özel durumlarda betonun kürlenmesi işlemi farklı yöntemlerle yapılabilir.

Buhar Kürü: Buhar kürü, betonun erken dayanım kazanmasının önemli olduğu yerlerde veya hidratasyonun tamamlanması için ilave ısının gerekli olduğu soğuk havalarda yarar sağlamaktadır. Betonun normal koşullarda 28. gün sonunda ulaştığı kalıcı mukavemet değerlerine, buhar kürü ile 24-25 saat gibi kısa bir sürede ulaşmak mümkündür. Buhar kürü uygulamasında sıcaklık ve nem her tarafta eşit olmalıdır.

Buhar kürü, atmosfer basınçlı buhar kürü (düşük basınçlı) ve otoklav buhar kürü (yüksek basınçlı) olmak üzere iki farklı metotla uygulanabilir. Atmosfer basınçlı buhar kürü (Görsel 2.39) genellikle prefabrik yapı ve soğuk havalarda yapının etrafı kapatılarak uygulanan bir yöntemdir. Otoklav kürü (Görsel 2.40) ise küçük boyutlu elemanlarda çok yüksek erken dayanımın gerekli olduğu veya betona birtakım ek özellikler kazandırmak için uygulanan bir yöntemdir. Kür sıcaklığının yüksek olması, dayanım kazanma hızını arttırdığından erken yaştaki mukavemetlerin artmasını sağlar. Bunun yanında ileri yaşlardaki dayanımlar ise düşer.

Bu yöntem, prefabrik beton elemanı, sulama kanaletleri, bordür taşı ve beton karo gibi yapı elemanlarına uygulandığı gibi tünel kalıp sistemleri ve laboratuvarlarda da uygulanabilir.



a b

Görsel 2.39: Atmosfer basınçlı buhar kürü (düşük basınçlı)



Görsel 2.40: Otoklav buhar kürü (yüksek basınçlı)

2.3.2. Betonu Korumada Dikkat Edilecek Hususlar

Betonun korunması (kür edilmesi) işlemleri sırasında dikkat edilmesi gereken kurallar şunlardır:

- Üretilen beton ne kadar kaliteli olursa olsun, istenen dayanımın elde edilebilmesi için mutlaka betonun korunması gerekir.
- Betonun kürlenmesi, mevsim şartları ve kür yöntemine göre beton dökümünü takip eden en az 7-14 gün süreyle devam ettirilmelidir.
- Döküm süresi uzun olan işlerde kürleme işlemi döküm sonuna bırakılmamalıdır.
- Özellikle sıcak havalarda dökümü takip eden ilk 15-30 dk. içinde (yüzey bitirme işleminden hemen sonra) kürleme işlemi başlatılmalıdır.
- Özellikle yaz aylarında yeterli gün boyunca sürekli olarak beton yüzeyinin ıslak kalması sağlanmalıdır.

- Su ile kür uygulama yönteminde beton ilk prizini almadan beton yüzeyine su verilmemelidir.
- Su ile kür uygulama yönteminde kullanılan su çok yüksek basınçlı olmamalıdır.
- Betonda termal şok etkisi yaratmaması için kür suyu, beton sıcaklığından 10 °C'tan soğuk olmamalıdır.
- Kimyasal kür maddeleri ile kür uygulama işlemi yapılırken kimyasal maddenin göz ve deri ile temas etmemesine dikkat edilmelidir.
- Kimyasal kür maddeleri zararlı değildir. Ancak içme suyu depolanacak yapıların betonlarında kür uygulaması yaparken kullanmak için onay alınmalıdır.
- Kimyasal kür maddeleri asla kuru yüzeye uygulanmamalıdır. Aksi takdirde sıvı bileşik beton tarafından emilebilir.
- Spreyleme yaparak kimyasal kür maddesi uygulanacaksa kişisel koruyucu ekipman kullanmak zorunludur.
- Spreyleme yaparak kimyasal kür maddesi uygularken sprey mesafesi beton yüzeyinden 30-50 cm mesafede olmalıdır. Rüzgârlı havalarda daha yakın mesafeden uygulama yapılabilir.
- Rüzgârlı hava koşullarında düşey elemanlarda spreyleme yerine rulo fırça ile kimyasal kür katkısı uygulamak daha uygun olur.
- Kürleme suyu temiz olmalı ve zararlı madde içermemelidir.
- Kullanılan örtüler sağlam ve esnek olmalıdır. Uygulama sırasında kullanılan örtülerde oluşan herhangi bir yırtık veya açıklık örtünün etkinliğini azaltır.
- Beton yüzeyi kış aylarında koyu renk, yaz aylarında ise açık renk malzemelerle kaplanmalıdır.
- Yatay elemanlarda parafin esaslı, düşey elemanlarda ise akrilik esaslı kimyasal kür maddeleri kullanılmalıdır.

2.3.3. Kür Süresi ve Kür Uygulama Yöntemleri

Kür süresinin kullanılan çimento cinsi, karışım oranları, beton elemanlarının şekli ve boyutu ve çevre şartları dikkate alınarak önceden belirlenmesi gerekir. Genel olarak devamlı su içinde tutulan betonun 28 günlük basınç dayanımının %70'ini elde edene kadar kür işlemi sürdürülmelidir. Tablo 2.3'te bağıl nem yüzdesi ve hava şartlarına bağlı olarak uygulanması gereken kür süreleri verilmiştir.

Tablo 2.3: Bağıl Nem ve Hava Şartlarına Göre Uygun Kür Süreleri

BETON DAYANIM KAZANMA HIZI	HIZLI			ORTA			YAVAŞ		
Beton Sıcaklığı °C	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Kür Sırasında Çevresel Koşullar	**Kür İçin Gerekli Gün Sayısı**								
Bağıl Nem %80 (Güneş yok.)	2	2	1	3	3	2	3	3	2
Bağıl Nem %50 (zayıf güneş ve orta şiddet rüzgâr)	4	3	2	6	4	3	8	5	4
Bağıl Nem < %50 (şiddetli güneş ve rüzgâr)	4	3	2	8	6	5	10	8	5

Betonu koruma işlemi, nereye beton dökülürse dökülsün bütün betonlara uygulanır. Ancak kür yöntemleri ve uygulanma şekli betonun uygulandığı yere ve ortam sıcaklığına göre değişiklik gösterebilir. Tablo 2.4'te farklı inşaatlarda yapılan koruma yöntemleri ve uygulama şekilleri yer almaktadır.

Tablo 2.4: Farklı İnşaatlardaki Betonlarda Kullanılan Koruma (kür) Yöntemi ve Uygulama Şekli

İNŞAAT TİPİ	KÜR YÖNTEMİ	UYGULAMA
Yol ve Havaalanı Yolları, Açık Geniş Döşemeler	Yüksek dereceli pigmentli ve reçine bazlı kimyasal kür malzemeleri	Bitirme işleminden hemen sonra başlanır.
	Polietilen veya diğer geçirimsiz kaplama malzemeleri	Şiddetli güneş etkisi ve rüzgâr olduğunda beton yüzeyi gölgelenerek koruma yapılır.
Kolon ve Kiriş Üstleri	Polietilen veya diğer geçirimsiz kaplama malzemeleri	Şiddetli güneş etkisi ve rüzgâr olduğunda beton yüzeyi gölgelenerek koruma yapılır. Bitirme işleminden hemen sonra başlanır.
Sıcak İklimlerde Beton Kolon, Kiriş, Duvar vb.	Reçine bazlı kimyasal kür malzemeleri	Kalıplar sökülür sökülmez uygulanır.
	Polietilen veya diğer geçirimsiz kaplama malzemeleri	Kalıplar söküldüğünde beton yüzeyine uygulanır.
	Kalıp	En az 4 gün (en uygunu 7 gün) kalıplar sökülmez.
Soğuk Havada Açık Beton Yüzeyleri	Yalıtım	Battaniye ile beton sıcaklığı korunur.
	Kalıpların geç sökülmesi	En az 7 gün kalıplar sökülmez.
Geniş kesitli beton elemanları	Üst yüzey yalıtımı	Battaniye ile beton sıcaklığı korunur.
	Kalıpların geç sökülmesi veya yalıtım malzemeleri ile yer değiştirmesi	En az 7 gün kalıplar sökülmez ve iç ve dış sıcaklık farkının en düşük seviyede olması sağlanır.

1. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği ölçülerdeki kalıp içine beton dökümü, betonu sıkıştırma, betonu düzeltme, betonu koruma işlemlerini standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Beton Dökümü, Sıkıştırılması, Düzeltilmesi ve Korunması Uygulaması

Deney Süresi : Bu uygulama için belli bir zaman süresi yoktur. Kalıbın büyüklüğü, döküm yöntemi, uygulama yapacak kişi sayısına göre zaman değişiklik gösterebilir.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Beton dökümü öncesindeki kontrollerin yapılması	• Beton dökülecek zeminin kontrolünü yapınız. • Beton dökülecek zemin toprak zemin ise zemin sıkıştırmasını yapınız. • Kalıpların bağlantı ve sızdırmazlığını kontrol ediniz. • Kalıpların beton değecek yüzeylerini temizleyip yağlayınız. • Donatı varsa donatıların bağlantı kontrolünü yapıp pas paylarını yerleştiriniz. • Beton dökümü için gerekli malzeme, araç gereci hazır bulundurunuz.	
Betonun dökülmesi	• Beton dökümü için anormal hava şartları varsa gerekli tedbirleri alınız. • Betonu kalıba dik bir şekilde dökünüz. • Betonu en fazla 1,5 metre yükseklikten dökünüz. • Betonu dökerken kalıp ve donatıya zarar vermeyiniz. • Beton dökümünü ara vermeden bitiriniz.	
Betonun sıkıştırılması	• Dalıcı vibratör kullanıyorsanız vibratörün ucunu dik ve hızlı bir şekilde beton içine daldırınız. • Vibratörü beton içinde 10-20 saniye tutunuz. • Vibratörün ucunu dik ve yavaş bir şekilde beton içinden çıkarınız. • Vibratörün ucunu 45-50 cm mesafede başka bir yere daldırınız. • Vibratörü beton içinde gereğinden fazla tutmayınız. • Vibratörü kalıp kenarlarına ve donatıya değdirmeyiniz. • Vibratör kullanımı uygun değilse sıkıştırma işlemini şiş veya tokmak ile yapınız.	

Betonun düzeltilmesi	• Beton sıkıştırıldıktan sonra beton priz almaya başlamadan ilk düzeltme işlemini yapınız. • İlk düzeltmeyi yaparken beton yüzeyindeki boşluk ve çukurları beton harcı ile doldurunuz ve beton yüzeyinin tamamını aynı seviyeye getiriniz. • Beton bir miktar prizini aldıktan sonra son düzeltme işlemini yapınız. • Son düzeltmeyi yaparken beton yüzeyindeki pürüzlü yüzey ve çatlakların kapanmasını sağlayınız.	
Betonun korunması	• Beton koruma için uygun yöntemi belirleyiniz. • Beton koruma yöntemine uygun olan malzemeleri hazırlayınız. • Mevsim şartları ve koruma yöntemine göre betonu 7-14 gün koruyunuz.	
Kullanılan alet, araç gerecin bakım ve temizliğinin yapılması	• Uygulamada kullandığınız alet, araç gerecin temizliğini yapınız. Bir sonraki kullanıma hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.



2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. **Aşağıdakilerden hangisi basınç dayanımlarına göre beton çeşitlerinden birisidir?**
   A) Hafif dayanımlı betonlar
   B) Şantiye betonu
   C) Yüksek dayanımlı betonlar
   D) Ağır dayanımlı betonlar
   E) Kuru karışımlı betonlar

2. **Aşağıdakilerden hangisi betonun avantajlarından bir tanesi değildir?**
   A) Sertleşmiş betonun gevrek bir özelliğe sahip olması
   B) Şekil verilebilmesinin kolay olması
   C) Üretiminde diğer yapı malzemelerine göre daha az enerji gerektirmesi
   D) Üretiminin diğer yapı malzemelerine göre daha ekonomik olması
   E) Yüksek basınç dayanımına sahip olması

3. **Aşağıdakilerden hangisi beton dökülmeden önce yapılması gereken işlemlerden bir tanesidir?**
   A) Betona kür işlemi uygulanmalıdır.
   B) Kalıpların beton değecek yüzeyleri yağlanmalı, donatı ve kalıpların bağlantıları kontrol edilmelidir.
   C) Betona sıkıştırma yapılmalıdır.
   D) Beton, kalıba düşey yönde ve dik olarak dökülmelidir.
   E) Betonun üzeri düzeltilip tesviye edilmelidir.

4. **TS 1247'ye göre normal hava koşulları olarak belirtilen ve herhangi bir ekstra önlem almadan beton dökümü için ideal olan hava sıcaklığı aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?**
   A) 5 °C'ın altındaki hava sıcaklığı
   B) 30 °C'ın altındaki hava sıcaklığı
   C) 5 °C'ın üzerindeki hava sıcaklığı
   D) 30 °C'ın üzerindeki hava sıcaklığı
   E) 5 °C-30 °C arasındaki hava sıcaklığı

5. **Aşağıdakilerden hangisi betonu sıkıştırmanın amaçlarından birisidir?**
   A) Betonu bir yerden bir yere taşımak
   B) Kalıbın genişlemesini sağlayarak daha fazla beton almasını sağlamak
   C) Beton içerisindeki sıkışmış havayı dışarı çıkartarak beton ile donatı arasındaki aderansı tam olarak sağlamak
   D) Beton dökümünün daha hızlı olmasını sağlamak
   E) Beton yüzeyinin düzgün olmasını sağlayarak betonu korumak

6. **Beton dökülürken gereğinden fazla sıkıştırma yapmak aşağıdakilerden hangisine sebep olur?**
   A) Betonun daha boşluksuz olmasına
   B) Betonun daha düzgün ve pürüzsüz olmasına
   C) Kalıpların genişlemesine
   D) Betonda ayrışmaya (segregasyona)
   E) Betonun kalıba daha kolay yerleşmesine

7. Aşağıdaki zamanların hangisinde beton yüzeyinde ilk düzeltme işlemi yapılır?
A) Beton yerleştirildikten hemen sonra
B) Beton prizini aldıktan hemen sonra
C) Beton dayanımını kazandıktan hemen sonra
D) Beton sıkıştırıldıktan hemen sonra
E) Beton döküldükten hemen sonra

8. Aşağıdaki beton uygulamalarının hangisinde yüzey düzeltme işlemi için titreşimli mastar (yüzey vibratörü) kullanılmaz?
A) Döşeme betonunun düzeltilmesinde
B) Yol betonunun düzeltilmesinde
C) Havaalanı pisti betonunun düzeltilmesinde
D) Büyük ve geniş yüzeyli betonların düzeltilmesinde
E) Kolon, kiriş ve dar yüzeyli betonların düzeltilmesinde

9. Aşağıdakilerden hangisi beton yüzeyini örterek koruma yöntemlerinden biridir?
A) Beton yüzeyini plastik, naylon veya polietilen örtülerle kaplama
B) Beton yüzeyini su ile göllendirme
C) Beton yüzeyine su püskürtme
D) Beton yüzeyine kimyasal toz veya sıvı serpme
E) Beton yüzeyine telis bezi serme

10. Betonun korunmasındaki esas amaç aşağıdakilerden hangisidir?
A) Beton yüzeyindeki suyun buharlaşması engellemek
B) Betonun yerleştirilmesinden sonra oluşabilecek su kaybını önlemek, ısı ve nem değişikliklerini kontrol altında tutarak çimento hidratasyonu için gerekli rutubetin (nemin) ortamda bulunmasını sağlamak
C) Betonu çeşitli darbe ve dış etkilere karşı dayanıklı hâle getirmek
D) Beton yüzeyinin pürüzsüz ve düzgün olmasını sağlamak
E) Betonun basınç dayanımının artmasını sağlamak







3. ÖĞRENME BİRİMİ

HAZIR BETON ÜRETİMİ VE HACİM TESPİTİ DENEYİ

KONULAR

3.1. HAZIR BETON ÜRETİMİ İÇİN ARAÇ GEREÇ VE MALZEME HAZIRLIĞI

3.2. HAZIR BETON KARIŞIMI

3.3. HAZIR BETON ÖZELLİKLERİNİN KONTROLÜ

3.4. HAZIR BETON DÖKÜMÜ

3.5. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON (KYB) DENEYLERI

TEMEL KAVRAMLAR

- Hazır beton
- Kendiliğinden yerleşen beton
- Beton katkı maddeleri
- Transmikser
- Beton pompası

GİRİŞ

Hazır beton, sağlıklı kentleşme ve sağlam yapılaşmanın gereklerinden biri olarak çağdaş inşaat teknolojilerinin vazgeçilmez malzemelerindendir.

3.1. HAZIR BETON ÜRETİMİNE ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI

Yapılan bina ve çeşitli yapılarda teknoloji ve üretim tekniklerinin gelişmesiyle farklı yapı malzemeleri kullanılarak üretim yapılmaktadır. Farklı malzemeyle üretim yapılan malzemelerden biri olan beton, geçmiş ve günümüzde de çok fazla kullanılmaktadır. Bununla beraber ileriki yıllarda da en önemli yapı üretim malzemesi olarak yerini almaya devam edecektir. Artan nüfusla birlikte daha fazla yapı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Beton da bu ihtiyacı karşılayan yapılarda kullanılmaya devam etmektedir. Bu sebepten betonun daha hızlı ve kaliteli üretilebilmesi gerekir. Betonun daha hızlı ve daha kaliteli üretilebilmesi için de hazır beton santrallerine ihtiyaç duyulmaktadır.

İnşaatın özelliklerine göre bilgisayar kontrolü ile istenen oranlarda çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddeleri kullanılarak beton santrali ve transmikserde karıştırılması ile üretilen ve tüketiciye taze beton olarak teslim edilen mamule **hazır beton** denir. Hazır beton bileşenlerinin stoklanıp, kontrol altında karıştırılarak hazır beton üretiminin gerçekleştirildiği ve transmikserlere dolumun yapıldığı tesislere **hazır beton santrali** (Görsel 3.1) denir.



Görsel 3.1: Hazır beton santrali

Hazır beton **TS EN 206+A2** ve **TS EN 13515** standartlarına uygun olarak üretilir. TS EN 206+A2 Standardı betonun özellik, performans, imalat ve uygunluğu için TS EN 13515 Standardı binalar ve inşaat mühendisliği alanına giren yapılarda kullanılan yerinde döküm ve ön yapımlı (prefabrik) yapılar ile ön dökümlü yapısal elemanlarda kullanılan betonlar için kullanılır. TS EN 13515 Standardı TS EN 206+A2 Standardı'nın uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standarttır ve ikisi birbiriyle bağlantılı olarak kullanılmalıdır.

Hazır betonun üretilmesinde de geleneksel beton üretiminde kullanılan su, çimento, iri agrega, ince agrega ve katkı maddeleri kullanılır. Hazır beton üretiminin geleneksel beton üretiminden (şantiyede elle veya betonyerle üretim) en önemli farkı; betonu oluşturan malzemelerin modern tesislerde bilgisayar kontrolünde daha hassas bir şekilde oranlanıp karıştırılmasıdır. Daha sonra döküm yerine özel araçlarla taşınır, kalıba özel araçlarla dökülür. Bunlara bağlı olarak daha kısa sürede daha hızlı bir üretim yapılabilir. Hazır beton üretiminin aşaması Şema 3.1'de verilmiştir.



Görsel 3.1: Hazır beton üretim aşamaları

Tasarım Aşaması

Hazır betonun üretimine geçilmeden önce hazır betonda kullanılacak ham maddeler itina ile seçilir. Hazır betonun ana ham maddeleri şu şekildedir:

Katkı Maddeleri	Kimyasal Katkılar	Akışkanlaştırıcı Katkılar
		Süper Akışkanlaştırıcı Katkılar
		Su Tutucu Katkılar
		Priz Hızlandırıcı Katkılar
		Priz Geciktirici Katkılar
		Su Geçirimsizlik Katkıları
		Korozyon Önleyici Katkılar
		Hava Sürükleyici Katkılar
		Püskürtme Beton Katkısı
		Renklendirici Katkılar
	Mineral Katkılar	Antifiriz Katkılar
		Anti Bakteriyel Katkılar
		Genleşme Yaratıcı Katkılar
		Aderans Artırıcı Katkılar
		Yapay Puzolanlar
		Uçucu Kül
		Silika Tozu
		Yüksek Fırın Cürufu
		Pişmiş Kil
		Doğal Puzolanlar
		Tras
		Volkanik Tüf
		Volkanik Cam

Şema 3.2: Beton katkı maddeleri çeşitleri

Çimento: Agrega danelerinin yüzeyini kaplayarak daneler arasındaki boşlukları doldurup bağlayıcılık görevi yapar. Betonun ağırlıkça yaklaşık olarak %10-15'lik kısmını oluşturur. Betonda kullanılacak çimentolar **TS EN 197-1** Standardı'na uygun olmalıdır.

Su: Çimento hidrolik bir bağlayıcıdır, bağlayıcılık görevini yerine getirebilmesi için su ile kimyasal reaksiyona girmesi gerekir. Betona katılan su, toz hâlindeki çimento taneleriyle birleşerek ortaya çıkan çimento hamurunda hidratasyon denen kimyasal reaksiyonu başlatarak çimentonun bağlayıcılık özelliğini kazanmasını sağlar. Betonun ağırlıkça yaklaşık %5-10'luk kısmını oluşturur. İçilebilecek nitelikte ve temiz olmalı, içinde betona zarar verebilecek kimyasallar bulundurmamalıdır. Betona katılacak olan su **TS EN 1008** Standardı'na uygun olmalıdır.

Agrega: Betonun iskeletini oluşturur. Betonun ağırlıkça yaklaşık olarak %70-80'lik kısmını oluşturur. Betonda kullanılacak agregalar **TS 706 EN 12620+A1** ve **TS EN 13055** standartlarına uygun olmalıdır.

Katkı Maddeleri: Kurallara uygun üretilmeyen bir betonun özelliklerini katkı maddeleri **(Şema 3.2)** ile iyileştirmek mümkün değildir. Kurallarına uygun üretilen betonların da katkı maddeleri ile uyumu önceden yapılan deneylerle belirlenmelidir. Beton üretiminde kullanılan katkı maddeleri, kimyasal veya mineral katkı maddeleri olmak üzere iki çeşittir. Betonda kullanılacak katkı maddeleri **TS EN 934-2+A1** Standardı'na uygun olmalıdır.

Taze veya sertleşmiş betonun birtakım özelliklerini iyileştirmek amacıyla beton içerisindeki çimento miktarı baz alınarak belli oranlarda katılan organik veya inorganik kökenli kimyasallar maddelere **kimyasal katkılar** denir. Kimyasal katkı maddeleri çoğunlukla beton karışım suyuna katılır. Gereğinden fazla kullanıldığında aksi etkiler oluşturabileceği gibi yine gereğinden az kullanıldığı zaman hiçbir faydası olmayabilir. Kimyasal katkılar betona karıştırma işlemi sırasında çimento miktarının ağırlıkça %5'ini geçmeyecek miktarda katılır.

Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek veya betona özel nitelikler kazandırmak amacıyla kullanılan, ince öğütülmüş toz hâlindeki katkı maddelerine mineral katkılar denir. Bu katkılar, betona ek dayanım kazandırmanın yanında betonun durabilite (kalıcılık) anlamında da performansını arttırır. Mineral katkılar zaman içinde her türlü fiziksel, kimyasal ve elektro-kimyasal dış etkilere karşı uzun ömürlü betonarme yapıların üretiminde portland çimentosu veya Portland çimentosu klinkeri ile kullanılır. Mineral katkılar tek başına kullanıldıklarında bağlayıcılık özelliği taşımaz fakat çimentoyla beraber kullanıldıklarında benzer görev yapar.

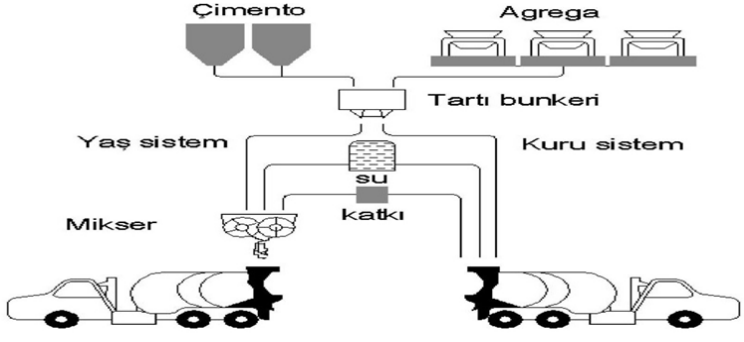
Üretim Aşaması

Önce hazır betonun üretiminde kullanılacak, doğru seçilmiş malzemelerin (çimento, agrega, su, katkı) kalitelerini ve birbirlerine uyumunu incelemek için laboratuvar deneyleri yapılır. Bu deneylerden geçen malzemelerde zamanla olumsuz değişiklikler meydana gelmesinin önlenmesi için sürekli kalite denetimi yapılmalıdır.

Hazır betonun üretim süreci, santral operatörünün üretilecek betonu tanımlayan formülün numarasını belirleyip bilgisayar sistemini işletmesiyle başlar. İlk komuttan sonra ayrı bölmelerde stoklanmış bulunan agrega, çimento ve su aynı anda tartılır. Daha sonra tartılmış agrega bant veya kovayla taşınarak mikser kazanına aktarılır. Bu sırada çimento, su ve formülde varsa kimyasal katkı maddesi de kazana aktarılır ve karıştırılır.

Bir harman betonun hacmi santraldan santrala değişmekle birlikte genellikle 1-3 m^3'tür. TS EN 206+A2'ye göre karıştırma işlemine beton üniform görünüm kazanıncaya kadar devam edilir. Karıştırıcı, belirtilmiş karıştırma kapasitesinden fazla yüklenmez.

Bu formülasyon beton santralinde otomasyona girilerek üretime geçilir. Hazır beton, karışım şekillerine göre yaş sistem veya kuru sistem olmak üzere iki farklı şekilde üretilebilir (Görsel 3.2).



Görsel3.2: Hazır beton üretimi

Bu üretim şeklinde betonun 2 saat içinde kalıba dökülmesi gerekir. Genelde tercih edilen sistemdir.

Kuru Sistem: Santralden çıkışı kuru olan üretim şeklidir. Beton bileşenlerinden agrega ve çimento beton santralinde ölçülüp santral veya transmikserde karıştırılan, karışım suyu ve gerekiyorsa katkı maddesinin şantiyede ölçülüp transmiksere katılarak karıştırılmasıyla elde edilen hazır betondur Taşıma Aşaması

Betonun üretim yerinden dökületeceği yere getirilmesi işlemine **betonun taşınması** denir. Hazır beton, çabuk kullanılması gereken bir üründür. Hazır betonun taşıma süresi en çok 2 saat veya toplam 300 devirdir.

Hazır betonun bu süre içinde müşteri tarafından teslim alınması ve kalıba yerleştirilmesi gerekir. Bu süre üretici ile alıcı arasındaki anlaşma sonucu ortam koşullarına, çimento ve betonun cinsine ve beton üretiminde kullanılan katkı maddelerinin türlerine bağlı olarak uzatılabilir.



Görsel 3.3: Hazır beton taşıma transmikseri

Hazır beton tesislerinde üretilen taze beton yapıdaki yerine taşınırken sahip olduğu özellikler sıcak, soğuk ve nem gibi hava etkilerinden olumsuz olarak etkilenmemeli ve homojenliğini kaybetmemelidir.

Hazır betonun santralden döküm yerine taşınmasında **transmikser** (Görsel 3.3) denen özel araçlar kullanılır. Mikser kazanları 7-8-9-10-12 m³ beton taşıyabilecek kapasitede olabilir.

Hazır beton kalıba dökülene kadar homojenliğini kaybetmemesi için taşıma esnasında transmikser içerisinde düşük bir hızla döndürülerek karıştırılmalı ve priz almadan yapıdaki yerine taşınmalıdır.

Karıştırma işlemi beton sınıfına bağlı olarak farklı devirlerde (yaklaşık 1-4 devir / dakika) yapılır.

Beton karışım oranları tasarlanırken taze betonun taşıma şekli ve taşıma mesafesi dikkate alınmalıdır.

UYARI: Transmikser gibi donanımlı araçlarla taşınan betonun yerleştirme süreci, çimento ile su temas ettikten itibaren en fazla 120 dakika (2 saat) içinde tamamlanmalıdır. Bu süre donanımsız araçlar için 45 dakikadır.

Yerleştirme ve Sıkıştırma Aşaması

Beton pompası yardımıyla kalıba ulaştırılan beton; betonun dökümü ve betonu sıkıştırmadaki yöntem, teknik ve kurallara göre kalıba yerleştirilir ve sıkıştırılır.

Bakım ve Kür Aşaması

Kalıba dökülüp yerleştirme, sıkıştırma ve düzeltme işlemleri yapılan betona son işlem olarak bakım ve koruma (kür) işlemleri uygulanır. Betona bakım ve koruma betonu korumadaki yöntem, teknik ve kurallarına göre yapılır.

3.2. HAZIR BETON KARIŞIMI

Karılma işleminin yeterince yapılmaması durumunda beton basınç dayanımı hedeflenen dayanımdan daha düşüktür. Yetersiz karılma sonucu elde edilen beton harmanı kendi içinde üniform özellik göstermez.

Karılma işleminin uzun süreli yapılması durumunda malzemelerin altüst edilerek sağa sola çarpmaları nedeniyle bir nevi öğütme işlemi etkisi ortaya çıkar. Elde edilecek beton kıvamı hedeflenen kıvamdan daha düşük olur. Uzun süreli karılma işlemi betonun sıcaklığında bir miktar artışa neden olur. Bu da beton kıvamını etkiler. Dolayısıyla su ihtiyacı artar. Hava sürüklenmiş beton üretiminde taze beton içinde sürüklenmiş olan hava miktarında azalma olur.

3.3. HAZIR BETON ÖZELLİKLERİNİN KONTROLÜ

Üretilen bir betonun taze ve sertleşmiş hâldeyken birtakım özelliklere sahip olması beklenir. Üretilen hazır betonun taze hâldeyken uygun sıcaklık, kıvam ve işlenebilirlikte olması, sertleşmiş hâldeyken ise üretildiği beton dayanım sınıfına ait basınç dayanım değerini karşılaması gerekir.

Hazır beton özelliklerinin kontrol edilebilmesi için beton taze hâldeyken kıvam deneyi, sıcaklık ölçümü, hava miktarı tayini, yoğunluk ölçme gibi birtakım deneyler ve ölçümler yapılır. Bunun yanı sıra yine beton taze hâldeyken betonu temsil eden numuneler alınır ve bu numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri tespit edilir.

UYARI: Yapıların tasarımında 28 günlük basınç dayanım değeri esas alınır.

3.4. HAZIR BETON DÖKÜMÜ

Hazır beton tesislerinde üretilen beton transmikserlerle döküm yerine taşındıktan sonra transmikserdeki betonun kalıba aktarılması gerekir. Betonun ürün nitelikleri korunarak müşterinin şantiyesine transmikserle teslim edildikten sonra pompa veya diğer araç gereçle istenen noktadaki kalıba yerleştirilmesi işlemine **beton dökümü** denir.

Yerleştirme yöntemi betonun kıvamını etkiler. İçine beton yerleştirilecek kalıp ve yerleştirme işçiliği, sertleşmiş beton kalitesi üzerinde mukavemet ve görünüş açısından önemli etkilere sahiptir.

Betonun kalıba dökülmesinde genellikle beton pompası denen özel araçlar kullanılır. Beton üretim tesislerinde üretilen hazır betonun transmikser ile döküm sahasına ulaştıktan sonra istenen yükseklik, uzaklık ve miktarda dökülmesini sağlayan iş makinelerine **beton pompası** denir (Görsel 3.4 ve Görsel 3.5).



Görsel 3.4: Beton pompası



Görsel 3.5: Beton pompası ile beton dökümü

Bazı durumlara göre transmikser ile döküm yerine taşınan beton farklı araç gereç ve uygulamalarla kalıba dökülebilir. Bu yöntemler transmikserden oluklar vasıtasıyla taşıyarak dökme (Görsel 3.6), taşıyıcı bantlar ile dökme (Görsel 3.7), el arabalarıyla taşınarak dökme (Görsel 3.8), üstü açık kamyonlarla dökme (Görsel 3.9), helikopter veya kule vinç yardımıyla kovalarla taşınarak dökme (Görsel 3.10) şeklinde olabilir.



Görsel 3.6: Transmikser ile beton dökme



Görsel 3.7: Taşıyıcı bant ile beton dökme



Görsel 3.8: El arabası ile beton dökme



Görsel 3.9: Üstü açık kamyonla beton dökme



Görsel 3.10: Helikopter veya kule vinç yardımıyla betonu kovalarla taşıyarak dökme

Hazır beton siparişi verilirken dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

- Sipariş edilecek betonun miktarı, basınç dayanım sınıfı, kıvam sınıfı, agrega en büyük dane büyüklüğü, miktarı, ne tür bir yapı elemanı için istendiği, çevre şartları ve varsa diğer özellikleri ayrıntılarıyla tespit edilip hazır beton siparişi ona göre verilmelidir.
- Beton döküm programı iki üç gün önceden üretici firmaya bildirilmelidir.
- Beton teslim günü ve saati belli olmalıdır.
- Boşaltma şekli belirlenmelidir (beton pompası, vinç kovaları vb.).
- Boşaltma hızı bilinmelidir.
- Sipariş bilgileri tam olmalıdır (isim, firma, vergi dairesi).
- Şantiyenin adresi ve telefonu verilmelidir.
- Zemin veya atmosferde, betonarme elemanlar üzerine olumsuz etkileri olabilecek çevresel koşullar varsa belirlenmelidir.
- Sipariş verilen betona ilişkin olarak deney sonuçları istenmelidir.
- Şantiyede beton döküm ve yerleştirme süresini iyi ayarlayıp aksaklıklar önlenmelidir.

Hazır betonun teslim alınmasında dikkat edilmesi gereken işlemler şunlardır:

- Sipariş edilen hazır beton şantiyeye ulaştıktan sonra kalıba dökülmeden önce birtakım kontrol ve deneylerin yapılması gerekir.
- Her transmikser irsaliyesi kontrol edilmelidir.
- Betonun verilen siparişe uygun olduğundan taşıma süresinin geçmediğinden emin olunmalıdır.
- Şantiyede betonun çökme (slump) deneyi yapılarak betonun kıvamı gözlenmeli, gelen beton verilen siparişten daha yüksek veya daha düşük kıvamlı ise hazır beton firmasıyla irtibat kurulmalıdır.
- Taze betonun sıcaklığı ölçülmelidir.
- Teslim edilen betondan TS 500'de önerilen miktarda küp veya silindir numune alınmalıdır.
- Alınan numuneler ilgili standartlara göre saklanmalı ve basınç dayanım deneyleri yapılmalıdır.
- Betonla ilgili gözlem, deney sonuçları ve raporları düzenli olarak arşivlenmeli ve saklanmalıdır.
- Şantiyede en çok karşılaşılan sorun, betonun rahat yerleştirilip mastarlama yapılamamasından dolayı döküm yerine gelen betona fazladan su eklenmesidir. Bu durum beton mukavemetini oldukça düşürür. Tesisten gelen betona hiçbir şekilde fazladan su katılmamalıdır.
- Basınç dayanım sonuçları TS 500'göre değerlendirilmelidir.

3.5. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON (KYB) DENEYLERİ

Dayanıklı beton üretmek için betonun yeterli miktarda sıkıştırılması gerekir. Yeterli kalifiye (nitelikli) eleman olmazsa yapı kalitesi azalır. Fazla sayıda kalifiye elemana gerek duymadan başarılı bir sonuç elde etmek için ulaşılan çözümlerden biri de kendiliğinden yerleşen beton kullanmaktır.

Kendi öz kütlesi etkisiyle istenen yere yayılabilen, herhangi bir vibrasyon gerektirmeden ayrışma ve terlemeye bağlı kusurlar göstermeden iyi sıkışma elde edilebilen, akıcı kıvamlı ve kimyasal katkıya bağlı olarak en az 90 dakika kıvamını koruyabilen betona **kendiliğinden yerleşen beton** (**KYB)** denir.

KYB'nin yüksek bir akıcılığa sahip olması gerekir. KYB süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkılar ve özel reçetelerle çok akıcı kıvamlı olarak üretilir. Yüksek akıcılık sağlanırken ayrışma ve su kusma (terleme) olayları gerçekleşmez. Betonun kararlılığını bozmamak önemlidir. Betonun kararlılığının sağlanması ise ince malzeme miktarını yüksek tutmak veya viskozite artırıcı maddeler kullanmaktan geçer. Betonun kolayca şekil değiştirebilmesi için kayma eşiğinin küçük tutulması gerekir. Bu özelliğin su miktarını artırarak sağlanması durumunda betonun kararlılığı bozulabilir. Bu nedenle ayrışmanın göstergesi olan viskozite özelliği çok küçültülmez. Çimento oranı yüksek, su oranı düşük olan bu betonların içine katılan yeni nesil yüksek performanslı polikarboksil beton katkıları sayesinde kendiliğinden yerleşen akış gücü yüksek bir beton hâlini alır.

KYB'ler düşük su / çimento oranında yüksek dayanıma ve üstün kalıcılığa sahip betonlar olduğu için yüksek dayanımlı betonlar sınıfına girer. KYB'nin kalıpları doldurma yeteneği ve yüksek ayrışma direnci olmak iki temel özeliği vardır. Kalıpları doldurma yeteneği, süper akışkanlaştırıcılar ile sağlanır. Yüksek ayrışma direnci ise ince malzeme miktarının yüksek tutulması ve viskozite düzenleyici bir katkıyla sağlanabilir. Böylece daha dolu ve homojen bir beton elde edilebilir.

UYARI: Çok akıcı kıvamdaki her beton kendiliğinden yerleşen beton değildir.

Kendiliğinden Yerleşen Betonun Kullanım Yerleri

Saha şartlarında yeterli vibrasyonun yapılmaması, kalitesiz işçilik, sık donatılı ve karmaşık geometrili kesitler, betonda yeterli akışkanlığın ve ayrışma direncinin istenmesi, düşük su / çimento oranı ile üretilmesi, erken yaşta kalıptan alınması ve yapıların daha hızlı kullanımına imkân sağlaması kendiliğinden yerleşen betonun tercih edilme sebepleri olarak ortaya çıkar.

KYB'nin en yaygın kullanım alanı olarak donatıların çok yoğun olduğu ve vibratörlerin ulaşamadığı elemanların üretimi sayılabilir. Yüksek perde duvarların üretimi, betonarme yapıların onarım ve güçlendirme projelerinde KYB kullanılmasına başlanmıştır. Son yıllarda ise KYB'nin yeni bir kullanım alanı olarak prefabrik sektörü öne çıkmıştır. Bu son kullanım alanında vibratör gereksinimini ortadan kaldırdığı için gürültünün zararlı etkilerinden korunmak olanağını da doğurmuştur. Aynı nedenle yerleşim bölgelerinde gece üretim yapılması gereken durumlarda KYB kullanılabilir. Estetik ve mimarı açıdan özgürlük istenen projelerde de kendiliğinden yerleşen beton kullanılır. Kendiliğinden yerleşen betonun kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir:

- Onarım ve güçlendirme projeleri
- Sık donatılı yapı elemanları
- Estetik kalıp tasarımları
- Zor ve ulaşılmaz kalıplar
- Vibratör kullanılamayan yerler
- Prefabrik elemanlar, paneller, döşemeler

Kendiliğinden Yerleşen Beton Kullanmanın Avantajları

Kendiliğinden yerleşen beton, zor ve karmaşık kalıplarda dahi kolay bir biçimde uygulanabilir. Boşluk doldurma yeteneği sayesinde hemen hemen her geometrik kalıba uyum sağlayan bu beton çeşidi zaman ve işçilikten tasarruf edilmesini sağlar. Kendiliğinden yerleşen beton, akışkan bir beton olsa da diğer beton türlerine nazaran çok güçlü ve dayanıklıdır. Dış etkilere uzun yıllar dayanır ve düşük boşluklu bir yapıda olmasından ötürü geçirimsizdir. Kendiliğinden yerleşen betonun avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- İnşaatların daha hızlı bir biçimde yapılmasını sağlar.
- İşçilik açısından maliyetleri ciddi oranda azaltır.
- Yüzeydeki düzeltme işlemleri basite indirgenir.
- Pürüzsüz ve boşluksuz bir yüzey elde etmeyi sağlar.
- Vibratör kullanmaya gerek kalmaz.
- Beton kolay bir biçimde pompalanır.
- Yerleştirme ve sıkıştırmaya ihtiyaç duyulmaz.
- Projenin dayanıklılığını arttırmaktadır.
- Mimari açıdan her tasarımda özgürlük sağlar.
- Yüksek kohezyon (tutunma) oranı vardır.
- Kıvamı akıcıdır.
- Vibratör kullanılmadığından gürültü seviyesinde azalma sağlar.

Kendiliğinden Yerleşen Beton Kullanmanın Dezavantajları

- Üretimi çok yaygın olmadığı için her yerde bulunmaz.
- Maliyeti klasik beton çeşitlerine nazaran daha yüksektir.
- Bakımı ve kürü normal betonların bakım ve kürüne göre daha zahmetlidir.
- Akışkanlığı yüksek olduğu için hidrostatik basınçtan dolayı kalıp işçiliğinde sorun oluşturabilir.
- Kalıp yapımında büyük dikkat ve özen gerektirir.

3.5.1. Kendiliğinden Yerleşen Beton Karışım Tasarımı

KYB tasarımı geleneksel betona göre daha fazla deneyim ve bilgi birikimini gerektir. KYB'den beklenen performans geleneksel betondan farklıdır. Geleneksel beton tasarımında belirli bir çökme değeri ve basınç dayanımı hedeflenirken KYB'de ise akıcı özelliğe ve düşük eşik kayma direncine sahip olmalı, aynı zamanda bu özellikleri gösterirken terleme ve ayrışmaya yeterince dirençli olmalıdır. KYB'de taze hâldeki özellikler öncelikli hedeftir. Su / bağlayıcı oranını arttırmak, yüksek şekil değiştirmeyi sağlayabilir. Ancak kohezyonu azaltarak betonun akışının tıkanması ile sonuçlanabilecek agreganın ayrışmasına neden olabilir. Kaba agrega, kum ve ince malzeme danecikleri arasındaki iç sürtünme miktarı, akışa karşı iç direnci belirler. Yüksek akıcılık süper akışkanlaştırıcı katkılar ile sağlanır. Betonun kararlılığı (ayrışma direnci) ise çimento ve / veya toz malzeme miktarının artırılması ile sağlanır. Bazen de karışıma viskozite artırıcı kimyasal katkı ilavesi de yapılır. Ayrışma direncinin artırılması için ara sıra her iki metot da kullanılır.

KYB ile üretilecek elemanların özellik ve kullanım yerlerine göre farklı tasarımlar yapılır. Ülkeler bazında değişik uygulama alanlarına yönelik çok farklı tasarım yaklaşımları bulunur. KYB'de akıcılığı sağlamak amacıyla kuvvetli bir süper akışkanlaştırıcıya ihtiyaç duyulur. Beton içindeki agrega danelerinin arasındaki sürtünme etkilerini azaltmak için danelerin birbirinden uzaklaştırılması gerekir. Bu amaçla çimento hamuru miktarı arttırılır. Böylelikle betonun şekil değiştirme yeteneği artar. İnce malzeme miktarı su içeriğini değiştirmeden yüksek tutulur.

KYB Bileşenleri

KYB tasarlamak için kullanılan bileşenler ve özelliklerinin şu şekilde olması uygun KYB elde edilmesine olanak sağlar:

Çimento: Dayanım ve dayanıklılık açısından çimento dozajının 350-450 kg/m^3 arasında seçilmesi tavsiye edilir. 500 kg/m^{3}ün üstünde kullanımı rötreyi arttıracağından tavsiye edilmez. 350 kg/m^{3}ün altında kullanımı ise ilave fillerle veya viskozite arttırıcı kimyasal katkılarla birlikte kullanılması hâlinde uygundur. C3A oranı %10 üzerinde olan çimentoların, betonda işlenebilirlik kaybına yol açmasından dolayı KYB tasarımında kullanılmaması tavsiye edilmektedir.

Toz Malzeme (Filler): 125 mikronun altında kalan malzemeler toz malzeme olarak tanımlanır. Toz malzeme türü ve miktarı KYB'nin özellikle işlenebilirliği üzerinde çok etkilidir. Silis dumanı, uçucu kül, taş tozu ve mermer çamuru gibi toz malzemeler KYB üretiminde viskoziteyi arttırmak için kullanılmaktadır. Uçucu kül, taş tozuna kıyasla düşük eşik kayma gerilmesi değeriyle daha yüksek viskozite elde edilmesini sağlar. Taş tozunun beton karışımında homojen dağılması sağlanmazsa dayanım ve dayanıklılık açısından olumsuz etkiler yaratabilir. Taş tozu elektrostatik olarak negatif, kum ve iri agrega pozitif yüklü olduğundan taş tozu agrega yüzeyine yapışır. Bu yapışmayı engellemek için malzemeleri karıştırma sırası ve yöntemine dikkat edilmelidir. Silis dumanı kullanımı yüzey alanı artışıyla kimyasal katkı absorbsiyonunu arttırdığından katkının efektifliğini azaltır.

Bu nedenle silis dumanı, diğer puzolanlar gibi yüksek dozajlarda kullanılmamalıdır. Silis dumanı için en yüksek dozaj, çimento ağırlığının %15'i, optimum dozaj ise %10'u kadardır. Bu değerin geçilmesi hâlinde hızlı işlenebilirlik kaybı ve yükselen hidratasyon ısısı sebebiyle uygulamada zorluklar yaşanabilir.

Agrega: Geleneksel betonda kullanılabilen tüm agregalar KYB üretiminde de kullanılır. Kırma ya da doğal, silisli ya da kalker esaslı agrega KYB üretimi için tercih edilir. Ancak doğal agrega iç sürtünmeyi azalttığı için işlenebilirlik açısından kırma agregaya göre daha avantajlıdır. KYB üretiminde kullanılan agreganın 125 mikron altında kalan kısmının karışım hesabında toz malzemelere ilave edilmeleri gerekir. İri / ince agrega oranı diğer önemli parametrelerden biridir. İçsel sürtünme açısından bu oran düşük tutulmalıdır. Kum oranının yüksek tutulması donatılar arasından geçiş yeteneğini de önemli oranda artırır. Ancak iri agreganın miktarının azalması basınç dayanımını olumsuz etkileyebilir. Bu açıdan en optimum kum hacmi %45-48 olarak önerilir.

Kimyasal Katkı: KYB'yi normal betondan ayıran önemli unsurlardan biri de karışımında kullanılan farklı kimyasal katkılardır. Bu katkıların en çok kullanılanı yüksek oranda su azaltıcı veya süper akışkanlaştırıcı olarak ifade edilen katkılardır.

Kendiliğinden yerleşen beton üretiminde kullanılan kimyasal katkılar, öncelikle süper akışkanlaştırıcı ve viskozite düzenleyici katkılar olmak üzere iki türlüdür. Süper akışkanlaştırıcı katkılar, yüksek akıcılık sağlanması ve su / bağlayıcı oranının düşürülmesini sağlamak amacı ile kullanılır. Viskozite düzenleyici katkılar ise ihtiyaç duyulması hâlinde terleme ve çökelme gibi ayrışmaları azaltarak betonun homojenliğinin sağlanması ve kayma eşiğinin düşürülmesi için kullanılır. KYB üretiminde polikarboksilat esaslı süper akışkanlaştırıcıların kullanılmasının taze beton özellikleri üzerinde olumlu etkiler yaptığı tespit edilmiştir. KYB'nin kullanıldığı her alana göre katkı çeşitleri farklılık gösterir. Su altı tünelleri, okyanus sondaj platformları ve rıhtımlar gibi özel deniz yapılarının üretiminde kullanılacak KYB'lerde metilseliloz ve poliakrilamit türü kimyasal katkıların kullanımı olumlu sonuçlar vermiştir.

Lifler: Betonun en zayıf yönlerinden biri de çekme dayanımının basınç dayanımının yanında çok düşük olmasıdır. Bu dezavantaj KYB'de de aynı şekildedir. Lifler çeşitli şekil ve boyutlarda çelik, plastik, cam ve doğal malzemelerden üretilen, uzunluğu, bükülebilirliği, esnekliği ve dayanıklılığı olan malzemelerdir. Bu malzemeler KYB'nin taze ve sertleşmiş beton özelliklerini etkiler. Bu nedenle betondan beklenen performansa uygun lif çeşidi belirlendikten sonra deneme karışımları yardımıyla uygun lifli KYB karışım değerleri bulunmalıdır.

Karışım Suyu: Beton karışım suyu TS EN 1008'e uygun olmalıdır. Beton endüstrisinden elde edilen atık sular karma suyu olarak kullanılacaksa bu suların konsantrasyonuna dikkat edilmeli ve mutlaka deneme karışımları ile önceden KYB özellikleri tespit edilmelidir.

KYB'den akıcılık, geçiş yeteneği, doldurma yeteneği, ayrışma direnci gibi özellikler beklenir. Bu özelliklerin sağlanabilmesi için beton bileşimine giren malzemeler ve bu malzemelerin miktarlarında geleneksel betona göre farklılıklar olur.

Genel olarak KYB tasarımlarında aşağıda verilen ölçütlere uyarak üretim yapmak KYB'den beklenen özelliklerin oluşmasını sağlar.

- İri agrega hacmi toplam hacmin %45-50'sinden fazla olmamalıdır.
- Maksimum agrega çapı 10-20 mm arasında olmalıdır.
- İnce agrega, genellikle toplam agrega miktarının ağırlıkça %48'i ile %55'i arasında olmalıdır.
- Polikarboksil bazlı (yüksek oranda su azaltıcı) bir kimyasal katkı kullanılmalıdır.
- Viskoziteyi ayarlamak amacıyla ya viskozite arttırıcı kimyasal katkı ya da filler tipi malzeme kullanılmalıdır.
- Viskozite arttırıcı katkı kullanılmadığında 155-175 l/m³ su idealdir. Viskozite arttırıcı kullanıldığında 200 l/m³lere kadar çıkılabilir.
- Karışım suyunun hiçbir zaman 200 kg/m³ü aşmaması gerekir.
- Beton hacminin %34-40'ı kadar bir çimento hamuru bulunmalıdır.
- Hava içeriği %4-7 arasında olmalıdır.
- Dayanım ve dayanıklılık açısından çimento dozajının 350-450 kg/m3 arasında seçilmesi tavsiye edilmektedir. 500 kg/m³ün üstünde kullanımı rötreyi arttıracağından tavsiye edilmez. 350 kg/m³'ün altında kullanımı ise ilave fil veya viskozite arttırıcı kimyasal katkılarla birlikte kullanılması hâlinde uygundur.

Örnek bir KYB karışım tasarımı aşağıda verilen Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Örnek KYB Karışım Tasarımı

C30/37 KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON KARIŞIM TASARIMI (1 M³)	
MALZEME	**MİKTAR**
Çimento (Cem I 42,5 R)	320 kg/m³
Cüruf (ÖYCF)	90 kg/m³
Doğal Kum	560 kg/m³
Taş Tozu (0-5 mm)	220 kg/m³
1 No.lu Mıcır (5-12 mm)	1000 kg/m³
2 No.lu Mıcır (12-22 mm)	-
Kimyasal Katkı (visko beton katkısı)	%1,6

Su	160 kg/m^3
Hava	%1,5
Birim Ağırlık	2408 kg

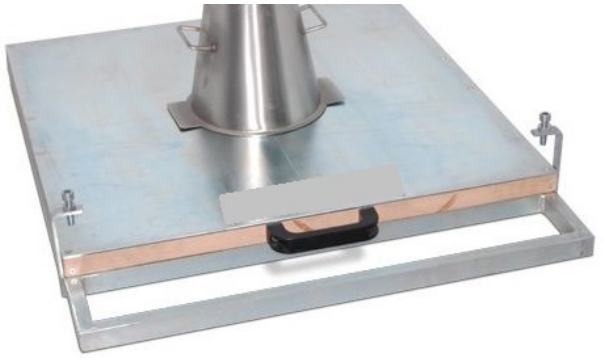
3.5.2. Kendiliğinden Yerleşen Betona Uygulanan Deneyler

Laboratuvar koşullarında KYB için gerekli deneyler taze betonun akışkanlığı, ayrışması, yerleşmesi ve sıkışmasını incelemek için yapılır. Kendiliğinden yerleşen betonların taze beton özelliklerini incelemek için şu deneyler uygulanır:

- Çökme-yayılma deneyi
- V hunisi deneyi
- L kutusu deneyi
- Elek ayrışma deneyi
- J halkası deneyi
- U kutusu deneyi
- Doldurma kutusu deneyi

3.5.2.1. Çökme-Yayılma Deneyi

Bu deney, KYB'nin deformasyon hızının gözlenmesi ve numunenin kendi ağırlığı ile yayılarak oluşturacağı çapın ölçülmesini kapsar. Çökme yayılma değeri ve t_{500} süresi, kendiliğinden yerleşen betonun herhangi bir engelle karşılaşmaması hâlindeki yayılabilirlik özelliği ve yayılma hızının tayini için kullanılır. Çökme yayılma deneyinden elde edilen sonuç, kendiliğinden yerleşen betonun doldurma yeterliliğinin bir göstergesidir.



Görsel 3.11 Yayılma tablası ve çökme hunisi

t_{500} süresi ise kendiliğinden yerleşen betonun yayılma hızının ve bağıl viskozitenin ölçüsüdür. Bu deney, agrega dane büyüklüğü en fazla (D_{max}) 40 mm'den daha büyük olan betonlar için uygun değildir.

Çökme-yayılma deneyi geleneksel slump konisi ve 90x90 cm ebatlarında taban plakası kullanılarak gerçekleştirilir (Görsel 3.11). Bu deney TS EN 12350-8 Standardı'na uygun olarak yapılır.

Deneyin Yapılışı

Kendiliğinden yerleşen betonda çökme-yayılma deneyinin yapılış aşamaları şöyledir:

- Taban plakası titreşim veya darbeye maruz kalmayan düz ve yatay bir zemine yerleştirilir.
- Taban plakası ve koni, yüzeylerinde serbest su kalmayacak şekilde rutubetlendirilir.
- Koni, taban plakası üzerine merkezi olarak yerleştirilir ve koninin etrafına 500 mm (50 cm) çapında daire çizilir.
- Taban kulak parçalarına ayakla basılarak taze betonun koni tabanından sızması önlenecek şekilde tutulur.
- Taze beton numunesi herhangi bir zorlama veya sıkıştırma yapmadan tek işlemle koni içine doldurulur ve koni üzerindeki taşan fazla numune sıyrılarak alınıp üzeri tesviye edilir.
- Numune koni içerisine doldurulduktan sonra 30 sn. beklenir ve bu sürede taban plakasına dökülen beton varsa temizlenir.
- Daha sonra koni tek bir hareketle düşey olarak 1-3 sn. içinde yukarı çekilir.
- t500 süresi tayin edilecekse kronometre, koninin taban plakası ile teması kesilince hemen çalıştırılır ve taze betonun 500 mm çaplı daireye ilk temas etmesine kadar geçen süre en yakın 0,1 sn.ye yuvarlatılarak kaydedilir.
- Beton, yayılma hareketi durup kararlı hâle geldikten sonra beton ve taban plakası kımıldatılmadan yayılan beton tabakasının en büyük çapı en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak ölçülür ve d_1 olarak kaydedilir.

- Ardından beton tabakasının d_1 doğrultusuna dik yöndeki çapı da en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak d_2 olarak kaydedilir.
- d_1 ve d_2 değerleri arasındaki fark 50 mm'den daha büyükse deney işlemi bir başka numunede tekrarlanır.
- Ardı ardına iki farklı numune üzerinde yapılan deneylerden elde edilen d_1 ve d_2 arasındaki fark 50 mm'den daha büyükse betonun çökme yayılma deneyi için uygun görülen gerekli yayılma değerine sahip olmadığına hükmedilir.
- KYB'nin çökme-yayılma değeri (SF), aşağıda verilen formülde olduğu gibi d_1 ve d_2'nin aritmetik ortalaması alınarak en yakın 10 mm'ye yuvarlatılmak suretiyle bulunur.

$$SF = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
SF: Çökme yayılma değeri (mm)
d_1: Yayılan taze beton tabakasının en büyük çapı (mm)
d_2: yayılan taze beton tabakasının d_1 doğrultusuna dik yöndeki çapıdır (mm).

- Bulunan çökme-yayılma değerinin geçerli aralıkta olup olmadığı kontrol edilir.

Bir betonun KYB olarak kabul edilebilmesi için çökme-yayılma (SF) değerinin **550-850 mm** arasında olması gerekir. Çökme yayılma 550-650 mm arasında ise SF1, 660-750 mm arasında ise SF2, 760-850 mm arasında ise SF3 olarak sınıflandırılır. t_{500} süresi 2 sn.den az ise VS1, eşit veya büyük ise VS2 sınıfını alır.

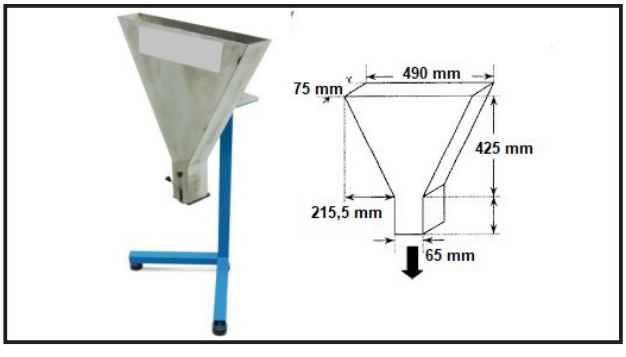
3.5.2.2. V Hunisi Deneyi

Bu deney, KYB'nin viskozite ve geçiş yeteneği hakkında fikir verir. Bu deney agrega büyüklüğü en fazla(Dmax) 22,4 mm'den daha fazla olan betonlar için uygun değildir. Aparat olarak özel bir huni kullanılır (Görsel 3.12) ve betonun bu huninin ağzından ne kadar sürede akacağı ölçülür. V hunisinin hacmi yaklaşık olarak 12 litredir.

Bu deney **TS EN 12350-9** Standardı'na uygun olarak yapılır.

Deneyin Yapılışı

- V hunisi titreşim veya darbeye maruz kalmayan düz ve yatay bir zemine yerleştirilir.
- V hunisinin iç kısımları yüzeylerinde serbest su kalmayacak şekilde rutubetlendirilir.
- V hunisinin alt kısmındaki akmayı sağlayan kapağı kapatılır.
- Taze beton numunesi herhangi bir zorlama veya sıkıştırma yapmadan tek işlemle huni üst seviyesine kadar huni içine doldurulur. Huni üzerindeki taşan fazla numune sıyrılarak alınıp üzeri tesviye edilir.
- Taze beton numunesi doldurulduktan sonra betonun yerleşmesi için 1 dakika kadar beklenir.



Görsel 3.12: V hunisi ve ölçüleri

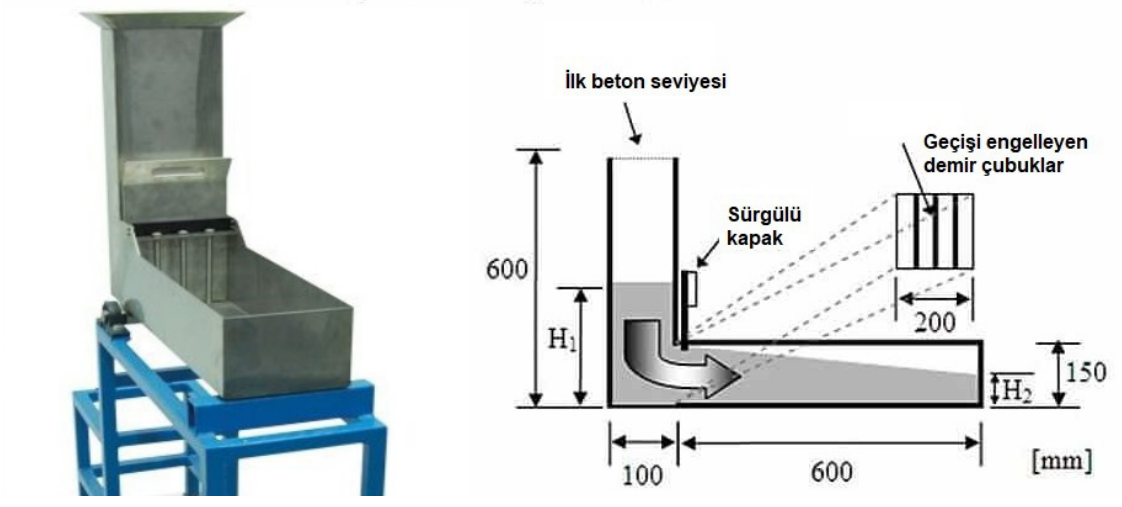
- V hunisinin alt kısmındaki akışı sağlayan kapağı açılır (Aynı anda kronometrede çalıştırılır.) ve taze beton numunesinin V hunisinden akması sağlanır.
- Kapak açıldığı anda, üstten bakıldığında huni alt kesitinde boşluğun görüldüğü ana kadar geçen süre ölçülür ve **Vt** değeri olarak kaydedilir.

- Kaydedilen bu değerin geçerli aralıkta olup olmadığı kontrol edilir.
- V hunisinden akma süresi **8sn < Vt < 25 sn.** arasında ise beton uygundur.
- V hunisinden akma süresi 8 sn.den az ise VF1, 8-25 sn. arasında ise VF2 adını alır.

3.5.2.3. L Kutusu Deneyi

L kutusu deneyi, KYB'nin donatı çubukları ve diğer engeller arasındaki dar açıklıklardan ayrışma veya tıkanma olmadan akarak geçme yeterliliğinin değerlendirilmesi için kullanılır. Bu deney KYB'nin yerleşme, doldurma, geçiş yeteneğinin ve ayrışmaya karşı direncinin L şeklindeki bir kutu (Görsel 3.13) içinde gözlemlenmesini içerir.

L kutusu iki çubuklu ve üç çubuklu olmak üzere iki çeşittir. Çubuk yerleştirme sistemi, iki çubuklu deneyde 12 mm çapındaki çelik çubuklar arası mesafe 59 mm olacak şekilde, üç çubuklu deneyde ise 12 mm çapındaki çelik çubuklar arası mesafe 41 mm olacak şekilde olmalıdır. Üç çubuklu deney, daha sık donatıyı temsil eder. L kutusunun dikey kısmı yaklaşık olarak 13 litre beton hacmine sahiptir.



Görsel 3.13: L kutusu ve ölçüleri

Bu deney **TS EN 12350-10** Standardı'na uygun olarak yapılır.

Deneyin Yapılışı

Kendiliğinden yerleşen betonda L kutusu deneyinin yapılış aşamaları şöyledir:

- L kutusu, yataylığı kontrol edilmiş belirli seviyedeki zemin üzerine yerleştirilir.
- L kutusu temizlenir ve deneyden hemen önce yüzeyinde serbest su kalmayacak şekilde rutubetlendirilir.
- Düşey ve yatay bölümler arasındaki kayar kapak kapatılır.
- Taze KYB numunesi hiçbir zorlama ve sıkıştırma uygulanmadan L kutusunun düşey bölümüne doldurulur.
- Doldurulan numunenin fazlalığı, numunenin üst yüzeyi ile L kutusunun düşey bölümünün üst yüzeyi aynı seviyede olacak şekilde sıyrılarak, alınıp üzeri tesviye edilir.
- Beton doldurulduktan sonra betonun yerleşmesi için 1 dakika kadar beklenir.
- Süre sonunda L kutusunun alt ortasında bulunan kayar kapak sürekli ve düzgün hareketle yukarı doğru çekilerek taze beton numunesinin yatay bölüme geçmesi sağlanır.
- Taze betonun akması durunca L kutusunun düşey bölümündeki beton seviyesinin düşme mesafesi, kayar kapağın bulunduğu kenarda üç noktadan 1 mm doğrulukla ölçülür ve üç adet X_1 okuması kaydedilir.
- L kutusunun düşey bölümündeki beton tabakası ortalama kalınlığı (H_1), düşey bölüm yüksekliği (600 mm) ile üç adet X_1 okumasının ortalaması arasındaki fark alınır En yakın 1 mm'ye yuvarlatılarak bulunur ve kaydedilir.
- Aynı işlemler, L kutusunun yatay bölümündeki beton tabakasının ortalama kalınlığını bulmak için tekrarlanır.
- L kutusunun yatay bölümündeki beton seviyesinin düşme mesafesi, kayar kapağın bulunmadığı kenarda üç noktadan 1 mm doğrulukla ölçülür ve üç adet X_2 okuması olarak kaydedilir.

- L kutusunun yatay bölümündeki beton tabakası ortalama kalınlığı (H_2), yatay bölüm yüksekliği (150 mm) ile üç adet X_2 okumasının ortalaması arasındaki fark alınır. En yakın 1 mm'ye yuvarlatılarak bulunur ve kaydedilir.
- KYB'nin L kutusu ile ölçülen geçiş yeterlilik oranı (PL) aşağıda verilen formülde olduğu gibi en yakın 0,01'e yuvarlatılarak bulunur ve kaydedilir. Bu oran kendiliğinden yerleşen betonun akarak geçiş veya blokajlanma davranışının bir ölçüsüdür.

$$PL = \frac{H_2}{H_1}$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
PL: L kutusu deneyi ile ölçülen geçiş yeterlilik oranı (mm)
H_1: L kutusunun düşey bölümündeki beton tabakası ortalama kalınlığı (mm)
H_2: L kutusunun yatay bölümü ucundaki beton tabakası ortalama kalınlığı (mm)
Bulunan geçiş yeterlilik oranının geçerli aralıkta olup olmadığı kontrol edilir.
Ölçüm ve hesaplamalar sonucunda 0,8 ≤ PL=H2/H1 ≤ 1,0 ölçütü sağlanıyorsa KYB betonu uygundur.
2 çubuklu L kutusunda PL (L kutusu ile ölçülen geçiş yeterlilik oranı) değeri 0,80'e eşit veya büyük ise PL1, 3 çubuklu L kutusunda PL değeri 0,80'e eşit veya büyük ise PL2 olarak sınıflandırılır.

3.5.2.4. Elek Ayrışma Deneyi

Elekte ayrışmaya direnç deneyi, KYB'nin ayrışmaya karşı direncinin değerlendirilmesi için yapılan bir deneydir. Bu deney, elyaf veya hafif agrega ihtiva eden betonlara uygulanmaz. Deneyin yapılışında 5 mm göz açıklıklı elek, en az 11 litre hacimli ve iç kısmında 10 litre işaret çizgisi bulunan numune kabı, terazi, eleğin kolayca içine girebildiği elek yuvası, termometre ve kronometre kullanılır.
Bu deney **TS EN 12350-11** Standardı'na uygun olarak yapılır.

Deneyin Yapılışı

- Kendiliğinden yerleşen betonda elek ayrışma deneyinin yapılış aşamaları şöyledir:
- Taze KYB'nin sıcaklığı, termometre ile 1 °C doğrulukla ölçülür ve kaydedilir.
- Taze KYB'den 10±0,5 litre beton numunesi alınarak numune kabı içine konur ve buharlaşmanın önlenmesi için numune kabının ağzı kapakla kapatılır.
- İçi beton numunesi dolu numune kabı, düz konumda ve kımıldatılmadan 15±0,5 dakika bekletilir.
- Terazinin düz konumda yerleştirildiği ve titreşime maruz kalmadığı kontrol edilir.
- Elek yuvası terazi üzerine yerleştirilir ve kütlesi tartılarak gram cinsinden mp değeri olarak kaydedilir.
- Elek kuru olarak elek yuvasına takılır ve kütle tekrar tartılarak kaydedilir veya terazi sıfırlanır.
- Bekleme süresi sonunda numune kabının kapağı açılır ve taze beton üzerinde görülebilir terleme suyu olup olmadığı kontrol edilir.
- Elek ve yuvası terazi üzerindeyken numune kabından 4,8±0,2 kg taze beton, elek üstünden 50±5cm yukarıda tutularak tek bir hareketle dikkatli bir şekilde elek üzerine dökülür.
- Elek üzerindeki taze betonun gerçek kütlesi tartılarak gram cinsinden mc değeri olarak kaydedilir.
- Taze beton elek üzerinde 120±5 sn. bekletildikten sonra elek düşey olarak çekilip alınır.
- Elek yuvası, elekten geçen taze beton da dâhil olmak üzere tartılarak gram cinsinden mps değeri olarak kaydedilir.
- Ayrışan beton kısmı (SR), şu formül kullanılarak hesaplanır ve en yakın %1'e yuvarlatılarak kaydedilir:

$$SR = \frac{(m_{ps} - m_p).100}{m_c}$$

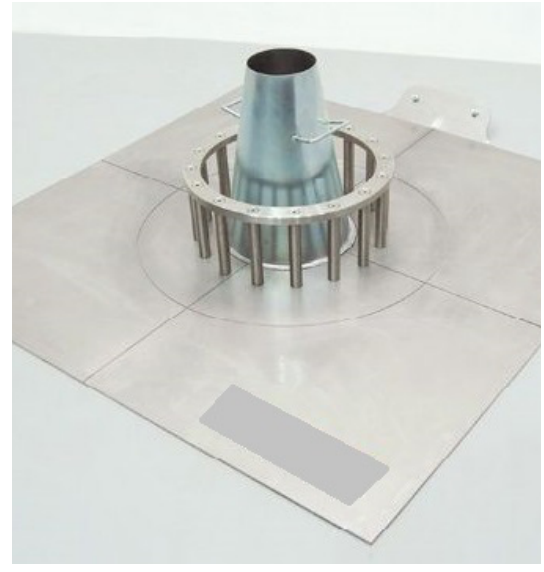
Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
SR: Ayrışan kısım (%)
m_{ps}: Elek yuvası ile elekten geçen malzemenin toplam kütlesi (g)

m_p: Elek yuvasının kütlesi (g)
m_c: Elek üzerine dökülen betonun ilk kütlesi (g)
SR (ayrışan beton kısmı) değeri %20'den küçük veya eşit ise SR1, %15'ten küçük veya eşit ise SR2 olarak sınıflandırılmıştır.

3.5.2.5. J Halkası Deneyi

J halkası deneyi, KYB'nin donatılar ve diğer engeller arasındaki dar açıklıklardan ayrışma veya tıkanma olmadan akarak geçme yeterliliğinin yayılma değeri ve t500J akış sürelerinin tespit edilmesi için yapılan bir deneydir. Bu deney agrega dane büyüklüğü (Dmax) 40 mm'den büyük olan betonlar için uygun değildir. Deneyin amacı L kutusu deneyi ile benzer özellikler taşır. Deneyin dar çubuk aralıklı deney ve geniş çubuk aralıklı deney olmak üzere iki çeşidi vardır. Dar çubuk aralıklı deney, daha sık donatıyı temsil eder.

Deneyin yapılışında 300 mm çaplı halka üzerinde 18 mm çaplı 16 adet düz çelik çubuk içeren (dar açıklıklı) veya 12 adet düz çubuk içeren (geniş açıklıklı) J halkası, ayak basma kulakları bulunmayan slump konisi, 90x90 cm boyutlarında taban plakasından oluşan set kullanılır (Görsel 3.14).



Görsel 3.14: J halkası deneyi seti

Bu deney **TS EN 12350-12** Standardı'na uygun olarak yapılır.

Deneyin Yapılışı

Kendiliğinden yerleşen betonda J halkası deneyinin yapılış aşamaları şöyledir:

- Taban plakası titreşim veya darbeye maruz kalmayan düz ve yatay bir zemine yerleştirilir.
- Taban plakası ve koni, yüzeylerinde serbest su kalmayacak şekilde rutubetlendirilir.
- Koni, taban plakası üzerine 210 mm çaplı daire içine merkezi olarak yerleştirilir ve aşağıya doğru bastırılarak veya koni üzerine çelik ağırlık koyularak koni tabanından taze betonun sızması önlenecek şekilde tutulur.
- J halkası taban plakası üzerine koni etrafına merkezi şekilde yerleştirilir.
- Taze beton koni içine zorlama veya mekanik sıkıştırma yapılmadan tek işlemle doldurulur ve koni üst yüzeyinden taşan fazla numune sıyrılarak alınıp üzeri tesviye edilir.
- Numune doldurulduktan sonra betonun yerleşmesi için 30 sn. beklenir.
- Daha sonra koni tek bir hareketle 1-3 sn. içinde yukarı doğru çekilir.
- t500J süresi tayin edilecekse kronometre, koninin taban plakası ile teması kesilince hemen çalıştırılır. Taze betonun 500 mm çaplı daireye ilk temas etmesine kadar geçen süre en yakın 0,1 sn.ye yuvarlatılarak kaydedilir.
- Beton, yayılma hareketi durup kararlı hâle geldikten sonra beton ve taban plakası kımıldatılmadan yayılan beton tabakasının en büyük çapı en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak ölçülür ve d_1 olarak kaydedilir.
- Ardından beton tabakasının d_1 doğrultusuna dik yöndeki çapı da en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak d_2 olarak kaydedilir.
- Mastar J halkasının üst kısmında tutularak beton kütlesinin merkez yüzeyi ile mastarın alt kenarı arasındaki düşey mesafe okunur ve $\Delta h0$ olarak kaydedilir.
- Daha sonra x doğrultusunda J halkasının dışındaki iki konumdan beton kütlesinin merkez yüzeyi ile mastarın alt kenarı arasındaki düşey mesafeler 1 mm doğrulukla ölçülür ve $\Delta hx1$, $\Delta hx2$ değeri olarak kaydedilir.
- Daha sonra y doğrultusunda (x doğrultusuna dik doğrultuda) J halkasının dışındaki iki konumdan beton kütlesinin merkez yüzeyi ile mastarın alt kenarı arasındaki düşey mesafeler 1 mm doğrulukla ölçülür ve $\Delta hy1$, $\Delta hy2$ değeri olarak kaydedilir.

- KYB'nin engelleme perdesi ile ölçülen J halkası geçiş yeterliliği (PJ) şu bağıntı kullanılarak hesaplanır:

$$PJ = \frac{(\Delta hx1 + \Delta hx2 + \Delta hy1 + hy2)}{4} - \Delta h0$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
PJ: Engelleme perdesi ile ölçülen geçiş yeterliliği (mm)
Δ_h: Ölçülen düşey mesafeler (mm)

- J halkası yayılma değeri (SFJ), aşağıdaki bağıntıda verildiği gibi d_1 ve $d_2$nin aritmetik ortalaması alınarak en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak hesaplanır.

$$SPJ = \frac{(d1 + d2)}{4}$$

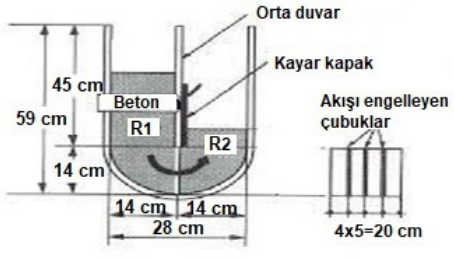
Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
SF_J: Yayılma değeri (mm)
d_1: Yayılan taze beton tabakasının en büyük çapı (mm)
d_2: Yayılan taze beton tabakasının d_1 doğrultusuna dik yöndeki çapı (mm)

- J halkası yayılma süresi, koninin taban plakası ile temasının kesilmesi anından itibaren, taze betonun 500 mm çaplı daireye ilk temas etmesine kadar geçen süre en yakın 0,5 sn.ye yuvarlatılarak tespit edilir.

12 çubuklu J halkasında PJ değeri 10'a eşit veya küçük ise PJ1, 16 çubuklu J halkasında PJ değeri 10'a eşit veya küçük ise PJ2 olarak sınıflandırılır.

3.5.2.6. U Kutusu Deneyi





U kutusu deneyi, KYB'nin yerleşme yeteneğinin ölçülmesini sağlar. Bu deney, genellikle su altı betonlarının incelenmesinde ve agrega büyüklüğü en fazla (Dmax) 25 mm olduğu durumlarda uygulanır. Bu deneyin yapılışında U seklinde, alt ortasında kayar kapak olan ve demir çubuklar bulunan bir kutu kullanılır (Görsel 3.15). U kutusunun birinci (sol) haznesi yaklaşık olarak 20 litre beton hacmine sahiptir.

Görsel 3.15: U kutusu ve ölçüleri

Deneyin Yapılışı
Kendiliğinden yerleşen betonda U kutusu deneyinin yapılış aşamaları şöyledir:

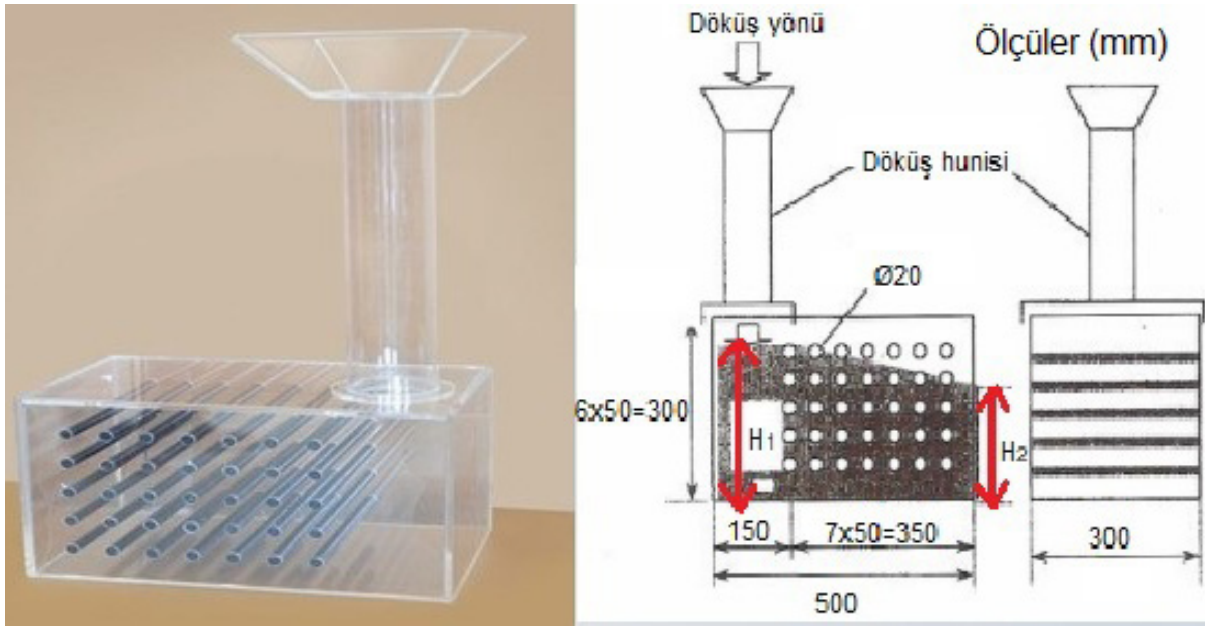
- U kutusu, yataylığı kontrol edilmiş, titreşim veya darbeye maruz kalmayan düz ve yatay bir zemine yerleştirilir.
- U kutusu temizlenir ve deneyden hemen önce yüzeyinde serbest su kalmayacak şekilde rutubetlendirilir.
- İki bölüm arasındaki kayar kapak kapatılır.
- Taze KYB numunesi hiçbir zorlama ve sıkıştırma uygulanmadan U kutusunun birinci (sol) haznesine doldurulur.

- Doldurulan numunenin fazlalığı, numunenin üst yüzeyi ile U kutusunun üst yüzeyi aynı seviyede olacak şekilde sıyrılarak alınır.
- Taze beton numunesi doldurulduktan sonra betonun yerleşmesi için 1 dakika kadar beklenir.
- Süre sonunda U kutusunun ortasında bulunan kayar kapak sürekli ve düzgün hareketle yukarı doğru çekilerek taze beton numunesinin U kutusunun ikinci (sağ) haznesine geçmesi sağlanır.
- Beton akışı tamamen sona erdikten sonra U kutusunun her iki haznesindeki beton yükseklik seviyeleri ölçülerek bu iki kısım arasındaki fark hesaplanır.
- Haznelerdeki beton yüksekliklerinin farkı betonun geçme yeteneğini gösterir.

İki hazne arasındaki yükseklik farkının en fazla 3 cm olması istenir. 3 cm'den daha düşük değerler elde edilirse betonun donatılar arasında geçiş yeteneği ve doldurma kapasitesinin yüksek olduğu yorumu yapılabilir. Deney süresi 5 dakikadır. Akışı engelleyen çubukların çapları ve açıklıkları projeye uygun seçilebilir.

3.5.2.7. Doldurma Kutusu Deneyi

Doldurma kutusu deneyi, KYB'nin akış hareketinin ve özel şeffaf bir kutu (Görsel 3.16) içinde yükselme yeteneğinin gözlenmesini içerir. Bu deney, agrega büyüklüğü (Dmax) en fazla 20 mm olan betonlar için uygundur. Kajima deneyi olarak da adlandırılır.



Görsel 3.16: Doldurma kutusu ve ölçüleri

Kutu içinde düşey ve yatay olmak üzere düşey hatta 5, yatay hat boyunca 7 adet olacak şekilde toplam 35 adet PVC malzemeden üretilmiş 20 mm çapında ve merkezden merkeze 50 mm uzaklığında engeller bulunur. Kutunun üst tarafında malzeme doldurmak için 100 mm çapında ve 500 mm yüksekliğinde doldurma borusu vardır. Boru üzerinde 100 mm yüksekliğinde huni bulunur.

Deneyin Yapılışı

Kendiliğinden yerleşen betonda doldurma kutusu deneyinin yapılış aşamaları aşağıda belirtildiği gibidir.

- Doldurma kutusu, yataylığı kontrol edilmiş, titreşim veya darbeye maruz kalmayan düz ve yatay bir zemine yerleştirilir.
- Doldurma kutusunun döküş hunisi üstünden belirli hız ile (yaklaşık 5 sn. içinde 1,5-2 litre) beton akışı başlatılır.
- Beton akışı tamamlandıktan sonra haznenin iki ucundaki betonun yükseklikleri ölçülür ve ortalamaları alınarak doldurma oranı hesaplanır.

Doldurma oranı $F(\%) = [((h_1 + h_2)x350) / 2] / [(h_1x350)] \times 100$ formülüyle yüzde (%) olarak hesaplanır. Kendiliğinden yerleşen betonlarda bu oran en az %90 olmalıdır. Bu oran %100'e yaklaştıkça betonun doldurma kabiliyetinin yüksek olduğu kanıtlanır.

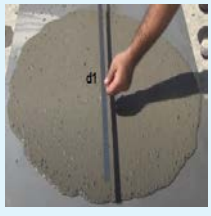
1. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği taze KYB numunesinin çökme-yayılma deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Kendiliğinden Yerleşen Betonda Çökme-Yayılma Deneyi

Deney Süresi: Taban plakasının ve koninin ayarlanması, numunenin doldurulması 2 dakika, numune doldurulduktan sonra bekleme süresi 30 sn. gerekli ölçümler ve hesaplamaların yapılması 2 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney numunesinin alınması ve malzemelerinin hazırlanması	• Taze KYB'den slump konisini doldurmaya yetecek kadar numune alınız. • Slump konisini ve taban plakasını nemli bir bezle silip düz ve sarsıntısız bir zemin üzerine yerleştiriniz.	
  Gerekli işaretlemelerin yapılması ve koninin yerleştirilmesi	• Taban plakasına 500 mm çapında daire çiziniz. • Slump konisini taban plakasının tam ortasına (500 mm'lik dairenin merkeziyle koni merkezi çakışacak şekilde) yerleştiriniz.	
  Numunenin çökme konisine doldurulması	• Taze KYB numunesini hiçbir zorlama ve sıkıştırma yapmadan koni içine tek seferde doldurunuz. • Koni üzerindeki fazla numuneyi alıp üzerini tesviye ediniz. • Doldurma ve tesviye işlemi bittikten sonra numunenin yerleşmesi için 30 sn. bekleyiniz.	

 Koninin kaldırılması	• Koniyi dik bir şekilde yukarı doğru 1-3 sn. içinde kaldırınız ve numunenin yayılmasını sağlayınız. • t_{500} süresini tespit edebilmek için koniyi kaldırdığınız an ile aynı zamanda kronometreyi çalıştırınız.	
  t_{500} süresinin ölçülmesi (İstenirse tespit edilir.)	• Yayılan taze KYB numunesinin 500 mm'lik daire çizgisinin herhangi bir noktasına ilk temas ettiği anı ölçünüz ve en yakın 0,1 sn.ye yuvarlayarak kaydediniz.	
  Yayılan betonun çapının ölçülmesi	• Taze KYB numunesinin yayılması durduktan sonra birbirine dik en uzun iki kenardan yayılan betonun d_1 ve d_2 çapını ölçünüz.	
Deney uygunluğunun tespit edilmesi	• d_1 ve d_2 arasındaki fark 50 mm'den büyükse deneyi tekrar yapınız. Küçükse çökme yayılma değerini tespit ediniz.	
Çökme yayılma değerinin tespit edilmesi	• Birbirine dik iki kenardan ölçülen d_1 ve d_2 çap değerlerinin ortalamasını alınız ve KYB numunesinin çökme yayılma değerini (SF) tespit ediniz.	
Numunenin uygunluğunun tespit edilmesi	• Numunenin ortalama çökme yayılma değerinin (SF) geçerli aralıkta **(550-850 mm)** olup olmadığını kontrol ediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğini 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 bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

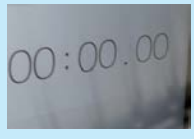
* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

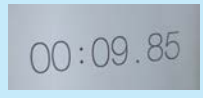
2. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği taze KYB numunesinin V hunisi deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Kendiliğinden Yerleşen Betonda V Hunisi Deneyi

Deney Süresi: V kutusunun ayarlanması, numunenin doldurulması 2 dakika, numune doldurulduktan sonra bekleme süresi 1 dakika, gerekli ölçüm ve hesaplamaların yapılması 2 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney malzemelerinin hazırlanması ve deney numunesinin alınması	• Taze KYB'den V hunisini doldurmaya yetecek kadar numune alınız. • V hunisinin iç kısmını nemli bir bezle silip düz ve sarsıntısız bir zemin üzerine yerleştiriniz.	
 Numunenin doldurulması	• Taze KYB numunesini hiçbir zorlama ve sıkıştırma yapmadan V hunisi içine tek seferde doldurunuz. • Huni üzerindeki numuneyi tesviye ediniz.	
  Numunenin akmaya hazır hâle getirilmesi	• V hunisinin alt kısmındaki kapağın kapalı vaziyette olduğuna ve numunenin akmadığına dikkat ediniz. • Huninin alt kısmındaki kapağı açmadan önce akma süresini tespit etmek için kronometreyi hazır bulundurunuz.	

 Huninin içerisindeki numunenin akıtılması	• V hunisinin alt kısmındaki kapağı açınız (Aynı anda kronometreyi de çalıştırınız.) ve numunenin huniden akmasını sağlayınız. • Huninin alt kısmındaki kapağı açma anı ile kronometreyi aynı anda başlattığınıza emin olunuz.	
  Akma süresinin tespit edilmesi	• V hunisinin üst kısmından bakarak numunenin boşalmasını takip ediniz. • V hunisinin alt kısmından boşluğu gördüğünüz zaman kronometreyi durdurunuz ve akma süresini tespit ediniz.	
Numunenin uygunluğunun tespit edilmesi	• Akma süresinin geçerli zaman aralığında (**8sn < Vt < 25 sn.)** olup olmadığını kontrol ediniz.	
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 bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

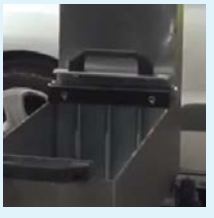
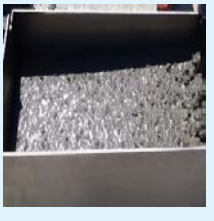
* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

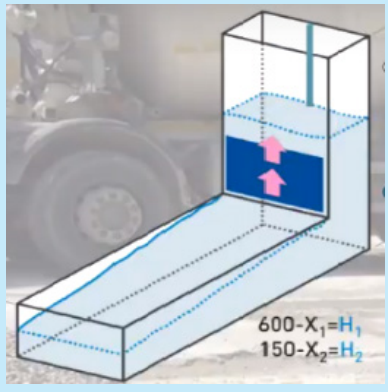
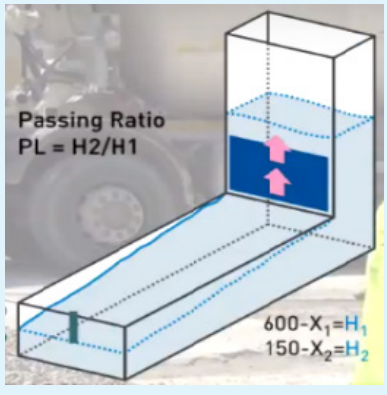
3. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği taze KYB numunesinin L kutusu deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Kendiliğinden Yerleşen Betonda L Kutusu Deneyi

Deney Süresi: L kutusunun ayarlanması, numunenin doldurulması 2 dakika, numune doldurulduktan sonra bekleme süresi 1 dakika, gerekli ölçümler ve hesaplamaların yapılması 2 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
  Deney malzemelerinin hazırlanması ve deney numunesinin alınması	• Taze KYB'den L kutusunu doldurmaya yetecek kadar numune alınız. • L kutusunun iç kısmını nemli bir bezle silip düz ve sarsıntısız bir zemin üzerine yerleştiriniz.	
  Numunenin doldurulması	• Taze KYB numunesini hiçbir zorlama ve sıkıştırma yapmadan L kutusunun dik bölmesi içine tek seferde doldurunuz. • L kutusunun geçişi sağlayan sürgülü kapağının kapalı vaziyette olduğuna ve yatay kısma numune geçmemesine dikkat ediniz.	
Numunenin akmaya hazır hâle getirilmesi	• Doldurma işlemi bittikten sonra 1 dakika bekleyiniz. • Sürgülü kapağı açmadan önce geçiş sürelerini tespit etmek için kronometreyi hazır bulundurunuz.	
  Numunenin akıtılması	• Sürgülü kapağı açınız ve numunenin yatay kısma geçmesini sağlayınız. • Numunenin akmasının durduğundan emin olunuz.	

 L kutusunun düşey bölümündeki beton tabaka kalınlığının (H_1) bulunması	• L kutusunun düşey bölümündeki düşme seviyesini kayar kapağın bulunduğu kenardan üç noktadan ölçünüz ve üç adet X_1 okuması yapınız. • Üç adet X_1 okumasının ortalamasını alınız. • L kutusunun düşey bölümünün yüksekliğinden (600 mm), X_1 ortalama değerini çıkarınız ve düşey bölümdeki beton tabaka kalınlığını (H1) bulunuz. • **H_1= 600 - düşey bölümdeki ortalama X_1 değeri**	
 L kutusunun yatay bölümündeki beton tabaka kalınlığının (H_2) bulunması	• L kutusunun yatay bölümündeki düşme seviyesini kayar kapağın bulunmadığı kenardan üç noktadan ölçünüz ve üç adet X_2 okuması yapınız. • Üç adet X_2 okumasının ortalamasını alınız. • L kutusunun yatay bölümünün yüksekliğinden (150 mm), X_2 ortalama değerini çıkarınız ve yatay bölümdeki beton tabaka kalınlığını (H_2) bulunuz. • **H_2= 150 - yatay bölümdeki ortalama X_2 değeri**	
Geçiş yeterlilik oranının (PL) tespit edilmesi	• İlgili formülle **($PL=H_2/H_1$)** geçiş yeterlilik oranını (PL) tespit ediniz.	
Numunenin uygunluğunun tespit edilmesi	• Geçiş yeterlilik oranının (PL) geçerli değerler aralığında olup olmadığına bakınız.	
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 bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

4. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği taze KYB numunesinin elek ayrışma deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Kendiliğinden Yerleşen Betonda Elek Ayrışma Deneyi

Deney Süresi: Terazi, elek ve elek yuvasının ayarlanması, numunenin doldurulması ve sıcaklığının ölçülmesi 4 dakika, numune doldurulduktan sonra bekleme süresi 15 dakika, numunenin elek üzerine dökülmesi, tartılması ve bekletilmesi 4 dakika, son tartımın yapılması ve gerekli hesaplamaların yapılması 2 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney malzemelerinin hazırlanması ve deney numunesinin alınması	• Elek, elek yuvası ve numune kabını temiz nemli bir bezle silerek hazırlayınız. • Taze KYB'den 10±0,5 litre numune alınız.	
Taze beton sıcaklığının ölçülmesi	• Beton numunesinin sıcaklığını termometre ile ölçünüz ve 1°C doğrulukla kaydediniz.	
Numunenin doldurulması	• Aldığınız 10 litre numuneyi numune kabına doldurunuz. • Numune kabının kapağını kapatınız.	
Numunenin dinlendirilmesi	• İçi dolu numune kabını düz ve sarsıntısız bir yerde 15±0,5 dakika dinlendiriniz.	
Elek yuvasının ve eleğin yerleştirilmesi	• Elek yuvasını terazi üzerine yerleştiriniz ve ağırlığını tartarak gram cinsinden $\mathbf{m_p}$ değeri olarak kaydediniz. • Eleği, elek yuvasına yerleştiriniz ve tartınız veya teraziyi sıfırlayınız.	
Numunenin elek üzerine dökülmesi, tartılması ve bekletilmesi	• Elek üstünden 50±5 cm yukarıdan elek içine 4,8±0,2 kg numune dökünüz. • Elek üzerine dökülen numuneyi tartınız ve gram cinsinden $\mathbf{m_c}$ değeri olarak kaydediniz. • Elek üzerine dökülen numuneyi 120±5 sn. bekletiniz.	
Son tartımın yapılması	• Bekleme süresi sonunda eleği elek yuvasından çıkarınız. • Elek yuvasını içindeki numune ile tartınız ve gram cinsinden $\mathbf{m_{ps}}$ değeri olarak kaydediniz.	

Ayrışan kısım (SR) değerinin hesaplanması	• İlgili formül **$SR=((m_{ps}-m_p)\ .\ 100)/m_c$)** ile ayrışan kısım (SR) değerini % olarak bulunuz ve 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 bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

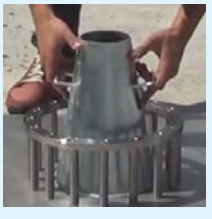
* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

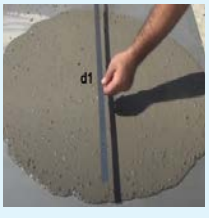
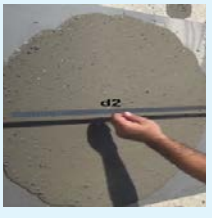
5. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği taze KYB numunesinin J halkası deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Kendiliğinden Yerleşen Betonda J Halkası Deneyi

Deney Süresi: Taban plakası, huni ve J halkasının ayarlanıp yerleştirilmesi ve numunenin doldurulması 2 dakika, numune doldurulduktan sonra bekleme süresi 30 sn., gerekli ölçümler ve hesaplamaların yapılması 2 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney malzemelerinin hazırlanması ve deney numunesinin alınması	• Taze KYB'den slump konisini doldurmaya yetecek kadar numune alınız. • Slump konisini, çubuklu halkayı ve taban plakasını nemli bir bezle silip düz ve sarsıntısız bir zemin üzerine yerleştiriniz.	
  Slump konisinin ve J halkasının yerleştirilmesi	• Slump konisini 210 mm çaplı daire içerisine merkezi şekilde yerleştiriniz. • J halkasını koni etrafına merkezi şekilde yerleştiriniz. • Ağırlık başlığını koni üzerine yerleştiriniz.	

  Numunenin doldurulması	• Taze KYB numunesini hiçbir zorlama ve sıkıştırma yapmadan slump konisi içine tek seferde doldurunuz. • Koni üzerindeki fazla numuneyi sıyırıp alınız ve üzerini tesviye ediniz. • Numunenin yerleşmesi için 30 sn. bekleyiniz.	
  Numunenin yayılması	• Koniyi dik bir şekilde yukarı doğru 1-3 sn. içinde kaldırınız ve numunenin yayılmasını sağlayınız. • t_{500J} süresini tespit edebilmek için koniyi kaldırdığınız an ile aynı zamanda kronometreyi çalıştırınız.	
 t_{500J} süresinin tespit edilmesi (istenirse)	• Yayılan taze KYB numunesinin 500 mm'lik daire çizgisinin herhangi bir noktasına ilk temas ettiği anı ölçünüz ve en yakın 0,1 sn.ye yuvarlayarak kaydediniz.	
  J halkası yayılma değerinin (SF_J) tespit edilmesi	• Betonun yayılma hareketinin tamamen durmasını bekleyiniz. • Yayılan beton tabakasının en büyük çapını ölçünüz ve en yakın 10 mm'ye yuvarlayarak d_1 değeri olarak kaydediniz. • d_1 doğrultusuna dik olacak şekilde yayılan betonun çapını ölçünüz ve en yakın 10 mm'ye yuvarlayarak d_2 değeri olarak kaydediniz. • İlgili formülle **$SF_J = (d_1+d_2)/2$** J halkası yayılma değerini (SF_J) tespit ediniz.	
  Δh0 değerinin ölçülmesi'	• Düz bir cetvel veya mastarı J halkası üzerine yerleştiriniz. • Mastar alt kenarı ile beton tabakasının üst kısmı arasındaki yükseklik değerini ölçünüz ve Δh_0 değeri olarak kaydediniz.	
  Δh_{x1} ve Δh_{x2} değerlerinin ölçülmesi	• X doğrultusunda halkanın dışında sol taraftan mastar alt kenarı ile beton tabakasının üst kısmı arasındaki yükseklik değerini ölçünüz ve Δh_{x1} değeri olarak kaydediniz. • X doğrultusunda halkanın dışında sağ taraftan mastar alt kenarı ile beton tabakasının üst kısmı arasındaki yükseklik değerini ölçünüz ve Δh_{x2} değeri olarak kaydediniz.	

  J halkası geçiş yeterliliği değerinin (PJ) tespit edilmesi	• Y doğrultusunda (X doğrultusuna dik şekilde) halkanın dışında sol taraftan mastar alt kenarı ile beton tabakasının üst kısmı arasındaki yükseklik değerini ölçünüz ve Δh_{y1} değeri olarak kaydediniz. • Y doğrultusunda (X doğrultusuna dik şekilde) halkanın dışında sağ taraftan mastar alt kenarı ile beton tabakasının üst kısmı arasındaki yükseklik değerini ölçünüz ve Δh_{y2} değeri olarak kaydediniz. • İlgili formülle **$PJ=((\Delta h_{x1} + \Delta h_{x2} + \Delta h_{y1} + \Delta h_{y2}) / 4) - \Delta h_0$** J halkası geçiş yeterliliği (PJ) değerini tespit ediniz.	
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 bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

6. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği taze KYB numunesinin U kutusu deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Kendiliğinden Yerleşen Betonda U Kutusu Deneyi

Deney Süresi: U kutusunun ayarlanması, numunenin doldurulması 2 dakika, numune doldurulduktan sonra bekleme süresi 1 dakika, gerekli ölçümler ve hesaplamaların yapılması 2 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney malzemelerinin hazırlanması ve deney numunesinin alınması	• Taze KYB'den U hunisini doldurmaya yetecek kadar numune alınız. • U hunisinin iç kısmını nemli bir bezle silip düz ve sarsıntısız bir zemin üzerine yerleştiriniz.	

  Kayar kapağın takılması ve numunenin doldurulması	• U kutusunun geçişi sağlayan kayar kapağını takınız ve kapalı vaziyette olduğuna dikkat ediniz. • Taze KYB numunesini hiçbir zorlama ve sıkıştırma yapmadan U kutusunun birinci bölmesi içine tek seferde doldurunuz.	
 Betonu akışa hazır hâle getirilmesi ve akıtılması	• Numuneyi doldurduktan sonra üzerini tesviye ediniz. • Numunenin yerleşmesi için 1 dakika bekleyiniz. • Kayar kapağı tek seferde kaldırınız ve taze beton numunesinin ikinci bölmeye geçmesini sağlayınız.	
 Gerekli ölçümlerin yapılması	• Beton akışının tamamen bittiğinden emin olunuz. • U kutusunun her iki bölmesinde de kutu üst yüzeyi ile beton numunesi üst yüzeyi arasındaki mesafeyi üç noktadan ölçünüz ve kaydediniz. • Her iki bölmedeki üç ölçümün de ortalamasını alınız ve kaydediniz. • Her iki ortalama ölçüm değeri arasındaki farkı bulunuz ve kaydediniz.	
Numunenin uygunluğunun tespit edilmesi	• İki ortalama ölçüm arasındaki farkın geçerli aralıkta **(max 3 cm)** olup olmadığını kontrol ediniz.	
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 bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

7. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği taze KYB numunesinin doldurma kutusu deneyini, standartlara uygun ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Kendiliğinden Yerleşen Betonda Doldurma Kutusu Deneyi

Deney Süresi: Doldurma kutusunun ayarlanması, numunenin doldurulması 2 dakika, numune doldurulduktan sonra bekleme süresi 1 dakika, gerekli ölçümler ve hesaplamaların yapılması 2 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney malzemelerinin hazırlanması ve deney numunesinin alınması	• Taze KYB'den doldurma kutusunu doldurmaya yetecek kadar numune alınız. • Doldurma kutusunu düz ve sarsıntısız bir zemin üzerine yerleştiriniz.	
Numunenin doldurulması	• Taze KYB numunesini, doldurma kutusunun hunisinden yaklaşık 5 sn. içerisinde kutu içerisine doldurunuz.	
Beton yüksekliklerinin ölçülmesi	• Betonun kutu içerisindeki akışının tamamen durmasını bekleyiniz. • Kutunun iki ucundaki beton yüksekliklerini ölçerek h_1 ve h_2 değerleri olarak kaydediniz.	
Hesaplamaların yapılması ve numune uygunluğunun tespit edilmesi	• İlgili formül ile doldurma oranını % olarak tespit ediniz. • Doldurma oranının %90 sınır değerine eşit veya büyük olup olmadığını kontrol ediniz.	
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 bir hafta içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

3. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Agrega danelerinin yüzeyini kaplayarak daneler arasındaki boşlukları doldurup bağlayıcılık görevi yapan taze beton karışım elemanı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Agrega
B) Çimento
C) Su
D) Mineral katkı
E) Kimyasal katkı

2. Taze betonun iskeletini oluşturan agreganın beton içindeki ağırlık oranı aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?
A) %5-%10
B) %10-%15
C) %30-%40
D) %50-%70
E) %70-%80

3. Hazır betonun karışım şekillerine göre üretilebilme çeşitleri aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?
A) Katkılı sistem / Katkısız sistem
B) Yüksek dayanımlı sistem / Düşük dayanımlı sistem
C) Yaş sistem / Kuru sistem
D) Otomatik sistem / Manuel sistem
E) Basınçlı sistem / Basınçsız sistem

4. Aşağıdakilerin hangisinde hazır betonun santralden döküm yerine taşınmasında kullanılan araç ve bu araçlarla hazır beton taşınırken karıştırma devri doğru verilmiştir?
A) Transmikser aracı kullanılır, yaklaşık 1-2 devir/dakika ile karıştırılarak taşınır.
B) Transmikser aracı kullanılır, yaklaşık 1-4 devir/dakika ile karıştırılarak taşınır.
C) Transmikser aracı kullanılır, yaklaşık 1-6 devir/dakika ile karıştırılarak taşınır.
D) Beton pompası aracı kullanılır, yaklaşık 1-4 devir/dakika ile karıştırılarak taşınır.
E) Beton pompası aracı kullanılır, yaklaşık 1-6 devir/dakika ile karıştırılarak taşınır.

5. Yapıların tasarımında kaç günlük dayanım esas alınmalıdır?
A) 3
B) 7
C) 14
D) 21
E) 28

6. Aşağıdakilerden hangisi kendiliğinden yerleşen betonun avantajlarından biri değildir?
A) İşçilik açısından maliyetleri ciddi oranda azaltır.
B) Kolay bir biçimde pompalanır.
C) Vibratör kullanılmadığından dolayı gürültü seviyesinde azalma sağlar.
D) Yerleştirme ve sıkıştırma işlemleri zaman alıcıdır.
E) Vibratör kullanmaya gerek kalmaz.

7. V hunisi deneyinde akma süresi (Vt) nasıl tespit edilmektedir?

A) V hunisi içindeki numunenin yarısı boşalana kadar geçen süre ölçülerek tespit edilir.
B) V hunisi içindeki numunenin tamamının boşaldığı zaman ölçülerek tespit edilir.
C) Kapak açıldıktan sonra üstten bakıldığında huni alt kesitinde boşluğun görüldüğü zamana kadar geçen süre ölçülerek tespit edilir.
D) V hunisindeki numunenin boşaldığı kabın dolduğu zaman ölçülerek tespit edilir.
E) V hunisindeki numune ağırlığının numune hacmine bölünmesiyle tespit edilir.

8. L kutusu deneyinde geçiş yeterlilik oranı (PL) nasıl hesaplanır?

A) Akış bittikten sonra yatay bölümdeki beton kalınlığının düşey bölümdeki beton kalınlığına bölünmesiyle bulunur.
B) Akış bittikten sonra düşey bölümdeki beton kalınlığının yatay bölümdeki beton kalınlığına bölünmesiyle bulunur.
C) Akış bittikten sonra yatay bölümdeki beton ağırlığının düşey bölümdeki beton ağılığına bölünmesiyle bulunur.
D) Akış bittikten sonra yatay bölümdeki beton hacminin düşey bölümdeki beton hacmine bölünmesiyle bulunur.
E) L kutusu düşey kısmındaki numunenin tamamen akmasına kadar geçen süre tespit edilerek bulunur.

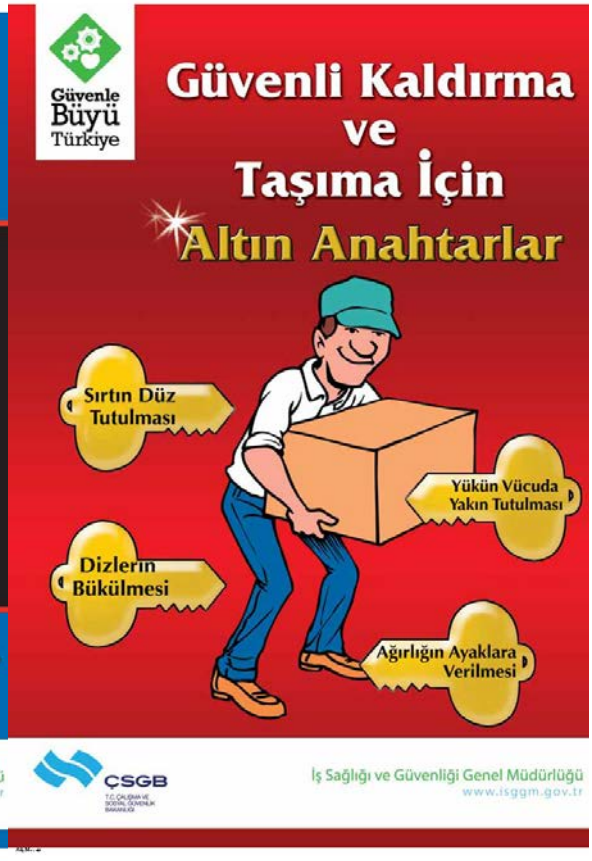
9. Elek ayrışma deneyinde kullanılan elek göz açıklığı ve numune miktarı aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) 10 mm göz açıklıklı elek-5 L beton numunesi
B) 10 mm göz açıklıklı elek-10 L beton numunesi
C) 5 mm göz açıklıklı elek-5 L beton numunesi
D) 5 mm göz açıklıklı elek-10 L beton numunesi
E) 5 mm göz açıklıklı elek-15 L beton numunesi

10. J halkası deneyinde kullanılan halkanın çapı, çubukların çapı ve çubuk adedi aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

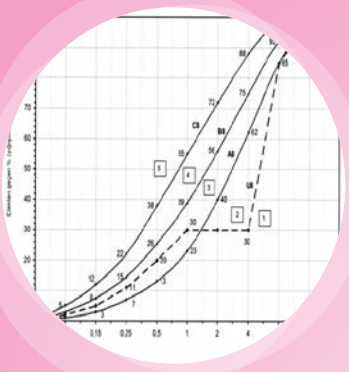
A) 300 mm halka çapı-18 mm çubuk çapı-12 veya 16 adet çubuk
B) 300 mm halka çapı-12 mm çubuk çapı-16 veya 18 adet çubuk
C) 300 mm halka çapı-16 mm çubuk çapı-12 veya 18 adet çubuk
D) 180 mm halka çapı-18 mm çubuk çapı-12 veya 16 adet çubuk
E) 180 mm halka çapı-30 mm çubuk çapı-12 veya 16 adet çubuk


Güvenle Büyü Türkiye
Ofiste Sağlık ve Güvenlik
Çalışma pozisyonumuza dikkat edelim.
İş alanını temiz ve düzenli tutalım.
ÇSGB
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
www.isggm.gov.tr


Güvenle Büyü Türkiye
Güvenli Kaldırma ve Taşıma İçin Altın Anahtarlar
Sırtın Düz Tutulması
Yükün Vücuda Yakın Tutulması
Dizlerin Bükülmesi
Ağırlığın Ayaklara Verilmesi
ÇSGB
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
www.isggm.gov.tr


Güvenle Büyü Türkiye
Güvenliğiniz için Vinç Çalışma Sahasından UZAK DURUN...
ÇSGB
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
www.isggm.gov.tr


Güvenle Büyü Türkiye
hayatınız toz duman olmasın
ÖNLEMİNİZİ ALIN!
ÇSGB
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
www.isggm.gov.tr







4. ÖĞRENME BİRİMİ

TAZE BETON KARIŞIM ORANI VE HAVA MİKTARI TAYİNİ

KONULAR

4.1. BETON KARIŞIM ORANLARI HESAPLARI

4.2. TAZE BETONDAN NUMUNE ALIMI

4.3. TAZE BETONDA HAVA MİKTARININ TAYİNİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Beton karışım oranı
- Maksimum dane büyüklüğü (dmax)
- Granülometri
- Beton numune alma
- Elektronik beton izleme sistemi (ebis)
- Beton hava miktarı

GİRİŞ

Üretilen bir betondan beklenen, uzun yıllar sağlıklı bir şekilde özelliklerini yerine getirmesidir. Betonun bu özellikleri yerine getirebilmesi için betonu oluşturan bileşenlerin uygun oran ve miktarlarda karıştırılması gerekir. Uygun oran ve miktarlarda beton üretildikten sonra üretilen betonun istenen beton dayanımını sağlayıp sağlamadığını test edebilmek için üretilen betondan taze hâldeyken beton numuneleri alınır.

İyi bir beton üretebilmek için en önemli unsurlardan bir tanesi de betonun kompasitesinin (doluluk oranı) yüksek olması dolayısıyla içerisinde en az miktarda hava bulunmasıdır. Bunun yanı sıra taze betondaki agrega daneleri arasındaki sürtünmenin azalması ve betonun rahat işlenebilmesi için beton içerisinde bir miktar hava bulunması gerekir.

4.1. BETON KARIŞIM ORANLARI HESAPLARI

Beton karışım oranı hesapları yapılırken betonun dökületeceği elemanın boyutları, elemanın maruz kalacağı çevresel etkiler (sülfat ve klorür gibi zararlı kimyasal etkiler, donma-çözülme, ıslanma-kuruma), elemanın sahip olması gereken geçirimsizlik, dayanım, dayanıklılık, yoğunluk, işlenebilme, hacim sabitliği, görünüm ve diğer özellikleri göz önünde bulundurulur. Tüm bu özellikler dikkate alınarak bir beton karışımı tasarlanır. Bu tasarıma göre beton üretilirse beton uzun yıllar sağlıklı bir şekilde görevini yerine getirir.

Agreganın dane büyüklüğü dağılımı, su / çimento (s / ç) oranı, su, çimento, hava ve katkı maddesi miktarları ilgili standartta (TS 802) verilen çizelgelerden alınır veya hesapla bulunur. Hesapla bulunan karışım elemanları miktarları ile en az üç veya dört farklı çimento dozajında aynı kıvamda beton karışımları hazırlanır. Hazırlanan bu betonlardan alınan numunelerin 28 günlük basınç dayanımı değerleri bulunur ve TS EN 12390-3'teki değerlerle karşılaştırılır. Elde edilen deney sonuçlarının grafiksel ortamda değerlendirilmesi ile istenen beton sınıfı için uygun karışım tasarımı elde edilir.

Beton karışım hesabı yapmanın amacı; istenen kıvam, işlenebilme, kohezyon, dayanım, dayanıklılık, hacim sabitliği ve diğer aranan özelliklere sahip en ekonomik betonu elde etmek; 1 m^3 beton için gerekli çimento, agrega, su, hava ve katkı maddelerinin miktarlarını tespit etmektir.

Beton karışım oranı hesabı **TS 802** Standardı'na uygun olarak yapılır.

Beton Üretiminden Önce Bilinmesi Gereken Proje ve Şantiye Koşulları

- Yapılan statik, betonarme hesapları sonucu, yapı elemanlarının boyutları, donatıları, donatı aralıkları ve istenen beton kalitesi belli olmalıdır.
- Beton üretiminde kullanılması istenen malzemelerin özellikleri deneylerle saptanmış olmalıdır.
- Zemin ve iklim koşulları belirli olmalıdır.
- Beton üretim araçları (mikser, vibratörler vb.) ve beton üretiminde çalışacak personelin eğitim, deneyim düzeyi belli olmalıdır.

TS 13515'e göre beton yapıların maruz kalacağı çevre şartları da dikkate alınarak dayanıklılık faktörü öne çıkartılmalıdır. Beton yapının bulunduğu ortam koşullarına uygun çevre etki sınıfı belirlenmelidir. Bu etki, sınıfına göre betonun asgari sahip olması gerekli karakteristik dayanım sınıfı, betonda kullanılmasına müsaade edilen en büyük su / çimento oranı, en az hava içeriği, en az çimento dozajı ve hatta betonda kullanılması gerekli çimento tipi de tespit edilmelidir.

Bu amaçla öncelikle Tablo 4.1'den yararlanarak beton yapının maruz kalacağı çevre şartları (X0, XC, XD, XS, XM, XF, XA) belirlenmelidir. Belirlenen bu etki sınıfına göre en az beton sınıfı ve çimento dozajı, en düşük karakteristik basınç dayanımı ve en büyük s / ç oranı gibi parametreler olmalıdır.

Tablo 4.1: Çevresel Etkilere Göre Beton Karışımı ve Özellikleri İçin Önerilen Sınır Değerler

	Etki Sınıfları																	
	Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok.	Karbonatlaşma Nedeniyle Korozyon				Klorürün Sebep Olduğu Korozyon						Donma / Çözülme Etkisi				Zararlı Kimyasal Ortam		
						Deniz Suyu			Deniz Suyu Haricinde Klorür									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
En Büyük Su / Çimento Oranı	-	0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,5	0,45	0,55	0,5	0,45
En Küçük Dayanım Sınıfı	C 12/15	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 30/37	C 30/37	C 35/45	C 35/45	C 30/37	C 30/37	C 35/45	C 30/37	C 25/30	C 30/37	C 30/37	C 30/37	C 30/37	C 35/45
En Az Çimento Miktarı	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
En Az Hava İçeriği	-	-	-	-	-							-	4,0 a	4,0 a	4,0 a			-
Diğer Şartlar						-	-	-	-	-	TS EN 12620'ye uygun donma çözülmeye dayanıklı agrega kullanılmalı -				-	Sülfata dayanıklı çimento b		

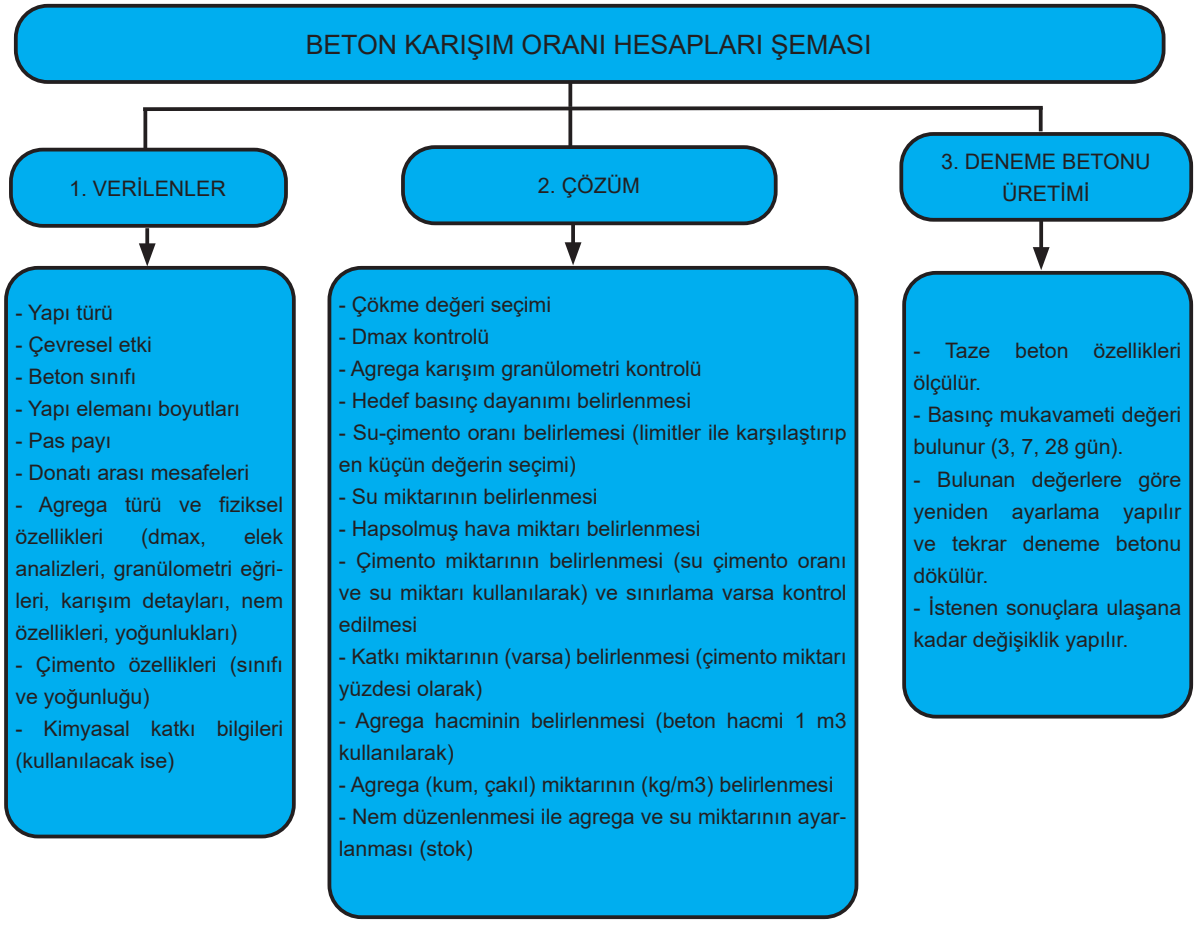
Hava sürüklenmemiş betonda beton performansı ilgili etki sınıfı için donma / çözülme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonla mukayese edilerek uygun deney metotlarına göre belirlenmelidir.
b XA2 ve XA3 etki sınıfında baskın etkinin SO24'ten kaynaklanması hâlinde sülfatlara dayanıklı çimento kullanılması zorunludur. Sülfatlara dayanıklılık bakımından çimentonun sınıflandırılması hâlinde orta ve yüksek dayanıklı olarak sınıflandırılan çimento XA2 etki sınıfında ve yüksek dayanıklı çimento ise XA3 etki sınıfında kullanılmalıdır.
-

Karışım Hesabı İçin Bilinmesi Gerekenler

Betonda kullanımının uygun olduğu, laboratuvarda deneyler ile belirlenen malzeme özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Çimentonun (diğer bağlayıcı malzemelerin) özgül ağırlığı
- İnce ve iri agreganın elek analizleri
- En büyük agrega dane boyutu
- İnce agreganın incelik modülü
- İri agreganın birim ağırlığı
- İnce ve iri agreganın özgül ağırlığı
- İnce ve iri agregadaki su miktarı ve su emme yüzdeleri
- Kimyasal katkıların bazı özellikleri

Beton karışım oranı hesaplarının yapılması; verilenler, çözüm ve deneme betonu hazırlama olmak üzere üç aşamadan oluşur. Bu aşamaların gerekleri Şema 4.1'de verilmiştir.



Şema 4.1: Beton karışım oranı hesap aşamaları

4.1.1. Beton Özellikleri

Beton bileşenleri, beton özelliklerine doğrudan etki yapmaktadır. Bu sebeple agrega gradasyonu, bağlayıcı çeşidi ve dozajı, karışım suyunun miktarı ve temiz olması, katkı çeşitleri ve hava miktarı betonun özelliklerine etki eden temel faktörlerdir.

4.1.1.1. Agrega En Büyük Dane Büyüklüğünün (Dmax) Seçilmesi

Beton imalatında kullanılacak agreganın TS EN 933-1'e uygun tayin edilen en büyük dane büyüklüğü; betonun kullanılacağı yapı elemanının şekil, cins ve en dar kesitinin boyutu, beton örtü tabakası (pas payı) kalınlığı ile betonun dökümünde kullanılacak yönteme bağlıdır.

Agrega en büyük dane büyüklüğü şu özellikleri aşmayacak tarzda seçilmelidir:

- En dar kesite ait kalıp genişliğinin 1/5'i
- Döşeme derinliğinin 1/3'ü
- Donatılı betonda en küçük donatı aralığının 3/4'ü
- Beton pompa ile iletilecek ve dökülecekse pompa iletim borusu iç çapının 1/3'ü
- Net beton örtüsü (pas payını)

UYARI: Yukarıdaki değerlerden en küçük olanı agrega en büyük dane büyüklüğü (Dmax) olarak seçilir.

Bazı eleman boyutları için kullanılabilecek en büyük dane büyüklükleri, yukarıdaki hususlar da dikkate alınmak şartıyla Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Çeşitli Yapı Elemanları İçin Boyutlara Bağlı Olarak Kullanılacak Agrega En Büyük Dane Büyüklükleri

YAPI ELEMANI KESİTİNİN EN DAR BOYUTU cm	AGREGA EN BÜYÜK DANE BÜYÜKLÜĞÜ (EN FAZLA) (mm)			
	DONATILI PERDE, KİRİŞ VE KOLONLAR	SIK DONATILI DÖŞEMELER	SEYREK DONATILI VE DONATISIZ DÖŞEMELER	DONATISIZ PERDELER
6-14	16	16	32	16
15-29	32	32	63	32
30-74	63	63	63	63

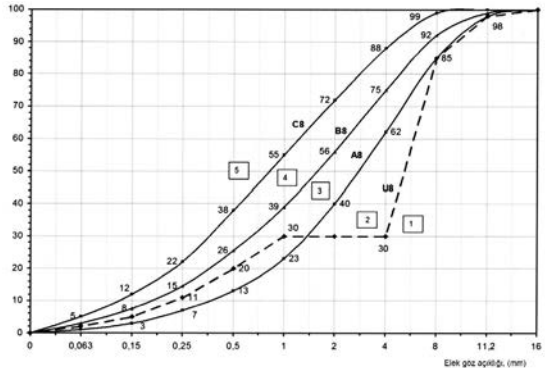
4.1.1.2. Dane Büyüklüğü Dağılımı (Granülometri) Seçimi

Agreganın dane büyüklüğü dağılımı, yassılık-uzunluk indeksi, donma / çözülmeye dayanıklılığı, aşınmaya dayanıklılığı, incelik modülü gibi özellikleri aşağıda verilenler dikkate alınarak seçilmelidir.

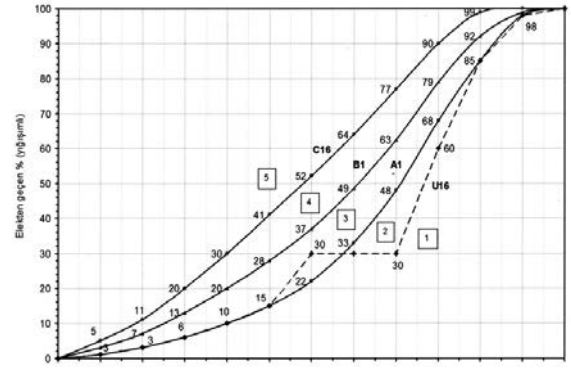
- Yapım (inşaat) yöntemi
- Betonun yapıda kullanım amacı
- Betonun maruz kalacağı çevre şartları
- Yüzey bitirme işlemlerinin gerektirdiği diğer özellikler

Beton karışımında kullanılacak agrega dane büyüklüğü dağılımı grafikleri, en büyük dane büyüklüğü farklı agregalar için Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da gösterilen 3 numaralı ve 4 numaralı bölgelerde bulunacak şekilde seçilir. 3 numaralı bölgeye düşecek dane dağılımları, uygun bölge olduğu için tercih edilir. Bunun mümkün olmaması hâlinde 4 numaralı olan kullanılabilir bölgeye düşen dane dağılım eğrisi kullanılır. Zorunlu durumlarda 2 numaralı bölgeye düşen kesikli dane dağılımları da kullanılabilir. 5 numaralı bölgeye düşen dane dağılımları kullanılmaz.

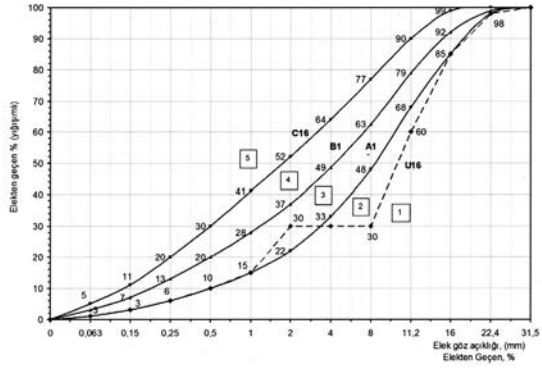
Tablo 4.3: Agrega En Büyük Dane büyüklüğü 8,0 mm Olan Beton İçin Belirlenen Agrega Dane büyüklüğü Dağılımı Eğrisine Ait Sınırlar



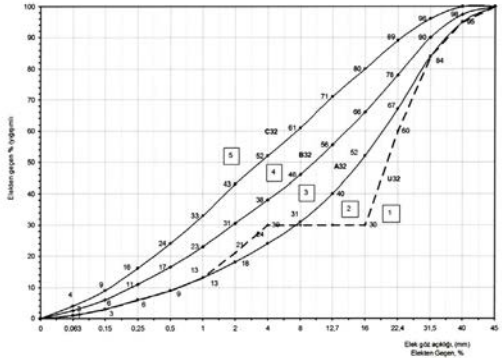
Tablo 4.4: Agrega En Büyük Dane büyüklüğü 16,0 mm Olan Beton İçin Belirlenen Agrega Dane Büyüklüğü Dağılımı Eğrisine Ait Sınırlar



Tablo 4.5: Agrega En Büyük Dane büyüklüğü 32,0 (31,5) mm Olan Beton İçin Belirlenen Agrega Dane Büyüklüğü Dağılımı Eğrisine Ait Sınırlar

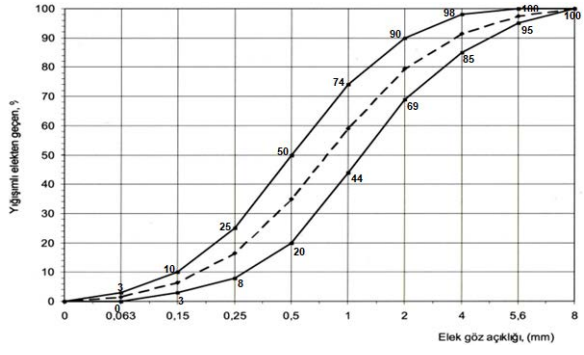


Tablo 4.6: Agrega En Büyük Dane büyüklüğü 63,0 mm Olan Beton İçin Belirlenen Agrega Dane Büyüklüğü Dağılımı Eğrisine Ait Sınırlar



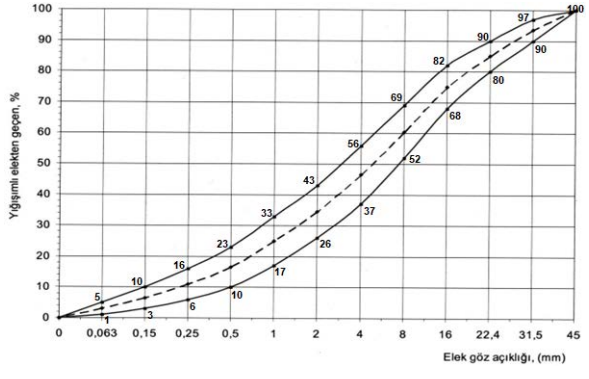
Döküleceği yere bir pompa vasıtası ile bir hortum veya boru içinden aktarılan betona **pompa ile iletilen beton** denir. Pompa ile iletilen betonlarda ince agreganın ane dağılımı iri agregaya göre daha önemlidir. Pompalanmaya uygun ince agrega (kum) için önerilen elek göz açıklıkları ve toplamalı elekten geçen sınırlar Tablo 4.7'deki gibi olmalıdır. Pompa ile iletilmeye uygun betonda ince agreganın incelik modülü 2,30 ile 3,10 arasında olacak şekilde seçilir.

Tablo 4.7: Pompa İle İletilen Betonda Kullanılması Önerilen İnce Agregaya Ait Dane büyüklüğü Dağılımı Eğrisi

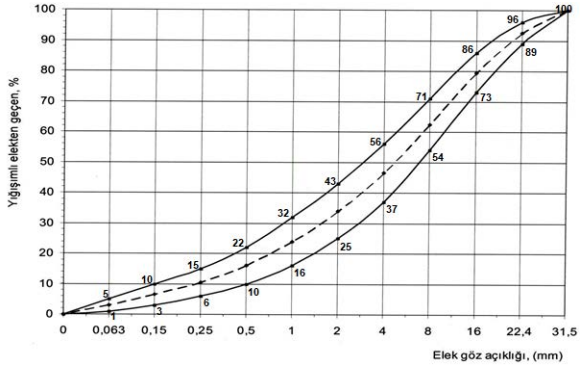


Agrega en büyük dane büyüklüğü 31,5 ve 22,4 mm olan iri ve ince agrega sınıflarının birlikte olduğu karışımlar için pompa ile iletilmeye uygun dane dağılım eğrileri Tablo 4.8'e ve Tablo 4.9'a uygun olmalıdır.

Tablo 4.8: En büyük Agrega Dane Boyutu 31,5 mm Olan ve Pompayla İletilmeye Uygun Betonda Kullanılması Önerilen Dane büyüklüğü Dağılımı Eğrisine Ait Sınırlar



Tablo 4.9: En büyük Agrega Dane Büyüklüğü 22,4 mm Olan ve Pompayla İletilmeye Uygun Betonda Kullanılması Önerilen Dane büyüklüğü Dağılımı Eğrisine Ait Sınırlar



4.1.1.3 Agreganın Dane Sınıflarına Ayrılması

Betonun agrega en büyük dane büyüklüğüne göre sınıflandırılmasında betonda kullanılan agrega en büyük dane sınıfının üst anma büyüklüğü (D_{max}) esas alınır. Beton karışım tasarımı yapılırken seçilen agrega en büyük dane büyüklüğü tüm beton içindeki agregayı temsil edecek oranda olur.

Beton yapımı sırasında agrega karıştırıcıya dane sınıflarına ayrılmış olarak konur. Bu durum karışım hesaplarında dikkate alınır. Bu hususta beton sınıfı ve agrega en büyük dane büyüklüğüne bağlı olarak Tablo 4.10'dan yararlanılır. Tablo 4.10'da verilen agrega dane sınıfları, uygulanması gereken asgari sınıflardır. Gerekli durumlarda dane sınıfı müşterinin talebiyle artırılabilir veya azaltılabilir. Bununla birlikte Tablo 4.10'da verilen agrega dane büyüklüklerinden başka diğer elek göz açıklıkları da gerekli görüldüğünde agrega dane sınıflandırması için kullanılabilir.

Tablo 4.10: Beton Agregasının Dane Sınıflarına Ayrılması

BETON SINIFI				C16/20 C20/25 C25/30		C30/37 C35/45 C45/55 C50/60	
KARIŞIMDAKİ AGREGA EN BÜYÜK DANE BÜYÜKLÜĞÜ	8	DANE SINIFI ADEDİ	1	0/4	0/2	0/2	
			2	4/8	2/4	2/4	
			3	-	4/8	4/8	
	11,2		1	0/4	0/2	0/4	0/2
			2	4/11,2	2/4	4/11,2	2/4
			3	-	4/11,2	-	4/11,2
	16		1	0/4	0/4	0/4	0/2
			2	4/16	4/8	4/8	2/4
			3	-	8/16	8/16	4/16
	22,4		1	0/4	0/2	0/4	0/2
			2	4/11,2	2/4	4/11,2	2/4
			3	11,2/22,4	4/11,2	11,2/22,4	4/11,2
			4	-	11,2/22,4	-	11,2/22,4
	32(31,5)		1	0/4	0/4	0/4	0/2
			2	4/11,2	4/8	4/11,2	2/4
			3	11,2/32	8/16	11,2/32	4/11,2
			4	-	16/32	-	11,2/32
	45		1	0/4	0/4	0/4	0/2
			2	4/22,4	4/11,2	4/11,2	2/4
			3	22,4/45	11,2/22,4	11,2/22,4	4/11,2
			4	-	22,4/45	22,4/45	11,2/22,4
			5	-	-	-	22,4/45
	63		1	0/4	0/4	0/4	0/4
			2	4/16	4/11,2	4/16	4/8
			3	16/32	11,2/22,4	16/32	8/16
			4	32/63	22,4/63	32/63	16/32
			5	-	-	-	32/63

UYARI: Agrega dane büyüklüğü sınıfları, agreganın dane şekline ve bazı fiziksel özelliklerine bağlı olarak değiştirilebilir. Agrega en büyük dane büyüklüğü ve sınıfı adeti beton sınıfına uygun olarak olabilecek en büyük dane boyutu ve betonda en az çimento içeriği sağlanacak şekilde seçilir.

4.1.1.4. Su / Çimento Oranının Seçilmesi

Su / çimento oranı, betonun (katkılı veya katkısız) dayanım sınıfı ve maruz kalacağı dış etkilerin şiddeti (çevre etki sınıfları) ile ilişkilidir. Su / çimento oranını bulmak için öncelikle standart sapmanın bilinip bilinmeme durumuna göre beton dayanım sınıfına karşılık gelen hedef basınç dayanımı (Fcm) Tablo 4.11'den tespit edilir. Daha sonra betona hava sürükleyici katılıp katılmama durumuna göre hedef basınç dayanımı (Fcm) değerine karşılık gelen su/çimento oranı tablo 4.12'den tespit edilir.

Karışım tasarımında kullanılacak hedef basınç dayanımları, beton sınıflarına bağlı olarak Tablo 4.11'de ve 28 günlük basınç dayanımlarına bağlı olarak s / ç oranları ise Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.11: Beton Sınıflarına Göre Karışım Hesabında Esas Alınacak Hedef Basınç Dayanımlarıyla (FCM) Deney Numunelerinin Sahip Olması Gereken Basınç Dayanımları

BETON SINIFI	KARAKTERİSTİK BASINÇ DAYANIMI F_{ck}, (MPA)		HEDEF BASINÇ DAYANIMI F_{CM}, ORTALAMA BASINÇ DAYANIMI (MPA)		
	(150x300) (mm) SİLİNDİR (MPa)	(150x150x150) (mm) KÜP (MPa)	STANDART SAPMA BİLİNİYORSA	STANDART SAPMA BİLİNMİYORSA	
				(150x300) (mm) SİLİNDİR (MPa)	(150x150x150) (mm) KÜP (MPa)
C14/16	14	16	$F_{cm} = f_{ck} + 1{,}48\ \sigma$	18	20
C16/20	16	20		20	24
C18/22	18	22		22	26
C20/25	20	25		26	31
C25/30	25	30		31	36
C30/37	30	37		36	43
C35/45	35	45		43	53
C40/50	40	50		48	58
C45/55	45	55		53	63
C50/60	50	60		58	68
C55/67	55	67		63	75
C60/75	60	75		68	83
C70/85	70	85		78	93
C80/95	80	95		88	103
C90/105	90	105		98	113
C100/115	100	115		108	123

Not: F_{cm} hedef basınç dayanımı belirlenmesinde 1,48 katsayısı %95 güvenirlik seviyesinde TS EN 206 Standardı'ndan alınmıştır.

UYARI: Tablo 4.12'de verilen basınç dayanım değerleri arasında aranılan basınç dayanım değeri ve buna karşılık gelen su / çimento oranı yoksa aranılan basınç dayanım değerine karşılık gelen su / çimento oranı enterpolasyon yöntemiyle şu formül ile bulunabilir:

Tablo 4.12: 28 Günlük Beton Basınç Dayanımlarına Göre Yaklaşık S / Ç Oranları

BETON BASINÇ DAYANIMI (28 GÜN) (150X300) MM SİLİNDİR (MPA)	SU / ÇİMENTO ORANI	
	HAVA SÜRÜKLENMEMİŞ BETON	HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETON
45	0,38	0,30
40	0,42	0,34
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

$$Y = Y_1 + (\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}).(X - X_1)$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
X ve Y: Verilen diğer değerler esas alınarak belirlenecek bilinmeyen rakamlardır.
X_1, X_2, Y_1, Y_2: Bilinmeyen değeri belirlemede yardımcı olacak değişkenlerdir.

ÖRNEK:

Hava sürükleyici katılmamış (hava sürüklenmemiş) betonda 32 MPa dayanım sınıfına karşılık gelen s / ç oranı tabloda gözükmemektedir. 32 MPa dayanım sınıfı değerine karşılık gelen su / çimento oranını enterpolasyon yöntemiyle şu şekilde bulunur:

X: 32
Y: Aradığımız s / ç oranı (32MPa dayanım sınıfına karşılık gelen s / ç oranı)
X_1: 30 (tabloda 32 MPa dayanım sınıfına en yakın alt değer)
X_2:35 (tabloda 32 MPa dayanım sınıfına en yakın üst değer)
Y_1: 0,54 (tabloda 30 MPa dayanım sınıfına denk gelen s / ç oranı)
Y_2: 0,47 (tabloda 35 MPa dayanım sınıfına denk gelen s / ç oranı)

$$Y = Y_1 + (\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}).(X - X_1)$$

$$Y = 0.54 + (\frac{0,47 - 0,54}{35 - 30}).(32 - 30)$$

$$Y = 0,54 + (\frac{-0,07}{5}).2$$

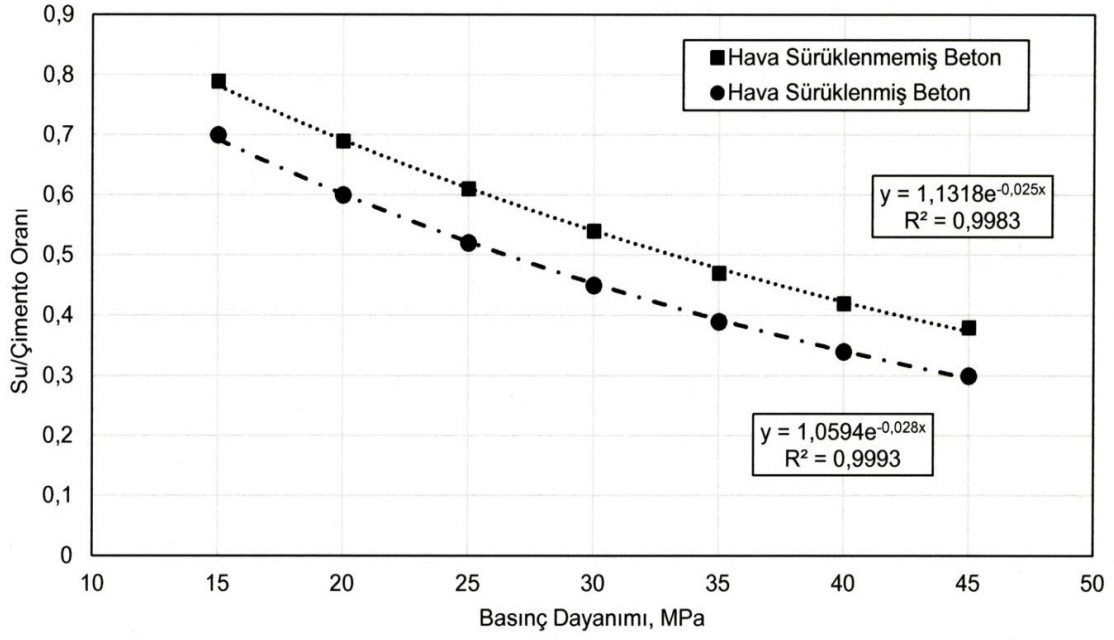
$$Y = 0,54 + (-0,014).2$$

$$Y = 0,54 + (0,028)$$

$$Y =, 0512$$

UYARI: Tablo 4.12'de verilen s / ç oranı ile basınç dayanımı arasındaki yaklaşık ilişkinin grafiksel olarak gösterimi Tablo 4.13'te verilmiştir. Tablo 4.12'de yer almayan farklı s / ç oranlarına ait dayanım değerleri için bu grafikten yararlanılabilir.

Tablo 4.13: Hava Sürüklenmiş ve Sürüklenmemiş Betonda Basınç Dayanımıyla Su / Çimento Oranı İlişkisi



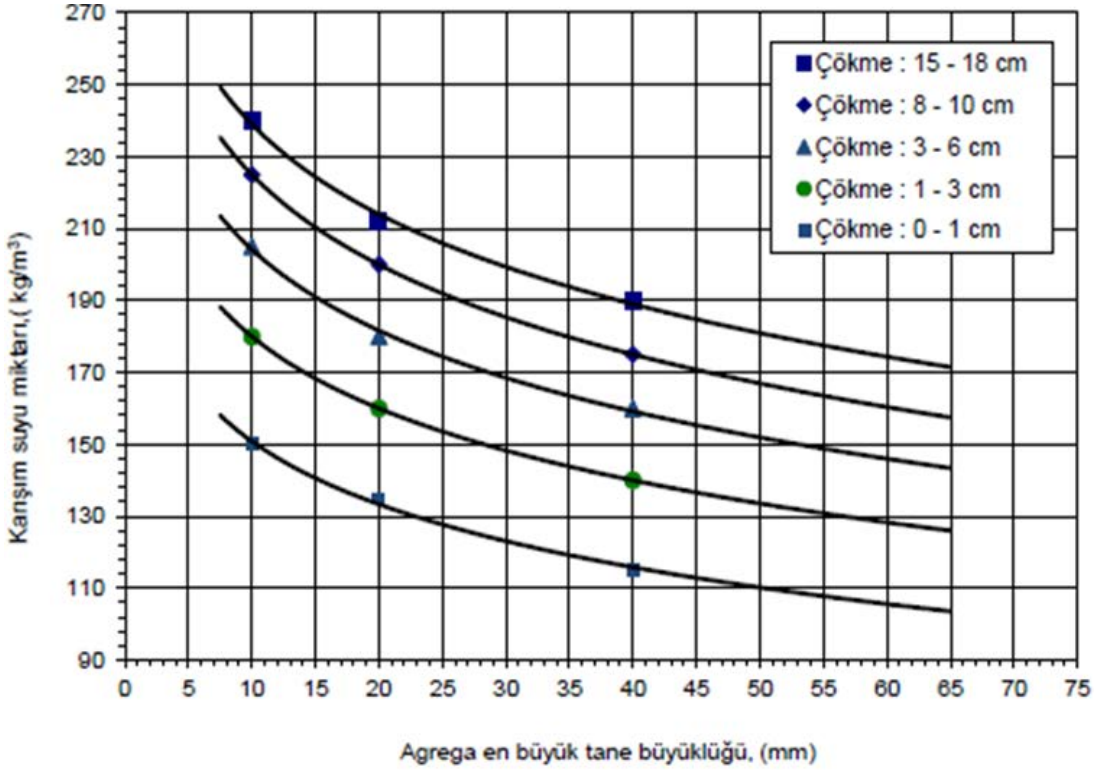
4.1.1.5. Su Miktarının (s) Seçilmesi

Beton karışımına ilâve edilecek su miktarı, gerekli asgari çimento miktarı ve su / çimento oranı bilindiği durumlarda hesapla bulunur. Ancak istenen kıvamın (TS EN 12350-2) sağlanması amacıyla betona gerektiğinde su ilave edilir veya azaltılır. Karışım hesapları tekrar gözden geçirilir. Betonda akışkanlığı sağlamak ve su miktarını azaltmak amacıyla kimyasal katkılardan da faydalanılabilir.

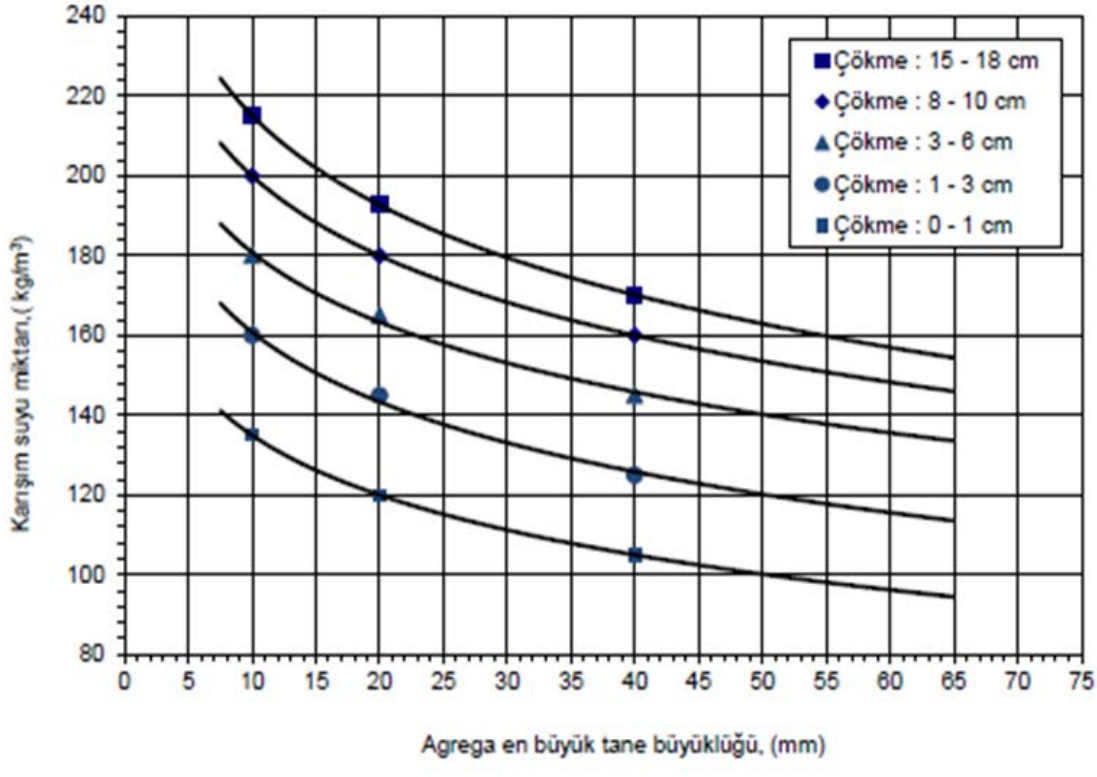
Beton karışımı için gerekli karma suyu miktarı (s), doygun agreganın yüzeyinde tutulan nem ve ilave olarak verilecek net karma suyunun toplamıdır. Bu toplam su miktarı, çimento miktarı ile büyük ölçüde bağlantılı olmayıp betonun kıvamı, agreganın dane dağılımı, dane şekli, yüzey alanı, çok ince agreganın ve karışıma girecek havanın miktarı ile ilişkilidir. Bu sebeple su miktarı, taze ve sertleşmiş betonda aranan işlenebilme özelliği ve dayanıklılık özelliklerini sağlayacak en az miktar olarak seçilir. Betonun karışım suyu miktarı, kıvam, agrega en büyük dane büyüklüğü ve betonun kimyasal katkılı ve hava sürüklenmiş olup olmadığına göre değişir. Betonda kimyasal katkı kullanılması ve kullanılan kimyasal katkının tipi, etkinlik derecesi betonda karışım suyu miktarını önemli ölçüde etkiler.

Tablo 4.14, Tablo 4.15, Tablo 4.16 ve Tablo 4.17'de hava sürükleyici katkı haricinde herhangi bir kimyasal katkı kullanılmadan yapılan betonların kıvama, agrega en büyük dane büyüklüğü ve agrega tipine bağlı olarak yaklaşık karışım suyu miktarları verilir. Kimyasal katkı ile beton yapıldığında kimyasal katkının cinsine bağlı olarak grafiklerden bulunan karışım suyu miktarlarından belirli oranda su azaltma ile katkılı beton karışım suyu miktarına geçilebilir.

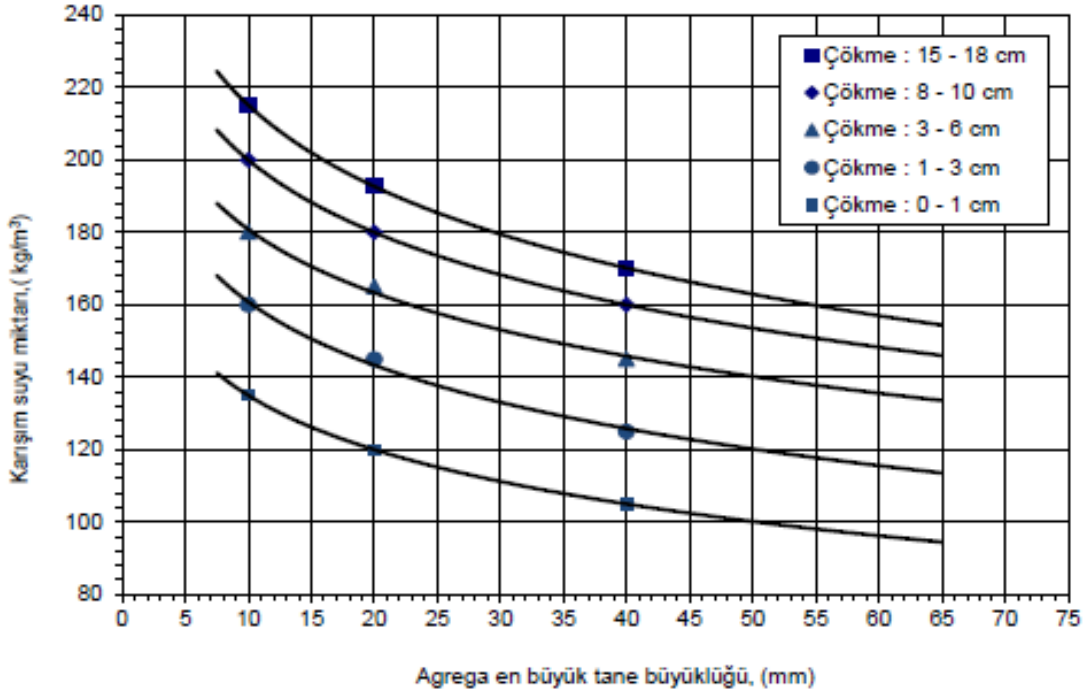
Tablo 4.14: Doğal Şekillenmiş Agrega Kullanılan Farklı En Büyük Agrega Dane Büyüklüğü ve Farklı Beton Çökme Değerlerine Sahip İçin Kimyasal Katkısız ve Hava Sürüklenmemiş Betonun Yaklaşık Karışım Suyu Miktarları



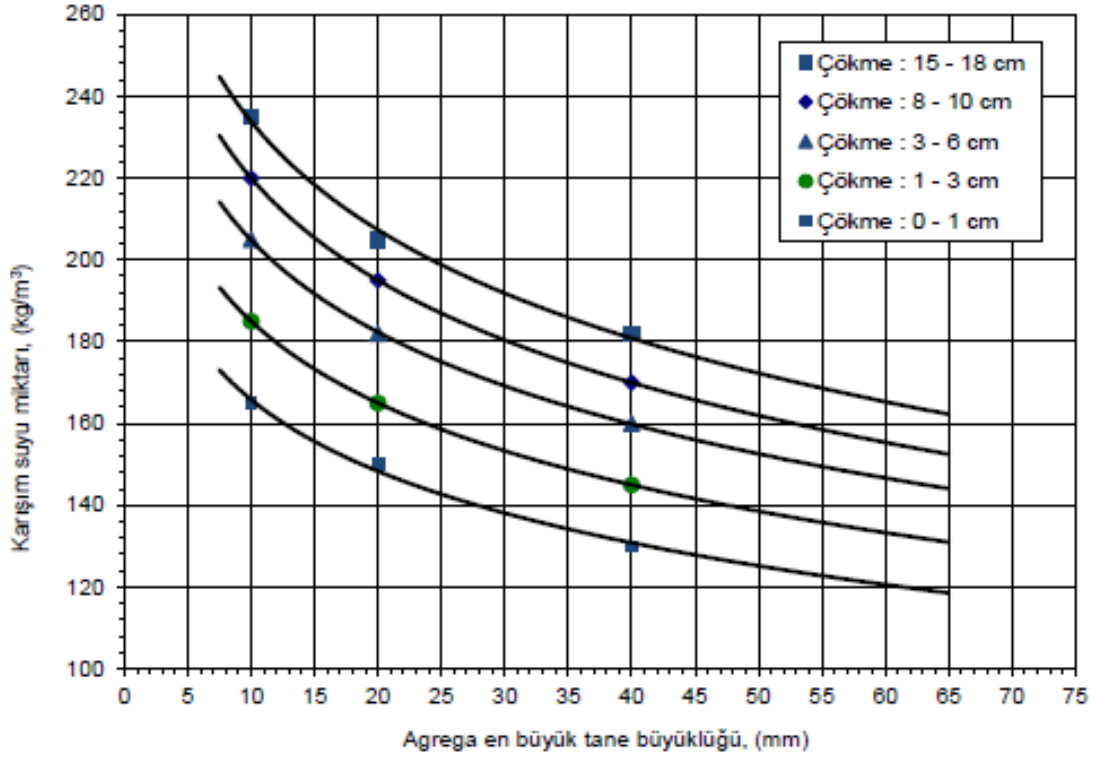
Tablo 4.15: Doğal Şekillenmiş Agrega Kullanılan Farklı En Büyük Agrega Dane Büyüklüğü ve Farklı Çökme Değerleri İçin Kimyasal Katkısız ve Hava Sürüklenmiş Betonun Yaklaşık Karışım Suyu Miktarları



Tablo 4.16: Kırmataş Agrega Kullanılan Farklı En Büyük Agrega Dane Büyüklüğü ve Farklı Çökme Değerleri İçin Kimyasal Katkısız ve Hava Sürüklenmemiş Betonun Yaklaşık Karışım Suyu Miktarları



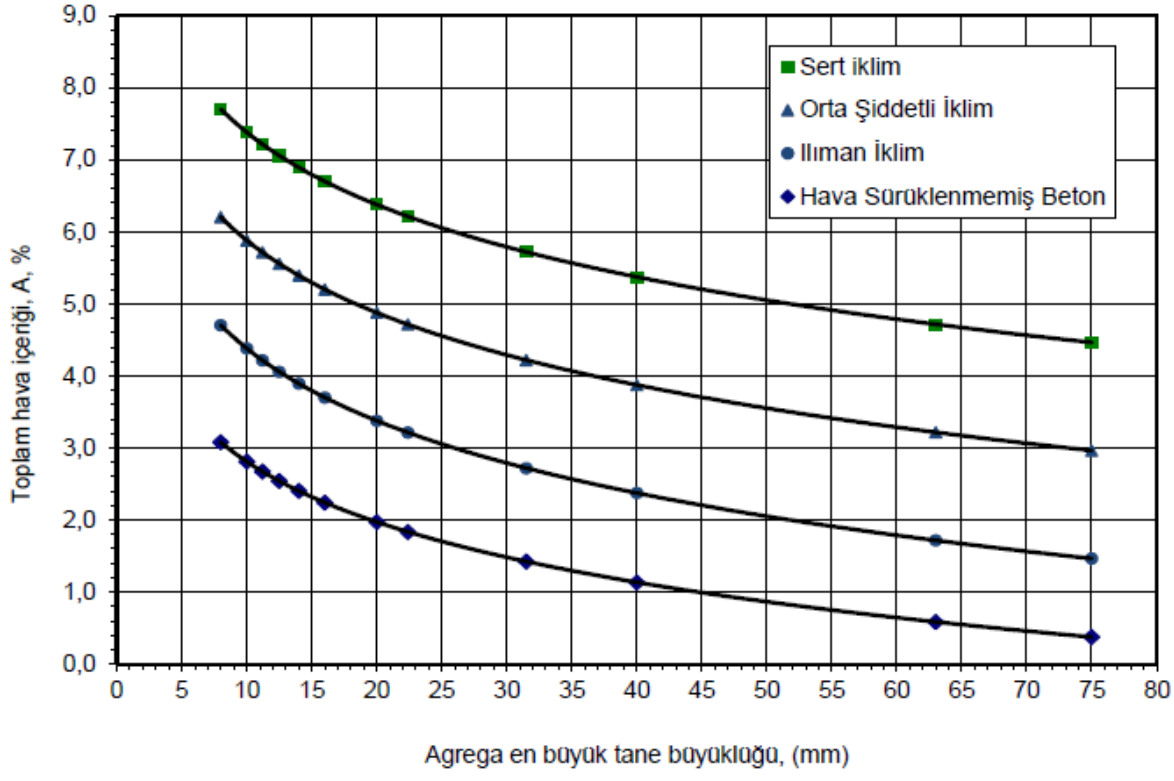
Tablo 4.17: Kırmataş Agrega Kullanılan Farklı En Büyük Agrega Dane Büyüklüğü ve Farklı Beton Çökme Değerleri İçin Kimyasal Katkısız ve Hava Sürüklenmiş Betonun Yaklaşık Karışım Suyu Miktarları



4.1.1.6. Hava Miktarının Seçilmesi

Betonun toplam hava içeriği (TS EN 12350-7 Standardı'na göre belirlenen), Tablo 4.19'daki iklim şartları ve agrega en büyük dane büyüklüğüne uygun olarak seçilir.

Tablo 4.19: Agrega En Büyük Dane büyüklüğüne ve İklim Şartlarına Bağlı Olarak Beton Karışım Hesaplarında Kullanılacak Toplam Hava İçerikleri



4.1.1.7. Kıvamın Seçilmesi

Betonun su miktarı ve kullanılan kimyasal katkılara bağlı olarak belirlenen kıvam sınıfları TS EN 206 Standardı'na uygun olmalıdır. Kendiliğinden yerleşen beton ve çok yüksek akışkan betonlar hariç, beton kıvamı TS EN 12350-2'ye göre belirlenir. Beton kıvamı, uygun döküm şartları ve homojen bir yapı oluşmasını sağlayacak en düşük değerde olmalıdır. Genellikle taze beton için çökme değerleri projede betonun dökületeceği inşaat teknik ve tipine göre önceden belirlenir. Ancak betonun yerleştirilme şartlarına göre kıvam gerektiğinde artırılabilir veya azaltılabilir. Beton, hazır beton şeklinde bir tesiste pompa ile iletilerek dökülecek ve yerleştirilecekse daha yüksek kıvam değeri, pompa ile iletilen beton için verilen agrega granülometri eğrilerinden yararlanarak belirlenir.

Beton teknolojisindeki ilerlemeler, betonda kimyasal katkı kullanımının oldukça yaygınlaşmış olması, betonun pompalar vasıtasıyla iletilmesi ve yerleştirilmesi nedeniyle aynı s / ç oranı veya daha düşük s / ç oranları ile ayrışmayan, kohezif ve aşırı terleme oluşmayan beton imal etmek yoluyla çökme değerleri istenen düzeylere getirilebilir. Kıvamın şartnamede belirtilmediği işlerde uygun çökme değerleri Tablo 4.19'dan alınabilir.

Tablo 4.19: Çeşitli Yapı Elemanları İçin Uygun Çökme (Slump) Değerleri

YAPI ELEMANI	ÇÖKME (mm)	
	EN AZ	EN FAZLA
Betonarme temel duvarları ve ayaklar	30	80
Donatısız beton temeller, kesonlar ve altyapı duvarları	30	80
Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları	50	100
Döşeme betonları	30	80
Tünel taban kaplama betonları	20	50
Baraj kütle betonu	20	50
Not: Betonun pompa ile iletilmesi ve kimyasal katkılar kullanılması durumunda en yüksek çökme değerlerinin su / çimento oranı aynı veya daha küçük olması şartıyla bir miktar daha artırılmasına izin verilir. Vibrasyon tekniği dışında yerleştirilen betonlar için ise en yüksek çökme değerlerinin 30 mm daha artırılmasına izin verilebilir.		

4.1.2. Beton Karışım Hesabının Yapılması

1 m^3=1000 dm^3 sıkıştırılmış betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır. Betonda kimyasal katkı kullanıldığı durumlarda katkının yaklaşık yarısının su olduğu dikkate alınır. Bu nedenle katkı miktarının yarısı kadar bir su miktarının toplam karışım suyundan çıkarılması gerekir. Beton karışım oranlarının tayini hacim esasına göre yapılmalıdır.

$$\frac{ç}{\rho ç}+\frac{p}{\rho p}+\frac{k}{\rho k}+\frac{W_a}{\rho a}\quad +w+(10A)=1000dm^3$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
ç : Karışıma girecek çimentonun kütlesi (kg)
p : Karışımda çimentoya ilâve olarak kullanılacak mineral katkı (puzolan) miktarı (kg)
k : Karışımda kullanılacak kimyasal katkı miktarı (kg)
ρç : Çimentonun yoğunluğu (kg/dm^3)
ρp : Mineral katkı (puzolan) malzemenin yoğunluğu (kg/dm^3)
ρk : Kimyasal katkının yoğunluğu (kg/dm^3)
W : Karışıma girecek suyun hacmi (dm^3)
W_a : Karışıma girecek agreganın miktarı (kg)
ρ_a : Agreganın ortalama özgül kütlesi (g/cm^3) veya (kg/dm^3)
A : Betondaki toplam hava miktarı (%)
UYARI: Başlık 4.1.1.6'da yüzde (%) olarak bulunan hava miktarını binde olarak hesaba katmak için yukarıdaki formülde betondaki toplam hava miktarı (A) 10 katsayısı ile çarpılmıştır.

4.1.3. Değişkenlerin Belirlenmesi

Tablodan bulunan değer ve ilgili formüller yardımıyla betonu oluşturan malzemelerin miktar ve hacimlerinin bulunması, gerekirse karışım suyu düzeltmesi ve agrega rutubet düzeltmesinin ilgili formüller ile yapılması gerekir.

4.1.3.1 Çimento Miktarı ve Çimento Yoğunluğunun Bulunması

Daha önce anlatılanlara uygun olarak su / çimento oranı ve su miktarı bulunduktan sonra karışıma girecek çimento miktarı (ç) şu formül ile bulunur (4.1.1.4 ve 4.1.1.5 No.lu başlıkta anlatılanlara göre):

$$ç = \frac{s}{s/ç}$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
ç : Karışıma girecek çimento kütlesi (kg)
s : Karışıma girecek su kütlesi (kg)
s / ç : Su/çimento oranı
Çimento yoğunluğu çimento deney raporundan alınmalıdır. Hesaba başlanırken bu rapor mevcut değil ise bu değer Tablo 4.20'den yaklaşık olarak bulunabilir.

Tablo 4.20: Farklı Çimento Tipleri İçin Yaklaşık Yoğunluk Değerleri

ÇİMENTO TİPİ	ÖZGÜL KÜTLE
CEM I 42,5N ve CEM I 42,5R	3,10/3,15
CEM II/A 42,5R, CEM II/B 42,5R	3,00
CEM III/A, CEM III/B	2,95
CEM IV, CEM V	2,85

4.1.3.2. Su Miktarının (w) Bulunması

Karışıma girecek su miktarı, öngörülen kıvam değeri ve büyüklüğü dağılımına göre konu 4.1.1.5'e uygun olarak belirlenir.

4.1.3.3. Hava miktarının (A) bulunması

Karışıma girecek hava miktarı, öngörülen agrega en büyük dane büyüklüğü ve iklim şartlarına göre konu 4.1.1.6'ya uygun olarak belirlenir.

4.1.3.4. Toplam Agrega Hacminin (V_a) ve Miktarının (W_a) Bulunması

Karışımda çimento, su, kimyasal ve mineral katkılar ve havadan arta kalan hacim agrega ile doldurulacaktır. Toplam agrega hacmi (V_a) aşağıda verilen formüle göre hesaplanarak bulunur.

$$Va = \frac{Ma}{\rho a} = 1000 - \left(\frac{ç}{\rho ç} + \frac{p}{\rho p} + \frac{k}{\rho k} + w + (10A) \right) dm^3$$

1 m^3 betonda kullanılacak toplam agrega kütlesinin hesaplanabilmesi için her dane sınıfı, agregaya ait ağırlıklı ortalama özgül kütle ρ_a tayin edilir. Agregalara ait ağırlıklı ortalama özgül kütle (ρ_a) şu formüle göre hesaplanarak bulunur:

$$\rho a = \frac{1}{\frac{X1}{\rho a1} + \frac{X2}{\rho a2} + \frac{X3}{\rho a3} + ... + \frac{Xn}{\rho an}}$$

Burada
$X_1, X_2, X_3, ... X_n$ değerleri kütlece agrega karışım oranlarını ve $\rho a_1, \rho a_2, \rho a_3, ... \rho a_n$ agrega özgül kütle veya bağıl yoğunluk değerlerini göstermektedir. ρa değeri bulunduktan sonra toplam agrega kütlesi (M_a) aşağıda verilen formüle göre hesaplanarak bulunur.

$$M_a = V_a \times \rho a$$

Burada, M_a 1 m^3 beton karışımına giren agregaya ait toplam kütleyi verir ve her agrega dane sınıfına ait kütleler (M_1, M_2, M_3 ve …….M_n), agrega karışım oranları (X_1, X_2, X_3 ve ……X_n) ile çarpılarak şöyle hesaplanır.

$$M_1=V_a \times \rho a \times X_1$$
$$M_2=V_a \times \rho a \times X_2$$
$$M_n=V_a \times \rho a \times X_n$$

4.1.4. Agregalarda Rutubet Düzeltmesinin Hesaplanması

Beton agregalarının su ile olan ilişkilerinde ideal hâl, doygun kuru yüzey (DKY) konumunda olur. Beton karışım hesapları bu durum dikkate alınarak yapılır fakat şantiye veya santraldeki agregalar genelde doygun kuru yüzey (DKY) hâlden daha kuru ya da daha ıslaktır. Bu fark, göz önüne alınarak gerekli düzeltmeler yapılır.

Agregalara ait rutubetler (R) ve su emme (Se) değerlerine göre rutubet düzeltmesi aşağıda verildiği gibi yapılır. Burada (S_e) belirli bir sınıfı ait agreganın su emme değerini ve R ise aynı sınıfa ait agreganın o andaki toplam rutubet durumunu gösterir. Bu değerlerin arasındaki fark şöyle değerlendirilir:

S_e - R = ... ‘den çıkan sonuç

(+) ise malzeme **HAVA KURUSU**
(-) ise malzeme **ISLAK**
(0) ise malzeme doygun kuru yüzey **(DKY)** durumundadır.

Bu sonuçlara göre (+) hava kurusu ve (-) ıslak çıkan agregalar için su düzeltme ve agrega rutubet düzeltme işlemi uygulanarak düzeltilmiş su ve agrega miktarları bulunur. (0) DKY çıkan agregalar için herhangi bir düzeltme işlemi uygulanmaz.

Karışım suyu düzeltme işlemi ve düzeltilmiş su miktarı şu formül ile bulunur:

$$w_1 = w_0 + \sum_{i=1}^{n} m_{ai}(DKY) x \left(\frac{Se - R}{100} \right)$$

Agrega rutubet düzeltme işlemi ve düzeltilmiş agrega miktarları şu formül ile bulunur:

$$M_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY) x \left(\frac{Se - R}{100} \right)$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:

W_0 = Karışıma giren düzeltme öncesi su miktarı (kg/m^3)
W_1 = Karışıma giren düzeltme sonrası su miktarı (kg/m^3)
M_{ai} = Su düzeltilmesi yapılmış agrega sınıfına ait kütle (kg/m^3)
M_{ai} (DKY) = Agregalara ait doygun kuru yüzey (DKY) kütle değerleri (kg/m^3)
S_e = Agregaların su emme %si
R = Agregaların toplam su emme %si

Betonda kullanılan bazı kayaç cinslerine bağlı olarak agrega özgül kütle değerleri deneysel olarak yapılmamışsa başlangıçta Tablo 4.21’de verilen yaklaşık değerler kullanılabilir.

Tablo 4.21: Doygun Kuru Yüzey (DKY) Hâlde Bulunan Bazı Agrega Cinslerinin Yoğunlukları

	Kayaç Cinsi	Yoğunluk (g/cm^3)
İNCE AGREGA (0-4MM)	Kuvars kumu	2,64
	Yoğun kalker kumu	2,70
İRİ AGREGA (>4MM)	Granit	2,62
	Gnays	2,67
	Kalker	2,70
	Porfir, diabaz	2,85
	Diyorit	2,90

4.1.5. Karışım Hesaplarının Deneylerle Gerçekleşmesi

Karışım hesaplarına esas olarak alınan ve beton özelliklerini çok etkileyen dane dağılımı, s / ç oranı ve su miktarı için bu materyaldeki çizelgelerde verilen sınır değerler, çok sayıdaki deney sonuçlarından elde edilmiş değerler olup kesin değerler değildir. Bu nedenle karışım hesabı sonucu elde edilen agrega, su, çimento, hava ve katkı maddesi miktarları kullanılarak hazırlanacak beton numuneleri deneye tabi tutularak elde edilecek sonucun hesaba esas teşkil eden özelliklere sahip olup olmadığı tespit edilir. Öngörülen özellikler ile deneyde bulunacak özellikler arasında fark çıktığı takdirde karışım hesabı, girdiler uygun şekilde değiştirilerek tekrarlanır.

Deneme karışımında taze betonun kıvamı, birim hacim kütlesi, taze betonun verim (randıman) değeri ve hava içeriği ölçülür. Bu değerler ile gerçek beton karışım oranları belirlenir. 1 m^3 beton için her 6 kg'lık su ilavesi veya azaltılması betondaki çökme değerinde yaklaşık 25 mm'lik bir değişime tekabül eder. Tasarım mukavemet değerinin sağlanması amacıyla suyun artması veya azalması kadar çimento da karışıma ilave edilir veya azaltılır. Tasarımda beklenen hava içeriği ölçülen değerle aynı olmadığı durumlarda da hava sürükleyici miktarının ayarlanması yoluna gidilir. Betonun her %1,0 hava içeriği artması veya azalması durumunda karışım suyu 3 kg/m^3 kadar azaltılır veya arttırılabilir. Ölçülen birim hacim kütle ile teorik birim hacim kütle aynı olmadığında betonun hava içeriği ayarlanır ve ölçülen birim hacim kütleye göre yeni karışım oranları belirlenir. Beton karışımındaki her tür düzeltme, betonun verim değerini de değiştirir. Bu nedenle karışım oranları deneme karışımından sonra tekrar düzenlenir.

4.1.6. Beton Karışım Hesabı Örnek Sorular

1. ÖRNEK: Aşağıda verilen bilgilere göre 1 m^3 beton için gerekli olan malzeme miktarlarını ve 25 dm^3 deneme betonu için gerekli olan malzeme miktarlarını belirleyiniz.

- En dar boyutu 21 cm
- Donatısının pas payı 35 mm
- Çok soğuk iklim şartlarında sık sık donma çözülme etkilerine maruz kalabilecek (XF3) bir kiriş için
- Hava sürükleyici katkı kullanarak
- S3 kıvam (15 cm slump) ve C25/30 sınıfında
- Beton pompa ile dökülecek
- Hava boşluğunun %5 olduğu kabul edilecek
- Katkı maddesi olarak %1,5 oranında süper akışkanlaştırıcı ve %0,05 oranında hava sürükleyici katkı kullanılacak
- Süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkının katı madde oranı %50'dir ve %1,5 oranında kullanıldığında %15 su azalttığı kabul edilmiştir.

KARIŞIMDA KULLANILACAK MALZEMELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ				
MALZEME	**Γ (g/cm³)**	**KARIŞIM ORANI (%)**	**SU EMME (SE;%)**	**RUTUBET (R,%)**
İnce Agrega: Doğal Kum	2,65	47,00	1,50	3,50
İri Agrega 1: Kırmataş No.1	2,80	25,00	0,80	0,60
İri Agrega 2: Kırmataş No.2	2,80	28,00	0,50	0,50
Çimento: CEM I 42,5 R	3,15			
Kimyasal Katkı 1: Süper Akışkanlaştırıcı	1,15			
Kimyasal Katkı 2: Hava Sürükleyici	1,01			

ÇÖZÜM

1. ADIM: Çevre etki sınıfına göre sınır değerler

Tablo 4.1'den XF3 etki sınıfına uygun şartlar tespit edilir. Buna göre
en küçük dayanım sınıfı **C30/37**
maksimum su/çimento oranı **0,50**
minimum çimento miktarı **320 kg/dm³**
minimum hava içeriği **%4,0** olarak tespit edildi.

2. ADIM: Agrega en büyük dane büyüklüğünün (Dmax) seçilmesi

Tablo 4.2'den yapı elemanı (kiriş) ve yapı elemanı en dar boyutuna (21 cm) göre Dmax **32 (31,5)** bulundu.

3. ADIM: Dayanım sınıfının belirlenmesi

XF3 etki sınıfının sınır şartlarına bakıldığında beton sınıfının en az C30/37 olması gerektiği görülür. Bu durumda soruda verilen C25/30 beton sınıfı yerine bir üst beton sınıfı olan **C30/37** dayanım sınıfı olarak seçilir.

4. ADIM: Hedef dayanımın seçilmesi

Tablo 4.11'den silindir karakteristik basınç dayanımı 30 MPa olan beton sınıfı için standart sapma bilinmediği de dikkate alınarak silindir hedef basınç dayanımı **36 MPa** olarak bulundu.

5. ADIM: Su/çimento oranının seçilmesi

Hedef basınç dayanımına bağlı olarak s / ç oranı Tablo 4.12 veya tablo 4.13'ten bulunur. Silindir hedef basınç dayanımı 36 MPa olan ve hava sürüklenmiş beton için s / ç oranı **0,38** bulunur (Kontrol: Bu değer XF3 etki sınıfına göre bulunan maksimum s / **ç oranı 0,50'den küçük olduğu için uygundur.**).

6. ADIM: Karışım suyu miktarının ve hacminin belirlenmesi

Kırmataş agrega kullanıldığı ve hava sürükleyici katkı katıldığından su miktarını bulmak için bu şartlara uygun olan tablo 4.17' ye bakılır. Soruda çökme (kıvam) değerinin 15 cm olması istendiği için tabloda bu değere uygun olan eğriye göre su miktarı yaklaşık 190 kg/m³ olarak bulunur. Ancak karışımda %1,5 oranında süper akışkanlaştırıcı kullanılacağı ve %1,5 oranında kullanıldığında %15 su azalttığı verilmiştir. Bu verilere göre katkı maddesinin azaltacağı su miktarı (190x15)/100=28,5 kg/m³ olarak bulunur.; bu değere göre düzeltilmiş yeni su miktarı **190-28,5= 161,5kg/m³** olarak bulunur. Bulunan su miktarı değerine göre suyun hacmi $\mathbf{V_{su}}$**=161,5/1=161,5 dm³/m³** olarak bulunur.

7. ADIM: Hava içeriğinin bulunması

Hava sürükleyici katkı maddesinin %0,05 kullanılması durumunda betonda **%5,0** hava boşluğu meydana getireceğinin kabul edildiği soruda verilmiştir.

8. ADIM: Çimento miktarının ve hacminin bulunması

S / ç oranı 0,38, su miktarı da 161,5 kg/m³ olarak bulundu. Bu değerlere göre çimento miktarı $M_{çim}$=161,5/0,38=**425 kg/m³** olarak bulunur (Kontrol: Bu değer XF3 etki sınıfına göre bulunan minimum **çimento miktarı** 320 kg/dm³ten **büyük** olduğu için uygundur.). Bulunan çimento miktarı değerine göre çimento hacmi $V_{çim}$=425/3,15=**134,9 dm³/m³** olarak bulunur.

9. ADIM: Kimyasal katkı miktarlarının ve hacimlerinin bulunması

Kimyasal katkılar beton karışımına, karışıma giren çimento miktarına göre oranlanarak katılır. Karışıma girecek süper akışkanlaştırıcı katkı miktarı %1,5 oranında kullanılacağı için

M_{sak}= (425x1,5)/100=6,375≅**6,38 kg** olarak bulunur.

Bulunan süper akışkanlaştırıcı katkı miktarı değerine göre süper akışkanlaştırıcı katkı hacmi

V_{sak}=6,38/1,15=5,547≅**5,55dm³/m³** olarak bulunur.

Karışıma girecek hava sürükleyici katkı miktarı %0,05 oranında kullanılacağı için

M_{hsk}= (425x0,05)/100=**0,21kg** olarak bulunur.

Bulunan hava sürükleyici katkı miktarı değerine göre hava sürükleyici katkı hacmi

V_{hsk}=0,21/1,01=0,207≅**0,21dm³/m³** olarak bulunur.

1m³=1000dm³ BETON İÇİN BULUNAN AGREGA HARİÇ BETON MALZEME DEĞERLERİ			
Malzeme	**m (Ağırlık) kg**	**γ (Yoğunluk) g/cm³**	**V (Hacim) dm³**
Su	161,50	1,00	161,50
Çimento	425,00	3,15	134,92
Süper Akışkanlaştırıcı Katkı	6,38	1,15	5,55
Hava Sürükleyici Katkı	0,21	1,01	0,21
Hava	-	-	50,00

10. ADIM: Agrega hacminin bulunması

Yukarıdaki tabloda agrega hariç betonu oluşturan malzemelerin 1000 dm³ içindeki değerleri bulunur. Yukarıdaki tabloda bulunan malzeme hacimleri ile agrega hacminin toplamının 1000 dm³ olması gerekeceğinden dolayı 1000 dm³ten diğer malzemelerin hacim değerlerini çıkartarak agreganın hacmi bulunur. Buna göre agrega hacmi

V_a=1000-(161,50+134,92+5,55+0,21+50)=1000-352,16=**647,82 dm³/m³** olarak bulunur.

11. ADIM: Agrega ortalama özgül kütlesinin bulunması

1 m³=1000 dm³ betonda kullanılacak toplam agrega kütlesinin hesaplanabilmesi için her dane sınıfı agregaya ait ağırlıklı ortalama özgül kütle ρ_a'nın bulunması gerekir.

12. ADIM: Toplam agrega miktarı ve her sınıf agrega miktarının bulunması

Yukarıda bulunan agrega hacmi ve agrega ortalama özgül kütle değerleri kullanılarak toplam agrega miktarı şöyle hesaplanır.

$$\rho a = \frac{1}{\frac{0,28}{2,80}+\frac{0,25}{2,80}+\frac{0,47}{2,65}} = 2,727 \cong \mathbf{2,73\ Kg/dm^3}$$

$M_a = V_a \times \rho a$

M_a = 647,82 x 2,73

M_a = 1768,55 kg

Her agrega dane sınıfına ait kütleler, yukarıda bulunan toplam agrega miktarı (M_a) ile agrega karışım oranlarının çarpılmasıyla şöyle hesaplanır:

İnce agrega (doğal kum): M_1= 1768,55 x 0,47 =**831,22 kg**

İri agrega (kırmataş No.1): M_2= 1768,55 x 0,25=**442,14 kg**

İri agrega (kırmataş No.2): M_3= 1768,55 x 0,28=**495,19 kg**

13. ADIM: Agrega ve karışım suyu için rutubet düzeltmesinin yapılması

Öncelikle her dane sınıfı için S_e-R hesaplanır.

İnce agrega (doğal kum) için: S_e-R=1,5-3,5=-2 (ıslak)

İri agrega (kırmataş No.1) için: S_e-R=0,8-0,6=0,2 (kuru)

İri agrega (kırmataş No.2) için: S_e-R=0,5-0,5=0 (DKY)

Bu çıkan değerlere göre ince (doğal kum) ve iri agrega (kırmataş No.1) için su ve agrega rutubet düzeltme işlemi uygulanarak düzeltilmiş su ve agrega miktarları bulunur.

$$w_1 = w_0 + \sum_{i=1}^{n} m_{ai}\, x \left(\frac{Se - R}{100}\right)$$

$$w_1 = 161{,}5 + \left[831{,}22\, x \left(\frac{1{,}5 - 3{,}5}{100}\right) + 442{,}14\, x \left(\frac{0{,}8 - 0{,}6}{100}\right)\right]$$

$$w_1 = 161{,}5 + [831{,}22\, x(-0{,}02) + 442{,}14\, x\,(0{,}002)]$$

$$w_1 = 161{,}5 + [-16{,}62 + 0{,}88]$$

$$w_1 = 161{,}5 + [-15{,}74]$$

$$w_1 = 145{,}76 \text{ kg/m}^3$$

Ayrıca kimyasal katkının katı madde oranının %50 olduğu soruda verildi. Dolayısıyla %50'sinin su olduğu varsayıldığında yukarda düzeltmeden sonra bulunan su miktarından katkının yarısı kadar daha su azaltmak gerekir. Bu durumda nihai su miktarı şöyle bulunur:

$$W = 145{,}76 - \left(\frac{6{,}38}{2}\right) = 145{,}76 - 3{,}19 = \mathbf{142{,}57\ kg/m^3}$$

Agrega için düzeltme

$$Md.kum_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY)\, x \left(\frac{Se - R}{100}\right)$$

$$Md.kum_{ai} = 831{,}22 - 831{,}22\, x \left(\frac{1{,}5 - 3{,}5}{100}\right)$$

$$Md.kum_{ai} = 831{,}22 - 831{,}22\, x\,(-0{,}02)$$

$$Md.kum_{ai} = 831{,}22 - (-16{,}62)$$

$$Md.kum_{ai} = \mathbf{847{,}84\ kg}$$

$$Mno1_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY)\, x \left(\frac{Se - R}{100}\right)$$

$$Mno1_{ai} = 442{,}14 - 442{,}14\, x \left(\frac{0{,}8 - 0{,}6}{100}\right)$$

$$Mno1_{ai} = 442{,}14 - 442{,}14\, x\,(0{,}002)$$

$$Mno1_{ai} = 442{,}14 - (0{,}88)$$

$$Mno1_{ai} = \mathbf{441{,}26\ kg}$$

1 m³=1000 dm³ ve 25 dm³ BETON İÇİN BULUNAN BETON MALZEME DEĞERLERİ			
Malzeme	**1 m³ İçin Miktarlar (kg)**	**1 m³ İçin Düzeltilmiş Miktarlar (kg)**	**25 dm³ İçin Miktarlar (kg)**
Su	161,50	142,57	3,56
Çimento	425,00	425,00	10,63
Doğal Kum	831,22	847,84	21,20
İri Çakıl (No.1)	442,14	441,26	11,03
İri Çakıl (No.2)	495,19	495,19	12,38
Süper Akışkanlaştırıcı Katkı	6,38	6,38	0,16

2. ÖRNEK : Aşağıda verilen bilgilere göre 1 m³ beton için gerekli olan malzeme miktarları ve 30 dm³ deneme betonu için gerekli olan malzeme miktarlarını belirleyiniz.

- Betonarme yapının kolon ve kirişleri için beton üretilecek.
- Proje donma-çözünme riski olmayan bir bölgede yapılacaktır.
- Hava sürükleyici kullanılmayacak.
- Beton sınıfı: C30/37 (30: silindir, 37: küp) silindir 150x300 mm, küp 150 mm
- Taşıyıcı eleman en dar boyutu: 30 cm
- Paspayı: 3,5 cm
- Donatılar arası en küçük aralık: 4,5 cm
- Zararlı çevresel etki: Yok.
- Kabul edilecek çevresel etki (TSEN206): XC2 (karbonlaşma nedeni ile korozyon)
- İki tip kırmataş ve doğal kum kullanılacak.

- Çimento tipi: CEM I -42,5
- Süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkının su oranı %50'dir.
- Akışkanlaştırıcı: %1 (Akışkanlaştırıcı %1 kullanıldığında %16 su azaltılabilir.)
- Granülometri eğrisinde B eğrisine uygun dağılım seçilecek.

KARIŞIMDA KULLANILACAK MALZEMELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ			
Malzeme	**γ (g/cm³)**	**Su Emme (Se;%)**	**Rutubet (R,%)**
İnce Agrega: Doğal Kum	2,74	1,20	3,80
İri Agrega 1: Kırmataş No.1	2,64	0,80	0,30
İri Agrega 2: Kırmataş No.2	2,64	0,80	0,50
Çimento: CEM I 42,5 R	3,15		
Kimyasal Katkı 1: Süper Akışkanlaştırıcı	1,15		

ÇÖZÜM

1. ADIM: Çevre etki sınıfına göre sınır değerler

İlk olarak (XC2) etki sınıfına uygun şartlar Tablo 4.1'den tespit edilir. Buna göre
en küçük dayanım sınıfı **C25/30**
maksimum su/çimento oranı **0,60**
minimum çimento miktarı **280 kg/dm³** olarak tespit edildi.

2. ADIM: Çökme değerinin seçilmesi

Tablo 4.19'dan yapılacak yapı elemanına göre en büyük ve en küçük çökme değerleri ve ortalaması alınarak çökme değeri (kıvam) bulunur. Buna göre betonarme kolon kiriş yapılacağı için en büyük çökme değeri 100 mm, en küçük çökme değeri 50 mm bulunur. İkisinin ortalaması alınarak (100+50)/2= 75 mm=7,5cm**8 cm** olarak çökme değeri (kıvam) tespit edilir.

3. ADIM: Agrega en büyük dane büyüklüğünün (D_{max}) seçilmesi

Tablo 4.2'den yapı elemanı (kiriş, kolon) ve yapı elemanı en dar boyutuna (30 cm) göre Dmax 63 mm bulunur.

En dar kesitin 1/5'i= 30/5=6 cm=60 mm bulunur.
Donatılar arası en dar aralığın 3/4'ü=(4,5x3)/4=3,38 cm=33,8 mm bulunur.
Paspayı: 3,5 cm=35 mm bulunur.

Agrega en büyük dane büyüklüğü (Dmax) olarak bunlardan en küçük değer olan 33,8 mm değerine uygun olan **32(31,5) mm** seçilir.

4. ADIM: Dayanım sınıfının belirlenmesi

XC2 etki sınıfının sınır şartlarına bakıldığında beton sınıfının en az C25/30 olması gerektiği görülür. Bu durumda soruda verilen C30/37 beton sınıfının olması gereken en az dayanım sınıfı C25/30'dan büyük olduğu için dayanım sınıfı olarak **C30/37** kabul edilir.

5. ADIM: Agreganın dane sınıflarına ayrılması

Tablo 4.10'dan Dmax 32(31,5) ve dayanım sınıfı C30/37 değerlerine göre dane sınıfları 0/4-4/11,2-11,2/32 veya 0/2-2/4-4/11,2-11,2/32 sınıfları elde edilir. Daha iyi kompasite (doluluk oranı) için dört grup olan **0/2-2/4-4/11,2-11,2/32** sınıfları tercih edilir.

6. ADIM: Dane büyüklüğü dağılımı seçimi

Dmax 32(31,5)'ye uygun olan Tablo 4.5'ten B dağılım eğrisine göre dane büyüklüğü dağılımları
0/2 - %31
2/4 - %7
4/11,2 - %18
11,2/32 - %44 olarak bulunur.

7. ADIM: Hedef dayanımın seçilmesi

Tablo 4.11'den silindir karakteristik basınç dayanımı 30 MPa olan beton sınıfı için standart sapma bilinmediği de dikkate alınarak silindir hedef basınç dayanımı **36 MPa** olarak bulundu.

8. ADIM: Su / çimento oranının seçilmesi

Hedef basınç dayanımına bağlı olarak s / ç oranı tablo 4.12 veya tablo 4.13'ten bulunur. Silindir hedef basınç dayanımı 36 MPa olan ve hava sürüklenmemiş (hava katkısız) beton için s/ç oranı **0,46** bulunur (**Kontrol: Bu değer XC2 etki sınıfına göre bulunan maksimum s/ç oranı 0,60'tan küçük olduğu için uygundur.)**.

9. ADIM: Karışım suyu miktarının ve hacminin belirlenmesi

Kırmataş agrega kullanıldığı ve hava sürükleyici katkı katılmadığı için su miktarını bulmak için bu şartlara uygun olan Tablo 4.16'ya bakılır. Çökme değeri (kıvam) 8 cm olarak seçilir. Tabloda bu değere eğriye göre (çökme 8-10) Dmax 31,5(32)'ye karşılık gelen su miktarı 204 kg/m^3 bulunur. Ancak karışımda %1 oranında süper akışkanlaştırıcı kullanılacağı ve %1 oranında kullanıldığında %16 su azalttığı soruda verildi. Bu verilere göre katkı maddesinin azaltacağı su miktarı (204x16)/100=32,6 kg/m^3 olarak bulunur. Bu değere göre düzeltilmiş yeni su miktarı 204-32,6= **171,4kg/m^3** olarak bulunur. Bulunan su miktarı değerine göre suyun hacmi V_{su}=171,4/1=**171,4 dm^3/m^3** olarak bulunur.

10. ADIM: Hava içeriğinin bulunması

Tablo 4.18'e bakarak hava sürüklenmemiş beton eğrisine göre Dmax 31,5'e (32) karşılık gelen hava miktarı %1,5 olarak tespit edilir. Bu değer 1 m^3 beton için 0,015 m^3=**15 dm^3** olur.

11. ADIM: Çimento miktarının ve hacminin bulunması

s/ç oranı 0,46, su miktarı da **171,4kg/m^3** olarak bulundu. Bu değerlere göre çimento miktarı $M_{çim}$=171,4/0,46=**372,6 kg/m^3** olarak bulunur (**Kontrol: Bu değer XC2 etki sınıfına göre bulunan minimum çimento miktarı 280kg/m^3'ten büyük olduğu için uygundur.).** Bulunan çimento miktarı değerine göre çimento hacmi $V_{çim}$=372,6/3,15=118,28≅**118,3 dm^3/m^3** olarak bulunur.

12. ADIM: Kimyasal katkı miktarlarının ve hacimlerinin bulunması

Kimyasal katkılar beton karışımına, karışıma giren çimento miktarına göre oranlanarak katılır. Karışıma girecek süper akışkanlaştırıcı katkı miktarı %1 oranında kullanılacağı için

M_{sak}= (372,6x1)/100=3,726≅**3,73 kg/m^3** olarak bulunur.

Bulunan süper akışkanlaştırıcı katkı miktarı değerine göre süper akışkanlaştırıcı katkı hacmi

V_{sak}=3,73/1,15=**3,24 dm^3/m^3** olarak bulunur.

1 m³=1000 dm³ İçin BULUNAN BETON MALZEME DEĞERLERİ			
Malzeme	**m (Ağırlık) kg**	**γ (Yoğunluk) g/cm³**	**V (Hacim) dm³**
Su	171,40	1,00	171,40
Çimento	372,60	3,15	118,30
Süper Akışkanlaştırıcı Katkı	3,73	1,15	3,24
Hava	-	-	15,00

13. ADIM: Agrega hacminin bulunması

Yukarıdaki tabloda agrega hariç betonu oluşturan malzemelerin 1000 dm³ içindeki değerleri bulundu. Tabloda bulunan malzeme hacimleri ile agrega hacminin toplamı 1000 dm³ olması gerekeceğinden 1000 dm³ten diğer malzemelerin hacim değerlerini çıkartarak agreganın hacmini bulunur.

Buna göre agrega hacmi

V_{agrega}=1000-(171,40+118,30+3,24+15)=1000-307,94=**692,06 dm³/m³** olarak bulunur.

14. ADIM: Agrega ortalama özgül kütlesinin bulunması

1 m³=1000 dm³ betonda kullanılacak toplam agrega kütlesinin hesaplanabilmesi için her dane sınıfı agregaya ait ağırlıklı ortalama özgül kütle ρ_anın bulunması gerekir.

$$\rho a = \frac{1}{\frac{0,44}{2,64}+\frac{0,18}{2,64}+\frac{0,07}{2,74}+\frac{0,31}{2,74}} = 2,63 Kg/dm^3$$

15. ADIM: Toplam agrega miktarı ve her sınıf agrega miktarının bulunması

Yukarıda bulunan agrega hacmi ve agrega ortalama özgül kütle değerleri kullanılarak toplam agrega miktarı şöyle hesaplanır:

$M_a = V_a \times \rho a$

M_a = 692,06 x 2,63

M_a = 1820,12 kg

Her agrega dane sınıfına ait kütleler, yukarıda bulunan toplam agrega miktarı (M_a) ile agrega karışım oranlarının çarpılmasıyla şöyle hesaplanır:

İnce agrega (doğal kum 0/2):M_1= 1820,12 x 0,31 =**564,24kg**

İnce agrega (doğal kum 2/4):M_2= 1820,12 x 0,07 =**127,41 kg**

İri agrega (No. 1 kırmataş 4/11,2): M_3= 1820,12 x 0,18=**327,62 kg**

İri agrega (No. 2 kırmataş 11,2/32): M_4= 1820,12 x 0,44=**800,85 kg**

16. ADIM: Agrega ve karışım suyu için rutubet düzeltmesinin yapılması

Doğal kum için: S_e-R=1,2-3,8=-2,6 (ıslak)

İri çakıl (No.:1) için: Se-R=0,8-0,3=0,5 (kuru)

İri çakıl (No.:2 için: Se-R=0,8-0,5=0,3 (kuru)

Bu çıkan değerlere göre doğal kum, iri çakıl (No.1) ve iri çakıl (No.2) için su ve agrega rutubet düzeltme işlemi uygulanarak düzeltilmiş su ve agrega miktarları bulunur.

Su için düzeltme

$$w_1 = w_0 + \sum_{i=1}^{n} m_{ai}\, x \left(\frac{Se - R}{100}\right)$$

$$w_1 = 171{,}4 + \left[564{,}24x\left(\frac{1{,}2 - 3{,}8}{100}\right) + 127{,}41x\left(\frac{1{,}2 - 3{,}8}{100}\right) + 327{,}62x\left(\frac{0{,}8 - 0{,}3}{100}\right) + 800{,}85\, x\, \left(\frac{0{,}8 - 0{,}5}{100}\right)\right]$$

$$w_1 = 171{,}4 + \ [564{,}24\, x(-0{,}026) + \ 127{,}4\, x\, (-0{,}026) + 327{,}62\, x\, (0{,}005) + 800{,}85\, x\, (0{,}003)]$$

$$w_1 = 171{,}4 + \ [-14{,}67 - \ 3{,}31 + 1{,}64 + \ 2{,}40]$$

$$w_1 = 171{,}4 + \ [-13{,}94]$$

$$w_1 = 157{,}46 \text{ kg}$$

Ayrıca kimyasal katkının %50'sinin su olduğu varsayıldığında bu su miktarından katkının yarısı kadar daha su azaltmak gerekir. Bu durumda nihai su miktarı şöyle bulunur:

$$W = 157{,}46 - \left(\frac{3{,}73}{2}\right) = 157{,}46 - 1{,}87 = \mathbf{155{,}59\ kg/m^3}$$

Agrega için düzeltme

$$Mdk0/2_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY)\, x \left(\frac{Se - R}{100}\right)$$

$$Md.k0/2_{ai} = 564{,}24 - 564{,}24\, x \left(\frac{1{,}2 - 3{,}8}{100}\right)$$

$$Md.k0/2 = 564{,}24 - 564{,}24\, x\, (-0{,}026)$$

$$Md.k0/2_{ai} = 564{,}24 - (-14{,}67)$$

$$Md.k0/2 = \mathbf{578{,}91\ kg}$$

$$Mno1_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY)\, x \left(\frac{Se - R}{100}\right)$$

$$Mno1_{ai} = 327{,}62 - 327{,}62\, x \left(\frac{0{,}8 - 0{,}3}{100}\right)$$

$$Mno1_{ai} = 327{,}62 - 327{,}62\, x\, (0{,}003)$$

$$Mno1_{ai} = 327{,}62 - (0{,}98)$$

$$Mno1_{ai} = \mathbf{326{,}64\ kg}$$

$$Md.k2/4_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY)\, x \left(\frac{Se - R}{100}\right)$$

$$Md.k2/4_{ai} = 127{,}41 - 127{,}41\, x \left(\frac{1{,}2 - 3{,}8}{100}\right)$$

$$Md.k2/4_{ai} = 127{,}41 - 127{,}41\, x\, (-0{,}026)$$

$$Md.k2/4_{ai} = 127{,}41 - (-3{,}31)$$

$$Md.k2/4_{ai} = \mathbf{130{,}72\ kg}$$

$$Mno1_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY)\, x \left(\frac{Se - R}{100}\right)$$

$$Mno1_{ai} = 800{,}85 - 800{,}85\, x \left(\frac{0{,}8 - 0{,}5}{100}\right)$$

$$Mno1_{ai} = 800{,}85 - 800{,}85\, x\, (0{,}003)$$

$$Mno1_{ai} = 800{,}85 - (2{,}40)$$

$$Mno1_{ai} = \mathbf{798{,}45\ kg}$$

1 m³=1000 dm³ ve 30 dm³ İÇİN BULUNAN BETON MALZEME DEĞERLERİ			
Malzeme	**1m³ İçin Miktarlar (kg)**	**1m³ İçin Düzeltilmiş Miktarlar (kg)**	**30 dm³ İçin Miktarlar (kg)**
Su	171,40	155,59	4,67
Çimento	372,60	372,60	11,18
Doğal Kum (0/2)	564,24	578,91	17,37
Doğal Kum (2/4)	127,41	130,72	3,92
İri Çakıl (No.1)	327,62	326,64	9,80
İri Çakıl (No.2)	800,85	798,45	23,95
Süper Akışkanlaştırıcı Katkı	3,73	3,73	0,11

3. ÖRNEK : Aşağıda verilen bilgilere göre 1 m^3 (1000 $dm^{3)}$ beton için gerekli olan malzeme ve 30 dm^3 deneme betonu için gerekli olan malzeme miktarlarını belirleyiniz.

- Çevre etki sınıfı: XF1
- Köprü inşaatı yapılacak, köprünün projesinde en dar boyut 250 mm, donatı pas payı 35 mm'dir.
- Beton pompa ile dökülecek, pompa iç çapı 95 mm
- Beton sınıfı C25/30
- Beton pompa ile döküleceği için buna uygun S3 (10-15 cm) kıvamına uygun olarak 13 cm kıvam değerine göre hesaplama yapılacak.
- Köprü orta şiddetli soğuk iklim şartlarında sık sık donma çözülme etkisine maruz kalabilecek ve hava sürükleyici katkı kullanılarak yapılacak.
- Süper akışkanlaştırıcı katkı %1,5 oranında hava sürükleyici katkı %0,5 oranında katılacak
- Betonda CEM I 42,5 R çimento ve kırma agrega grupları kullanılacak.
- Süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkının katı madde oranı %50'dir ve %1,5 oranında kullanıldığında %18 su azalttığı kabul edilmiştir.
- İlgili granülometri eğrileri tablosunda agrega karışımlarına ait dane büyüklüğü dağılımı sınırlarının aritmetik ortalaması dane dağılımı olarak kabul edilecektir.

KARIŞIMDA KULLANILACAK MALZEMELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ			
Malzeme	**γ (g/cm³)**	**Su Emme (Se;%)**	**Rutubet (R,%)**
0/2 Agrega	2,79	1,5	3,5
2/4 Agrega	2,77	1,2	2,2
4/11,2 Agrega	2,65	0,8	1,2
11,2/32 Agrega	2,80	0,5	1,0
Çimento: CEM I 42,5 R	3,15		
Kimyasal Katkı 1: Süper Akışkanlaştırıcı	1,95		
Kimyasal Katkı 2: Hava Sürükleyici	1,08		

4. ÖRNEK : Aşağıda verilen bilgilere göre 1 m^3 (1000 $dm^{3)}$ beton için gerekli olan malzeme ve 35 dm^3 deneme betonu için gerekli olan malzeme miktarlarını belirleyiniz.

- Şiddetli derecede sülfat içeren bir zemin üzerinde betonarme istinat duvarı inşa edilecektir.
- İstinat duvarı ön projelendirme hesaplarında beton kalitesi için C35/45 sınıfı yeterli bulunmuştur.
- Bölgede don riski yoktur. Çevresel etki sınıfı XA3'tür.
- İstinat duvarı en dar kesit 40 cm'dir.
- Donatı durumu ve kalıp boyutları dikkate alındığında betonun çökme değerinin 15 cm olması öngörülmüştür.
- Hava sürükleyici katkı kullanılmayacak, beton pompasız dökülecek.

İlgili granülometri eğrileri tablosunda A ve B eğrilerindeki sınır değerlerin ortalaması dane dağılımı olarak kabul edilecek.

Betonda CEM I 42,5 R SR 5 sülfata dayanıklı çimento ve kırma agrega grupları kullanılacak.

- Çimento ağırlığının %1,2'si oranında süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılacak ve %1,2'si oranında kullanıldığında %20 su azaltabilen bir süper akışkanlaştırıcı kullanılması düşünülmektedir.
- Süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkının katı madde oranı %50'dir.

KARIŞIMDA KULLANILACAK MALZEMELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ			
Malzeme	γ (g/cm³)	Su Emme (Se;%)	Rutubet (R,%)
0/4 Agrega	2,73	1,4	5,0
4/16 Agrega	2,76	1,1	3,0
16/32 Agrega	2,69	0,9	2,0
32/63 Agrega	2,67	0,8	1,5
Çimento: CEM I 42,5 R SR 5	3,14		
Kimyasal Katkı: Süper Akışkanlaştırıcı	2,10		

4.2. TAZE BETONDAN NUMUNE ALIMI

Üretilen her beton belli bir basınç dayanımına sahiptir. Yapılarda kullanılan betonların basınç dayanım sınıfı yapının kullanım amaçlarına göre değişiklik gösterir. Yapılar kullanım amaç ve kendinden beklenen özelliklere göre düşük, normal, yüksek dayanımlı betonlar kullanılarak üretilir.

Alındığı taze betonun bütün özelliklerini temsil edecek şekilde birden fazla numune bölümünün birleştirilip karıştırılması ile elde edilen ve kullanılacağı deneyler için yeterli hacimdeki taze betona **taze beton numunesi** denir.

Yapılarda kullanılan betonun, üretildiği beton sınıfının basınç dayanım değerini karşılayıp karşılamadığını tespit etmek için hazır betonlardan taze hâldeyken silindir veya küp deney numuneleri alınır. Taze betondan numune almanın amacı, taze betonun özelliklerinin tayin edilmesidir. Alınan numune ayrışmadan homojen ve tam olarak taze betonu temsil eder. Taze betondan numune alma işlemi **TS EN 12350-1** Standardı'na göre yapılır.

4.2.1. Numune Alınması ve Saklanması Süreci

Taze betondan numune alma ve devam eden süreçler belli kurallar ve standartlara uygun olarak yapılır. Bu süreç Şema 4.2'de belirtilen sıralamaya uygun olarak yapılır.



Şema 4.2: Taze beton numune alma ve saklama süreci

4.2.1.1. Kalıpların Kontrolü

- Beton numunesi alırken kullanılacak kalıplar aşağıda belirtilen esaslara uygun olmalıdır.
- Numune kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri **TS EN 12390-1** Standardı'na uygun olmalıdır.
- Numune kalıbı uygun herhangi bir malzemeden yapılmış olabilir.
- Numune kalıpları, su sızdırmaz ve su emmez özellikte olmalıdır.
- Kalıp birleşim yerleri yağ ve su sızdırmayacak şekilde kapalı olmalıdır.
- Küp, silindir ve prizma şekilli her bir deney numunesinin temel boyutu (d), betonda kullanılan agrega alma büyüklüğünün en az üç buçuk katı olacak şekilde seçilmelidir.
- Kalıplar standartta belirtilen toleranslara uygun olmalıdır.
- Kalıpların tabana göre diklik sapmaları ±0,5 mm'den az olmalıdır.
- Standarda uygun olmayan numune kalıpları, beton dayanımında düşüşlere neden olacağı için kullanılmamalıdır.
- İlgili standarta göre numune kalıpları 10x10x10x cm küp, 15x15x15 cm küp, 20x20x20 cm küp, 10x20 cm silindir, 15x30 cm silindir veya 16x32 cm silindir ölçülerinde olabilir (Görsel 4.1).



Görsel 4.1: Taze beton numune alma kalıpları

4.2.1.2. Silindir veya Küp Numune Tercihi

Beton basınç dayanımını tespit etmeye yönelik numune kalıpları küp veya silindir şeklinde olur. Genellikle 150 mm kenar ebatlı küp numuneler tercih edilir. Silindir numunelerin üst yüzeyleri başlıklama ya da tıraşlama işlemine tabi tutulmak zorundadır. Bu nedenle küp numuneler daha pratiktir.

TS 13515 Standardı, C35/45 ve üstü dayanım sınıflı betonlarda 150/300 mm ve 100/200 mm ebatlı silindir numune kullanımına müsaade eder.

4.2.1.3. Numune Adedinin Planlaması

Yapı denetim firmaları, TS 500'e göre değerlendirme yapar. TS 500, bu konuda TS 13515 EK B1'i referans alır. Betonda nitelik denetim ve kabul koşulları TS 13515 Ek B1'e göre yürütülür.

TS 13515 Ek B1'e göre her bir transmikser bir beton yükü olarak kabul edilir ve bir deney sonucu teşkili için beton yükünden en az iki adet numune alınır. Numunelerin alınmasında en az bir beton yükü, varsa **düşey taşıyıcı (kolon ve/veya perdeler)** eleman dökümünde kullanılan betonu temsil edecek şekilde belirlenir.

Bir inşaata aynı gün içinde yalnızca bir beton yükü teslim edilmişse toplam 8 (sekiz) adet numune alınır. Bunlardan 2 (iki) adedi 7. gün, 6 (altı) adedi 28. günde deneye tabi tutulur.

Gün içinde birden fazla beton yükü teslim edilmişse numune alım miktarı ile 7 ve 28. günlerde kaçar tanesinin deneye tabi tutulacağı hususunda Tablo 4.22'ye göre hareket edilir. Dökülmesi planlanan beton sınıfının C55/67 ve üzerinde olması hâlinde ise Tablo 4.22'de yer alan numune sayıları iki katına çıkarılır. Tabloda verilen ölçütlerden en yüksek numune alma sıklığında en fazla deney sonucu sayısı elde edilecek şekilde belirlenir.

Tablo 4.22'de numune alma planlaması görülür.

Tablo 4.22: Taze Betondan Numune Alma Planlaması

1. ÖLÇÜT	2. ÖLÇÜT	NUMUNE ALINACAK ASGARİ BETON YÜKÜ VEYA TRANSMİKSER SAYISI (ADET)	NUMUNE ADEDİ		
DÖKÜLEN BETON MİKTARI (m3)	BETON DÖKÜLEN YERİN ALANI (m2)		7 GÜNLÜK (ADET)	28 GÜNLÜK (ADET)	TOPLAM NUMUNE SAYISI (ADET)
0-24	-	2	2	6	8
25-100	450	3	3	9	12
101-150	451-650	4	4	12	16
151-200	651-850	5	5	15	20
201-250	851-1050	6	6	18	24
251-300	1051-1250	7	7	21	28
301-400	1251-1450	8	8	24	32
401-500	1451-1650	9	9	27	36
501-600	1651-1850	10	10	30	40
>600	>1850	İlave her 200 m³ hacim veya ilave her 900 m² alan için yukarıdaki sayılara 1 ilave edilir.	İlave her 200 m³ hacim veya ilave her 900 m² alan için yukarıdaki sayılara 1 ilave edilir.	İlave her 200 m³ hacim veya ilave her 900 m² alan için yukarıdaki sayılara 3 ilave edilir.	İlave her 200 m³ hacim veya ilave her 900 m² alan için yukarıdaki sayılara 4 ilave edilir.

1. SORU: Üretim birimine giren beton miktarı 125 m³ ve beton basınç dayanımı C30/37 ise bu betondan kaç tane numune almak gerekir?

CEVAP: En az 4 transmikserden toplamda 16 adet numune almak gerekir.

2. SORU: Üretim birimine giren beton miktarı 90 m³ ve beton basınç dayanımı C55/67 ise bu betondan kaç tane numune almak gerekir?

CEVAP: En az 3 transmikserden toplamda 12 adet numune almak gerekir. Ancak beton basınç dayanımı C55/67 olduğu için en az transmikser sayısı 1, toplam numune sayısı 4 arttırılır ve sonuç olarak en az 4 transmikserden toplamda 16 adet numune almak gerekir.

3. SORU: Üretim birimine giren beton miktarı 8 m³ ve beton basınç dayanımı C30/37 ise bu betondan kaç tane numune almak gerekir?

CEVAP: Tabloya göre en az 2 transmikserden toplamda 8 adet numune almak gerekir. Ancak bu soruda şantiyeye yalnızca 1 beton yükü (1 transmikser) teslim edildiği için alınması gereken toplam numune sayısı sadece 1 transmikserden alınır. Sonuç olarak 1 transmikserden toplamda 8 adet numune almak gerekir.

4. SORU: Üretim birimine giren beton miktarı 21 m³ ve beton basınç dayanımı C40/50 ise bu betondan kaç tane numune almak gerekir?

CEVAP: En az 2 transmikserden toplamda 8 adet numune almak gerekir.

5. SORU: Üretim birimine giren beton miktarı 420 m^3 ve beton basınç dayanımı C35/45 ise bu betondan kaç tane numune almak gerekir?

CEVAP: En az 9 transmikserden toplamda 36 adet numune almak gerekir.

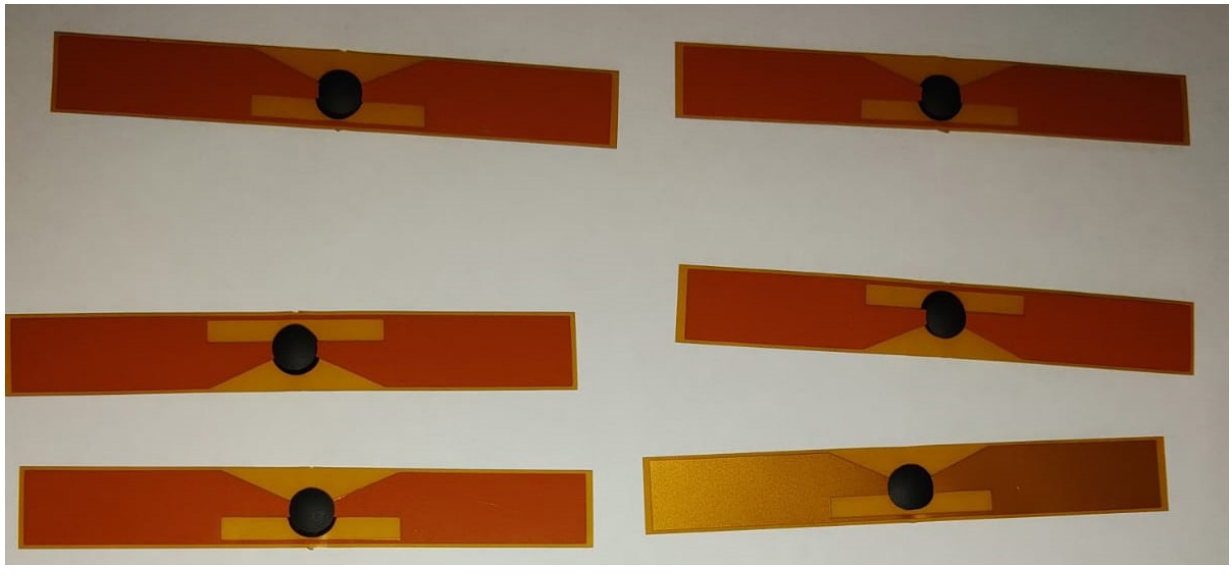
4.2.1.4. Kalıpların Temizliği ve Yağlanması

Kalıplara taze beton konulmadan önce kalıpların içi kontrol edilir. İçinde beton kalıntıları varsa temizlenir. Betonun kalıba yapışmasını önlemek üzere doldurma öncesinde kalıbın betonla temas eden iç yüzeyi ve üst kısımları çimento ile etkileşmeyen bir malzeme ile ince bir tabaka hâlinde kaplanır. Yağlanmayan kalıplardan numunenin çıkarılması sırasında hasar oluşabilir. Ayrıca bu, kalıpların aşınmasına da neden olur.

4.2.1.5. Numune Alınması

Numune alma işleminde numune kalıplarının yanı sıra sıkıştırma çubuğu, kalıp yağı, lastik tokmak, kürek, karıştırma kabı, mala, bez, eldiven gibi malzemeler kullanılır. Hazır betondan numune, üretim alanı ya da şantiyede alınır. Taze betondan deney numunesi alma işlemi şu belirtilen işlem sırasına göre yapılır:

- Kalıbın betonla temas eden yüzeyleri numunenin yapışmaması için yağlanır.
- Kalıbın alt kısmında bulunan deliğin numune ile tıkanmaması için üzerine bir kâğıt parçası yerleştirilir.
- Taze beton numunesi kalıplara doldurulmadan önce homojenliğin sağlanması için iyice karıştırılır.
- Taze beton numunesi kalıplara tabakalar hâlinde doldurulur ve her bir tabakanın 100 milimetreyi geçmemesine dikkat edilir (Küp numune kalıpları veya 10x20 cm silindir kalıp kullanılıyorsa iki tabakada, 15x30 cm silindir kalıp kullanılıyorsa üç tabakada kalıplar doldurulur.).
- Her tabakanın doldurulmasından sonra taze beton numunesi, kalıp en kesit alanına eşit bir dağılım olmasına dikkat edilerek sıkıştırma çubuğu ile 25 defa dik bir şekilde şişlenir. İlk dökülen tabakanın sıkıştırılmasında çubuğun kalıp tabanına sertçe çarpmamasına, diğer tabakaların sıkıştırılması sırasında bir önceki tabakaya fazla girmemesine dikkat edilir (Deney numunesi laboratuvar ortamında alınıyorsa sıkıştırma işlemi titreşimli sarsma tablası ile de yapılabilir.).
- Her tabakanın sıkıştırılmasından sonra sıkıştırma çubuğu darbelerinden geriye kalan boşluklar doluncaya kadar plastik tokmakla kalıp kenarlarına birkaç kez vurularak sıkışma sağlanır.
- Numune kalıpları yarısına kadar doldurulduktan sonra beton üzerine kalıp yüzeyi ortalanarak RFID beton etiketi (çip) (Görsel 4.2) yerleştirilir ve daha sonra kalıbın kalan kısmı doldurulur. (Deney numunesi laboratuvar ortamında üretilen test betonu için alınıyorsa RFID beton etiketi (çip) koymaya gerek yoktur.



Görsel 4.2: RFID beton etiketi (çip)

- Son tabaka doldurulup sıkıştırma yapıldıktan sonra fazla numune kalıp kenarlarından ve üzerinden mala yardımı ile sıyırılır.
- Kalıbın üzeri mala veya düz bir malzeme ile testere yöntemiyle tesviye edilir.
- Tesviye edilen numunenin üst kısmına beton numunesi tanıtım etiketi yapıştırılır.
- Numune alma raporu düzenlenir.

4.2.1.6. Numunenin Saklanması

Kalıplara numune doldurulduktan sonra taze beton numunesi kalıp içinde 16-72 saat arası bir süre boyunca saklanır.

Numuneler yeterli sertliğe ulaşıncaya kadar dış etkilerden, şoktan, titreşimden ve kurumadan korunmalıdır. Numuneler dış ortamla doğrudan temas hâlinde bırakılmaz. Yağış, yüksek sıcaklık, yabancı maddeler ve sarsıntı numunelerin sağlıklı sonuç vermesini olumsuz etkiler.

Numuneler düz bir zemin üzerinde olur. Aksi takdirde standartta belirtilen toleranslar aşılır. Numuneler gerçekçi olmayan basınç dayanım değerleri verir. Numuneler, 20±2 °C veya sıcak iklimlerde 25±2 °C sıcaklıkta, rüzgâr ve nem kaybından korunacak bir ortamda (ıslak bez ve plastik örtü altında veya kapalı bir kasada) saklanmalıdır.

4.2.1.7. Numunenin Nakliyesi

Numuneler kalıp içinde (16 saatten az, 72 saatten fazla olmamak üzere) yeterli sertliğe ulaşıncaya kadar çevresel etki ve darbeler ile titreşim ve kurumadan korunur. Numuneler yeterli dayanıma ulaştıktan sonra nakledilebilir. Prizi ve dayanımını tam almamış numunelerin taşınması yapısal hasara neden olacağından yanlış değerlendirme yapılmasına neden olabilir. Numuneler bir araç ile nakliye edilecek ise numunelerin sarsılmalardan asgari düzeyde etkilenmeleri sağlanır. Bunun için özel düzenekler kullanılabilir. Numunelerin taşıma işlemi sırasında aşırı sıcaklık değişimleri ve rutubet kaybından etkilenmesi önlenir.

4.2.1.8. Numunenin Kalıptan Çıkarılması

Beton numuneleri gerekli sertliğe ulaştıktan sonra (şantiye ortamında numune alındıysa numuneler şantiye ortamından laboratuvara getirildikten sonra) kalıptan çıkarılır. Numuneler kalıptan hasarsız bir şekilde çıkarılır. Bunun için basınçlı hava veya su kullanılabilir. Tokmakla kalıp etrafına vurarak numune çıkarılması tavsiye edilmez. Hasar görmüş numuneler değerlendirmeye alınmaz.

4.2.1.9. Numunenin Kür Havuzuna Konulması

Kalıplardan çıkarılan beton numunelere, kırım yapılacak güne kadar 20±2 °C sıcaklıktaki kür havuzu veya %95 nemli kür odalarında bekletilerek kür uygulanır. Kür havuzu suyu kirece doygun olur. Numunelerin tamamının su içinde kalması sağlanır. Numuneler havuza rastgele değil de belli bir sistem dâhilinde yerleştirilir. Bu sayede kırım günü gelen numune kolayca bulunabilir. Deney günü gelen beton numuneleri kür ortamından çıkarılır ve basınç dayanım deneyi uygulanır.

4.2.1.10. Ortam Koşullarının Kür Süresince Kontrolü

Belirli sürelerde kür havuzu suyu değiştirilir. Standarda uygun sıcaklık değişimi olan bir ortam sağlanır ve ortam sıcaklığı sürekli kontrol edilir.

4.2.2. Deney Numunesi Alınırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Her numune ayrı harman veya ayrı transmikserden alınır.
- Numune, transmikser oluğundan boşaltılan betonun ilk veya son kısmında alınmaz. 1-2 m^3 beton boşaltıldıktan sonra alınır.
- Alınacak numunenin homojen karışmış olması ve betonu temsil etmesi gerekir.
- Deneyler için gerekli olacağı tahmin edilen miktarın en az 1,5 katı miktarda taze beton numunesi alınır.
- Taze beton ve ortam sıcaklığı kaydedilir.
- Numune alma tarihi ve zamanı kaydedilir.
- Beton numunesi, kalıba doldurulmadan önce karıştırma kabı içinde tekrar karıştırılır.
- Numune alma ve numuneleri taşımanın her safhasında beton, kirlenmeye, bünyesine su alma, su kaybetme ve sıcaklık değişimlerine karşı korunur.
- Çökme ve hava miktarı ölçülmek üzere numune alınması durumunda en fazla 45 dakika içinde deneye başlanması için gerekli önlemler alınır.

- Numunelerin kalıplanmasına en fazla 15 dakika içinde başlanır.
- Betona karma suyu katılmasından numunenin kullanılmasına kadar geçen süre mümkün olduğu kadar kısa tutulur.
- Numune alma işlemi düz bir zemin üzerinde yapılır.
- Şişlemenin her tabakaya eşit şekilde yapılması gerekir. Bazen daha sert bazen daha yavaş şişlemek tabakaların birbirinden farklı homojenliğe sahip olmasına yol açar. Bu durum yapılacak olan testin sağlıklı sonuç vermesini önemli ölçüde engeller.
- Taze betondan alınan numune, taze betonun bütün özelliklerini taşıyacak nitelikte olmalıdır.
- Taze beton numuneleri beton yerine dökülmeden hemen önce alınır. Alınan numune yapıda kullanılan betonu her yönüyle temsil etmelidir.
- İlk dökülen tabakanın sıkıştırılmasında çubuğun kalıp tabanına sertçe çarpmamasına, diğer tabakaların sıkıştırılması sırasında da bir önceki tabakaya fazla girmemesine dikkat edilir.
- Numunelerin, taşıma işlemi sırasında, aşırı sıcaklık değişimleri ve rutubet kaybından etkilenmesi önlenmelidir.
- Kalıplar standartta belirtilen toleranslara uygun olmalıdır.
- Numune kalıpları, su sızdırmaz ve su emmez özellikte olmalıdır.
- Numune alındıktan sonra numuneyi alan kişi tarafından numune alma raporu düzenlenir.

4.2.3. Taze Betondan Numune Alma Raporunun Hazırlanması

Numune alınma işlemini içeren bir rapor hazırlanır. Bu raporda numune alınması ile ilgili tüm bilgiler yer alır. Raporun bir örneği numuneyi alan yetkili birimde ya da laboratuvarda kalır. İstenmesi durumunda üretim birimine, inşaat sahibi veya yetkilisine, denetleme yetkisi bulunan kuruma onaylı birer örneği verilebilir.

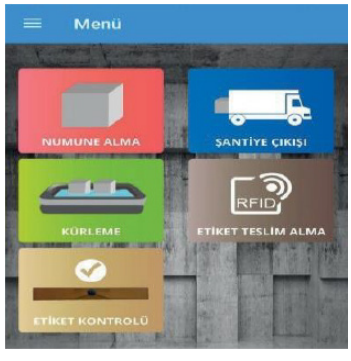
Raporda bulunması gerekenler şunlardır:

- Numune alma tutanağı
- Numune alınması sırasında bulunulan ortam, laboratuvar ise adı, yeri, adresi
- Şantiye ise adı, yeri, adresi, ait olduğu firma ya da yapımcının adı
- Numune alınması sırasındaki ortam bilgileri (sıcaklık, aşırı rüzgâr vb.)
- Varsa, alınmış önlemler ve bu önlemlerin nasıl alındığı
- Numune alınmasında kullanılan alet ve cihazlar ile özellikleri
- Numune alan görevliler (ad, soyad ve ünvanları ile çalıştıkları işletme ya da kurumun adı)
- Numunenin alındığı tarih ve saat (başlangıç ve bitiş olarak)
- Beton harcının alındığı yer ve yöntem (yığın, trans mikser, bant, pompa vb.)
- Numunenin ait olduğu iş (bina, yol, köprü vb.)
- Numune sayılarının hangi deneylerde kullanılacağına (basınç, eğilme adı, çekme vb.) ait bilgiler

4.2.4. Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS) (Çipli Beton)

Ülkemiz genelinde 25 Aralık 2018 tarihinden itibaren yapı denetimine tabi binalardan beton döküm aşamasında, belirlenmiş olan stantlara uygun beton numunesinin alınması amacıyla **Aselsan NET** ve **Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının** ortak çalışması ile hazırlanan **Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS)** başka bir deyişle çipli beton sistemi uygulanır.

Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS)'nin Hedefi



Görsel 4.3: EBİS mobil uygulaması

Dışarıdan gelebilecek müdahaleleri önleyerek numunelerin takibinin sağlanması Aselsan NET tarafından yazılan ve akıllı telefonlara indirilebilecek olan bir mobil uygulama (Görsel 4.3) ile numune alma, şantiye çıkışı ve kürleme işlemleri modülleri denetim elemanları (denetçi mühendis, kontrol elemanı vb.) tarafından gerçekleştirilecektir. Numune alma modülü, numuneye ait bilgilerin girildiği modüldür.

Şantiye çıkışı modülü, 16-72 saat aralığında bekleyen beton numunelerinin konum ve süre doğrulamasının yapıldığı modüldür. El terminali kullanılarak şantiye çıkışı yapılacak olan beton numunesi okutulur.

Kürleme işlemleri modülü, şantiyeden çıkışı yapılan beton numunesinin ilgili laboratuvara ulaştığının kontrol edildiği modüldür. Kürleme modülüne girildikten sonra el terminali ile kürleme işlemi yapılacak beton numunesi okutulur.

Projede kullanılacak beton presleri Aselsan NET tarafından özel üretim olup içinde RFID okuyucular, görüntü kameraları, güç kaynağı ve kalibrasyona müdahaleyi önleyen bir anahtar kilit sistemi yer almaktadır. 7 ve 28 günlük deneylerin sonuçları otomatik olarak Aselsan Net'in ürettiği beton presleri tarafından oluşturulur.



Görsel 4.4: RFID okuyucu el terminali

Çipli Beton Numunesi Alma İşlemi

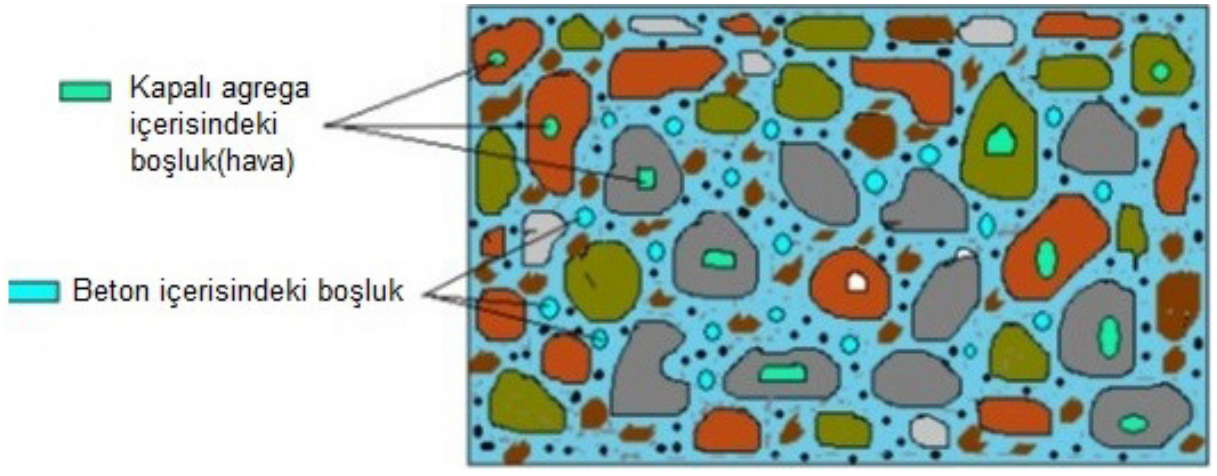
- Numune kalıbı yarısına kadar beton ile doldurulur.
- Doldurulan numune sıkıştırılır.
- RFID beton etiketi (çip) beton içine yerleştirilir.
- Kalıbın kalan bölümü beton ile doldurulup yeniden sıkıştırılır.
- Numune yüzeyi tesviye edilir ve RFID beton etiket içeren numune son hâlini alır.
- Telefon ve RFID okuyucu el terminali (Görsel 4.4) bluetooth ile eşleştirilerek mobil uygulamaya alınan çipli beton numunesi bilgileri işlenir.

4.3. TAZE BETONDA HAVA MİKTARININ TAYİNİ

Beton içinde kapalı agrega boşlukları dışındaki var olan havanın (Görsel 4.5) hacminin beton hacmine oranının % (yüzde) olarak ifadesine **taze beton hava miktarı** denir.

Üretilen beton içinde betonu oluşturan fiziksel malzemeler (su, çimento, agrega, katkı maddeleri) dışında bir miktar da hava bulunur. Beton içinde hava iki şekilde bulunabilir. Bunlardan birisi beton bileşenleri karıştırılırken taze betonda üniform dağılım olmayan, betonun homojenliğini bozan ve bir beton kusuru olarak yerleştirilme sırasında beton bünyesinde kalan havadır. Bu havanın sıkıştırılma ve vibrasyonla mümkün olduğu kadar çıkarılması gerekir. Beton içindeki diğer hava ise beton sertleştiğinde dayanıklılığını arttırmak ve taze hâldeyken işlenebilirliğini iyileştirmek amacıyla özel hava katkıları kullanarak meydana getirilen çok küçük boyutlu üniform dağılımlı mikroskobik hava kabarcıklarıdır.

Özellikle donma çözünmeye maruz bölgelerde bu tip hava sürükleyici kimyasal katkılar kullanılır. Su donduğunda hacmi %8 artar. Bu artış sonucu beton içerisinde boşluk bulamayan buz taneleri betonu çatlatabilir. Bu sebeple hava sürükleyici katkılar kullanılır. Diğer taraftan taze betondaki soğutulmuş hava miktarının fazla olması betonun yoğunluk, dayanım ve dayanıklılık özelliklerini olumsuz etkiler.



Görsel 4.5: Kapalı agrega ve beton içindeki boşlukların gösterilişi

UYARI: Hapsolmuş hava beton içinde %0,5-3 arasında bulunur.

UYARI: İlk şekilde yerleştirme sırasında betonda kalan hava boşlukları gözle görülebilen büyüklükte beton kusurudur. Hava katkısı kullanılarak taze betonda mikroskobik hava boşlukları meydana getirilmesi ise betona hava verilmesi şeklinde adlandırılan özel bir tekniktir.

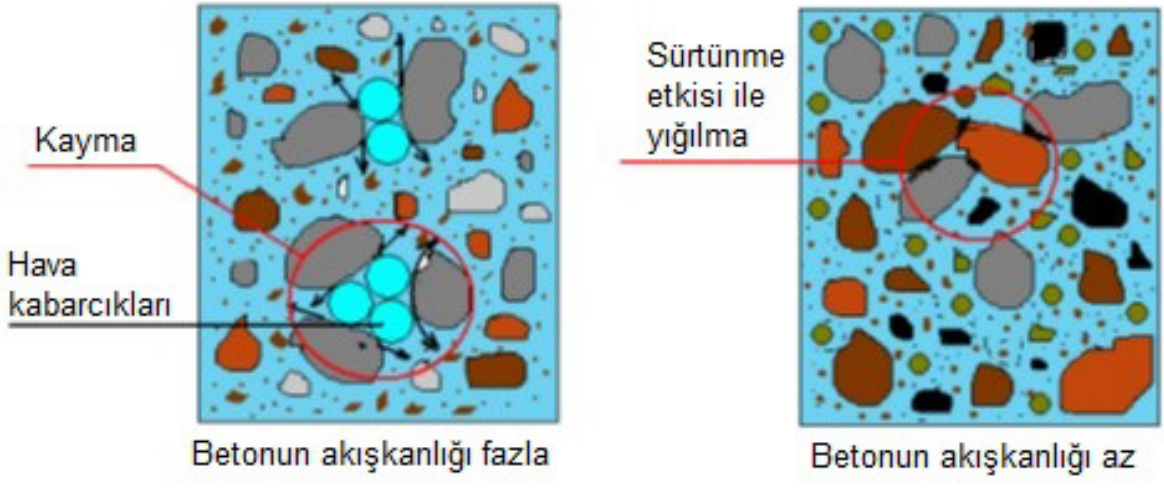
UYARI: Betona hava katılmasındaki asıl amaç beton sertleştiğinde donmaya karşı direncini yükseltmektir.

Bu deney, en büyük dane büyüklüğü 63 mm'ye kadar olan, normal ağırlıklı veya yoğun kabul edilen agrega ile yapılmış, sıkıştırılmış taze betonda, hava muhtevasının tayini için yapılır.

Bu deney **TS EN 12350-7** Standardı'na uygun olarak yapılır.

Beton İçindeki Havanın Betona Etkileri

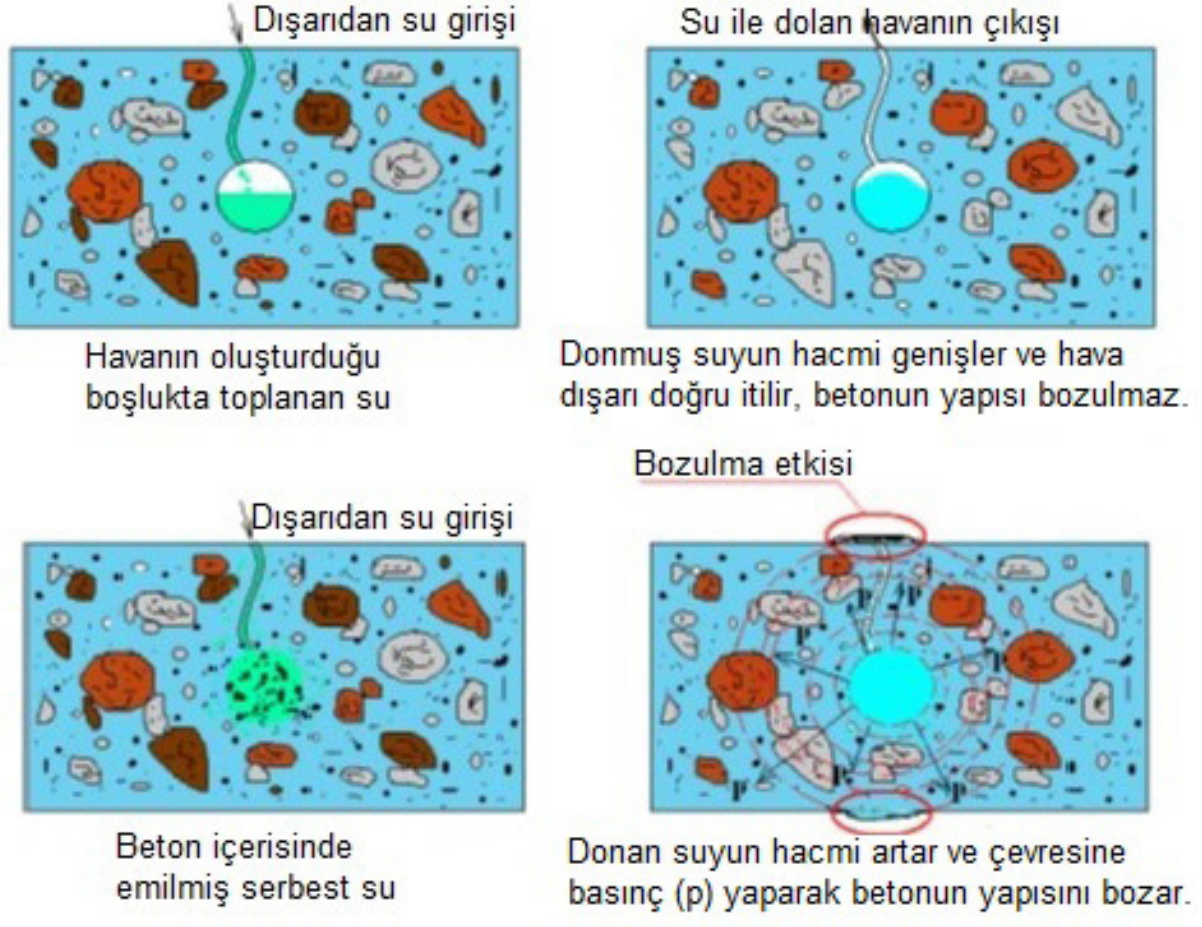
- Taze betondaki hava tanecikleri birbiri üzerinden kayarak agrega daneleri arasındaki sürtünme etkisini azaltır ve betonun işlenmesini kolaylaştırır (Görsel 4.6).



Görsel 4.6: Hava boşluklarının agrega daneleri arasındaki sürtünmeye etkisi

- Beton içindeki hava, betonda ayrışma ve kusmayı önler. Kusmanın azalması ile beton yüzeyine son şeklinin verilmesi az işçilikle kısa sürede tamamlanır. Ayrışmanın önlenmesi ise betonun donatılar arasına kolayca girmesini sağlar. Donatı ile betonun tam yapışmasına yardımcı olur.

- Taze betona (gerekli olmak kaydı ile) eklenecek her %1 oranındaki hava, betonun işlenebilirliğini kolaylaştırırken aynı anda karışım suyu miktarında %2-4'lük bir azaltma yapabilmeyi de sağlar. Su miktarının azalması, betonun basınç dayanımının artması ve betonun sülfat etkilerine karşı dayanımının artmasına neden olur.
- Beton içindeki hava tanecikleri, beton içinde 0,3 mm'den daha küçük kapiler kanalcıkların oluşmasını önledikleri için betonda geçirimliliği azaltır.
- Hava tanelerinin beton içinde oluşturduğu boşluklar; betonun donma ve çözülme etkisine karşı dayanıklılığını artırır (Görsel 4.7).
- Beton içindeki hava, yüksek dayanımlı ve hafif prefabrik yapı elemanlarının üretilmesinde avantaj sağlar.



Görsel 4.7: Hava boşluklarının donma çözülme etkisine karşı dayanıklılığı

4.3.1. Taze Betonda Hava Miktarı Tayini Deneyinde Kullanılan Yöntemler

Taze beton içinde bulunan havanın belirlenmesindeki amaç; taze betonun işlenebilirliğini, sertleşmiş betonun yoğunluğu, dayanımı, su geçirimliliği, ısı, ses yalıtımı gibi özelliklerini etkileyen beton içindeki havanın miktarının hacim metodu ile belirlenmesidir. Burada önemli olan beton içindeki havanın miktarının ne olduğunun belirlenmesi ve belirlenen hava miktarına göre betonun bazı özelliklerinin iyileştirilmesi için hava katkı malzemesi kullanılmasına gerek olup olmadığıdır.

Taze betondaki hava miktarı tayini için iki farklı cihazın kullanıldığı iki farklı deney metodu vardır. Bu metotlar basınç ölçer göstergeli cihazların kullanıldığı basınç ölçme metodu ve su sütunu göstergeli cihazların kullanıldığı su sütunu metodudur.

4.3.2. Basınç Ölçme Metodu ile Taze Betonda Hava Miktarı Tayini Deneyi

Bilinen basınç ve hacimdeki hava, sızdırmaz kap içinde bulunan, hava muhtevası bilinmeyen taze beton üzerine aktarılır. Basınçölçer göstergesi, son basınçta hava yüzdesini gösterecek şekilde kalibre

edilmiştir. Beton içindeki hava miktarını ölçmek için en çok kullanılan yöntem basınç ölçme metodudur.

Deneyde Kullanılan Araç Gereç

Basınç ölçme metodu ile taze betonda hava miktarı tayini deneyi yapılırken kullanılacak araç gereç ve özellikleri şöyledir:

Basınç Ölçer Göstergeli Hava Ölçme Cihazı: Cihaz taze betonda hava içeriği ölçümünde kullanılır. 7 litre kapasiteli flanşlı silindirik kap ile üzerinde basınç göstergesi (manometre), hava pompası, hava hücresi, hava tahliye vanası, su giriş ve tahliye vanaları bulunan flanşlı kapaktan oluşur.

Basınç göstergesi, %6 hava içeriğine kadar %0,1, %6 ile %10 hava içeriği arası ise %0,2 aralıkla taksimatlandırılmıştır. Cihaz azami 50 mm agrega boyutu için uygundur. Hava içeriğini %22'ye kadar ölçer (Görsel 4.8).

- **Şişleme Çubuğu:** 16 mm çapında, 600 mm boyunda, ucu yuvarlatılmış özelliklerde olmalıdır.
- **Şırınga, Piset:** Suyu, hava ölçerin musluklarından doldurmak için kullanılır.
- **Diğer Araç Gereç**: Sıyırma cetveli veya mala, tokmak, bez.



Görsel 4.8: Basınç ölçer göstergeli hava ölçme cihazı

Deneyin Yapılışı (Basınç Ölçme Metodu İle)

Basınç ölçme metodu ile taze betonda hava miktarı tayini deneyi şu işlem sırasına göre yapılır:

- Beton numunesi, TS EN 12350-1'e uygun olarak alınır. Deney uygulanmadan önce taze beton numunesi, karıştırma kabı içinde yeniden homojen bir şekilde karıştırılır.
- Hava ölçerin alt silindirik kabı, içi nemli bir bezle silinerek düz bir zemin üzerine konur.
- Taze beton numunesi silindir kap içine 1/3 oranında doldurularak 25 şişleme ve yanlardan tokmaklama yapılarak sıkıştırılır.
- Silindir kabın 2/3'ü doldurularak 25 şişleme ve yanlardan tokmaklama yapılarak sıkıştırılır.
- Silindir kabın tamamı taşmayacak şekilde doldurularak 25 şişleme ve yanlardan tokmaklama yapılarak sıkıştırılır.
- Silindir kabın üzeri tesviye edilir ve kapağın temas ettiği kısımlar iyice temizlenip cihazın kapağı kapatılır ve yanlardaki kelepçeler sıkılır (Kapak ve silindir kap arasında basınç kaçağının olmaması sağlanmalıdır.).
- Musluk diplerindeki vanalar açılır ve muslukların herhangi birinden diğer musluktan su çıkana kadar silindir kap içine su eklemesi yapılır. Su eklenerek beton numunesi ile kapak arasında boşluk kalmaması sağlanır.
- Su ekleme bittikten sonra musluk diplerindeki vanalar iyice kapatılır.
- Kapak üzerindeki pompa vasıtasıyla kapalı hücre içine basınç gösterge ibresi, başlangıç basınç (sıfır) çizgisine gelene kadar hava pompalanır.
- Basınçlı havanın ortam sıcaklığına kadar soğuması için birkaç saniye beklendikten sonra biraz daha hava pompalanması veya basınçlı havanın bir miktar boşaltılması yoluyla basınç gösterge

ibresi başlangıç basınç (sıfır) çizgisine tam olarak getirilir. Bu esnada basınç göstergesi üzerine elle hafifçe vurulur.

- Daha sonra kapak üzerindeki ana hava mandalına basılarak basınçlı hava silindir kap içine bırakılır.
- Gösterge üzerine elle hafifçe birkaç defa vurulup ibrenin kararlı hâle gelmesi sağlanır.
- İbre kararlı hâle geldikten sonra aletin ibresi hangi değeri gösteriyorsa okunur ve taze betondaki hava miktarı o değer olarak bulunur.
- Deney tamamlandıktan sonra deney raporu hazırlanır.

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Deney, taze betonun özelliklerini tam olarak koruyabildiği süre içinde tamamlanır.
- Deneyde kullanılacak alet ve düzenekler standardına uygun olmalıdır.
- Deney sırasında alet içinden hiçbir şekilde su ve hava sızıntısı olmamalıdır.
- Betonda 40 mm'nin üzerindeki daneler mutlaka ayıklanmalıdır.
- Deneyde kullanılan suyun sıcaklığı ölçülmeli ve hesaplamalarda dikkate alınmalıdır.
- Ölçümler en az %1 duyarlıkla ölçülmelidir.
- Deney sonuçlarını etkileyebilecek ısı değişimleri ve darbelere karşı gerekli önlemler alınmalıdır.

4. DENEY UYGULAMASI

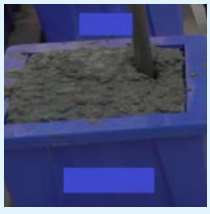
Öğretmeninizin size vereceği taze betondan standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak küp numune alma işlemini yapınız.

Deney Adı: Taze Betondan Numune Alma

Deney Süresi: Çökme (slump) ve hava miktarı tayini deneyleri yapıldıktan sonra numune alınıyorsa 45 dakika içinde deney ve numune alma işlemlerinin bitmesi gerekir. Çökme ve hava miktarı tayini deneyleri yapılmadan numune alınması durumunda en fazla 15 dakika içinde numunelerin kalıplanıp kaldırılması gerekir.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Kalıpların hazırlanması	• Taze beton numunesi alınacak kalıpların beton ile temas edecek yüzeylerini yağlayınız. • Yağlama işleminden sonra kalıplardaki deliklerin üstüne bir parça kâğıt koyunuz.	
 Taze betonun alınması	• Laboratuvardaysanız betoniyer, şantiyedeyseniz transmikserden taze betonu temiz ve nemlendirilmiş bir kap veya el arabasına alınız. • Alınan taze betonu homojen bir şekilde karıştırınız.	

 Taze betonun ilk tabakasının kalıba doldurulması	• Küp kalıp veya 10x20'lik silindir kalıp kullanıyor iseniz kalıbın yarısını taze beton ile doldurunuz. • 15x30'luk silindir kalıp kullanıyor iseniz kalıbın 1/3'ünü taze beton ile doldurunuz.	
 İlk sıkıştırmanın yapılması	• İlk tabaka doldurulduktan sonra sıkıştırma çubuğu ile dik ve eşit dağılım olacak şekilde 25 defa şişleme yaparak taze betonu sıkıştırınız. • **Not:** Laboratuvarda numune alma işlemi yapıyorsanız sıkıştırma için titreşimli sarsma tablası kullanabilirsiniz.	
 Taze betondaki havanın çıkarılması	• İlk tabakanın sıkıştırma işlemi bittikten sonra plastik tokmak ile kalıbın dışından dört kenardan kalıba vurarak beton içindeki hava kabarcıklarının çıkmasını sağlayınız.	
 Çipin yerleştirilmesi	• Küp kalıp veya 10x20'lik silindir kalıp kullanıyorsanız ilk tabaka doldurulduktan sonra beton üzerine kalıp yüzeyini ortalayacak şekilde RFID beton etiketini (çip) yerleştiriniz. • **Not:** 15x30'luk silindir kalıp kullanıyorsanız çip yerleştirme işlemini 2. tabakadan sonra yapınız. • **Not:** Laboratuvarda deneme betonu için numune alıyorsanız çip koymanıza gerek yoktur.	
 Taze betonun ikinci tabakasının kalıba doldurulması	• Küp kalıp veya 10x20'lik silindir kalıp kullanıyor iseniz kalıbın tamamını bir miktar taşacak şekilde taze beton ile doldurunuz. • 15x30'luk silindir kalıp kullanıyor iseniz kalıbın 2/3'ünü taze beton ile doldurunuz.	

 İkinci sıkıştırmanın yapılması	• İkinci tabaka doldurulduktan sonra sıkıştırma çubuğu ile dik ve eşit dağılım olacak şekilde 25 defa şişleme yaparak taze betonu sıkıştırınız.	
 Taze betondaki havanın çıkarılması	• İkinci tabakanın sıkıştırma işlemi bittikten sonra plastik tokmak ile kalıbın dışından dört kenardan kalıba vurarak beton içerisindeki hava kabarcıklarının çıkmasını sağlayınız.	
Taze betonun üçüncü tabakasının kalıba doldurulması (15x30'luk silindir kalıp kullanıyorsa)	• 15x30'luk silindir kalıp kullanıyor iseniz kalıbın tamamını bir miktar taşacak şekilde taze beton ile doldurunuz.	
Üçüncü sıkıştırmanın yapılması (15x30'luk silindir kalıp kullanıyorsa)	• Üçüncü tabaka doldurulduktan sonra sıkıştırma çubuğu ile dik ve eşit dağılım olacak şekilde 25 defa şişleme yaparak taze betonu sıkıştırınız.	
Taze betondaki havanın çıkarılması (15x30'luk silindir kalıp kullanıyorsa)	• Üçüncü tabakanın sıkıştırma işlemi bittikten sonra plastik tokmak ile kalıbın dışından dört kenardan kalıba vurarak beton içindeki hava kabarcıklarının çıkmasını sağlayınız.	
 Kalıp üzerinin tesviye edilmesi	• Son tabakayı doldurup sıkıştırma ve tokmaklama işlemi yapıldıktan sonra kalıbın üzerindeki fazla numuneyi mala veya su emmeyen düz bir alet ile sıyırınız ve üzerini testere yöntemiyle tesviye ediniz.	
 Numune tanıtıcı etiketin takılması	• Tesviye işlemi bittikten sonra taze beton numunesine ait bilgilerin yazılı olduğu tanıtıcı etiketi kenarlarından kıvırarak betonun üzerine yapıştırınız.	
 Çipli beton numunesinin sisteme tanıtılması	• Telefonun bluetooth özelliğini açınız. • RFID okuyucu el terminalini üzerindeki power (güç) butonuna basarak açınız. • Telefon ve RFID okuyucu el terminalini bluetooth üzerinden eşleştiriniz. • Mobil uygulamanın konum bilgisini alabilmesi için telefonun GPS özelliğini açınız. • RFID okuyucu el terminalini kalıplar üzerinde tutarak kalıp içindeki çipi okutunuz.	

 Numune kalıplarının bekletilmesi	• Etiket yapıştırma işlemi bittikten sonra kalıpları düz ve sarsıntısız bir yere taşıyınız ve üzerini su emmeyecek bir malzeme ile kapatarak bekletiniz. • Not: Şantiye ortamındaysanız yukarıdakilere ek olarak kalıpları güneş almayan, serin ve çevresel etkilerden zarar görmeyecek yerde bekletiniz.	
 Beton numunelerinin kalıptan çıkarılması	• Beton numuneleri gerekli sertliğe ulaşınca (16-72 saat sonra) numuneleri kalıptan çıkarınız. • Not: Numuneleri şantiye ortamında aldıysanız numunelerin şantiyeden laboratuvara taşıma işlemini kalıp içinde yapınız ve laboratuvara geldikten sonra kalıptan çıkarınız.	
 Beton numunelerinin kürlenmesi	• Kalıptan çıkardığınız numuneleri numaralandırarak 20±2 °C sıcaklıktaki su içine veya %95 nemli ortamda kür havuzuna veya kür odasına yerleştiriniz.	
Aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• İş sonrasında kalıpları temizleyip yağlayınız. • Diğer yardımcı aletleri bir sonraki numune alma işlemine hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

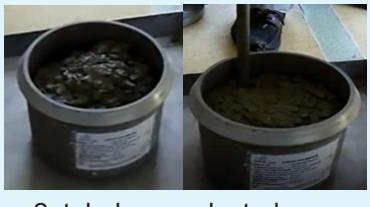
5. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği taze beton numunesinin hava miktarı tayinini standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak basınç ölçme yöntemiyle bulunuz.

Deney Adı: Taze Betonda Hava Miktarı Tayini

Deney Süresi: Numune alma ve hava tayininin ölçülmesi 5 dakika içinde bitirilmelidir.

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

Malzemelerin hazırlanması	• Deneyde kullanılacak basınç ölçer aleti ve diğer yardımcı malzemeleri hazır bir şekilde bulundurunuz. • Basınç ölçer göstergeli hava ölçme cihazının alt silindir kabının içerisini temiz ve nemli bir bezle siliniz.	
Beton numunesinin alınması	• Taze betonu bir kap veya el arabasına alıp homojen bir şekilde karıştırınız.	
Beton numunesinin 1. tabakasının doldurulması	• Taze beton numunesini silindir kap içine 1/3 oranında doldurunuz.	
1. tabakanın sıkıştırılması	• İlk tabaka doldurulduktan sonra sıkıştırma çubuğu ile dik ve eşit dağılım olacak şekilde 25 defa şişleme yaparak taze betonu sıkıştırınız. • İlk tabakanın sıkıştırma işlemi bittikten sonra plastik tokmak ile kaba dışarıdan vurarak beton içindeki hava kabarcıklarının çıkmasını sağlayınız.	
Beton numunesinin 2. tabakasının doldurulması	• Taze beton numunesini silindir kap içine 2/3 oranında doldurunuz.	
 2. tabakanın sıkıştırılması	• İlk tabakadaki gibi 25 şişleme yaparak ve yanlardan vurarak sıkıştırma işlemini yapınız.	

 Beton numunesinin 3. tabakasının doldurulması	• Taze beton numunesini silindir kaba taşmayacak şekilde tamamen doldurunuz.	
  3.tabakanın sıkıştırılması	• İlk iki tabakadaki gibi 25 şişleme yaparak ve yanlardan vurarak sıkıştırma işlemini yapınız.	
  Taze betonun tesviye edilmesi	• Son tabakayı doldurup sıkıştırma ve tokmaklama işlemi yapıldıktan sonra kabın üzerindeki fazla numuneyi mala veya su emmeyen düz bir alet ile sıyırınız ve üzerini testere yöntemiyle tesviye ediniz. • Kabın kapağının temas edeceği yerleri iyice temizleyiniz ve beton numunesi kalmadığına dikkat ediniz.	
 Silindir kapağın kapatılması	• Silindir kabın kapağını tam oturacak şekilde yerleştiriniz. • Kapağı yerleştirdikten sonra kapağın yanındaki kelepçeleri tam kapanacak şekilde kapatınız.	

  Hava ölçme aletinin içerisine su doldurulması	• Kapak üzerindeki muslukları açık hâle getiriniz. • Herhangi bir musluktan diğer musluktan su çıkışı oluncaya kadar su eklemesi yapınız. • Diğer musluktan su çıkınca kapak üzerindeki muslukları kapatınız.	
  Hücre içerisine hava doldurulması	• Kapak üzerindeki pompa vasıtasıyla basınç gösterge ibresi 0 (sıfır) çizgisine gelene kadar hücre içine hava pompalayınız.	
 Doldurulan havanın boşaltılması	• Kapak üzerindeki mandala basınız ve hücredeki havanın silindir kabın içine girmesini sağlayınız.	
 Hava miktarının ölçülmesi	• Basınç gösterge ibresinin gösterdiği değeri okuyunuz. • Okunan değeri taze betondaki hava miktarı olarak kaydediniz.	
Aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	• Basınç ölçerli hava cihazının kapağını ve silindir kabını iyice yıkayıp temizleyiniz. • Diğer yardımcı aletleri bir sonraki kullanıma hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

4. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Su/çimento (s / ç) oranının en az etkilenmesi için beton karışımında kullanılan agreganın nem durumu nasıl olmalıdır?
A) Doygun kuru yüzey hâlinde
B) Hava kurusu hâlinde
C) Etüv kurusu hâlinde
D) Suya doygun ve ıslak hâlde
E) Yüzeysel rutubetli hâlde

2. Beton karışım hesabı yapmanın amacı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 1 m^3 beton için gerekli agrega miktarını tespit etmek
B) 1 m^3 beton için gerekli çimento, agrega, su, hava ve katkı maddelerinin miktarlarını tespit etmek
C) 1 m^3 betonun maliyetini hesaplamak
D) 1 m^3 beton için gerekli malzemelerin hacimlerini tespit etmek
E) 1 m^3 beton için gerekli su ve katkı madde miktarını tespit etmek

3. Beton karışım hesabı yapılırken Dmax değerini bulmak için aşağıdaki hangi ölçütten yararlanılmaz?
A) Kalıp en dar kesiti
B) Döşeme derinliği
C) En dar donatı aralığı
D) Beton basınç dayanım değeri
E) Beton pas payı

4. Taze betondan numune alırken sıkıştırma işleminin nasıl yapıldığı aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?
A) 25 defa şişleme yapılarak
B) Kalıp yanlarından tokmaklayarak
C) Kalıbı, hava kabarcıkları çıkana kadar yere vurarak
D) 25 defa şişleme yapılıp kalıp yanlarından tokmaklayarak
E) Kalıba taze beton doldururken mala ucu ile bastırarak

5. Taze betondan küp veya silindir kalıplarda numune alınmasının amacı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Taze betonun özelliklerinin tayin edilmesi
B) Taze betonun hava miktarının tayin edilmesi
C) Taze betonun kıvam değerinin tayin edilmesi
D) Taze betonun su miktarının tayin edilmesi
E) Taze betonun özgül ağırlığının tespit edilmesi

6. Taze betondan numune alırken kullanılan kalıpların boyutları aşağıdakilerden hangisi gibidir?
A) Alınan numune sayısına göre ölçüleri belirlenen kalıp
B) Sadece 15x15 cm küp kalıp
C) Sadece 10x20 cm veya 15x30 cm silindir kalıp
D) Sadece 15x15 cm silindir kalıp
E) 15x15 cm küp, 10x20 cm silindir, 15x30 cm silindir kalıp

7. Aşağıdakilerden hangisi taze betondaki hava miktarının en doğru tanımıdır?
A) Beton içindeki su hacminin çimento hacmine oranının % (yüzde) olarak ifadesi
B) Beton içindeki su hacminin agrega hacmine oranının % (yüzde) olarak ifadesi
C) Beton içindeki su hacminin % (yüzde) olarak ifadesi
D) Beton içinde kapalı agrega boşlukları dışındaki var olan havanın hacminin beton hacmine oranı
E) Beton içinde kapalı agrega boşlukları dışındaki havanın hacminin beton hacmine oranının % (yüzde) olarak ifadesi

8. Betona hava sürükleyici katkı katmanın amacı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Betonun daha hafif olmasını sağlamak
B) Beton sertleştiğinde donmaya karşı direncinin yükselmesini sağlamak
C) Betonun dayanım değerinin yükselmesini sağlamak
D) Betonun boşluklu bir yapıya sahip olmasını sağlamak
E) Betonun daha geçirgen olmasını sağlamak

9. Taze betonda hava miktarı tayini yapılırken silindir kap içine taze beton numunesinin nasıl doldurulduğu aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?
A) Tek tabaka hâlinde doldurup 25 kez şişleme ve yanlardan tokmakla vurarak
B) 2 tabaka hâlinde ve her tabakadan sonra 25 kez şişleme ve yanlardan tokmakla vurarak
C) 3 tabaka hâlinde ve her tabakadan sonra 25 kez şişleme ve yanlardan tokmakla vurarak
D) 2 tabaka hâlinde ve herhangi bir sıkıştırma işlemi yapmadan
E) 3 tabaka hâlinde ve herhangi bir sıkıştırma işlemi yapmadan

10. Aşağıdakilerden hangisi beton içindeki havanın betona faydalarından değildir?
A) Betondaki agrega daneleri arasındaki sürtünmeyi azaltır.
B) Betonun işlenebilmesini kolaylaştırır.
C) Betonun boşluk oranını arttırarak betonun hafiflemesini sağlar.
D) Betonda kusma ve ayrışmayı önler.
E) Betonu donma çözülme etkisine karşı dayanıklılığını arttırır.







5. ÖĞRENME BİRİMİ

TAZE BETON KIVAM VE YOĞUNLUK (BİRİM HACİM KÜTLESİ) DENEYLERİ

KONULAR

5.1. TAZE BETONDA KIVAM DENEYİ (SLUMP)
5.2. TAZE BETONDA KIVAM (SIKIŞTIRMA FAKTÖRÜ) DENEYİ
5.3. TAZE BETONUN YOĞUNLUK DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Kıvam
- Slump
- Sıkıştırma faktörü
- Kıvam sınıfları
- Taze betonda yoğunluk

5.1. TAZE BETONDA KIVAM DENEYİ (SLUMP)

Kıvam, taze betonun kendi ağırlığı altında hareket etme kabiliyeti (akıcılığı) ve işlenebilme derecesidir. Betonun işlenebilme özelliği kıvamına bakılarak tayin edilir. Beton bileşenlerinin karışım oranı ve kullanıldığı agreganın türüne (hafif, normal ve ağır) göre betonun kuru yoğunluğu sıklıkla önemli derecede farklılık gösterir.

Kıvam, betonun kullanım yerine, betonu yerleştirme, sıkıştırma, mastarlama ve işçiliğine; şantiyede ise beton iletim imkânlarına (pompa, kova) bağlı olarak özenle seçilmesi gereken bir özelliktir. Beton kıvamının çok yüksek olması, betonun işlenebilirliği için yeterli değildir.

İşlenebilirlik, taze betonun kolaylıkla karıştırılabilmesi, ayrışma (segregasyon) olmadan taşınabilmesi, mümkün olduğu kadar az boşluk ile yerine yerleştirilebilmesi, sıkıştırılabilmesi ve yüzeyinin düzeltilebilmesi gibi durumları ifade etmektedir.

UYARI: Çimento su ile karıştırıldığında alkali açığa çıkar. Betonu karıştırırken çimento tozunun ağız, göz ve burna girmemesi için gerekli kişisel koruyucu donanımlar kullanılır. Uygun koruyucu eldiven giyerek cilt, ıslak çimento veya betonla temasına karşı korunur. Göze çimento veya beton harcı kaçması durumunda derhâl temiz suyla yıkanır. Gecikmeden tıbbi yardım alınır.

5.1.1. Çökme (Slump / Slamp) Deneyi (TS EN 12350-2, ASTM C143)

Çökme deneyi, laboratuvarda ve şantiyelerde standart boyutları belirlenmiş çökme konisi ile TS EN 12350-2' ye göre taze beton kütlesinin kendi ağırlığı altında yayılmasına karşı kayma direncini ölçmek için yapılır. En büyük agrega dane boyutu 40 mm'den küçük olan taze betonun kıvamını belirlemek için kullanılan pratik bir yöntemdir.

Çökme deneyi, 10 ile 200 mm arasında çökme değerine sahip olan betonların kıvamındaki değişimlere duyarlıdır. Bu sınırlar dışında çökme değerinin ölçülmesi yoluyla kıvam tayini uygun değildir. Bu durumda diğer [vebe, yayılma tablası, Kelly (Keliy) topu (batırma direnci), sıkıştırılabilme derecesi gibi] kıvam tayini deneyleri kullanılır.

5.1.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Çimento hamuru ile temas eden deney araç gereci, su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikteki metalden yapılmış olmalıdır. Deneyde kullanılan araç gereç ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tekrar Karıştırma Kabı: Betonun yeniden karıştırılmasında kullanılan metal malzemeden yapılmış esnemeyen sert yapılı (rijit) düz tepsidir. Tepsi ölçüleri, kare ağızlı kürek kullanılarak betonun tamamıyla tekrar karıştırılmasına uygun olmalıdır. Tekrar karıştırma kabı olarak el arabası veya harç teknesi kullanılabilir.

Kürek: Tekrar karıştırma kabı içindeki betonun uygun şekilde karıştırılabilmesi için gerekli olan kare ağızlı metal kürek kullanılır.

Nemli Bez: Taban plakası yüzeyine dökülen beton numunesinin temizlenmesinde kullanılır.

Kepçe: Kalıba beton doldurmak için kullanılan yaklaşık 100 mm genişlikte olan metal kepçedir. Kepçe yerine el küreği (şaşula) de kullanılabilir.

Kronometre (Süreölçer) veya Saat: Süreyi 1 sn. doğrulukla ölçebilecek özellikte olmalıdır.

Dijital Termometre: 15 cm uzunluğunda paslanmaz çelik yapıdan ve -50 ile 300 °C aralığında ölçüm yapabilen ± 1 °C hassasiyetli olan sıcaklık ölçerdir. Taze betonun sıcaklığını ölçmede kullanılır.

Çelik Mala: Yüzey tesviyesinde ve dökülen betonun toplanmasında kullanılır.

Kalıp (Çökme Konisi): Kalıp, 1,5 mm veya daha kalın metalden yapılmış olup taban çapı 200±2 mm, üst yüz çapı 100±2 mm ve yüksekliği (300±2) mm iç ölçülerine sahip, içi boş kesik koni şeklindedir. Kalıbın alt ve üst yüzü açık, birbirine paralel ve kalıp boyuna eksenine dik olmalıdır. Kalıp iç yüzeyi pürüzsüz ve düzgün olur. Yüzeyde oyuk veya çentik bulunmaz. Deney esnasında kalıbı oynamaz şekilde tutmak için kalıbın üst yüzüne yakın iki adet tutma parçası ve tabana yakın tespit kelepçeleri veya ayakla basma parçaları (mahmuz) bulunur (Görsel 5.1.a).

Sıkıştırma (Şişleme) Çubuğu: 16±1 mm çapında ve 600±5 mm uzunlukta ucu yuvarlatılmış olan daire kesitli düz çeliktir (Görsel 5.1.b).

Koni Doldurma Başlığı: Çökme konisi üzerine yerleştirilebilmesi için geçme bileziği olan metal başlıktır (Görsel 5.1.c).

Cetvel: Sıfır çizgisi cetvelin en ucunda olan ve 5 mm'den daha büyük olmayan aralıklarla bölümlenmiş 300 mm boyundaki cetveldir (Görsel 5.1.ç). Cetvel yerine şerit metre de kullanılabilir.

Taban Plakası: Üzerine kalıbın yerleştirileceği esnemeyen düz metal plaka veya diğer düz sert yüzeylerdir (Görsel 5.1.d).



Görsel 5.1: Slamp konisi deney seti

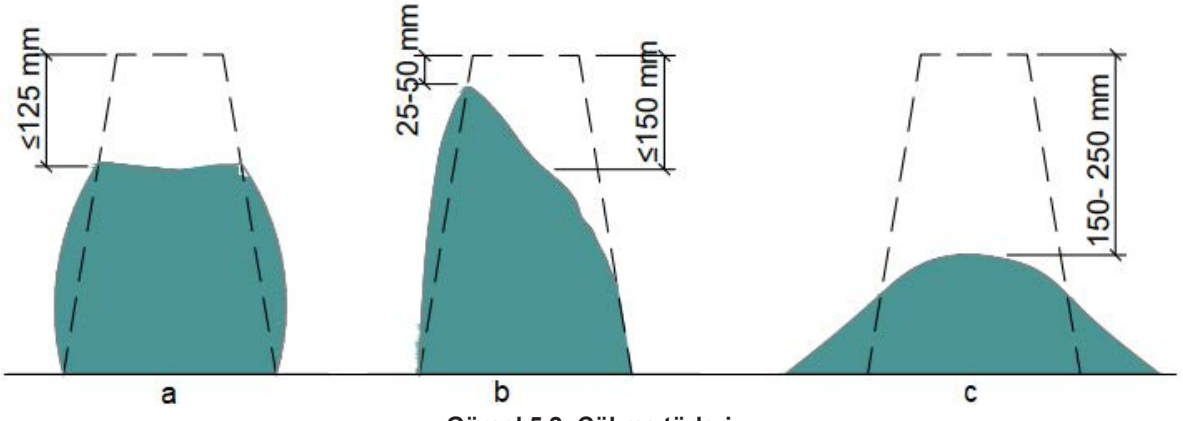
5.1.1.2. Deneyin Yapılışı

- **TS EN 12350-1** Standardı'na uygun olarak beton harmanını tam temsil edecek şekilde gerekli olduğu düşünülen miktarın bir buçuk katı kadar numune alınır.
- Alınan beton numunesinin sıcaklığı termometre ile ölçülerek kaydedilir.
- Deneye başlamadan önce beton deney numunesi tekrar karıştırma kabı içinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılır.
- Kalıbın iç yüzeyi ve taban plakası yüzeyi nemli bezle silinir ve metal taban plakası düzgün bir zemine konulur.
- Kalıp (çökme konisi), yatay konumdaki taban plakasının üzerine ortalanacak şekilde yerleştirilir.
- Taze betonun kalıba doldurulması sırasında kalıp tabana kelepçelenir veya iki ayakla basma parçasına basılır.
- Daha sonra el tutamaklarından tutarak kalıp hareket ettirilmeden taban plakası yüzeyine sıkıca bastırılır.
- Taze beton, kalıba eşit kalınlıkta üç tabaka hâlinde ve her tabakanın sıkıştırılmış durumdaki kalınlığı, kalıp yüksekliğinin yaklaşık olarak 1/3'ü olacak şekilde doldurulur.
- Doldurma sırasında her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile 25 defa şişlenerek sıkıştırılır. Sıkıştırma çubuğu darbeleri her tabakanın yüzey alanına düzgün dağılmalıdır.
- En alt tabaka sıkıştırılırken darbelerin yüzeye düzgün dağıtılması için sıkıştırma çubuğu düşey doğrultuya göre hafifçe yatırılır. Sıkıştırma darbelerinden en az yarısı kenardan ortaya / merkeze doğru dairesel (spiral-helezonik) şekilde hareket ettirilerek farklı noktalara vurulur.
- Orta ve üst tabakanın yerleştirilmesi sırasında şiş alttaki katmana yaklaşık 2,5 cm kadar girmelidir. En üst tabakada beton numunesi kalıp üst yüzeyinden daha yukarıda olacak şekilde doldurulduktan sonra sıkıştırma işlemi yapılır.
- En üst tabakanın sıkıştırılması sırasında taze beton seviyesinin kalıp üst yüzeyinden daha aşağı seviyeye düşmesi hâlinde beton seviyesi kalıp üst yüzeyinden daha yukarıda olacak şekilde beton ilave edilir.
- Sıkıştırma işleminin tamamlanmasından sonra sıkıştırma çubuğu ile kesme ve yuvarlama hareketleri yapılarak ya da çelik mala kullanılarak kalıp üst yüzeyi tesviye edilir. Kalıp üst yüzeyinden taşan fazla beton sıyrılıp alınır.
- Taban plakası yüzeyine dökülen beton numunesi nemli bezle temizlenir.
- Kalıbın çekilme işlemi 5 ile 10 sn. arasında tamamlanır. Kalıp sabit hızda dik bir şekilde çekilir. Bu esnada beton kütlesine yanal hareket veya burulma hareketi yaptırılmaz.

- Beton üç tabaka hâlinde koniye yerleştirildikten sonra koni yavaşça dik bir şekilde yukarıya kaldırılır ve koni çöken betonun yanına ters çevrilerek konulur.
- Şişleme çubuğunun alt yüzeyi ile çöken betonun üst yüzeyi arasındaki mesafe üç farklı noktadan ölçülerek ortalaması alınır. Elde edilen bu ortalama değer, taze betonun çökme değeri olarak deney formuna yazılır.
- Çökme miktarı ölçüldükten sonra beton numunesinin işlenebilirliği hakkında bilgi edinmek için çökme şekli gözlemlenir ve deney formuna kaydedilir.
- Tüm deney işlemi, betonun kalıba doldurulmaya başlanmasından kalıbın çekilerek alınmasına kadar herhangi bir kesinti olmaksızın 150 sn.de tamamlanır.
- Deney bittikten sonra çalışma ortamı zemini ve deneyde kullanılan araç gereç temizlenir.

5.1.1.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması, Değerlendirilmesi ve Raporun Hazırlanması

Koni çekildikten sonra taze beton bileşenlerinin miktarı ve türüne bağlı olarak Görsel 5.2'de verilen farklı çökme şekilleri [gerçek (düzgün) çökme (a), kayma çökmesi (b) ve tam çökme (c)] meydana gelebilir. Deney sonuçları, bu çökme şekillerine göre değerlendirilir.



Görsel 5.2: Çökme türleri

Gerçek (Düzgün) Çökme: Beton kütlesinin şeklinde fazla bozulma ve kırılma olmadan meydana gelen ve beton üst yüzeyinde aşağı yukarı eşit miktarda oluşan çökme şeklidir (Görsel 5.2.a). Bu tür çökme, betonun yeterli kohezyona (**birbirini tutma)** ve işlenebilirliğe sahip olduğunu gösterir.

Kayma Çökmesi: Taze beton kütlesinin bir tarafında çok az, diğer tarafında çok fazla dağılmanın olduğu çökme şeklidir (Görsel 5.2.b). Taze beton kütlesinin Görsel 5.2.b'deki gibi kayması hâlinde yeni numune kullanılarak deney tekrarlanır. Art arda yapılan iki deney sonucunda beton kütlesinden kayarak ayrılan parça olması taze betonun yeterli işlenebilirlik ve kohezyona sahip olmadığını gösterir.

Tam Çökme: Taze beton kütlesinin üst yüzeyine göre tamamen yayıldığı çökme şeklidir (Görsel 5.2.c). Bu tür çökme genel olarak beton karışımında su / çimento oranının yüksek ve çimento miktarının yetersiz olduğunu gösterir.

Deney sonuçları, taze betonun sadece düzgün şekilde çökmesi hâlinde geçerli olur. Düzgün çökme meydana gelen deneyde çökme değeri (h) en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir. Genel olarak çökme değeri aynı olan betonların benzer ölçüde işlenebilirlik gösterdiği ve aynı amaçlarla kullanılabilecekleri kabul edilir. Bu nedenle çökme deneyi aynı zamanda taze betonun homojenliği ve kalitesini kontrol etmek için kullanılır.

TS EN 206'ya göre deney sonucunda elde edilen çökme değerleri ve kıvam sınıfları Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: TS EN 206'ya Göre Taze Betonun Çökme Sınıfları

KIVAM SINIFI	ÇÖKME DEĞERİ (mm)	İŞLENEBİLİRLİK SINIFI
S1	10- 40	Kuru
S2	50- 90	Plastik
S3	100- 150	Akıcı
S4	160- 210	Çok akıcı
S5	220	Yayılan

Deneyin yapılışı esnasında deney takip formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar Tablo 5.2'deki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydedilir. Deney raporunun içeriği ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenir ve imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.



Tablo 5.2: Deney Değerlendirme Raporu

1. DENEYE AİT GENEL BİLGİLER	
Deneyin Yapıldığı Yer	Laboratuvar / Şantiye
Deneyin Ait Olduğu İş	
Deney Tarihi	…../…../20…..
Deneyin Adı	
Deney Standartları	
Deney Metodu	
Rapor Tarihi ve No.	

2. DENEY NUMUNESİNE VE ORTAM ŞARTLARINA AİT BİLGİLER			
Numuneyi Alanın Adı Soyadı		Numune Alma Tarihi	
Hazır Beton Üretici Firma		Numune Alma Saati	
İrsaliye No.		Ortam Sıcaklığı (°C)	
Alındığı Yer (Kiriş, Kolon vs.)		Betonun Sıcaklığı (°C)	
Beton Sınıfı ve Numunenin Temsil Ettiği Miktar (m^3)		Su / Çimento Oranı	
Kullanılan Katkı Türü ve Miktarı (%)		Çimento Tipi	
Taze Betonun Birim Hacim Kütlesi		Agrega D_{max} (mm)	

3. DENEY SONUÇLARINA AİT BİLGİLER						
Çökme (Slamp) Deneyi			Çökme miktarı (mm)		Kıvam Sınıfı	
Sıkıştırma Faktörü Deneyi	Tartım Sonuçları (kg)			Sıkıştırma Faktörü Değeri (CF)	$CF_{Ort.}$	İşlenebilirlik Derecesi
	Silindir Kabın Boş Kütlesi (M_0)	Kısmen Sıkıştırılmış Kütle (M_p)	Tamamen Sıkıştırılmış Kütle (M_f)			
1.DENEY						
2.DENEY						
Deney Sonucunu Etkileyen Olumsuz Faktörler:						
Bulgular ve Sonuçların Değerlendirilmesi:						
EKLER (Deney Takip Formu vb.):						

4. DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER			
SIRA NO.	ADI SOYADI	GÖREVİ	İMZA
1			
2			
3			

5. DENEYİ ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER			
SIRA NO.	ADI SOYADI	GÖREVİ	İMZA
1			
2			

1. DENEY UYGULAMASI

C30 beton karışım reçetesine uygun hazırladığınız taze betondan numune alarak, taze betonun kıvamını çökme (Slamp) deneyi yöntemiyle, **TS EN 12350-2** Standardı'na uygun belirleyiniz.

Deney Adı: Çökme (Slamp) Deneyi Yöntemiyle Taze Betonun Kıvam Tayini

Deney Süresi: Taze beton hazırlama ve uygulama dâhil toplam 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel 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.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecinin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Deneyde aletlerinin uygun ölçülerde ve düzgünlükte olup olmadığı kontrol ediniz.	
  Deney numunesinin alınması ve deneye hazırlanması	• C30 beton karışım reçetesine uygun taze beton hazırlayınız. • TS EN 12350-1'e uygun olarak beton harmanını tam temsil edecek şekilde gerekli miktarın bir buçuk katı kadar numune alınız. • Alınan beton numunesinin sıcaklığını termometre ile ölçerek Tablo 5.2'deki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydediniz. • Aldığınız taze beton numunesini, tekrar karıştırma kabı içinde kare ağızlı kürekle karıştırarak deneye hazırlayınız.	
 Slamp konisinin beton numunesi ile doldurulması	• Slamp konisinin iç ve taban plakasının üst yüzeyini nemli bezle siliniz. • Metal taban plakasını düzgün bir zemine koyunuz. • Slamp konisini metal taban plakasının (tepsinin) üzerine ortalayacak şekilde yerleştiriniz. • Koniyi taze beton numunesi ile doldurunca kadar kenar tutamaklarından elle tutarak ve koni tabanındaki çıkıntılara ayakla basarak sabit bir şekilde tutunuz. • Hazırlanan taze betonu, mala, el küreği veya kepçe yardımı ile slamp konisine hacimce eşit üç tabaka hâlinde doldurunuz.	

 Slamp konisine doldurulan beton numunesinin şişlenerek sıkıştırılması	• Her tabakayı ayrı ayrı, şişleme çubuğu ile 25 defa şişleyerek yerleştirmeyi unutmayınız. • • Yerleştirilen her tabakada şişleme işlemini, şişleme çubuğu ile kenardan ortaya doğru dairesel olarak farklı noktalardan yapınız. • Yerleştirilen en alt tabaka betonu kendi derinliğince şişleyiniz. • Diğer tabakalarda ise bir önceki tabakaya yaklaşık 2,5 cm girecek şekilde şişleyiniz.	
 Koni üst yüzeyinin düzeltilmesi ve koninin çekilmesi	• En üst tabakanın şişleme işlemini bitirdikten sonra şişleme çubuğu ile kesme ve yuvarlama hareketi yaparak veya çelik mala kullanarak koninin üst yüzeyini tesviye ediniz. • Slamp konisinin etrafına ve taban kabına dökülen betonu temizlemeye özen gösteriniz. • Tüm bu işlemlerden hemen sonra koniyi tutamaklarından tutunuz ve burkmadan dik bir şekilde 5 ile 10 sn. içinde yavaşça çekerek alınız.	
 Taze betonun çökme miktarının ölçülmesi	• Beton kendi ağırlığı ile ıslaklık derecesine bağlı olarak az veya çok miktarda bir çökme / yayılma gösterecektir. Bu durumda düzgün (gerçek) çökme olup olmadığını dikkatlice gözlemleyiniz. • Slamp konisini çektikten hemen sonra koniyi ters çevirerek çökme yapan taze betonun yanına koyunuz. • Daha sonra şişleme çubuğunu koninin üzerine yatay olarak yerleştiriniz. • Şişleme çubuğunun alt seviyesi ile çökme yapmış olan betonun üst yüzeyinin yüksekliği arasındaki mesafeyi, üç farklı noktadan şerit metre veya cetvelle ölçünüz. • Ölçülen bu değerlerin ortalamasını alarak betonun çökme (slamp) değerini belirleyiniz. • Çökme değerini Tablo 5.2'deki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydediniz.	

Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra çalışma ortamı zeminini ve deneyde kullandığınız araç gereci özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Çökme miktarına göre sonuçların değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Çökme değerine göre TS EN 206'da tanımlanan taze beton kıvam sınıfını belirleyiniz. • Deney sonrasında Tablo 5.2'deki Deney Değerlendirme Raporu'nu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

5.2. TAZE BETONDA KIVAM (SIKIŞTIRMA FAKTÖRÜ) DENEYİ

Bu deney düşük, orta ve yüksek işlenebilirliğe sahip taze betonun tam ve kısmen sıkışık durumdaki kütlelerinin birbirine oranını belirleyerek sıkıştırılabilirliğini tespit etmek için yapılır. Sıkıştırma faktörü deneyi, en büyük dane boyutu 40 mm olan betonlara uygulanır. Deney aparatının boyutu şantiyede kullanımını zorlaştırdığından yaygın olmayan bu deney, çökme deneyinden daha kesin sonuçlar vermektedir.

5.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Çimento hamuru ile temas eden deney araç gereci, su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikteki metalden yapılır. Deneyde kullanılan araç gereç ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Düz Kenarlı Mastar: Deneyde kullanılan kabın üst yüzünün en büyük iç ölçüsünden en az 100 mm'den daha uzun olan ve yüzey düzeltmede kullanılan çelikten mastardır.



Görsel 5.3: Sıkıştırma faktörü deney aparatı

Sıkıştırma Faktörü Deney Aparatı: Çelik bir dikmeye monte edilmiş ve aralarında 20 cm'lik düşey mesafe bulunan, hacimleri birbirlerinden farklı iki adet koni hazne ile 150 mm çap ve 285 mm boyunda altı kapalı silindir kaptan oluşur (Görsel 5.3). Beton numunesinin silindir kaba serbestçe akmasını sağlayan her koni haznenin alt ucuna bağlı menteşeli kapak bulunur. Koni hazneler ve silindir kap temizlik için kolayca çıkarılabilir.

Deneyde Kullanılan Diğer Araç Gereç: İç (daldırma tipi) vibratör, titreşim masası, elektronik dijital terazi, sıkıştırma (şişleme) çubuğu, cam levha, nemli bez, dijital termometre, kronometre (süreölçer) veya saat, düz kenarlı mastar veya sıyırma cetveli, tekrar karıştırma kabı (numune alma tepsisi, el arabası veya harç teknesi), el küreği, plastik tokmak, mala, kürek (kare ağızlı) ve kepçedir.

5.2.2. Sıkıştırma Faktörü Deneyinin Yapılışı

- **TS EN 12350-1** Standardı'na uygun olarak beton harmanını tam temsil edecek şekilde yeterli miktarda taze betondan numune alınır.
- Alınan beton numunesinin sıcaklığı termometre ile ölçülerek kaydedilir.

- Deneye başlamadan önce beton deney numunesi karıştırma kabı içinde kare ağızlı kürek veya çelik mala kullanılarak yeniden karıştırılır.
- Konilerin ve silindir kabın iç yüzeyi nemli bezle silinerek temizlenir.
- En alttaki silindir kalıp tartılır ve boş kütlesi (M_0) en yakın 10 g'a yuvarlanarak belirlenir.
- Deneye tabi tutulacak taze beton numunesi, sıkıştırma yapmadan kepçe veya el küreği ile yavaşça üst koniye doldurulur.
- Koni tamamen doldurulduktan sonra çelik mala, düz kenarlı mastar veya sıyırma cetveli kullanılarak koninin üst yüzeyi tesviye edilir.
- Koni altındaki kapak açılarak numune, müdahale edilmeden serbestçe alt koniye düşürülür. Bazı karışımların konilerden birine veya her ikisine birden yapışma durumu gözlenebilir. Bu durumda, sıkıştırma çubuğunu üst, konin alt ucundan çıkana kadar betonu hafifçe iterek betonun geçmesi sağlanır. Beton yerinden oynamazsa sıkıştırma çubuğu kaldırılarak beton huniden düşene kadar işlem tekrarlanır. Betonun düşmesine yardımcı olmak için sıkıştırma çubuğu kullanılması durumunda betonun kaç kez çubuklandığı / şişlendiği sayılır ve deney raporuna kaydedilir.
- Beton numunesi, alttaki ikinci koniye dolduktan hemen sonra koni altındaki kapak açılır ve beton numunesinin serbestçe silindir kabın içine akması sağlanır.
- Silindirin üst seviyesinin üzerinde kalan fazla beton, malanın kenarı düzleme yatay olacak şekilde silindirin tepesi boyunca kesme hareketi yapılarak düzeltilir.
- Silindir kabın dış yüzeyi nemli bir bezle temizlenir.
- Silindir kap ve serbestçe düşerek kaba yerleşen betonun kütlesi 10 g hassasiyetle tartılır. Boş silindir kabın kütlesi çıkarılarak kısmen sıkıştırılmış betonun 10 g hassasiyetle kütlesi hesaplanır ve M_p olarak kaydedilir.
- Taze beton numunesi, tekrar karıştırma kabına alınır ve yeniden karıştırılır.
- Beton harcı kepçe yardımıyla alınarak yaklaşık 5 cm'lik eşit altı tabaka hâlinde silindire yerleştirilir. Her tabaka şişleme çubuğu, titreşim masası veya vibratör kullanılarak sıkıştırılır. Daldırma tipi iç vibratör veya titreşim masası kullanarak sıkıştırma işlemi yapılacaksa uygun sürede ayrışma olmayacak şekilde sıkıştırma işlemi yapılmalıdır.
- Tam sıkışmanın sağlanması için her tabakaya uygulanacak vuruş sayısı, beton kıvamına bağlı olarak en az 30 defa, alt tabakaya fazla girmeyecek ve silindir kabın tabanına çarpmayacak şekilde sıkıştırma çubuğu ile kuvvetlice sıkıştırılır. Her tabakada sıkıştırma çubuğu darbelerinden geri kalan boşlukların dolmasını sağlamak için kabın dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulur.
- En üst tabaka sıkıştırıldıktan sonra düz kenarlı mastar veya çelik mala kullanılarak beton seviyesi silindir kabın üst kenar seviyesine getirilerek tesviye edilir.
- Silindir kabın dış kısımları nemli bir bezle temizlenir.
- Silindir kap ve içindekiler 10 g hassasiyetle tartılır ve boş silindir kabın kütlesi çıkarılarak tam olarak sıkıştırılmış betonun 10 g hassasiyetle kütlesi hesaplanır ve M_f olarak kaydedilir.
- Deney sonucundan emin olunması açısından deney en az iki defa yapılmalı ve elde edilen değerlerin ortalaması alınır.
- Deney bittikten sonra çalışma ortamı zemini ve deneyde kullanılan araç gereç temizlenir.

5.2.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması, Değerlendirilmesi ve Raporunun Hazırlanması

Sıkıştırma faktörü, şu formül ile hesaplanır:

$$CF = M_P / M_F$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:
CF: Sıkıştırma faktörü **[**Compacting factor (kompaktın fakto)]
M_p: Kaba serbestçe düşerek kısmen sıkıştırılmış betonun kütlesi, g
M_f: Tamamen sıkıştırılmış betonun kütlesi, g
Sonuç iki ondalık basamakla ifade edilir. Sıkıştırma faktörü deneyi, sıkıştırma faktörü değeri **0,75 ≤ CF ≤ 0,95** arasında olan kuru ve plastik kıvamlı betonlar için uygundur. Çok akıcı kıvamlı betonların sıkıştırma faktörü 1'e yakın değerler aldığından betonun kıvamı hakkında bilgi alınması zordur. Genellikle **CF≥0,95** durumu kıvam değerlendirmesi için uygun değildir.

Tablo 5.3: Sıkıştırma Faktörü Deneyi Sonuçlarının İşlenebilirlik Derecesiyle İlişkilendirilmesi

SIKIŞTIRMA FAKTÖRÜ (CF)	İŞLENEBILIRLIK DERECESİ	UYGULAMA ALANI
< 0.70	Çok kuru	
0,75-0,85	Kuru	Yollarda veya diğer büyük kütle betonlarda vibrasyonlu beton
0,85-0,90	Plastik	Vibrasyonsuz kütle beton ve temeller, vibrasyonlu seyrek donatılı yapı elemanları
0,90-0,95	Akıcı	Vibrasyonsuz beton normal donatılı işler ve vibrasyonlu yoğun donatılı yapı elemanları
>0,95	Çok akıcı	Yoğun donatılı ve normalde vibrasyon için uygun olmayan yerler

Sıkıştırma faktörü deneyi, sıkıştırılabilirlik hakkında çökme deneyine kıyasla daha fazla bilgi verir. Doğrudan ilişkili olmasa da sıkıştırma faktörü deneyi sonuçları çökme ile ilişkilendirilebilir. Tablo 5.3'te sıkıştırma faktörü deneyi sonuçları işlenebilirlik derecesi ile ilişkilendirilir.

Deneyin yapılışı esnasında deney takip formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar Tablo 5.2'deki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydedilir. Numune alma tarihi, saati ve yeri ile numune alma sayısı; kullanılan ekipman (takım / donanım) türü, sıkıştırma çubuğunun vuruş sayısı veya titreşim süresi dahil olmak üzere sıkıştırma yöntemi (elle veya mekanik), kullanılan aparat tipi gibi deney standardında istenen bilgiler deney raporuna eklenmelidir. Deney raporu düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

2. DENEY UYGULAMASI

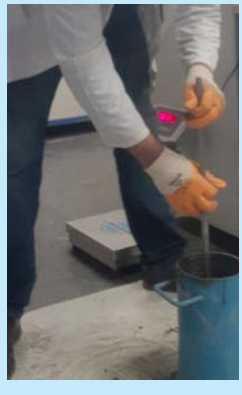
C30 beton karışım reçetesine uygun hazırladığınız taze betondan numune alarak taze betonun kıvamını sıkıştırma faktörü yöntemiyle BS 1881-103:1993 Standardı'na uygun belirleyiniz.

Deney Adı: Sıkıştırma Faktörü Yöntemiyle Taze Betonun Kıvam Tayini

Deney Süresi: Taze beton hazırlama ve uygulama dâhil toplam 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel 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.	

Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Deney aletlerinin uygun ölçüler ve düzgünlükte olup olmadığını kontrol ediniz.	
 Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	• C30 beton karışım reçetesine uygun taze beton hazırlayınız. • **TS EN 12350-1'**e uygun olarak beton harmanını tam temsil edecek şekilde gerekli miktarın bir buçuk katı kadar numune alınız. • Alınan beton numunesinin sıcaklığını termometre ile ölçerek Tablo 5.2'deki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydediniz. • Aldığınız taze beton numunesini, tekrar karıştırma kabı içinde kare ağızlı kürekle karıştırarak deneye hazırlayınız.	
 Kabın boş kütlesinin belirlenmesi	• Silindir kabı tartarak boş kütlesini (M_0) belirleyiniz. • Silindir kabın kütlesini en yakın 10 g'a yuvarlayarak kaydediniz.	
 Üst koninin beton numunesi ile doldurulması ve yüzey tesviyesinin yapılması	• Konik haznelerin ve silindir kabın iç yüzeyini nemli bir bezle silerek temizleyiniz. • Deneye tabi tutulacak taze beton numunesini, el küreği ile yavaşça üst koniye taşma seviyesine kadar doldurunuz. Doldurma işlemi sırasında herhangi bir sıkıştırma yapmamaya özen gösteriniz. • Koniyi tamamen doldurduktan sonra düz kenarlı mastar veya sıyırma cetveli kullanarak koni üst yüzeyini tesviye ediniz.	

  Koni alt kapağının açılması	• Üst koni altındaki kapağın mandalını açarak taze beton numunesinin serbestçe alt koniye düşmesini sağlayınız. • Beton numunesi, alttaki ikinci koniye dolduktan hemen sonra koninin altındaki kapağı açarak taze betonun serbestçe silindir kabın içine akmasını sağlayınız. • Bazı karışımların konilerden bir veya her ikisine birden yapışma durumu oluşabilir. Bu durumda betonu, sıkıştırma çubuğuyla üstten koninin alt ucundan çıkana kadar hafifçe itiniz, betonun geçmesini sağlayınız. • Betonun yerinden oynamaması durumunda sıkıştırma çubuğunu kaldırarak betonu huniden düşürene kadar işlemi tekrarlayınız. • Betonun düşmesine yardımcı olmak için sıkıştırma çubuğu kullandıysanız betonu kaç kez çubukladığınızı / şişlediğinizi sayınız ve deney raporuna yazınız.	
  Kısmen sıkıştırılmış beton kütlesinin belirlenmesi	• Silindir kabın üst seviyesinin üzerinde kalan fazla betonu, sıyırma cetveli kullanarak veya malanın kenarı düzleme yatay olacak şekilde silindirin tepesi boyunca kesme hareketi yaparak düzeltiniz. • Silindir kabının dış yüzeyini nemli bir bezle temizleyiniz. • Silindir kap ile serbestçe düşerek kalıba yerleşen (kısmen sıkıştırılmış) betonu 10 g hassasiyetle tartınız. • Boş silindir kabın kütlesini çıkartarak 10 g hassasiyetle kısmen sıkıştırılmış betonun kütlesini hesaplayınız ve M_p olarak deney formuna kaydediniz. • Silindir kaptaki beton numunesini tekrar karıştırma kabına boşaltınız.	
 Taze betonun silindir kaba sıkıştırılarak doldurulması	• Tekrar karıştırma kabına aldığınız beton numunesini karıştırınız. • Beton numunesini, yaklaşık 5 cm kalınlığında altı tabaka hâlinde silindir kaba sıkıştırarak yeniden doldurunuz. • Her tabakayı, beton kıvamına bağlı olarak en az 30 kez, sıkıştırma çubuk alt tabakaya çok fazla girmeyecek ve kabın tabanına çarpmayacak şekilde kuvvetlice şişleyerek sıkıştırınız. • Çubuk ile sıkıştırmada belirli aralıklarda ve yeterli sıklıktaki noktalardan dik olarak yapmaya özen gösteriniz. • Her tabakada sıkıştırma çubuğu darbelerinden geri kalan boşlukların dolmasını sağlamak için kabın dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurunuz. • Sıkıştırma işlemini, her tabakada daldırma tipi iç vibratör veya titreşim masası kullanarak da yapabileceğinizi unutmayınız.	

  Kap yüzeyinin tesviye edilmesi ve tam sıkışık beton kütlesinin belirlenmesi	• En üst tabakayı tamamen sıkıştırdıktan sonra düz kenarlı mastar veya çelik mala kullanarak, beton seviyesini silindir kabın üst kenar seviyesine getirerek tesviye ediniz. • Silindir kabın dış kısımlarını temizledikten sonra 10 g hassasiyetle tartarak tam sıkışık kütlesini (M_s) belirleyiniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra çalışma ortamı zeminini ve deneyde kullandığınız araç gereci özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney sonuçların hesaplanması, değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Sıkıştırma faktörü değerini hesaplayınız. • Deney sonuçlarını, standardına uygun olarak değerlendiriniz. • Tablo 5.2'deki Deney Değerlendirme Raporu'na ait gerekli bilgileri doldurunuz ve imzalayarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmeninize teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

5.3. TAZE BETONUN YOĞUNLUK DENEYİ

Laboratuvarda ve şantiyede sıkıştırılmış taze betonun yoğunluğunun belirlenmesi ve sertleşmiş betonun yoğunluğu hakkında tahminde bulunmak amacıyla yapılan bir deneydir. Bu deney, normal vibrasyonla yerleştirilemeyen çok katı betonlara uygulanamayabilir.

5.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Çimento hamuru ile temas eden deney araç gereci, su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikteki metalden yapılmış olmalıdır. Deneyde kullanılan araç gereç ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Kap: Deney sırasında şeklini koruyabilen rijitlikte, silindir, kare ve dikdörtgen kesitli; sert plastik veya metalden yapılmış sızdırmaz kaplardır. Kabın en küçük boyutu, betonda kullanılan iri agreganın en büyük dane alma boyutunun en az dört katı kadar olur ve 150 mm'den de küçük olmaz. Kabın hacmi en az 5 litre olmalıdır. Bazı durumlarda imalat kontrolü deneyleri için 5 litreden küçük hacimli kaplar kullanılabilir.

Doldurma Başlığı: Betonun kaba doldurma işlemi, gerektiğinde kabın üzerine sıkıca geçen doldurma başlığı kullanılarak kolaylaştırılabilir.

Deneyde Kullanılan Diğer Araç Gereç: Termometre, betonu sıkıştırma araçları (tokmak, şişleme çubuğu, titreşimli masa, daldırma tipi iç vibratör), elektronik dijital terazi, süreölçer veya saat, tekrar karıştırma kabı, düz kenarlı mastar veya sıyırma cetveli, kepçe, çelik mala veya perdah malası, kare ağızlı kürek ve cam levhadır.

Deneyde Kullanılan Kabın Hacminin Belirlenmesi

Kabın hacmini belirlemek için iki yöntem kullanılır.

1.Yöntem: Su Kullanılarak Kabın Hacminin Belirlenmesi

Herhangi bir geometrik şekle sahip kabın hacmini belirlemek için kullanılan ve hassas sonuçlar elde edilen referans bir yöntemdir. Bu yönteme göre kabın hacmi (V), aşağıda tarif edilen şekilde belirlenmelidir.

- Boş kap ve cam levha birlikte %0,1 doğrulukla tartılır ve ölçülen kütlesi M_1 olarak kaydedilir.
- Kap yatay bir yüzeye yerleştirilir ve (20±5) °C sıcaklıktaki su, kabın üst kenarlarından taşıncaya kadar doldurulur. Cam levha, altında hava boşluğu kalmayacak şekilde sürülerek kap üzerine yerleştirilir.
- Suyla dolu olan kap, üzerindeki cam levha ile %0,1 (binde bir) doğrulukla tartılır ve kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- Kabı doldurmak için gerekli olan su kütlesi (kg), 998 kg / m^3e bölünerek kabın hacmi hesaplanır.
- Kabın hacmi (V), m^3 olarak %0,1 (binde bir) yaklaşımla kaydedilir.

Kabın hacmi, aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır.

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

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:

M_1: Kabın boş kütlesi, kg

M_2: 20 santigrat derecedeki suyla birlikte kabın toplam kütlesi, kg

d: Suyun 20 °C'daki birim hacim kütlesi (yoğunluğu), 998 kg/m^3

V: Kabın hacmi, m^3

2.Yöntem: Ölçümle Elde Edilen Hacim

Düzgün geometrik şekle sahip olan kapların hepsi için uygun olan bir yöntemdir. Bu yöntemde kabın geometrik şekline göre kabın iç boyut ölçümleri kullanılarak m^3 cinsinden hacmi hesaplanır. Sonuç, binde bir hanesine yuvarlatılarak gösterilir.

5.3.2. Deneyin Yapılışı

- Deney başlamadan önce kabın hacmi tam olarak belirlenir.
- Beton deney numunesi, **TS EN 12350-1**'e uygun olarak beton harmanını tam temsil edecek şekilde ve yeterli miktarda numune alınır.
- Alınan beton numunesinin sıcaklığı termometre ile ölçülerek kaydedilir.
- Deneyde kullanılacak taze beton deney numunesi, tekrar karıştırma kabı içinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılır.
- Kabın boş kütlesini belirlemek için kap tartılır ve elde edilen değer (M_1) kaydedilir.
- Doldurma başlığı kullanılıyorsa betonun sıkıştırılmasından sonra başlık içinde kap yüksekliğinin %10-%20 arasında kalınlıkta beton tabakası kalacak şekilde kaba beton numunesi doldurulur.
- Beton deney numunesi, en az iki tabaka hâlinde yerleştirilerek sıkıştırılır.
- Beton deney numunesi kaba yerleştirildikten hemen sonra yüzeye aşırı şerbet çıkmayacak ve ayrışma olmayacak şekilde tam sıkışma sağlanır.
- Her beton tabakası, daire veya prizmatik şişleme çubuğu kullanılarak elle sıkıştırılır ya da mekanik vibrasyonla (titreşim masası veya daldırma tipi iç vibratör kullanılarak) tam sıkışma sağlanır.
- Şişleme yoluyla sıkıştırma esnasında tam sıkışma sağlanması için her tabaka en az 25 defa şişlenmelidir. Şişleme yoluyla yapılan sıkıştırmada uygulanacak vuruş sayısı beton kıvamına bağlı olarak değişir.
- Her tabakada sıkıştırma çubuğu darbelerinden geri kalan boşlukların dolmasını sağlamak için kabın dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulur.

- Sıkıştırmada kullanılacak sıkıştırma metodu ve aletlere göre bazı kurallara uyulur.
- Doldurma başlığı kullanılmışsa sıkıştırma işleminden sonra doldurma başlığı alınır.
- En üst tabakanın sıkıştırılmasından sonra kap üst yüzeyi, çelik mala kullanılarak tesviye edilir.
- Kap yüzeyi düz kenarlı mastar ile sıyrılmalı ve beton seviyesi kabın üst kenar seviyesine getirilir. Daha sonra kabın dış yüzeyi temizlenir.
- Kabın dış yüzeyi temizlenerek kap ile kalıba iyice sıkıştırılarak yerleştirilen beton tartılarak kütlesi (M_2) belirlenir.
- Deney bittikten sonra çalışma ortamı zemini ve deneyde kullanılan araç gereç temizlenir.

5.3.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması, Değerlendirilmesi ve Deney Raporunun Hazırlanması

Taze betonun yoğunluğu, aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır.

$D = (M_{2-} M_1) / V$

Buradan

D: Taze betonun birim hacim kütlesi (yoğunluğu), kg/m^3

M_1: Camla birlikte tartılan kabın boş kütlesi, kg

M_2: Kabın içerisindeki beton numune ile toplam kütlesi, kg

V: Kabın hacmi, m^3

Hesaplama sonucunda taze betonun yoğunluğu (birim ağırlığı), en yakın 10 kg/m^{3}e yuvarlatılarak gösterilir. Hesaplama sonucu elde edilen bu değere göre TS EN 206 Standardı'nda tanımlanan birim ağırlıklarına göre beton sınıfı (hafif, normal ve ağır beton) belirlenir.

Deneyin yapılışı sırasında deney takip formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar Tablo 5.4'teki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydedilir. Numune alma tarihi, saati ve yeri ile numune alma sayısı; kullanılan ekipman (takım / donanım) türü, sıkıştırma çubuğunun vuruş sayısı veya titreşim süresi dahil olmak üzere sıkıştırma yöntemi (elle veya mekanik), kullanılan aparat tipi gibi deney standardında istenen bilgiler deney raporuna eklenmelidir. Deney raporu düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.



Tablo 5.4: Deney Değerlendirme Raporu

1. DENEYE AİT GENEL BİLGİLER	
Deneyin Yapıldığı Yer	Laboratuvar / Şantiye
Deneyin Ait Olduğu İş	
Deney Tarihi	…../…../20…..
Deneyin Adı	
Deney Standartları	
Deney Metodu	
Rapor Tarihi ve No.	

2. DENEY NUMUNESİNE VE ORTAM ŞARTLARINA AİT BİLGİLER			
Numuneyi Alanın Adı Soyadı		Numune Alma Tarihi	
Hazır Beton Üretici Firma		Numune Alma Saati	
İrsaliye No.		Ortam Sıcaklığı (°C)	
Alındığı Yer (Kiriş, Kolon vs.)		Betonun Sıcaklığı (°C)	
Beton Sınıfı ve Numunenin Temsil Ettiği Miktar (m^3)		Su / Çimento Oranı	
Kullanılan Katkı Türü ve Miktarı (%)		Çimento Tipi	
Taze Betonun Birim Hacim Kütlesine göre Beton Türü		Agrega D_{max} (mm)	
Taze Betonun Çökme (Slamp) Miktarı (mm)		Betonun Kıvam Sınıfı	

3. DENEY SONUÇLARINA AİT BİLGİLER

Deney No.	Kabın Boş Kütlesi M_1, (kg)	Kap+Beton Numunesinin Kütlesi M_2, (kg)	Kabın Hacmi, V (m^3)	Betonun Birim Hacim Kütlesi (Yoğunluğu) D, (kg/m^3)	Taze Betonun Ortalama Birim Hacim Kütlesi
1. Deney					
2. Deney					
3. Deney (Gerekirse)					

Deney sonucunu etkileyen olumsuz faktörler:
Bulgular ve Sonuçların Değerlendirilmesi:
EKLER (Deney Takip Formu vb.):

4. DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER

SIRA NO	ADI SOYADI	GÖREVİ	İMZA
1			
2			
3			

5. DENEYİ ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER

SIRA NO.	ADI SOYADI	GÖREVİ	İMZA
1			
2			

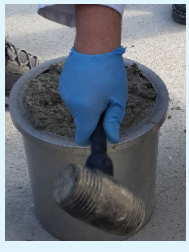
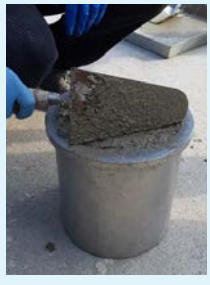
3. DENEY UYGULAMASI

C30/37 beton karışım reçetesine uygun hazırladığınız taze betondan numune alarak taze betonun birim hacim kütlesini TS EN 12350-6 Standardı'na uygun olarak belirleyiniz.

Deney Adı: Taze Betonun Birim Hacim Kütlesi (Yoğunluk) Tayini Deneyi

Deney Süresi: Taze beton hazırlama ve uygulama dâhil toplam 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel 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.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
	• Deneyde aletlerinin uygun ölçüler ve düzgünlükte olup olmadığını kontrol ediniz	
Deneye başlamadan önce kullanılacak kabın hacminin belirlenmesi	• Boş kap ve cam levhayı birlikte %0,1 doğrulukla tartarak ölçülen kütlesi kaydediniz.	
	• Kabı yatay bir yüzeye yerleştiriniz ve (20± 5) °C sıcaklıktaki su ile kabın üst kenarlarından taşıncaya kadar doldurunuz. Cam levhayı, altında hava boşluğu kalmayacak şekilde sürerek kabın üzerine yerleştiriniz.	
	• Suyla dolu olan kabı, üzerindeki cam levha ile birlikte %0,1 doğrulukla tartınız ve ölçülen kütleyi kaydediniz.	
	• Kabı doldurmak için gerekli olan su kütlesini (kg), 998 kg /m^3e bölerek kabın hacmini hesaplayınız.	
	• Kabın hacmini (V), m^3 olarak %0,1 yaklaşımla gösteriniz.	
 Deney numunesinin alınması ve deneye hazırlanması	• C30 beton karışım reçetesine uygun taze beton hazırlayınız.	
	• **TS EN 12350-1'e** uygun olarak beton harmanını tam temsil edecek şekilde gerekli miktarın bir buçuk katı kadar numune alınız.	
	• Alınan beton numunesinin sıcaklığını termometre ile ölçerek Tablo 5.4'teki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydediniz.	
	• Aldığınız taze beton numunesini, tekrar karıştırma kabı içinde kare ağızlı kürekle karıştırarak deneye hazırlayınız.	

 Kabın boş kütlesinin belirlenmesi	• Kabın boş kütlesini belirlemek için kabı tartınız ve elde edilen değeri (M_1) olarak kaydediniz.	
 Taze beton numunesinin kaba doldurulması	• Deney numunesini, en az iki tabaka hâlinde kaba yerleştirerek sıkıştırınız.	
  Deney numunesinin sıkıştırılması	• Deney numunesini, kaba yerleştirdikten hemen sonra elle sıkıştırma (daire veya prizmatik şişleme çubuğu) ve mekanik vibrasyon (titreşim masası veya daldırma tipi iç vibratör) kullanarak tam olarak sıkıştırınız.	
	• Elle şişleme ile yapılan sıkıştırma işleminde her tabakayı ayrı ayrı en az 25 defa şişleyiniz.	
	• Yerleştirilen en alt tabaka betonu, kendi derinliğince şişleyiniz.	
	• Diğer tabakalarda ise bir önceki tabakaya yaklaşık 2,5 cm girecek şekilde şişleyiniz.	
	• Her tabakada sıkıştırma çubuğu darbelerinden geri kalan boşlukların dolmasını sağlamak için kabın dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurunuz.	
	• Şişleme yoluyla sıkıştırma esnasında tam sıkışma sağlanması için her tabakaya uygulanacak vuruş sayısının beton kıvamına bağlı olarak değiştiğini unutmayınız.	
 Kap yüzeyinin tesviye edilmesi	• Sıkıştırmada kullanılacak sıkıştırma metodu ve aletlere göre bazı kurallara uymayı ihmal etmeyiniz.	
	• En üst tabakayı sıkıştırdıktan sonra kap üst yüzeyini çelik mala kullanarak tesviye ediniz.	
	• Kap yüzeyini düz kenarlı mastar ile sıyırarak beton seviyesini kabın üst kenar seviyesine getiriniz.	

 Silindir kabın tartılarak dolu kütlesinin belirlenmesi	• Kabın dış yüzeyini nemli bir bezle silerek temizleyiniz.	
	• Kap ile kalıba iyice sıkıştırırarak, yerleştirdiğiniz betonu tartarak kütlesini (M_2) belirleyiniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra çalışma ortamı zeminini ve deneyde kullandığınız araç gereci özenle temizleyiniz.	
	• Araç gerecin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney sonuçlarının hesaplanması, değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Taze betonun yoğunluğunu tayin ediniz.	
	• Hesaplama sonucu elde edilen yoğunluk değerine göre **TS EN 206** Standardı'nda tanımlanan birim ağırlıklarına göre beton sınıfını belirleyiniz.	
	• Tablo 5.3'teki, Deney Değerlendirme Raporu'na ait gerekli bilgileri doldurunuz ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmeninize teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.



5. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru cevabı işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi taze betonun kıvamını belirlemede kullanılan deney yöntemlerinden biridir?
A) Çökme deneyi
B) Geçirgenlik deneyi
C) Hava miktarı tayini
D) Viskozite deneyi
E) Yoğunluk deneyi

2. Aşağıdakilerden hangisi taze betonda kıvam değerinin ölçülmesinin amaçlarından biridir?
A) Betonun içindeki çimento miktarını belirlemek
B) Betona girecek karışım suyu miktarını belirlemek
C) Betonun sıkıştırma yöntemini belirlemek
D) Betonun işlenebilme kabiliyetini belirlemek
E) Betona girecek katkı miktarını belirlemek

6. 3. Slamp deneyinde numunenin kalıba doldurulması ve sıkıştırılmasıyla ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?
A) Tek seferde doldurulur ve yirmi beş defa şişlenir.
B) İki tabaka hâlinde doldurulur ve her tabaka en çok yirmi beş defa şişlenir.
C) Üç tabaka hâlinde doldurulur ve her tabaka en az yirmi beş defa şişlenir.
D) Üç tabaka hâlinde doldurulur ve her tabaka iç vibratörle sıkıştırılır.
E) Dört tabaka hâlinde doldurulur ve her tabaka en az yirmi beş defa şişlenir.

4. Betonun çökme değeri ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?
A) Çökme konisinin üst yüzeyi ile çöken betonun tabanı arasındaki mesafedir.
B) Çökme konisinin üzerine yatay olarak konan şişleme çubuğunun üst yüzeyi ile çöken betonun üst yüzeyi arasındaki mesafedir.
C) Çökme konisinin alt yüzeyi ile çöken betonun üst yüzeyi arasındaki mesafedir.
D) Çökme konisinin üzerine yatay olarak konan şişleme çubuğunun üst yüzeyi ile çöken betonun alt yüzeyi arasındaki mesafedir.
E) Çökme konisinin üzerine yatay olarak konan şişleme çubuğunun alt yüzeyi ile çöken betonun üst yüzeyi arasındaki mesafedir.

5. Aşağıdakilerden hangisi kabul edilebilir bir çökme şeklidir?
A) Akıcı
B) Dağınık
C) Gerçek (düzgün)
D) Kayma
E) Tam

6. Sıkıştırma faktörü deneyinde taze beton numunesinin üst koni haznesinden alt koni haznesine ve silindir kaba boşaltılması ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?
A) Alt koninin kapağı açık olacak şekilde mala yardımıyla sıyrılarak silindir kaba doldurulur.
B) İç vibratör kullanılarak kısa bir sürede betonun serbestçe boşaltılması sağlanır.
C) Sıkıştırma faktörü aparatı hafifçe sarsılarak betonun hızlıca akması sağlanır.
D) Şişleme çubuğu ile betonun akışı hızlandırılır.
E) Sırasıyla koni alt kapakları açılarak betonun serbestçe boşaltılması sağlanır.

7. Sıkıştırma faktörü deneyinde betonun tam sıkıştırılmış kütlesi aşağıdakilerden hangisi ile bulunur?

A) Kap 5 cm'lik tabakalar hâlinde doldurulur ve beton yüzeyi düzeltilerek tartılır.
B) Kap 5 cm'lik tabakalar hâlinde doldurulur, her tabaka iyice sıkıştırılarak hafifçe tokmaklanır ve kabın yüzeyi düzeltilerek tartılır.
C) Kap 10 cm'lik tabakalar hâlinde doldurulur, her tabaka iyice sıkıştırılarak hafifçe tokmaklanır ve kabın yüzeyi düzeltilerek tartılır.
D) Kap 15 cm'lik tabakalar hâlinde doldurulur ve beton yüzeyi düzeltilerek tartılır.
E) Kap 20 cm'lik tabaka hâlinde doldurulur, her tabaka iyice sıkıştırılarak hafifçe tokmaklanır ve kabın yüzeyi düzeltilerek tartılır.

8. Aşağıda verilenlerden hangisi taze betonun birim hacim kütlesi tayini deneyinde kullanılan, sıkıştırma araç gereç veya yöntemlerinden biridir?

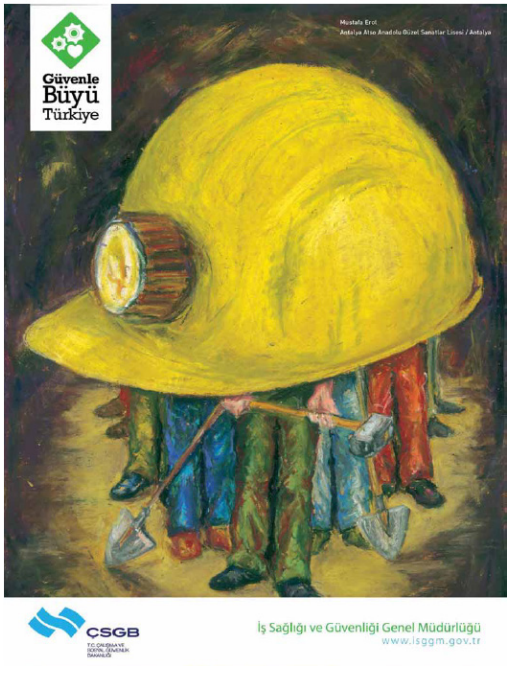
A) Çökme hunisi
B) Kalıp vibratörü
C) Yüzey vibratörü
D) Titreşim masası
E) Ayrıştırma

9. Taze betonun birim hacim kütlesi tayini deneyinde kullanılan kabın hacmi <u>en az</u> kaç litre olmalıdır?

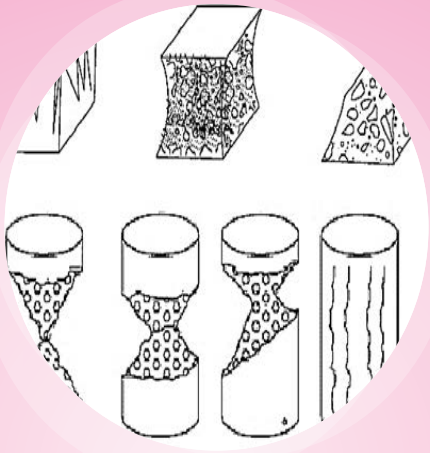
A) 3
B) 5
C) 10
D) 15
E) 20

10. Taze betonun birim hacim kütlesi tayini deneyinde kabın mekanik yöntemle sıkıştırılmasında fazla vibrasyon uygulanması aşağıdakilerden hangisine neden olur?

A) Betonun ayrışmasına (segregasyonuna)
B) Dayanıklılığın artmasına
C) Dayanımın artmasına
D) Kabın parçalanmasına
E) Yüzey düzgünlüğüne









6. ÖĞRENME BİRİMİ

SERTLEŞMİŞ BETON BASINÇ DENEYLERİ

KONULAR

6.1. BETON DAYANIM DENEYLERİNDE KULLANILACAK NUMUNELERİN DENEYE HAZIRLIĞI VE BAKIMI

6.2. BETON BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Silindir numune
- Küp numune
- Basınç dayanımı
- Kürleme
- Başlıklama

6.1. BETON DAYANIM DENEYLERİNDE KULLANILACAK NUMUNELERİN DENEYE HAZIRLIĞI VE BAKIMI

Bu deney, dayanım deneylerinde kullanmak için taze betondan standardına uygun olarak alınan küp veya silindir deney numunelerinin yapımını ve küre tabi tutulması yöntemlerini kapsar.Taze betonun kalitesini belirlemek için TS EN 12350-1 Standardı'na uygun, farklı harman veya yüklerden rastgele seçilerek TS EN 12390-1 Standardı'nda belirtilen boyut ve toleranslara uygun belirli ebatlardaki çelik veya plastik kalıplara (150x150x150 mm küp veya Ø150x300 mm silindir) taze beton numunesi alınır. Alınan deney numuneleri, kalıplardan çıkarıldıktan sonra **TS EN 12390-2**'ye göre hazırlanır. Deneye tabi tutuluncaya kadar küre (bakıma) tabi tutulur. **TS EN 12390-3**'e uygun olarak sertleşmiş betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenir.



Çeşitli sebeplerden dolayı standartlarda belirtilen 100x100x100 mm boyutlarında küp ve 100x200 mm boyutlarındaki silindir numuneler de uygulamada yaygın olarak kullanılır. Kalıp ebatlarının küçük olması nedeniyle daha az beton kullanılır. Bu da beton maliyetini düşürmesi, iş sağlığı ve güvenliği açısından çalışabilme kolaylığı sağlar.

6.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılan araç gereç ve özellikleri şöyledir:

Basınçlı Hava Kompresörü: Atmosferden aldıkları havayı sıkıştırarak basıncını arttıran makinelerdir. Beton numunelerinin kalıptan çıkarılmasında kullanılır.

Plastik Tokmak: Beton numunelerinin kalıptan çıkarılmasında kullanılır.

Su Terazisi: İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan, üzerine montajlı tüp içindeki suyun hareketi ve denge durumuna göre eğimi; yatay, dikey ve 45 °C olacak şekilde ölçmeye yarayan araçtır. Başlıklama işleminde numune yüzeyinin düzgünlüğünün kontrolünde kullanılır.

Evaporatör: Soğutma sistemlerinde kullanılan ve sıvı serin havanın buharlaşarak ortamdaki ısıyı aldığı cihazdır. Kür odasının istenen sıcaklıkta soğutulmasında kullanılır.

Termostatlı Isıtıcı: Kür ortamının belli bir sıcaklığa kadar ısıtılmasında kullanılır.

Gönye: Numune yüzeyinin birbirine olan dikliğini ölçmede kullanılır.

Kür Tankı (Kür Havuzu): İçine su doldurularak küp veya silindir şekilli beton numunelerinin küründe kullanılan, çeşitli ebatlarda ve plastik veya metalden üretilen malzemelerdir. Kür havuzu, kür suyunu 20±2 °C'de sabit tutmak için kullanılan dijital göstergeli ısıtıcı, su tahliyesinde kullanılan sirkülasyon (dolaşım) pompası ve numuneleri tabandan yukarıda tutmak için kullanılan metal taban ızgarasından oluşur.

Kumpas ve Çelik Cetvel: Numune boyutlarını %0,5 doğrulukla ölçebilen ve paslanmaz çelik malzemeden imal edilen ölçü araçlarıdır.

Kür Odası: Özel olarak yalıtılmış, ısı farkları ve hacmi dikkate alınarak yeterli güçteki ısıtıcılarla ısıtılan odadır. Oda ısısı 15 °C ile 30 °C arasında olmalı ve 22 ± 1 °C'ta sabit tutulabilmelidir. Isının her tarafa aynı oranda yayılması için hava dolaşımı olmalı, ortam nemi evaporatör (buharlaştırıcı) ile sağlanmalıdır. Odada yeteri kadar raf bulunmalıdır.



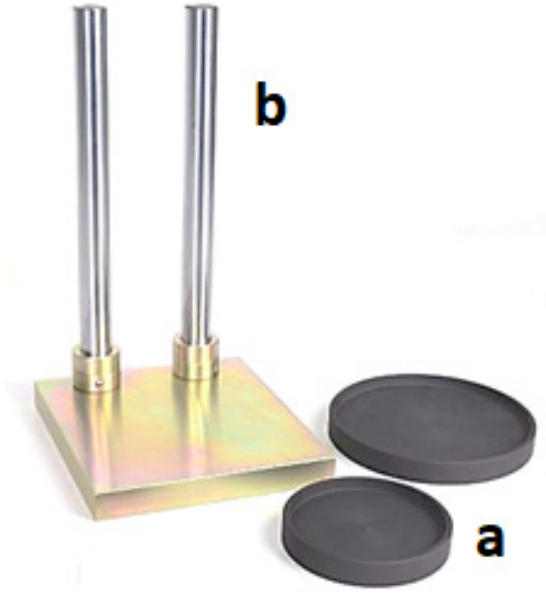
Görsel 6.1: Sentil

Sentil: Numuneler üzerindeki aralık genişliklerini veya küçük çaplı delikleri hassas şekilde ölçmek için kullanılır. Üzerinde sayılar olan çakı şeklinde yaprak levha ve çelik tellerdir (Görsel 6.1).



Eritme Potası: Kükürt, grafit, parafin gibi başlıklama malzemelerinin eritilmesinde kullanılır. İyi izole edilmiş çelik ceket içerisindeki 3 litre kapasiteli alüminyum eritme potası, sıcaklığın ortam sıcaklığı ile 200 ºC arası bir sıcaklıkta sabit tutulmasını sağlayan termostat kontrollü ısıtma sistemi ve kapaktan oluşur (Görsel 6.2).

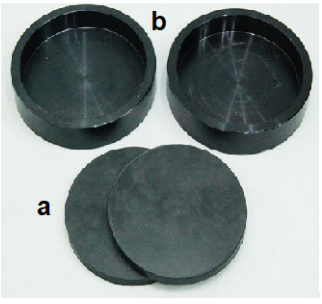
Görsel 6.2: Eritme potası



Silindir Başlıklama Çerçevesi: Basınç dayanım deneyi öncesi, 100 mm ve 150 mm çaplı silindir şekilli numunelerin yük uygulanacak yüzeylerinin yükleme yönüne dik olmasını sağlamak üzere yapılan kükürt-grafit başlıklama işleminde eritme potası ile kullanılır (Görsel 6.3).

Görsel 6.3: Silindir başlıklama çerçevesi





Neopren (Polikloropren) Yastık ve Tutucu Halka: Neopren, -45 °C ile 130 °C arasında kopma, yırtılma ve aşınmaya karşı çok dayanıklı bir malzemedir. Pürüzsüz bir yüzey elde etmek için shore [şor (sertlik)] değeri 50-70 arasında polikloropren (neopren) malzemeden yapılan, silindir numunenin alt ve üst yüzeyinde olmak üzere iki adet yastık (ped) kullanılır "Görsel 6.4.a". Yastığın kalınlığı (13 ± 2 mm) çapı, kullanılacak silindir numune çapından 2 mm küçük olmalıdır.

Görsel 6.4: Neopren yastık ve tutucu halka

Yastık tutucu halka neopren yastıkların kaymasını engellemek için çelik ve bazı alüminyum alaşımlardan yapılmış metal malzemelerdir "Görsel 6.4.b". Metal tutuculardaki boşluk, yastık kalınlığının en az iki katı derinliğe sahip olmalıdır. Tutma halkasının yüksekliği (25 ± 3 mm), iç çapı kullanılacak silindir numune çapının %2'sinden az veya %7'sinden büyük olmamalıdır.



Neopren (Polikloropren), fiziksel ve kimyasal koşullara karşı dayanıklı sentetik termoset (ısıtıldığında sertleşen ve bu hâlini sonsuza dek koruyan plastik) kauçuk türüdür.



Görsel 6.5: Numune yüzey aşındırma cihazı

Numune Yüzey Aşındırma Cihazı: Yarı ve otomatik numune yüzey aşındırma cihazı, silindir şekilli beton numunelerinin (yapıdan kesilerek çıkarılmış karot dâhil) TS EN ve ASTM standartlarına uygun olarak basınç dayanım deneyi için hazırlanmasında kullanılır (Görsel 6.5).

Diğer Araç Gereç: Klima, termometre, vantilatör, ıspatula, tel fırça, kepçe, yağdanlık, nemli bez ve havludur.

6.1.2. Beton Dayanım Deney Numunelerinin Deneye Hazırlanması ve Kür Koşulları

Beton basınç dayanım deneyi, dayanım deney numunelerinin deneye hazırlanması ve kürlenmesi yöntemine göre üç şekilde isimlendirilir.

6.1.2.1. Standart (Normal) Kür Yöntemiyle Numunelerin Basınç Dayanımı Tayini

- Betonun üretimi sırasında hazır beton santralinde veya beton dökümü sırasında şantiyede farklı yük ve harmanlardan alınan taze beton numunesi, alındıkları yerden taşınmadan kalıp içinde (en az 16 saat en fazla 36 saat) yeterli sertliğe ulaşıncaya kadar bekletilir. Beton şok, sarsıntı, titreşim, nem kaybı, aşırı sıcak ve soğuk, kuvvetli rüzgâr etkisi, doğrudan etkiyen güneş ışığı gibi etkilere karşı korunur.
- Numuneler alındıktan sonra alındıkları yerde ıslak bez veya plastik bir örtü altında ya da kapalı bir kasa içinde 20±5 °C (veya sıcak iklimlerde 25±5 °C) sıcaklıktaki ortamda tutulur.
- Deney numunelerinin nakliyesi sırasında aşırı sıcaklık değişim ve nem kaybını engelleyecek şekilde (ıslak bez, ıslak kum içinde saklama, su dolu plastik kap içinde saklama vb.) çeşitli önlemler alınır.
- Laboratuvara getirilen numuneler, numunelerin kalıptan çıkarılması sırasında kalıp ters çevrilir. Kalıbın altında bulunan delikten içeri hava basılarak numuneler kalıptan çıkarılır.
- Deney numunelerinin perdahlanmış üst yüzeylerinde oluşan girinti ve çıkıntılar ölçülerek 3 mm'den fazla olup olmadığı kontrol edilir. Hasar görmüş veya şerbet sızmasından dolayı yüzü aşırı şekilde boşluklu (bal peteği görünümde) olan numuneler deneyde kullanılmamalıdır.
- Kalıptan çıkarılan küp ve silindir beton numuneleri ayrı ayrı gruplandırılır. 7 ve 28 günlük beton basınç dayanım deneyi yapılıncaya kadar 20±2 °C sıcaklıktaki su dolu kür havuzunda veya %95 bağıl neme sahip kür odasında küre tabi tutulur.
- Silindir numunelerin bakımı, eksenleri düşey konumda olacak şekilde yapılır.
- Deney numunesinin boyutu, belirlenen boyut veya çap için toleranslara uygunluğu **TS EN 12390-3: Ek B**'de verilen ölçütlere göre reddedilmeli veya düzeltilerek test edilmelidir.
- Numuneyi deneye hazırlamak için **TS EN 12390-3: Ek A**'da verilen yöntemlerden biri kullanılır.
- Numune kürlemeden çıkarıldıktan sonra numuneler en kısa sürede (10 saat içinde) basınç dayanımı belirlenir. Numuneler laboratuvarda 4 saatten fazla saklanacağı durumlarda ıslak çuval veya geçirimsiz membran ile kapatılarak nem kaybından korunur.
- Laboratuvar ortamına getirilen numunelere ait bilgiler, gerektiğinde kullanılmak üzere işe ait dosyada bulunur.
- Deney raporunda deneye ait gözlem ve ayrıntılar belirtilerek deney raporu hazırlanır.

6.1.2.2. Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS) ile Basınç Dayanımı Tayini

EBİS, ülkemizde yapılarda kullanılan betonun denetiminin daha sağlıklı ve güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile Savunma Sanayi Başkanlığı tarafından hayata geçirilen bir projedir. Ülkemizde tüm yapı laboratuvarları, numune alım sürecini ve beton kırım işlemlerini bu sisteme göre yapmak zorundadır.

Elektronik Beton İzleme Sistemi için yazılan "EBİS" mobil uygulama programı kullanılır. EBiS uygulama programı, web üzerinden akıllı telefon veya tabletlere indirilerek kişiye özel kullanıcı adı ve şifresiyle kullanıma sunulmuştur. Mobil uygulama ile numune alma, numune şahitliği, şantiye çıkışı ve kürleme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu sistem ile numune alma sürecine ilişkin konum, saat ve rapor bilgileri ile deney yapan ve numune alımına şahitlik eden kişi bilgileri elektronik ortamda tutulur. Ülke geneli il ve ilçelerde, yapı laboratuvarları veya yapı bazlı denetimler yapılabilmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı web üzerinden, laboratuvar kullanıcılarına ve il müdürlüklerine sağladığı roller ile elektronik ortamda beton numuneleri anlık olarak takip edilir.

Bu sisteme göre

- Deneyi yapacak olan yapı laboratuvarı elemanı; şantiyede farklı harman ve beton yüklerinden numune alımı için el terminali ile araç etiket karekodları GPS ile konum doğrulaması yapar.
- Laboratuvar elemanı tarafından RFID etiketler (çipler), beton numunelerinin içine yerleştirildikten sonra mobil uygulama üzerinden beton bilgileri doldurulur ve el terminali yardımıyla etiketler okutulur.
- Alınan deney numuneleri, 16-36 saat şantiye ortamında kapaklı ve kilitlenebilir bir alanda veya dolapta saklanır.

- 16-36 saat aralığında bekleyen deney numuneleri, şantiye ortamından el terminali ile okutularak alınır ve numuneler zarar görmeyecek bir şekilde laboratuvara sevk edilir.
- Güvenli bir şekilde laboratuvara getirilen numuneler, el terminali ile okutulduktan sonra 7 ve 28 günlük kürlenme işlemi için laboratuvarın kür havuzuna yerleştirilir.



Radyo Frekansı Tanımlama: İngilizce olarak Radio Frequency Identification'dır (redio frikuensi aydentifikeyşin). Kısaltması RFID'dir. RFID, üzerinde mikroişlemci bulunan bir etiket taşıyan nesnelerin bu etikette taşıdığı kimlik yapısı ile hareketlerinin izlenebilmesini sağlayan, radyo frekansları ile çalışan teknolojidir.

6.1.2.3. Hızlandırılmış Kür Yöntemiyle Basınç Dayanımı Tayini

Yüksek sıcaklık ve yüksek orandaki nemli ortamda çimento hidratasyonu hızlı olduğundan çimento hamuru, daha hızlı dayanım kazanır. Hızlandırılmış kür, çok kısa sürelerde ilk dayanım ve son dayanımlarının belli bir kısmını kazanması gereken işlerde genellikle **prekast** (**dökümü önceden yapılmış)** yapı elemanlarının üretiminde kullanılacak betonlardan alınan numunelere uygulanan bir işlemdir. Bu yöntem, zaman ve ekonomik açıdan tasarruf sağlar. Basınç deney numunelerinin hızlandırılmış küre tabi tutularak hazırlanması, **TS 3323** ve **ASTM C 684** standartlarına göre yapılır.

Beton basınç dayanım numunelerine uygulanan hızlandırılmış kür yöntemleri; ılık suda kür, kaynar suda kür, kendi ısısıyla (otojen) kür, yüksek sıcaklık ve basınç altında kür olmak üzere dört şekilde yapılır.

Ilık Suda Kür Yöntemi: Standart numune hazırlama yöntemi takip edilerek, standart yöntemde olduğu gibi 150x300 mm boyutlu silindir kalıplara taze beton numunesi sıkıştırılarak yerleştirilir. Deney numunelerinde beton harcı kaybının olmaması için kalıbın ağzı isteğe bağlı olarak kapatılabilir. Alınan beton numunesi, kalıpla birlikte 35 °C ±3°C sıcaklıktaki su içinde 23,5 saat ±30 dakika bekletilir. 23,5 saat ±30 dakika sonra silindir numune kalıptan çıkarılarak alt ve üst kısımlarına kısa sürede yüksek dayanım sağlayacak bir başlık yapılır. Silindir numuneler başlıklama yapıldıktan 30 dakika sonra kırım işlemi yapılır. Kırılma işlemine tabi tutulan numunenin yaşı 24 saat ±15 dakika olmalıdır. Bu yöntem hem küp hem de silindir numunelerde kullanılabilir.

Kaynar Suda Kür Yöntemi: Standart numune hazırlama yöntemi takip edilerek, standart yöntemde olduğu gibi 150x300 mm boyutlu silindir kalıplara taze beton numunesi sıkıştırılarak yerleştirilir. Kalıbın ağzı neme dayanıklı sıkı bir kapak ile kapatıldıktan sonra, 21 °C ±6 °C sıcaklıktaki suyun içerisinde 23 saat ±30 dakika bekletilir. Kalıpla birlikte 3,5 saat ±5 dakika suda kaynatılır. Kaynar sudan çıkarıldıktan sonra 1 saat oda sıcaklığında bekletilir ve kalıp sökülür. Silindir numunelerin alt ve üst kısımlarına başlık yapılır. Numune beton pres (baskı) cihazında kırılarak basınç dayanımı tespit edilir. Kırılma işlemine tabi tutulan numunenin yaşı 28,5 saat ±15 dakika olmalıdır.

Kendi Isısıyla (Otojen) Kür Yöntemi: Standart numune hazırlama yöntemi takip edilerek, standart yöntemde olduğu gibi 150x300 mm boyutlu silindir kalıplara taze beton numunesi sıkıştırılarak yerleştirilir. Daha sonra kalıbın ağzı neme dayanıklı bir kapak veya plastik torba ile kapatılır. Hazırlanan bu numune, ısı ve nem kaybı olmayacak şekilde iyi yalıtılmış bir kap içinde 48 saat ±15 dakika çimentonun hidratasyon ısısından faydalanarak kürlendikten sonra kap içinden çıkartılır. 15 dakika sonra da numune kalıptan çıkartılarak 30 dakika oda sıcaklığında bekletilir. Daha sonra numunenin alt ve üst kısımlarına başlık yapılır. Kükürt grafit eriği ile yapılan başlıklarda numune 30 dakika bekletilir. Numune, beton pres cihazında kırılarak basınç dayanımı tespit edilir. Kırılma işlemi esnasında numunenin yaşı 49 saat ±15 dakika olmalıdır.

Yüksek Sıcaklık ve Basınç Altında Kür: Taze beton numunesi, 75x150 mm boyutundaki silindir numune kalıbına iki kademe hâlinde her kademede 10 kez şişlenerek yerleştirilir. Özel bir kabin, 30 ±5 dakika içinde 150 ±3 °C'ta kadar ısıtılır ve hazırlanan numune kalıp ile bu kabin içine konulur. İlk 3 saat ±3 dakika boyunca numune sıcaklığı 150 ±3 °C'ta tutulduktan sonra ısı kaynağı kapatılır. Numune, kürlenme süresinin geri kalan kısmında sertleşme süresi boyunca 10,3 MPa ±0,2 MPa (1500 ±25 psi) basınç altında bekletilir. Bu süre sonunda numune kalıptan çıkartılır. Numunenin alt ve üst kısımlarına başlık yapılır. Silindir numune, başlıklama yapıldıktan 30 dakika sonra kırım işlemine tabi tutulmalıdır. Numune, beton pres cihazında kırılarak basınç dayanımı tespit edilir. Kırılma işlemine tabi tutulan numunenin yaşı 5 saat ±5 dakika olmalıdır.

6.1.3 Numune Boyutlarının Deneye Uygunluğunun Kontrolü

Beton basınç dayanım deneyinde kullanılacak numune boyutlarının **TS EN 12390-1** Standardı'na uygunluğu kontrol edilerek beton basınç dayanım deney formuna kaydedilir. Numunelerde düzlükten sapma, daire ve dörtgen şekilli yüzeylerde dört farklı yerden doğrultudan sapmanın ölçülmesi yoluyla belirlenir. **TS EN 12390-1**'e göre sertleşmiş beton deney numunelerinin şekil, boyut ve toleransları (izin verilen sapmaları) aşağıda verilmiştir.

Küp Numuneler İçin Uygunluk Ölçütleri

Karşılıklı kalıp yüzeyleri arasındaki seçilmiş boyut (d) toleransı ±%0,5 küçük olmalıdır.

Perdahlanmış üst yüzey ile kalıptan çıkan taban yüzeyi arasındaki seçilmiş boyut (d) toleransı ±%1 daha düşük olmalıdır.

Yük uygulanacak kalıp yüzeylerinin düzlükten sapma toleransı ± 0,006. d sınırları içinde olmalıdır. Burada d, mm olarak kullanılır.

Küp yan yüzlerinin tabana göre diklikten sapması, ± 0,5 mm'den küçük olmalıdır.

Silindir Numuneler İçin Uygunluk Ölçütleri

Seçilmiş boyutlar anma boyundan en fazla ±%10 farklı olabilir.

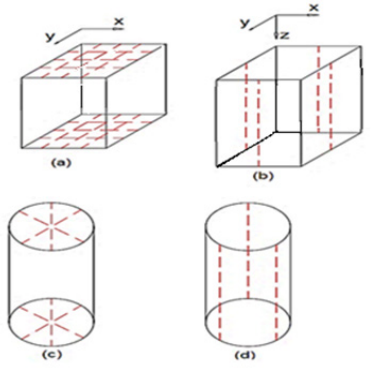
Seçilmiş çap (d) toleransı ± %0,5'tir.

Yük uygulanacak olan yüzeylerin düzlükten sapma toleransı ± 0, 0006.d'dir. Burada d, mm olarak kullanılır.

Yan yüzün alt ve üst yüzeylere göre diklikten sapması, ± 0,5 mm'dir.

Yükseklik toleransı (2d), ± %5'tir.

Standart boyut ve toleransların dışında olan küp, silindir ve karot numunelerinin deneye tabi tutulması için **TS EN 12390-3: EK B**'ye göre aşağıda verilen işlemler yapılır.



Görsel 6.6: Numunelerin ölçümü

Küp Numunelere Uygulanan İşlemler

Üç asal eksen (doğrunun tepeler arasında kalan parçası) (x,y,z) doğrultusundaki boyutların her birisi için %0,5 doğrulukla üç ölçüm yapılır (Görsel 6.6.a) ve Görsel 6.6.b). Herhangi bir boyutun belirtilen standart boyuttan %2 veya daha fazla sapma göstermesi (eksik veya fazla olması) hâlinde numune reddedilir veya Ek A'da tarif edildiği şekilde düzeltilir.

- Yükleme yüzeylerinde her bir doğrultuda ölçülen altı değerin ortalaması (x_m, y_m) hesaplanır ve boyutun %0,5'ine yuvarlatılarak gösterilir.

- Küp numune yükleme yüzeyinin ortalama alanı (en kesit alanı), $A_c = x_m . y_m$ olarak hesaplanır ve alanın %1'ine kadar yuvarlatılarak gösterilir.

Silindir ve Karot Numunelere Uygulanan İşlemler

- Silindir veya karotun her iki yükleme yüzeyinde birbirine yaklaşık 60° açı teşkil eden üç doğrultudaki çap, %0,5 doğrulukla ölçülür (Görsel 6.6.c). Silindir veya karot numunenin yüksekliği, aralarında yaklaşık 120° olan üç yerden, %0,5 doğrulukla ölçülür (Görsel 6.6.d). Herhangi bir boyutun belirtilen standart boyuttan %2 veya daha fazla sapma göstermesi (eksik veya fazla olması) hâlinde numune reddedilir veya Ek A'da tarif edildiği şekilde düzeltilir.
- Silindir veya karotun yükleme yüzeylerinin ortalama çapı, d_m altı değerin ortalaması alınarak hesaplanır ve boyutun %0,5'ine yuvarlatılarak gösterilir.
- Silindir veya karotun yükleme yüzeyinin ortalama alanı (en kesit alanı), $A_c = (\pi . d_m^2) /4$ olarak hesaplanır ve alanın %1'ine kadar yuvarlatılarak gösterilir.

6.1.4. Numune Yüzeyinin Düzeltilmesi (TS EN 12390-3: Ek A)

Standart silindir veya karot basınç dayanım numunelerinden doğru sonuçların elde edilebilmesi için deney numunesinin yük uygulanacak yüzeyleri, pürüzsüz bir şekilde hazırlanır. Bu nedenle numunenin alt ve üst yüzeyine başlık yapılması veya iki yüzeyin aşındırılmasıyla beton presin uyguladığı basıncın numune yüzeyine düzgün (üniform) bir şekilde dağılması sağlanabilir. Deney numunesi boyutlarının küçültülmesi gerekiyorsa numune, aşındırılmalı veya kesilmelidir.

Numune yüzeyinin aşındırma ve başlıklama yöntemleri ile beklenen dayanım değerine göre sınırlamalar Tablo 6.1' de belirtilmiştir.

Tablo 6.1: Yüzey Düzeltme Yöntemleri ve Beklenen Dayanım Değerine Göre Sınırlamaları

NUMUNE YÜZEYİNİ DÜZELTME YÖNTEMLERİ		YÖNTEMİ BEKLENEN DAYANIM DEĞERİNE GÖRE SINIRLAMA
AŞINDIRMA		SINIRSIZ
Başlıklama	Kalsiyum alüminatlı çimento harcı	Yaklaşık 50 MPa (N/mm²) dayanıma kadar
	Kükürt karışımı	Yaklaşık 50 MPa (N/mm²) dayanıma kadar
	Kum kutusu	Sınırsız
	Neopren / Kauçuk (ASTM C1231)	Yaklaşık 50 MPa (N/mm²) dayanıma kadar

6.1.4.1. Aşındırma Yöntemiyle Numune Yüzeyinin Düzeltilmesi

Taze betondan alınan silindir şekilli beton basınç dayanım deney numuneleri ile yapıdan kesilerek çıkarılan (karot) numunelerin basınç uygulanacak yüzeylerinin **(TS EN 12504-1, 12390-1, 12390-3; ASTM C42, C39)** belirtilen standartlara uygun olarak aşındırma cihazında aşındırılarak pürüzsüz hâle getirilmesi işlemine **aşındırma** denir. Karot ve silindir şekilli numunelerin basınç dayanım deneyi için hızlı, kolay ve hatasız bir şekilde hazırlanmasında basınç uygulanacak yüzeylerin paralelliği ve yüzey düzgünlüğünü sağlayan en uygun yöntem aşındırmadır.

Aşındırma işlemi, tüm silindir numunelere uygulanabilir. Beton numunesinin aşındırılması işlemi, diğer uygulanan işlemlere göre daha güvenilir sonuçlar verir. Aşındırma, aşağıda verilen işlem basamaklarına göre yapılır.

- Su içinde kür edilen numuneler, aşındırma işleminden en fazla 1 saat önce sudan çıkartılır. Deney numuneleri, daha sonraki aşındırma işlemine kadar veya deneye tabi tutulmadan önce en az 1 saat tekrar su içinde tutulmalıdır.
- Aşındırma yönünde devir sayısı uygun değer 5-6 devir / dakika olarak ayarlanmalıdır. En uygun aşındırma süresi, cihaza bağlı silindir numunenin bir yüzü için 90 ile 100 saniye arasındadır.

- Aşındırma cihazında üst ve alt yüzeyler birbirine paralel; numunenin eksen doğrultusuna dik konumda olacak şekilde karot ve silindir numunelerin her iki yüzeyine aşındırma işlemi yapılır.
- Aşındırma işleminde numune boyutuna uygun kızak ve su tutma paneli kullanılarak silindirlerin her iki yüzeyi sırayla tıraşlanır.
- Silindir numuneler, anma boyundan en fazla ±%10 farklı olabilir.
- Silindir numuneler aşındırma işleminden sonra silindir numunelerin gönye ile diklik kontrolü yapılır. TS EN ve ASTM standartlarına uygun bir silindir numunede, basınç uygulanacak yüzeylerin düzlükten sapması en fazla 0,05 mm; yan yüzün alt ve üst yüzeylere göre diklikten sapması en fazla 0,5° olur.

6.1.4.2. Başlıklama Yöntemiyle Numune Yüzeyinin Düzeltilmesi

Karot ve silindir beton numunelerinde pürüzsüz bir yüzey elde etmek için **TS EN 12390-3**'e göre kalsiyum alüminatlı çimento, kükürt-grafit karışımı ve kum kutusu olmak üzere üç farklı yöntemle başlıklama yapılır. Bunların dışında ülkemizde **ASTM C617** Standardı'nda yer alan başlıklama yöntemleri (kükürt harcı, yüksek mukavemetli alçı ve çimento harcı) ve **ASTM C1231** Standardı'na göre bağlanmamış başlık (neopren / kauçuk yastık) kullanarak numune yüzeyinin düzeltilmesi işlemi yapılır. Ayrıca karot numune yüzeylerinin düzeltilmesinde uygulama kolaylığı açısından piyasada sıkça kullanılan epoksi başlık da uygulanır.

Başlıklama öncesinde numunenin başlık yapılacak yüzeyleri temizlenir ve yüzeylerdeki bütün gevşek parçacıklar uzaklaştırılır. Başlığın yapılmasında kullanılacak başlık malzemesinin dayanımı (mukavemeti), silindir beton numunesinin dayanımından fazla olmalıdır. Başlık, mümkün olduğu kadar ince ve küçük çaptaki bölgesel kalınlık sapmaları dışında kalınlığı 5 mm'yi geçmeyecek şekilde olmalıdır.

Kalsiyum Alüminatlı Çimento ile Başlıklama

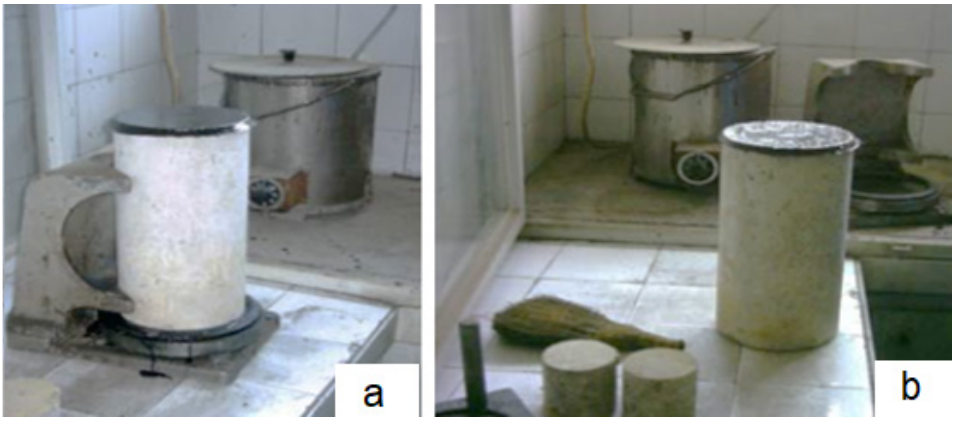
Maliyetli, zahmetli ve yüzey düzeltme işlemi yapıldıktan sonra çimento harcının sertleşmesi için belli bir süre beklemesi gerektiğinden ekonomik olmayan bir yöntemdir. Bu yönteme göre yüzey düzeltme işlemi şöyleyapılmaktadır:

- Deneye başlamadan önce gerekli iş güvenliği tedbirleri alınarak deney araç gereç ve ekipmanları (kumpas, su terazisi, başlıklama kalıbı, alüminatlı çimento, kum, karbon siyahı ve beton presi) hazırlanır.
- Başlık yapılmasında kullanılan malzeme, kütlece üç birim kalsiyum alüminatlı çimento ve bir birim kum (ISO 3310-1'e göre çoğunluğu 300 µm göz açıklıklı elekten geçen) karışımından oluşan harç olmalıdır.
- **TS EN 197-1**'e uygun üretilen diğer çimentolar da başlık yapılan harcın deney anındaki dayanımının en az, numune beton dayanımı kadar olması şartıyla kullanılabilir.
- Numunenin alt veya üst uç yüzeylerinden biri yatay bir metal plaka üzerine oturtulur.
- Numunenin üst kısmındaki uç yüzeyi etrafına, kenar üst yüzü düzeltilmiş çelik bir kelepçe geçirilerek numuneye sıkıca sabitlenir.
- Kelepçenin üst kenarı, yatay ve beton numune yüzeyinin en yüksek çıkıntısından biraz daha yukarıda olacak konumda bulunur.
- Başlık malzemesi, kelepçeden yukarı doğru dış bükey yüzey (bombe) oluşturulacak şekilde kelepçe içine doldurulur.
- Cam başlıklama levhasının başlık harcına temas edecek yüzeyi kalıp yağı ile yağlanır.
- Levha, harç tabakasına doğru itilir ve dairesel hareketler yaptırılarak kelepçenin üst kenarına tam oturuncaya kadar yerleştirilir.
- Daha sonra üzerinde cam levha ve kelepçe bulunan numune, vakit geçirilmeden bağıl nemi en az %95 ve sıcaklığı (20±5) °C olan ortama yerleştirilir. Başlıklamada kullanılan harç, işlem sırasında hasar görmeyecek sertliğe ulaştıktan sonra cam levha alınır ve çelik kelepçe sökülür.
- Numune kenarlarından taşan fazla başlık malzemesi tıraşlanarak temizlenmelidir.

Kükürt Karışımıyla Başlıklama

Piyasadaki birçok beton laboratuvarında kükürt-grafit karışımı ile başlıklama, iş sağlığı ve güvenliği açısından sağlığa zararlı etkileri olduğundan yaygın olarak kullanılmaz. Bu yönteme göre yüzey düzeltme işlemi şöyle yapılır:

- Deneye başlamadan önce gerekli iş güvenliği tedbirleri alınarak deney araç gereç ve ekipmanları (kumpas, su terazisi, kükürt eritme potası, başlıklama kalıbı, kükürt, silisli kum, karbon siyahı ve beton presi) hazırlanır. Düzgün yüzeyli ve fazla eğrilik olmayan numunelerde uygulanır.
- Başlıklama için hazır kükürt karışımlar kullanılabilir. Alternatif olarak başlık malzemesi, kütlece eşit oranda %49 kükürt ve %49 silisli ince kum (ISO 3310-1'e uygun 250 µm göz açıklıklı örgülü elekten geçen ve 125 µm göz açıklıklı örgülü elekte kalan) ile %2'ye kadar grafit tozu (karbon siyahı) karışımıyla elde edilen malzeme de kullanılabilir.
- Karışım, üretici firmanın önerdiği veya gerekli kıvamın sağlandığı 150 °C sıcaklığa kadar sürekli karıştırılarak ısıtılır.
- Karışım, homojenliğinin sağlanması ve eritme potasının tabanında katı birikiminin önlenmesi için 150 °C sıcaklığa ulaştıktan sonra da sürekli karıştırılır. Başlıklama işleminin art arda yapılacağı durumlarda sıcaklığı termostatla ayarlanabilen iki eritme potasının kullanılması önerilir.
- Tutuşabilecek kükürt buharı oluşması tehlikesi meydana geleceğinden eritme potasındaki karışım seviyesinin çok aşağıya düşmemesine dikkat edilir.
- Başlıklanmış her iki yüzeyin de birbirine paralel olması için başlıklama çerçevesi kullanılmalıdır (Görsel 6.7.a).
- Plaka / kalıp yüzeyi, kalıp ayırıcı yağ ile yağlanır.
- Yatay plaka / kalıp üzerindeki çukura doldurulan erimiş sıvı kükürt karışımının üstüne, 5-10 sn. içinde karot veya silindir numune düşey konumda kalacak şekilde numunenin alt yüzeyi yerleştirilir. Başlıklama, karışımın yeterli sertliğe ulaşabileceği süre olan 25-30 sn. kadar bekletilir. Daha sonra numunenin üst yüzeyine de aynı işlem uygulanır (Görsel 6.7.b).
- Başlıklama ince olmalı ve kalınlığı 5 mm^2yi geçmemelidir (Görsel 6.7.b).
- Numuneler dikkatli bir şekilde başlıklama kalıbından çıkartılır ve numune kenarlarından taşan fazla başlıklama malzemesi tıraşlanarak temizlenir.
- Numunenin her iki uç yüzeyine yapılan başlıkların numune yüzeyine tam olarak yapışıp yapışmadığı kontrol edilir.
- Yapılan kontrolde başlık altında boşluk olduğunu belirten ses geliyorsa başlık sökülür ve numune yeniden başlıklanır.
- Deneye son gün kala numune başlıklama işlemi yapılacaksa son başlık yapımı ile basınç dayanımı deneyi arasında en az 30 dakika geçmesi gerekir.



Görsel 6.7: Silindir numune başlıklama



Kükürt eritme işlemi sırasında havadan daha ağır olan kükürt buharının tam olarak atılmasını sağlayacak aspiratör veya havalandırma sistemi çalıştırılır. Çevre kirliliğini azaltmak üzere kükürt karışım sıcaklığının belirli sınırlar içinde tutulması için gerekli tedbirler alınır.

Kum Kutusu Yöntemiyle Başlıklama

Kullanımı yaygın olmayan bir yüzey düzeltme yöntemidir. Bu yönteme göre yapılan işlemler şöyledir:

- Deneye başlamadan önce gerekli iş güvenliği tedbirleri alınarak deney araç gereç ve ekipmanları (çelik kutular, yerleştirme cihazı, basınçlı hava kompresörü, kumpas, şişe, tablalı ısıtıcı, parafin, ölçülü kabı, işlem yerleştirme cihazı, silisli kum ve beton presi) hazırlanır.
- Kullanılacak kum, çoğunluğu ISO 3310-1'e uygun 250 µm göz açıklıklı örgülü elekten geçen ve 125 µm göz açıklıklı örgülü elekte kalan silisli ince kum olmalıdır.
- Yerleştirme cihazı, yatay bir çalışma zeminine yerleştirilir. Kum kutularından biri, cihazın yatay plakası üzerine yerleştirilir ve sabitlenir.
- Yeterli hacimdeki kum, yayılmaksızın çelik kutunun merkezine konur.
- Numunenin yük uygulanacak yüzeyleri temizlendikten sonra beton numunenin uç yüzeylerinden biri kutu içindeki kum yığını üzerine oturtur ve o konumda kelepçelenerek sabitlenir.
- Vibratör, kılavuz silindir parçaların numuneye temas etmesi sağlanacak şekilde (20±5) saniye çalıştırılır.
- Tablalı ısıtıcı üzerinde eritilmiş parafin, kutunun açık üst kenarlarına kutu içindeki kumun dökülmesini önlemek üzere dökülür ve katılaşması beklenir.
- Kelepçe sökülür ve aynı işlem, numunenin diğer uç yüzeyine de ikinci kum kutusu kullanılarak uygulanır.
- Beton numunenin taşınması esnasında altta bulunan kutudan tutulur.
- Basınç dayanımı deneyi tamamlandıktan sonra her iki kum kutusu da kutu içine basınçlı hava verilerek beton parçaları ve kalıntılarından temizlenir.

Bağlanmamış Başlık (Neopren / Kauçuk Yastık) Kullanımı (ASTM C1231)

- Silindir ve karot numune yüzeyine aşındırma işlemi yapmadan kullanılan pratik ve ekonomik bir yöntemdir. Bu yönteme göre yüzey düzeltme işlemi şöyle yapılır.
- Deneye başlamadan önce silindir numunenin alt ve üst yüzeyi mısır nişastası veya talk pudrası ile tozlandırılır.
- Yastık tutucu halkalar, silindire yerleştirilmeden önce tutucu halkaların içine yastıklar yerleştirilir.
- Basınç yastıkları, yüzeyi düzgün olmayan numunelerde bile deney yükünü üniform olarak dağıtarak güvenilir deney sonuçlarının alınmasını sağlar. Bu yastıklar, neopren deneylerde birçok kez kullanılabilir. Aşırı aşınma veya 10 mm'yi aşan çatlakları olan yastıklar (ped) değiştirilir.
- Yastık tutucu halkalar, silindir numunenin bir veya her iki yüzüne de kullanılabilir.
- Bağlanmamış yastık tutucu halkalar, silindir numunenin üzerinde ortalanır.
- Daha sonra silindir numune beton pres makinesinin alt yatak bloğunun üzerine merkezlenerek yerleştirilir. Küresel olarak oturmuş blok üst hareketli kısmı elle hafifçe döndürülerek düzgün bir oturma elde edilir.
- Numune, yastık tutucu halkanın tam merkezine yerleştirilmezse kırım sırasında merkezden kayabilir ve gerçek sonuçtan sapmalar olabilir.
- Yük uygulandıktan sonra beklenen numune gücünün %10'una ulaşmadan önce silindirin ekseninin bir eksen içinde dikey olup olmadığı kontrol edilir.
- **TS 12390-3** veya **ASTM C 39** Standartları'na uygun olarak silindir numunenin kırımı yapılır. Beton presinde silindir numunelerin kırımı yapıldığında numunenin yerleştirildiği bölüm iş sağlığı ve güvenliği açısından koruyucu bir tel kafes veya kapak ile kapatılır.
- Yastıklarda biriken enerjinin şiddetli bir şekilde salınması nedeniyle kırık silindir nadiren başlıklanmış silindirlere özgü konik kırılma gösterir.
- Deneyde kullanılan pedlerin ilk kullanım tarihi, sertlik değeri ve kullanım sayısı kayıt altına alınır ve uygunluğu kontrol edilir.
- Deney sonuçları, deney raporuna yazılarak deney raporu hazırlanır.

6.1.5. Deney Raporunun Hazırlanması

Beton dayanım deneylerinde kullanılacak numunelerin bakımı ve deneye hazırlama işlemleri tamamlandıktan sonra Tablo 6.2'de yer alan bilgilere göre deney değerlendirme raporu hazırlanır. Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 6.2: Deney Değerlendirme Raporu

1.DENEYE AİT GENEL BİLGİLER				
Deneyin Yapıldığı Yer	Laboratuvar / Şantiye			
Deneyin Ait Olduğu İş				
Deney Tarihi				
Deneyin Adı				
Deney Standartları				
Deney Metodu				
Rapor Tarihi ve Numarası	…../…../20….. -			
2.DENEY NUMUNESİNE AİT BİLGİLER				
Numuneyi Alanın Adı Soyadı				
Hazır Beton Üretici Firma			Numune Alma Tarihi	
Beton Sınıfı ve Numunenin Temsil Ettiği Miktar (m^3) Ortam Sıcaklığı (°C)			Numune Alma Saati	
Kullanılan Katkı Türü ve Miktarı (%)			Betonun Sıcaklığı (°C)	
İrsaliye No.			Numune Adeti	
Alındığı Yer (kiriş, kolon vs.)			Su / Çimento Oranı	
Betonun Çökme (Slamp) Değeri			Betonun Kıvam Sınıfı	
Taze Betonun Birim Hacim Kütlesi			Çimento Tipi	
Numune Şekli ve Boyutu (mm)			Agrega D_{max} (mm)	
Numunelerin Yüzeysel Olarak İncelemesinde Gözlenen Ayrıntılar (yüzey düzgünlüğü, yüzeydeki eğrilik, boşluk ve çıkıntılar ile miktarları, yüzeydeki çatlaklar, dökülmeler vb.):				
3. DENEY ORTAMINA AİT BİLGİLER				
Ortam Sıcaklığı (°C)	Rüzgâr Durumu		Güneş Işığı	
4. NUMUNELERİN BAKIMI VE DENEYE HAZIRLAMADA UYGULANAN YÖNTEMLER				
Deneyde Kullanılan Araç Gereç ve Ekipmanlar:				
Numuneye Uygulanan Kür Yöntemi ve Süresi:				
Numuneye Uygulanan Düzeltme Yöntemi ve İşlemin Süresi:				
Uygulanan Deney Yöntemlerinde Belirtilmeyen veya Uyulması Zorunlu Olmayan ve Deneyde Yer Alan İşlemler:				
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ				
6. DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
3				
7. DENEYİ ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				

1. DENEY UYGULAMASI

C30/37 beton sınıfından alınan küp veya silindir basınç dayanım deney numunelerine **TS EN 12390 -2** Standardı'na uygun kür uygulayarak numuneleri basınç dayanım deneyine hazırlayınız.

Deney Adı: Beton Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Numunelerin Bakımı ve Deneye Hazırlanması

Deney Süresi: 7 ve 28 gün numunelerin kürlenmesi, yüzey düzeltme ve kırım 1 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Numunelerin kalıptan çıkartılması	• Şantiyede kuralına uygun olarak alınan numuneleri en az 24 saat sonra laboratuvara getiriniz. • Plastik kalıpları ters çevirerek basınçlı hava ile numuneleri kalıptan çıkartıp numaralandırınız.	
  Numunelerin diklik ve standartlara uygunluğunun kontrolü	• Gönye ile numunelerin dikliğini kontrol ediniz. • Deney numunesinin boyutunu, belirlenen boyut veya çap için toleranslara uygunluğunu • TS EN 12390-3 Ek B'de verilen ölçütlere göre reddediniz veya düzelterek basınç dayanım deneyini uygulayınız. • Deney numunelerinin perdahlanmış üst yüzeylerinde oluşan girinti ve çıkıntıların 3 mm'den fazla olup olmadığını sentil, kumpas veya çelik cetvelle ölçerek kontrol ediniz. • Hasar görmüş veya boşluklu (bal peteği görünümünde) olan numuneleri deneyde kullanmamaya özen gösteriniz.	

 Küp ve silindir numunelerin bakımı	• Kalıptan çıkardığınız deneye uygun olan küp ve silindir numuneleri ayrı ayrı gruplandırınız. • Numuneleri, 20 ± 2 °C sıcaklıktaki su dolu kür havuzunda veya %95 bağıl neme sahip kür odasında küre tâbi tutunuz. • Silindir numunelerin bakımını, eksenleri düşey konumda olacak şekilde yapınız. • Deney numunelerini 7 veya 28. günde basınç dayanım deneyi için en az 2 saat öncesinden kür odasından çıkarınız.	
  Silindir numunelerde yüzey düzeltme işleminin yapılması	• Numuneyi deneye hazırlamak için **TS EN 12390-3 Ek A**'da verilen yöntemlerden birini kullanarak (aşınma ve başlıklama) yüzey düzeltme işlemini kuralına uygun şekilde yapınız. • Aşındırma işlemi yapılacaksa deney numunelerini en fazla 1 saat önce sudan çıkartınız. Numuneleri, sonraki aşındırma işlemine kadar veya deneye tâbi tutmadan önce en az 1 saat kadar tekrar su içinde kürleyiniz. • Numuneye başlıklama yaptıktan hemen sonra basınç dayanım deneyi yapılmayacaksa kırılma zamanına kadar tekrar küre tabi tutunuz. • Numune başlıklama işlemi deneye son gün kala yapılacaksa basınç dayanım deneyi yapılıncaya kadar başlığın yeterli sertliğe ulaşıp ulaşmadığına dikkat ediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâh ve araç gerecini özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrolediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde eksiksiz bir şekilde doldurunuz ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6.2. BETON BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Bu deney, **TS EN 12390-2**'ye uygun hazırlanan ve küre tâbi tutulan 7 ve 28 gün yaşta sertleşmiş küp veya silindir beton numunelerin **TS EN 12390-3** Standardı'na uygun olarak standart deney yöntemiyle beton basınç dayanımlarının belirlenmesi için yapılır. **TS EN 12390-4**'e uygun basınç yükleme makinesinde beton numunelerinin kırılıncaya kadar yüklenmesi ile beton basınç dayanımları belirlenir.

Herhangi bir betonun belirli bir yaştaki basınç dayanımını tespit etmek için en az üç adet silindir veya küp numunenin kırılma deneyine tabi tutulmalı ve sonuçların ortalaması alınmalıdır.

7 ve 28 gün kür havuzunda bekleyen numuneler, yüzeyleri kurulanarak suya doygun şekilde **TS 12390-3** Standardı'na göre beton basınç dayanım deneyine tabi tutularak beton basınç dayanımının uygunluğu tayin edilir. Beton basınç dayanım sınıflandırılmasında beton numunesinin 28 günlük basınç dayanımı esas alınır.

Yeni bina deprem yönetmeliğine göre yapılacak olan tüm betonarme binalarda C25/30'dan daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz. Beton dayanım sınıfı C25/30 ve üzerindeki betonlarda daha gerçekçi basınç dayanım değeri silindir şekilli numuneler kullanılarak elde edilmektedir. Silindir şekilli numuneler, taze beton numunesinin döküm yönüyle basınç uygulama yönü aynı olduğundan yapıdaki betonu daha iyi temsil eder. Beton basınç dayanımı tayininde silindir şekilli numuneler referans yöntem olarak kullanılır.

Beton dayanım sınıfı C35/45 ve üzerindeki beton sınıflarında başka herhangi bir matematiksel ilişki kurulmadan agrega en büyük dane boyutu 25 mm'den küçük olan betonlardan alınan, 28 günlük en az 3 adet 100x100x100 mm küp veya Ø100 x 200 mm silindir şekilli numunelerden elde edilen ortalama beton basınç dayanım sonucu (f), şu bağıntılar kullanılarak dönüştürülür:

100x100x100 mm küp şekilli numuneler, 150 x 150 x 150 mm ebadındaki küp numune basınç dayanımına $f_{k(150x150x150)}=0,95.f_{k(100x10x100)}$.Ø100x200 mm boyutlardaki silindir şekilli numuneler, Ø150 x 300 mm silindir şekilli numune basınç dayanımına $f_{s(150x300)}=0,97.f_{s(100x200)}$ bağıntısı kullanılır. Standart deney yöntemine göre hazırlanan ve denenen beton numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı arasında bir ilişki kullanılabilir. 7 günlük basınç dayanımı değeri, 28 günlük beton basınç dayanımı değerinin yaklaşık %65-70'i kadar olur.

Basınç dayanımı deneyi sonucunda elde edilen basınç dayanım değerini (mukavemeti) etkileyen en önemli faktörler şunlardır:

- Numune şekli ve boyutları
- Numunenin yüzey pürüzlülüğü
- Basınç presi başlığının özellikleri
- Deneyde uygulanan yükleme hızı
- Kür koşulları ve süresi
- Deney anında ortamın nem ve sıcaklık durumu
- Numunenin alındığı kaynak (şantiye, hazır beton santrali, laboratuvar) ve taşınması
- Beton karışımı içeriği (çimento tipi ve dozajı, katkı türü ve miktarı, betondaki hava miktarı, agreganın dane şekli, granülometrisi ve en büyük agrega dane boyutu vb.)

6.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılan araç gereç ve özellikleri şöyledir:



Görsel 6.8: Beton basınç dayanım test cihazı

Basınç Deney (Beton Pres) Makinesi: Presin yük kapasitesi, dayanım deney numunelerini kırmaya yeterli yükünün en az 1/10'u kadar fazla olmalıdır. 200 ton (2000 kN) veya 300 ton (3000 kN) kapasiteli; otomatik yüklemeli TS EN 12390-4'te belirtilen basınç deney makinelerinin performans özelliklerine uygun cihaz olmalıdır (Görsel 6.8.a).

Ayrıca Elektronik Beton İzleme Sistemi Projesi için özel olarak üretilen beton presleri ülkemizde yapı laboratuvarlarında kullanılmaktadır. Bu preslerde 300 ton (3000 kN) kapasiteli beton presleri, içinde RFID okuyucular, görüntü kameraları, güç kaynağı ve kalibrasyona müdahaleyi önleyen bir anahtar kilit sistemi yer alır (Görsel 6.8.b).

Diğer Araç Gereç: Elektronik terazi, çelik cetvel veya şerit metre, fırça, kumpas, gönye ve havludur.

6.2.2. Deneyin Yapılışı

- Deneye başlamadan önce gerekli kişisel koruyucu donanımlar giyilir. Deney boyunca iş ayakkabısı ve iş eldiveni kesinlikle çıkarılmaz.
- Etiketlenmiş ve numaralandırılmış kırım tarihleri gelen basınç dayanım numuneleri, deneyden 2 saat önce yüzeyindeki suyun kuruması için bir maşa yardımıyla kür havuzundan çıkarılarak laboratuvar ortamında bekletilir.
- Deney numunesi, beton presine yerleştirilmeden önce numune üzerindeki su bir bez veya havlu ile kurulanır. Deney numunesinin nem durumu (etüv kurusu, hava kurusu ve suya doygun) deney formuna kaydedilir.
- İsteğe bağlı olarak numuneler 1 g duyarlıktaki terazide tartılarak kütlesi kaydedilir (M). Numunenin kütlesini, hacmine bölerek görünür yoğunluğu hesaplanır.
- Numune boyutları, 1 mm duyarlıkla üç yerden ölçülerek **TS EN 12390-1** Standardı'na uygunluğu kontrol edilir. Daha sonra numunelerin dikliği kontrol edilir.
- Ölçülen numune boyutları kullanılarak, numunenin basınç yükünün tesir ettiği ortalama en kesit alanı (A_c), 0,1 cm^2ye yuvarlatılarak hesaplanır. Dijital preslerde ise numune boyutları beton pres programına girildiğinde sonuç doğrudan ekranda görülür.
- Numunelerin boy farkı, numunenin başlıklarla temas edecek yüzeylerinde bulunan çıkıntı ve gevşek taneler spatula yardımıyla temizlenir.
- Silindir numunelerde ise başlıklarla temas edecek pürüzlü yüzeyler aşındırma veya başlıklama için numuneler bir gün önce kür havuzundan çıkartılır. Numunelerin alt ve üst yüzeyine (dolum yüzeyine) ortalama 5 mm kalınlığında başlıklama yapılarak pürüzsüz hâle getirilir.
- Beton presinin çelik yükleme plakalarının (blokları) yüzeyleri iyice silinerek temizlenir.
- Deney numunesi ve pres makinesinin yükleme başlığı arasında aralık ayarlama blokları ve ilave plakalardan başka yerleştirme parçası kullanılmaz.
- İlave yükleme plakaları kullanılıyorsa bu plakalar, numunenin alt ve üst yüzeylerine göre ayarlanır.
- Silindir deney numunelerinin alt yüzü, pres alt yükleme plakasının üzerindeki daire içine düşey merkezlenir. Küp deney numuneleri ise dökme yönüne dik yüzlerinden biri merkezleme aygıtıyla merkezlenerek beton presine yerleştirilir.
- Deney numunesi yavaşça oynatılarak deney numunesinin düşey ekseni, pres üst başlık plakasının üzerindeki daire merkezi ile çakıştırılır. Küp numuneler belirtilmiş boyutunun silindir numuneler de belirtilmiş çapının ± %1'i doğrulukla merkeze yerleştirilmelidir.
- Kullanılan pres makinesi iki kolonlu ise küp numuneler, mastarlanmış üst yüzeyi kolona bakacak şekilde yerleştirilir.
- Yükleme başlamadan önce küp veya silindir numune için seçim yapılarak beton pres ayarları yapılır.
- Yükleme hızı, (0,6 ± 0,2) MPa/sn. sınırlarını aşmayacak şekilde 0,6 Mpa/sn. sabit bir yükleme hızı seçilir ve yükleme yapılır.
- Yüklemenin başlatılması, pres üzerindeki kontrol panelinden manuel (el ile) kullanılabileceği gibi pres makinesine bağlı bilgisayardaki yazılım sayesinde numuneye ait gerekli bilgiler programa girildikten sonra programdan başlatılarak da yapılabilir.

- Elektronik Beton İzleme Sistemi ile yapılan kırımlarda ise 7 ve 28. günlerde yapılacak olan kırımlarda numune alma planına uygun miktardaki beton deney numuneleri kür havuzundan çıkarılır. Çıkarılan beton numuneleri, RFID okuması ile numunenin doğrulaması yapıldıktan sonra numune kırılır ve test sonuçları eş zamanlı olarak Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının merkezi yazılım sistemine gönderilir.
- Kırılma yükünün %30'unu aşmayacak şekilde uygulanan başlangıç yükünün ardından seçilen hızdan sapma ± %10'u geçmeyecek şekilde sabit bir hızda numune en büyük yüke ulaşıncaya kadar kadar başka bir ifadeyle kırılıncaya kadar yük uygulanır.
- Göstergeden okunan en büyük yük değeri F (kN) ve basınç dayanımı f_c (MPa veya N/mm^2) olarak kaydedilir.
- Kırılan numune beton presinden alınarak kırılma şekli incelenir ve deney raporuna kaydedilir.
- Yük boşaldıktan sonra diğer numunelerin kırımının yapılması için yükleme yapılmadan önce makinenin yük gösterge değeri sıfırlanır.



Numunelerin suya doygun hâle getirilmesinin kolay olması nedeniyle EN ve ASTM standartları beton numunesinin suya doygun hâlde beton basınç dayanım deneyine tabi tutulmasını şart koşmuştur.

6.2.3. Hesaplamalar, Deney Sonuçların Değerlendirilmesi ve Raporun Hazırlanması

Basınç dayanımı, şu eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$F_c = F/A_c$$

Burada semboller şunları ifade eder:

f_c : Basınç dayanımı, MPa (N/mm^2)

F: Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N

A_c : Numunenin üzerine basınç yükü uygulanan en kesit alanı, mm^2

Kullanılan birim, megapascal [megapaskal, [MPa (N/mm^2)] cinsinden basınç dayanımı esas alınarak tarif edilir. Basınç dayanımı, en yakın 0,5 MPa'a (N/mm^2) yuvarlatılarak deney raporuna kaydedilir.

Beton deney numunesinin kütlesini (ağırlığını), numunenin gerçek boyutları üzerinde hesaplanan hacmine bölerek birim hacim kütlesi hesaplanır. Birim hacim kütlesi (yoğunluğu), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$(\rho) = M/V$$

Burada semboller şunları ifade eder:

ρ: Sertleşmiş betonun birim hacim kütlesi veya yoğunluğu, (kg/m^3)

M: Numunenin kütlesi, (kg)

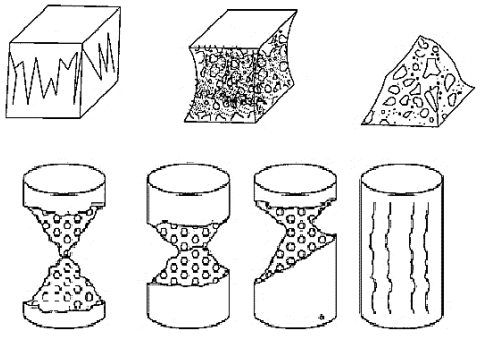
V: Numunenin hacmi (m^3)

Deneyin uygun doğrulukta yapılıp yapılmadığı standartta yer verilen küp ve silindir numuneler için uygun olan (Görsel 6.9) ile uygun olmayan (Görsel 6.10) örnek kırılma şekillerine bakılarak karar verilir. Kırılmış numunenin gözlenen durumu, Görsel 6.9 ve Görsel 6.10'da verilen örneklerden en fazla hangisine benziyorsa o tipe atıfta bulunarak kaydedilir. Deney sonunda tatmin edici olmayan kırılma tipi meydana gelen numunelerin basınç dayanım değerleri, ortalamaya dâhil edilmez. Uygun olmayan kırılma tipi gözlendiğinde deney raporunda belirtilir.

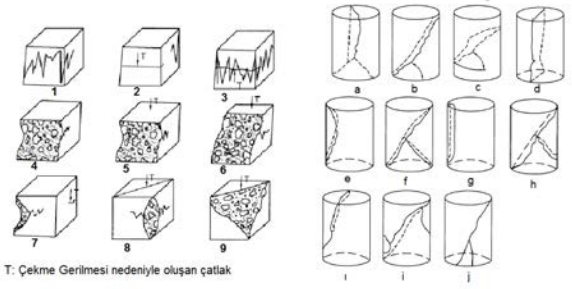
Standarda uygun bulunmayan kırılma şekli, aşağıda verilen nedenlerden meydana gelmiş olabilir. Bu kırılma şekli şunlardır:

- Deney sırasında yeterli özenin gösterilmemesi, özellikle numunenin yükleme başlığına merkezlenmeden yerleştirilmesi

- Beton pres makinesinin kusurlu olması
- Başlıklama yapılan silindir numunelerde beton numune kırılmadan önce başlıkta meydana gelen çatlama veya kırılmaların oluşması



Görsel 6.9: Küp ve silindir numunelerin TS EN 12390-1'e göre uygun kırılma şekilleri



Görsel 6.10: Küp ve silindir numunelerin TS EN 12390-1'e göre uygun olmayan kırılma şekilleri

Numunelerin beton basınç dayanım deney sonuçlarının uygunluk denetimleri aşağıda verilen çeşitli durumlara göre yapılır.

Betonda Yerinde Nitelik Denetimi ve Kabul Koşullarına Göre Sonuçların Hesaplanması

Betonda yerinde nitelik denetimi, aynı harman veya beton yükünden (transmikserden) alınarak hazırlanmış, aynı yaştaki en az üç adet küp veya silindir şekilli numuneye ait basınç dayanım değerlerinin ortalamasıdır. Elde edilen beton basınç dayanım değerlerinin sonuçlarının değerlendirilmesinde aynı taze beton harmanından en az üç veya daha fazla sayıda deney numunesi hazırlanır Bu numunelerden elde edilen basınç dayanımı değerlerinin (fti) aralığı (en düşük ve en yüksek değerler arasındaki fark) ortalamanın (fci) %15'inden fazla olduğunda deney sonucu geçersiz sayılır. İkiden fazla numune olması durumunda numune ve sonuçlar üzerinde yapılacak incelemeye göre sonuçlardan herhangi birinin ortalamaya dâhil edilmemesini haklı gösterecek bir sebep varsa sadece bu değer ortalamaya dâhil edilmez. Geriye kalan numune sayısının üç veya daha fazla olması durumunda aynı değerlendirme tekrar yapılır. Ortalama alınma şartlarını sağlayan iki adet dayanım değeri kalması durumunda işlem sonlandırılır. Deney sonucuna ait hesaplama örnekleri Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3: Betonda Yerinde Nitelik Denetimi ve Kabul Koşullarına Ait Deney Sonuçlarının Hesaplanması

Beton Sınıfı	Bir Beton Harmanı Veya Yüküne Ait 150x150x150 mm Numune Basınç Dayanımı Değerleri (MPa)	Basınç Dayanımı Ortalama Değeri (MPa)	Basınç Dayanımı Ortalama Değerinin %15'i (MPa)	Numune Basınç Dayanım Değeri Aralığı (MPa)	Deney Sonucunun Geçerli Olup Olmadığı
C 20/25	23	26	(26.15) /100 = 3,9	29 - 23 = 7,0	GEÇERSİZ
	29				
	26				
C 25/30	25	30	(30.15) /100 = 4,5	33 - 25 = 8,0	GEÇERSİZ
	32				
	33				
C 35/45	49	47	(47.15) /100 = 7	49 - 45 = 4	GEÇERLİ
	45				
	47				

Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Basınç Dayanım Denetim Ölçütleri

Betonda nitelik denetimi ve kabul koşulları, TS EN 206 ile bağlantılı **TS 13515 Ek B1'e** uygun olmalıdır. Normal dayanımlı betonlar için basınç dayanımı deney sonucu, Tablo 6.4'teki denetim ölçütlerine göre betonun uygunluğuna karar verilir.

Tablo 6.4: TS 13515 Ek B1'e Göre Normal Dayanımlı Betonların Basınç Dayanım Denetim Ölçütleri

Belirli Hacimdeki Betondan Elde Edilen En Az Üç Adet Dayanım Ortalaması Deney Sonucu Adeti n	1. ÖLÇÜT	2. ÖLÇÜT
	n Adet Deney Sonucu Ortalaması (f_{cm}), N/mm^2	Herhangi En Düşük Tek Deney Sonucu Ortalaması (f_{ci}), N/mm^2
1	Uygulanmaz.	$f_{ci} \geq f_{ck}$
2- 4	$fc_m \geq (f_{ck} + 1)$	$f_{ci} \geq (f_{ck} - 4)$
5 ve daha fazlası	$f_{cm} \geq (f_{ck} + 2)$	$f_{ci} \geq (f_{ck} - 4)$

C55/67 ve daha yüksek olan beton dayanım sınıfları için her bir deney sonucunu şu ölçütler sağlar:
İmalat başlangıcı için $f_{cm} \geq (f_{ck}+5)$ N/mm^2 ve $f_{ci} \geq f_{ck}-5$ N/mm^2
Sürekli imalat için $f_{cm} \geq (f_{ck}+1.48\sigma) \geq 3,0$ N/mm^2 ve $f_{ci} \geq 0,9.f_{ck}$
Burada semboller şunları ifade eder:

f_{ci} (basınç dayanımı deney sonucu): Bir beton harmanı veya yükünden alınan en az üç adet küp veya silindir şekilli numunelerin basınç dayanımı değerlerinin ortalaması

f_{cm} (basınç dayanımları ortalama sonucu): En az iki beton harmanı veya yüküne ait basınç dayanımı deney sonuçlarının ortalaması

f_{ck} (karakteristik dayanım, proje dayanımı): Projede öngörülen ve henüz üretilmemiş betonun basınç dayanımı

σ : Standart sapma

Hazır Betonun Üretimi Uygunluk Denetimi

Hazır beton tesislerinde üretilen beton sınıfının TS EN 206 Standardı'na uygun üretilip üretilmediği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından görevlendirilen uygunluk değerlendirme kuruluşları tarafından denetlenir.

Görevlendirilen uygunluk değerlendirme kuruluşları, üretim kontrol sürecinde basınç dayanımı uygunluk değerlendirmesini Tablo 6.5'te verilen iki ölçüte göre değerlendirilir. Ayrıca buna ek olarak sürekli üretimlerde standart sapmanın da kontrolü istenmektedir.

Tablo 6.5: TS EN 206'e Göre Betonun Üretim Uygunluk Değerlendirme Ölçütleri

İmalat	**Grupta Elde Edilen Basınç Dayanımı Deney Sonucu Adedi n**	**1. ÖLÇÜT**	**2. ÖLÇÜT**
		n Adet Deney Sonucunun Ortalaması (f_{cm}) (Mpa= N/mm^2)	**Herhangi Tek Deney Sonucu (f_{ci}) (Mpa= N/mm^2)**
Başlangıç	3	$\geq (f_{ck} + 4)$	$\geq (f_{ck} - 4)$
Sürekli	15	$\geq (fck + 1,48.\sigma)$	$\geq (f_{ck} - 4)$

Yapı Denetim Kanunu Kapsamında Betonun Uygunluk Denetimi

Beton numunelerinin döküm yerinde, yapı denetim elemanlarının huzurunda ve deneyi yapacak bağımsız laboratuvarın teknik elemanları tarafından 2009 tarihli bir genelge ile betonun nitelik denetiminin **TS 500** Standardı'na uygun yapılması gerektiği belirtilmiştir.

TS 500 Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları Standardı'na göre basınç dayanımı uygunluk değerlendirmesi için bir işten en az üç grup (9 adet numune) alınır. Alınan üçer numunelik gruplar G1, G2, G3 ve birbiri ardına gelen üçer grupluk partiler de (9 numune) P1, P2, P3 olarak isimlendirilir. TS 500, betonun Tablo 6.6'da verilen her iki koşulu birden sağlaması hâlinde kabul edilebileceğini belirtir.

Tablo 6.6: TS 500'e Göre Beton Basınç Dayanımı Uygunluk Değerlendirme Ölçütleri

Ölçütler	Sağlanması Gereken Eşitlik
Her Parti Ortalaması (9 adet numune ortalaması)	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1$ MPa
Her Partide En Küçük Grup Ortalaması (3 adet numune ortalaması)	$f_{cmin} \geq f_{ck} - 3$ MPa

Yapının veya yapı elemanlarının işlevselliğine (kullanım amacına uygunluğu) karşılaşabileceği çevre etkilerine ve projede kullanılacak emniyet gerilmelerine göre seçilecek beton sınıfları **TS EN 206 / TS 13515**'te belirtildiği şekilde Tablo 6.7'de verilmiştir.

Uygulamada silindir dayanımı: $f_{ck} < 20$ düşük, $20 \leq f_{ck} \leq 50$ normal ve $f_{ck} > 50$ MPa yüksek dayanımlı beton olarak adlandırılır.



Tablo 6.7: TS EN 206/TS 13515'e Göre Normal ve Ağır Beton Sınıfları

Basınç Dayanım Sınıfı	En Düşük Karakteristik Silindir (150x300 mm) Basınç Dayanımı ($f_{ck\ Silindir}$, N/mm²)	En Düşük Karakteristik Küp (150x150x150 mm) Dayanımı ($f_{ck\ küp}$, N/mm²)
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115
C 8/10, C 12/15 ve C 16/20 sınıfı betonlar sadece dolgu ve tesviye betonu olarak kullanılabilir.		

Tabloya göre örneğin C30/37 ile C30 28 günlük en düşük karakteristik silindir basınç dayanımı, C37 ise 28 günlük en düşük karakteristik küp basınç dayanımını ifade eder. Hafif beton dayınım sınıfları ise LC şeklinde gösterilir.

Beton Basınç Dayanımı Deney Raporunun Hazırlanması

Beton basınç dayanımı deney işlemleri tamamlandıktan sonra Tablo 6.9'da yer alan bilgilere göre deney değerlendirme raporu hazırlanır. Ayrıca kırılma şeklinde veya deney yönteminde olumsuz bir durum meydana gelirse deney raporuna kaydedilir. Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 6.9: Beton Basınç Dayanım Deney Değerlendirme Raporu

Deney Tarihi	….. /….. /20….	Rapor No.	Laboratuvar No.	

DENEYİ TALEP EDEN İLE İLGİLİ BİLGİLER			
Deneyi İsteyen Firma			
Müteahhit Firma			
Yapı / Şantiye Adresi			
Ada / Pafta / Parsel No.			
DENEY NUMUNESİNE AİT BİLGİLER			
Numuneyi Alanın Adı Soyadı			
Hazır Beton Üretici Firma		Numune Alma Tarihi	
İrsaliye No.		Numune Alma Saati	
Beton Sınıfı		Ortam Sıcaklığı (°C)	
Kullanılan Katkı Türü ve Miktarı (%)		Betonun Sıcaklığı (°C)	
Numunenin Temsil Ettiği Miktar (m^3)		Numune Adeti	
Alındığı Yer (Kiriş, Kolon vs.)		Su/ Çimento Oranı	
Betonun Çökme (Slamp) Değeri		Betonun Kıvam Sınıfı	
Taze Betonun Birim Hacim Kütlesi		Çimento Tipi	
Numune Tipi (Şekli) ve Boyutu (mm)		Agrega En büyük Dane boyutu (Dmax), mm	
Numune Yüzeyinin Rutubet Durumu:			
Numune Yüzeyinin Fiziksel Durumu:			
Numune Üzerinde Yapılan Düzeltme İşlemi:			

BETON BASINÇ DAYANIM DENEY SONUÇLARI, (f_c)

Num. No.	Deney Tarihi	Kırılma Yükü (kN)	7 **Günlük** Basınç Dayanımı MPa (N/mm^2)	Birim Ağırlık (g/cm^3)	Deney Tarihi	Kırılma Yükü (kN)	28 Günlük Basınç Dayanımı MPa (N/mm^2)	Birim Ağırlık (g/cm^3)
1								
2								
3								
Ortalama:					Ortalama:			

NUMUNE KIRILMA ŞEKLİ VE DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ:

DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER

Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	**İmza**
1				
2				
3				

DENEYİ ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER

Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	**İmza**
1				
2				

2. DENEY UYGULAMASI

C30/37 beton sınıfından alınan küp veya silindir basınç dayanım deney numunelerini **TS EN 12390-3** Standardı'na uygun 7 ve 28 günlük kırımlarını yaparak betonun basınç dayanım değerlerini belirleyiniz.

Deney Adı: Beton Basınç Dayanım Deneyi

Deney Süresi: Numune hazırlama 2 saat, numunelerin kürlenmesi sonucunda 7 ve 28. günde kırılması

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Deney boyunca iş ayakkabısını ve iş eldivenini kesinlikle çıkarmayınız.	
Deney araç ve gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
  Numunelerin kür odası veya kür havuzundan çıkartılarak deneye hazırlanması	• 7 veya 28 gün boyunca küre tabi tuttuğunuz küp veya silindir dayanım deney numunelerini basınç dayanım deneyi için en az 2 saat öncesinden kür odasından ya da kür havuzundan çıkartınız. • • Numune üzerindeki serbest suları bir bez veya havlu yardımıyla kurulayıp suya doygun şekilde (DKY) beton presinde beton basınç dayanım deneyini yapınız.	
 Numunelerin boyut kontrolünün yapılması ve kesit alanının (A_c) hesaplanması	• Numune boyutlarını kumpas veya cetvel kullanarak • 1 mm duyarlıklı dikkatlice ölçünüz. • Ölçülen numune boyutlarına göre numunenin basınç yükünün tesir edeceği ortalama en kesit alanını (A_c) hesaplayınız. • Bilgisayar sistemine bağlı otomatik pres makinelerinde her numunenin boyutunu, programdaki ilgili satıra yazınız. • Otomatik preslerde ise numune boyutlarını beton pres programına girdiğinizde en kesit alanının program tarafından otomatik olarak hesaplandığını gözlemleyiniz.	

 Numunelerin tartılması	• Numuneleri hassas terazide tartarak kütlesini belirleyiniz. • Bilgisayar sistemine bağlı otomatik pres makinelerinde her numunenin kütlesini programdaki ilgili satıra yazınız. • Numunenin görünür yoğunluğunun (birim hacim kütle) program tarafından otomatik olarak hesaplandığını gözlemleyiniz.	
 Numunelerin beton presine merkezlenerek yerleştirilmesi	• Deney presinin numune ile temas edeceği başlık plaka yüzeylerini iyice temizleyiniz. • Küp deney numunesini, dökme yönüne dik yüzlerinden birini merkezleme aygıtıyla merkezlenerek beton presine yerleştiriniz. • Deney numunesini yavaşça oynatarak deney numunesinin düşey eksenini, pres üst başlık plakasının üzerindeki daire merkezi ile çakıştırınız. • Küp numunesinin belirtilmiş boyutunun, silindir numunesin ise belirtilmiş çapının ± %1'i doğrulukla merkeze yerleştiriniz. • Yüzey düzeltme işlemi uygulanmış silindir deney numunesinin alt yüzünü, dökme yönüne dik olacak şekilde başlık plakası üzerine özenle yerleştiriniz.	
  Numunelerin beton presinde kırılması	• Darbe etkisi yapmayacak ve düzgün gerilme artışı sağlayacak şekilde yükleme hızını 0,6 MPa/s (N/mm².s) olarak uygulayınız. • Dijital göstergeli veya bilgisayar programıyla kontrol edilen beton pres makinesinde kırım sonucunu programa kaydediniz. • Deney numunesinin kırıldığı andaki en yüksek yükü (F) okuyunuz ve deney raporuna kaydediniz. • Beton presinden kırılan numuneyi alınız ve başlık plaka yüzeyini dikkatlice temizleyiniz. • Kırılan numune beton presinden alınarak kırılma şekli incelenir ve deney raporuna kaydedilir. • Diğer numuneler için sırayla aynı işlemleri titizlikle uygulayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gerecini özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadığını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Gerekli hesaplamaları yaparak deney sonuçlarını değerlendiriniz. • Deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde eksiksiz bir şekilde doldurunuz ve imzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

6. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru cevabı işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi basınç dayanım deneyinde kullanılan numune şekil veya boyutlarından biri değildir?

A) Çapı 100 mm, yüksekliği 200 mm silindir
B) Çapı 150 mm, yüksekliği 300 mm silindir
C) Eni 250 mm, yüksekliği 250 mm, boyu 500 mm dikdörtgen prizma
D) 100 mm x 100 mm x 100 mm küp
E) 150 mm x 150 mm x 150 mm küp

2. Beton dayanım deneylerinde kullanılacak küp veya silindir numunelerinin boyut ve düzgünlük ölçümlerinde fark, en fazla aşağıdakilerden hangisi olmalıdır?

A) Boyutlarda %1, açılarda ± 0,5°
B) Boyutlarda %2, açılarda ± 0,5°
C) Boyutlarda %3, açılarda ± 0,5°
D) Boyutlarda %4, açılarda ± 2°
E) Boyutlarda %5, açılarda ± 3°

3. Aşağıdakilerden hangisi beton dayanım deney numunelerinin beton basınç dayanım deneyine hazırlanmasının amaçlarından biridir?

A) Numune boyu küçülterek yüksek dayanım elde etmek
B) Numuneleri darbe etkilerine karşı korumak
C) Estetik bir görünüm sağlamak
D) Boyut ve yüzey düzgünlüğünü sağlayarak deneye uygun duruma getirmek
E) Numune kalıplarının zarar görmesini engellemek

4. Laboratuvar ortamına getirilen ve kalıptan çıkarılan beton dayanım deney numuneleri deney zamanına kadar hangi şartlarda bekletilmelidir?

A) Soğuk hava deposunda
B) 25 °C sıcaklıktaki kuru ortamda
C) %75 bağıl neme sahip kür odasında
D) 25±1 °C sıcaklıktaki su dolu kür havuzunda
E) 20±2 °C sıcaklıktaki su dolu kür havuzunda

5. Aşağıdakilerden hangisi silindir şeklindeki dayanım deney numunelerine uygulanan yüzey düzeltme işlemlerinden biridir?

A) Aşındırma
B) Bohçalama
C) Beton deney numunelerini soğutma
D) Numuneleri kür etme
E) Kireç ile boşlukları doldurma

6. Aşağıdakilerden hangisi, beton basınç dayanımını belirlemede kullanılan araç gereç ve ekipmanlardan biridir?

A) Demir çekme makinesi
B) Kepçe
C) Şişleme çubuğu
D) Tokmak
E) Beton pres makinesi

7. Beton basınç dayanım deneyi aşağıdaki standartlardan hangisine göre yapılır?
A) TS EN 12350-1
B) TS EN 12350-2
C) TS EN 12390-1
D) TS EN 12390-3
E) TS EN 12390-5

8. Beton basınç dayanım deneyinde beton pres makinesi ortalama hangi sabit hıza ayarlanmalıdır?
A) 0,10 N/mm^2
B) 0,20 N/mm^2
C) 0,6 N/mm^2
D) 1,5 N/mm^2
E) 2,0 N/mm^2

9. Aşağıdakilerden hangisi, beton basınç dayanımını etkileyen faktörlerden biri değildir?
A) Beton pres cihazının üretim yılı ve markası
B) Deneyde uygulanan yükleme hızı
C) Deney anında ortamın nem ve sıcaklık durumu
D) Kür koşulları ve süresi
E) Numune şekli ve boyutları

10. Beton basınç dayanım deneyi sonucunda hazırlanan deney raporunda aşağıda verilen bilgilerden hangisi yer almaz?
A) Numunenin kütlesi
B) Numunenin su emme oranı
C) Numunenin görünür yoğunluğu
D) Numunenin deney anındaki yaşı
E) Numune üzerinde yapılan başlıklama veya aşındırma işlemi









7. ÖĞRENME BİRİMİ

SERTLEŞMİŞ BETON GEÇİRGENLİK VE YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYLERİ

KONULAR

7.1. BETONDA GEÇİRGENLİK TAYİNİ DENEYİ
7.2. SERTLEŞMİŞ BETONDA YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYİ
7.3. KAROT NUMUNESİ (YERİNDE BETON BASINÇ DAYANIMININ BELİRLENMESİ)
7.4. TAHRİBATSIZ (DOLAYLI) YÖNTEMLERLE BETON BASINÇ DAYANIMI TAYİNİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Su işleme derinliği
- Arşimet terazisi
- Karot
- Tahribatlı sıyırma
- Beton test çekici

GİRİŞ

Bu öğrenme birimi, sertleşmiş betonda geçirgenlik (basınç altında su işleme derinliği) ve yoğunluk tayini deneyleri ile tahribatlı (karot, beton yüzeyini sıyırma) ve tahribatsız (ultra ses darbe **hızı, beton test çekici**, donatı tespiti) deney yöntemlerini kapsamaktadır.

7.1. BETONDA GEÇİRGENLİK TAYİNİ DENEYİ (TS EN 12390-8)

Bu deney, **TS EN 12390-8** Standardı'na uygun olarak istenen zamanda yüzeyi pürüzlendirilmiş ve kür uygulanmış beton numunesine bilinen basınçlı su uygulanarak suyun numune içine işleme (nüfuz etme) derinliğini tespit etmek amacıyla yapılır. Deney, sertleşmiş beton numuneleri (küp, silindir veya prizma) cihaza yerlileştirilerek uygun conta ve bağlantılarla sızdırmazlık sağlandıktan sonra 72±2 saat boyunca 5 bar (500±50 kPa) su basıncı uygulanması prensibine dayanır. Su geçirgenliği, numune ortasından yarılıp, alın kısmından ölçülerek veya cihazın ön paneline sabitlenmiş dereceli büretten doğrudan okunarak su işleme derinliği belirlenir.

Dış ortamla temas eden ve boşluk oranı yüksek betonlarda suda çözünen zararlı kimyasal maddeler de suyla birlikte beton içine girerek betonun mukavemet ve dayanıklılığını olumsuz yönde etkiler. Bu sebeple betonda geçirgenliği azaltmak için aşağıda verilen çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir.

- Uygun miktarda beton karma suyu kullanılmalıdır.
- Beton karışımında düzgün dane dağılımı oranına sahip ve maksimum dane boyutu küçük olan agrega kullanılmalıdır.
- Kalıba dökülen beton uygun derecede sıkıştırılmalı ve yeterli bir süre (en az 7 gün) kür uygulanmalıdır.
- Uygun miktarda çimento kullanılmalıdır.
- İnce öğütülmüş ve kohezyonu yüksek çimentolar kullanılmalıdır.
- Betonda ince daneli mineral maddeler kullanılmalıdır.
- Betonun su geçirimsizliğini sağlayan kimyasal katkı maddeleri kullanılmalıdır.
- Hava sürükleyici katkı kullanarak betonda hava kabarcıkları oluşturulmalıdır.

7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları



Görsel 7.1: Su geçirimsizlik deney cihazı

Deneyde kullanılan araç gereç ve özellikleri şöyledir**:**

Kompresör: 8 bar hava basıncı üretebilen, 25 litre kapasiteli; 192 L/dk. hava emişli ve motor devri 2800 devir/dk. olmalıdır.

Su Geçirimsizlik Deney Cihazı: Sıkıştırılmış hava basıncının su tankına uygulanmasıyla elde edilen su basıncı, basınç göstergeli bir basınç regülatörüyle kontrol edilebilen ve lastik contalı iki kapağı bulunan deney cihazıdır.

8 bara kadar 0,2 bar hassasiyette su basıncı, deney numunesinin yüzeyine alttan veya üstten uygulanabilir. 100 ve 150 mm küp, 100x200 mm ve 150x300 mm ebatlarındaki silindir veya prizma şeklindeki deney numunelerini test edebilir özellikte olmalıdır (Görsel 7.1).

Diğer Araç Gereç: Tel veya pirinç fırça, kür havuzu, termostatlı ısıtıcı, kumpas veya cetvel demir çubuk, beton presi, bez ve kırmızı kalemdir.

7.1.2. Deneyin Yapılışı

- Standard ölçülere sahip (100 veya 150 mm küp, 100x200 mm veya 150x300 mm silindir) deney numunesi kalıptan çıkarıldıktan hemen sonra su basıncı uygulanacak numune yüzeyi tel veya pirinç fırçayla pürüzlendirilir.
- Daha sonra deney numunesi, **TS EN 12390-2** Standardı'na uygun olarak 20±2 °C sıcaklıktaki su içinde 28 gün boyunca standart küre tabi tutulur.
- Deney cihazının hava basıncı ayarlanır ve su rezervi kontrol edilir. Hazne içerisindeki su miktarı, deney cihazı üzerinde bulunan manometrelerden okunur. İçilebilir özellikteki şebeke suyu deney cihazına ilk aşamada sadece vanaya kadar verilir.

- Deney numunesine uygulanan basınç sürekli olarak göstergeden izlenebilecek şekilde en az 28 günlük sertleşmiş deney numunesi, uygun olan herhangi bir test cihazına yerleştirilir.
- Numune yüzeyine tam oturacak şekilde lastik conta (sızdırmazlık contası) ya da kauçuk ve benzeri diğer su geçirmez conta yerleştirilerek gerekli su sızdırmazlığı sağlanır.
- Somunlar eşit şekilde sıkılarak üst plakanın numuneyi sabitleştirmesi sağlanır.
- Deney cihazı, deney sırasında numunenin diğer yüzeylerinin de gözlenebilmesine imkân verebilecek özellikte olmalıdır.
- Deney uygulanan numune alanın boyutları, numune yüzey çapı veya kenar uzunluğunun yaklaşık yarısı kadar olmalıdır.
- Hava kompresörünün bağlı olduğu deney cihazının hava vanaları, açık konuma getirilir.
- Deneyde kullanılacak numune sayısına göre hücrelere su giriş vanaları açılır ve mevcut durum göstergelerden takip edilir.
- Hücrelere su ve hava girişi sağlandıktan sonra basınç uygulanır. Numunenin bağlı olduğu deney düzeneğinin su vanaları açık konuma getirilir. Şeffaf hortumlardan geçen basınçlı suyun numune yüzeyine gelişi gözlemlenir.
- Hortumlarda hava kabarcığı görülürse numune üst tablasında bulunan hava tapası gevşetilir. Hortumlardaki hava kabarcıkları çıkana kadar havası alınır.
- Sertleşmiş beton numunesinin pürüzlendirilmiş yüzeyine (72±2) saat boyunca 5 bar [500±50 kPa (kilopaskal) veya 0,5 MPa su basıncı uygulanır. Su basıncı, deney numunesinin pürüzlendirilmiş tabanına veya üst yüzüne uygulanabilir.
- Su geçirgenliği, deney cihazının ön paneline sabitlenmiş dereceli büretten doğrudan okunabilir.
- Deney sırasında deney numunesinin basınç uygulanmayan yüzeyleri, belirli aralıklarla gözlenir. Numune yüzeyinde su görülmesi durumunda vanalar kapatılarak deney sonlandırılır ve durum kaydedilir.
- Deney süresinden önce numunede herhangi bir sızıntı gözlenmemişse su basıncı (72±2) saat boyunca devam ettirilir. Bu süre sonunda hava ve su vanaları kapatılır. Basınç düştükten sonra numune cihazdan çıkarılır.
- Cihazdan çıkarılan numunenin basınçlı su uygulanan yüzeyindeki fazla su, bezle silinerek temizlenir.
- Numunenin bölünmesi ve incelenmesi sırasında basınçlı su uygulanan yüzey alt tarafa getirilir.
- Numune, basınçlı su uygulanan yüzeye dik olacak şekilde ortasından yarılarak ikiye bölünür.
- Numuneyi yarma işlemi, **TS EN 12390-6**'da tarif edilen yöntem kullanılarak da yapılabilir. Buna göre karşılıklı iki yuvarlak demir çubuk ile pres altında yarma işlemi uygulanarak ortasından ikiye ayrılır.
- Numune ikiye bölündükten sonra numunenin ortaya çıkan su işlenmiş yüzeyinin kesiti belirgin şekilde ortaya çıkıncaya kadar kurutulmasından hemen sonra kırmızı kalemle ıslak bölgenin sınırları çizilir.
- Su basıncı uygulanan yüzeyin alın kısmından suyun nüfuz ettiği (işlediği) en büyük su işleme derinliği kumpas veya şerit metre ile ölçülür.
- **Üç deney numunesi**nin ölçülen en büyük su işleme derinliği deney raporuna kaydedilir. Deney sonuçlarının aritmetik ortalaması alınır. En yakın sayıya yuvarlatılarak en büyük su işleme derinliği belirlenir.
- Deney sonunda deney araç gereci, numune tablaları ve çalışma ortamı temizlenir.

7.1.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Raporun Hazırlanması

Deney sonucu, en yakın milimetreye yuvarlatılarak üç deney numunesinden elde edilen ortalama su işleme derinliğidir.

Beton malzemeleri ve karışımları için **TS EN 206/TS 13515**'te ayrışma olmadan tamamen sıkıştırılmış su geçirmeyen bir beton elde edilmesi amaçlanır. **TS EN 206/TS 13515**'e göre basınçlı su işleme derinliği en fazla 50 mm olmalıdır. Deney numunelerinin ortalama su işleme derinliği 40 mm'den düşükse beton su geçirimsiz kabul edilir.

Ayrıca numunelerin ortalama su işleme derinliği, 30 mm'den daha düşükse betonun zararlı kimyasal sulara karşı da geçirimsiz olduğu kabul edilir.

Deneyden elde edilecek sonuçlar Tablo 7.1'e kaydedilir. Tablo 7.1'de yer alan bilgilere göre deney değerlendirme raporu hazırlanır. Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 7.1: Deney Değerlendirme Raporu

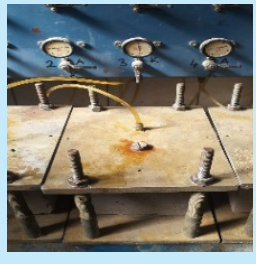
Deneyin Ait Olduğu İş				
Deneyin Adı				
Deney Standardı				
Rapor Tarihi ve Numarası			…./…../20…..	
1. DENEY NUMUNESİNE AİT BİLGİLER				
Numuneyi Alanın Adı Soyadı				
Hazır Beton Üretici Firma			Numune Alma Tarihi	
Beton Sınıfı ve Numunenin Temsil Ettiği Miktar (m^3)			Numune Alma Saati	
			Ortam Sıcaklığı (°C)	
Kullanılan Katkı Türü ve Miktarı (%)			Betonun Sıcaklığı (°C)	
İrsaliye No.			Numune Adeti	
Alındığı Yer (kiriş, kolon vs.)			Su/ Çimento Oranı	
Betonun Çökme (Slamp) Değeri			Betonun Kıvam Sınıfı	
Taze Betonun Birim Hacim Kütlesi			Çimento Tipi	
Numune Şekli ve Boyutu (mm)			Agrega D_{max} (mm)	
2. NUMUNELERİN BAKIMI VE DENEYE HAZIRLANMASI				
Deneyde Kullanılan Araç Gereç ve Ekipmanlar:				
Numuneye Uygulanan Kür Yöntemi ve Süresi:				
3. DENEY SIRASINDA UYGULANAN İŞLEMLER				
Uygulanan Basınç Miktarı (Bar) ve Süresi (Saat):				
Standart Deney Yönteminde Olan Herhangi Bir Sapma:				
Standart Deney Yönteminde Herhangi Sapma Yoksa Deneyin Teknik Sorumlusunun Deneyin Standardına Uygun Yapıldığına Dair Beyanı:				
Herhangi Su Sızıntısı ve Deneye Son Verilme Kararı (varsa):				
4. YARMA (İKİYE BÖLME) SONRASI ÖLÇÜLEN EN BÜYÜK SU İŞLEME DERİNLİKLERİ (mm)				
1. Numune	2. Numune	3. Numune	Ortalama En Büyük Su İşleme Derinliği (mm)	
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ				
6. DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
7. DENEYİ ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				

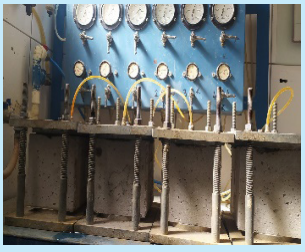
1. DENEY UYGULAMASI

Kalıptan çıkardıktan hemen sonra test yüzeyini pürüzlendirdiğiniz ve en az 28 gün standart kür uyguladığınız üç adet 150x150x150 mm küp şekilli beton numunelerini, **TS EN 12390-8** Standardı'na göre geçirgenlik deneyine tâbi tutarak su işleme derinliğini tayin ediniz.

Deney Adı: Basınç Altında Su İşleme Derinliği (Geçirgenlik) Tayini Deneyi

Deney Süresi: Deney numunesi hazırlama ve bakımı en az 28 gün, deney uygulaması 72 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız.	
Deney araç gerecin hazırlanması  Deney numunesinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Şantiyede kuralına uygun olarak, alınan küp numuneleri en az 24 saat sonra kalıpları ters çevirerek basınçlı hava ile kalıptan çıkartınız. • Küp numuneleri kalıptan çıkardıktan hemen sonra numunelerin basınçlı su uygulanacak yüzeyini tel fırça ile pürüzlendiriniz. • Numuneleri **TS EN 12390-2** Standardı'na uygun olarak 20± 2 °C sıcaklıktaki su dolu kür havuzunda veya %95 bağıl neme sahip kür odasında en az 28 gün standart küre tabi tutunuz.	
 Deney cihazının deneye hazırlanması	• Deney cihazının hava basıncını ayarlayınız ve su haznesini kontrol ediniz. • Hazne içerisindeki su miktarını, deney cihazı üzerinde bulunan manometrelerden okuyunuz. • İçilebilir özellikteki şebeke suyunu deney cihazına ilk aşamada sadece vanaya kadar veriniz. • Deney cihazının, deney sırasında numunenin diğer yüzeylerinin de gözlenebilmesine imkân verebilecek özellikte olmasına dikkat ediniz.	
 Numunelerin hazırlanarak deney cihazına yerleştirilmesi	• En az 28 günlük sertleşmiş 150x150x150 mm küp deney numunelerini, deney cihazına yerleştiriniz. • Numune yüzeyine tam oturacak şekilde lastik conta (sızdırmazlık contası), yerleştirerek gerekli su sızdırmazlığını sağlayınız. • Üst plakanın numuneleri sabitleştirmesi için somunları eşit şekilde sıkınız. • Hava kompresörünün bağlı olduğu deney cihazının hava vanalarını açık konuma getiriniz. • Kullandığınız numune sayısına göre hücrelere su giriş vanalarını açınız ve mevcut durumu göstergelerden takip ediniz.	

 Numunelere su basıncının uygulanması	• Hücrelere su ve hava girişini sağladıktan sonra basıncı uygulayınız. • Numunenin bağlı olduğu deney düzeneğinin su vanalarını açık konuma getiriniz. • Şeffaf hortumlardan geçen basınçlı suyun numune yüzeyine gelişini gözlemleyiniz. • Şeffaf hortumlarda hava kabarcıkları görülürse hortumlardaki kabarcıkları çıkana kadar havasını alınız. • Numunelerin sadece pürüzlendirilmiş yüzeyine 72±2 saat boyunca 5 bar (500±50 kPa, 0,5 MPa) su basıncı uygulayınız.	
 Su sızıntısının gözlemlenmesi	• Deney sırasında deney numunesinin basınç uygulanmayan yüzeylerini belirli aralıklarla gözlemleyiniz. • 72±2 saat öncesinde numune yüzeyinde su sızıntısı görülmesi durumunda deneyin sonuca ulaştığını kabul ediniz. Vanaları kapatarak deneyi sonlandırınız ve durumu deney raporuna kaydediniz. • Deney süresinden önce numunede herhangi bir sızıntı gözlemlenmediyse su basıncını (72±2) saat boyunca devam ettiriniz. • Deney süresi (72±2 saat) sonunda hava ve su vanalarını kapatınız. Manometreden hava basıncının düştüğünü gözlemledikten sonra numuneleri deney cihazından çıkartınız.	
 Numunenin yarılması	• Cihazdan çıkarılan numunenin basınçlı su uygulanan yüzeyindeki fazla suyu, bezle silerek temizleyiniz. • Numunenin bölünmesi ve incelenmesi sırasında basınçlı su uygulanan yüzeyi alt tarafa getirmeye özen gösteriniz. • Basınçlı su uygulanan yüzeye dik olacak şekilde numuneyi ortasından yararak ikiye bölünüz. • Numuneyi yarma işlemini **TS EN 12390-6**'da tarif edilen yöntemi (solda görselde verilen) kullanarak da yapılabilirsiniz.	
 Numunenin incelenmesi ve en büyük su işleme derinliğinin belirlenmesi	• Numuneyi yardıktan sonra numunenin ortaya çıkan su işlenmiş yüzeyinin kesiti belirgin şekilde ortaya çıkıncaya kadar kurutunuz. Hemen sonra kırmızı kalemle ıslak bölgenin sınırlarını çiziniz. • Su basıncı uygulanan numune yüzeyinin alın kısmından suyun nüfuz ettiği (işlediği) en büyük su işleme derinliğini kumpas veya metre ile ölçünüz. • Üç deney numunesi için en büyük su işleme derinliğini ölçerek Tablo 7.1'deki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydediniz. • Deney sonuçlarının aritmetik ortalamasını alınız. En yakın ondalığa yuvarlayarak en büyük su işleme derinliği belirleyiniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra numune tablalarını, çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhı ve deney araç gerecini özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadığını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	

Deney raporunun hazırlanması	• **TS EN 206/TS 13515**'e göre su işleme derinliğinin uygunluğunu kontrol ediniz. • Deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde eksiksiz bir şekilde doldurunuz. İmzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

7.2. SERTLEŞMİŞ BETONDA YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYİ (TS EN 12390-7, ASTM 138)

Bu deney, en az 28 günlük sertleşmiş beton numunesinin veya mevcut yapıdan alınan karot gibi beton numunesinin **kütlesi ve hacmi** belirlenerek yoğunluğunun tayini amacıyla yapılmaktadır. Sertleşmiş betonun yoğunluk tayini için uygulanacak deney yöntemleri, **TS EN 12390-7, ASTM 138** Standardı'nda yer alır. Bu standartlar; hafif, normal ve ağır beton numunelerine uygulanır.

Sertleşmiş betonun yoğunluğu, karışım hesabı yapılırken tasarlanan betona uygun olarak kullanılan malzemelerin oranlarına ve bu malzemelerin özgül ağırlığı ile karışım içindeki boşluk miktarına göre değişir. Beton karışımını büyük oranda agrega oluşturduğundan agreganın özgül ağırlığı ve hacmi, betonun yoğunluğunda belirleyici rol oynar.

7.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları



Görsel 7.2: Özgül ağırlık sehpası deney düzeneği

Deneyde kullanılan araç gereç ve özellikleri şöyledir:

Özgül Ağırlık Sehpası (Arşimet Terazisi): Özgül ağırlık sehpası, uygun elektronik bir teraziyle birlikte sertleşmiş beton numunesinin hacmini belirlemek amacıyla kullanılır. Elektronik terazi, numune askısı (kefe) ve plastik su tankıyla birlikte kullanılan, dayanaklı bir gövdeye sahip olan deney düzeneğidir (Görsel 7.2). Bu deney düzeneğinde gövdenin alt kısmında yer alan su tankını (deposunu) taşıyan hareketli bir platform bulunur. Hareketli platform, numunelerin hem hava hem de suda tartılmasında kullanılır.

Kumpas veya Cetvel: Numune boyutlarını ±%0,5 sapma sınırları içinde ölçmeye uygun olmalıdır.

Terazi: Numune kütlesini, hava ve su içerisinde ±%0,1 doğrulukla tartabilen, altında kancası olan ve kancaya asılabilen şekilli numune kefesinden oluşan cihazdır.

Su Tankı / Su Deposu: Su deposu, içindeki suyu sabit seviyede tutmak ve kefedeki numunenin suya tam olarak batırılmasını sağlamak için yeterli büyüklükte olmalıdır.

Havalandırmalı Etüv: Sıcaklığı 105±5 °C'da sabit tutabilen ve numuneyi etüv kurusu duruma getirmede kullanılan cihazdır.

Deney Numunesi: Deney numunesi hacmi en az 1 litre olmalıdır. Kalıba dökülerek hazırlanmış numunede, agreganın en büyük alma dane büyüklüğünün 25 mm'den daha büyük olması hâlinde numune 50.D³den ("D" iri agreganın en büyük alma dane büyüklüğü) daha küçük olmaz.

Normal koşullardaki yoğunluk tayininde numune teslim edildiği şekilde olduğu gibi deneye tabi tutulur. Numunenin şekli ve yapısı, numunenin olduğu gibi deneye tabi tutmaya uygun olamaması durumunda numuneden küçük bir parça kesilip, kırılıp, alınarak yapılabilir.

İKAZ NOTU

Numunenin hacmini tayin etmek için kullanılacak olan deney araç gereci, seçilen deney yöntemine göre farklılık gösterebilir.

7.2.2. Deneyin Yapılışı

Deneye başlamadan önce KKD'ler giyilir, risk analizi yapılarak gerekli olan iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır. Bu deney, numunenin kütlesi ve hacminin belirlenmesi aşamalarından oluşur.

7.2.2.1. Deney Numunesinin Kütle Tayini

Deney standardında kütlenin belirlenmesi sırasında deney numunesinin bulunabileceği aşağıda verilen üç durum kabul edilmiştir. Deney numunesinin bulunabileceği durumlara göre numunenin kütlesi belirlenir.

Numunenin Teslim Alındığı Durum: Numunenin ilk alındığı doğal durumdaki hâlidir. Numunenin kütlesi %0,1 doğrulukla tartılır ve teraziden okunan değer, numunenin teslim alındığı durumun kütlesi (m_r), kg cinsinden deney raporuna kaydedilir.

Numunenin Suya Doygun Durumdaki Kütlesi: Numune 20±2 ºC sıcaklıktaki su içine 24 saat aralıkla yapılan tartımda kütle değişimi %0,2'den daha az hâle gelinceye kadar batırılır. Numune sudan çıkarıldıktan sonra yüzeyindeki su silinerek tartılır ve okunan kütle değeri (m_s), kg olarak kaydedilir. Deney numunesinin sabit doygun kütleye ulaşması için deneyden önce en az 72 saat su içinde küre tabi tutulması gerekir.

Numunenin Etüv Kurusu Durumdaki Kütlesi: Numune, 24 saat aralıkla yapılan tartımlarda kütle değişiminde %0,2'den daha küçük değer elde edilinceye kadar (105±5) ºC sıcaklıktaki etüvde kurutma işlemine devam edilir. Numuneler, her tartımdan önce etüvden çıkarılır. Oda sıcaklığına gelinceye kadar kuru ve hava sızdırmaz kapalı bir kap içinde veya desikatörde bekletilerek soğutulduktan sonra tartılır. Teraziden okunan değer, havadaki kütle (m_o) olarak kg cinsinden deney raporuna kaydedilir.

7.2.2.2. Deney Numunesinin Hacim Tayini

Kullanılacak olan yöntemin hassasiyeti, numune hacminin belirlenmesi için seçilen yönteme göre farklılık gösterir. Hassasiyet derecesine göre suyla yer değiştirme yöntemi, numunenin hacminin ölçülmesinde en hassas sonucu verir. Belirtilmiş boyutların kontrol edilerek numunenin hacminin hesaplanması yönteminin hassasiyeti, numunenin gerçek ölçüleri kullanılarak yapılan hacim hesaplaması yöntemine göre daha düşüktür.

Numune hacmi, deney standardında verilen şu üç yöntemden biri kullanılarak tayin edilir:

Suyla Yer Değiştirme Yöntemiyle (Referans Metot) Numunenin Hacim Tayini

Bu yöntem, herhangi bir geometrik şekle sahip tüm numunelerin hacmini belirlemek için kullanılacak olan uygun bir yöntemdir. Düzgün geometrik şekle sahip olmayan numuneler için de kullanılabilir. Bu yönteme göre numune hacminin belirlenmesi şöyle verilmiştir:

- Terazinin altındaki kancaya numune kefesi asılır. Deney düzeneğindeki su deposu, boş kefe tamamen su içinde kalana kadar su deposunun tabanına değmeyecek şekilde yukarıya doğru kaldırılır.
- Numune kefesinin görünür kütlesi **(m_{st})**, kg olarak kaydedilir veya kefe, su içindeyken dara alınarak kefenin görünür kütlesi sıfırlanabilir.
- Suya doygun hâle getirilmiş olan deney numunesinin yüzeyindeki serbest su silinir ve terazinin kefesine konur.
- Daha sonra numune tamamen suya batırılıncaya kadar kefe, su deposu tabanına değmeyecek şekilde deney düzeneğindeki su deposu yukarıya doğru kaldırılır.
- Suya batırılmış numune ve kefenin toplam görünür kütlesi **($m_{st}+m_w$)**, teraziden okunarak kg olarak kaydedilir. Kefenin darası alınmışsa **(m_{st})** kefenin kütlesi sıfır alınır.
- Numune üzerindeki su derinliği, kefe su içinde boş hâlde tartılırken kefe üzerindeki su derinliğinin aynı olmasına dikkat edilir. Ayrıca tartım sırasında numune ve terazi kefesinin yan yüzeylerinde hava kabarcıkları olmaz.
- Suya batırılmış numune, su deposu aşağı indirilerek terazinin kefesinden alınır ve numunenin yüzeyindeki su nemli bir bezle silinir.

- Numune teraziye yerleştirilir ve terazide okunan kütle, havadaki kütle (m_a) olarak kg cinsinden kaydedilir.
- Deney numunesinin su içindeki ve havadaki kütlesi belirlendikten sonra numunenin hacmi (V), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$V= (m_a - [(m_{st} + m_w) - m_{st}]) / \rho_w$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:

V = Numunenin hacmi, m^3

$\mathbf{m_w}$ = Numunenin su içerisindeki görünür kütlesi, kg

$\mathbf{m_a}$ = Numunenin havadaki kütlesi, kg

$\mathbf{m_{st}}$ = Kefenin su içerisindeki görünür kütlesi, kg

$\boldsymbol{\rho_w}$ = 998 kg/m^3 kabul edilen, (Suyun, 20 °C sıcaklıktaki yoğunluğu)



Numune hacminin suyla yer değiştirme yöntemiyle belirlenmesi; kumsuz beton, boşluklu hafif beton veya rutubet durumu değiştirilemeyen betonlara uygulanamaz. Ancak üzerine su geçirmez ince bir film tabakası oluşturularak bu tür numunelerin de hacmi, suyla yer değiştirme yöntemi kullanılarak belirlenebilir.

Numunenin Gerçek Ölçüleri Kullanılarak Numune Hacminin Hesaplanması

TS EN 12390-1'e göre numunede yapılan boyut ölçümleri kullanılarak numunenin hacmi m^3 cinsinden hesaplanır. Sonuç, on binde bir hanesine yuvarlatılarak gösterilir.

Küp Şekilli Numunelerde Belirtilmiş Boyutların Kontrol Edilerek Numune Hacminin Hesaplanması

TS EN 12390-1'e göre diğer şekilli numune boyutlarındaki tolerans, küp şekilli numune boylarındaki toleranstan daha fazla olduğundan bu yöntem sadece küp numunelere uygulanabilir. Numune boyutları, **TS EN 12390-1**'e göre kontrol edilmelidir. Küp numune hacmi, m^3 cinsinden hesaplanır ve sonuç, on binde bir hanesine yuvarlatılarak gösterilir.

7.2.3. Sonuçların Hesaplanması ve Deney Raporunun Hazırlanması

Sertleşmiş betonun yoğunluğu, numunenin tayin edilen kütlesi ve hacmi kullanılarak şu eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$d = M / V$$

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:

d: Numunenin nem durumu ve hacim tayini metoduna göre birim hacim kütlesi, kg/m^3

M: Numunenin deney esnasındaki durumuna bağlı kütlesi, kg

V: Numunenin özel metotla tayin edilen hacmi, m^3

Numunenin deney anındaki durumu ve numune hacminin tayininde kullanılan deney metodu, deney sonuçları ile kaydedilir. Deney sonuçları, en yakın 10 kg/m^3e yuvarlatılarak gösterilmelidir.

Deneyden elde edilecek sonuçlar Tablo 7.2'ye kaydedilir. Tablo 7.2'de yer alan bilgilere göre deney değerlendirme raporu hazırlanır. Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 7.2: Deney Değerlendirme Raporu

Deneyin Yapıldığı Yer		Deney Tarihi	…. / ….. /20…..
Deneyin Ait Olduğu İş			
Deneyin Adı			
Deney Standardı			
Rapor Tarihi ve Numarası	…. / ….. /20…..		
1. BETON NUMUNESİNE AİT BİLGİLER			
Numuneyi Alanın Adı Soyadı			
Hazır Beton Üretici Firma		Numune Alma Tarihi	
Beton Sınıfı		Numune Alma Saati	
İrsaliye No.		Ortam Sıcaklığı (°C)	
Betonun Çökme (Slamp) Değeri		Betonun Sıcaklığı (°C)	
Betonun Kıvam Sınıfı		Agrega D_{max} (mm)	
Taze Betonun Birim Hacim Kütlesi			

Numune Tipi (karot, küp veya silindir) ve Boyutu (mm)	1. Numune	2. Numune	3. Numune

2. SERTLEŞMİŞ BETON DENEY NUMUNESİNİN YOĞUNLUK TAYİNİ (TS EN 12390-7/ASTM 138)			
DENEY NUMUNESİNİN KÜTLE TAYİNİ			
Numunenin Deney Anındaki Durumu (tabi, suya doygun ve etüv kurusu durumda gibi) ve Kütlesi (kg)	1. Numune	2. Numune	3. Numune

NUMUNENİN HACİM TAYİNİ YÖNTEMLERİ (Aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılmalıdır.)				
a) Suyla Yer Değiştirme Yöntemiyle (Referans Metot) Numune Hacminin Tayini				
Numune No.	Numunenin Su içerisindeki Kütlesi m_w, (kg)	Numunenin Havadaki Kütlesi m_a, (kg)	Tel Sepetin Kütlesi (m_{st})	Numunenin Hacmi (V), m^3
1.Numune				
2.Numune				
3.Numune				
b) Numunenin Gerçek Ölçüleri Kullanılarak Numune Hacminin Hesaplanması:				
c) Küp Şekilli Numunelerde, Belirtilmiş Boyutların Kontrol Edilerek Numune Hacminin Hesaplanması:				
SERTLEŞMİŞ BETON NUMUNESİNİN YOĞUNLUĞUNUN HESAPLANMASI				
Deney No.	Numunenin Kütlesi, kg	Numunenin Hacmi, kg	Numunenin Birim Hacim Kütlesi, kg/m^3	
1.Numune				
2.Numune				
3.Numune				
Numunenin Ort. Yoğunluğu (Birim Hacim Kütlesi), kg/m^3				
Standart Deney Yönteminde Herhangi Bir Sapma (varsa belirtiniz):				
Standart Deney Yönteminde Herhangi Sapma Yoksa Deneyin Teknik Sorumlusunun Deneyin Standardına Uygun Yapıldığına Dair Beyanı:				

3. DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
4. DENEYİ ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				

2. DENEY UYGULAMASI

Mevcut yapılardan karot numuneler alarak ya da beton dökümü sırasında taze betondan küp veya silindir numuneler alarak en az 28 gün sertleştikten sonra numunelerin birim hacim kütlesini (yoğunluğunu), **TS EN 12390-7** Standardı'na uygun olarak tayin ediniz.

Deney Adı: Sertleşmiş Betonun Birim Hacim Kütlesi Tayini Deneyi

Deney Süresi: Deney numunesi hazırlama ve bakımı en az 28 gün, deney uygulaması 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz.	
	• Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.	
	• KKD'lerinizi giyiniz. Deney boyunca iş ayakkabısını ve iş eldivenini kesinlikle çıkarmayınız.	
Deney araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Numunelerin deneye hazırlanması	• En az 28 günlük sertleşmiş betondan üç adet; küp, silindir veya mevcut yapıdan karot numuneleri alınız.	
	• Numuneler kür havuzundan çıkarılmışsa numune yüzeyindeki suyu nemli bir bez veya havluyla siliniz.	
	• Numunelerin deney anındaki durumunu deney değerlendirme raporuna kaydediniz.	
 Numunenin kütlesinin belirlenmesi	• Numunenin bulunduğu duruma göre kütlesini belirlemeye özen gösteriniz.	
	• Numuneyi %0,1 hassasiyetle tartınız ve numunenin kütlesini deney raporuna kaydediniz.	

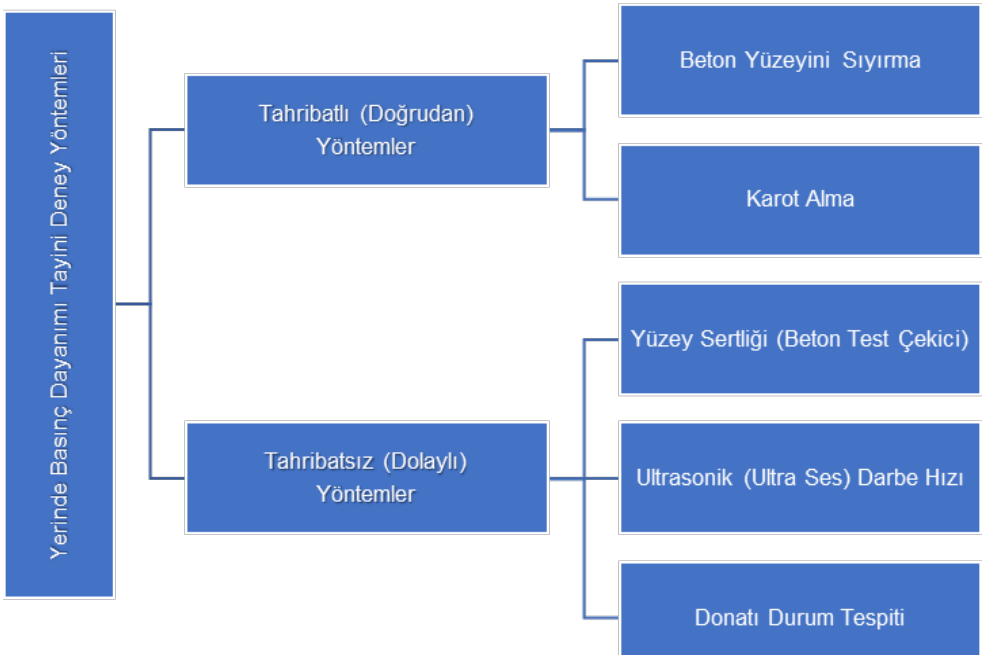
 Arşimet terazisinin deneye hazırlanması	• Suyla yer değiştirme yöntemiyle numune hacmini belirlemek için Arşimet deney düzeneğinin su deposunu suyla doldurunuz. • Arşimet deney düzeneğinde sehpanın üzerindeki dijital terazinin altına takılan kancaya numune kefesini asınız.	
 Numune kefesinin görünür kütlesinin (m_{st}), belirlenmesi	• Boş kefe, tamamen su içinde kalıncaya kadar kefeyi su deposunun tabanına değdirmeden düzenekteki kolu çevirerek su deposunu yukarıya kaldırınız. • Numune kefesinin görünür kütlesini (m_{st}), kg cinsinden deney değerlendirme raporuna kaydediniz veya kefe, su içindeyken darasını alarak kefenin görünür kütlesini sıfırlayınız.	
 Suya doygun deney numunesinin numune kefesine konulması	• Suya doygun hâle getirilen deney numunesinin yüzeyindeki serbest suyu silerek terazideki numune kefesine koyunuz. • Numune tamamen suya batırılıncaya kadar deney düzeneğindeki kolu çevirerek su deposunu yukarı kaldırınız. Bu esnada kefeyi su deposunun tabanına değdirmeyiniz.	
 Deney numunesinin su içerisindeki kütlesinin (m_w) belirlenmesi	• Suya batırılmış numune ve kefenin toplam görünür kütlesini ($m_{st}+m_w$), hava kabarcıkları kaybolduktan sonra teraziden okuyarak kg cinsinden deney raporuna kaydediniz. Daha önce kefenin darası alınmışsa (m_{st}) kefenin kütlesini sıfır olarak kaydediniz. • Numune üzerindeki su derinliğinin kefe boş hâlde su içinde tartılırken kefenin üzerindeki su derinliği ile aynı olmasına dikkat ediniz.	

 Deney numunesinin havadaki kütlesinin (m_a) belirlenmesi	• Suya batırılmış numuneyi almak için düzenekteki kolu çevirerek su deposunu aşağı indiriniz. • Numuneyi kefeden alarak numunenin yüzeyindeki suyu nemli bir bezle siliniz. • Numuneyi teraziye yerleştiriniz ve teraziden okuduğunuz kütleyi, havadaki kütle (m_a) olarak kg cinsinden deney raporuna kaydediniz.	
Suyla yer değiştirme yöntemiyle numune hacminin (V) hesaplanması	• Deney numunesinin su içindeki net kütlesi ve havadaki kütlesini belirledikten sonra numunenin hacmini (V), (m_a-[(m_{st} + m_w)- m_{st}]) eşitliğini kullanarak hesaplayınız. • Diğer numuneler için sırasıyla aynı işlemleri dikkatli bir şekilde uygulayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve deney araç gerecini özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadığını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney sonuçlarının hesaplanması ve deney raporunun hazırlanması	• Numunenin birim hacim kütlesini d= M/V bağıntısını kullanarak hesaplayınız. • Deney sonuçlarını değerlendiriniz. • Deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde eksiksiz bir şekilde doldurunuz. İmzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

7.3. KAROT NUMUNESİ (YERİNDE BETON BASINÇ DAYANIMININ BELİRLENMESİ)

Mevcut ya da şüphe durumunda inşası devam eden bir yapının kapasitesinin ölçülmesi ve hizmet ömrü hakkında bilgi edinmek için tahribatlı ve tahribatsız deney yöntemleri birlikte kullanılarak yerinde beton basınç dayanımı tayin edilir. Bu deney yöntemlerinden bazıları Görsel 7.3'te gösterilmiştir.



Görsel 7.3: Yerinde beton basınç dayanımı deney yöntemleri

7.3.1. Tahribatlı (Doğrudan) Yöntemlerle Yerinde Beton Basınç Dayanımı Tayini

Mevcut bir yapının kapasitesini ölçmek ve hizmet ömrü hakkında bilgi edinmek için yapı elemanı tahrip edilerek karot numunesi alınır. Ayrıca yapı veya yapı elemanının donatı durumu hakkında bilgi edinmek ve yapının kentsel dönüşümüne karar vermek için karot numunesi alma ile beton yüzeyini sıyırma gibi tahribatlı deney yöntemleri kullanılır.

7.3.1.1. Karot Numunesi Alma (TS EN 12504-1, TS EN 13791, TS 13685)

Karot; betonu delerek yapı elemanlarından silindir şeklinde parça alma işlemidir. Karot, yapı veya yapı elemanlarının gerçeğe en yakın şekilde karakteristik basınç dayanımını ölçmek, kalite ve hizmet ömrünü belirlemek amacıyla yapılır.

TS EN 12504-1 Standardı'na göre karot alma cihazı kullanılarak kolon, kiriş, perde duvar ve döşemelerden en az 28 günlük (şüpheli ve zorunlu durumlarda en az 14 gün) sertleşmiş betonun tahrip edilmesiyle karot numunesi alınır. Alınan karot numuneleri dikkatli bir şekilde incelenir ve karot alma tutanağına kaydedilir. Uygun olan karot numuneleri taş kesme makinesinde kesilerek ebatlandırılır. Daha sonra bu numuneler aşındırma veya başlıklama işlemine tabi tutularak basınç dayanım deneyine hazırlanır. Hazırlanan numuneler, **TS EN 12390-3** Standardı'na göre beton presinde kırılarak basınç dayanımları tayin edilir. Elde edilen dayanım sonuçları, **TS EN 13791** Standardı'na uygun olarak değerlendirilir.

TS EN 13791 Standardı'na göre sertleşmiş betonun basınç dayanımının yerinde belirlenmesine gerek duyulabilecek durumlar şöyle sıralanır:

- Döküm sırasında taze betondan alınan numunelerin 28 günlük beton basınç dayanım sonuçlarının düşük çıkması
- Döküm sırasında taze betondan numune alınamaması veya sonuç elde edilememesi

- Mevcut yapıda değişikliklerin yapılması veya yeniden tasarlanması
- Betonun yerine yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve kür gibi uygulamaların kalitesinden şüphe duyulması (gözle görülebilen çatlaklar, yüzeysel bozukluklar, büyük boşlukların görülmesi vb.)
- Beton üreticisi ve yapı denetim firması arasında yaşanan uyuşmazlık
- Kusurlu işçilik, deprem ve yangın gibi durumlardan sonra betonda bozulmaların meydana gelmesi sonucu yapının basınç dayanımı hakkında şüphe duyulması durumunda yapının yapısal yeterliliğinin değerlendirilmesi
- Güçlendirme veya yıkım kararı için yapının dayanım durumunun belirlenmesi

Doğru Şekilde Karot Almak İçin Dikkat Edilmesi Gereken Temel Hususlar

- Karot almadan önce deneyin amacı tam olarak belirlenir ve karot alımının yapı üzerinde oluşturacağı herhangi bir olumsuz etki dikkate alınır.
- **TS EN 13791**'de belirtilen sayıda karot numunesi alınır. Alınacak karot sayısına göre uygun deney bölgeleri ve karot alınacak yer işaretlenerek belirlenir.
- İstatistiksel analiz için istatistiksel ve güvenlik sebebiyle yeterli sayıda karot numunesi alınır.
- Karot numunesi, en uygun yerlerden (kolonlar ve perde duvarlar) ve ideal boyutlarda alınır.
- 3 cm pas payı nedeniyle yapı elemanlarının kenarlarından ve kenarı 30 cm'den küçük olan yapı elemanlarından karot alınmaz. Karot, kenara yakın alındığında beton parçalanarak dökülebilir ve kolonun kesitinin zayıflamasına sebep olabilir.
- Karot, kolon-kiriş birleşim noktalarından (sıklaştırma bölgelerinden) uzakta, donatının seyrek olduğu ya da hiç olmadığı noktalardan alınır.
- Karot alımı, kolonlarda momentin sıfır ve ayrışma riskinin düşük olduğu orta bölgelerden alınır. Karot alımında donatıların yanlışlıkla kesilmemesi için donatı tespit cihazı kullanılarak donatı yerleri belirlenir ve donatı aralıklarına uygun karot bıçağı seçilir.
- Her bir kolondan veya kirişten sadece bir adet karot numunesi alınır.
- Kolon ve kirişlerde üst kısımlardan alınan numunelerde basınç dayanımı düşük, alt kısımlarda alınan basınç dayanımları yüksek çıktığından bu bölgelerden karot numunesi alınmaz.
- Kirişlerde orta noktada moment maksimum olduğundan açıklığın ¼ lik kısmından (moment sıfır noktasından yani mesnet bölgesinden) ve kirişin alt tarafına yakın bölgeden betonun çekme gerilmesinin az olduğu yerlerin üst kısmından karot alınır. Zorunlu olmadıkça kirişlerden numune alınmaz.
- Döşemelerin özellikle üst kısımlarında yerleştirme ve kür problemleri fazla olduğundan döşemelerden mümkün olduğu kadar karot alınmaz.
- Karot çapı, donatı aralığı ve D_{maks}a göre seçilir. Türk standardlarında kullanılan karot çapı, 50 mm ile 150 mm arasında değişir. Karot çapı ile betondaki agreganın en büyük dane boyutu arasındaki oran en az 3 (D_{karot} / D_{maks} agrega ≥ 3) olur.
- Yerinde beton basınç dayanımı tayini için anma çapı 100 mm ve üstü olan karotlardan en az üç adet numune alınır. Karot boyu her zaman karot çapından büyük olur.
- Çapı 100 mm ve üzeri olan karot numuneleri tercih edilir. Donatı ancak aralıklarına göre ≥ 75 mm çapında karot alımının mümkün olmadığı durumlarda karot çapı ≥ 50 mm (en az 50 mm) olan karot numuneleri alınabilir. Çapı 90 mm küçük olan karotlar için **TS EN 12390-4**'e uygun beton pres makinelerinin uyarlanması gerekir.
- Basınç dayanım deneyi için alınacak karot uzunluğunun kararlaştırılmasında karotun çapı, yapılması planlanan yüzey düzeltme metodu, elde edilecek dayanımın küp veya silindir dayanımından hangisine dönüştürüleceği gibi durumlar dikkat alınır.
- Karot boyutlarını ifade eden büyüklük, narinlik oranıdır. Narinlik oranı, boy / çap oranından bulunur. Narinlik oranı, küp şekilli numunelerde 1, silindir şekilli numunelerde ise 2'dir.
- Karot numunenin boy / çap oranına göre dayanım sonucu, silindir dayanımına dönüştürülecekse boy / çap (L/D) oranı 2, küp eş değer dayanımına dönüştürülecekse boy / çap oranı 1 tercih edilir.
- Beton dayanım sınıfları 28 günlük dayanıma göre belirlendiğinden 28 günden yaşlı betondan numune alınır. 90 günden yaşlı betonlarda alınan karotlarda yaş düzeltmesi yapılır.
- Şüpheli ve zorunlu durumlarda karot numunesi alınacak ise beton en az 14 günlük olmalıdır. Bu durumda gerekli yaş düzeltmesi yapılır.
- Karot alımı, tahribatsız deney yöntemleriyle (beton test çekici veya ultra ses darbe hızı) desteklenir.

- Karot makinesi, hareket etmeyecek şekilde beton yüzeyine dik olarak sabitlenir ve karot aksi belirtilmemişse dik olarak alınır.
- Karot alımı sırasında karotun diklikten sapması engellenir ve karot numunesine zarar verilmez.
- Karot alınırken tesisata dikkat edilir ve yapıya en az zarar verilir.

Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deney araç gereç ve özellikleri aşağıda verilmiştir.



Görsel 7.4: Elektrikli karot numunesi alma makinesi

Karot Alma Makinesi: Çeşitli delme çap aralığına sahip güçlü, darbesiz ve elmas bıçak takılarak elle kumanda edilebilen, kullanım yerine göre elektrik, basınçlı hava ve petrol ürünü (benzin-yağ karışımı) ile çalışan makinelerdir. Makinenin çalışması sırasında dakikada 3 L su akışı sağlayan 12 mm çapında hortum olan su kaynağı bağlanır. Betondan karot numunesi alma işinde kullanılan bu makineler istenen boyut ve toleranslarda karot numuneleri almaya uygun olur.

Elektrikli karot makinelerinde kablo fişi mutlaka topraklı ve uygun voltajdaki bir prize takılarak kullanılır. Basınçlı havayla çalışan tiplerde ise hava motoru uygun güçteki hava kompresörüne bağlanarak kullanılır. Petrol ürünü ile çalışan makineler ise deposuna üretici firma talimatına uygun benzin yağ karışımı konularak çalıştırılır. Kapalı alanlarda petrol ürünüyle çalışan makineleri kullanılırken zehirlenmelere karşı dikkat edilmelidir (Görsel 7.4).



Görsel 7.5: Karot bıçakları

Karot Bıçağı: Karot alma cihazına takılarak kullanılabilen ve iç çapı 50 mm ile 150 mm arasında değişen silindir şeklinde olan çeşitli boyutlardaki elmas bıçaklardır (Görsel 7.5).



Görsel 7.6: Taş kesme makinesi

Taş Kesme Makinesi: Karot numunelerinin kesilerek istenen boya getirilmesinde kullanılan soğutma suyu girişli cihazlardır (Görsel 7.6).



Görsel 7.7: Donatı tespit cihazı ve ekranı

Donatı Tespit Cihazı ve Ekranı: Donatı tespit cihazı ve ekran (monitör) taşınabilir, hızlı ve kolay kullanılabilen bir cihazdır. Betonarme yapılarda donatının yeri, yönü, derinliği ve çapını tespit etmek için kullanılır. Karot alma ve delme işlemleri sırasında yapı elemanını oluşabilecek zararlardan korumak için karot alınacak yerin tespitinde kullanılır (Görsel 7.7).

Su Tankı veya Su Hortumu: 12,7 mm çapındaki su hortumunun bir ucu su dolu tanka diğer ucu karot cihazına bağlanarak karot alımı sırasında betonu ıslatmak için kullanılır.

Darbeli Delme Matkabı: Karot alınacak yapı elemanı yüzeyine dübelle karot cihazını sabitlemek için 20 mm çaplı taş delici uçla delik açmak için kullanılır.

Çelik Çakma Dübel ve Saplama: Numune alınacak beton yapı elemanının yüzeyine 20 mm çapında açılan deliğe çakılarak sonsuz dişli saplama ile karot alma cihazını sabitlemek için kullanılır (Görsel 7.8).



Görsel 7.8: Çelik dübel ve saplama

Beton Test Çekici: En az 100 mm kalınlığındaki betonu sertleşmiş en az 28 günlük yapı elemanının beton basınç dayanım özelliklerinin hasarsız yöntem ile ölçümünde betonun genel kalitesi ve zayıf noktalarının tespitinde kullanılır (Görsel 7.9).



Görsel 7.9: Beton test çekici

Sivri Keski Uç: Kesilen karot numunesini çekiçle vurarak yerinden çıkarmak için kullanılan ucu sivri olan metal alettir (Görsel 7.10).



Görsel 7.10: Keski (Murç)

Dijital Terazi: Deneye tabi tutulacak karot numunenin kütlesini, %0,1 doğrulukla tartar.

Kumpas ve / veya Cetvel: Karot ve çelik donatı boyutlarını ± %1 toleransla ölçmeye uygun olmalıdır.

Gönye: Numunenin alt ve üst yüzeylerindeki düzlük, doğrultu ve diklikten sapmaların verilen sınırlar içinde olup olmadığını kontrol etmek için kullanılır.

Diğer Araç Gereç Numune başlıklama aleti, dijital terazi, su terazisi, beton presi (basınç deney makinesi), tornavida ve çekiçtir.

Deneyin Yapılışı

- Karot alma planına göre karot alınacak yer donatıları kesmemek ve donatılara zarar vermemek için donatı tespit cihazıyla yeri belirlenerek işaretlenir.
- Karot alma makinesinin motor şaftı üzerine önce karot bıçağı yerleştirme kafası takılır. Daha sonra donatı aralıklarına uygun seçilen karot bıçağı sıkıca takılır.
- Karot alınacak yere karot alma makinesini sabitlemek için taban plakası üzerindeki delik yeri işaretlenir.

- İşaretlenen delik yeri uygun güçteki darbeli matkapla istenen çapta delinir. Açılan deliğe saplamayla birlikte çelik dübel yerleştirilir.
- Karot alma makinesi, saplamaya oturtulur ve istenen çalışma açısına göre ayarlandıktan sonra saplamanın somunu sıkılarak makine sabitlenir. Su tesviyesi aleti yardımıyla makine ayak tablası üzerindeki cıvatalar sıkılarak tam yatay konuma getirilir.
- 12 mm çapındaki su hortumu karot makinesi üzerindeki su girişine sıkıca bağlanır.
- Karot alma makinesi çalıştırılır ve makine üzerindeki su besleme musluğu açık konuma getirilir.
- Makine üzerindeki kol yavaşça ileri itilerek numune alınacak yüzeye değdirilir. Motoru zorlayarak motorun durma ve yerinden oynamasına sebep olacak fazla yükleme yapmadan sabit bir kesme hızı ile ilerleme sağlayacak şekilde makineye yeterli basınç uygulanır.
- Makine ile kesme yapılırken fazla yükleme yapılıp yapılmadığını anlamak için motorun sesi devamlı dinlenir. Motor zorlanıyorsa uğultulu bir ses çıkarır. Elmas uçlu karot bıçağı donatıya değdiğinde metalik bir tınlama sesi çıkarır. Bu durumda elmas karot ucunun ve yapının zarar görmemesi için karot alma işlemi durdurularak karot bıçağı geri çekilir. Bu durumlarda karot alma işlemine farklı bir yerden devam edilir.
- Karot alma makinesinin tam merkezlenmemesi ya da kesme işlemi sırasında oluşan titreşim nedeniyle karot bıçağıyla karot alınan yüzey arasında bir açı oluşması durumunda kasma veya sıkışma olmamasına dikkat edilir.
- Karot numunesi tam olarak kesildikten sonra karot bıçağı makine üzerindeki kol yardımıyla geri çekilir ve makine motoru durdurulur.
- Kesme sonrası karot numunesi çevresinde oluşan dairesel boşluk içine tornavida, keski gibi aletler sokularak karot numunesi alttan ana kütleden koparılır. Karotun iki tarafında sokulan bu aletler yardımıyla karot yerinden çekilerek çıkarılır.
- Alınan karot numunesinde herhangi bir kusur durumunun tespiti için gözle muayene edilir. Alt ve üst tabana dik donatı elemanı içeren numuneler reddedilir.
- Karot numunesi üzerine ve karot alınan yere gerekli bilgiler yazılır ve fotoğraflanarak kayıt altına alınır. Alınan karot numuneleri hakkındaki bilgiler Tablo 7.3'teki Karot Numune Alma Tutanağı'na yazılır ve numune alma yeri fotoğrafı bu tutanağa eklenir.
- Alınan karot numunesinde donatı içeren kısımda ciddi ölçüde çatlak olması durumunda tıraşlanır.
- Her karot, alındıktan hemen sonra teslim alındığı şekliyle en büyük ve en küçük uzunluk değerleri, uçlarının düzeltilme işlemleri tamamlandıktan sonra uzunluğu, ± %1 doğrulukla ölçülerek kaydedilir.
- Karotlar alındıktan sonra kırımdan en az üç gün önce kurutularak laboratuvar ortamında saklanır. Başlıklama ve kesme işlemleri sırasında ıslanan numune yeniden laboratuvar ortamında kurutulur. Başlıklama yapılan numune boyutları ölçülür.
- Karot numunesi kesilerek istenen boya getirildikten sonra alt ve üst tabanda pürüzsüz düzgün yüzey elde etmek için **TS EN 12390-3** Standardı'nda **Ek A**'da verilen metotlardan birini seçerek veya epoksi ile başlıklama yaparak karot numuneleri beton basınç dayanım deneyine hazırlanır.
- Hazırlanan karot numuneleri, uç yüzeylerinin yan yüzeyine göre diklikten sapma toleransı **TS EN12390-1**'e uygun olur.
- **TS EN 12390-1** göre silindir numunelerin yan yüzünün, alt ve üst yüzeylere göre diklikten sapma toleransı ± 0,5 mm'dir. Ayrıca yük uygulanacak olan yüzeylerin düzlükten sapma toleransı ± 0,0006 d'dir.
- Alınan karot numunelerin boyu ve çapı dört adet simetrik ölçüme tabi tutulur. 100 mm çapında bir karotun yüzeylerinin düzlükten sapma toleransı 0,06 mm'dir. Boy toleransı **TS EN 12390-1**'e göre %5'tir. Buna göre 100 ml'lik karotun başlıklı hâli 95 -105 mm arasındadır.
- Karot yan yüzeyinin çizilen doğrultu çizgisinden sapma toleransı, ortalama karot çapının %3'üdür.100 mm çapındaki karot için 3 mm'dir.
- Karot numunesi başlıklama işleminden sonra yukarı verilen toleranslar sağlanır.
- Deney bittikten sonra numune tablaları, çalışma ortamı zemini, çalışma tezgâhı ve deney araç gereci özenle temizlenir.
- **TS EN 12504-1**'e göre Tablo 7.4 Deney Raporu'nda yukarıda yapılan ölçümlere de özellikle yer verilir. Numuneler kesinlikle **TS EN 12390-1**'de belirtilen toleranslara uygun olmalıdır.

Tablo 7.3: Sertleşmiş Betondan Karot Numunesi Alma Tutanağı Örneği

Karot Alma Tarihi		Laboratuvar No.	
Ruhsat Tarihi		Döküm Tarihi	
Deneyi İsteyen Firma		Yapı Sahibi (Proje Adı)	
Karot Alan Firma		Ada / Pafta / Parsel	
Kontrol Teşkilatı		Bina / Şantiye Adresi	
Yapı Denetim Firması		Beton Cinsi	

Numune No.	Numune Alınan Yapı Elemanı (proje üzerindeki aksı ve katı)	Numunenin Alınıp Alınamadığı (Evet / Hayır)	Numune Çapı ve Yüksekliği, mm	Düşünceler
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Yukarıda açık bilgileri bulunan binanın beton dayanımının tespiti için .../…/20… tarihinde mahalline gidilerek ……. adet beton karot numunesi alınmış olup iş bu tutanak bir (1) sayfa ve iki (2) nüsha olarak düzenlenerek imza edilmiştir.

ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER

Firma Yetkilisi	Karot Alan Firma Yetkilisi	Mal Sahibi /Kurtuluş Temsilcisi	
Adı-Soyadı imza	Adı-Soyadı imza	Adı-Soyadı imza	

Sonuçların Değerlendirilmesi ve Deney Raporunun Hazırlanması

Mevcut veya inşası devam eden bir yapının beton basınç dayanımında herhangi bir sebeple şüphe duyulması durumunda yapıdaki uygunluğu **TS EN 13791** Standardı'nda 9. maddeye göre yerinde basınç dayanım sınıfının değerlendirilmesi yapılır. Ayrıca **TS EN 13791** Standardı'nın atıf yaptığı diğer standartlara **(TS EN12504-1, TS 13685, TS EN 12390-3)** göre de analiz ve değerlendirmeler yapılır.

Betonda kullanılan agrega en büyük dane büyüklüğünün karot çapına oranı 1/3'ünden daha büyük değerler alması durumunda ölçülen dayanım değeri önemli derecede etkilenir.

TS EN 13791'e göre yeni yapıda dökülen bir betonun yapıdaki uygunluğu ile ilgili 9. maddeye göre değerlendirme yapılabilir. Uygun çıkmaması durumunda yeterliliğin değerlendirilmesi amacı ile yapısal analiz yapılır.

TS EN 13791 Standardı 9. maddeye göre üç alternatifli uygunluk değerlendirmesi yapılır. Bu alternatifler, beton miktarına ve dolaylı yöntemlerin kullanımına göre değişir. 1 ve 2. durum birden fazla günde dökülen çok büyük temel ve geniş tabliyelerdeki (çok harmanlı betonlarda) beton üretiminin değerlendirilmesinde; 3. durum ise bir günlük beton üretiminin (az harmanlı betonlarda) değerlendirilmesi için kullanılabilir**.**

1. Durum: 15 adet karot alınarak yapılan istatistiksel denetim basınç dayanım sonuçları,

$f_{m(n),\,is} \geq 0{,}85.\,(f_{ck} + 1{,}48.\,s)$ ve $f_{is,en\ düşük} \geq 0{,}85.(f_{ck} - 4)$ ü sağlanır.

Burada sembollerin kullanımı şöyledir:

$f_{m(n),\,is}$ = n adet yerinde basınç dayanımının ortalaması

$f_{is,\,en\ düşük}$ = Yapıdaki basınç dayanımlarından en düşüğü

f_{ck} = Standard numune karakteristik basınç dayanımı

s= Standard sapma

Karot Basınç Dayanımı Uygunluk Hesaplama Örneği

SİLİNDİR NUMUNE	KAROT BASINÇ DAYANIMI (N/mm²)	ARİTMETİK ORTALAMA (X̄)	STANDART SAPMA (S)	BETON BASINÇ DAYANIMI (n/mm²)= ARİTMETİK ORTALAMA-STANDART SAPMA
1	32	33,5	2,43	31,07
2	30			
3	34			
4	35			
5	37			
6	33			

Aritmetik Ortalama(x̄) =Toplam karot basınç dayanımı/Numune sayısı (n)

$$\text{Standart Sapma (s)} = \sqrt{\frac{(n_1-\bar{x})^2+(n_2-\bar{x})^2+(n_3-\bar{x})^2+(n_4-\bar{x})^2+(n_5-\bar{x})^2+(n_6-\bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{Standart Sapma (s)} = \sqrt{\frac{(32-33,5)^2+(30-33,5)^2+(34-33,5)^2+(35-33,5)^2+(37-33,5)^2+(33-33,5)^2}{5}}$$

$$= \sqrt{\frac{29,5}{5}} = 2,43$$

Beton Basınç Dayanımı (N/mm^2) = Aritmetik Ortalama-Standart Sapma

Beton Basınç Dayanımı (N/mm^2) = 33,5- 2,43 = 31,07 N/mm^2

Bulunan değer 31 N/mm^2 kabul edilirse mevcut yapıda kullanılan beton sınıfı C30/37 kabul edilebilir.

$f_{m(n),\,is} \geq 0,85.\,(f_{ck} + 1,48.\,s)$ ise 33,5 ≥ 0,85. (31,07+1,48.2,43) = 33,5 ≥ 29,47 olduğundan **UYGUN** kabul edilir.

$f_{is,\,en\,düşük} \geq 0,85.(f_{ck}-4)$ ise 30 ≥ 0,85. (31,07- 4) = 30 ≥ 23 olduğundan **UYGUN** kabul edilir.

2. Durum: 15 tane dolaylı ölçüm (beton test çekici gibi) sonucu alınarak beton test çekici ölçümü en düşük çıkan yerden alınan iki karot numunesinin basınç dayanım sonuçları,

$f_{is,\,en\,düşük} \geq 0,85.(f_{ck}-4)$'ü sağlanır.

Standarda verilen ikinci alternatif, dolaylı yöntemin yardımı ile en düşük dayanım çıkma ihtimali olan yeri belirlenir ve uygunluk değerlendirmesi için sadece iki adet karot numunesi alınır.

3.Durum: Az harmanlı betonlarda üretiminin değerlendirilmesi için iki karot alınarak her iki karottan alınan basınç dayanım sonuçları, fis, en düşük ≥ 0,85.(fck-4)' ü sağlanır.

Karot numuneler için gerekli olan dönüştürme katsayıları **TS 13685** Standardı'na göre belirlenir. Düzeltilmiş basınç dayanımları bulunduktan sonra **TS EN 13791** Standardı'na göre gerekli hesaplamalar yapılır. **TS 13685**'e göre düzeltme katsayıları kullanılmışsa elde edilen sonuçları 150x300 mm boyutlarındaki silindir numune dayanımına eşit kabul edilir.

İlgili standartlara göre yapılan hesaplamalarda betonun karakteristik basınç dayanım değeri (f_{ck}) için aşağıda verilen bazı durumlara dikkat edilmesi gerekir.

- Yapıdan alınan uzunluğu ve çapı birbirine eşit olan (boy/çap oranı 1 ise) 100 mm ebadındaki karot numunelerden elde edilen basınç dayanım değeri, aynı şartlarda oluşturulan ve küre tabi tutulan 150x150x150 mm ebatlarındaki küp numunenin dayanımına eşit kabul edilir.
- Boy/çap oranı 2'ye eşit ve çapı 100 mm ile 150 mm arasında olan karot numunelerden elde edilen basınç dayanım değeri; aynı şartlarda oluşturularak küre tabi tutulan, 150x300 mm ebatlarındaki silindir numunelerin basınç dayanımına eşittir.
- Yukarıda tanımlanan a ve b maddelerindeki şartlarda belirtilen ebatların dışındaki farklı boy/çap oranına sahip, çapı 50 mm ile 150 mm arasında değişen karot numunelerden elde edilen basınç dayanım değeri için uygun dönüştürme katsayıları kullanılarak yeni düzeltilmiş dayanımlar hesaplanır.

Deneyin yapılışı esnasında karot numunesine ait gerekli bilgi ve deneyden elde edilecek sonuçlar Tablo 7.4' teki Deney Değerlendirme Raporu'na veya kullanılıyorsa beton presine bağlı bilgisayar ortamındaki yazılıma kaydedilir. Beton presine bağlı bilgisayar ortamındaki yazılıma kaydedilen bilgiler deney raporu olarak yazıcıdan yazdırılarak alınabilir. Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 7.4: Deney Değerlendirme Raporu (TS 12504-2'ye göre)

1. KAROT NUMUNESİ VE FİRMA BİLGİLERİ			
Laboratuvar No.		Yapı Sahibi /Proje Adı	
Deney Standardı		Ada/Pafta/Parsel	
Karot Alma Tarihi	…. /….. / 20….	Bina/Şantiye Adresi	
Karot Alan Kuruluş			
Karot Alanın Adı Soyadı			
Karotun Alındığı Yer (kiriş, kolon vs.)		Alınan Numune Adeti	
Karot Uzunluğu ve Çapı (mm)		Rapor Tarihi ve Numarası	…. / ….. / 20….

2. BETON NUMUNESİNE AİT BİLGİLER			
Hazır Beton Firması		Beton Döküm Tarihi	
Beton Sınıfı		Kullanıldığı Yer (kiriş, kolon, perde, döşeme aks ve kat No.su)	
Betonun Katkı Türü ve Miktarı (%)		Betonun En Büyük Agrega Dane Alma Boyutu, D_{max},(mm)	
Numunelerin Gözle Muayenesi Sonucu Elde Edilen Bulgular:			
Donatının Çapı (mm) ve Yeri (varsa):			

3. KAROT NUMUNESİNİN DENEYE HAZIRLANMASINA AİT BİLGİLER	
Karot Numunelerin Deneye Hazırlamasında Kullanılan Yöntemler (kesme, aşındırma veya başlık yapma)	
Deneye Hazırlanan Numunenin Boy/Çap Oranı	
Numunenin Deney Anındaki Yüzey Rutubet Durumu	

4. KAROT BASINÇ DAYANIMI DENEY SONUÇLARI

Numune No.	Kesit/ Kırılma Alanı(cm^2)	Hacim (cm^3)	Ağırlık (g)	Birim Ağırlık (kg/dm^3)	Numune Yaşı (gün)	Alınış Tarihi	Basınç Dayanımı MPa (N/mm^2)	Ort. Basınç Dayanımı MPa (N/mm^2)
1								
2								
3								

5.TS EN 13791'E GÖRE SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ:

6. DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
3				

7. ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER

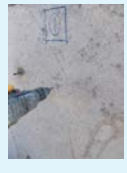
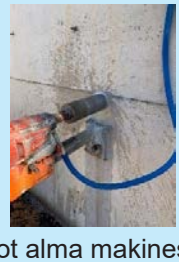
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza

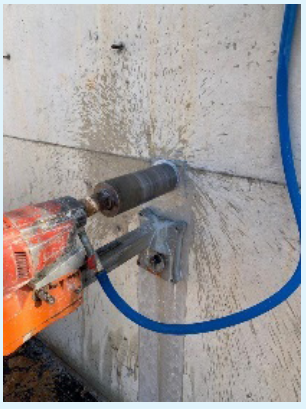
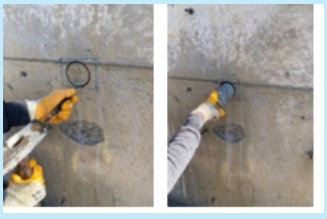
3. DENEY UYGULAMASI

En az 28 gün yaştaki sertleşmiş beton yapı veya yapı elemanından **TS EN 12504-1** Standardı'na uygun karot numunesi alarak **TS EN 12390-3** Standardı'na göre karot basınç dayanımını tayin ediniz.

Deney Adı: Sertleşmiş Betondan Karot Alma ve Karot Basınç Dayanımı Tayini Deneyi

Deney Süresi: Karot numunesi alma, deneye hazırlama ve beton presinde kırımı 6 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Karot alma makinesinin deneye hazırlanması	• Karot alma makinesinin motor şaftı üzerine önce karot bıçağı yerleştirme kafasını takınız. • Daha sonra donatı aralıklarına uygun karot bıçağını seçiniz. • Seçtiğiniz karot bıçağını motor şaftı üzerindeki yerleştirme kafasına sıkıca takınız.	
 Donatı tespit cihazıyla karot alınacak yerin tespit edilmesi	• Donatı tespit cihazıyla karot alma planına göre karot alınacak yeri belirleyerek işaretleyiniz. • Karot alımı sırasında donatıların kesilmemesi ve zarar görmemesi için karot alınacak yeri dikkatli bir şekilde belirlemeye özen gösteriniz.	
 Karot alınacak yerin işaretlenmesi ve karot alma makinesinin tespiti için dübel deliğinin açılması	• Karot alma makinesini karot alınacak yüzeye sabitlemek için taban plakası üzerindeki delik yerini karot alınacak yüzeye işaretleyiniz. • Uygun güçteki darbeli bir matkapla işaretlediğiniz yeri uygun çapta delici uç kullanarak deliniz. • Daha açtığınız deliğe saplamayla birlikte çelik dübel yerleştiriniz.	
 Karot alma makinesinin karot alınacak yüzeye sabitlenmesi	• Karot alma makinesini, saplamaya dikkatli bir şekilde oturtunuz. • İstediğiniz çalışma açısına göre karot alma makinesini ayarlayınız. • Daha sonra saplamanın somununu sıkarak makineyi sabitleyiniz. • Su tesviyesi aleti yardımıyla ayak tablası üzerindeki cıvatalardan sıkarak karot makinesini tam yatay konuma getiriniz. • 12 mm çapındaki su hortumunu karot makinesi üzerindeki su girişine sıkıca bağlayınız.	

 Yapı elemanından keserek karot alınması	• Karot alma makinesini çalıştırınız ve makine üzerindeki su besleme musluğunu açık konuma getiriniz. • Makine üzerindeki kolu yavaşça ileriye iterek numune alınacak yüzeye değdiriniz. • Sabit bir kesme hızı ile ilerleme olacak şekilde makineye yeterli basınç uygulayınız. • Motoru zorlayacak, motorun durmasına ve yerinden oynamasına sebep olacak fazla yükleme yapmamaya özen gösteriniz. • Karot bıçağının donatıya çarpması durumunda donatıya zarar vermeden farklı bir yerden TS EN 12504-4 Standardı'na uygun karot alma işlemine devam ediniz. • Karot bıçağıyla karot alınan yüzey arasında kasma veya sıkışma nedeniyle bir açı oluşmamasına dikkat ediniz. • Karot numunesini tam olarak kestikten sonra karot bıçağını makine üzerindeki kol yardımıyla geri çekiniz ve makine motorunu durdurunuz.	
 Karot numunenin yerinden çıkarılması	• Kesme sonrası karot numunesini çıkarmak için karot çevresindeki dairesel boşluk içine tornavida ve keski gibi aletler sokarak karot numunesini alttan yerinden kopartınız. • Karot numunesini yerinden kopardıktan sonra bu aletler yardımıyla yerinden çekip çıkarınız.	
 Karot numunesinin gözle kontrolü ve uygunluk tespitinin yapılması	• Alınan karot numunesini, görselde olduğu gibi herhangi bir kusur durumunun tespiti için gözle muayene ediniz. • Alınan karot numunesinin donatı içeren kısmını ve ciddi ölçüde çatlak olması durumunda bu kısmı tıraşlayınız. • Boyu kurtarmayan numuneleri reddediniz. • Alt ve üst tabana dik donatı elemanı içeren numuneleri reddediniz.	
 Karot alınan yere ve karot üzerine gerekli bilgilerin yazılarak fotoğraflanması	• Karot numunesi üzerine ve karot alınan yere gerekli bilgileri yazınız ve karot aldığınız yeri fotoğraflayarak kayıt altına alınız. • Aldığınız karot numuneleri hakkındaki bilgileri Tablo 7.3'teki Karot Numune Alma Tutanağı'na yazınız. • Numune aldığınız yerin fotoğrafını numune alma tutanağına eklemeyi unutmayınız.	

 Deneye uygun olan numunelerin taş kesme makinesinde uçlarının düzeltilmesi	• Deneye uygun olan her karot numunesinin uçlarını taş kesme makinesinde keserek düzeltiniz. • Düzeltme işlemini tamamladıktan sonra karot uzunluğunu ± %1 doğrulukla ölçerek kaydediniz.	
	• Alınan kuru karotları kür havuzuna koymadan, kırımdan en az üç gün önce laboratuvar ortamında saklayınız. • Başlıklama ve kesme işlemleri sırasında ıslanan numuneyi yeniden laboratuvar ortamında kurutmaya özen gösteriniz.	
 Karot numunelerin basınç dayanım deneyine hazırlanması	• Keserek istenen boya getirdiğiniz karot numunesinin alt ve üst tabanını pürüzsüz bir şekilde düzeltmek için TS EN 12390-3 Standardı'nda Ek A'da verilen yüzey düzeltme metotlardan birini seçiniz veya epoksi ile başlıklama yaparak karot numuneleri beton basınç dayanım deneyine hazırlayınız. • Başlıklama yaptığınız numune boyutlarını ölçerek deney raporuna kaydediniz.	
 Karot numunesinin beton presinde kırımının yapılması	• Alt ve üst tabanını pürüzsüz bir şekilde hazırladığınız karot numunesini TS EN 12390-4 Standard'ına uygun beton presinde, TS EN 12390-2 Standardı'na uygun olarak kırımını yapınız. • TS EN 13791 Standardı'nda 9. madde göre yerinde basınç dayanım sınıfının değerlendirmesini yapınız. • TS 13685'e göre düzeltme katsayılarını kullanarak basınç dayanım sınıfının sonuçlarını değerlendiriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra numune tablaları, çalışma ortamı zemini, çalışma tezgâhı ve deney araç gerecini özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadığını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	

Deney raporunun hazırlanması	• TS EN 12504-1'e göre Karot Basınç Dayanımı Deney Raporu'nda karot numune üzerinde yapılan ölçümlere yer veriniz. • Karot numunesinin TS EN 12390-1'de belirtilen toleransların uygunluğuna dikkat ediniz. • Karot numunesinin başlıklama işleminden sonra TS EN 12390-1 Standardı'ndaki toleransları sağlayıp sağlamadığını kontrol ediniz. • Deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde eksiksiz bir şekilde doldurunuz. İmzalayarak belirtilen süre içinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

7.3.1.2. Beton Yüzeyini Sıyırma

Mevcut yapı elemanı yüzeyindeki sıvanın ve beton harcının kırılarak donatı elemanına ulaşılmasıyla yapılan tahribatlı bir yöntemdir (Görsel 7.11). Yapı elemanında kullanılan donatıların korozyon durumu, kullanılan donatı çapı, donatı sayısı; etriye ve düz donatı aralıklarını belirlemek için yapılan tahribatlı bir deney yöntemidir. Yapılan inceleme sonucunda yapının durumuna göre kentsel dönüşüm kapsamına alınması veya yıkımına karar verilmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Burada kentsel dönüşümle kaçak yapılaşmanın önüne geçilmesi, depreme dayanıklı olmayan ve ekonomik ömrünü doldurmuş binaların yeniden yapılması ile olası doğal afetler sonucunda oluşacak zararların en aza indirilmesi amaçlanır.



Görsel 11: Beton yüzeyini sıyırma deney örnekleri

7.3.1.3. Donatı Durum Tespiti

Mevcut yapılarda donatı tespiti, betonarme taşıyıcı yapı elemanında kullanılan donatıların durumunu belirlemek ve dolaylı olarak betonun kalitesi hakkında bilgi elde etmek amacıyla kullanılan tahribatsız bir yöntemdir. Bu yöntem ile mevcut yapıda, incelenen betonarme taşıyıcı elemanların deprem sırasında nasıl bir tepki vereceği hakkında da fikir edinilir.

Donatı tespit cihazı kullanılarak betonarme taşıyıcı yapı elemanı üzerinde x ve y yönünde (düşey ve yatay) tarama yapılarak donatı aralıkları, donatının pozisyonu, derinliği, çapı ve sayısına kadar tespit edilir. Cihaz ile detaylı bir şekilde elde edilen tarama sonuçları ile her türlü teknik analizler kızılötesi bağlantıyla ekrana (monitöre) ve donatının yüksek çözünürlüklü görüntüsü USB bağlantıyla monitörden bilgisayara aktarılarak görüntülenebilir (Görsel 7.7). Yapının donatı durumuyla ilgili elde edilen tüm veriler yazdırılarak yazılı ve görüntülü bir rapor hazırlanır.

7.4. TAHRİBATSIZ (DOLAYLI) YÖNTEMLERLE BETON BASINÇ DAYANIMI TAYİNİ

Betonun kalitesi, beton yapıların yük taşıma kapasitelerini ve dayanıklılıklarını doğrudan etkilemektedir. Betonun kalitesi, esas olarak basınç dayanımı dikkate alınarak değerlendirilir. Mevcut yapılarda taşıyıcı elemanların dayanıklılık ve kalite durum tespiti yapı elemanına zarar vermeden ileri teknolojik cihazlarla (beton test çekici, ultra ses hızı, donatı tespit ve paspayı ölçümü) yapılabilir.

7.4.1. Beton Test Çekiciyle Geri Sıçrama Sayısı Tayini Deneyi (TS EN 12504-2, ASTM C 805)

Bu deney, beton test çekici kullanılarak beton yapı elemanının yüzey sertliğine göre geri sıçrama sayısı tayini ve dolaylı olarak tek eksenli basınç dayanımlarının yaklaşık olarak tahmin edilmesi amacıyla yapılır. Bu deney beton dökümünden en az 14 gün geçmiş ve 90 günü geçmemiş betonlarda uygulanmakta olup beton yüzeyinin yaklaşık 30 mm derinliğine kadar betonun tam doğru olmasa da betonun sertliği hakkında bilgi verir.

Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

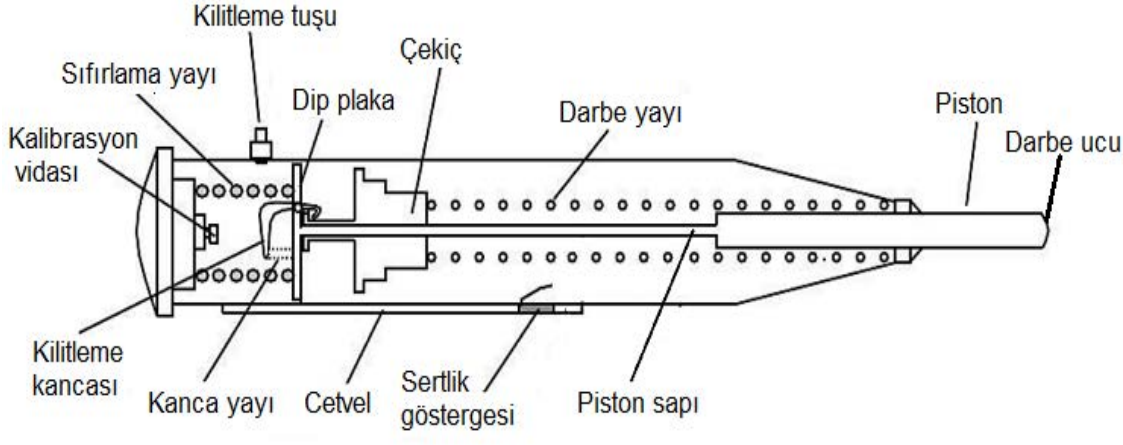
Deney araç gereci, beton test çekiciyle birlikte özel bir taşıma çantasında taşınır. Taşıma çantasında ayrıca ponza taşı ve kayıt yapabilen 2. tip cihazlar için üç adet yedek kâğıt rulo bulunur.

Ponza Taşı veya Zımpara: Orta büyüklükte olup daneli silisyum karbür veya eş değer bir malzemeden üretilen ve test edilecek beton yüzeyinin aşındırılmasında kullanılır.

Beton Test Çekici: Beton ve kayaç parçaları yüzeyine belirli bir kuvvetle yapılan vuruşun geri tepmesi ile malzemenin homojenliği ve basınç dayanımını ölçmek için kullanılan test cihazlarıdır (Görsel 7.9). Ölçüm yapılacak betonun uygulama yerine ve beton türüne göre uygun test çekici seçilir. Kullanıcıların özel ihtiyaçlarını karşılamak üzere farklı amaçlara uygun tasarlanmış çeşitli boyutlarda ve tiplerde üretilmiş beton test çekici bulunur.

Test çekiçleri modellerine göre orijinal (geleneksel) test çekiçleri, kâğıt kayıtlı test çekiçleri ve dijital test çekiçleri olmak üzere üç çeşittir. Bu modeller darbe enerjilerine göre N ve L tiplerinde üretilir.

- **N tipi beton test çekici;** darbe enerjisi 2,207 Nm'dir (Newton metre). Beton kalınlığı en az 100 mm olan bina, köprü ve diğer yapılardaki normal betonlarda kullanılır.
- **L tipi beton test çekici;** N tipi test çekicinin küçük modeli olup darbe enerjisi 0,735 Nm'dir. Beton kalınlığı 100 mm'den az, hafif betonlar gibi küçük ve darbeye hassas kırılgan yapı elemanlarında kullanılır.
- Geleneksel test çekiçleri olarak da adlandırılan orijinal test çekiçlerinin şematik görünüşü Görsel 7.12'de verilmiştir.



Görsel 7.12: Orijinal (Geleneksel) beton test çekici örneği ve şematik görünümü



Kalibrasyon Örsü (Referans Çelik Örs): Kalibrasyon örsü, özel çelik alaşımdan imal edilip beton test çekicinin doğrulanmasında (kalibrasyonunda) kullanılır (Görsel 7.13). Kalibrasyon örsü, kütlesi 16±1 kg, vuruş alanı çapı 150 mm ve yüzey sertliği en az 52 HRC özellikte olmalıdır. Test çekicinin doğruluğunu tespit etmek için kalibrasyon örsünün yüzeyine test çekiciyle vuruş yapıldığında çekicin skalasında (göstergesinde) 80±3 geri sekmesi görünür.

Görsel 7.13: Kalibrasyon örsü

BİLGİ NOTU

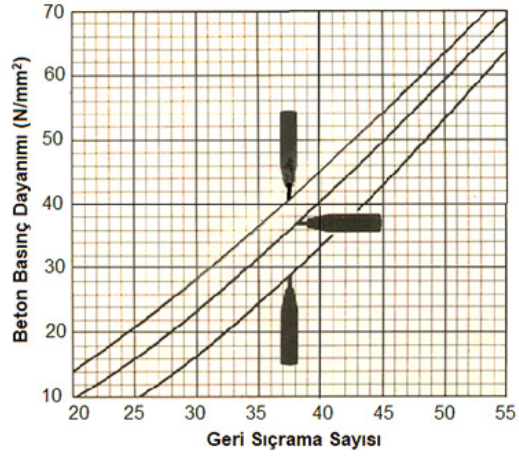
Kalibrasyon örsünün yüzey sertliği, metalik malzemelerin yüzey sertliğinin belirlenmesinde kullanılan **TS EN ISO 6508-1** Standardı'ndaki Rockwell sertlik ve Rockwell yüzey sertliği deney yöntemlerine göre belirlenir.

Deneyin Yapılışı

- Uygulama yapılacak yere göre uygun olan beton test çekici seçilir.
- Deney yapılacak beton yüzeyi kuru, düzgün ve temiz olur. Beton yüzeyinde su varsa uzaklaştırılır.
- Deneye tabi tutulacak beton elemanlar, en az 100 mm kalınlıkta ve yapı içinde sabitlenir.
- Çimento şerbetinin aktığı, iyi sıkıştırılmamış, parçalanmış ve oyulmuş kaba yüzeylerde güvenilir sonuçlar elde edilemediğinden bu tür yüzeylerde deney yapılmaz.
- Deney yapılacak betonun yüzey alanı seçiminde betonun dayanımı, yüzey tipi, beton tipi, yüzeyin nem durumu, varsa karbonatlaşma, deney sırasında betonun hareketi ve deneyin yönü gibi çeşitli faktörler göz önüne alınmalıdır.
- Deney alanı yaklaşık 300x300 mm olacak şekilde beton yüzeyindeki sıva kazınır.
- Sıvası kazınan beton yüzeyi aşırı pürüzlü, yumuşak ve gevşek harçlı ise yüzey düzgün hâle getirilinceye kadar ponza taşı veya zımpara ile aşındırılarak düzeltilir. Kalıptan çıkmış düzgün veya mastarlanmış yüzeyler aşındırılmadan deneye tâbi tutulabilir.
- Aralıkları 25 mm ile 50 mm olan düzenli karelaj çizilir. Çizilen doğrularının kesiştiği noktalar vuruş noktası olarak alınır.
- Vuruş noktaları, kenarlardan en az 25 mm (**ASTM C 805**'e göre en az 50 mm) içeride; iki çarpma noktası arasındaki mesafe de en az 25 mm olur.
- Beton test çekici, 10 °C ile 35 °C arasındaki sıcaklıklarda çalıştırılır.
- Beton test çekici, imalatçısının kullanım talimatlarına uygun kullanılır. Herhangi bir okuma yapılmadan önce beton test çekicinin doğru çalıştığını belirlemek için beton test çekici en az üç vuruş yapılmak suretiyle çalıştırılır.
- Beton yüzeyi üzerinde deney serisine başlamadan önce referans çelik örs kullanılarak okumalar alınır ve kaydedilir.
- Okumaların cihaz imalâtçısının önerdiği sınırlar içinde olup olmadığı kontrol edilir. Yapılan okumalar çalışma aralığında değilse beton test çekici temizlenir veya ayarlanır.
- Deney öncesinde hafifçe basınç uygulanarak beton çekicinin pistonu serbest bırakılır.
- Beton test çekici pistonu, test edilecek yapı elamanının konumuna uygun açı verilerek (örneğin

yere paralel, kolon yüzeyine 90° açı yapacak şekilde) sıkıca tutulur.

- Beton test çekici gövdesine dijital açıölçer takılarak hızlı bir şekilde ölçülür veya cihaz üzerinde gösterilen 0 derece yatay, ±45 derece veya ±90 derece dikey açılı olacak şekilde beton test çekicinin açısı kaydedilir. Beton test çekici yukarı doğru işaret ediyorsa pozitif, aşağıya doğru işaret ediyorsa negatif bir açı kullanılır.
- Test edilecek beton yüzeyine darbe tetiklemesi oluşuncaya kadar test çekicine yavaşça basınç uygulanır.
- Tetiklenme olduktan sonra test çekicinin alt tarafında bulunan tuşa basılarak darbe çubuğu kilitlenir.
- Beton test çekici üzerindeki göstergeden geri sıçrama sayısı (R) okunur ve en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kaydedilir.
- Çarpma sonunda yüzeydeki her bir çarpma izi muayene edilir ve vuruş yapılan yüzeye yakın yerde mevcut hava boşluğu nedeniyle parçalanma veya kırılma meydana gelmesi durumunda sonuç değerlendirilmeye alınmaz.
- Bir deney alanında güvenilir geri sıçrama sayısı elde edebilmek için en az dokuz ve en fazla yirmi beş ayrı noktadan vuruş (çarpma) yapılarak geri sıçrama sayısı (R) okunur. Okumaların her kümesi için çekicin konumu ve yönlendirmesi kaydedilir. Okunan geri sıçrama sayıları, dönüşüm eğrisinde yerine konur ve R değerine karşılık gelen beton basınç dayanım değeri bulunur (Görsel 7.14).
- Gerektiğinde bir taşıyıcı ya da yapı elemanı üzerinde birden fazla deney yapılır.
- Deneyde kullanılan araç gerecin temizliği ve bakımı yapılarak bir sonraki deney için kullanıma hazır hâle getirilir.



Görsel 7.14: Dönüşüm eğrisi

Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporunun Hazırlanması

Her deneyde en az on okuma ile elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak geri sıçrama sayısı (R) bulunur. Okunan en büyük ve en küçük değerler standart sapma ve değişme kat sayısını verir. Gerekli durumlarda imalatçının tavsiyelerine göre çekicin vuruş yönü göz önüne alınır ve tam sayı değeri bulunur. Bulunan R değeri o test yüzeyini temsil eden dönüşüm eğrisinde yerine konur. R değerine karşılık gelen değer beton basınç dayanımı olarak ifade edilir.

Bütün okumaların %20'sinden fazlasının ortanca değerden sapması, 6 birim üzerinde olması durumunda okumaların tümü iptal edilir. Birden fazla beton test çekici kullanılması durumunda benzer beton yüzeylerde elde edilen deney sonuçlarındaki değişimi belirlemek için yeterli sayıda deney yapılır.

Deneyden elde edilecek sonuçlar Tablo 7.5'teki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydedilir. Tablo 7.5'te yer alan bilgilere göre deney değerlendirme raporu hazırlanır. Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 7.5: Deney Değerlendirme Raporu

1. DENEY İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER			
Laboratuvar No.		Yapı Sahibi / Proje Adı	
Deney Standardı		Ada/Pafta/Parsel	
Deney Tarihi	…. /….. / 20…	Bina/Şantiye Adresi	
Deneyi Yapan Firma / Kuruluş			
Deneyi Yapanın Adı Soyadı			
Beton Çekicinin Modeli ve Tipi			
Rapor Tarihi ve Numarası	…. / ….. / 20…		

2. DENEY YAPILAN BETON YAPI ELEMANINA AİT BİLGİLER			
Hazır Beton Firması		Beton Döküm Tarihi	
Beton Sınıfı		Betonun Yaşı (Gün olarak)	
Beton Yapı Elemanın Tanımı (kiriş, kolon, perdenin aksı ve kat No.su)			

3. DENEY YERİNİN HAZIRLANMASINA AİT BİLGİLER
Deney Alanı / Alanları Hazırlama Bilgisi:

4. DENEY SONUÇLARINA AİT BİLGİLER
Geri Sıçramalı Çekiç Okumaları:
Deney Sonucu (Ortanca Değeri ve Her Deney Alanı İçin Çekicin Yönü):
Beton Çekicinin Yönü İçin Ayarlanan Deney Sonuçları (varsa):
Standard Deney Yönteminde Herhangi Sapma (varsa):
Deneyin İlgili Standarda Göre Yapıldığına Dair Deneyden Teknik Olarak Sorumlu Kişinin Beyanı:

5. DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
3				

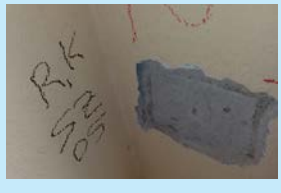
6. ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
3				

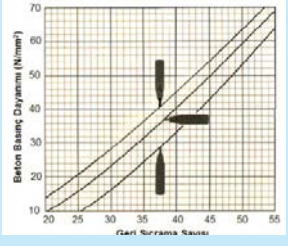
4. DENEY UYGULAMASI

En az 14 gün ile en çok 90 gün yaştaki sertleşmiş beton numunesi veya yapı elemanı üzerinde TS EN 12504-2 Standardı'na uygun beton test çekici kullanarak geri sıçrama sayısına göre beton basınç dayanımını tayin ediniz.

Deney Adı: Beton Test Çekici ile Geri Sıçrama Sayısı Tayini Deneyi

Deney Süresi: Yapı elemanı yüzeyini hazırlama ve beton test çekici uygulama 4 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız.	
Deney araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Uygulama yapacağınız beton çeşit ve sınıfına uygun tipte beton test çekici seçiniz.	
Basınç dayanımı belirlenecek yapı elemanının tespit edilmesi	• Deney yapılacak yer seçiminde beton yüzeyinin kuru, düzgün ve temiz olmasına özen gösteriniz. Beton yüzeyinde su varsa uzaklaştırınız. • Deneye tabi tutulacak beton elemanlarının en az 100 mm kalınlıkta ve yapı içerisinde sabitlenmiş olmasına dikkat ediniz. • Güvenilir sonuçlar vermediğinden çimento şerbetinin aktığı, iyi sıkıştırılmamış, parçalanmış ve oyulmuş kaba yüzeyleri tercih etmeyiniz. • Beton basınç dayanımı, yüzey tipi, beton tipi, yüzeyin nem durumu, varsa karbonatlaşma gibi çeşitli faktörleri göz önünde bulundurarak deney yapılacak beton yüzeyi seçiniz.	
 Basınç dayanımı belirlenecek beton yüzeyinin deneye hazırlanması	• Belirlediğiniz deney alanında yaklaşık 300x300 mm ölçülerinde beton yüzeyindeki sıvayı kazıyınız. • Sıvası kazınan beton yüzeyini ponza taşı veya zımpara ile düzgün ve pürüzsüz hâle getiriniz. • Kalıptan düzgün veya mastarlanmış şekilde çıkan yüzeyleri aşındırmadan direkt deneye tâbi tutabilirsiniz. • Hazırlanan yüzeye 25 mm ile 50 mm aralıklarla düzenli şekilde düşey ve yatay yönde doğrular çiziniz.	

Beton test çekiciyle vuruş yaparken dikkat edilmesi	• Çizilen doğruların kesiştiği noktaları vuruş noktası olarak kullanınız. • Vuruş noktalarının kenarlardan en az 25 mm içeride ve iki vuruş noktası arasındaki mesafenin en az 25 mm olmasına özen gösteriniz. • Beton test çekicini kullanırken imalatçısının kullanım talimatlarına uygun kullanınız. • Herhangi bir okuma yapmadan önce en az üç vuruş yaparak beton test çekicinin doğru çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz. • Beton test çekicini 10 °C ile 35 °C arasındaki sıcaklıklarda çalıştırınız.	
 Beton test çekicinin kalibrasyonunun yapılması	• Beton yüzeyi üzerinde deney serisine başlamadan önce beton test çekicinin doğruluğunu kontrol etmek için kalibrasyon örsü üzerinde deneyerek okumalar yapınız. • Okumaların cihaz imalatçısının önerdiği sınırlar içinde olup olmadığını kontrol ediniz. • Yapılan okumalar çalışma aralığında değilse beton test çekicini temizleyiniz veya ayarlayınız.	
 Beton test çekici ile okumaların yapılması	• Deney öncesinde hafifçe basınç uygulayarak beton test çekicinin darbe çubuğunu serbest bırakınız. • Beton test çekicinin çarpma ucunu, test edilecek beton yüzeyine dik (90°) olacak şekilde sıkıca tutunuz. • Darbe tetiklemesi oluşana kadar uç üzerindeki basıncı yavaşça arttırınız. • Tetiklenme olduktan sonra test çekicinin alt tarafında bulunan tuşa basarak darbe çubuğunu kilitleyiniz.	
 Beton basınç dayanımının belirlenmesi	• Beton test çekici üzerindeki göstergeden geri sıçrama sayısını (R) okuyunuz ve Tablo 7.5'teki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydediniz. • Her okuma kümesi için test çekicinin konum ve yönlendirmesini kaydediniz. • Okunan geri sıçrama sayılarını, dönüşüm eğrisinde yerine koyarak R değerine karşılık gelen beton basınç dayanım değerini bulunuz. • Gerektiğinde yapı elemanı üzerinde birden fazla deney yapabilirsiniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra kullanılan deney araç gerecini özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadığını kontrol ediniz.	

Deney raporunun hazırlanması	• Deneyde elde edilen sonuçları Tablo 7.5'teki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydediniz. • Deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde eksiksiz bir şekilde doldurunuz. İmzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

7.4.2. Ultrasonik (Ses üstü) Darbe Hızı Tayini (TS EN 12504-4, ASTM C 597)

Bu deney, yapı elemanının basınç dayanımı ile diğer özellikleri arasındaki ilişkinin tahmin edilmesi amacıyla yapılır. Bu deneyle betonun homojenliği, kalitesi, zamanla değişen özellikleri, dinamik fiziksel özellikleri, betondaki çatlak ve iç boşluklar tespit edilir. Kalınlığı bilinen sertleşmiş bir beton içine ultra ses (ultrasonik) dalgaları gönderilerek ultra ses boyuna dalga atımlarının sertleşmiş beton içindeki ilerleme hızı saniye cinsinden belirlenir.

Ultra ses darbe hızı, test edilen malzemenin yoğunluğu ve elastik (esneklik) durumuna bağlıdır. Yoğunluğu az olan bir betonda boşluklar fazla olduğundan ultra ses darbesinin betonun bir yüzeyinden diğer yüzeyine geçiş süresi daha uzun olur. Genel olarak yoğunluğu yüksek olan betonların basınç dayanımları da yüksektir. Betonun kalitesi ile basınç dayanımı arasında doğru orantılı bir ilişki bulunur (Tablo 7.5). Su / çimento oranı yüksek olan betonlarda boşluk oranı fazla olduğundan yoğunluk ve basınç dayanımları da düşük çıkar.

Ultra ses darbe hızı deneyini etkileyen bazı faktörler şunlardır:

- İletici (verici) ve alıcı başlığın (sensörün) beton yüzeyine olan temas durumu
- İletici ve alıcı başlık arasındaki yolun uzunluğu
- Deney uygulamasının yapıldığı ortam sıcaklığı
- Betondaki nem miktarı ve betonun sıcaklığı
- Numunenin şekli ve boyutu
- Beton içerisindeki demir donatılar
- Betondaki çatlaklar ve boşluklar



a) Ulta ses dalga hızı test cihazı
b) İletici ve alıcı transdüser
c) Veri bağlantı kablosu
d) Bağlayıcı sıvısı

Görsel 7.15: Ultra ses darbe hızı test cihazı ve seti

Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Ultra ses darbe hızı test cihazı, özel bir çanta içinde taşınır. Bu çanta içinde ultra ses darbe hızı test cihazıyla birlikte bulunan deney araç gereci ve özellikleri aşağıda verilmiştir (Görsel 7.15).

- Ultra ses darbe hızıest cihazı
- İki adet iletici ve alıcı 54 kHz dalga üreten elektro akustik transdüser (dönüştürücü)
- tBağlayıcı kontak maddesi (kalın yağ, vazelin, alçı vb.)
- Ölçü bantları

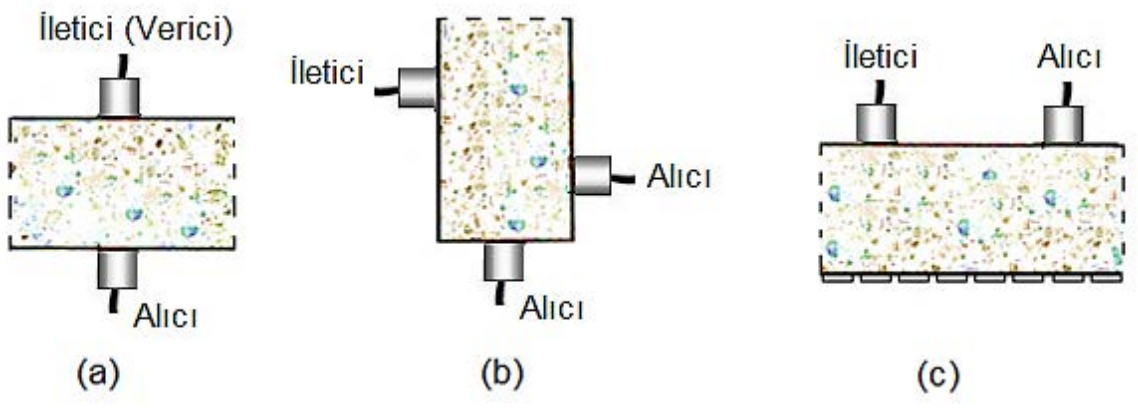
Kalibrasyon çubuğu **Ultra Ses Darbe Hızı Test Cihazı:** İletici ve alıcı akustik dönüştürücü arasında oluşturulan ultra ses darbelerinin beton içindeki geçiş hızını ölçmede kullanılan test cihazıdır (Görsel 7.15.a). Test edilen transit zaman ölçüm cihazını 0,1 µs (mikrosaniye) hassasiyetle elektronik zamanlama devresi tarafından ses dalgasının geçiş hızını ölçer.

İletici (Verici) ve Alıcı Elektro Akustik Dönüştürücüler (Transdüser): Ses titreşim dalgasını elektrik enerjisine dönüştürerek ses darbe hızını elektronik zamanlama devresi tarafından ölçmeye yarayan test aparatıdır (Görsel 7.15.b).

Dönüştürücüler, normal olarak 20 kHz ile 150 kHz arasında bir frekansa sahiptir. Ancak bazı durumlarda en düşük 10 kHz ve en yüksek 200 kHz frekanslar da kullanılabilir. Kısa yol mesafesi 50 mm'ye kadar olan betonlarda 60 kHz ile 200 kHz arası yüksek frekanslı; uzun yol mesafesi 15 m'ye kadar olan betonlarda 10 kHz ila 40 kHz arasında düşük frekanslı dönüştürücüler kullanılır. Genel olarak 40 kHz ile 60 kHz arası frekanslı dönüştürücüler kullanılır. Ayrıca pürüzlü yüzeylerde özel dönüştürücüler kullanılabilir.

Deneyin Yapılışı

- Ölçüm yapılacak beton yüzeyi pürüzlüyse zımparalanarak pürüzsüz hâle getirilir veya hızlı ayarlanabilen bir epoksi reçine kullanılarak düzleştirilir.
- Test edilecek beton yüzeyindeki boşlukları doldurmak amacıyla dönüştürücülerin yerleştirileceği beton yüzeyine sürmek için petrol jeli, gres yağı, yumuşak sabun, vazelin veya kaolin / gliserol (gliserin) macunu gibi birçok birleştirici ürün kullanılabilir.
- Yeterli akustik bağlantı sağlanacak şekilde dönüştürücüye sıkıca bastırılarak ölçüm yapılacak beton yüzeyine düzgün bir şekilde yerleştirilir.
- Dönüştürücü (transdüser) konumlandırması iletim yöntemlerine göre beton yüzeyine karşılıklı (doğrudan iletim) (Görsel 7.16.a), bitişik yüzeylere (yarı doğrudan iletim) (Görsel 7.16.b) ve yan yana aynı yüze (dolaylı veya yüzey iletimi) (Görsel 7.16.c) yerleştirilerek betonun içinde farklı yönlerden geçen ses dalgası süresi ölçümleri yapılabilir.



Görsel 7.16: Ultra ses darbe hızı ölçüm yöntemlerine göre dönüştürücü konumlandırma

- Doğrudan iletim için dönüştürücüler arasındaki en kısa mesafe ölçülerek km cinsinden hesaplanır ve yol uzunluğu (L) olarak ± %1 hassasiyetle deney raporuna kaydedilir. Yarı doğrudan iletim için yol uzunluğu genellikle dönüştürücünün merkezinden merkezine olan mesafe olarak ölçülür. Yol uzunluğunun doğruluğu, merkezden merkeze olan mesafeye kıyasla dönüştürücünün boyutuna bağlıdır. Dolaylı iletim için yol uzunluğu ölçülemez. Ancak dönüştürücülerle birbirinden farklı mesafelerde ölçümler yapılabilir.
- Doğrudan iletim yönteminde ultra ses darbe süresi (T), mikro saniye (µs) cinsinden okunur ve saniyeye çevrilir.
- İletici ve alıcı dönüştürücülerin yerleri değiştirilerek gelişi güzel seçilen birçok noktadan farklı okumalar yapılır.
- Test edilen her bir numune veya yapı elemanı için ses darbe süresi okuma ve yol uzunluklarının ortalaması alınır.
- Ortalama ses darbe süresi (T), ses darbe hızına (V) çevrilerek en yakın 0,01 km/s olarak ifade edilir.
- Deneyde kullanılan araç gerecin temizliği ve bakımı yapılarak bir sonraki deney için kullanıma hazır hâle getirilir.
- Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.



Dönüştürücüleri zıt yüzlere yerleştirmenin gerektiği durumlarda ancak birbirine doğrudan zıt olmayan yerlerde bu düzenleme yarı doğrudan bir iletim olarak kabul edilir. Yarı doğrudan iletim düzenlemesi, yapıların köşeleri gibi doğrudan iletimin kullanılamadığı durumlarda kullanılır. Dolaylı iletim düzenlemesi, en az hassas olanıdır. Betonun yalnızca bir yüzüne ulaşılabildiğinde veya yüzey betonunun genel kaliteye göre kalitesi ilgi çekici olduğunda kullanılır.

Deney Sonucunun Hesaplanması ve Deney Raporunun Hazırlanması

Doğrudan ve yarı doğrudan iletimler için ultra ses darbe hızı aşağıda verilen yol/zaman bağıntısı kullanılarak hesaplanır.

$$V = L/T$$

V: Ultra ses hızı, km/s
L: Yol uzunluğu, mm
T: Ses darbe süresi, µs

Elde edilen ölçümlerle ultra ses darbe hızı değeri en yakın 0,01 km/s hassasiyetle ifade edilir. Normal betonlar için ultra ses darbe hızı değeri ile kaliteli beton arasındaki ilişki pratik olarak Tablo 7.5'te verilen bilgilere göre değerlendirilir. Normal betonlarda iyi kalitedeki bir betonun ultra ses darbe hızı 4,1-4,7 km/s arasında olur.

Tablo 7.6: Ultra Ses Darbe Hızı Değeriyle Betonun Kalitesi Arasındaki İlişki

ULTRA SES DARBE HIZI, km/s	BETONUN KALİTESİ
>4,50	Mükemmel
3,50-4,50	İyi
3,0-3,50	Orta (Şüpheli)
2,0-3,0	Zayıf
<2,0	Çok zayıf

Deneyden elde edilecek sonuçlar Tablo 7.6'da Deney Değerlendirme Raporu'na kaydedilir. Tablo 7.6'da yer alan bilgilere göre deney değerlendirme raporu hazırlanır. Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir

Tablo 7.7: Deney Değerlendirme Raporu (TS 12504-4'e göre)

1. DENEY İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER			
Laboratuvar No.		Yapı Sahibi / Proje Adı	
Deney Standardı		Ada/Pafta / Parsel	
Deney Tarihi	.. /… / 20….	Bina/Şantiye Adresi	
Deneyi Yapan Kuruluş		Rapor Tarihi ve Numarası	../../20..
Deney Yapanın Adı Soyadı			
Deney Yapılan Beton Yapının Yeri (kiriş, kolon vs.)		Deney Yapılan Beton Numune ise Numunenin Şekli ve Ebadı	

2. BETON NUMUNESİ VEYA YAPI ELEMANINA AİT BİLGİLER			
Hazır Beton Firması		Beton Döküm Tarihi	…./.../20….
Beton Sınıfı		Betonun Kullanıldığı Yer (kiriş, kolon, perde, döşeme aks ve kat no.su)	
Betonun Yaşı			
Betonda Kullanılan Katkı Türü ve Miktarı (%)		Betonun En Büyük Agrega Dane Alma Boyutu, D_{max}, (mm)	
Betonun Katkı Türü ve Miktarı (%)		Betonun Birim Hacim Ağırlığı, (kg/m^3)	
Deney Yerinin veya Numunenin Gözle Muayenesi Sonucu Elde Edilen Bulgular (nem, karbonatlaşma, çatlak durumu vb.):			

3. DENEY KULLANILAN CİHAZA AİT BİLGİLER				
Cihazın Markası	Cihazın Tipi veya Modeli	Dönüştürücünün Boyutu	Dönüştürücünün Frekansı	Özel Bir Özellik (varsa)

4.DENEY NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI VE SONUÇLARINA AİT BİLGİLER					
Yapı Elemanının veya Beton Numunenin Deney Anındaki Yüzey Rutubet Durumu:					
Dönüştürücülerin Beton Yüzeyiyle Birleştirilmesinde Kullanılan Ürün:					
Ölçüm Yöntemi (Doğrudan ve Yarı Doğrudan İletim):					
Ölçülen Ses Darbe Süreleri (T), µs	T_1	T_2	T_3	T_4	Ort. Ses Darbe Süresi ($T_{ort.}$)
Doğrudan ve Yarı Doğrudan İletim İçin Ölçülen Yol Uzunluğu (L) Değerleri, mm	L_1	L_2	L_4		Ort. Yol Uzunluğu ($L_{ort.}$)
Ölçüm Yöntemine Göre Ultra Ses Darbe Hızının (V) Hesaplanan Değerleri (km/s):					
Deney Alanlarının Yakınında Bulunan Takviye Çeliği veya Kanalların Detayları (biliniyorsa):					
Deneyin Teknik Sorumlusu Tarafından Deneyin Standarda Uygun Yapıldığına Dair Beyanı:					
Kullanılan Yöntemlerden Herhangi Bir Sapma (varsa)					

5. DENEYİ YAPANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	İmza
1				
2				
3				

6.ONAYLAYANLARA AİT BİLGİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Mesleği	Görevi	**İmza**
1				
2				
3				

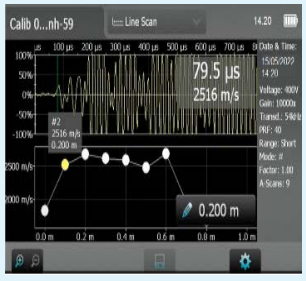
5. DENEY UYGULAMASI

En az 28 gün yaştaki sertleşmiş betonarme yapı elemanı veya beton numunesi üzerinde **TS EN 12504-4** Standardı'na uygun, ultra ses dalgalarının betondaki yayılım hızını belirleyerek betonun kalitesi hakkında deney raporu hazırlayınız.

Deney Adı: Sertleşmiş Betonda Ultra Ses Darbe Hızı Tayini Deneyi

Deney Süresi: Yapı elemanı yüzeyini hazırlama ve ultra ses darbe hızı uygulama 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz.	
Önlemlerinin alınması Deney araç gerecinin hazırlanması	• Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız. • Araç gerecin eksiksiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Ölçüm yapılacak beton yüzeyinin deneye hazırlanması	• Deney yapılacak yer seçiminde beton yüzeyinin kuru, düzgün ve temiz olmasına özen gösteriniz. • Beton yüzeyinde su varsa uzaklaştırınız. • Beton yüzeyini zımparalayarak veya hızlı ayarlanabilen bir epoksi reçine kullanarak düzgün ve pürüzsüz hâle getiriniz.	
 Birleştirici ürün kullanarak dönüştürücülerin beton yüzeyine yerleştirilmesi	• Petrol jeli, gres yağı, yumuşak sabun, vazelin veya kaolin / gliserol (gliserin) macunu gibi birleştirici ürünlerden birini ölçüm yapılacak beton yüzeyine sürerek dönüştürücüleri yerleştiriniz. • Beton yüzeyindeki boşlukları doldurmak amacıyla birleştirici ürünleri kullanabileceğinizi unutmayınız. • Dönüştürücüyü, yeterli akustik bağlantıyı sağlayacak şekilde sıkıca bastırarak ölçüm yapılacak beton yüzeyine düzgün bir şekilde yerleştiriniz	
 İletici ve alıcı dönüştürücüler arasındaki mesafenin ölçülmesi	• Doğrudan iletim için dönüştürücüler (iletici ve alıcı) arasındaki en kısa mesafeyi %1 hassasiyetle ölçünüz ve km cinsinden hesaplayarak yol uzunluğu olarak deney formuna kaydediniz. • Yarı doğrudan iletim için yol uzunluğunu dönüştürücünün merkezinden merkezine olan mesafe olarak ölçünüz. • Yol uzunluğu dolaylı iletim ile ölçülemediğinden sadece dönüştürücüler ile birbirinden farklı mesafelerde ölçümler yapınız.	

 Ultra ses darbe süresinin okunması	• Test edilen beton üzerindeki iletici ve alıcı dönüştürücülerin yerlerini değiştirerek gelişigüzel seçtiğiniz birçok noktadan farklı okumalar yapınız. • Doğrudan iletim yöntemi için ultra ses darbe süresini (T), mikro saniye (µs) olarak okuyunuz ve saniyeye çevirerek deney formuna kaydediniz. • Test ettiğiniz her bir numune veya yapı elemanı için ses darbe süresi okumalarının ortalamasını alınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney bittikten sonra kullanılan deney araç gerecini özenle temizleyiniz. • Araç gerecin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadığını kontrol ediniz.	
Sonuçların hesaplanması ve deney raporunun hazırlanması	• Doğrudan ve yarı doğrudan iletimler için ultra ses darbe hızını, yol / zaman bağıntısıyla hesaplayınız. • Deneyde elde edilen sonuçları Tablo 7.6'daki Deney Değerlendirme Raporu'na kaydediniz. • Deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde eksiksiz bir şekilde doldurunuz. İmzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

7. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru cevabı işaretleyiniz.

1. **Aşağıdakilerden hangisi basınç altında su işleme derinliği tayini deneyinde beton numunelerine uygulanması gereken işlemlerden biridir?**
   A) Taze beton numunesi kalıba yerleştirildikten hemen sonra beton yüzeyi mala ile düzeltilmeli
   B) Beton numunesi kalıptan çıkarıldıktan hemen sonra yüzeyi tel fırçayla pürüzlendirilmeli
   C) Beton numunesi kalıba yerleştirildikten üç saat sonra perdahlanmalı
   D) Pürüzsüz bir beton yüzeyi elde etmek için kalıp iyice yağlanmalı
   E) Beton numunesi kalıptan çıkarıldıktan hemen sonra pürüzsüz yüzey için zımparalanmalı

2. **Aşağıda verilen deney şartlarından hangisi basınç altında su işleme derinliği tayini deneyi için uygulanır?**
   A) Beton numunesinin pürüzsüz yüzeyine 24 saat boyunca hava basıncı uygulanmalı
   B) Deney numunesinde su sızıntısı gözlense bile deney süresi sonuna kadar basınç uygulanmalı
   C) Deney numunesine 24±2 saat boyunca 240±10 kPa hava basıncı uygulanmalı
   D) Deney numunesine 36±2 saat boyunca 500±50 kPa su basıncı uygulanmalı
   E) Deney numunesine 72±2 saat boyunca 500±50 kPa su basıncı uygulanmalı

3. **Sertleşmiş beton yüzeyine uygulanan basınç sonucunda su işleme derinliği TS EN 206 ve TS 13515 standartlarına göre en çok kaç mm olmalıdır?**
   A) 30 B) 40 C) 50 D) 60 E) 70

4. **Sertleşmiş betonda yoğunluk tayini deneyinde deney numunesinin kütlesi ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi <u>yanlıştır?</u>**
   A) Numunenin ilk alındığı hâli, numunenin teslim alındığı durumdaki doğal kütlesini verir.
   B) Deney numunesinin sabit doygun kütleye ulaşması için, numune deneyden önce en az 72 saat su içerisinde küre tabi tutulmalıdır.
   C) Numunenin suya doygun durumdaki kütlesini belirlemek için deney numunesi 20±2 ºC'daki su içinde küre tabi tutulmalıdır.
   D) Numunenin etüv kurusu durumdaki kütlesini belirlemek için numune laboratuvar ortamında tutulmalıdır.
   E) Deney numunesinin etüv kurusu durumdaki kütlesini belirlemek için numune (105±5) ºC sıcaklıktaki hava dolaşımlı etüvde belli bir süre kurutulmalıdır.

5. **Aşağıdakilerden hangisi düzgün geometrik şekle sahip olmayan sertleşmiş beton numunelerin hacmini belirlemek için kullanılan tek deney yöntemidir?**
   A) Yarma yöntemiyle numunenin basınç altında su işleme derinliğini ölçme
   B) Arşimet terazisi deney düzeneği ile suyla yer değiştirme
   C) Küp şekilli numunelerde belirtilmiş boyutları kontrol etme
   D) Numunenin gerçek ölçülerini kullanma
   E) Silindir şekilli numunelerde belirtilmiş boyutları kontrol etme

6. **Aşağıdakilerden hangisi mevcut bir yapıda betonarme yapı elemanının çeşitli yerlerinden silindir şeklinde kesilmesiyle beton numunesi alınan <u>tahribatlı</u> bir deney yöntemidir?**
   A) Beton yüzeyini sıyırma
   B) Beton test çekici
   C) Ultra ses darbe hızı
   D) Karot alma

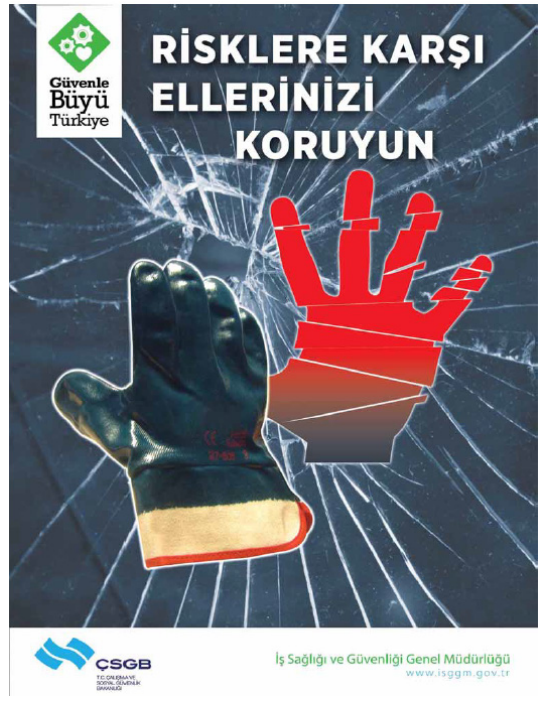
E) Windsor sondası

7. Aşağıdakilerden hangisi mevcut bir yapının beton basınç dayanımının yerinde belirlenmesi için gereken durumlardan biri değildir?
A) Döküm sırasında taze betondan numune alınamaması veya sonuç elde edilememesi
B) İyi yerleştirilmiş, sıkıştırılmış ve yeterli kür uygulanmış betonun dayanımının belirlenmesi
C) Güçlendirme veya yıkım kararı için mevcut yapının dayanım durumunun belirlenmesi
D) Döküm sırasında alınan deney numunelerinin 28 günlük dayanım sonuçlarının düşük çıkması
E) Beton üreticisi ve yapı denetim firması arasında anlaşmazlık yaşanması

8. Beton basınç dayanımıyla ilgili şüpheli durumlarda yerinde basınç dayanım sınıfının uygunluk değerlendirilmesi TS EN 13791 Standardı'nın hangi maddesine göre yapılır?
A) 6.
B) 7.
C) 8.
D) 9.
E) 10.

9. Aşağıdakilerden hangisi yüzey sertliğine göre betonarme yapı elemanının basınç dayanımını yaklaşık olarak belirlemek amacıyla kullanılan dolaylı bir deney yöntemidir?
A) Donatı tespiti
B) Beton yüzeyini sıyırma
C) Beton test çekici
D) Ultra ses darbe hızı
E) E) Geçirgenlik deneyi

10. Ultrasonik darbe hızı tayini deneyinde beton ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisine ulaşılır?
A) Çatlak ve iç boşluklar
B) Agrega dane sınıfı ve miktarı
C) Katkı türü ve miktarı
D) Çimento tipi ve miktarı
E) Karma suyu miktarı











8. ÖĞRENME BİRİMİ

ZEMİN YAPISI

KONULAR

8.1. YAPI ZEMİNİNİN GENEL YAPISI

8.2. MUAYENE ÇUKURU

8.3. ZEMİNDEN ÖRNEK NUMUNE ALIMI

8.4. ZEMİN İNCELEME TUTANAĞI

TEMEL KAVRAMLAR

- Yapı zemini
- Sondaj
- Muayene çukuru
- Örselenmiş numune
- Örselenmemiş numune
- Zemin inceleme tutanağı

GİRİŞ

Canlıların beslenme ve barınma gibi doğal gereksinimlerini karşılamak üzere çeşitli yapı gereci ve yapım teknikleri de uygulanarak oluşturulan yer üstü ve altı su tesislerine **yapı** denir. Yapıların yapılış amacı ne olursa olsun, hizmet ettiği sürece sağlam ve dayanıklı bir şekilde hizmet etmelidir. Bunun için de yapılar inşa edilirken ilgili yönetmelik ve standartlara uyularak yapılmalıdır. Bu sayede sağlam ve uzun ömürlü yapılar yapılabilir.

Yapılar inşa edilirken ne kadar sağlam yapılırsa yapılsın tüm yapılar bir zemin üzerine inşa edilmektedir. Bunun için yapının yapıldığı zeminin de birtakım inceleme ve araştırmalardan geçmesi gerekir.

8.1. YAPI ZEMİNİNİN GENEL YAPISI

Zemin; çakıl, kum silt, kil veya bunların karışımından meydana gelen gevşek malzemedir. Zemin, yer kabuğundaki kaya parçalarının ayrışması ile oluşur. Isı farkları, yağışlar, rüzgâr etkisi, su ile sürüklenme, basınç gibi etkenler kayaların parçalanmasında önemli rol oynar. Kayalar ufalanarak farklı büyüklükte dane boyutlarına ulaşır. Bu şekilde kil, kum, çakıl, marn gibi zeminler ortaya çıkar.

Üzerine gelen yapı yüklerini, kendi doğal yapısını bozmadan emniyetli olarak taşıyıp kendinden aşağıda kalan tabakalara belli bir düzen içerisinde aktaran zeminlere **yapı zemini** denir. Yapı her zemine yapılmamalıdır. Zemin, homojen bir yapıya sahip değildir. Bundan dolayı bazı yerlerde çürük bazı yerlerde sağlam olabilir. Bu nedenle yapı yapılmadan o zeminin etüt edilerek iyice tanınması, daha sonra da projelerin etüdüne ve inşaata geçilmesi uygun olur.

Yapılaşma için yasak bölge sayılan yerlerde bina yapılamaz. Ayrıca yapımının üzerinden 30 yıl geçmemiş yapay dolgu zeminlere üzerinde özel olarak zemin iyileştirmesi yapılmadıkça ya da gerekli temel tipi uygulanmadıkça bina yapılamaz. Çığ ve heyelan afetlerinden birine uğrayan, afet bölgesi olduğu tespit ve ilan edilen yerlerde bina yapılamaz.

8.1.1. Yapı Zemin Çeşitleri

Zeminler farklı durumlara göre şöyle çeşitlendirilir:

Yük Taşıma Durumuna Göre Zeminler

Zeminler yük taşıma durumuna göre üçe ayrılır.

Sağlam Zeminler: Sıkışmaya uygun olmayan, 2,00-3,00 m kalınlığında tabakalar hâlinde oluşmuş, basınç ve çekme gerilmelerine karşı oldukça dayanıklı, yük taşıma gücü yüksek, kazılması güç, yapı için elverişli olan zeminlerdir. Basınç dayanımı 5-30 kgf/cm^2 arasında değişir.

Orta Sağlam Zeminler: Sıkışmaya uygun, 3,00-4,00 m kalınlığında tabakalar hâlinde oluşmuş, yük taşıma gücü çok fazla olmayan, el aletleri ile kazılabilen, küçük ve orta büyüklükteki yapılar için elverişli olan zeminlerdir. Basınç dayanımı 0,4-5 kgf/cm^2 arasında değişir.

Çürük Zeminler: Sıkışmaya uygun, fazla yük altında kayan, yük taşıma gücü olmayan, akıcı, balçık türü, üzerine gerekli sağlamlaştırmalar yapılarak belli bir dayanım kazandırıldıktan sonra yapı yapılabilen zeminlerdir. Basınç dayanımı 0,2-0,8 kgf/cm^2 arasında değişir.

Kazı Güçlüğüne Göre Zeminler

Zeminler kazı güçlüğüne göre dörde ayrılır (Görsel 8.1).

Toprak Zeminler: Yumuşak toprak ve sert toprak olmak üzere ikiye ayrılır.

a) **Yumuşak Toprak:** Bel küreği ve kürekle kazılabilen gevşek toprak, bitkisel toprak, gevşek kum vb. zeminlerdir.

b) **Sert Toprak:** Kazmanın yassı ve ara sıra sivri ucu ile kazılan, toprak, kumlu kil, gevşek kil, killi kum, çakıllı, kürekle atılabilen taşlı toprak gibi zeminlerdir.

Küskülük Zeminler: Yumuşak ve sert küskülük olmak üzere ikiye ayrılır.

a) **Yumuşak Küskülük:** Kazmanın sivri ucu ve ara sıra küskü, kama ve tokmak ile kazılan toprak, sert kil, yumuşak marn, sıkışık, gravye, parçalanıp el ile atılabilen 0,100 m³e kadar büyüklükteki her cins blok taşlar, kazı güçlüğü benzerliğinden dolayı, çamur gibi zeminlerdir.

b) **Sert Küskülük:** Kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak ve kırıcı tabanca ile kazılan çürük-çatlamış kaya, çürük-yumuşak gravye, şist, taşlanmış marn, taşlanmış kil, 0,100-0,400 m³ büyüklükte, parçalanıp el ile atılabilen her cins blok taşlar gibi zeminlerdir.

Kaya Zeminler: Yumuşak kaya, sert kaya ve çok sert kaya olmak üzere üçe ayrılır.

a) **Yumuşak Kaya:** Küskü, kırıcı tabanca veya patlayıcı madde kullanılarak kazılan tabaklaşmış (kalker, marnlı kalker, şist, gre, gevşek konglomera, alçı taşı, volkanik tüfler bazalt tüfleri hariç) 0,400 m^3ten büyük aynı cins blok taşlar gibi zeminlerdir.

b) **Sert Kaya:** Patlayıcı madde kullanılarak atılan, kırıcı tabanca ile parçalanıp sökülen kalın tabaka ve kitle hâlinde sert gre, kesif kalker, andezit, trakit, serpantin, betonlaşmış konglomera, bazalt tüfleri, mermer, 0,400 m^3ten büyük aynı cins blok tatlar ve benzeri zeminlerdir.

c) **Çok Sert Kaya:** Fazla miktarda patlayıcı madde kullanarak atılan, kırıcı tabanca ile parçalanıp sökülen, granit ve benzeri, bazalt, porfir, kuvarsit 0,400 m^3ten büyük aynı cins blok taş ve benzer zeminlerdir.

Bataklık ve Balçık Zeminler: Su muhtevası yüksek olan ve bu suyu kolay bırakmayan, genellikle yapışkan nitelikteki zeminlerdir.



Toprak zemin



Küskülük zemin



Kaya zemin



Bataklık ve balçık zemin

Görsel 8.1: Kazı güçlüğüne göre zeminler

Yapılanma Şekillerine Göre Zeminler

Zeminler yapılanma şekillerine göre üçe ayrılır.

Kaba Daneli veya Kohezyonsuz Zeminler: 200 No.lu (0,075 mm) elekten geçen yüzde <%50 ise zemin kaba daneli zemin olarak adlandırılır.

İnce Daneli veya Kohezyonlu Zeminler: 200 No.lu (0,075 mm) elekten geçen yüzde > %50 ise zemin ince daneli zemin olarak adlandırılır.

Organik Zeminler (Turba): Kısmen ayrışmış bitki kalıntılarının sulu alanlarda birikmesiyle oluşmuş yüksek organik madde içeriğine sahip zeminlerdir.

Dane Boyutlarına Göre Zeminler

Dane boyutuna göre değişik sınıflandırmalar yapılmakta olup bunlar içinde en pratik ve akılda tutulması kolay olan **MIT** sınıflamasıdır. Bu sınıflamaya göre zeminler dane boyutlarına göre altıya ayrılır.

Blok Zeminler: Dane boyutu 200 mm'den daha büyük zeminlerdir.

Kaya (Taş) Zeminler: Dane boyutu 60-200 mm arasında olan zeminlerdir.

Çakıl Zeminler: Dane boyutu 60-2 mm arasında olan zeminlerdir. Çakıl zeminler kendi arasında üçe ayrılır.

a) **İri Çakıl Zeminler:** Dane boyutu 60-20 mm arasında olan zeminlerdir.
b) **Orta Çakıl Zeminler:** Dane boyutu 20-6 mm arasında olan zeminlerdir.
c) **İnce Çakıl Zeminler:** Dane boyutu 6-2 mm arasında olan zeminlerdir.

Kum Zeminler: Dane boyutu 2-0,06 mm arasında olan zeminlerdir. Kum zeminler kendi arasında üçe ayrılır.

a) **İri Kum Zeminler:** Dane boyutu 2-0,6 mm arasındaki zeminlerdir.
b) **Orta Kum Zeminler:** Dane boyutu 0,6-0,2 mm arasındaki zeminlerdir.
c) **İnce Kum Zeminler:** Dane boyutu 0,2-0,06 mm arasındaki zeminlerdir.

Silt Zeminler: Dane boyutu 0,06-0,002 mm arasında olan zeminlerdir. Silt zeminler kendi arasında üçe ayrılır.

a) **İri Silt Zeminler:** Dane boyutu 0,06-0,02 mm arasındaki zeminlerdir.
b) **Orta Silt Zeminler:** Dane boyutu 0,02-0,006 mm arasındaki zeminlerdir.
c) **İnce Silt Zeminler:** Dane boyutu 0,006-0,002 mm arasındaki zeminlerdir.

Kil Zeminler: Dane boyutu 0,002 mm'den daha küçük boyutlu zeminlerdir. Killerin en küçük boyutlu olanlarına (dane boyutu 0,0002 mm'den daha küçük) **kil kolloidleri** denir.

Oluşumlarına Göre Zeminler

Zeminler oluşumlarına göre üçe ayrılır.

Laterit: Özellikle yağışların bol olduğu iklimlerde yıkanma ve ısı farklılıklarından dolayı ufalanma sonucunda kayalardan geriye erimeyen alüminyum ve demir oksit kütleleri kalır. Bu kütlelerden oluşan zeminlere **laterit** denir. Laterit topraklar, genellikle kırmızımsı-kahverengi renkte olup oldukça asidiktir.

Till: Buz devrinde oluşmuş, hâlen inşaat mühendisliği için önemli kabul edilen ve kum-çakıl-kil karışımından oluşan zeminlere **till** denir.

Lös: Buzul dönemlerde rüzgâr tarafından taşınan ince kum, mil gibi malzemelerin sürüklenmesiyle oluşan zeminlere **lös** denir.

Duyu Organlarımızla Değerlendirilen Zeminler

Arazide pratik tecrübelerle zemin çeşidi hakkında fikir edinmek mümkün olabilir. Bir zeminin tanınmasında görünüşleri ve dokunmada verdikleri duyu yardımcı olabilir. Bir zeminin kuru veya ıslak olarak elde şekillendirilmesi ve parmaklar arasında sıkılması, arazide zeminin yapısını saptamada bir yöntemdir.

Kum: Bu tip zeminler parmaklar arasında ezilebilir, daneleri ayrıktır ve gözle görülebilir. Kuruyken, elle sıkılıp bırakılırsa hemen bölünür ve parçalanır. Islak iken sıkılırsa kalıplı bir biçim alır. Bırakılırsa bile şeklini korur ancak dokunulduğu zaman bölünür.

Silt: Islak bir silt parçasına el içinde yatay olarak sarsma uygulanırsa bünyesindeki su yüzeye çıkar, parmakla bastırıldığında su kaybolur.

Lem: Değişik boyuttaki kum, silt ve kilin karışımıdır. Kuru iken kolayca bölünür. Kuruyken elde sıkıldığında kalıplanmış gibi biçimlenir ve özenle dokunulunca bölünmez. Islakken elde sıkıldığında yine kalıplanmış gibi şekillenir ve rahatça dokunulabilir bölünmez.

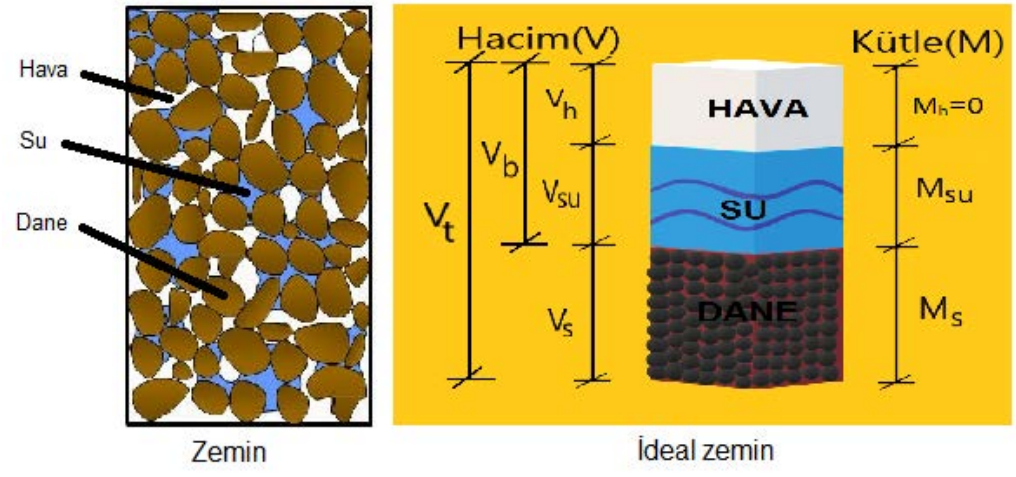
Siltli Lem: İnce gradasyondaki kumu orta oranda, kili az ölçüde, silt danelerini de çok oranda içerir. Bünyesindeki su yüzeye çıkar, parmakla bastırıldığında su kaybolur. Kuru iken topak hâlindedir. Ancak kolayca ufalanıp toz hâline getirilebilir. Zemin elde yumuşak ve unumsu bir duyum verir. Yaş veya kuru siltli leme kırılmadan dokunulabilir.

Kil: İnce daneli yapıdadır. Kuru durumda iken sert bir yapı gösterir. Çok parça ve topaklar hâlinde kırılabilir. Islak durumda iken yağlı ve kaygan bir durum gösterir, parmaklara yapışır. Islak hâldeyken sıkılınca parmaklar arasında uzun süre şerit hâlinde kalır.

Organik Zemin: Kaba, koyu renkli, lifli dokusu ve çürümüş bitki kokusu ile tanınır. Zemin ıslatıldığında bu koku artar.

8.1.2. Yapı Zemin Özellikleri

Zeminler en genel hâlde daneler, daneler arasındaki boşlukları dolduran su ve hava olmak üzere üç fazdan oluşur (Görsel 8.2).



Görsel 8.2: Zeminleri oluşturan fazlar

V_h= Havanın hacmi
V_{su}= Suyun hacmi
V_s= Dane hacmi
V_b= Boşluk hacmi
V_t= Toplam hacim

M_h= Havanın ağırlığı
M_{su}= Suyun ağırlığı
M_s= Danelerin ağırlığı

Bir zeminde üç fazın tamamı aynı anda bulunmayabilir. Daneler ve daneler arasında bulunan boşluklarda hava ve su bulunuyorsa bu zemine **yaş zemin** denir. Daneler ve daneler arası boşluklarda sadece su bulunan zeminlere **doygun zemin** denir. Daneler ve daneler arası boşluklarda sadece hava bulunan zeminlere **kuru zemin** denir.

Standart sistemlere göre zeminlerin sınıflandırmasını sağlayan ve mühendislik özellikleri hakkında bazı önemli ipuçları veren özelliklere **zeminlerin endeks özellikleri** denir. Zeminlerin endeks özellikleri şunlardır:

Su Muhtevası (İçeriği) (w): Doğal zeminlerde daneler arası boşluklarda bulunan su durumunu gösterir. Su ağırlığının dane ağırlığına oranıdır.

Boşluk Oranı (e): Boşluk oranı zeminin boşluk durumunu gösterir. Boşluk oranı, boşluk hacminin (hava ve su hacminin) dane hacmine oranıdır. Birimsizdir. Genellikle yüzde olarak ifade edilir.

Porozite (n): Zeminin boşluklu durumunu gösterir. Boşluk hacminin toplam hacme oranıdır. Birimsizdir. Genellikle yüzde olarak ifade edilir.

Doygunluk Yüzdesi (Sr): Zemin içindeki boşlukların ne oranda su ile dolu olduğunu gösterir. Doygunluk yüzdesi, su hacminin boşluk hacmine oranıdır. Yüzde olarak ifade edilir. Birimsizdir.

Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γn): Doğal zeminlerde toplam ağırlığın toplam hacme oranıdır.

Kuru Birim Hacim Ağırlık (γk): Doğal ve kuru zeminlerde dane ağırlığının toplam hacme oranıdır.

Doygun Birim Hacim Ağırlık (γd): Doygun zeminlerde toplam ağırlığın toplam hacme oranıdır.

Dane Birim Hacim Ağırlık (γs): Dane ağırlığının dane hacmine oranıdır.

Hava İçeriği: Zemindeki hava boşluğu durumunu gösterir. Hava içeriği, zemindeki hava hacminin tüm hacme oranıdır. Yüzde olarak ifade edilir. Birimsizdir.

8.1.3. Yapı Zemini İnceleme Metotları

Bir alanın altındaki arsanın derinliğine incelenmesine, **zemin incelemesi (geoteknik inceleme, geoteknik etüt)** denir. Bir alanın herhangi bir inşaat işi için uygunluğunu belirlemek, inşaatı güvenli ve ekonomik olarak projelendirmek ve uygulamak için zemin incelemesi gerekir.

Temel, yapının ayakları ve inşa edilen ilk elemanıdır. Bir yapı, bütün yükünü temele aktarır. Temel de üzerine gelen yapı yükünü zemine iletir. Temel, yapının tüm yükünü zemine yaymak durumundadır. Temelin şekli zeminin durumu, cinsi, özelliği, taşıma gücü ve yapısına göre seçilir. Bu bakımdan bir yapının planını hazırlama ve statik özelliklerini tespit ederek hesaplarını yapmadan önce yapı yerinin temel zemini ve yer altı suyu durumu incelenir. Bu işlerin ihmal edilmesi sonradan düzeltilemeyecek zararlara sebep olur.

Zemin ve temel etütlerinin amacı; ekonomik ve güvenli bir yapı inşa edebilmek, zemin yapısından kaynaklanacak herhangi bir potansiyel hasarı ve / veya tehlikeyi de önceden tespit edebilmek adına yeterli miktarda güvenilir bilgi toplamaktır.

Yapı Zeminlerinin İncelenme Sebepleri

- Yapı zemininin taşıma gücünü hesaplamak
- Zeminde meydana gelebilecek oturma miktarını bulmak
- Yer altı suyu durumunu incelemek
- Yer altı suyundan dolayı zemin tabakalarında ayrışma ve erime olup olmadığını tespit etmek
- Yer altı suyunun yapı malzemesine zararlı tesirlerinin olup olmadığını incelemek ve tespit etmek
- Zemin tabakalarının kalınlık, cins ve derinliklerinin belirlenmesi
- Zeminin kayma mukavemeti ve donma derecelerini tespit etmek
- Zemindeki betona zarar verebilecek kimyasal ve organik madde durumunu belirlemek

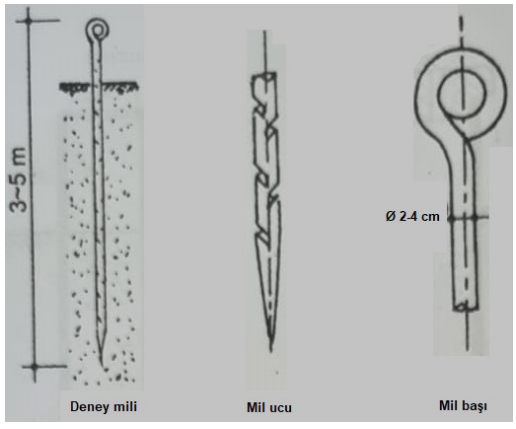
Bu işlemlerin sonucuna göre zemin hakkında karara varılır ve yapı temelinin şekli seçilir.

UYARI: Zemin incelemesinin tutarı, inşaat işinin toplam maliyetinin %0,1-%2'si arasında değişebilir. Böyle bir maliyetten kaçmak gerek inşaat sırasında gerekse inşaat bittikten sonra bazı üzücü durumların ortaya çıkmasına neden olabilir. Zemin incelemesinin sonunda uygun temel sistemi seçilir, hesaplanır ve yapı inşa edilir.

Zemin inceleme yöntemleri; klasik zemin inceleme yöntemleri ve jeofizik zemin inceleme yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır. Bu yöntemlerin de kendi içerisinde farklı uygulama metotları vardır (Tablo 8.1).

Tablo 8.1: Yapı Zemini İnceleme Metotları

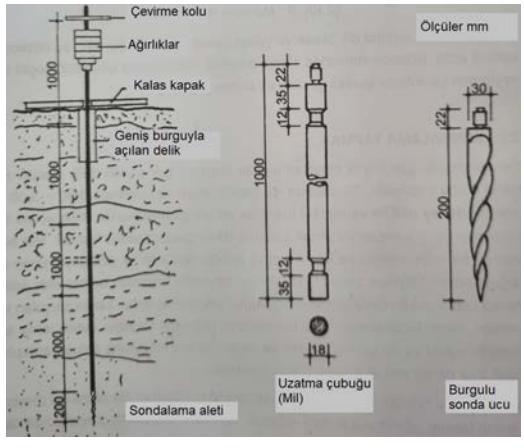
YAPI ZEMİNİ İNCELEME METOTLARI	
Klasik Zemin İnceleme Metotları	**Jeofizik Zemin İnceleme Metotları**
1. Sorgulama yapma	1. Manyetik
2. Muayene çukurları açma	2. Gravimetrik
3. Sondaj yapma	3. Nükleer
4. Sondalama yapma	4. Jeotermik
5. Sondaj kazığı kullanma	5. Sismik
6. Kuyu yıkama yöntemi	6. Elektrik Rezistiviti (direnç)



Görsel 8.3: Deney mili

Sondalama Yapma: Bu yöntem ile çok büyük olmayan arsalar üzerinde çok sayıda delik açarak zemin etüdü yapılabilir. Kayalık olmayan zeminlerde uygulanır. Bu yöntemle alınan zemin numuneleri örselenmiş numunelerdir. Sondalama işi, küçük alanlar üzerinde çapı 2-4 cm, uzunluğu 300-500 cm olan deney mili ile yapılır. Deney mili yan kenarlarında kertik şeklinde cepler vardır. Mil ucu sivri, mil başı küt veya halka şeklindedir (Görsel 8.3).

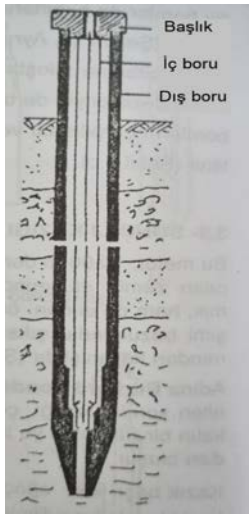
Yukarıdan darbe yapılarak deney milinin ucuna takılan sivri uç zemine çakılır. Her beş vuruşta bir milin zemine batma miktarları ölçülüp bir grafiğe işlenir. Buna göre zeminin tabakalarının sertliği hakkında bilgi edinilir. Ayrıca zemine çakılan deney mili, çekilerek yukarı çıkartılır.



Görsel 8.4: Sondalama aleti ve parçaları

Milin üzerindeki ceplere dolan zemin parçaları ve renkleri incelenerek zemin tabakalarının cinsi hakkında fikir edinilir.

Örneğin mil temizse zeminin kumlu ya da çakıllı, sarımsı ya da gri renkli ise zeminin killi bir tabaka olduğu anlaşılır. Daha iyi bir sondalama işlemi için sondalama aleti (Görsel 8.4) kullanılır. Sondalama aletinde mil üzerine yapılan basınç, ağırlıklarla kontrol edilebilir. Mil kısmı eklenebilir parçalar hâlindedir ve burgulu uç ile zemine daha kolay sokulabilir.



Görsel 8.5:Burkhardt sondaj kazığı

Sondaj Kazığı Kullanma: Bu metot, 10 m derinliğe kadar yapılan zemin etütlerinde uygulanan ve zeminden örselenmemiş numune almak için kullanılan bir yöntemdir. Ekonomiktir ve çıkarılan numunelerin özellikleri bozulmaz. Adına **burkhardt sondaj kazığı** (Görsel 8.5) denen sondaj kazığı, çelikten yapılmış kalın bir **dış boru** ve ince bir **iç borudan** oluşur. Kazık başı, sert ağaçtan yapılmış bir başlıkla takviye edilmiştir. Kazık, zemine dik olarak ve şahmerdanla çakılırken zemin örneği de iç boruya yapısı bozulmadan dolar. Çakma anında açık olan kazık ucu, kazığın yukarı çekilmesiyle kapanır. Böylece zemin örneği de bozulmadan alınmış olur. Sondajlar sonunda alınan zemin numuneleri, doğal nemini kaybetmemesi için hemen parafinle kaplanarak paketlenir. Kutulara konup, numaralandırılarak laboratuvara gönderilir ve laboratuvarda deneyleri yapılır.

Kuyu Yıkama Yöntemi: Belirli bir çapta metal bir boru çakılmak suretiyle veya vibrasyonla zemine sürülür ve metal boru içerisindeki zemin su ile yıkanarak yüzeye çıkarılır. Böylece istenen derinliğe kadar bir taraftan zemin yıkanarak boşaltılırken bir taraftan metal boru zemine penetre (nüfuz, yerleştirme) edilir.

Bu yöntemle örselenmemiş numune alınması mümkün olsa da su içeriği tayini ve zemin sınıflaması yapılamamaktadır. Bu yöntemin bir diğer dezavantajı da çok miktarda suya gereksinim duyulması ve çok sert kayalık zeminlerde uygulanamamasıdır.

UYARI: Klasik zemin inceleme metotları dışında önemli ve büyük yapılarda veya daha derinlerdeki zemin tabakalarının durumlarını ve bazı özelliklerini öğrenmek amacıyla jeofizik zemin inceleme metotları uygulanır. Özellikle maden, petrol gibi yer altı zenginliklerinin araştırılması amacıyla uygulanan bu metotlar, özel teknoloji ve uzmanlık gerektiren uygulamalardır.

8.1.4. Sorgulama ve Sondaj Yöntemi

Sorgulama Yapma: Yapı alanı gezilerek zemin hakkında çevre, topografik yapı, dane şekli, görünüm, komşu arsalar, mevcut yollar, heyelan durumu gibi bilgiler toplanır. Bina yapılacak yerin bitişiğinde veya yakınında yapılmış binaların sahipleri veya yapımcılarıyla konuşarak bu bilgiler elde edilir. Yapı alanı çevresinde bulunan değişik zamanlarda yapılmış, farklı büyüklükteki yapılar incelenir. Fiziki yapıları, yıpranmışlıkları varsa bina yakınındaki çökme ve kaymalar gözlemlenir. Bu yapıları kullananlar ya da yerel yönetimlerden binalarla ilgili projeler, deney sonuçları, hesap ve çizimler alınarak incelenir. Böylece zeminle ilgili ön bilgiler edinilir. Bu bilgiler yeterli düzeyde ise yapılacak binanın hesabı bu bilgilere göre yapılır. Bu yöntem çok güvenilir bir yöntem değildir.

Sondaj Yapma: Yer altı hakkında bilgi elde etmek ve yer altında bulunan doğal kaynakları arayıp bulmak ve yeryüzüne çıkarmak için yüzeyden yer altına doğru aletlerle delik açma ya da kazma işlemine **sondaj** denir. Sondaj, derinlerde yapılan bir zemin inceleme yöntemidir. Amaç, istenen derinlikteki zemin parçasını örselemeden çıkartmak ve alt tabakalar hakkında bilgi sahibi olmaktır.

8.1.5. Zemin Araştırma Noktalarının Belirlenmesi

Araziye tüm yapı alanının genel yapısını tanımlayacak sayıda araştırma çukuru açılmalıdır. Önemli yapılar ve mühendislik problemlerinin beklendiği durumlarda daha ayrıntılı bilgi için çukurlar düzenli aralıklarda açılmalıdır. Araştırma noktalarının yerleri arazide belirtilmelidir. Küçük yapı alanlarında en az üç noktadan çukur açılmalıdır. Binalarda 10-30 metre aralıklarla baraj , tünel, yol gibi önemli yapılar için aralıklar mümkün olduğu kadar sık tutulmalıdır. Yollarda eksen üzerinde 250-500 metre, yerleşim bölgelerinde 300-400 metrelik aralıklar yeterli olmaktadır.

8.1.6. Sondaj Yöntemine Göre Yapı Zemini Sorgulama

Çok derinlerdeki zemin parçalarını örselemeden çıkartmak ve alt tabakalar hakkında bilgi sahibi olmak için yapılır.

Şu durumlarda zemin etüdü için sondaj yöntemini kullanmak gerekir:

- Çok büyük boyutlu yapılarda
- Yapımı için ileri teknoloji gerektiren yapılarda
- Deprem bölgelerinde
- Nehir yatakları ve dolgu zeminlerde
- Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde
- Değişken ve tabakalı yapı gösteren zeminlerde

Sondaj Yapmanın Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları: Hızlı çalışılabilir, her yerde uygulanabilir, ekonomiktir.

Dezavantajları: Numune tabakaları birbirine karışabilir. Kaya zeminlerde uygulamak zordur. Zemin görülmeden çalışılır.

Sondajların Sınıflandırılması: Sondajlar; kuyu çapı, derinliği, sondajın yeri, amacı ve yöntemlerine göre sondajlar olmak üzere 5 (beş) şekilde sınıflandırılır.

Kuyu Çapına Göre Sınıflandırma

● Dar çaplı sondajlar	<6 inch	<15,24 cm
● Geniş çaplı sondajlar	6-24 inch	15,24 cm-60,96 cm
● Çok geniş çaplı sondajlar	>24 inch	>60,96 cm

Derinliğine Göre Sınıflandırma

● Sığ sondajlar	<1000 m	maden ve su sondajları
● Derin sondajlar	1000 m-4000 m	doğal gaz ve petrol sondajları
● Çok derin sondajlar	4000 m-6000 m	doğal gaz üretim sondajları
● Ultra derin sondajlar	>6000 m	bilimsel amaçlı yapılan sondajlar

Sondaj Yerine Göre Sınıflandırma

- Yer üstünde yapılmakta olan sondajlar
- Galeri ve tünel sistemi oluşturularak yapılan sondajlar
- Sığ ve açık sularda yapılan sondajlar

Amacına Göre Sınıflandırma

Bu tür sondajlar da kendi arasında ikiye ayrılır.

a) Yapılış amaçlarına göre sondajlar; yardımcı sondajlar ile arama, geliştirme ve üretim sondajları olarak yapılmaktadır.

b) Aranan maddenin türüne göre yapılan sondajlarsa enerji amaçlı ve jeotermal sondajlar ile enjeksiyon, su, petrol ve temel sondajları şeklinde kısımlara ayrılmaktadır.

Yöntemlerine Göre Sınıflandırma

- Döner (rotary) sondaj
- Döner darbeli sondaj
- Kombine (bileşik) sondaj

UYARI: Sondaj yaparken hangi metot kullanılırsa kullanılsın zemin derinliklerinden numunelerin bozulmadan alınmasına dikkat edilmelidir. Aksi hâlde yeterli ve tatmin edici bilgi alınamaz.

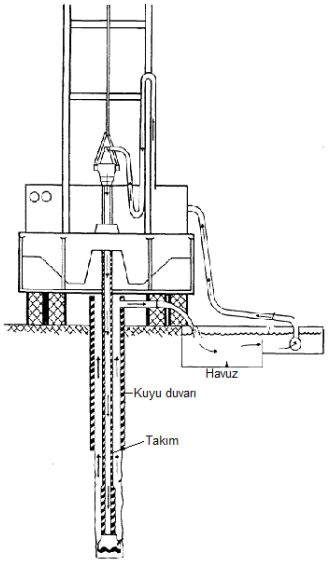
Döner (Rotary) Sondaj: Kendi ekseni etrafında dönerek üzerinde döndüğü yapıyı kesen, koparan veya öğüten, döner deliciler aracılığıyla yapılan silindirik biçimli kazı işlemine **döner (rotary) sondaj** denir.

Döner sondaj sayesinde sert ve kayalık tabakalar, delici uçların kendi etrafında dönmesi ile daha kolay bir şekilde parçalanmakta ve yer altı kaynağına daha hızlı bir şekilde ulaşılmaktadır. Döner sondaj yöntemi, kolay ve normal delinebilen zeminlerin delinmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntemde dönme ile koparma işlemi egemen olup ilerleme baskı ve tork aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu sistemde süreklilik vardır. Başka bir deyişle kayacın parçalanması ve kesintilerin yukarıya taşınması sondaja ara vermeden yapılmaktadır.

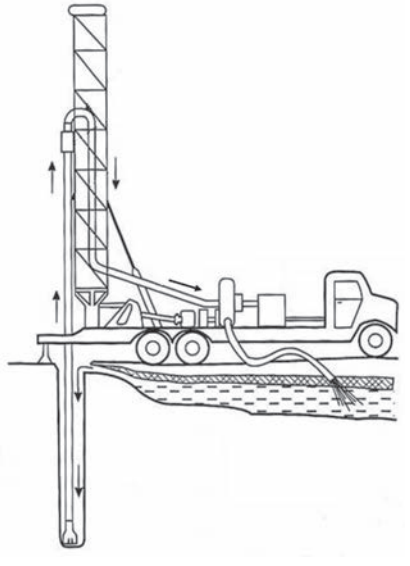
Döner sondaj yöntemi, sondaj sıvısının dolaşım şekline göre **düz dolaşımlı döner sondaj** ve **ters dolaşımlı döner sondaj yöntemi** olmak üzere ikiye ayrılır.

Düz Dolaşımlı Döner Sondaj Yöntemi: Bu yöntemde sondaj sıvısı olarak genellikle çamur kullanılmaktadır. Pompa ile havuzdan alınan sıvı takım içerisinden geçerek kuyu duvarı ile takım arasındaki boşluktan yükselir ve kuyu dışarısına çıktıktan sonra kanallar aracılığı ile tekrar havuza gönderilir (Görsel 8.6).

Ters Dolaşımlı Döner Sondaj Yöntemi: Bu yöntemde sondaj sıvısı olarak genellikle çamur kullanılmaktadır. Havuzdaki çamur, yer eçekimi ve kanallar vasıtasıyla kuyu ağzına gelir. Takım ve kuyu duvarı arasından kuyu tabanına kadar iner ve kuyuyu doldurduktan sonra matkap deliklerinden takım içerisine girer. Takım içerisine giren çamur bir pompa aracılığı ile emilerek tekrar havuza boşaltılır (Görsel 8.7).



Görsel 8.6: Düz dolaşımlı döner sondaj yöntemi



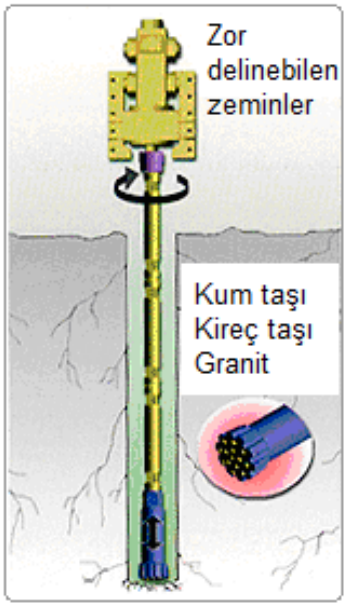
Görsel 8.7: Ters dolaşımlı döner sondaj yöntemi

Döner sondaj yöntemi, zeminin dışarı çıkarılması çeşidine göre **hava sirkülasyonlu** ve **çamur sirkülasyonlu** olmak üzere ikiye ayrılır. Uygulanacak sondaj teknikleri toprak ve kayanın yapısına göre farklılıklar göstermektedir. Kayalık ve sert zeminlerde uygulanacak sondaj tekniği ile yumuşak zeminlerde uygulanacak sondaj tekniği aynı olmaz. Kayalık alanlarda hava sirkülasyonlu sondaj tekniği kullanılırken yumuşak kendini tutamayan alanlarda ise çamurlu sondaj tekniği uygulanır.

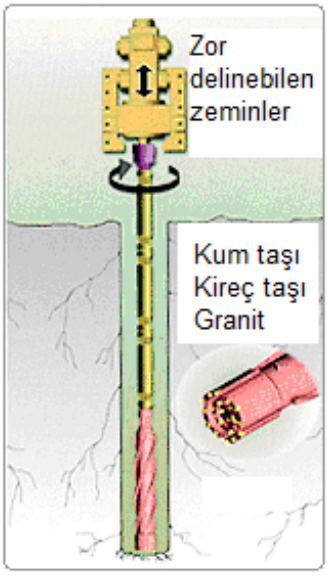
Bazı kuyular açılırken toprak yapısından kaynaklı olarak hem çamurlu sondaj tekniği hem de hava sirkülasyonlu sondaj tekniği uygulanabilmektedir.

Sondaj yöntemleri içerisinde en gelişmiş olanı ve en çok uygulanan yöntem döner (rotary) sondajdır.

Döner Darbeli Sondaj: Darbe ve baskı (yük) altında ve düşük hızda dönen bir matkabın dişleri ile zemini parçalaması sonucunda zemin kırıntılarının hava aracılığıyla kuyu dışarısına atılması işlemidir. Bu yöntemle 150-300 mm çaplı ve 60 m derinliğe kadar araştırma çukuru açılması mümkündür. Kuru, kohezyonsuz ve yer altı su seviyesinin durumuna göre değişik delme uçları kullanılabilir. Örselenmiş zeminler için uygundur. Döner-darbeli sondaj yöntemi genellikle zor, çok zor ve aşırı zor delinebilen zeminlerin delinmesinde kullanılmaktadır.



Görsel 8.8: Kuyu dibi çekiciyle darbeli sondaj

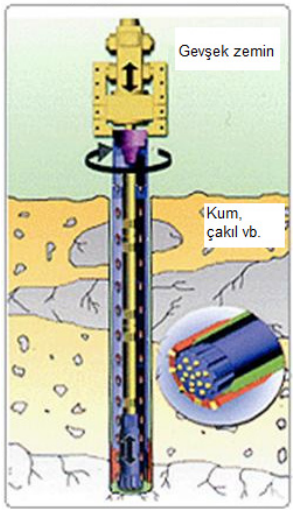


Görsel 8.9: Yerüstü çekiciyle darbeli sondaj

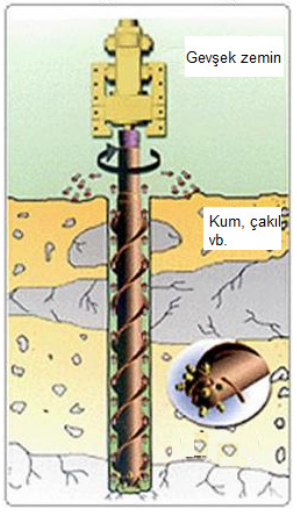
Bu yöntemde darbe ile parçalama işlemi egemen olup ilerleme darbe ve dönme aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu yönteme havalı sondaj yöntemi de denmektedir. Döner-darbeli sondaj yöntemi derin ve çok derin sondajlarda uygulanmaz.

Döner-darbeli sondaj yöntemi, darbenin matkaba iletilme şekline göre kuyu dibi (Görsel 8.8) ve yer üstü çekiçli (Görsel 8.9) olmak üzere ikiye ayrılır.

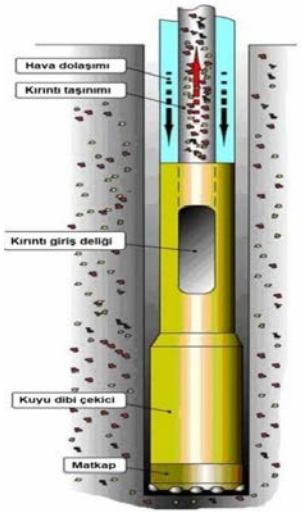
Değişik zeminlerde yaşanan sondaj güçlüklerini önlemek, her tür zemini güvenli bir şekilde delebilmek ve örnek alınabilmesini sağlamak amacıyla koruma borusu eşliğinde (Görsel 8.10), burgulu sondaj (Görsel 8.11) ve ters dolaşımlı kuyu dibi çekici (Görsel 8.12) gibi özel yöntemler de vardır.



Görsel 8.10: Koruma borusu eşliğinde sondaj



Görsel 8.11: Burgulu sondaj



Görsel 8.12: Ters dolaşımlı kuyu dibi çekici ile sondaj

Darbeli sondajlarda kullanılan bütün araç gereç ülkemizde imal edildiğinden bir avantaj olarak görülebilir. Akaryakıt dışında başkaca bir tüketim maddesi gerektirmediği ve malzemelerinin dayanıklı olması sebebiyle kullanım ömrü hayli uzundur.

Döner sondaj çalışmalarında çok bol miktarda kullanılması gereken suyun darbeli sondajlarda oldukça az kullanılması sebebiyle ekonomik bir seçim olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca darbeli sondajların başka bir özelliği de örnekleri gecikme ve karışma olmadan alabilmeye olanak sağlamasıdır. Döner sondaja göre bir hayli yavaş olması, yüksek emek ve efor sarf edilmesi de bazı dezavantajları olarak değerlendirilebilir.

Kombine (Bileşik) Sondaj: En gelişmiş yöntem ise bileşik başka bir deyişle kombine sistemdir. Bu sistemde delinen jeolojik formasyonun özellikleri hangisini gerektiriyorsa o yöntem kullanılmakta ve sondajın değişik kısımları farklı yöntemle açılarak sondaj tamamlanmaktadır.

Yapı zemininin özelliğine göre sondaj sayısı, sondaj yerleri ve sondaj derinlikleri değişiklik gösterir.

Sondaj Sayısı: Bir temel için belirli sayıda sondaj ve belirli bölgeler tespit etmek mümkün değildir. Yeterli sondaj çukuru yoksa zemin profili ve özellikleri yeterince belirlenemez. Çok fazla sondaj çukuru bütçeyi arttırır. Ancak her zemin için birden çok sondaj yapmak gereklidir. Temel taban alanı 300 m²den az olan ve tek bloktan oluşan yapılarda en az üç adet sondaj yapılmalıdır. Taban alanının her 300 m² artışında bir sondaj ilave edilmelidir. Bu durum BYS'nin üçten büyük (BYS>3) olduğu (BYS=Bina Yükseklik Sınıfı) binalar için geçerlidir. Başka bir ifadeyle DTS=1 ve DTS=2 lerde (nispeten deprem tehlikesi büyük) (DTS= Deprem tasarım sınıfı) 42 metre yükseklikliğe kadar (yaklaşık 13,14 kat) ve DTS3, DTS=4 lerde (nispeten deprem tehlikesi az) 56 metre yükseklikliye kadar (yaklaşık 17, 18 kat) binalarda her 300 m² için bir adet sondaj şartı geçerlidir. BYS3'e eşit veya daha düşükse (BYS≤3), binalar DTS=1 ve DTS=2'ye giriyorsa ve 43 m'den yüksekse ya da DTS=3 ve DTS=4 e giriyorsa ve 56 metreden yüksekse her halükârda hiçbir şeye bakılmadan sondaj sayısının en az üç olması gerekir.

Site tipi çoklu blokların bulunduğu sahalarda blokların temel tabanının bulunduğu alanlarda zemin birimlerini tarifleyecek ve sahayı tarayacak şekilde sondaj adedi belirlenebilir. Taban alanı 1000 m²yi geçen binalarda birer adet bina köşelerinde ve bir adet ortada olmak üzere en az beş adt sondaj yapılmalıdır. Sondajlardan alınan örnekler aynı özelliği gösteriyorsa ilave sondaj yapmaya gerek yoktur. Özellikler farklı ise sondaj sayısı arttırılır.

Sondaj Yerleri: Topografik (yüzey şekli) ve jeomorfolojik (yapısal) koşullar özel yerlere işaret etmiyorsa sondaj yerleri yapı planının köşelerine ve ortasına gelecek şekilde seçilebilir. Geniş alanlarda yapı tip ve yerleri belirli ise yapı yerleşimine uygun olarak sahayı tarayacak şekilde sondaj noktaları seçilebilir. Yerleşimi belirsiz proje sahalarında bir karelaj (grid) üzerinden sondaj yerleri planlanabilir.

Dilatasyonla ayrılmış binalarda her blok altına en az bir adet sondaj gelecek şekilde planlama yapılmalıdır. Sondajlardan en az üçü, planda üçgen oluşturacak şekilde ve üç zemin kesiti tanımı yapılabilecek şekilde seçilmelidir. Şev duraysızlığı potansiyeli olan eğimli arazilerde sondaj yerleri yamaç duraylılık (stabilite) analizine veri sağlayacak hatlar boyunca planlanmalı, yapı alanı dışında da sondaj yerleri seçilmelidir.

Genel olarak sondajlar arası mesafenin çok katlı yapılarda 10-30 m, tek katlı endüstri yapılarında 20-60 m, baraj ve su yapılarında 40-80 m, dolgu alanlarında 30-120 m, karayollarında 250-500 m arasında olması uygun olarak karşılanmaktadır.

Sondaj Derinlikleri: Sondajın derinliğini de belirli bir rakama bağlamak doğru değildir. Bir alan altında zemin yüzeyinden itibaren ne kadarlık bir derinliğin inceleneceği birçok etmene bağlı olarak belirlenerek yer ve duruma göre derinlik seçilir. Yapı yüklerinden dolayı zeminde meydana gelen oturma ve taşıma gücü problemlerinin büyük kısmının meydana geldiği derinliğe **anlamlı derinlik** denir. Sondaj derinliği, anlamlı derinliğe kadar inmelidir. Anlamlı derinlik altında kalan olaylar ihmal edilebilir ve kabul edilebilir. Özellikle oturmaya müsait zeminlerde derinlerden numune alma, alt tabakayı tanıma bakımından önemlidir. Sondaj derinliği, bina temelleri için temel tabanından başlayarak yapı genişliğinin en az 1,5 katı olmalıdır.

Yüksek dayanıma ve rijitliğe sahip bir tabakanın daha sığ derinliklerde rastlanması durumunda sondaj, bu tabaka içine en az üç metre girerek tabaka sürekliliğinin belirlenmesi ile sonlandırılabilir. Kazıklı temel uygulamasının gerekebileceği durumlarda sondaj derinliği kazık taşıma gücü ve oturma hesaplamalarını yapmaya olanak sağlayacak şekilde seçilmelidir. Sondajlar, şev duraylılığı çalışmalarında olası kayma yüzeyi derinliklerinin yeterince altına kadar derin kazılarda ise kazı tabanından kazı derinliğinin en az yarısı kadar derinliklere inmelidir. Deprem tasarım sınıfları DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olan bölgelerde yer altı suyu düzeyi temel tabanından itibaren 10 metre derinlikten daha yukarıda ve gevşek yerleşimli iri (kaba) daneli zeminlerin yer aldığı sahalarda sondaj derinliği zemin yüzeyinden itibaren en az 20 metre olmalıdır.

Bunların dışında yapının kat sayısına bağlı olarak da sondaj derinliği seçilebilir. Buna göre kat sayısı bir ise sondaj derinliğinin 3,5 m, kat sayısı iki ise sondaj derinliğinin 6 m, kat sayısı üç ise sondaj derinliğinin 10 m, kat sayısı dört ise sondaj derinliğinin 16 m, kat sayısı beş ise sondaj derinliğinin 24 m olması uygun olarak karşılanmaktadır.



Görsel 8.13: Sondaj uçları (matkap)

Bir sondaj sistemi; kayacın üzerine bastıran ve onu parçalayan **sondaj uçları (matkap)** (Görsel 8.13), bunları derinliklere indirecek **sondaj çubukları** (Görsel 8.14), dönme hareketi ve sondaj sıvısını sondaj ucuna (matkaba) iletmek üzere yer üstü ve altı arasında bağlantıyı sağlayan **sondaj boruları (tij)** (Görsel 8.15) olmak üzere üç ayrı parçadan meydana gelir.



Görsel 8.14: Sondaj çubukları



Görsel 8.15: Sondaj boruları (tij)

8.1.7. Derinliğine Göre Yapı Zemininin Genel Yapısını İnceleme

Araştırma derinliğinin belirlenmesinde şu hususlar dikkate alınır:

- Yeni yapının zemin ve yer altı suyunun seviyesinde yapacağı etkiler göz önünde bulundurulur. Aynı şekilde zemin ve yer altı suyunun seviyesinde olacak bir değişiklik mevcut yapıyı etkileyecekse bu etkinin derinliği araştırma derinliği olarak belirlenir.
- Tek (münferit) temel yapılacaksa araştırma derinliği en az temel genişliğinin 1,5 katı kadar alınmalıdır.
- Dolgu yapılmış zeminlerde araştırma derinliği, temel tabanı seviyesinden aşağıya doğru en az temel genişliğinin üç katı kadar alınmalıdır.

8.2. MUAYENE ÇUKURU

Zemin araştırmaları kapsamında yapı alanı zemininin incelenmesi maksadıyla zemin profilini görmek ve belli bir fikir edinmek için belli aralıklarla ve değişen derinliklerde kazılan çukurlara **muayene çukuru** (Görsel 8.16) denir. Muayene çukurları ile zemin araştırmaları kolay ve çabuk bir şekilde yapılabilir. Yer altı suyu olmayan veya az olan yerlerde uygulanır. Muayene çukurları, yüzeysel temelli ve az katlı yapıların inşa edileceği alanlarda yüzeye yakın kotlardaki zemin tabakasının derinlik, cins, kalınlık ve yer altı suyu durumlarını incelemek için açılır.

Muayene çukurları, yapı taban alanı 0-250 m^2ye kadar olan yerlerde iki adet ve sonraki her 250 m^2de bir adet artacak sayılarda açılır (Örneğin 501-750 m^2 arasındaki bir alanda dört adet muayene çukuru açılır.). Muayene çukurları yapı cins ve özelliklerine uygun olarak kademeli, dik ya da eğimli olarak açılır. Çukur içerisinde insan çalışması durumunda şevlerin güvenliği sağlanmalıdır. Muayene çukurları zeminin yatay ve düşeydeki durumlarının incelenmesine, zemin örneği alınmasına yerinde deney yapılmasına imkân verir. Çukur yan yüzeylerinden zemin tabakalaşması, tabaka kalınlıları, zemin cinsleri, zeminlerin durumu (sıkılık-gevşeklik veya sertlik-yumuşaklık) gözlenir ve arazi deneyleri ile ölçümlenir. Bu sistemle belli bir derinliğe kadar inilebilir çünkü açılan çukurun yanlarında çökmeler ve yıkılmalar olabilir. Muayene çukurlarından örselenmiş (D) veya örselenmemiş (UD) numune alınabilir. Gerekli inceleme, ölçüm ve deneyler yapıldıktan sonra sahayı terk etmeden önce muayene çukurları kapatılmalıdır.



Görsel 8.16: Muayene çukuru

Muayene Çukuru Açmanın Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları: Muayene yerine girmek ve gözle inceleme yapmak mümkündür. Zemin numuneleri birbirine karışmaz

Dezavantajları: Çukur açmak uzun zaman alır. Bazı durumlarda çukurdan su çıkartmak gerekebilir. Ekonomik değildir. Temel zemini gevşemiş olur.

8.2.1. Muayene Çukurları Açma Yöntemleri

Muayene çukurları sığ ve derin muayene çukurları olmak üzere iki çeşittir.

Sığ Muayene Çukurları

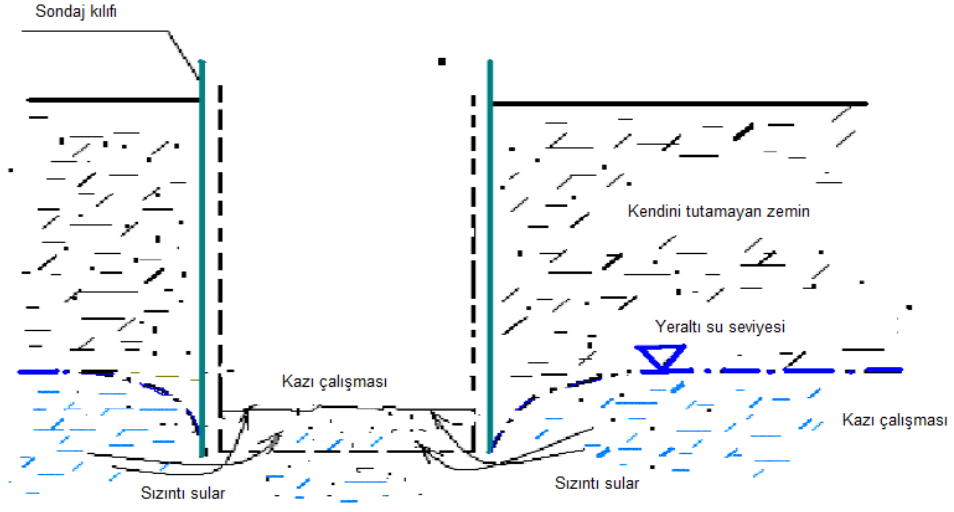
Zemin yüzeyine yakın sığ derinlikleri (maksimum 5 m derinliğe, 1,5-2 m genişliğe sahip) öğrenmek için yapı alanının çeşitli noktalarında açılır. Yer altı suyu olmayan veya az olan yerlerde uygulanır. Geçici olarak kendini tutabilen zeminlerde hızlı bir araştırma yapılabilir. Dik açılı muayene çukurlarında fazla derine inilemez çünkü çukurun yanları yıkılabilir. Zemin dik açılı kazı yapılmasına uygun olmayacak şekilde gevşekse kademeli ve eğimli çukurlar açılmalıdır (Görsel 8.17).



Görsel 8.17: Sığ muayene çukurları

Derin Muayene Çukurları

Göçmelere karşı duvarları desteklenmelidir. Yapılaşması eski olan zeminlerde tabandan yatay ilerleyerek galeriler açılıp daha geniş incelemeler yapılabilir. Kendini tutamayan zeminlerde geçici kılıf kullanılabilir. Araştırmalarda olabildiğince fazla zemin yüzeyinin görünmesi amaçlanır (Görsel 8.18).



Görsel 8.18: Derin muayene çukurları

8.2.2. Muayene Çukuru Açma

Muayene (araştırma) çukurları zeminin sertliğine göre iş makinesi, el aletleri veya mekanik aletlerle açılabilir.

Elle Muayene Çukuru Açma

Kazma, kürek veya çelik keskilerle kendini tutabilen, fazla sert olmayan zeminlerde 5 m derinliğe kadar muayene çukuru açılmasıdır. Akıcı, çürük, kayma tehlikesi bulunan zeminlerde uygulanması istenmez. Uygulanma zorunluluğu varsa ek önlemler almak gerekir.

Kazı Makineleriyle Muayene Çukuru Açma: Yer altı su seviyesinin etkili olduğu, yük altında fazla değişim gösteren, tabaka yapısı değişken ve önemli yapıların yapılacağı zeminlerde uygulanır. Kazı emniyeti bakımından önemli avantajları vardır. İstenen derinlikte kazı yapılması mümkündür.

8.3. ZEMİNDEN ÖRNEK NUMUNE ALIMI

Zeminin yapısını öğrenmek için başlıca iki yöntem vardır. Bunlardan birisi arazi deneyleri diğeri ise laboratuvar deneyleridir. Laboratuvar deneyleri için zemin numuneleri almak gerekir. Zeminlerin değişik özelliklerinin (dane yapısı, derecelenme, tabakalanma, geçirimlilik, şişme, çökme, sıkışma, sıvılaşma vb.) belirlenmesi amacı ile yapılacak laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere yeterli miktarda zemin numunesi alınır. Yer altı suyu, zeminin kazılabilme özelliği ve ekonomik güce bağlı olarak zeminlerden numune alma aşağıda belirtildiği gibi üç şekilde yapılabilir.

- Elle numune alma (Örselenmiş veya örselenmemiş numune alınabilir.)
- Burgularla numune alma (Örselenmiş numune alınabilir.)
- Sondajlarla numune alma (Örselenmemiş numune alınabilir.)

Numune Alma Kuralları

- Numune alınacak yer, yapı alanı içerisinde amaca göre seçilmiş belirli noktalar olmalıdır.
- Arazi üzerinde daha önceden yük altında kalan ağır iş makineleri ya da taşıtların uzun süre kullandıkları izlere rastlanan noktalardan numune alınmamalıdır.
- Arazi üzerinde ulaşılması güç, çalışma riski yüksek noktalar numune alma noktası olarak seçilmemelidir.
- Çalışmayı engelleyici derecede çok şiddetli yağışlı havalarda numune alınmamalı, numune alma zorunluluğu varsa önlemler alınmalıdır.
- Çok soğuk ve çok sıcak havalarda, su kaybı ve donma gibi olumsuzluklar oluşabileceğinden numune alınmamalıdır.

- Akarsu kenarları, dalga riski bulunan sığ suların kıyılarında numune alma noktaları seçilmemelidir.
- Özellikle yapıya elverişli olmayan bitkisel toprak tabakası derinliği içinde kalan derinliklerden numune alınmamalıdır.
- Faylar, kesme yüzeyleri, yeni oluşmuş zemin ayrılma hatları numune alma noktası olarak seçilmemelidir.
- Numune almada kullanılan alet ve makinelerin sağlıklı çalışıp çalışmadıkları ya da standardına uygunluğu kontrol edilmelidir.
- Numune alımında çalışacak ekip ve elemanlar deneyimli ve yeterli teknik bilgiye sahip olmalıdırlar.

8.3.1. Zemin Numuneleri

Alındığı yerdeki malzemeyi temsil eden numuneye **zemin numunesi** denir. Zemin numuneleri örselenmiş zemin numuneleri ve örselenmemiş zemin numuneleri olmak üzere iki şekilde alınır.

8.3.1.1. Zeminden Örselenmiş Numune Alma

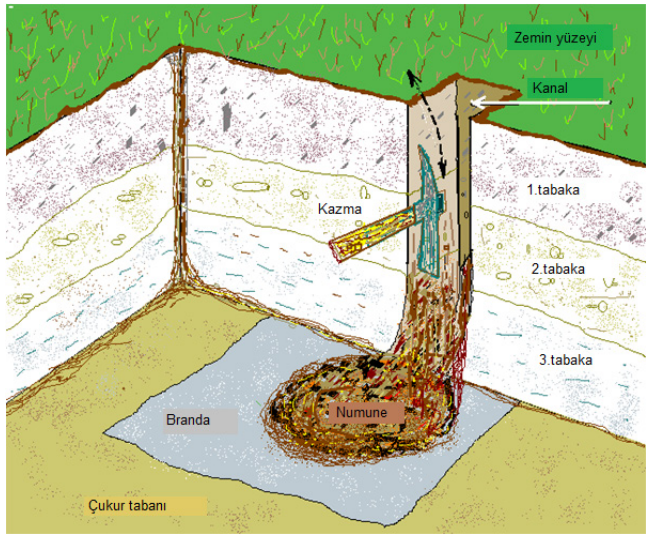
Yapısının doğal durumu bozulmuş, dağılmış, parçalanmış zemin numunelerine örselenmiş numune denir. Örselenmiş numuneler doğal su muhtevasını koruyabilir. Örselenmiş zemin numuneleri kutu (teneke), kavanoz, gibi nesnelerin içine konarak ağzı kapatılır. Doğal su muhtevasının korunması isteniyorsa kap veya torba geçirimsiz olmalıdır.

Kumlu, çakıllı zeminlerden alınan bir miktar zemin ile killi ve siltli zeminlerden alınan parçalanmış topak veya parçalar örselenmiş zemin numuneleridir. Örselenmiş numuneler üzerinde zemin sınıflandırması, elek analizi, ıslak analiz, kıvam limitleri, su içeriği, dane birim hacim ağırlık, CBR, gözle muayene, proktor (sıkışma-kompaksiyon), kayma direnci deneyleri yapılır. Örselenmiş numuneler üzerinde yapılan deneyler zeminin mekanik ve hidrolik özelliklerini tam olarak yansıtmaz.

Örselenmiş Numunenin Özellikleri

- Örselenmiş numuneler yapı olarak çok fazla koruma gerektirmez.
- Su geçirmez sağlam bir torba ile taşınabilir.
- Taşınması kolaydır.
- İstenen miktarda azaltılabilir.

Örselenmiş Numune Alma Yöntemleri



Görsel 8.19: Muayene çukurundan örselenmiş numune alma

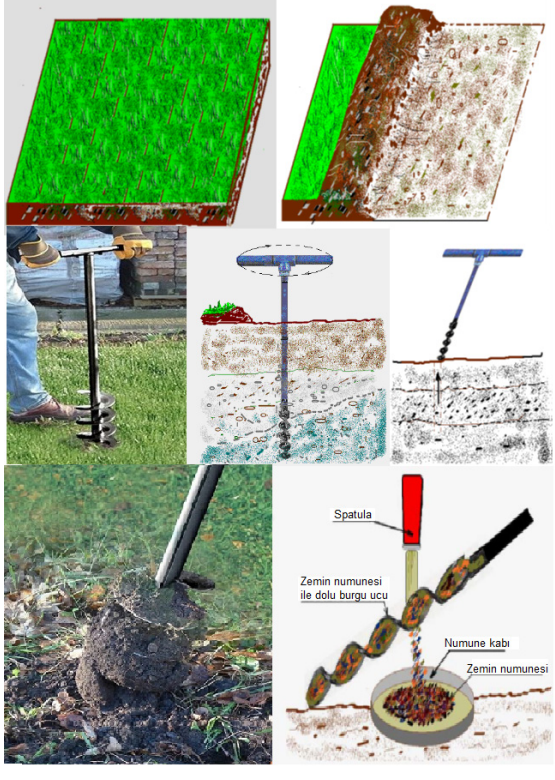
Muayene Çukuru Yan Yüzeyinde Kanal Açarak Numune Alma: Açılan muayene çukurunda kanal açarak numune alma aşağıda belirtildiği işlem sırasına göre yapılır (Görsel 8.19).

- Gereken derinlikte muayene çukuru açılır.
- Gözle görülebilir zemin tabakaları belirlenir.
- Çukur tabanına toplama brandası serilir.
- Kazma ile yukarıdan aşağıya doğru ve bütün tabakalardan geçecek şekilde bir kanal açılır.
- Kanaldan branda üzerine numune dökülmesi sağlanır.
- Numune laboratuvara götürülmek üzere torbaya konup etiketlenir.

Mekanik Burguyla Zemin Numunesi Alma: Genellikle içi boş bir gövde içerisinde helisel bir burgudan oluşan toprak burgu makinesi kullanılarak numune alınır. Kohezyonlu zeminler için daha uygundur. Bu yöntemde numune alma, fazla ağırlık ve güç gerektirdiğinden ağır bir taşıta monte edilebilir. Helisel burgunun yüzeye taşıdığı parçacıklar, geçilen tabakaların niteliği ve derinliği hakkında fikir verir (Görse 8.20).



Görsel 8.20: Mekanik burgu yöntemiyle örselenmiş numune alma



El Burgusuyla Numune Alma: Genellikle sehpa kullanılmadan kaldırılabilen burgu ve delici uçlar yardımı ile 200 mm çaplı ve 5 m derinliğe kadar araştırma çukuru açılabilir. Kendini tutabilen taşsız ve çakılsız zeminler için uygun olmaktadır. Örselenmiş numunelerin alınması ve yer altı su seviyesi gözlemleri yapılmasında kullanılır. El burgusu ile numune alma aşağıda belirtildiği işlem sırasına göre yapılır (Görsel 8.21).

- Numune alınacak noktada zemin yüzeyi temizlenir.
- El burgusu zemine dik durumda döndürülerek zemine sokulur.
- Uzatma parçaları eklenerek istenen derinliğe kadar inilir.
- Bıçakların arası doldukça el burgusu dışarı çekilir.
- Bıçakların arasındaki numune dikkatli bir şekilde alınır.
- Numune kaplarına boşaltılan zemin örnekleri laboratuvara gönderilir.

Görsel 8.21: El burgusu ile örselenmiş numune alma

Muayene Çukurlarından Elle Numune Alma: Çukurlardan elle örselenmiş numune alma şu işlem sırasına göre yapılır.

- Yüzey üstünde kalan en az 40 cm'lik derinliğe kadar olan bitkisel toprağı sıyırıp atılır.
- Kazma ve küreğin rahatlıkla kullanılabileceği boyutlarda derinliği çapının en az iki katı olan çukur açılır.
- Çukurdan çıkan numune toplama brandası üzerine alınır.
- Numune çeyrekleme yöntemi ile azaltılır.
- Azaltılmış numune torbalara doldurulur ve numune etiketlenir.

8.3.1.2. Zeminden Örselenmemiş Numune Alma

Zeminin yerindeki yapı, doku ve özelliklerinin tümünü (biçimini, doluluk veya boşluk oranını, su muhtevasını) bünyesinde bulunduran zemin numunelerine **örselenmemiş numune** denir. Bu numuneler örselenmeye ve yoğrulmaya karşı bazı önlemler alınarak korunmuş numunelerdir. Mutlak anlamda örselenmemişlik olmaz. Çünkü örnek alırken, taşırken ve deneye hazırlarken bir miktar örselenme olur.

Kumlu ve çakıllı (kohezyonsuz, daneli veya iri daneli) zeminlerden örselenmemiş numune alınamaz. Çünkü bu tür zemin örnekleri belli bir geometrik biçimi koruyamaz ve dağılır. Örselenmemiş numuneler taşsız, çakılsız, çok sert olmayan, ince daneli (kohezyonlu) zeminlerden (kil, silt) alınabilir.

Örselenmemiş numuneler; zeminin doğal su içeriği ve yoğunluğu, zeminin boşluk oranı ve porozitesi (gözenek), serbest basınç dayanımı, konsolidasyon (oturma), zeminin permeabilite katsayısı deneyleri için kullanılır.

Uygun zeminlerden örselenmemiş zemin numunesi almak için örnek alıcı (numune silindiri, tüp vb.) kullanılır.

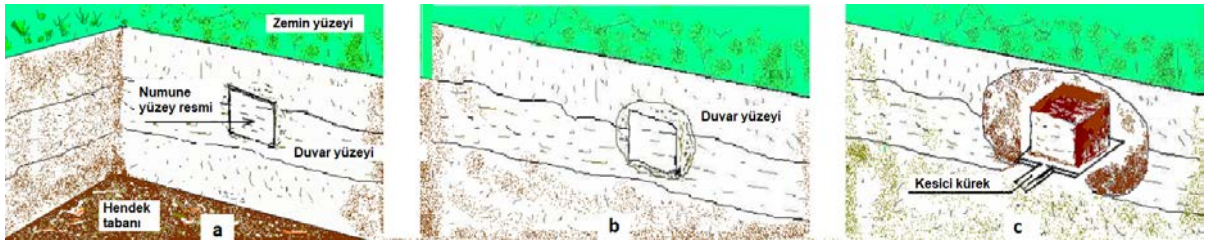
Örselenmemiş Numunenin Özellikleri

- Zeminin doğal yapısını bozmadan özel teknikle alınır.
- İyi bir koruma gerektirir.
- Su kaybını önlemek üzere dış çevresi parafin ile yalıtılmalıdır.
- Deney anına kadar alındığı andaki durumunu korumalıdır.
- Numunelerin yalıtımında kullanılacak parafin, mum gibi eriyikler kullanılırken sıcaklıklarına dikkat edilmelidir.
- Numunelerin korunma ve taşınması sırasında yatay darbe ve sarsıntılardan kaçınılmalıdır.
- Taşıma sandıklarında taşıma süresince üste gelmesi gereken yüzey belirtilmeli, düşürülmekten sakınılması uyarısı yazılmalıdır.

Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri

Muayene Çukuru Yan Yüzeyinden Numune Alma: Açılan muayene çukuru yan yüzeyinden numune alma şu işlem sırasına göre yapılır (Görsel 8.22):

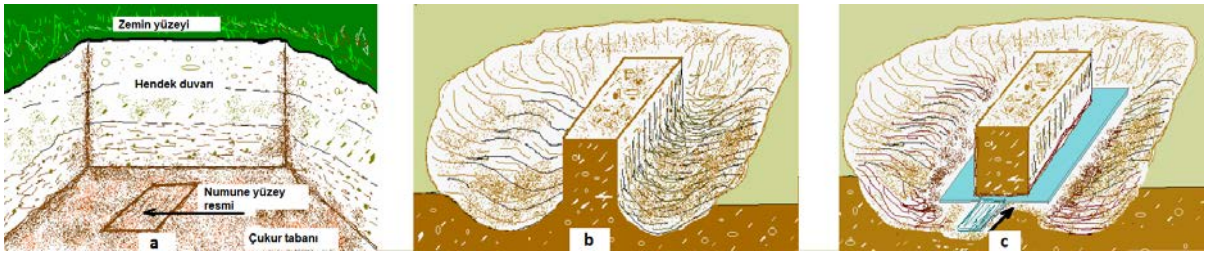
- Gereken derinlikte muayene çukuru açılır.
- Duvar yüzeyi düzeltilir ve numune ölçüleri işaretlenir.
- Numunenin etrafı ve arkada kalan kısmı özenle kazılır ve numune kabaca biçimlendirilir.
- Numune kesilerek yerinden çıkarılır.
- Alınan numune uygun bir taşıma kabına konup laboratuvara gönderilir.
- Zeminin dağılma riski varsa başlangıçta zemine koruyucu kalıp çakılır. Sonra etrafı kazılarak ortaya çıkan numune alınır. Bu şekilde zeminin dağılması engellenmiş olur.



Görsel 8.22: Muayene çukuru yan yüzeyinden örselenmemiş numune alma

Muayene Çukuru Tabanından Numune Alma: Açılan muayene çukuru tabanından numune alma şu işlem sırasına göre yapılır (Görsel 8.23).

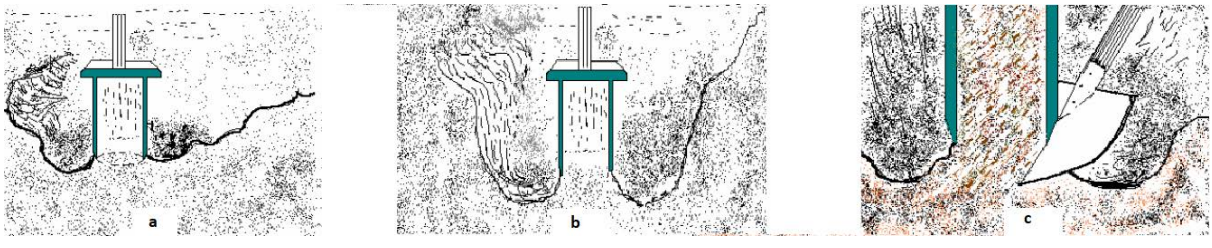
- Gereken derinlikte muayene çukuru açılır.
- Zemin yüzeyi düzeltilir ve alınacak numunenin boyutları zeminde işaretlenir.
- İşaretlenen yerin etrafı kazılarak boşaltılır.
- Yeterli derinliğe gelince ortaya çıkan numune ana tabakadan kesilerek ayrılır.
- Alınan numune uygun bir taşıma kabına konup laboratuvara gönderilir.
- Zeminin dağılma riski varsa başlangıçta zemine koruyucu kalıp çakılır. Sonra etrafı kazılarak ortaya çıkan numune alınır. Bu şekilde zeminin dağılması engellenmiş olur.



Görsel 8.23: Muayene çukuru tabanından örselenmemiş numune alma

Yüzeyden Numune Silindiri ile Numune Alma: Bu tip numuneler genellikle çukur tabanından alınır. Uygulamada numune alt ağzı keskinleştirilmiş madeni bir kap içerisine alınır. Numune şeklinin silindir ya da prizma olmasında zeminin dane büyüklüğü dikkate alınır. Dane büyüklüğü fazla olan zeminlerde prizma kullanılmamalıdır. Numune silindiri ile numune alma şu işlem sırasına göre yapılır (Görsel 8.24):

- Önce numune alınacak zemin yüzeyi temizlenir.
- Numune silindir (alt ağzı keskinleştirilmiş madeni silindir bir kap) zemine batırılır.
- Numune silindiri zemine dik olarak tutulur ve kuvvet uygulanarak zemin içerisine girmesi sağlanır.
- Numune silindirinin çevresi, kesici uç açığa çıkana kadar boşaltılır.
- Kürekle, kesici ucun alt seviyesinden kesilerek numune silindir ile dışarı alınır.
- Doğal su muhtevasını kaybetmemesi için silindirin alt ve üst yüzleri parafinle kaplanır veya kap içerisinde muhafaza edilir.
- Numune silindirinin içine dolan zemin örneği örselenmeden başka bir ifadeyle sarsılıp yapısı bozulmadan incelenmek üzere laboratuvara gönderilir.



Görsel 8.24: Numune silindiri ile örselenmemiş numune alma

Sondaj Kuyusundan Numune Alma: Sondaj kuyusundan örnek alınırken çeşitli derinliklerden örnek alınır. Bunun için çeşitli derinliklerde sondaja ara verilir. Sondaj ekipmanları kuyudan çıkarıldıktan sonra ilgili derinlik için birbirine eklenen sondaj çubukları (tij, çubuk sistem) ucuna takılan örnek alıcı, kuyu tabanına indirilir. İterek veya basarak zemine sokulur. Bu işlem esnasında tüpün zemine aşırı miktarda itilmemesine dikkat edilmelidir. Bundan sonra numune alıcı, numuneyi alt ucundan koparacak şekilde döndürülür ve delikten çıkarılır. Alınan numuneden deney için hemen numune hazırlanmayacaksa tüpün iki ucuna birer kapak geçirilir veya parafin kullanmak suretiyle numune geçici olarak havadan tecrit edilir.

8.4. ZEMİN İNCELEME TUTANAĞI

Üzerine yapı yapılacak araziye ait yer, mevcut durum, yüzey şekli, çevre etkenleri gibi konularda genel bilgi edinmek üzere yapılan incelemelerin belirtildiği belgelere **zemin inceleme tutanağı** denir.

8.4.1. Zemin İnceleme Tutanakları Üzerindeki Bilgiler

Zemin inceleme tutanağının hazırlanabilmesi için ilk olarak yapı zeminini inceleme yöntemlerinden faydalanılır. Yapılan incelemeler sonucunda tutanak içeriğinde yer alması gereken bilgiler belgelenir. Zemin inceleme tutanağı kapsamı içinde yer alan maddeler şunlardır:

- Arazi sınırları
- Yapı arsasına ulaşım
- Mevcut kara ve demir yolları
- Bölgede altyapı hizmetlerinin durumu
- Çevredeki doğal engeller (akarsu, uçurum gibi)
- Komşu arsaların durumu
- Varsa yeni açılmış temel kazıları, kazı derinlikleri ve kazılardaki göçmeler
- Mevcut binaların dış görünüşleri, yıpranmışlıkları, kat adedi
- Arazi eğimi ve bitki örtüsü
- Zemin yüzeyinin dış görünüşü ve cinsi(kayalık, bitkisel, toprak, kum, çakıl, kil)
- Arsa üstü ve zemini altından galeri, enerji hattı olup olmadığı ve güzergâhı

8.4.2. Zemin İnceleme Tutanağı Hazırlama

Zemin inceleme tutanakları için inceleme sırasında kullanılan krokiler, imar ve mülkiyet belgeleri, fotoğraflar ve inceleme sürecinde alınan yazılı açıklamalardan yararlanılır.

Zemin inceleme tutanağında taşınmazın inceleme sırasındaki kullanım durumu, varsa üzerindeki yapılar ile yapıların kimler tarafından yapıldığı, hâlen kimlerin kullanımında olduğu gibi konular açıklanarak mevcut durum belirtilir.

Taşınmazın zeminde incelemesinin yapılması ve ilgililerin ifadelerinin tutanağa geçirilmesinin ardından başkaca bilgi ve tanıklığına başvurulacak kimse kalmadığı ve ifadelerin doğru ve eksiksiz olarak tutanağa geçirildiği tutanağın altına devam eden satıra boşluk bırakılmadan yazılır. Tutanak; yazının bittiği yerde boşluk bırakılmaksızın hazırda bulunanlar ve zeminde inceleme ekibi tarafından sayfa numaraları verilerek imzalanır. Bu tutanakta silinti veya kazıntı yapılamaz.

Zemin inceleme tutanaklarında elde edilen bulgular, proje hazırlama, yapım ve yürütme aşamalarında doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılmaktadır. Elde edilen tüm bulgularla önemli sayılabilecek ayrıntılara yer verilir. Varsa ileriki aşamalarda kullanılabilecek özel uygulamalar için yapılacak işlere ait öneriler de bir rapor hâlinde düzenlenir.

Tutanaklar; açık, anlaşılır bir dille yazılmalı, okunduğunda anlaşılması güç, ikilem yaratacak, farklı yorumlara neden olabilecek ifadelerden kaçınılmalı ve hazırlayıcılar tarafından okunarak imzalanmalıdır. Tutanakların bir örneği hazırlanan raporla birleştirilir.



8. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi kazı güçlüğüne göre zemin çeşitlerinden birisi değildir?
A) Bataklık ve balçık
B) Kaya
C) Küskülük
D) Organik
E) Toprak

2. Su muhtevası yüksek olan ve suyu kolay bırakmayan, genellikle yapışkan nitelikteki zemin türü aşağıdakilerden hangisidir?
A) Bataklık ve balçık
B) Kaya
C) Küskülük
D) Lös
E) Toprak

3. Yapısı, daneler ve daneler arasında bulunan hava ve boşluklardan oluşan yapı zemininin türü aşağıdakilerden hangisidir?
A) Doygun
B) Kuru
C) Yaş
D) Yarı doygun
E) Yarı kuru

4. Aşağıdakilerden hangisi yapı zeminini inceleme amaçlarından birisi değildir?
A) Yapı zemininin altındaki yer altı madenlerini araştırmak
B) Yapı zemininin altındaki yer altı suyu durumunu incelemek
C) Yapı zemininde meydana gelebilecek oturma miktarını bulmak
D) Yapı zemininin tabakalarının kalınlıkları, cinsleri ve derinliklerini belirlemek
E) Yapı zemininin taşıma gücünü hesaplamak

5. Yapı alanı gezilerek zemin hakkında çevre, topografik yapı, dane şekli, görünüm, komşu arsalar, mevcut yollar ve heyelan durumu gibi bilgilerin toplanmasıyla yapılan zemin inceleme yöntemi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Sondalama yapma
B) Sondaj yapma
C) Sorgulama yapma
D) Muayene çukuru açma
E) Kuyu yıkama yöntemi

6. Çok derinlerdeki zemin parçalarını örselemeden çıkartmak ve alt tabakalar hakkında bilgi sahibi olmak için yapılan zemin inceleme yöntemi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Sondaj yapma
B) Muayene çukuru açma
C) Sorgulama yapma
D) Sondalama yapma
E) Gözle muayene etme

7. Zeminin yerindeki yapı, doku ve özelliklerinin tümünü (biçimini, doluluk veya boşluk oranını, su muhtevasını) bünyesinde bulunduran zemin numunelerine verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?
A) Doğal
B) Gerçek
C) Örselenmiş
D) Örselenmemiş
E) Sağlam

8. Aşağıdakilerden hangisi örselenmemiş numune alma yöntemlerinden birisidir?
A) El burgusu ile numune
B) Mekanik burgu ile numune
C) Muayene çukuru yan yüzeyinde kanal açarak numune
D) Sondaj yaparak numune
E) Muayene çukurlarından elle numune

9. Muayene çukurlarından elle numune alma işleminde numune almak için yüzeydeki bitkisel topraktan en az kaç cm aşağı inilmesi gerekir?
A) 20 cm
B) 30 cm
C) 40 cm
D) 50 cm
E) 60 cm

10. Zemin inceleme tutanaklarının hazırlanma amacı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Yapı yapılacak arazinin alanını hesaplamak
B) Yapı yapılacak araziye ait yer, mevcut durum, yüzey şekli, çevre etkenleri gibi konularda genel bilgi edinmek
C) Yapı yapılacak arazinin yer altı su seviyesini tespit etmek
D) Yapı yapılacak arazinin zemin dane yapısını incelemek
E) Yapı yapılacak arazinin zemin tabakalarını araştırmak







9. ÖĞRENME BİRİMİ

ZEMİNLERDE SU MUHTEVASI (İÇERİĞİ) TAYİNİ DENEYİ (TS 1900-1)

KONULAR

9.1.ÖRSELENMEMİŞ ZEMİN NUMUNELERİNİN DENEYE HAZIRLIĞI

9.2.ÖRSELENMEMİŞ ZEMİNLERDE SU MUHTEVASININ TAYİNİ DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- UD tüpü
- Parafin
- Kriko
- Zemin su içeriği

GİRİŞ

Örselenmiş ve örselenmemiş numuneler deney numunesi hâline getirilirken özellikle su içerikleri ve zemin özelliklerinin kaybolmamasına dikkat edilmedir. Zemin numunelerinin deney numunesi hâline getirilmesinde numune miktarının azaltılması gerekmektedir. Numune azaltma işlemi agregalarda olduğu gibi bölge veya çeyrekleme yöntemi ile yapılmalıdır.

Su muhtevası zeminin doğal su miktarını ifade etmektedir. Zeminin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için önemlidir.

9.1. ÖRSELENMEMİŞ ZEMİN NUMUNELERİNİN DENEYE HAZIRLIĞI

Bu işlem, araziden TS 1901'e göre alınarak laboratuvara getirilen zemin numunelerinin hazırlanması ve daha sonraki deneyler için bölümlere ayrılması işlemini kapsar.

9.1.1. Örselenmemiş Numunelerde Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Yüksek Devirli Testere: Elektrikli ve sulu kesim yapan daire testeredir (Görsel 9.1).

Pistonlu Numune İtici: UD tüpü çaplarına göre değişen başlıkları olan hidrolik pistondur (Görsel 9.2).

UD tüpü: Örselenmemiş numune almak için çeşitli çaplarda pirinç borulardır (Görsel 9.3).



Görsel 9.1: Testere



Görsel 9.2 Numune İtici



Görsel 9.3: UD tüpü

Deney Elekleri: Göz açıklıkları 400 μ m (mikron), 2,5 mm, 4,5 mm, 20 mm, 40 mm olan elekler kullanılmalıdır.

Kap: Numaralandırılmış paslanmaz metal veya cam kaplardır.

Keskin Bıçak veya Numune Kesici: Numuneleri düzenli ve pürüzsüz kesmek için kullanılan alettir. Ayrıca etüv, terazi (0,1 ve 1 g duyarlılıkta) kullanılacaktır.

9.1.2. Numunelerin Tüpten Çıkartılması ve Deneye Hazırlanması

- Numune alma tüplerinin doğal su muhtevasını kaybetmemesi için parafin ile kapatılan ağızları keskin bir bıçakla açılır.
- UD tüplerinden çapına uygun olan piston başlığı takılarak pistonlu numune iticiye bağlanır.
- Piston kolu aşağı yukarı hareket ettirilerek piston başlığının yukarıya doğru baskısıyla numunenin bozulmadan çıkması sağlanır.
- İnce daneli zeminlerde keskin bıçak ya da [s1] numune kesici ile numune alınarak deney numunesi oluşturulur.
- Zeminin numunesi iri daneli kayaç numune ise yüksek devirli kesicilerle alt ve üst yüzeyler düzeltilerek oluşturulur.
- Su muhtevası deneyi için alınan numuneler, kurumayı önlemek amacıyla alındıktan hemen sonra kapaklı kaplarda tutulur ve kapaklar buharlaşmayı önleyecek biçimde yalıtılır.
- Her deney öncesi deneyde kullanılacak numune çapı ve miktarı deneyin özelliğine göre belirlenerek hazırlanır.

İncelenecek zemin numunesinin ince, orta veya iri daneli gruptan hangisine girdiğine karar verilmesi gerekir. Zemin hangi gruba girdiği gözle anlaşılabilir ancak tereddüt yaşanan durumlarda Tablo 9.1'e göre eleme yapılır.

Tablo 9.1: Dane Çaplarına Göre Zemin Miktarları

Numune Dane Çapı	Elenecek Zemin Kütlesi
20 mm den büyük	15 kg
20 mm	2 kg
4,75 mm'den küçük	100 g

Yapılan eleme sonunda şu sınıflandırma yapılır:

İnce Daneli: İçindeki danelerin kütlece en az %90'ı 2 mm (veya eş değer) elekten geçen zeminler.

Orta Daneli: İçindeki danelerin kütlece en az %90'ı 20 mm (veya eş değer) elekten geçen zeminler.

İri Daneli: İçindeki danelerin kütlece en az %90'ı 40 mm (veya eş değeri) elekten geçen zeminler.

9.1.3. Zemin Numunesiyle İlgili Tutanakları ve Formları Doldurtulması

Zemin numune tutanağında zeminin alındığı yer, ait olduğu proje, tarihi, sınıfı, hangi yöntem ile alındığı, alan yetkili ve imzası gibi zemini tanımlayan tüm bilgiler bulunur (Tablo 9.2).

Tablo 9.2 : Deney Numunesi Formu

<table>
<tr><td>PROJE ADI</td><td></td><td>SONDAJ NO.</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Alındığı Tarih</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">Numune Tipi</td><td rowspan="2">Örselenmiş
Örselenmemiş</td><td>.....</td></tr>
<tr><td>.....</td></tr>
<tr><td>Yeraltı Su Seviyesi</td><td></td><td>Derinlik</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Kullanılacağı Deney</td><td></td><td>Yetkili Adı Soyadı</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

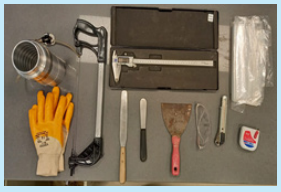
1. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği iki farklı örselenmiş deney numunesi ile su muhtevası deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı: Örselenmiş Zemin Numunesinin Su Muhtevası Deneyi

Deney Süresi: Uygulama 30 dk., bekleme 24 saat, uygulama ve hesaplama 1 saat

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

 Araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Kullanılacak keskin aletleri öğretmeniniz gözetiminde çıkarınız. • UD tüpü çapına uygun kriko seçiniz.	
 UD tüpü içerisindeki parafinin çıkartılması	• Parafinin çıkartılmasında doğru aletin kullanılmasına dikkat ediniz. • Parafin parçalarının zemine karışmamasına özen gösteriniz.	
 UD tüpünün krikoya sabitlenmesi	• UD tüpü ve kriko piston çaplarının uyumlu olmasına dikkat ediniz.	
 Örselenmemiş numunenin çıkartılması	• Zemin numunesini dağıtmadan çıkartınız.	
Deney numunesinin hazırlanması	• İnce numunelerde kapaklı metal veya cam kap kullanınız. • Numunenin nem kaybetmemesine dikkat ediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• İşlem sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki işleme hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Numune tutanak ve formların doldurulması	• İşlem sonrası grubunuzla tutanak hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

9.2. ÖRSELENMEMİŞ ZEMİNLERDE SU MUHTEVASININ (İÇERİĞİNİN) TAYİNİ DENEYİ (TS 1900-1)

Deney, TS 1900-1 e göre etüv veya mikrodalga ile kurutma esasına dayanan yöntemlerle yapılır. Etüv ile kurutma yaygın olarak kullanılır. Deney, zeminin doğal su içeriğinin belirlenmesini amaçlar. Zeminin su içeriğinin bilinmesi zeminin sınıflandırılması açısından önemlidir.

9.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Etüv, ince daneli zemin numuneleri için kapaklı metal veya cam kap, orta ve iri daneli zemin numuneleri için paslanmaz metal veya cam kap, desikatör (içinde bir miktar nem çekici madde / susuz silika jeli bulunan), bakkal küreği

9.2.2. Deneyin Yapılışı

- Deney numunesi hazırlanır. İnce daneli zeminlerde 30 g, orta daneli zeminlerde 300 g, iri daneli zeminlerde 3 kg hazırlanır.
- Darası alınmış kapta numune ince daneli zeminlerde 0,01 g, orta daneli zeminlerde 0,1 g, iri daneli zeminlerde 1 g duyarlılıkta tartılır (M_1).
- Deney numunesi etüve konularak (105± 5 °C) kurutulur. Kurutma süresi, ince daneli zeminlerde 4 saat, orta daneli zeminlerde 16 saat, iri daneli zeminlerde 24 saattir.
- Numune desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutularak tartılır (M_2).

$$w = \frac{M_2 - M_1}{M_1} x100$$

- Su muhtevası yukarıdaki formül ile hesaplanarak bulunur.

9.2.3. Deney Raporu

Deney uygulaması esnasında Deney Takip Formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar deney Değerlendirme Raporu'na kaydedilir (Tablo 9.3). Deney Değerlendirme Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur ve imzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenir.



Tablo 9.3: Deney Değerlendirme Raporu

Deneyin Adı	Zeminlerde Su Muhtevası Deneyi
Standart No.	TS 1900-1 (2006)

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Dane Büyüklük Sınıfı	İnce-Orta-İri
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat		Laboratuvar Nemi	

Deney No.	Deney Numunesi Başlangıçtaki Ağırlığı (M_1) (g)	Deney Numunesinin Etüv Kurusu Ağırlığı (M_2) (g)	Su Muhtevası (w) (%)
1			
2			
3			

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

2. DENEY UYGULAMASI

UD tüpü içinden çıkartılarak hazırlanan en az iki örselenmemiş deney numunesinin su içeriğini, iş güvenliği önlemlerini alarak belirleyiniz.

Deney Adı: Zeminlerde Su Muhtevası (İçeriği) Deneyi
Deney Süresi: Uygulama 15 dk., bekleme 4-24 saat, uygulama ve hesaplama 45 dk.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesinin azaltılması	• Deney numunesini standart doğrultusunda azaltınız.	
 Islak numunenin tartılması(M_1)	• Nem kaybı oluşmamasına dikkat ediniz. • İnce daneli zeminlerde kapaklı numune kabı kullanınız. • Dane büyüklüğün uygun kütlede deney numunesi kullanınız.	
 Numunenin kurutulması	• Numuneyi etüve (105± 5°C) koyunuz. • Dane çapına uygun sürede 4-24 saat süreyle değişmez kütleye kadar kurutunuz.	
 Kuru numunenin tartılması(M_2)	• Numuneyi etüvden çıkarttıktan sonra desikatörde soğutarak değişmez kütle durumuna getiriniz. • Numuneyi dane büyüklüğüne uygun hassasiyette uygun terazide tartınız.	

Su muhtevasının (içeriği) hesaplanması %	• w formülünde değerleri yerine koyarak hesaplama yapınız. • (w) değerlerini % olarak en yakın 0,1 hane-sine yuvarlayınız. • Farklı deney numuneleri ile iki kez tekrar ediniz. • İki deney sonucunun %1'den fazla olmaması gerektiğini unutmayınız. • Yakalanamaması durumunda farklı deney numuneleri ile değeri yakalayana kadar deneyi tekrar ediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Grubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.



9. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. **Aşağıdakilerden hangisi örselenmemiş deney numunesinin deneye hazırlanmasında kullanılan araçlardan değildir?**
   A) Yüksek devirli kesici
   B) Numune azaltıcı bölgeç
   C) İtici piston
   D) Terazi
   E) Numune kesici

2. **Aşağıdakilerden hangisi örselenmiş deney numunelerinden deney numunesi hazırlanmasında kullanılmaz?**
   A) Metal kap
   B) Elek
   C) UD tüpü
   D) Numune azaltıcı bölgeç
   E) Terazi

3. **Örselenmemiş deney numunesinde nem kaybı olmaması için uygulanan yöntem aşağıdakilerden hangisidir?**
   A) UD tüpü ağızları yağlanır.
   B) UD tüpü ağızları erimiş parafin ile kaplanır.
   C) UD tüpleri streç film ile kaplanır.
   D) UD tüpleri hava geçirimsiz kapaklı tüplerde saklanır.
   E) D tüpleri boşlukları su ile doldurularak hava ile temasları kesilir.

4. **UD tüpünden çıkartılan ince daneli zemin numunesinden deney numunesi miktarı miktarı aşağıdaki aletlerden hangisi kullanılarak azaltılır?**
   A) Murç ve çekiç ile
   B) Yüksek devirli kesici ile
   C) Basınçlı su ile
   D) Spatül ile
   E) Keskin bıçak veya numune kesici ile

5. **Bir zemin numunesinin iri daneli sayılabilmesi için kütlece %90'ının kaç mm'lik elekten geçmesi gerekir?**
   A) 0,425
   B) 1
   C) 2
   D) 8
   E) 20

6. **Su içeriği deneyinde zemin numunesinde bulunan suyun uzaklaştırılması hangi yöntemle yapılır?**
   A) Buharlaştırarak
   B) Soğutma yoluyla
   C) 0,425 mm'lik elekten geçirilerek
   D) Havanda dövülerek
   E) Basınçlı hava tutularak

7. Su muhtevası deneyinin amacı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Zemin dane çapını belirlemek
B) Zemin taşıma kapasitesini belirlemek
C) Zeminin kazıma güçlüğünü belirleyebilmek
D) Doğal zemin numunesinde su miktarını belirlemek
E) Zeminin kayma dayanımını belirlemek

B) Aşağıdaki soruların cevabını noktalı yerlere yazınız.

8. Zemin numunesinin dane boyutu sınıflandırmasında tereddüt yaşandığında hangi uygulamaya gidilmelidir?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. UD tüpleri içindeki örselenmemiş numunenin nem kaybının önlenmesi için uygulanması gereken işlemi açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

10. Zemin deneylerinde numune hazırlama işlemi hangi standart referans alınarak yapılmalıdır?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....







10. ÖĞRENME BİRİMİ

ZEMİNLERDE KIVAM LİMİTLERİ DENEYİ

KONULAR

10.1. ZEMİNLERDE LİKİT LİMİT DENEYİ

10.2. ZEMİNLERDE PLASTİK LİMİT DENEYİ

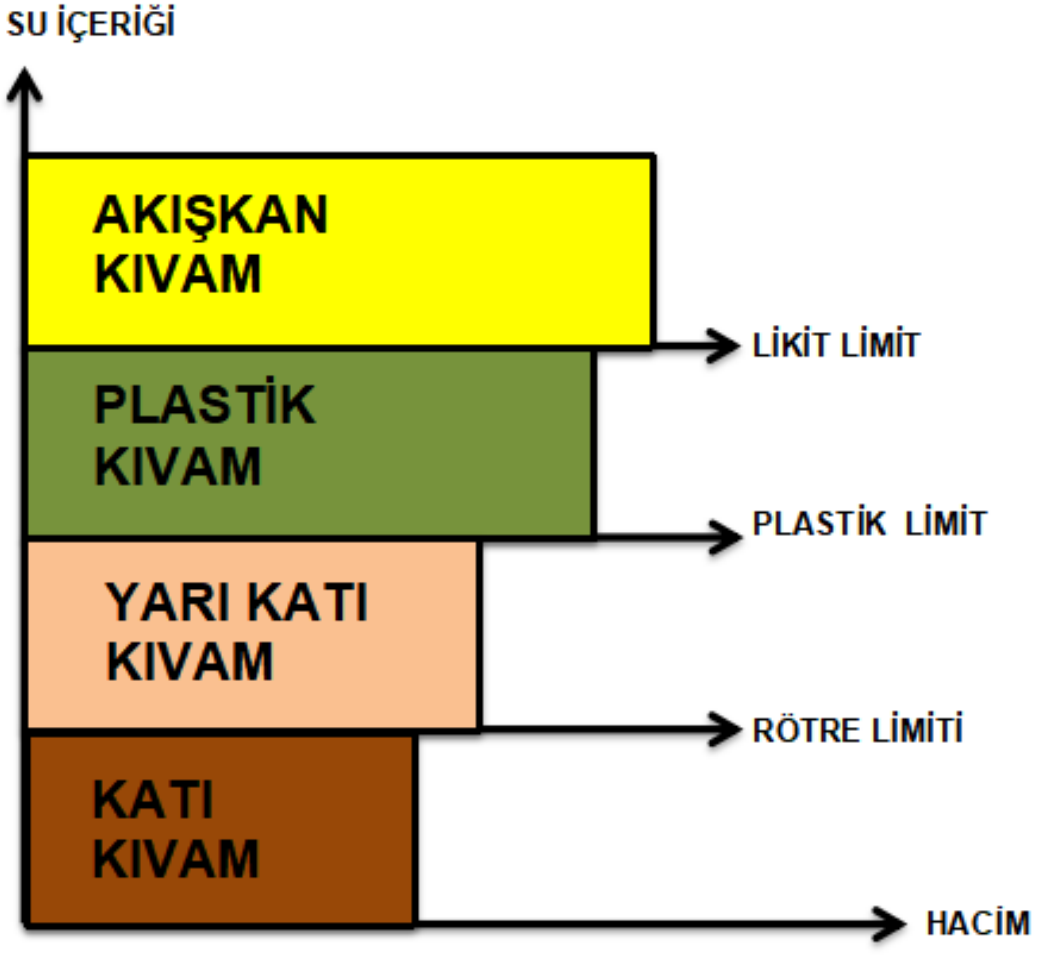
TEMEL KAVRAMLAR

- Likit limit
- Plastik limit
- Rötre
- Casagrande aleti
- Oluk açma bıçağı

GİRİŞ

Zeminin 0,425 mm'lik elek altında kalan danelerinin içerdikleri su miktarı ile davranışları incelenir. Zemin, içerdiği su miktarı bakımından İsveçli Kimyager Atterberg tarafından dört kıvam olarak sınıflandırılmış ve bu kıvam sınıfları arasındaki geçiş su değerleri **limit değerler** olarak adlandırılmıştır. İnce daneli zeminlerde akışkan, plastik, yarı katı ve katı kıvam formları ve bu kıvamlar arasında likit, plastik ve rötre limit değerleri vardır.

Kıvam limitleri deneyleri ile zeminin sıkıştırılabilme kapasitesi ve geçirgenliği belirlenerek zeminin sınıflandırması yapılır. Zemin kıvam form ve kıvam limitleri Görsel 10.1'de belirtilmiştir.



Görsel 10.1: Atterberg kıvamları ve limitleri

10.1. ZEMİNLERDE LİKİT LİMİT DENEYİ (CASAGRANDE YÖNTEMİ-TS 1900-1)

Likit limit zeminin akışkan hâlden plastik kıvama geçtiği andaki su içeriğini belirlemek için yapılır.

Likit limit deneyi, ilgili standarta uygun şu yöntemlerle yapılır:

- Penetrasyon (düşen koni) yöntemi ile
- Çarpmalı cihaz (Casagrande aleti) ile grafik yöntemi kullanarak
- Çarpmalı cihaz (Casagrande aleti) ile tek nokta yöntemi kullanarak

Likit limit tayininde en yaygın yöntem, casagrande aleti ile grafik yöntemi kullanılarak likit limitin belirlenmesi yöntemidir.

Deney adını aldığı casagrande aleti ile yapılır. Aynı numune üzerinde vuruş sayıları 10-50 arasında olan, beş deneye karşılık gelen su muhtevası-vuruş sayısı grafiği oluşturulur. Yirmi beş vuruşa denk gelen ideal su muhtevası değeri likit limit değeri olarak belirlenir (TS 1900-1).

10.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Casagrande Aleti: Pirinçten yapılmış çanak, çevirme kolu, sayaç ve sert plastik tabladan oluşur. Likit limit cihazının her deneyden önce temiz, kuru ve çalışır durumda olup olmadığı kontrol edilir. Pirinç kabın düşüş hareketini rahat yapması ve menteşede yanal hareketlerin olmamasına özen gösterilir. Çanak alt seviyesi ile plastik taban yüzeyi arasındaki mesafenin 1 cm olup olmadığı kontrol edilmeli gerekirse ayarlamalar yapılmalıdır. Deneye başlamadan sayaç sıfırlanmalıdır.

Oluk Açma Bıçağı: Çanak yüzeyi ile uyumlu şekle sahip, 1 cm derinliğinde ve pirinçten yapılmıştır. Deney öncesi oluk açma bıçağı da temiz ve kuru olur.

Metal Çanak: Ağzı en az 150 mm çapındadır. İnce numuneyi su ile karıştırmak için kullanılır.

Karıştırmak için metal kaşık (metal palet), spatula, damıtık su dolu pipetli şişe, nemli bezler, etüv, en az dört adet, 3-6 cm çapında silindir şeklinde metal kaplar, hassas terazi malzemeleri gerekir.

10.1.2. Deneyin Yapılışı

- Deneyde 0,425 mm'lik elek altında kalan 300 g deney numunesi ile 500 ml saf su, metal kapta kaşık ile homojen olacak şekilde karıştırılır. Hava almayacak şekilde kapatılarak 24 saat dinlenmeye bırakılır. Hazırlanan hamur kıvamı likit limit kıvamından daha yoğun olmalıdır.
- Dinlendirilen kil hamuru deney öncesi tekrar karıştırılır.
- Deney öncesi sayaç sıfırlanır.
- Deney çanağının temiz ve kuru olmasına dikkat edilir.
- Numune hamurundan bir miktar alınarak çanak içine doldurulur. Üst yüzeyi zemine paralel olacak şekilde tesviye edilerek düzeltilir. Numunenin çanak ön ucu ile sıfır olmasına dikkat edilerek spatula ile yüzey düzeltilir.
- Oluk açma bıçağı ile çanak zemini görünecek şekilde numune ortadan ikiye bölünür.
- Ön taraftan taşan numuneler spatula ile alınarak düzeltilir.
- Saniyede iki devir (Seri bir şekilde bin bir, bin bir sayısı söylenerek ritm ayarlanabilir.) olacak şekilde sayaç kolu çevrilmeye başlanır.
- Çevirme esnasında numune gözlenmelidir. Yarık 1 cm uzunluğunda kapanınca çevirme işlemi durdurulur.
- Sayaçtaki vuruş sayısı kaydedilir. İlk deneydeki kapanma sayısının 40-60 vuruş arasında olması idealdir. 80 vuruşun üzerine çıkılmış ise o deney kaydedilmez. Kil hamuruna bir miktar daha damıtık su ilave edilerek numune tekrar homojen şekilde karıştırılır. Vuruş sayısı 30'un altına düşmüş ise numune laboratuvar ortamında açıkta bırakılarak kurumaya bırakılır. Bir miktar su kaybı olduktan sonra karıştırılarak deney tekrar edilir.
- Kabul edilen deneyden sonra kapanma yerinden yaklaşık spatula veya çay kaşığı ile yaklaşık 30 g numune alınarak darası alınır ve numaralandırılmış kapta yaş ağırlık tartılarak kaydedilir (M_1).
- İlk deneyden sonra çanaktaki numune karıştırma kabına alınır. Numuneye az miktarda damıtık su katılarak homojen olana kadar karıştırılır.
- Bu arada çanak nemli bez ile silinerek kurulanır ve sayaç sıfırlanır.
- Bir miktar numune ilk deneyde olduğu gibi çanağa yerleştirilerek önceki uygulamalar yapılır.
- Yapılan deneyler; ilk 2 veya 3'ünde kapanma 25 vuruştan fazla, kalanı 25 vuruş altında olacak şekilde en az beş kez tekrarlanır. Yeterli görülmez ise deney tekrar sayısı arttırılabilir.
- Her deney sonrası vuruş sayısı ve darası alınmış ve numaralandırmış kapta tartılan yaş numune ağırlığı kaydedilir.
- Yaş numuneler 105±2 ^{o}C'da değişmez ağırlığa kadar (4-8 saat) kurulduktan sonra tartılır (M_2). Her vuruş sayısına karşılık gelen numunenin su muhtevası değeri hesaplanır ($w_1, w_2 \ldots\ldots$).
- Deney raporuna işlenen vuruş sayıları ve vuruş sayılarına karşılık gelen su muhtevası değerleri grafik kâğıdına işlenerek elde edilen noktalardan en ideal eğri çizilir.
- Elde edilen doğruda 25 vuruşa karşılık gelen su muhtevası değeri zeminin likit limit değeri olarak kabul edilir.
- Değerler rapora işlenerek değerlendirilir.



Değişmez ağırlık numunenin belli aralıklarla tartıldığında aynı değeri göstermesidir. Bu durumda numune etüv kurusu durumuna gelmiş demektir.

10.1.3. Deney Raporu

Deneyden elde edilecek sonuçlar deney değerlendirme raporuna kaydedilir. Deney değerlendirme raporuna deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenir.

Tablo 10.1: Deney Raporu

Deneyin Adı	Zeminlerde Likit Limit Deneyi (Casagrande Yöntemi)
Standart No.	TS 1900-1 (2006)

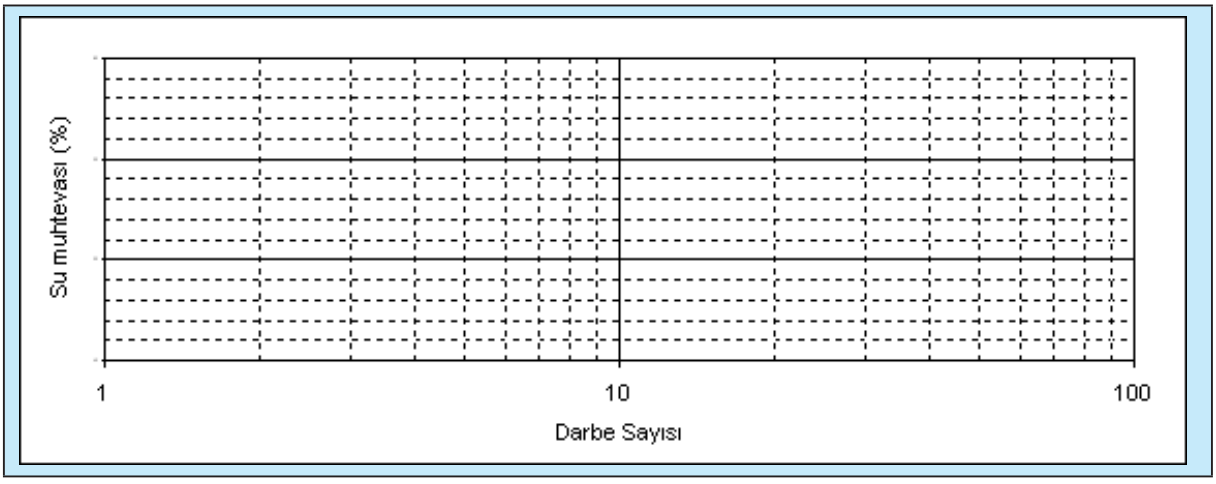
Numune Tanımı		Kurutma Şekli	Tabii/odada
Laboratuvar Sıcaklığı		Laboratuvar Nem Değeri	
Ait Olduğu Proje		Deney Başlangıç Tarihi	
Kuyu / Sondaj No.		Deney Bitiş Tarihi	
Numune No.		Deneyi Yapan	
		Kontrol Eden	

		Beş Nokta						Tek	
		1	2	3	4	5		1	2
Likit Limit	Kap No.								
	Vuruş Sayısı								
	Yaş Numune + Kap, g								
	Kuru Numune + Kap, g								
	Su Miktarı, g								
	Kap, g								
	Kuru Numune, g								
	Su Muhtevası, %								
	Likit Limit, %								

		1	2	3		
Plastik Limit	Kap No.					
	Yaş Numune + Kap, g					
	Kuru Numune + Kap, g					
	Su Miktarı, g					
	Kap, g					
	Kuru Numune, g					
	Su Muhtevası, %					

	Hacimsel				Tek Eksenli	
Büzülme Limiti	Kap No.		Kap No.		L_0	
	Yaş Numune + Kap, g		Cıva + Kap, g		L	
	Kuru Numune + Kap, g		Kap, g			
	Su Miktarı, g		Cıva, g			
	Kap, g		Malzeme Hacmi, V, cm^3			
	Kuru Numune, M_0, g		Kap Hacmi, Vo, cm^3			

Su Muhtevası, W_n, %				Büzülme Limiti, $RL=W_n-(Vo-V)r_w/M_0$, %	



Likit limit, %	
Plastik limit, %	
Plastisite indisi, %	

Büzülme limiti, %	
Tek eksenli büzülme, %	

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

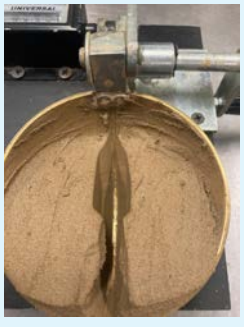
1. DENEY UYGULAMASI

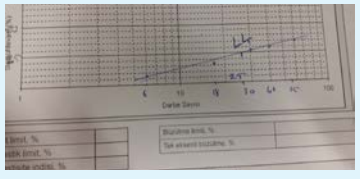
Öğretmeninizin size vereceği iki farklı örselenmiş deney numunesi ile likit limit deneyini casagrande yöntemi ile standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

DENEY ADI: Casagrande Yöntemiyle Likit Limit Deneyi

DENEY SÜRESİ: Numune hazırlama 1 saat, bekleme 24 saat, uygulama 1 saat, bekleme 4-8 saat, hesaplama 1 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Deney öncesi numune kaplarının daralarını alarak numaralandırınız.	
 Numunenin hazırlanması	• Hava kurusu durumundaki numuneyi 0,425 mm'lik elekten eleyiniz. • Özellikle iri daneleri çok olan zeminlerden yeteri kadar numune çıkmıyorsa zemini etüv kurusu duruma getiriniz. • Etüv kurusu numuneyi havanda öğüttükten sonra 0,425 mm'lik elekten eleyerek hazırlayabilirsiniz.	
 Hamurun hazırlanması	• Elenmiş numuneden 300 g alınız. • Metal karıştırma kabı içerisinde saf su ile numuneyi plastik kıvamdan biraz daha yumuşak olacak kıvamda homojen olana kadar karıştırınız. • Deney hamur kıvamı tecrübe gerektiren bir durumdur. Uygulamalar yaptıktan sonra hazırlanacak kıvam hakkında daha net bilgi sahibi olacağınızı unutmayınız. • Hamuru hava almayacak şekilde kapatarak 24 saat dinlenmeye bırakınız.	
 Deney aletinin hazırlanması	• 24 saat sonra numuneyi tekrar karıştırınız. • Casagrande aletinin çanak temizliği, düşüş yüksekliği ve sayacın sıfırlanmış olduğunu kontrol ediniz.	

 Numunenin deney aletine yerleştirilmesi	• Spatula yardımı ile numuneyi çanak içine yerleştiriniz ve yüzeyini düzeltiniz. • Numune seviyesinin çanak ön yüzü ile sıfırlandıktan sonra zemine paralel olacak şekilde tesviye edilmesine dikkat ediniz. • Bu şekilde ne kadar numune kullanılması gerektiğini de belirlemiş olacağınızı unutmayınız.	
 Numunenin eşit şekilde bölünmesi	• Yarma bıçağı ile üstten aşağıya doğru numuneyi eşit şekilde ikiye ayırınız. • Çanak tabanının net şekilde görünmesine dikkat ediniz. • Çanak önünden taşan numuneleri spatula ile düzgünce alınız.	
 Vuruş sayısının belirlenmesi	• Çevirme kolunu saniyede iki (2) devir olacak şekilde çeviriniz. • Çevirme sırasında gözünüz açılan kanalda olması gerektiğini unutmayınız. • Kapanmanın tabandan olması gerektiğini unutmayınız. • Kapanma tabandan 1 cm'yi geçince çevirmeyi bırakınız. • Sayaç okumasını yapınız ve kaydediniz. • Vuruş sayısının kıvam için önemli olduğunu unutmayınız. Özellikle ilk deneyde az veya çok çıkması durumunda gerekli önlemleri almayı unutmayınız.	
 Su muhtevası için numune alınması	• Kapanma yerinden her iki taraftan eşit şekilde yaklaşık 30 g numune alarak darası alınmış kaba koyunuz. • Numunenin yaş ağırlığını tartarak kaydediniz (M_1). • İlk numuneyi 1 numaralı kaba koymayı ve sırayı takip etmeyi unutmayınız.	
 Numunenin yeni deneylere hazırlanması	• Kalan numuneyi tekrar karıştırma kabına alınız ve çanağı nemli bez ile temizleyiniz. • Karıştırma kabındaki numuneye ilk vuruş sayısına göre çok az miktarda damıtık su ilave ederek homojen olana kadar karıştırınız.	

 Deneyin devam ettirilmesi	• Numuneyi çanağa yerleştirerek tesviye ediniz. İlk deneydeki adımları izleyerek vuruş sayısı belirleyiniz. Bu deneyin su muhtevası için numune alınır. • Deneyi en az dört (4) kez tekrar ediniz. İlk iki veya üç vuruşun 25 üstü, kalan vuruş sayılarının da 25 vuruşun altında olmasına dikkat ediniz. • Her tespit edilen vuruş sayısına karşılık gelen su muhtevası için örnek numune alınız. • Bu numuneleri numaralandırılmış kaplara sırasıyla koymayı unutmayınız.	
 Su muhtevalarının belirlenmesi	• Numaralandırılmış kaplardaki yaş numuneleri 4-8 saat etüvde değişmez ağırlığa erişinceye kadar kurutarak kuru ağırlıkları tartınız ve kaydediniz (M_2). • Her vuruşa karşılık gelen numunenin su muhtevası değerlerini hesaplayınız ve kaydediniz (w1,w2……).	
 Grafik üzerinde likit limitin belirlenmesi	• Grafik kâğıdı üzerinde her deney için vuruş sayısına denk gelen su muhtevası noktalarını belirleyiniz. • Belirlediğiniz bu noktalardan geçen en ideal grafiği çiziniz. • Oluşturulan grafikte 25 vuruşa denk gelen su muhtevası değerini belirleyerek likit limit değerini gösteriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• İşlem sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki işleme hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• İşlem sonrası grubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

10.2. ZEMİNLERDE PLASTİK LİMİT DENEYİ (TS 1900-1)

10.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Yuvarlama Yüzeyi: Kalınlığı en az 9 mm, bir kenarının uzunluğu en az 450 mm olan, kare şeklinde cam plakadır. Bunun yanında pürüzsüz ve su emmeyen uygun büyüklükteki metal, mermer, plastik gibi malzemelerden yapılmış plaka veya yüzeyler kullanılabilir. Numunenin yuvarlanmasında zemin olarak kullanılacaktır.

Metal Çubuk: 3 mm çapında olmalıdır. Numunenin 3 mm çapında inceltilmesinde karşılaştırmak için kılavuz olarak kullanılır.

Elek ve Tavası: 425 µm göz açıklıklı elek ve 50 cm çapında metal tepsidir. Deneyde kullanılacak elek çapına sahip numune elde etmek için kullanılacaktır.

Metal çanak (en az 150 mm çaplı), karıştırmak için metal kaşık (metal palet), spatula, damıtık su dolu pipetli şişe, nemli bezler, etüv, en az iki adet, 3-6 cm çapında silindir metal kaplar, hassas terazi diğer gerekli malzemelerdir

10.2.2. Deneyin Yapılışı

- Likit limit deneyinden artan malzeme plastik limit deneyinde kullanılabilir. Likit limit deneyinden artan numune varsa deney öncesi birkaç saat laboratuvar ortamında açıkta bırakılmalıdır. Numuneniz yoksa 425 µm elek altında kalan yaklaşık 50 g zemin numunesi metal tasa konup damıtık su ile karıştırılır. Numune kıvamı likit limit kıvamından daha koyu olur. Hazırlanan numune ağzı kapalı kapta 24 saat dinlenmeye bırakılır.
- Deney öncesi numune tekrar karıştırılır ve iki eşit parçaya ayırılır.
- Numuneler su emmeyen düzgün ve pürüzsüz yüzey üzerinde avuç içi ile fazla bastırılmadan 3 mm kalınlığında ve yaklaşık 10 cm uzunluğunda silindir hâline getirilir (3 mm'lik metal çubuk kılavuz olarak kullanılmalıdır.). Bu duruma gelen numunenin üzerinde kılcal çatlamalar gözlenirse deney başarılı bir şekilde yapılıyor demektir.
- Numune 3 mm'den önce kırılıyorsa numuneye damıtık su ilave edilerek deney tekrarlanır.
- Numune 3 mm incelmesine rağmen kılcal çatlamalar gözlenmiyorsa toplanıp yoğurulup deney tekrarlanır.
- Kılcal çatlamalar gözlenen numune plastik limit değerine ulaşmış demektir. Önce numunenin tartılacağı kabın darası alınarak kaydedilir (M_d). Numune ıslak ağırlığı kap ile birlikte tartılıp kaydedilmelidir (M_1).
- Numune etüvde 105 ºC'ta değişmez etüv kurusu durumuna kadar kurutulur. Desikatörde soğutulan numune tartılarak kuru ağırlığı kaydedilir (M_2).
- Numunenin su muhtevası şu formülle bulunur:

$$w = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_d} \cdot 100$$

w = Zeminin su muhtevası
M_1=Yaş numune+ dara kütlesi (g)
M_d= Kap darası(g)
M_2= Kuru numune+ dara kütlesi (g)

- Deney iki farklı numune üzerinde tekrarlanır.
- Likit limit su içeriği yüzdesinden plastik limit su içeriği değeri arasındaki farkla plastik indisi hesaplanır.

($I_P = W_L - W_P$)

10.2.3. Deney Raporu

Deneyden elde edilecek sonuçlar Deney Raporu'na kaydedilir. Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Deney rapor bilgileri Tablo 10.1'e işlenir.

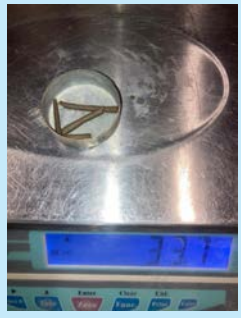
2. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği iki farklı örselenmiş deney numunesi ile plastik limit deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

DENEY ADI: Yuvarlama Yöntemiyle Plastik Limit Deneyi
DENEY SÜRESİ: Uygulama 30 dk., bekleme 24 saat, uygulama ve hesaplama 1 saat

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

 Araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Numunenin elenmesi	• Hava kurusu durumundaki numuneyi 0,425 mm'lik elekten eleyiniz. • Özellikle iri daneleri çok olan zeminlerden yeteri kadar numune çıkmıyorsa zemini etüv kurusu durumuna getiriniz.	
 Numunenin karıştırılması	• Elenmiş numuneden 50 g alınız. • Metal karıştırma kabı içinde saf su ile numuneyi likit kıvamından daha yoğun bir kıvam elde edinceye kadar karıştırarak homojen bir karışım elde ediniz. • Hamuru hava almayacak şekilde kapatarak 24 saat dinlenmeye bırakınız.	
 Numunenin yuvarlanması	• Numuneyi kullanmadan önce tekrar karıştırınız. • Numuneden başparmak tırnağı kadar parça alarak pürüzsüz düzgün yüzeyde avuç içi ile yuvarlayarak silindir hâline getiriniz. • Numunenin ezilmemesi veya kırılmaması için fazla bastırmadan ve yavaş hareketlerle yuvarlayınız.	
 Kılcal çatlamaların gözlenmesi	• Numuneyi 3 mm'ye kadar inceltiniz. • Uzunluğunun kırılmadan en az 10 cm olmasına dikkat ediniz. • İnceliği, kılavuz 3 mm çaplı metal çubukla kontrol ederek sağlayınız. • Numune 3 mm'den önce kırılırsa numuneye birkaç damla damıtık su ilave ederek, tekrar karıştırarak deneye devam ediniz. • Numune 3 mm'den daha ince olmasına rağmen kılcal çatlamalar gözlenmiyorsa numuneyi toplayıp deneyi aynı numune ile tekrar yapınız.	

Numune kabının tartılması	• Numune kabının darasını alınız (Md).	
 Islak numunenin tartılması	• 3 mm çapında ve yaklaşık 10 cm uzunluğundaki numunede kılcal çatlamalar gözlemleyiniz. • Numunede kılcal çatlamalar gözlendiğinde numuneyi kaba koyarak kapla beraber ıslak numuneyi 0,01 g duyarlılıkla tartınız (M_1).	
 Numunenin kuru kütlesinin tartılması	• Numuneyi etüvde 105 ºC'ta değişmez ağırlığa gelinceye kadar etüv kurusu durumuna kadar kurutunuz. • Kurutulmuş numuneyi tartınız (M_2).	
 Hesaplamaların yapılması	• $w = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_d} \cdot 100$ formülü ile su muhtevasını bulunuz. • (IP= WL-WP) işlemi ile plastisite indisini bulunuz. • Deneyi iki numune ile tekrarlayınız. Aradaki farkın 0,01 olması gerektiğini unutmayınız. • Sonuçları 0,1 hanesine yuvarlayarak plastik limit değerini bulunuz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• İşlem sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki işleme hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun doldurulması	• İşlem sonrası grubunuzla rapor hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

10. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi Atterberg zemin kıvamlarından değildir?
A) Sert katı
B) Katı
C) Yarı katı
D) Plastik
E) Akışkan

2. I. Yuvarlama yöntemi
II. Penetrasyon (düşen koni) yöntemi
III. Çarpmalı cihaz, grafik yöntemi
IV. Çarpmalı cihaz, tek nokta yöntemi
V. Kurutma yöntemi
Yukarıda verilen zemin deney yöntemlerinden kaç tanesi likit limit kıvamı belirlemesinde kullanılır?
A) I
B) II
C) III
D) IV
E) V

3. Aşağıdakilerden hangisi likit limit deneyinde kullanılan aletlerden değildir?
A) Casagrande aleti
B) Penetrasyon aleti
C) Yarma bıçağı
D) Etüv
E) Hassas terazi

4. Likit limit tayini deneyinde ilk deneyde vuruş sayısı 25'in altında çıkarsa aşağıdakilerden hangisi yapılır?
A) Casagrande aleti değiştirilir.
B) Sayaç 25 vuruşa ayarlanmalı ve deney tekrar edilir.
C) Numune etüve atılarak kurutulur.
D) Numuneye bir miktar saf su katılarak homojen şekilde karıştırılır.
E) Numune laboratuvar ortamında bir süre açıkta bırakılır.

5. Likit limit deneyi yapılırken ilk deneyde vuruş sayısının 80'in üzerinde çıkmasının anlamı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Numunenin yeteri kadar ince olmadığı
B) Numunede gereğinden fazla su bulunduğu
C) Casagrande aletinin bozuk olduğu
D) Numune miktarının fazla olduğu
E) Numunenin kıvamının koyu olduğu

6. Likit limit grafiği aşağıdaki hangi değerler dikkate alınarak çizilir?
A) Su muhtevası-vuruş sayısı
B) Dane çapı-vuruş sayısı
C) Numune miktarı-su muhtevası
D) Dane çapı-su muhtevası
E) Numune miktarı-vuruş sayısı

7. Plastik limit değeri aşağıdaki hangi kıvamlar arasındaki sınır değerdir?
A) Akışkan kıvam-plastik kıvam
B) Plastik kıvam-yarı katı kıvam
C) Yarı katı kıvam-katı kıvam
D) Akışkan kıvam-yarı katı kıvam
E) Plastik kıvam-katı kıvam

8. Plastik limit belirleme deneyi aşağıdaki hangi yöntemle yapılır?
A) Kurutma
B) Sıkıştırma
C) Sündürme
D) Yayma
E) Yuvarlama

9. Aşağıdakilerin hangisinde numune kaç mm inceldiğinde plastik limit deneyinde kılcal çatlamalar gözlenir?
A) 10 mm
B) 8 mm
C) 5 mm
D) 3 mm
E) 1 mm

10. Aşağıdakilerden hangisi plastisite indisini açıklar?
A) Likit limit numune miktarı ile plastik limit numune miktarı arasındaki kütle farkı
B) Plastik limit deneyinde kullanılan yaş numune ile kuru numune arasındaki kütle farkı
C) Plastik limit deneyi yaş ve kuru numune arasındaki su muhtevası değeri
D) Likit limit değeri yaş ve kuru numune arasındaki su muhtevası değeri
E) Likit limit ve plastik limit su muhtevaları farkı







11. ÖĞRENME BİRİMİ

ZEMİNLERDE SIKIŞMA DENEYLERİ

KONULAR

11.1. ZEMİNLERDE TEK EKSENLİ BÜZÜLMENİN SAPTANMASI DENEYİ
11. 2. ZEMİNLERDE DANE ÇAPI DAĞILIMI DENEYİ
11. 3. ZEMİNLERDE KURU BİRİM AĞIRLIK- SU İÇERİĞİ BAĞINTISINI 2,5 KG'LIK TOKMAKLA BELİRLEME DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Lineer rötre
- Hacimsel rötre
- Dane çapı dağılımı
- İnce madde dağılımı
- Hidrometre

GİRİŞ

Büzülme deneyleri zemin kıvam deneylerinin devamı olan katı kıvama geçişin belirlenmesi için yapılmaktadır. Doğrusal ve hacimsel büzülme deneyleri ile zeminin katı kıvama geçişindeki su içerikleri belirlenmektedir. Dane çapı dağılımı deneyi zeminin sınıflandırılmasında önemli bir deneydir. Iri dane dağılımı için elek analizi, ince daneleri belirlemek için ise pipet ve hidrometre yöntemleri kullanılmaktadır.

Zeminlerde sıkıştırma işlemleri zeminin kuru birim ağırlığını artırmayı amaçlamaktadır. Kuru birim ağırlığı artan zemininin taşıma kapasitesi, darbe ve aşınmaya karşı dayanımı ve geçirimsizliği artacaktır.

Özellikle dolgu kullanılan yol, baraj gibi yapılarda sıkıştırma işlemi yapılmaktadır. Sıkıştırma işlemi laboratuvar sonuçlarından elde edilen verilerle gerçekleştirilmelidir. Sıkıştırma deneyleri standart proktor (2,5 kg'lık tokmak) ve modifiye proktor (4,5 kg'lık tokmak) deneyleri ile laboratuvar ortamında gerçekleştirilir. Zeminin mevcut sıkıştırma oranı ise kum konisi ve nükleer yoğunluk ölçüm yöntemleri ile arazide belirlenmektedir.

11.1. TEK EKSENLİ VE HACİMSEL BÜZÜLME DENEYLERİ [TS 1900-1]

Zeminlerde büzülme deneyi; zeminin plastik kıvamdan katı kıvama geçiş sırasındaki su içeriğinin belirlenmesi için yapılır. Zeminin plastik kıvamdan katı kıvama geçişindeki su içeriği, boydaki kısalmanın tespiti ve hacimsel küçülmenin tespiti yöntemleri ile belirlenir.

11.1.1. Zeminlerde Tek Eksenli Büzülmenin Saptanması Deneyi

Zemindeki doğrusal (lineer) büzülme oranıyla ilgili bir deneydir.

11.1.1.1 Deney Araç Gereç ve Ekipmanları



Kalıp: Pirinç veya paslanmaz başka uygun bir malzemeden imal edilir. İç yarıçapı 25 mm, iç uzunluğu 140 mm olan yarım silindir kalıptır (Görsel 11.1).

Etüv, desikatör, kumpas, elek (425 µm), palet bıçağı veya spatula, paslanmaz metal karıştırma kabı, gres yağı deney için gereklidir.

Görsel 11.1: Lineer büzülme kalıbı

11.1.1.2. Deneyin Yapılışı

- Kalıp iç yüzey uzunluğu 14 cm olmalıdır. (L1).
- Kalıp iyice temizlenir ve zeminin yapışmasını önlemek amacıyla iç yüzeyleri silikon gresiyle hafifçe yağlanır.
- 425 µm'lik elekten geçen malzemeden yaklaşık 150 g numune alınır. Damıtık su ile karıştırma kabında plastik kıvamda homojen bir şekilde karıştırılır.
- Elde edilen deney numunesi, su karışımı, kenarlarından çok az taşacak biçimde kalıba doldurulur ve içindeki hava kabarcıklarının çıkmasını sağlamak amacıyla hafifçe sarsılır. Numunenin üstü palet bıçağıyla kalıbın üst kenarları düzeyinde sıyrılarak üst yüzey düzeltilir. Kalıbın kenarlarına bulaşmış olan zemin ıslak bir bezle silinir.
- Numunenin kurutulması işleminde kalıp önce hava akımı olmayan bir yere konur ve numune, kalıp çeperinden çekilene kadar açıkta kurutulur. Ardından büzülme büyük ölçüde tamamlanıncaya kadar 60± 5 °C sıcaklıktaki etüvde ve son olarak da tam kurumayı sağlamak amacıyla 05± 5 °C sıcaklıktaki etüvde tam kurutma sağlanır.
- Etüv kurusu durumuna gelen numune çıkartılarak desikatörde soğutulur ve numune uzunluğu ölçülür (L2). Numune kuruma sırasında eğrilmişse kalıptan özenle çıkarılır ve alt ve üst yüzeylerinin uzunlukları ölçülür. Bu iki değerin ortalaması, etüvde kurumuş numunenin uzunluğu olarak alınır. Numunenin kötü bir biçimde çatlaması veya kırılması sebebiyle ölçüm yapmak zorlanmışsa deney, kurutma işlemi daha düşük sıcaklık ve daha uzun süreye yayılarak yeniden yapılmalıdır.

Zeminin tek eksenli büzülme değeri (Ls), şu formül ile hesaplanır:

$$Ls = 1 - \frac{L_2}{L_1} x100$$

Zeminin tek eksenli büzülme değeri, % olarak en yakın 0,1 hanesine yuvarlatılarak verilir. Ayrıca ana malzemenin 425 µm'lik elekten geçen yüzdesi kaydedilir.

11.1.1.3. Deney Raporu

Deneyden elde edilecek sonuçlar deney değerlendirme raporuna kaydedilir. Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Tablo 11.1: Deney Raporu

Deneyin Adı	Zeminlerde Lineer Rötre Limiti Deneyi
Standart No.	TS 1900-1 (2006)

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar:		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No. :		Dane Büyüklük Sınıfı	425 µm altı
Deney Tarihi:		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat:		Laboratuvar Nemi	
Deney No. :	L_1(mm)	L_2 (mm)	Tek Eksenli Büzülme Değeri (Ls) %

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

1. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin size vereceği iki farklı örselenmiş deney numunesi ile tek eksenli büzülme deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Tek Eksenli Büzülmenin Saptanması Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 30 dk., bekleme 24 saat, uygulama ve hesaplama 1 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Kalıbın yağlanması	• Yağlama işlemini ince film tabakası şeklinde yapınız.	
 Numunenin karıştırılması	• Numuneyi 425 µm'lik elekten elerken bu elek altında kalan numune miktarını % olarak hesaplamayı unutmayınız. • Elenmiş numuneden 150 g alınız. • Numune miktarını en az iki deney tekrarı yapacak şekilde ayarlayınız. • Karışımı plastik kıvam ayarında homojen şekilde hazırlayınız.	
 Numunenin kalıba yerleştirilmesi	• Numuneyi kalıp yüzeyinden taşacak şekilde doldurunuz. • İyi yerleşmesi için zemine hafifçe çarptırarak sarsınız. • Kalıp seviyesinde uygun alet ile sıyırarak kalıp kenarlarını nemli bezle siliniz.	
 Numunenin kurutulması	• Numunenin birden kavrulmaması için kademeli olarak sıcaklık ayarı yapınız. • (60±5) °C'tan başlayarak (105±5) °C'ta kurutma işlemini 24 saat içinde sonlandırınız.	

 Hesaplamaların yapılması	• Etüvden çıkan numuneyi desikatörde soğutmayı unutmayınız. • Eğilmiş numuneleri alt ve üst yüzeylerden ölçerek ortalama değer alınız. • Sonuçları 0,1 hanesine yuvarlayarak işleyiniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• İşlem sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki işleme hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• İşlem sonrası grubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

11.1.2. Hacimsel Büzülmenin Tayini

Bu deney metodunda açıklanan büzülme faktörleri, sadece havada kurutulduğunda makul bir kuru direnç gösteren ince daneli zeminlere uygulanabilir. Büzülme limiti (wb), kohezyonlu bir zeminin en küçük boşluk oranında etüvde kurutulmasından sonra boşluklarını dolduran suyun miktarı olarak tarif edilir.

11.1.2.1 Deney Araç Gereç ve Ekipmanları



Görsel 11.2: Hacimsel büzülme deney seti

Büzülme Kabı: Altı düz, çapı yaklaşık 44 mm, yüksekliği yaklaşık 12 mm olan porselen veya metal kaptır (Görsel 11.2).

Cam Kap: Çapı 57 mm, yüksekliği 31 mm, kalınlığı 3 mm, ağzı açık ve pürüzsüz kaptır (Görsel 11.2).

Cam Levha: Numuneyi cıvaya batırmak için üç iğnesi olan levhadır.

Porselen veya paslanmaz metal kap, spatül, etüv, desikatör, elek, (425 µm), kumpas veya milimetrik cetvel, silikon gresi gerekli malzemelerdir.

11.1.2.2 Deneyin Yapılışı

- Zemin numunesi porselen potaya konup damıtık su ile karıştırılır. Eklenecek su, karışımı likit limit civarındaki bir kıvama getirecek kadar olur.
- Hacim değişiminin ölçüleceği kabın içi, silikon gresi ile hafifçe sıvanarak zeminin kaba yapışması önlenir. Bu şekilde hazırlanan boş kabın kütlesi **Md** kaydedilir.
- Büzülme kabı taşacak hâle gelene kadar cıva ile doldurulur. Kap sonra büyük sığ bir kabın içine oturtulur. Cam plaka, büzülme kabının içine yavaşça bastırılarak kabın içindeki cıva fazlasının dış kaba taşması sağlanır. Bu sırada cam plaka ile cıva arasında havanın sıkışıp kalmamasına dikkat edilir. Büzülme kabının içindeki civanın hacmi cıvayı bir cam mezürün içine boşaltarak veya ölçülen kütlenin cıvanın yoğunluğu olan 135,5 kN/m^{3}e bölünmesiyle bulunur. Bu değer, ıslak zemin numunesinin hacmidir (Büzülme kabı hacmi, cıva zehirlenmesi riski sebebiyle standart hacim hesabı şartları sağlanamıyorsa silindir hacim hesabı ile bulunabilir. $V_0 = \pi.r^2.h$).

- Islak numune, büzülme kabının ortasına kap hacminin 1/3'ü kadar bir miktarda doldurulur. Kap, katı bir yüzeye yerleştirilmiş bir kartonun üzerine vurularak numunenin kenarlara yayılması sağlanır. Bu işlem kabın dolup numunenin içinde bulunan tüm hava kabarcıkları yüzeye çıkana kadar tekrarlanır. Fazla numune kabın ağzından döküldükten sonra yüzeyi spatülle perdahlanır. Kabın dışına yapışmış numune de kenarlardan temizlenir.
- Yüzey düzeltildikten hemen sonra yaş numune ve kap kütlesi $\mathbf{M_1}$ tartılarak bulunur.
- Numune rengi koyudan açık tona dönüşene kadar havada, bundan sonra 105±5 °C'luk etüvde kurutulur. Bu kurutma sonucunda numune çatlamış veya kırılmış ise daha düşük su muhtevasında yeni bir numune hazırlanarak işlemler tekrarlanır. Numune sağlam ise büzülme kabı ve kuru zemin kütlesi $\mathbf{M_2}$ olarak tartılır.
- Kuru numune hacmi hesaplanır **($\mathbf{V_1}$).** Kuru numunenin hacmi birkaç yöntemle ölçülebilir. Cam kap tavanın içine yerleştirilerek ağzına kadar cıva ile doldurulur. Fazla cıva üç iğneli cam plakanın kabın üzerine bastırılmasıyla dışarı taşırılır ve taşan kısmı alınır. Kabın kenarlarına yapışmış cıva dikkatle temizlenir. Taşacak cıvayı tutmak için porselen pota sığ tavanın içine oturtulur. Kuru numune cıvanın üzerine bırakılır. Üç iğneli cam plaka numunenin üstüne bastırılarak numunenin cıvanın altına batması, bu sırada hacmine eşit cıvanın dışarı taşması sağlanır. Cam plaka bastırıldıktan sonra plaka ile cıva arasında sıkışık hava kalmamasına dikkat edilmelidir. Kuru numunenin hacmi V_1, taşan cıva kütlesinin yoğunluğuna bölünmesiyle hesaplanır (Silindir hacim hesabıyla da kuru numune hacmi belirlenebilir.).

Aşağıdaki formüllerle hesaplamalar yapılır.

$$w = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_d} x100$$

w = Zeminin su muhtevası
$\mathbf{M_1}$=Yaş numune+ dara kütlesi (g)
$\mathbf{M_d}$= Kap darası(g)
$\mathbf{M_2}$= Kuru numune+ dara kütlesi (g)

Zeminin büzülme limiti su muhtevası şöyle hesaplanır:

$$wb = w - \frac{(w_0 - w_1).pw}{M_2} x100$$

wb= Büzülme limiti su muhtevası
Vo= Kap hacmi (cm^3)
$\mathbf{V_1}$= Kuru numune hacmi (cm^3)
$\mathbf{M_2}$= Kuru numune kütlesi (g)
Pw= Suyun yoğunluğu, (9,81 kN/m^3)

Büzülme oranı SR ise şöyle hesaplanır:

$$SR = \frac{M_2}{V_1.pw}$$

Su muhtevası % olarak en yakın 0,1 hanesine yuvarlatılır. Zemin numunesinin büzülme limiti (wb) % olarak en yakın 0,1 hanesine yuvarlatılır ve numunenin büzülme oranı (0,01'e kadar) verilir.

11.1.2.3. Deney Raporu

Deneyden elde edilecek sonuçlar deney değerlendirme raporuna kaydedilir. Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Tablo 11.2: Deney Raporu

Deneyin Adı	Zeminlerde Hacimsel Rötre Limiti Deneyi
Standart No.	TS 1900-1 (2006)

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar				Numune Tanımı			
Numune Kayıt No.				Dane Büyüklük Sınıfı		425 µm altı	
Deney Tarihi				Laboratuvar Sıcaklığı			
Deneyin Yapıldığı Saat				Laboratuvar Nemi			
Deney No.	M_1	M_2	V_0	V_1	w	wb	SR

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

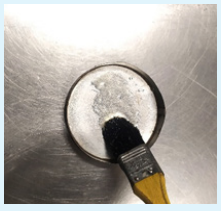
2. DENEY UYGULAMASI

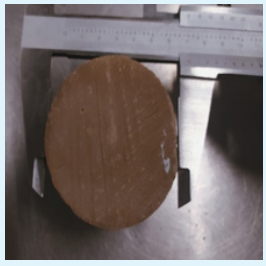
Öğretmeninizin size vereceği iki farklı örselenmiş deney numunesi ile hacimsel büzülme deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Hacimsel Büzülmenin Saptanması Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 30dk., bekleme 24 saat, uygulama ve hesaplama 1 saat

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

 Araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Kalıbın yağlanması	• Yağlama işlemini ince film tabakası şeklinde yapınız.	
Kabın darası ve hacmin belirlenmesi	• Kabı 0,01 g duyarlılıkta tartınız (Md). • Numune kabının hacim hesabını dikkatlice yapınız (V_o).	
 Numunenin karıştırılması	• Numuneyi 425 µm'lik elekten elerken bu elek altında kalan numune miktarını % olarak hesaplamayı unutmayınız. • Elenmiş numuneden 100 g alınız. • Numune miktarını en az iki deney tekrarı yapacak şekilde ayarlayınız. • Karışımı likit kıvam ayarında homojen şeklide hazırlayınız.	
 Numunenin kalıba yerleştirilmesi	• Numuneyi kalıba üç seferde doldurunuz. • İyi yerleşmesi için karton kaplı zemine hafifçe çarptırarak sarsınız. • Kalıp seviyesinde uygun alet ile sıyırarak kalıp kenarlarını nemli bezle siliniz.	
Yaş numune kütlesinin bulunması	• Doldurulmuş numuneyi darasıyla beraber 0,01g duyarlılıkta tartınız ve kaydediniz (M_y).	
 Numuneyi kurutup tartınız.	• Numuneyi rengi açık renge dönüşünceye kadar havada ardından (105±5) °C'ta 24 saat etüv kurusu durumuna getiriniz. • Kurutma işlemi sonrası numunede çatlama veya kırılma varsa daha az su muhtevası ile numune hazırlayıp deneyi tekrarlayınız. • Numuneyi desikatörde soğuttuktan sonra tartınız ve kaydediniz (M_k).	

 Kuru numunenin hacminin belirlenmesi	• Kuru numune hacmini belirleyeceğiniz yöntemle hesaplayınız (V1).	
 Hesaplamaların yapılması	• $w = \frac{M1 - M2}{M2 - Md} . 100$ fomülü le su muhtevasını, • wb=w-((Vo-V1).pw)/(Mk-Md).100 formülü ile büzülme limiti su muhtevasını, • SR =(Mk-Md)/(V1.pw) formülü ile büzülme oranını hesaplayınız. • Sonuçları 0,1 hanesine yuvarlayarak işleyiniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• İşlem sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki işleme hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun doldurulması	• İşlem sonrası grubunuzla rapor hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

11.2. ZEMİNLERDE DANE ÇAPI DAĞILIMI DENEYİ

TS 1900-1'e göre dane çapı dağılımı deneyi zemin özelliklerine göre farklı yöntemlerle yapılır. 75 µm üzerindeki dane dağılımı yıkamalı eleme ve kuru eleme metotları ile 75 µm altında kalan daneler ise pipet ve hidrometre yöntemleri ile bulunur.

11.2.1. Yıkamalı Eleme Metoduyla Dane Çapı Dağılımının Bulunması (TS 1900-1)

Yıkamalı eleme metodu elek üstünde kalan numuneler için eleme yöntemi ile dane çapının belirlenmesine dayanır. Bu yöntemde 75 µm elek altında kalan ince maddeler ve yıkama suyu biriktirilir. Kütlece ince madde oranının tespiti ve ince maddeler için yapılacak hidrometre deneyinde kullanılmak üzere bekletilir.

11.2.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları



Büzülme Kabı : Altı düz, çapı yaklaşık 44 mm, yüksekliği yaklaşık 12 mm olan porselen veya metal kaptır (Görsel 11.2).

Cam Kap : Çapı 57 mm, yüksekliği 31 mm, kalınlığı 3 mm, ağzı açık ve pürüzsüzdür (Görsel 11.2).

Cam Levha : Numuneyi cıvaya batırmak için üç iğnesi olandır.

Porselen veya paslanmaz metal kap, spatül, etüv, desikatör, elek, (425 µm), kumpas veya milimetrik cetvel, silikon gresi gerekli malzemelerdir.

Görsel 11.2: Hacimsel büzülme deney seti

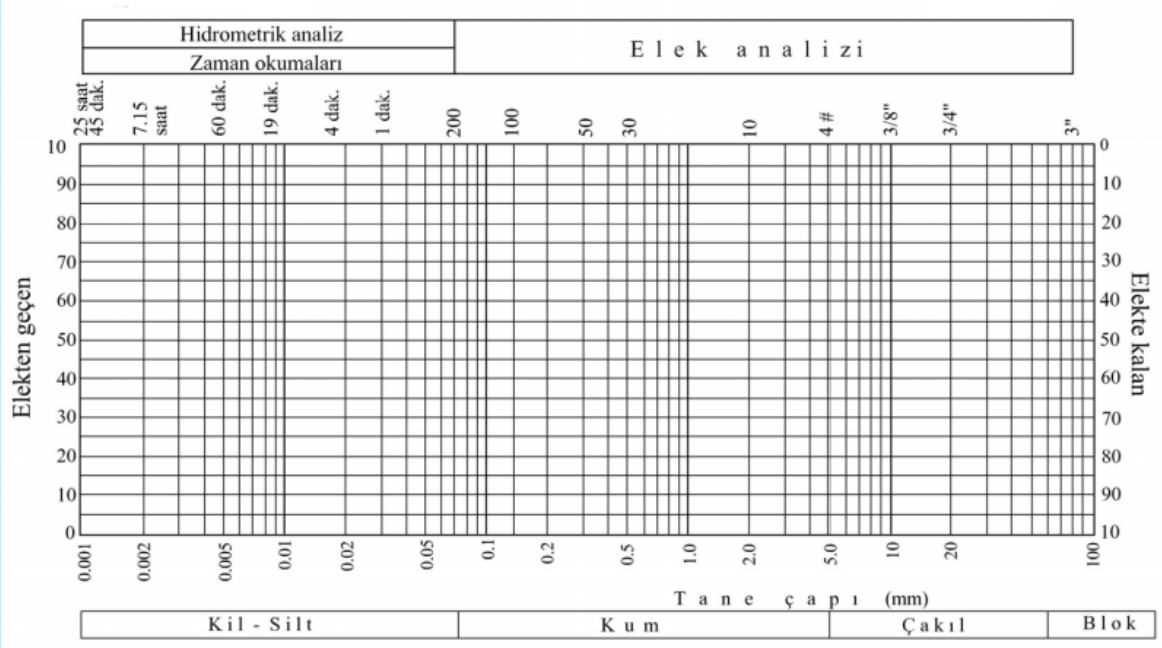
11.2.1.2. Deneyin Yapılışı

- Örselenmiş zemin numunesi, bölgeç yöntemiyle azaltılarak deney numunesi elde edilir ve etüvde 105±5 °C kurutulur. Kurutma işlemi sonrasında iri zemin daneleri varsa bunların üzerine yapışmış ince malzemelerin iri dane sertliğine uygun fırça ile fırçalanarak birbirinden ayrılması sağlanır. Etüvde kurumuş malzeme 0,01 g doğrulukla tartılır ve bulunan değer kaydedilir (M_1).
- Numune geniş bir tepsi içine serilir veya bir kova içine konur ve su ile örtülür.
- Numuneyi örtmekte kullanılan suyun her bir litresi için yaklaşık 2 g sodyum hegza meta fosfat katılır ve zeminin tamamen ıslanmasını sağlamak için kabın içindekiler iyice karıştırılır. Sodyum hegza meta fosfat danelerin birbirinden ayrışmasını sağlamak için kullanılır. Temin edilemediği durumlarda suda bekleme süresi 24 saat olur ve numune ara ara karıştırılarak ayrışma sağlanır.
- Numune son bir kez karıştırıldıktan sonra bulanık su, yavaş yavaş 75 µm'ik eleğin üzerine aktarılır. Bu arada elekten geçen su ve ince maddelerin toplanması için elek altına bir kova konularak yıkanır. Yıkama işlemi deneyim gerektirir. İri danelerin 75 µm'lik eleğe zarar vermemesi için 75 µm'lik eleğin üzerine daha büyük göz açıklıklı ve kalın telli başka bir elek (425 µm veya 2 mm gibi) konarak iri danelerin bu eleğin altına geçmesi önlenir. Eleklerden herhangi birinin aşırı yüklenmemesine dikkat edilir. 75 µm'lik elek üzerinde kalan malzeme hiçbir zaman 150 gramı aşmaz.
- Numuneye yeniden su katılır. Bulanık su, 75 µm elekten geçirilip atılır. Bu yıkama işlemi, 75 µm elekten geçen su berrak hâle gelinceye kadar sürdürülür.
- Yıkanan numuneler geniş bir tepsiye konarak 24 saat boyunca etüvde (105±5) °C kurutulur.
- Kurutulan numune desikatörde soğutulduktan sonra 0,01g duyarlılıkta tartılır (M_1). M_2-M_1 bağlantısıyla ince madde miktarı belirlenir.
- Etüvde kurutulan malzeme göz açıklığı büyükten küçüğe doğru dizilmiş ve en altında da toplama kabı olan elek serisinden geçirilir. Eleme mekanik sarsma cihazıyla yapılıyorsa sarsma süresi en az 10 dakika olmalıdır. Her elekte kalan miktar tartılır ve elde edilen kütleler Tablo 11.3'e kaydedilir.

11.2.1.3. Hesaplamalar ve Deney Raporu

Tablo 11.3: Deney Raporu

Deneyin Adı		Zeminlerde Yıkamalı Elek Yöntemi İle Dane Çapı Dağılımı Deneyi				
Standart No.		TS 1900-1 (2006)				
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar			Numune Tanımı		Örselenmiş ..... Örselenmemiş	
Numune Kayıt No.			Laboratuvar Sıcaklığı			
Deney Tarihi			Laboratuvar Nemi			
Deneyin Yapıldığı Saat			Yıkandıktan Sonrası Kuru Numune Kütlesi			
Yıkanmadan Önceki Kuru Numune Kütlesi			75 Mm'lik Elek Altında Kalan Numune %Si			
D10 (mm)			Uniformluk Kat Sayısı (Cu)			
D30 (mm)			Süreklilik Katsayısı (Cr)			
D (60 mm)			Çakıl Yüzdesi			
Kum yüzdesi			Kil-Silt Yüzdesi			
Elek Göz Açıklığı	Elek Kütlesi (g) 1	Elek + Numune Kütlesi (g) 2	Elek Üstü Numune Kütlesi (g) 3	Kalan % 4	Toplam Kalan % 5	Toplam Geçen % 6
75 mm						
40 mm						
20 mm						
9,5 mm						
4.25 mm						
2 mm						
1.19 mm						
600 µm						
300 µm						
150 µm						
75 µm						
Pan						



Deneyin Değerlendirilmesi	
Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

% hesap değerleri 0,1 doğrulukla yazılır.

Tablo doldurması şu şekilde yapılır:

$$Kalan\%Sütunu = \frac{3(elek_üstü_numune_kütlesi)}{M2} \square 100$$

- **Toplam Kalan % Sütunu:** Önceki eleklerin kalan %'leri toplanarak aşağıya doğru inilir.
- **Toplam Geçen %:** 100-toplam kalan % farkı ile her elek için bulunur.

Verilerin Grafiğe İşlenmesi

- İlk olarak elemede kullanılan eleklerin göz açıkları satır sütununa işaretlenir.
- Her elekten geçen yüzdeler ilgili elek ile tabloya işaretlenir.
- İşaretlenen bu noktalar sırayla birleştirilerek dane çapı dağılım eğrisi oluşturulur.
- Dane dağılımı eğrisi çizildikten sonra kritik çaplar D10, D30 ve D60 eğriden okunur. Efektif çap D10, %10 düşey eksen değerinden çıkılan yatay doğrunun, dane çapı dağılımı eğrisini kestiği noktanın yatay eksendeki karşılık değeridir. Benzer biçimde D30 ve D60 değerlerini bulmak için % geçenin %30 ve %60 düşey eksen değerlerinden çıkılan yatay doğruların eğriyi kestiği noktalar bulunduktan sonra dane çapı eksenine çizilen düşey doğrulardan D30 ve D60 okunur. Buradan dane dağılımı ölçütleri şöyledir:

Uniformluk katsayısı $$Cu = \frac{D60}{D10}$$

Süreklilik katsayısı $$Cr = \frac{D^2 30}{D10.D60}$$

Deney uygulaması sırasında Deney Takip Formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar Deney Raporu'na kaydedilir. Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

ÖRNEK

Yıkamalı elek yöntemi ile yapılan dane çapı dağılımı deneyinde yıkama sonrası etüv kurusu ağırlığı 1118 g gelmiştir. Yapılan eleme sonrası elek üstü değerleri Tablo 11.4'te verilmiştir. Verilen değerlere göre % geçen değerlerini bularak iri dane grafiğini oluşturunuz.

Bu grafik rehberliğinde zeminin D10, D30, D60, üniformluk ve süreklilik katsayılarını hesaplayınız.

Tablo 11.4: Dane Çapı Değerlerinin Tabloya İşlenmesi

Elek Göz Açıklığı	Elek Kütlesi (g) 1	Elek + Numune Kütlesi (g) 2		Elek Üstü Numune Kütlesi (g) 3	Kalan % 4	Toplam Kalan % 5	Toplam Geçen % 6
75 mm	250	250		0	0	0	100
40 mm	275	275		0	0	0	100
20 mm	250	298		48	4,3	4,3	95,7
9,5 mm	280	355		75	6,7	11	89
4.25 mm	275	375		100	8,9	19,9	80,1
2 mm	225	395		170	15,2	35,1	64,9
1.19 mm	215	510		295	26,4	61,5	38,5
600 µm	195	325		230	20,6	82,1	17,9
300 µm	180	280		100	8,9	91	9
150 µm	150	195		45	4	95	5
75 µm	125	160		35	3,1	98,1	1,9
Pan	145	165		20	2,2	100	0

KALAN % (4)

75 mm Kalan % =0

40 mm Kalan % =0

20 mm Kalan %=(3/M2x100= (48/1118)x100=4,3

9,5 mm kalan %=(75/1118) x100=6,7

4.25 mm kalan%=(100/1118) x100=8.9

2 mm kalan %=(170/1118) x100=15,2

1.19 mm kalan%= (295/1118 x100=26,4

600 µm kalan%= (230/1118 x100=20,6

300 µm kalan%= (100/1118 x100=8,9

150 µm kalan%= (45/1118)x100=4

75 µm Kalan%= (35/1118)x100=3,1

Pan=(25/1118)x100=2,1

TOPLAM KALAN%

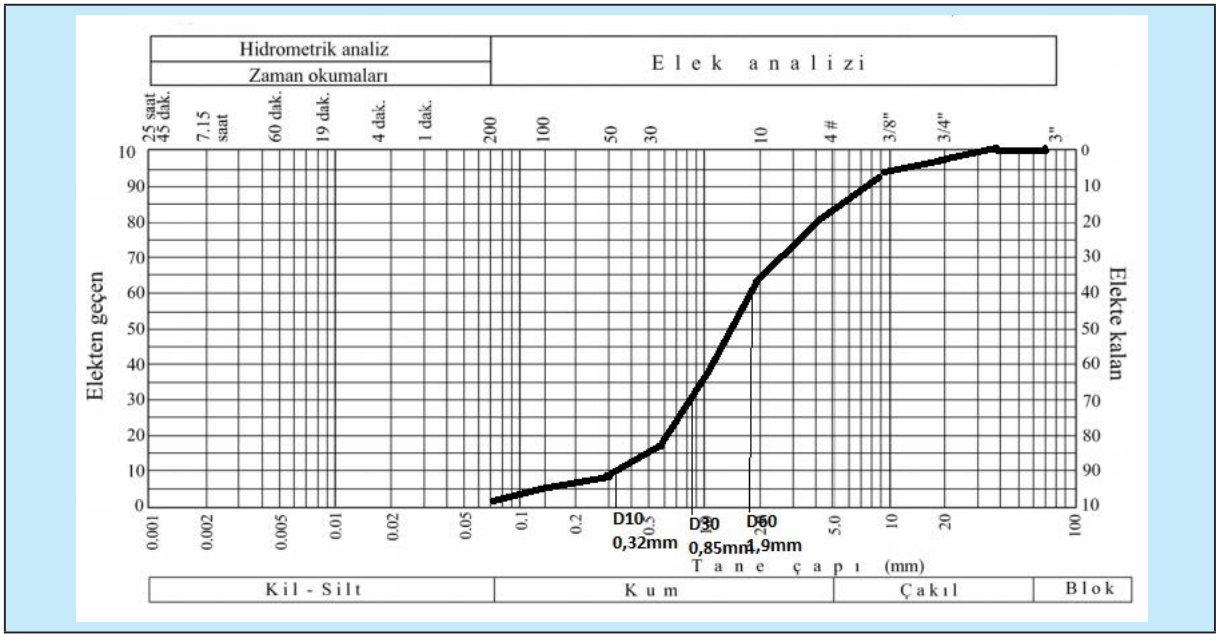
75 mm Kalan % =0
9,5 mm kalan %=4,3+6,7 =11
2 mm kalan %=19,9+15,2=35,1
600 µm kalan %=61,5 +20,6=82,1
150 µm kalan%=4=95
Pan=98,1+2,1=100,2=100

40 mm Kalan % =0
4.25 mm kalan %=11+8.9=19,9
1.19 mm kalan %=35,1+26,4=61,5
300 µm kalan %=82,1+8,9=**91**
75 µm kalan %= =3,1=98,1

20 mm Kalan=4,3

TOPLAM GEÇEN %

75 mm kalan % =100-0=100
20 mm kalan=100-4,3=**95,7**
4.25 mm kalan %=100-19,9**= 80,1**
1.19 mm kalan %=100-61,5**=38,5**
300 µm kalan %=100-91=**9**
75 µm kalan %= 98,1=**1,9**
40 mm kalan % =100
9,5 mm kalan %=100-11**= 89**
2 mm kalan %=100-35,1=**64,9**
600 µm kalan %=100-82,1=**17,9**
150 µm kalan %=100-95 **=5**
Pan=**0**



D10=0,32 mm **D30=**0,85 mm **D60=**1,9 mm

Görsel 11.3: Dane çapı dağılım eğrisi

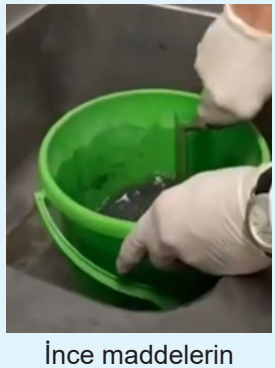
$$Uniformluk\ Katsayısı\ Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{1,9}{0,32} = 5,94$$

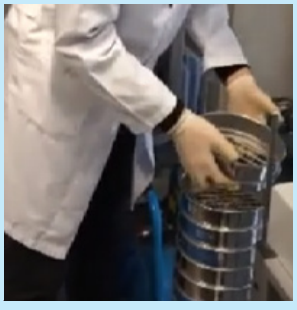
$$Süreklilik\ Katsayısı\ Cr = \frac{D^2 30}{D10xD60} = \frac{0,85^2}{0,32x1,9} = 1,19$$

3. DENEY UYGULAMASI

İmkânlarınız doğrultusunda belirleyeceğiniz azaltma yöntemi ile elinizdeki örselenmiş deney numunesini istenen miktarda azaltınız. Yıkamalı elek yöntemi ile dane çapı dağılımı deneyini iki farklı deney numunesi ile yapınız.

Deney Adı : Yıkamalı Elek Yöntemiyle Dane Çapı Dağılımı Deneyi
Deney Süresi : 1 saat uygulama, 24 saat bekleme, 2 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Kullanılacak eleklerin sağlam ve ince eleklerin temiz olduğundan emin olunuz.	
Deney numunesinin azaltılması	• Zemin numunesini standart doğrultusunda azaltınız.	
 Yıkanmamış etüv kurusu deney numunesinin tartılması	• Deney numunesini etüvde (105±5) °C 24 saat boyunca kurutunuz. • İri daneli numunelere yapışan ince maddeleri sertliğine göre fırça ile ayırınız. • İri daneli malzeme yumuşaksa kırılmamasına dikkat ediniz. • Tartılan numuneyi 0,01 doğrulukla kaydediniz (M_1).	
 İnce maddelerin ayrıştırılması	• Numuneyi tepsiye koyarak üzerini 5 mm örtecek kadar su koyunuz. • 1 litre suya 5 g oranında sodyum hegza meta fosfat ekleyiniz ve karıştırınız. • Sodyum hegza meta fosfat olmadığı durumlarda su konmuş numuneyi en az 24 saat bekletiniz ve aralıklarla karıştırınız.	
 Yıkama işleminin yapılması	• Yıkamadan önce suyu karıştırınız. • 75 µm eleğin altına biriktirme için kova yerleştirerek numuneyi azar azar elek üzerine boşaltınız. • Eleği yırtmamak için 75 µm üzerine 2 mm elek koyarak da eleyebilirsiniz. • Elek altından berrak su gelinceye kadar azar azar tüm numuneyi birkaç seferde numune kaybı yapmadan yıkayınız.	

 Yıkanmış deney numunesinin tartılması	• Yıkanmış numuneleri tepsiye yerleştirerek etüvde (105±5) °C'ta 24 saat boyunca kurutunuz. • Desikatörde kurutarak tartınız (M_2). • Kovada biriken suyu berraklaşıncaya kadar dinlendirip hortumla numune kaybı yapmadan azaltınız. • Kalan ince maddeleri etüvde (105±5) °C'ta 24 saat boyunca kurutunuz. Bu numuneyi hidrometre deneyi için kapalı bir kapta saklayınız.	
 Numunenin elenmesi	• Elekleri büyük göz açıklığından küçüğe doğru ve en altına da toplama kabını koyarak diziniz. • Elek dizisini elek sarsma makinesine yerleştiriniz ve 10 dakika eleyiniz.	
 Elek üzerinde kalan numunelerin tartılması	• Eleme işlemi sonrası elek üzerinde kalan numuneyi tartmadan önce numune kaybı yapmadan elle de kısa bir eleme yapınız. • Danelerin yarısından fazlası elek gözünden geçmiş ise daneyi bir alt eleğe koyarak tartınız. • Küçük gözlü eleklerde elek gözlerinde numune kalmaması için temizliği fırça ile yapınız. • Tartım sonuçlarını 0,01 g hassasiyetle yazmaya dikkat ediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız. • İnce gözlü elekleri fırça ile temizleyiniz.	
Hesaplamalar ve deney raporunun doldurulması	• Tablodaki sütunları ilgili formüllerle hesaplayarak doldurunuz. • Elekten geçen % değerleri ile dane dağılım eğrisi çiziniz. • Oluşturulan eğriden üniformluk ve süreklilik katsayılarını hesaplayınız. • Grubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

11.2.2. İnce Dane Dağılımının Hidrometre Yöntemiyle Bulunması

Deneyde kullanılacak numuneler, yıkamalı eleme metodu deneyinde elek altına geçenyıkama suyu içindeki ince danelerle yapılır. Bu metot, bir zeminde iri kum boyutunda ve daha ince danelerin dane çapı dağılımının bulunması ile ilgilidir. Zemin numunesinin 75 µm'lik elekten geçen bölümünün %10'dan az olduğu durumlarda ince dane deneyi uygulanmaz.

11.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Hidrometre: Kalibrasyonu yapılmış**,** bölüntü çizgileri 0,0005 g/mL'lik aralıklı olur. 0,0005'leri gösteren bölüntüler kısa çizgilerle gösterilir. Her onuncu bölüntüyü gösteren çizgi uzun olur. Bu sonuncu bölüntü çizgisinin yanına, ilgili değer yazılır.

Termometre: 0 °C ila 50 °C aralığını kapsayan 0,5°C hassasiyetteki araçtır.

Mekanik Karıştırıcı: Motor hızı 3000 devir/dakika üstünde, şaft uzunluğu 100 mm'den az olmayan mikser kullanılır.

Deney Elekleri: 75 µm ve tavasıdır.

Hidrojen Peroksit Çözeltisi: 1 hacim % 30'luk hidrojen peroksit çözeltisine, 4 hacim damıtık su katılarak elde edilir.

Sodyum Hegza Meta Fosfat Çözeltisi: 40 g sodyum heksametafosfat ($NaPO_3$) 1 L çözelti verecek biçimde damıtık suda çözülür. Bu çözelti dayanıklı değildir ve ortalama olarak ayda bir yeniden hazırlanması gerekir. Karışımın pH değeri 8-9 dışına çıkmaz. Hazırlama ve son kullanma tarihleri şişenin üzerine yapıştırılan bir etikete yazılır.

Terazi, etüv, elektrikli ısıtıcı, kronometre, desikatör, metal kap, cetvel, damıtık su dolu 1000 mL beher, 500 mL ve 1000 mL beher, 1000 mL cam mezür, cam çubuk diğer gerekli malzemelerdir (Görsel 11.4).



Görsel 11.4: Hidrometre deney seti

1. Hidrometre 2. Termometre 3. Devir ayarlı karıştırıcı mikser 4. Hidrojen peroksit 5. Sodyum hegza meta fosfat 6. Cam mezür (1000 ml) 7. Pipetli su kabı 8. Beher (1000 ml)

11.2.2.2. Deneyin Yapılışı

- Yıkamalı eleme metodu ile elek altında kalan yıkama suyu dinlendirilerek numune kaybı olmadan suyu alınır.
- Numune geniş bir tavaya alınarak (105±5) °C 24 saat boyunca kurutulur.
- Deney için gerekli zemin miktarı zeminin türüne bağlı olarak değişir. Örneğin killi zeminler için 50, kumlu zeminler için 100 g numune kullanılır.
- Kap içindeki numuneye 100 mL sodyum hegza meta fosfat çözeltisi katılır ve karışım hafif ateşte 10 dakika kadar ısıtılır.
- Numune mekanik karıştırma kabına konur. Kapta kalan numuneler pipetli damıtık su ile yıkanır. Bu sırada karıştırma kabındaki su miktarı 150 mL'yi aşmamalıdır.
- Zemin süspansiyonu bundan sonra 15 dakika süreyle mekanik karıştırıcı yardımıyla karıştırılır.
- Karışım numune kaybı olmadan 1000 mL'lik mezura aktarılır ve mezür 1000 mL seviyesine kadar damıtık su ile doldurulur.
- Mezürün ağzı lastik bir tıpa ile kapatılır. Homojen bir süspansiyon oluşana kadar sert bir biçimde çalkalanır, en sonunda baş aşağı çevrilir.
- Çalkalama işlemi durdurulur durdurulmaz mezür, düz bir yüzey üzerine oturtulur ve kronometre çalıştırılır. Hidrometre yüzme durumunun az altına gelene kadar süspansiyona daldırılır ve serbestçe yüzmeye bırakılır. Hidrometre okuması 10 sn. içinde yapılır. Daldırma işleminde çözeltinin dalgalanmamasına dikkat edilir.
- Bu arada içinde damıtık su dolu beher içinde termometre ve hidrometreyi koymak için hazır bulundurulur.
- Kronometreye bakılarak 0,5, 1, 2 ve 4'üncü dakikalarda hidrometre okumaları alınır. Bundan sonra hidrometre, yavaşça süspansiyondan çıkarılır. Damıtık suyla yıkanır ve zemin süspansiyonu ile aynı sıcaklıkta tutulan damıtık su dolu diğer bir mezür içinde bekletilir.
- Kronometre 8. dakikaya yaklaşırken (yaklaşık olarak 15 sn. kala) hidrometre yeniden süspansiyona daldırılır ve hidrometre okuması alınıp kaydedilir. Okuma alındıktan sonra hidrometre çıkarılır, yıkanır ve damıtık su içine konur. Aynı biçimde 15, 30, 60, 120, 240, 480 dakikalarda hidrometre okumaları alınır. Bundan sonra iki gün süreyle günde bir veya iki kez okuma alınır ve bu okumalara karşılık olan çökme süreleri tam olarak kaydedilir.
- Cam mezur su banyosu içinde bekletiliyorsa su banyosu sıcaklığı her okumada hidrometre okuması ile beraber kaydedilir. Su banyosu kullanılmıyorsa her okumanın termometre ile sıcaklığı ölçülmeli ve 0,5 °C hassasiyetle kaydedilmelidir.
- Deney süresinde ölçüm sıcaklıkları arası fark en fazla 2°C olur.
- Okumalar ve sıcaklıklar çizelgeye işlenerek hesaplamalarda kullanılacak değerler belirlenir.

11.2.2.3. Hesaplamalar ve Deney Raporu

Doldurulan tablodan elde edilen değerler ile eş değer dane çapı değeri TS 1900-1'e göre şöyle hesaplanır.

$$D = 0,005531\sqrt{\frac{\mu}{\rho s - \rho w}}\sqrt{\frac{HR}{t}}$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:

μ =Suyun viskozitesi (EK A)
ρs= Numunenin yoğunluğu
ρw =Suyun yoğunluğu (EK A)
HR =Hidrometre kalibrasyon eğrisinden alınan değer
t =Zaman

Deney uygulaması sırasında Deney Takip Formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar Deney Raporu'na kaydedilir (Tablo 11.6). Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Tablo 11.6: Deney Raporu

Deneyin Adı	Hidrometre Yöntemiyle Dane Boyunun Belirlenmesi
Standart No.	TS 1900-1 (2006) / ASTM D422 63

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Numunenin Alındığı Derinlik (m)	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat		Laboratuvar Nemi	
0,075 mm elek % si		Numune Kütlesi (g)	

DENEY TAKİP FORMU

Zaman (dk.)	Hidrometre Okuması	Çözelti Sıcaklığı (ºC)	Açıklama
0,25			
0,5			
1			
2			
4			
8			
16			
30			
60			
120			
240			
480			
1440			
2880			

Deneyin Değerlendirilmesi

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

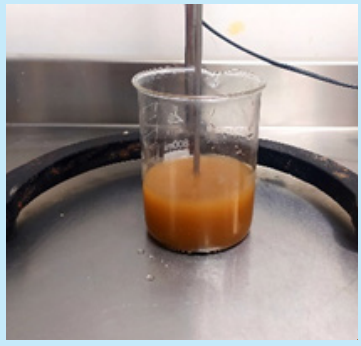
4. DENEY UYGULAMASI

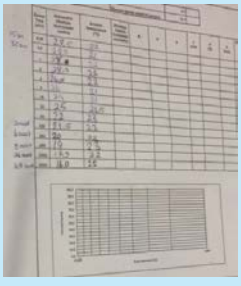
Yıkamalı elek yönteminde 75 µm (0,075 mm) elek altında kalan yıkama suyu içindeki ince danelerden iki deney numunesi oluşturarak hidrometre yöntemi ile ince dane çapı dağılımı deneyi yapınız.

Deney Adı : İnce Dane Çapı Dağılımının Hidrometre Yöntemiyle Bulunması

Deney Süresi : 1 saat uygulama, 24 saat bekleme, 2 saat uygulama, 2 gün deney takip

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Deneyde kalibrasyonu yapılmış hidrometre kullanınız.	
 Deney numunesinin hazırlanması	• Yıkamalı eleme metoduyla elde edilen yıkama suyu içindeki deney numunesini kullanınız. • Ayrı numune kullanılacaksa deney numunesini etüvde kurutarak tartınız. 24 sa. hidrojen peroksit çözeltisinde bekleterek ayrıştırınız. • 75 µm elekle yıkayarak numune elde ediniz.	
 Çözeltinin hazırlanması	• Damıtık suda 1 L çözelti verecek biçimde 40 g sodyum heksametafosfat ($NaPO_3$) çözdürerek çözeltiyi hazırlayınız.Hazırladığınız çözeltinin kullanım süresinin kısa olduğunu dikkate alarak az tekrarlı deneylerde karışım oranını sabit tutarak daha az miktarda çözelti hazırlayınız. • Hazırlanmış çözelti kullanıyorsanız son kullanma tarihine dikkat ediniz.	
 Numunenin çözdürülmesi	• Killi zeminlerde 50 g, kumlu zeminlerde ise 100 g etüv kurusu numune tartınız. • Numuneyi ısıtabileceğiniz bir kaba koyunuz (1000 mL beher kullanınız.). • Üzerine hazırlanmış çözeltiden 100 mL dökünüz 10 dk. boyunca karıştırarak hafif ateşte ısıtınız.	

 Numunenin karıştırılması	• Isıtma işlemini başka kapta yaptıysanız numuneyi 1000 mL beher içine aktarınız. • Isıtma kabına yapışan numuneyi pipetli damıtık su ile beherin içine yıkayarak kabı temizleyiniz. • Bu sırada karıştırma kabındaki çözelti miktarının 150 mL'yi geçmemesine dikkat ediniz. • Numuneyi mekanik karıştırma kabına yerleştiriniz (mikser, blender vb. kullanılabilir.) • 15 dk. boyunca numuneyi karıştırınız. • Dışarıya numune sıçramamasına dikkat ediniz.	
 Numunenin cam mezura yerleştirilmesi	• Karıştırma sonunda vakit kaybetmeden numuneyi 1000 mL'lik cam mezura kayıp vermeden ve damıtık su ile yıkayarak karıştırma kabında numune kalmayacak şekilde aktarınız. • Cam mezürü, 1000 mL çizgisine kadar damıtık su ile doldurunuz. Çalkalama işlemi sonunda tıpanın yıkanması için 950 mL'ye kadar doldurunuz. • Cam mezürün ağzını tıpa veya elinizle kapatarak aşağı yukarı yönde 180 derecelik hareketle çalkalayınız. • Cam mezürü sarsıntısız düz bir zemine veya su banyosunun içine oturtunuz (Tıpayı ve elinizi kalan damıtık su yıkayınız.). • Vakit kaybetmeden kronometreyi çalıştırınız.	
 Ölçümlerin yapılması	• Çizelgenizde bulunan süreler içerisinde ölçüm yapmayı unutmayınız. • Hidrometreyi damıtık su dolu beherden alarak suyunu silkeleyip sarsıntı oluşturmadan çözelti dolu cam mezüre daldırınız ve su seviyesinden okumanızı yaparak tabloya işleyiniz. • Bu okumadan sonra çözeltiye termometreyi daldırarak sıcaklık ölçümü yapınız ve tabloya işleyiniz. • İlk 1 dk. içinde yapılan ölçümlerde hidrometreyi çözeltiden çıkartmayınız. • Okumalarınızı 10 sn. içinde yapınız.	

 Ölçme sürecinin devam ettirilmesi	• 1 dk.lık ölçümden sonra hidrometreyi çözeltiden yavaşça çıkartarak damıtık su dolu beher içerisinde bekletiniz. • Termometreyi de ölçüm yapılmadığı zamanlarda damıtık su dolu beher içerisinde bekletiniz. • Bir sonraki ölçüm süresinde 10 sn. önce hidrometreyi çözeltiye daldırarak tam zamanında ölçüm yapmaya dikkat ediniz. • Her hidrometre okumasının sıcaklık ölçümünü de yapmayı unutmayınız.	
 Değerlerin işlenmesi	• Okuma sürelerini tabloda verilen zaman dilimlerinde yapmaya özen gösteriniz. • 2 günlük okuma boyunca planınızı önceden hazırlayınız. • Laboratuvar ısısını ölçüm sıcaklıkları arası fark en fazla 2 °C olacak şekilde kontrolde tutunuz. • Sıcaklık değerlerini 0,5 °C yuvarlayarak kaydediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız. • Çözelti kullandığınız kapları yıkarken eldiven, maske ve gözlük kullanmayı unutmayınız.	
Hesaplamalar ve deney raporunun doldurulması	• Elde edilen tablo değerlerini formülde yerine koyarak eş değer dane çaplarını, numune içindeki oranlarını hesaplayınız. • Grubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

11.3. ZEMİNLERDE KURU BİRİM AĞIRLIK- SU İÇERİĞİ BAĞINTISINI 2,5 KG LIK TOKMAKLA BELİRLEME DENEYİ

Bu deneyler sıkıştırılmış zeminlerin kuru birim hacim ağırlıklarının en yüksek taşıma kapasitesine ulaşacağı değeri yakalamak için kullanılacak ideal su içeriğini belirlemek amacıyla yapılır. İdeal su miktarı ile zemin en iyi sıkıştırma derecesine ulaşacak ve taşıma oranı artacaktır.

Bunun yanında doğal zeminin ve sıkıştırılmış zeminin yerinde kuru birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi için deneyler yapılır. Özellikle dolgu veya yol alt temel tabakası olarak kullanılacak zeminin taşıma kapasitesini en yüksek noktaya çıkartılabilecek kuru birim hacim ağırlığı-su bağlantısı hesaplanır. Tokmakla sıkıştırma deney yöntemleri kullanılarak bu değerler belirlenir. Bu sıkıştırılmış zeminlerin uygulaması yapıldıktan sonra hedefe ulaşılıp ulaşılmadığı ise kuru birim hacim ağırlığının yerinde belirlenmesi için deneyler yapılır. En yaygın kullanılan yöntem kum konisi, bunun yanında nükleer sıkıştırma testidir.

11.3.1. Zeminlerde Kuru Birim Ağırlık-Su İçeriği Bağıntısını 2,5 Kg Tokmakla (Standart Proktor) Belirleme Deneyi

Sıkıştırma deneyi yapılmadan önce yapılan dane çapı dağılımı deneyinde elde edilen sonuçlara bakarak 4,75 mm, 9,5 mm ve 20 mm'lik elekten geçirilen malzeme yüzdeleri belirlenir. Tablo 11.5'te belirtilen gerekleri sağlayan elekten elenen malzemenin ilgili kalıba sıkıştırılmasıyla gerçekleştirilir.

Deney, zemin numunesi incelendikten sonra Tablo 11.7 de belirlenen yöntem ile yapılır.

Tablo 11.7: Numune Özelliğine Göre Deney Yöntemi Tablosu

	KULLANIM ŞARTI	KULLANILAN MALZEME	KALIP İÇ BOYUTLARI (mm)	TABAKA SAYISI	VURUŞ SAYISI
A	%20 ve daha az malzeme 4,75 mm'lik elek üzerinde kaldığı durumda	4,75 mm'lik elekten geçen	Çapı: 105,0 mm Boyu: 115,5 mm	3	25
B	%20 ve daha fazla malzeme 4,75 mm'lik elekte kalıyor ve %20 ve daha az malzeme 9,5 mm'lik elek üzerinde kaldığı durumda	9,5 mm'lik elekten geçen	Çapı: 105,0 mm Boyu: 115,5 mm	3	25
C	%20'den daha fazla malzeme 9,5 mm'lik elekte kalıyor ve %30 ve daha az malzeme 20 mm'lik elek üzerinde kalıyor ise	20 mm'lik elekten geçen	Çapı: 152,4 mm Boyu: 115,5 mm	3	56

11.3.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları



Görsel 11.5.a: Metal kalıp



Görsel 11.5.b: 2,5 kg tokmak

Metal Kalıp: İç çapı 105 mm, iç yüksekliği 115,5 mm ve iç çapı 152,4 mm, iç yüksekliği 115,5 mm olan iki farklı ebatta, silindir biçiminde kolayca çıkarılabilen bir taban plakası ile 50 mm yüksekliği olan bir yakası bulunan malzemedir (Görsel 11.5.a).

Metal Tokmak: 50 mm çapında dairesel bir tabanı olan, 2,5 kg kütlesinde ve (tokmağın serbest düşüşünü 305 mm'ye ayarlayabilen bir düzeni olmalıdır) elle çalıştırılmaya elverişli cihazdır (Görsel 11.5.b).

Terazi, palet bıçağı, çelik cetvel, elek ve tavası, göz açıklıları (4,75 mm, 9,5 mm ve 20 mm olan, metal bir tepsi, en az 600 mm x 450 mm x 75 mm boyutlarında) kriko (zorunlu değil), çekiç, murç, bakkal küreği, su muhtevası belirlemek için en az 4 kap, etüv, yere sermek için 2x2 m ebadında plastik örtüdür (Görsel 11.6).



Görsel 11.6: Deney araç gereci

1. Metal kalıp 2. Metal kalıp başlığı 3. 2,5 'kg'lık tokmak 4. Deney elekleri 5. Tepsi (tava) 6. Plastik örtü 7. Çekiç 8. Murç 9. Mala 10. Pipetli su kabı

11.3.1.2 Deneyin Yapılışı

- Açıkta kurutulup ilgili elekten geçirilerek elde edilen zeminden 5 kg'lık bir numune alınır. Kullanılan zemin miktarı, kalıbı doldurmaya yetmelidir.
- Numune, zeminin türüne göre uygun bir miktar su ile iyice karıştırılır.
- Kalıp, taban plakası takılmış olarak 1 g doğrulukla tartılır (M_1). Kalıp, beton döşeme gibi sert bir yüzey üzerine oturtulur.
- Nemli zemin, mümkün olduğu kadar eşit kütlede üç tabaka hâlinde her birine 305 mm serbest düşüş yapan tokmakla zemin dane çapına göre 25 darbe veya 56 darbe uygulanarak üst ucuna yakası takılmış kalıbın içine sıkıştırılır.
- Darbeler, her tabaka yüzeyine eşit aralıklarla dağıtılır. Tokmak kılavuzunun tokmağın serbest düşüşünü engelleyecek biçimde zeminle tıkanmamasına özen gösterilir.
- Sıkıştırılıp yaka çıkarıldıktan sonra kesilip atılacak artık zemin yüksekliği 6 mm'yi aşmamalıdır. Yaka çıkarılır ve sıkıştırılmış zemin, çelik cetvelle, kalıbın üst kenarı düzeyinde dikkatle düzlenir. Kalıp ve zemin 1 g duyarlıkla tartılır (M_2).
- Sıkıştırılmış zeminin alt ve üst yüzeylerinin orta noktalarından sıkıştırılmış numunenin su muhtevasını belirlemek için bir miktar numune alınır.
- Darası alınmış kapta su muhtevasını belirlemek için tartılır ve kaydedilir.
- Kalıp içindeki sıkıştırılmış numune piston veya çekiç murç yardımıyla kalıptan çıkartılır. Ufalanıp ilgili elekten geçirilir.
- Numune içine bir miktar daha su katılarak el veya kürek ile homojen olarak karıştırılır.
- Deney, en az beş değer verecek biçimde tekrarlanır ve kullanılan su muhtevaları en büyük kuru birim hacim ağırlığı veren optimum su muhtevasını içine alan sınırlar arasında değişir.

- Bir seri deney sonucunda elde edilen kuru birim hacim ağırlık (ρk) ve bunlara karşılık olan su muhtevası değerleri, grafik kâğıdı üzerine işlenir. Elde edilen noktalar arasından düzgün bir eğri geçirilir ve bu eğri üzerindeki en büyük değer bulunur. Kuru birim hacim ağırlık-su muhtevası eğrisinde en büyük kuru birim hacim ağırlığa karşılık olan su muhtevası, optimum su muhtevası olarak % cinsinden en yakın 0,1 hanesine yuvarlatılarak verilir. Karşılaştırma amacıyla aynı grafik üzerine %0 , %5 ve %10 hava boşluğu yüzdelerini gösteren eğriler çizilir.

11.3.1.3. Hesaplamalar ve Deney raporu

Yaş Kuru Birim Hacim Ağırlık Hesabı

$$Pn = \frac{M_2 - M_1}{v} \times 9{,}81 \left(kN/m^3 \right)$$

M_1 =Kalıp ve tabanın kütlesi, (g)
M_2= Kalıp, tabanı ve tabanı sıkıştırılmış zemin kütlesi, (g)
V= Kalıbın iç hacmi (cm^3)

Kuru Birim Hacim Ağırlık Hesabı: Elde edilen değerler 0,01 hanesine yuvarlatılır.

$$Pk = \frac{100Pn}{100 + w} (kN/m^3)$$

w: su muhtevası

Deney uygulaması sırasında Deney Takip Formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar Deney Raporu'na kaydedilir. Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.



Tablo 11. 8: Deney Raporu

Deneyin Adı	Standart Proktor Deneyi
Standart No.	TS 1900-1 (2006)

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Numunenin Alındığı Derinlik (m)	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat		Laboratuvar Nemi	

20 mm'lik Elekte Kalan %		Elek Açıklığı(mm)	20	Not (Tek / Ayrı Ayrı Numune)	
Başlangıç Su Oran		Kalıp Çapı (mm)		Tabaka Sayısı	
Numune Ağırlığı (g)		Kalıp Yüksekliği (mm)		Vuruş Sayısı	
Bağıl Yoğunluk (Gs)		Kalıp Kütlesi (g)		Düşüş Yüksekliği (mm)	
Numune Ezilmeye Eğilim mi?		Kalıp Hacmi (cm^3)		Tokmak Kütlesi(kg)	2,5

20 mm'lik Elekte Kalan%	-	Elek Açıklığı (mm)	20	Not (Tek / Ayrı Ayrı Numune)	
Başlangıç Su Oran		Kalıp Çapı (mm)		Tabaka Sayısı	
Numune Ağırlığı(g)		Kalıp Yüksekliği (mm)		Vuruş Sayısı	
Bağıl Yoğunluk (Gs)		Kalıp Kütlesi (g)		Düşüş Yüksekliği (mm)	
Numune Ezilmeye Eğilim mi?		Kalıp Hacmi (cm^3)		Tokmak Kütlesi(kg)	2,5

Su Muhtevasının Belirlenmesi						
Numune No.						
Numune+Kap Ağırlığı (g)						
Kuru Numune+Kap Ağırlığı (g)						
Su Ağırlığı (g)						
Kap Ağırlığı (g)						
Kuru Numune Ağırlığı (g)						
Su Muhtevası %						

Deneyin Değerlendirilmesi

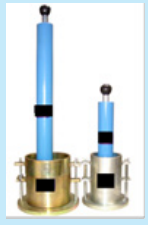
Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

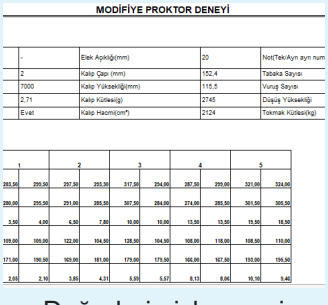
5. DENEY UYGULAMASI

Araziden aldığınız ve elek analizini gerçekleştirdiğiniz deney numunesinin sıkıştırılabilme derecesini 2,5 kg'lık tokmakla (standart proktor yöntemi) belirleyiniz.

Deney Adı : Standart Proktor Yöntemiyle Sıkıştırma Deneyi

Deney Süresi : 4 saat uygulama, 24 saat bekleme, 2 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Deney numunesinin hazırlanması	• Elek analizi ve sıkıştırma yöntemi belirlenmiş deney numunesinden 5 kg alarak laboratuvar ortamından en az 24 saat önceden kurumaya bırakınız. • Deney numunesine az miktarda su (Karışım sonrası elle sıkıştırıldığında topak olan ve kolayca dağılabilen kıvam başlangıç su seviyesi olabilir.) katarak homojen sekilde el veya bakkal küreği ile karıştırınız.	
Deney kalıbı (mold) darasının ve hacminin alınması	• Tabanlığı ile beraber başlıksız olarak kalıbın darasını 0,1 g duyarlılıkla tartarak kaydediniz (M_1). • Silindir hacim hesabıyla kabın hacmini mm^3 olarak hesaplayınız.	
 Numunenin kalıba doldurulması ve sıkıştırılması	• Kalıbın 1/3'ünü numune ile doldurunuz. • Numuneyi zemin elek analizinde belirlenen dane çapı oranına göre 25 veya 56 vuruşla dairesel olarak dışarıdan içeriye doğru her yerde eşit olacak şekilde sıkıştırınız. • Tokmak serbest düşüşle ve dik olarak bırakılmasına dikkat ediniz. • Tokmağın düşüş yüksekliği (305 mm) ayarı vardır. Bu noktadan düşüş yapılmasına dikkat ediniz. • Kalıbı bu yöntemle üç seferde doldurunuz.	

 Sıkıştırılmış numunenin tartılması	• Kalıp doldurulduğunda sıkıştırılmış numune yüksekliğinin kalıp yüzeyinden 6 mm den fazla olmamasına özen gösteriniz. • Başlığı çıkartınız. • Kalıp yüzeyini aşan fazla numuneyi çelik cetvel ile tıraşlayarak kalıp yüzeyi seviyesine getiriniz. • Tıraşlama sırasında oluşacak boşlukları deney numunesi ile doldurunuz. • Numuneyi kalıp ile beraber 0,1 g duyarlılıkta tartınız (M_2).	
 Su muhtevası için örnek numune alınması	• Sıkıştırılmış numunenin alt ve üst yüzeylerinden su muhtevasını hesaplamak üzere bir miktar numune alınız. • Alınan örnek numunenin kalıp ortasından olmasına dikkat ediniz.	
 Deneyin sürdürülmesi	• Sıkıştırılmış numuneyi kalıptan çekiç / murç veya piston yöntemi ile çıkartınız. Çekiçle ufalayarak 20 mm seviyesine getirdikten sonra bir miktar su ile karıştırınız. • Bu aşamaya kadar olan işlemleri farklı su oranları ile 5 defa tekrarlayınız. Her defasında sıkıştırılmış numune ağırlıkları ve su içeriklerini belirlemek için örnek numune alınız.	
 MODİFİYE PROKTOR DENEYİ Değerlerin işlenmesi	• Elde edilen verileri deney raporunda verilen raporda bulunan tabloya işleyiniz. • 5. deneye ait su muhtevası değerlerini belirleyerek tabloya işleyiniz. • Pk= $\frac{100Pn}{100+w}$ (kN/m³) formülü ile her deneyin sıkıştırılmış kuru birim hacim ağırlıklarını tespit ediniz. • Elde edilen değerleri grafik kağıdına işleyiniz. • Beş tekrar için sıkıştırılmış kuru birim hacim ağırlık-su muhtevası eğrisini oluşturunuz. • Bu eğrinin tepe noktası belirlenerek maksimum sıkıştırılmış kuru birim hacim ağırlığına denk gelen su muhtevası değerini 0,1 değerine yuvarlatarak bulunuz.	

Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız. • Özellikle metal deney aletlerini yıkandıktan sonra kurutmayı unutmayınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Grubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

11.3.2. Zeminlerde Kuru Birim Ağırlık-Su İçeriği Bağıntısını 4,5 Kg'lık Tokmakla (Modifiye Proktor) Belirleme Deneyi

Sıkıştırma deneyi yapılmadan önce 6. deneyde tarif edilen dane çapı dağılımıyla 4,75 mm, 9,5 mm ve 20 mm'lik eleklerde kalan malzeme yüzdeleri belirlenir. Tablo 11.9'dan gerekleri sağlayan elekten elenen malzemenin ilgili kalıba sıkıştırılmasıyla gerçekleştirilir.

Tablo 11.9: Numune Özelliğine Göre Deney Yöntemi Tablosu

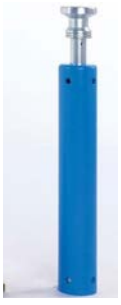
	KULLANIM ŞARTI	KULLANILAN MALZEME	KALIP İÇ BOYUTLARI (mm)	TABAKA SAYISI	VURUŞ SAYISI
A	%20 ve daha az malzeme 4,75 mm'lik elek üzerinde kaldığı durumda	4,75 mm'lik elekten geçen	Çapı: 105,0 mm Boyu: 115,5 mm	5	25
B	%20 ve daha fazla malzeme 4,75 mm'lik elekte kalıyor ve %20 ve daha az malzeme 9,5 mm'lik elek üzerinde kaldığı durumda	9,5 mm'lik elekten geçen	Çapı: 105,0 mm Boyu: 115,5 mm	5	25
C	%20'den daha fazla malzeme 9,5 mm'lik elekte kalıyor. %30 ve daha az malzeme 20 mm'lik elek üzerinde kalıyor ise	20 mm'lik elekten geçen	Çapı: 152,4 mm Boyu: 115,5 mm	5	56

11.3.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları



Metal Kalıp: İç çapı 105 mm, iç yüksekliği 115,5 mm veya iç çapı 152,4 mm, iç yüksekliği 115,5 mm olan iki farklı ebatta, silindir biçiminde kolayca çıkarılabilen bir taban plakası ile 50 mm yüksekliği olan bir yakası bulunan araçtır (Görsel 11.7.a).

Görsel 11.7.a: Metal kalıp



Görsel 11.7.b: 4,5 kg tokmak

Metal Tokmak: 50 mm çapında dairesel bir tabanı olan 4,5 kg kütlesinde tokmağın serbest düşüşünü 458 mm'ye ayarlayabilen bir düzeni olmalıdır. Kalıp ve tokmağın serbest düşüş yüksekliği 458 mm olduğu sürece otomatik bir cihaz da kullanılabilir. Böyle bir cihazda kalıbın rijit bir taban üzerine oturmasına olanak sağlanmış olmalıdır (Görsel 11.7.b).

Terazi, palet bıçağı, çelik cetvel, elek ve tavası, göz açıklıları (4,75 mm, 9,5 mm ve 20 mm olan metal bir tepsi, en az 600 mm x 450 mm x 75 mm boyutlarında) kriko,(zorunlu değil), çekiç, murç, bakkal küreği, su muhtevası belirlemek için en az 4 kap, etüv, yere sermek için 2x2 m ebadında plastik örtü gerekli malzemelerdendir.

11.3.2.2. Deneyin Yapılışı

- Açıkta kurutulup ilgili elekten geçirilerek elde edilen zeminden 5 kg'lık bir numune alınır. Kullanılan zemin miktarı, kalıbı doldurmaya yetmelidir.
- Numune, zeminin türüne göre uygun bir miktar su ile iyice karıştırılır.
- Kalıp, taban plakası takılmış olarak 1 g doğrulukla tartılır (M_1). Kalıp, beton döşeme gibi sert bir yüzey üzerine oturtulur.
- Nemli zemin, mümkün olduğu kadar eşit kütlede beş tabaka hâlinde her birine 458 mm serbest düşüş yapan tokmakla zemin dane çapına göre 25 darbe veya 56 darbe uygulanarak üst ucuna yakası takılmış kalıbın içine sıkıştırılır.
- Darbeler, her tabaka yüzeyine eşit aralıklarla dağıtılır. Tokmak kılavuzunun tokmağın serbest düşüşünü engelleyecek biçimde zeminle tıkanmamasına özen gösterilir.
- Sıkıştırılıp yaka çıkarıldıktan sonra kesilip atılacak artık zemin yüksekliği 6 mm'yi aşmamalıdır. Yaka çıkarılır ve sıkıştırılmış zemin, çelik cetvelle, kalıbın üst kenarı düzeyinde dikkatle düzlenir. Kalıp ve zemin 1 g duyarlıkla tartılır (M_2).
- Sıkıştırılmış zeminin alt ve üst yüzeylerinin orta noktalarından sıkıştırılmış numunenin su muhtevasını belirlemek için bir miktar numune alınır.
- Darası alınmış kapta su muhtevasını belirlemek için tartılır ve kaydedilir.
- Kalıp içindeki sıkıştırılmış numune piston veya çekiç murç yardımıyla kalıptan çıkartılır. Ufalanıp ilgili elekten geçirilir.
- Numune içine bir miktar daha su katılarak el veya kürek ile homojen olarak karıştırılır.
- Deney, en az beş değer verecek biçime tekrarlanır ve kullanılan su muhtevaları en büyük kuru birim hacim ağırlığı veren optimum su muhtevasını içine alan sınırlar arasında değişir.
- Bir seri deney sonucunda elde edilen kuru birim hacim ağırlık (ρk) ve bunlara karşılık olan su muhtevası değerleri, grafik kâğıdı üzerine işlenir. Elde edilen noktalar arasından düzgün bir eğri geçirilir ve bu eğri üzerindeki en büyük değer bulunur. Kuru birim hacim ağırlık-su muhtevası eğrisinde en büyük kuru birim hacim ağırlığa karşılık olan su muhtevası, optimum su muhtevası olarak % cinsinden en yakın 0,1 hanesine yuvarlatılarak verilir. Karşılaştırma amacıyla aynı grafik üzerine %0, %5 ve %10 hava boşluğu yüzdelerini gösteren eğriler çizilir.

11.3.2.3. Hesaplamalar ve Deney Raporu

Yaş Kuru Birim Hacim Ağırlık Hesabı

$$Pn = \frac{M_2 - M_1}{v} \times 9{,}81\left(kN/m^3\right)$$

M_1 =Kalıp ve tabanın kütlesi, (g)
M_2= Kalıp, tabanı ve tabanı sıkıştırılmış zemin kütlesi (g)
V= Kalıbın iç hacmi (cm^3)

Kuru Birim Hacim Ağırlık Hesabı: Elde edilen değerler 0,01 hanesine yuvarlatılır.

$$Pk = \frac{100Pn}{100+w}(kN/m^3)$$

w: su muhtevası



Deney uygulaması sırasında Deney Takip Formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar Deney Raporu'na (Tablo 11.10) kaydedilir. Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenir.

Tablo 11.10: Deney Raporu

Deneyin Adı	Standart Proktor Deneyi
Standart No.	TS 1900-1 (2006)

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Numunenin Alındığı Derinlik (m)	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat		Laboratuvar Nemi	

20 mm'lik Elekte Kalan%	-	Elek Açıklığı(mm)	20	Not (Tek / Ayrı Ayrı Numune)	
Başlangıç Su Oran		Kalıp Çapı (mm)		Tabaka Sayısı	
Numune Ağırlığı (g)		Kalıp Yüksekliği (mm)		Vuruş Sayısı	
Bağıl Yoğunluk (Gs)		Kalıp Kütlesi (g)		Düşüş Yüksekliği (mm)	
Numune Ezilmeye Eğilim mi?		Kalıp Hacmi (cm^3)		Tokmak Kütlesi (kg)	4,5

Su Muhtevasının Belirlenmesi										
Numune No.	1		2		3		4	5		
Numune+Kap Ağırlığı (g)										
Kuru Numune+Kap Ağırlığı (g)										
Su Ağırlığı (g)										
Kap Ağırlığı (g)										
Kuru Numune Ağırlığı (g)										
Su Muhtevası %										

Deneyin Değerlendirilmesi

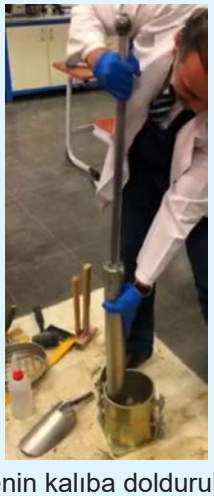
Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

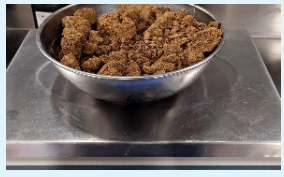
6. DENEY UYGULAMASI

Araziden aldığınız ve elek analizini gerçekleştirdiğiniz deney numunesinin sıkıştırılabilme derecesini 4,5 kg'lık tokmakla (modifiye proktor yöntemi) belirleyiniz.

Deney Adı : Modifiye Proktor Yöntemiyle Sıkıştırma Deneyi

Deney Süresi : 4 saat uygulama, 24 saat bekleme, 2 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Deney numunesinin hazırlanması	• Elek analizi ve sıkıştırma yöntemi belirlenmiş deney numunesinden 5 kg alarak laboratuvar ortamında az 24 saat önceden kurumaya bırakınız. • Deney numunesine az miktarda su (Karışım sonrası elle sıkıştırıldığında topak olan ve kolayca dağılabilen kıvam başlangıç su seviyesi olabilir.) katarak homojen şekilde el veya bakkal küreği ile karıştırınız.	
Deney kalıbı (mold) darasının ve hacminin alınması	• Tabanlığı ile beraber başlıksız olarak kalıbın darasını 0,1 g duyarlılıkla tartarak kaydediniz (M_1). • Silindir hacim hesabıyla kabın hacmini mm^3 olarak hesaplayınız.	
 Numunenin kalıba doldurulması ve sıkıştırılması	• Kalıbın 1/3'ünü numune ile doldurunuz. • Numuneyi, zemin elek analizinde belirlenen dane çapı oranına göre 25 veya 56 vuruşla dairesel olarak dışarıdan içeriye doğru her yerde eşit olacak şekilde sıkıştırınız. • Tokmağı serbest düşüşle ve dik olarak bırakamaya özen gösteriniz. • Tokmakta düşüş yüksekliği (458 mm) ayarı vardır. Bu noktadan düşüş yapmaya dikkat ediniz. • Kalıbı bu yöntemle üç seferde doldurunuz.	

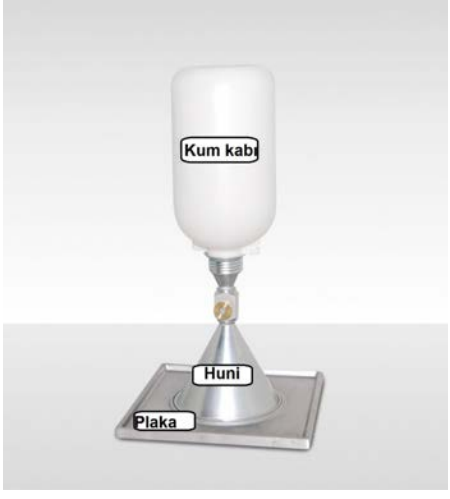
 Sıkıştırılmış numunenin tartılması	• Kalıp doldurulduğunda sıkıştırılmış numune yüksekliğinin kalıp yüzeyinden 6 mm'den fazla olmamasına özen gösteriniz. • Başlığı çıkartınız. • Kalıp yüzeyini aşan fazla numuneyi çelik cetvel ile tıraşlayarak kalıp yüzeyi seviyesine getiriniz. • Tıraşlama sırasında oluşacak boşlukları deney numunesi ile doldurunuz. • Numuneyi kalıp ile beraber 0,1 g duyarlılıkta tartınız (M_2).	
 Su muhtevası için örnek numunenin alınması	• Sıkıştırılmış numunenin alt ve üst yüzeylerinden su muhtevasını hesaplamak üzere bir miktar numune alınız. • Alınan örnek numunenin kalıp ortasından olmasına dikkat ediniz.	
 Deneyin sürdürülmesi	• Sıkıştırılmış numuneyi kalıptan çekiç / murç veya piston yöntemi ile çıkartınız, çekiçle ufalayarak 20 mm seviyesine getirdikten sonra bir miktar su ile karıştırınız. • Bu aşamaya kadar olan işlemleri farklı su oranları ile beş defa tekrarlayınız. Her defasında sıkıştırılmış numune ağırlıkları ve su içeriklerini belirlemek için örnek numune alınız.	
Değerlerin işlenmesi	• Elde edilen verileri deney raporunda verilen tabloya işleyiniz. • Beş deneye ait su muhtevası değerlerini belirleyerek tabloya işleyiniz. • Pk= 100Pn/(100+w) (kN/m³) formülü ile her deneyin sıkıştırılmış kuru birim hacim ağırlıklarını tespit ediniz. • Elde edilen değerleri grafik kâğıdına işleyiniz. • Beş tekrar için sıkıştırılmış kuru birim hacim ağırlık-su muhtevası eğrisini oluşturunuz. • Bu eğrinin tepe noktasını belirleyiniz. Maksimum sıkıştırılmış kuru birim hacim ağırlığına denk gelen su muhtevası değerini 0,1 değerine yuvarlatarak bulunuz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız. • Özellikle metal deney aletlerini yıkandıktan sonra kurutmayı unutmayınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Grubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

11.3.3. Zeminin Kuru Birim Hacim Ağırlığının Kum Konisi İle Yerinde Tayini (TS 1900-1)

Bu deney, tabii veya sıkıştırılmış zeminlerde yaş ve kuru birim ağırlıklarının yerinde belirlenmesi ile ilgilidir. İnce ve orta daneli zeminlerde 25 cm'den kalın olmayan tabakalarda uygulanır. Bu metot, aynı zamanda yollarda taban malzemesi olarak kullanılacak zeminlerin birim hacim ağırlığının ölçümünde de kullanılabilir.

11.3.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları



Görsel 11.8: Kum konisi yoğunluk ölçüm seti

Kum Konisi Yoğunluk Ölçüm Seti: 4 litre kapasiteli metal veya plastik kum kabı, 13 mm çapında ağız açıklığına sahip, silindirik, vanalı, bir ucunda metal bir huni, kum konisinden en az 75 mm daha geniş, sabitlenebilir özellikli, ortasında dairesel kesitli delik bulunan metal taban plakasından oluşur (Görsel 11.8).

Kum: Temiz, kuru, homojen, kohezyonsuz, yoğunluğu bilinen kum kullanılır. Dane büyüklüğü 2,0 mm ile 250 µm göz açıklığı arasındaki herhangi bir elek üzerinde kalan (tercihen 0,85 mm -0,59 mm elekler arasındaki dane büyüklüğüne sahip) aynı dane büyüklüğünde olmalıdır.

Kurutma kabı (etüv veya arazide kullanıma uygun ocak), küçük kazma, keski, kaşık, fırça, taban plakasını sabitlemek için çivi veya çubuk, deney çukurundan çıkartılan malzemeyi muhafaza etmek için plastik torba, kapaklı kova veya diğer su geçirmez kapaklı kap gerekli malzemelerdir.

11.3.3.2. Deneyin Yapılışı

- Ölçüm yapılacak düzgün yüzeye taban plakası yerleştirilir ve uygun araçlarla sabitlenir.
- Plaka içindeki dairesel kesitli delikten murç, çekiç, kürek yardımıyla silindir yapıda çukur açılır. Çukur derinliği, zemin dane büyüklüğüne bağlı olmakla beraber 10-15 cm derinliğinde olmalıdır.
- Açılan çukurdan çıkartılan zemin numuneleri malzeme kaybı olmadan plastik torbaya doldurulur. Çukur yüzeyleri fırça ile titizlikle temizlenir. Bu işlem sırasında çıkan zemin malzemeleri de plastik poşete konarak poşetin ağzı sıkıca bağlanır. Poşete konan zemin numunesi 1 g duyarlılıkla tartılır.
- Kum, kum kabına doldurulur, huniye sabitlenir. Kum, kum kabı ve huni birlikte tartılarak kütlesi kaydedilir.
- Huni ağzı aşağıya gelecek şekilde kum konisi taban plakası deliğine yerleştirilir.
- Vana açılarak kabın içindeki serbest kum akışı gözlenir. Kum akışının durmasının ardından vana kapatılır. İçeride kalan kum, kum kabı ve huni tekrar tartılarak kütlesi kaydedilir.
- Huninin içinde kalan kum kütlesi de dikkate alınarak çukura doldurulan kum kütlesi belirlenir.
- Poşetin içinden bir miktar numune alınarak zemin numunesinin su muhtevası %1 doğrulukla hesaplanır.
- Elde edilen değerler ile deney çukuru hacmi, zemin numunesinin etüv kurusu kütlesi, zemin numunesinin yaş ve kuru yoğunluk değerleri ve elde edilen bağlantılar ile de son olarak zemin numunesinin yaş ve kuru birim hacim ağırlığı hesaplanır.

11.3.3.3. Hesaplamalar ve Deney Raporu

Deney Çukuru Hacminin Hesaplanması

$V=(M_1-M_2)/\rho_1$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:

V : Deney çukurunun hacmi, cm^3

M_1 : Kum setinin(Kum, kum Kabı ve huni) toplam kütlesi, g

M_2 : Koni, kum kabı ve artan kumun kütlesi, g

ρ_1 : Kumun birim hacim kütlesi, g/cm^3

Zemin Numunesinin Su İçeriğinin Belirlenmesi

$$W = \left(\frac{M_1 - M_k}{M_k}\right) \times 100$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
W: Zemin su içeriği,%
Mı: Islak numune kütlesi, g
Mk: Kuru numune kütlesi, g

Deney Çukurundan Çıkartılan Malzemenin Kuru Kütlesinin Hesaplanması

$M_4 = 100M^3/(w+100)$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
W: Deney çukurundan çıkartılan malzemenin su içeriği, %
M_3: Deney çukurundan çıkartılan malzemenin yaş kütlesi, g
M_4: Deney çukurundan çıkartılan malzemenin kuru kütlesi, g

Zemin Numunesinin Yerindeki Yaş ve Kuru Yoğunluk Değerlerinin Hesaplanması

$\rho_m = M_3 / V$
$\rho_d = M_3 / V$
Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
V: Deney çukurunun hacmi, cm^3
M_3: Deney çukurundan çıkartılan malzemenin yaş kütlesi, g
M_4: Deney çukurundan çıkartılan malzemenin kuru kütlesi, g
$\rho_{m:}$ Deneye tabi tutulan malzemenin yaş yoğunluğu, g/cm^3
$\rho_{d:}$ Deneye tabi tutulan malzemenin kuru yoğunluğu, g/cm^3

Zemin Numunesinin Yaş ve Kuru Birim Hacimlerinin Hesaplanması

$\gamma d = 9{,}807 \times \rho_d$
$\gamma m = 9{,}807 \times \rho_m$
Burada
γ_d: Zemin numunesinin yerinde kuru birim hacim ağırlığı, kN/m^3
γ_m: Zemin numunesinin yerinde yaş birim hacim ağırlığı, kN/m^3
ρ_d: cinsinden yerinde kuru yoğunluk, Mg/m^3
$\rho_{m:}$ Mg/m3 cinsinden yerinde yaş yoğunluk



Deney uygulaması sırasında Deney Takip Formu doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar Deney Raporu'na kaydedilir. Deney Raporu'na (Tablo 11.11) deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Tablo 11.11: Deney Raporu

Deneyin Adı	Kum Konisi Deneyi
Standart No.	TS 1900-1 (2006)

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Numune Özelliği	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat		Laboratuvar Nemi	

Kap No.		Kum Kuru Birim Hacim Ağırlığı (g/cm^3)	
Kap+Yaş Numune Ağırlığı (g)		Kullanılan Toplam Kum Ağırlığı (g)	
Kap+Kuru Numune Ağırlığı (g)		Kullanılan Kum Ağırlığı (g)	
Kap Darası (g)		Konide Kalan Kum Ağırlığı (g)	
Kuru Numune Ağırlığı (g)		Çukurda Kalan Kum Ağırlığı (g)	
Su Ağırlığı (g)		Yaş Numune Ağırlığı (g)	
Su Muhtevası (%)		Çukur Hacmi (cm^3)	
Zemin Yaş Birim Hacim Ağırlığı (g/cm^3)		Zemin Kuru Birim Hacim Ağırlığı (g/cm^3)	
Deneyin Değerlendirilmesi			

Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

7. DENEY UYGULAMASI

Belirlediğiniz doğal ya da sıkıştırılmış zeminin yerinde kuru birim hacim ağırlığını kum konisi deney yöntemi ile belirleyiniz.

Deney Adı : Yerinde Kuru Birim Hacim Ağırlık Belirleme Deneyi

ENEY SÜRESİ: 4 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Deney araç gerecinin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. • Kullanılacak kumun kuru ve topaklanmamış olmasına dikkat ediniz.	
 Taban plakasının yerleştirilmesi ve sabitlenmesi	• Ölçüm yapılacak zeminin düzgün olmasına dikkat ediniz. • Yüzeyde bulunan bitki örtüsü, eğim vb. olumsuzlukları ortadan kaldırmadan deneye başlamayınız. • Taban plakasının zemine tam oturmasına dikkat ediniz.	
 Deney çukurunun açılması	• Yumuşak zeminler için kürek, sert zeminler için çekiç ve murç kullanınız. • Çukur derinliğinin dane iriliği dikkate alınarak 10-15 cm arasında olmasına dikkat ediniz. • Çukur yüzeyini temiz ve pürüzsüz olarak açınız. • Çukurun, dairesel kesitli ve tabanının düzgün olmasına dikkat ediniz. • Çukur yüzeyini fırça ile temizleyerek daneleri kaba koyunuz.	
 Çıkan numunelerin tartılması	• Çukurdan alınan numunelerde dane kaybı ve nem kaybı olmamasına dikkat ederek poşete veya kapaklı kavanoza doldurunuz. • Darası alınmış kabın içindeki numuneyi 1 g duyarlılıkta tartınız (M_a).	

 Kum deneyi setinin hazırlanması	• Kumu, kaba doldururken huni kullanınız. • Huninin hacmini önceden hesaplamayı unutmayınız ya da deneyde hacmi bilinen huni kullanınız. • Doldurulmuş kum kabını huniye sabitleyiniz. • Huni vanasının kapalı olduğundan emin olunuz. • Deney setini (kum, kum kabı ve huniden oluşan set) 1 g duyarlılıkta tartınız (M_1).	
 Deney çukurunun kum ile doldurulması	• Deney setini çevirerek huni ağzını taban plakasındaki deliğe denk gelecek şekilde yerleştiriniz. • Huni vanasını açınız ve kumun dolmasını izleyiniz. • Kum akışı durduktan sonra vanayı kapatınız. • Deney setini plakadan ayırarak 1 g duyarlılıkta tartınız (M_2). • Huni içinde kalan kumun ağırlığını bulunuz (Birim hacim ağırlığı ve hacmi bilinen huni içinde kalan kumun kütlesini D=M/V formülü ile hesaplayabilirsiniz.).	
 Zemin numunesinin su içeriğinin belirlenmesi	• Zemin numunesinden bir miktar alınız. 1 g duyarlılıkta tartarak kaydediniz (M_I). • Numuneyi değişmez ağırlığa kadar kurutarak tartınınız (Mk). • W=((M_I-Mk)/Mk)x100 formülü ile su muhtevasını hesaplayınız.	
Değerlerin tabloya işlenmesi	• Elde edilen verileri deney raporunda verilen alanlara işleyiniz. • V=(M_1-M_2)/ρ1 formülü ile deney çukuru hacmini • M_4=100M_3/(w+100) formülü ile kuru numune kütlesini • ρm=M_3/V, ρd=M_3 / V formülleri ile numunenin yaş ve kuru yoğunluk değerlerini • γd=9,807x ρd, γm=9,807x ρm formülleri ile yaş ve kuru birim hacim ağırlık değerlerini bularak tabloya işleyiniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız. • Özellikle metal deney aletleri yıkandıktan sonra kurutmayı unutmayınız.	
Deney raporunun doldurulması	• Gurubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

11. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz.

1. **Aşağıdakilerden hangisi zemin kıvam deneylerinden birisidir?**
   A) Su muhtevası deneyi
   B) Lineer rötre deneyi
   C) Yıkamalı eleme yöntemiyle dane dağılımı deneyi
   D) Hidrometre deneyi
   E) Modifiye proktor deneyi

2. **Lineer rötre limiti deneyinde kullanılan kalıbın uzunluğu aşağıdakilerden hangisidir?**
   A) 5 mm
   B) 8 mm
   C) 10 mm
   D) 14 mm
   E) 18 mm

3. **Rötre limiti deneyi zeminin hangi kıvama geçişini belirlemek için yapılır?**
   A) Likit (akıcı) kıvam
   B) Yarı likit (akıcı) kıvam
   C) Plastik kıvam
   D) Yarı katı kıvam
   E) Katı kıvam

4. **Hacimsel büzülme limiti tayini deneyinde kullanılan kalıbın geometrik şekli aşağıdakilerden hangisidir?**
   A) Silindir
   B) Küp
   C) Kare prizma
   D) Kesik koni
   E) Dikdörtgen prizma

5. **Yıkamalı elek analizi deneyinde yıkama işleminin amacı aşağıdakilerden hangisidir?**
   A) Numuneyi bitkisel atıklardan temizlemek
   B) Numune danelerini birbirinden ayrıştırmak
   C) Numune danelerinin rengini ortaya çıkarmak
   D) Numuneyi ince maddelerden arındırmak
   E) Numunenin su emmesini sağlamak

6. **Yıkamalı eleme yönteminde yıkama işlemi aşağıdaki aşamalardan hangisine kadar yapılır?**
   A) Su berraklaşıncaya
   B) Danelerin rengi oraya çıkana
   C) Daneler birbirinden ayrışıncaya
   D) Elekte biriken su süzülünceye
   E) İri daneler parçalanıncaya

7. Hidrometre yöntemi ile ince dane dağılımı deneyinde en büyük dane çapı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 0,063 mm
B) 0,075 mm
C) 0,090 mm
D) 0,125 mm
E) 0,250 mm

8. Hidrometre yöntemi ile ince dane dağılımı deneyinde killi zeminlerde kullanılacak deney numunesi miktarı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 10 g
B) 20 g
C) 30 g
D) 40 g
E) 50 g

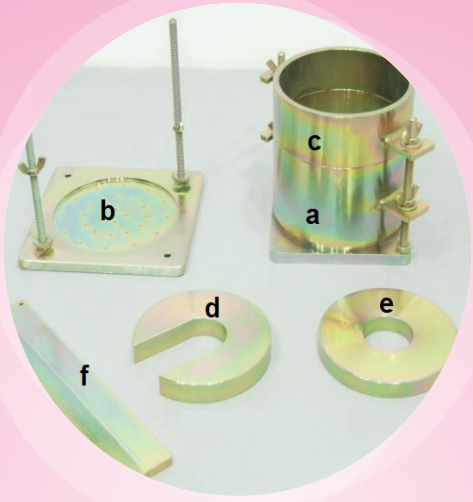
9. Hidrometre yöntemi ile ince dane dağılımı deneyinde ölçüm yapılmadığı durumlarda hidrometre ve termometre aşağıdakilerden hangisinde bekletilir?
A) Dinlendirilmiş su içinde
B) Damıtık su içinde
C) Laboratuvar ortam sıcaklığında
D) Etüv içinde
E) Desikatör içinde

10. Sıkıştırma deneyinde 20 mm'lik elekten geçen numuneye uygulanacak sıkıştırma (vuruş) sayısı kaç olmalıdır?
A) 15
B) 25
C) 35
D) 42
E) 56

11. Sıkıştırma deneyinin yapılış amacı aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?
A) Zemin su miktarını belirlemek
B) Zemin dane dağılımını belirlemek
C) Zemin kıvamını belirlemek
D) Zeminin sıkıştırma oranını belirlemek
E) Zeminin taşıma kapasitesini belirlemek

12. Sıkıştırma deneyinde ideal deney tekrar sayısı kaç olmalıdır?
A) 3
B) 5
C) 7
D) 9
E) 11







12. ÖĞRENME BİRİMİ

ZEMİNLERDE TAŞIMA ORANI VE KAYMA DAYANIMI DENEYLERİ

KONULAR

12.1. ZEMİNLERDE CALİFORNİA TAŞIMA ORANI TAYİNİ DENEYİ

12.2. ZEMİNLERDE ARAZİDE KAYMA DAYANIMININ KANATLI KESİCİ İLE SAPTANMASI DENEYİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Taşıma oranı
- Penatrasyon
- Kayma dayanımı

GİRİŞ

Kaliforniya taşıma oranı deneyi, genellikle yol, demir yolu ve havaalanı temel ve alt temel yapımında kullanılacak sıkıştırılmış zemin malzemelerinin taşıma kapasitelerini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Zemin üzerine uygulanan yük miktarı ile zeminde meydana getirdiği penetrasyon (çökme) arasındaki bağıntı kullanılarak zemininin taşıma oranı bulunur.

Kayma dayanımı deneyi, kanatlı kesme aletiyle yumuşak suya doygun killi veya killi siltli hassas örselenmemiş kohezyonlu zeminlerin drenajsız kayma dayanımını belirlemek için yapılır.

12.1. ZEMİNLERDE CALİFORNİA TAŞIMA ORANI (CBR) TAYİNİ DENEYİ (TS 1900-2, ASTM D1883)

Kaliforniya taşıma oranı deneyi, yol yapımında kullanılan dane boyu 20 mm'den daha küçük olan temel ve alt temel malzemelerine ait taşıma oranı ile kohezyonlu malzemelere ait dayanım değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılır. CBR deneyi, sıkıştırılmış dolgu zeminlerin üniform basınç altında belirli bir su muhtevasında ve yoğunluktaki zeminin taşıma kapasitesini tespit etmek için yapılan bir penetrasyon deneyidir. Bu deney, taşıma oranı %5'ten az olan (su içeriği çok yüksek olan) kohezyonlu zeminlerde uygulanmaz.

Kesit alanı 19,35 cm^2 olan bir pistonun dakikada 1,20 mm batma yapacak şekilde sıkıştırılmış zemine itilmesiyle uygulanır. Yükün standart eğri üzerinde kırma taş numunesindeki aynı penetrasyon derinliğini sağlamak için uygulanan yüke oranı, CBR değeri olarak ifade edilir. CBR değeri zeminin sadece mevcut su muhtevası ve yoğunluğu için geçerlidir. Elde edilen değer sabit bir değer olmayıp zeminin su muhtevasına ve yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik gösterir. CBR değeri, 2,5 ve 5,0 mm'lik penetrasyondaki yük değerlerine göre hesaplanır. Bu değer üstyapıda gerekli alt temel, temel ve kaplama tabakalarının kalınlıklarını belirlemeye yardımcı olur.



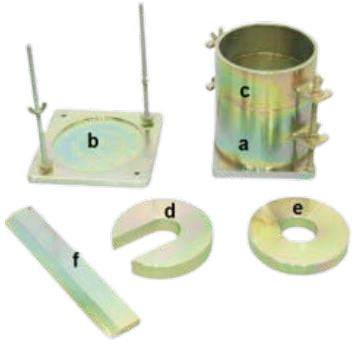
Kaliforniya taşıma oranı deneyi başka bir deyişle California Bearing Ratio (Kaliforniya bering resia) kısaca CBR deneyi olarak adlandırılır.

12.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Taşıma oranı deneyinde kullanılan araç gereç ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Elekler: İnce daneli zeminlerde 4,75 mm ve orta daneli zeminlerde 20 mm göz açıklıklı olur.

Basınç Aleti: Statik sıkıştırma için alanı en az 5000 mm^2 olan, iki yatay plakası arasında en az 300 mm'lik bir aralık bulunan ve 25 kN yük kapasiteli sıkıştırma aletidir.



Görsel 12.1: Silindirik kap, kütleler ve düzeltme bıçağı

Metal Kalıp (Mold): İnce ve orta danteli zeminlerin taşıma oranını ölçmekte kullanılan, iç çapı 152 mm ve iç yüksekliği 127 mm olan silindir şekilli metal kalıptır (Görsel 12.1.a).

Delikli Taban Plakası: Silindirik metal kalıba kolayca takılıp çıkarılabilen 10 mm kalınlığında delikli bir taban plakasıdır (Görsel 12.1.b).

Metal Yaka: 50 mm yüksekliğinde kalıp üst ucuna kolaylıkla takılıp çıkarılabilen, yumuşak çelikten imal edilmiş metal bir aparattır (Görsel 12.1.c).

Yarıklı Sürşarj Kütlesi: Dış çapı 151 mm ve kütlesi 2,3 kg olan çelik malzemeden imal edilmiş, halka şeklinde oluklu metal ağırlık diskidir (Görsel 12.1.d).

Delikli Sürşarj Kütlesi: Dış çapı 151 mm ve kütlesi 2,3 kg olan çelik malzemeden imal edilmiş olup silindir metal kalıp içine konulan metal ağırlık diskidir (Görsel 12.1.e).

Düzeltme Bıçağı: 30 mm genişliğinde, 3 mm kalınlığında ve numune yüzeyini tıraşlamak için bir kenarı şevli (eğimli) olan yaklaşık 300 mm uzunluğundaki çelik cetveldir (Görsel 12.1.f).

.



Görsel 12.2: Ara mesafe diski ve metal kulp

Ara Mesafe Diski: 150 mm çapında ve 50 mm yükseklikte olan, zemin numunesi doldurulmadan önce silindirik metal kalıp içine konulan metal disktir (Görsel 12.2.a). Ortasındaki vidalı delik sayesinde T kulp takılıp çıkarılarak ara mesafe diski alınır.

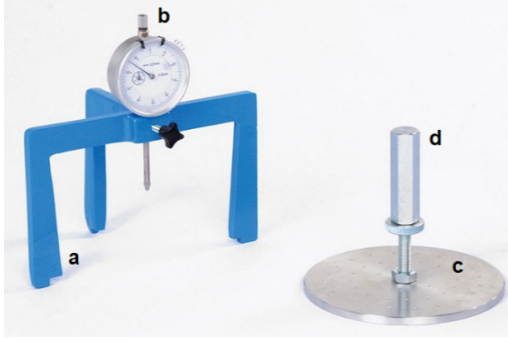
Plaka Sapı (Metal T Kulp): Zemin numunesi sıkıştırıldıktan sonra metal diskin çıkarılabilmesi için diske vidalanabilen çelik bir saptır (Görsel 12.2.b).



Görsel 12.3: Otomatik CBR deney cihazı

CBR Deney Cihazı: Deney sırasında uygulanacak yükü, hızı ayarlanabilen bir piston ile zemine ileten, üstünde yük ölçümünü yapan göstergesinin olduğu (dijital modellerde), yük ve penetrasyon miktarını düzenli aralıklarla ölçebilen cihazdır. CBR deney cihazının yük halkalı ve otomatik dijital modelleri bulunur. Rijit çift kolon gövdeli ve yatay iki plaka arasında en az 300 mm mesafe bulunan ayarlanabilir üst kirişli, elektromekanik piston hareketli, 25 kN-50 kN arası yük kapasitesine sahiptir (Görsel 12.3)

Penetrasyon Pistonu: Taban kesit alanı 19,35 cm^2 (silindir çapı = 4,963±0,013 cm) olan, 25 cm uzunluğunda ve alt ucu sert çelik malzemeden imal edilmiş silindir şeklinde bir pistondur.



Görsel 12.4: Su içinde bekletme (yaş CBR) deney seti

Sac Ayak: Numunenin suda bekletilmesi işleminde metal kalıbın üzerine oturtularak sıkıştırılmış zemin numunesinin yüzey hareketini (şişme veya oturma miktarını) ölçmek için kullanılan komparatör saatinin sabitlendiği aparattır (Görsel 12.4.a).

Komparatör Saati: Delikli plakaya temas ederek pistonun batma miktarını ölçmeye yarayan ve penetrasyon (batma) hızını kontrol altında tutabilen, 0,01 mm bölüntülü, 30 mm hareket göstergeli saattir (Görsel 12.4.b). Yaş CBR deneyinde numunenin suda bekletilmesi sırasında sıkıştırılmış zemin numunesinin yüzey hareketini (şişme veya oturma miktarını) ölçmek için de kullanılır.

Delikli Plaka ve Uzatıcı Sapı: Delikli plaka, su içinde bekletilen metal silindirik kalıbın yüzeyini kapatarak zemin numunesinin şişme ve çökme durumunu belirlemek için kullanılan delikli yüzeyi olan plakadır (Görsel 12.4.c).

Uzatıcı sap, komparatör saatine temas ederek zemin numunesinin penetrasyonunu ölçmeye yarayan ve penetrasyon hızını kontrol altında tutabilen metal malzemedir (Görsel 12.4.d).

Metal Tokmak: Zemin türü ve dane boyutuna göre standart sıkıştırma deneyinde de kullanılan 50 mm çapında 2,5 kg ve 4,5 kg'lık tokmaklardır.

Titreşimli Tokmak: Yol yapımında kullanılan temel ve alt temel malzemelerine ait deney numunelerinin sıkıştırma yolu ile hazırlanmasında kullanılır. 600 ile 750 Watt arası güçte elektrikle çalışan, dakikada 1500-2500 devir yapan titreşim cihazına eklenen 146 mm çapında tabanı olan, kütlesi 3,18 kg'ı geçmeyen tokmaktır.

Süzgeç (Filtre) Kâğıdı: 148 veya 150 mm çapında olan kaba kâğıttır. Ara mesafe disk ile zemin numunesi arasında ve metal kütlelerin altında olmak üzere iki adet kullanılır.

Çelik Çubuk: Sıkıştırma işleminde kullanılan, 13-20 mm çapında ve 380 mm uzunluğunda çelik malzemeden imal edilmiş malzemedir.

Diğer Araç Gereç: Vazelin veya silikon gresi, metal numune tepsisi, terazi, etüv, kür tankı, bakkal küreği, spatül, çekiç, plastik tokmak, numune çıkarıcısı, su içeriği için metal numune kaplarıdır.

12.1.2. Deneyin Yapılışı

Deney, iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınarak standartlara ve tekniğine uygun şekilde yapılır.

Deney Numunesinin Hazırlanması

CBR deneyi genellikle zeminin kazı anındaki tabii su içeriğinde yapılır. Ancak farklı su içeriğindeki deneyler de istenebilir. Bu durumda deney numunesi şöyle hazırlanmalıdır.

- Doğal su muhtevası, standart proktor veya modifiye proktor metoduyla optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı belirlenmiş zemin numunesinin 20 mm'lik elekten geçen kısmından, her deney için yaklaşık 6 kg açıkta kurutulmuş numune alınır.
- Alınan bu numune geniş bir tepsiye yayıldıktan sonra topaklar ovularak veya plastik tokmakla ezilerek 20 mm'lik elekten geçirilir.
- Elek üstünde kalan iri danelerin toplam numuneye oranı kaydedildikten sonra bu daneler atılır.
- Elek üstünde kalan iri danelerin oranı %25'ten fazlaysa yerine ana numuneden 20 mm ile 4,75 mm arası malzeme eklenerek deney numunesi tamamlanır.
- 20 mm'lik elek altına geçen her deney için yaklaşık 6 kg'lık örselenmiş zemin numunesi tepsilere alınır ve etüve konarak 110±5 °C'ta değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur.
- Numune etüv kurusu durumu geldikten sonra, her deney için yaklaşık 6 kg tartılarak (M_1) alınır.
- Deney için hazırlanan etüv kurusu durumundaki zemin numunesinin kütlesine göre numunenin optimum su oranında zemini ıslatmak için gerekli olan su kütlesi (Mw) hesaplanır.
- Hesaplanan su kütlesi, darası alınmış bir kapta tartılarak hazırlanır.
- Daha sonra suyun tamamı tepsideki numunenin üzerine yavaş yavaş serpiştirilerek zemin numunesi iyi bir şekilde karıştırılır ve kapalı bir kap içerisinde 24 saat beklemeye bırakılır.

Zemini ıslatmak için gerekli olan su kütlesi (M_W) şu formül kullanılarak hesaplanır:

$$Mw = (M_1 .W_{opt})/100$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:

M_1: CBR deneyi için alınan etüv kurusu zemin numunesinin kütlesi (g)

W_{opt}: Zeminin laboratuvar optimum su içeriği (%)

M_W: Zemin numunesini ıslatmak için gerekli su kütlesi (g)

Deney Numunesinin Sıkıştırılması

Sıkıştırma, zeminin kuru birim ağırlığının arttırılması için tokmak veya farklı bir mekanik araçla zemine enerji uygulanarak danelerin birbirine yaklaştırılması işlemidir. Zemin numunesinin silindir kalıbın içine sıkıştırılması, statik ve dinamik sıkıştırma olmak üzere farklı yöntemlerle yapılır. Aşağıda verilen sıkıştırma yöntemlerinden biri kullanılarak zemin numunesinin sıkıştırma işlemi yapılır.

Statik Sıkıştırma: Zemin üzerine yük (basınç) uygulanarak yapılan bir sıkıştırma şeklidir. Statik sıkıştırma **TS 1900-2** Standardı'nda kullanılan disk sayısına göre Metot 1 ve Metot 2 olarak iki farklı şekilde yapılır.

Dinamik Sıkıştırma: Dinamik sıkıştırma, çeşitli ağırlık ve özelliklerdeki tokmaklar kullanılarak yapılan bir sıkıştırma şeklidir.

Dinamik sıkıştırma **TS 1900-2** Standardı'nda Metot 1, Metot 2 ve Metot 3 olmak üzere üç farklı şekilde yapılır. Bu metotlar, kullanılan sıkıştırma aracına ve zeminin türüne; sıkıştırılacak tabaka sayısı, tokmak vuruş sayısı veya titreşim süresine göre değişir.

Zemin numunesinin silindir metal kalıp içine sıkıştırma işlemi, zemin laboratuvarlarında en çok kullanılan ve standartta verilen Metot 3'e göre yapılır.

En az iki deney için altışar kg'lık, belirlenen su oranlarında deneyden önce hazırlanan ve 24 saat kapalı bir kap içerisinde bekletilen numuneler proktor deneyinde olduğu gibi iyice karıştırılarak hazırlanır.

- Metal kalıp, taban plakasına takılmış olarak 1 g doğrulukla tartılır ve kütlesi (M_2) olarak kaydedilir.
- Taban plakasıyla birlikte kütlesi belirlenen metal kalıp sert bir zemin üzerine oturtulur.
- Kalıp tabanına ara mesafe diski yerleştirildikten sonra üzerine bir adet süzgeç kâğıdı yerleştirilir ve metal yaka takılır.
- Zemin türüne göre kütlesi 2,5 kg ve 4,5 kg olan iki ayrı sıkıştırma enerjisinden herhangi biri kullanılabilir.
- Kütlesi 2,5 kg olan tokmak kullanılarak zemin sıkıştırılacaksa silindir metal kalıp içerisine üç kademe hâlinde veya bunu biraz aşacak miktarda zemin numunesi yerleştirilir. Zemin yüzeyine eşit aralıklarla dağıtılacak şekilde tokmakla her kademede 61 vuruş yapılarak numune sıkıştırılır. Her defasında aynı kütledeki zemin kullanılarak son kademede kalıbın tepesini en çok 6 mm taşacak şekilde iki kademe daha eklenir ve aynı yöntemle sıkıştırılır.
- Kütlesi 4,5 kg olan tokmak kullanılarak zemin sıkıştırılacaksa silindir metal kalıp içine beş kademe hâlinde veya bunu biraz aşacak miktarda zemin numunesi yerleştirilir. Her kademede zeminin yüzeyine eşit aralıklarla dağıtılacak şekilde 61 vuruş yapılarak numune sıkıştırılır.
- Sıkıştırma sırasında katmanlar arasında ayrışım olmaması için alt katman yüzeyi belirli seviyede çizildikten sonra üst katman sıkıştırılır.
- Sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra metal yaka çıkarılır ve zemin, düzeltme bıçağı ile kalıbın üst kenarı seviyesinde tesviye edilir. Numune yüzeyinde iri malzemeden dolayı oluşan boşluklar, daha ince malzeme ile doldurulur.
- Tesviye işlemi yapıldıktan sonra metal kalıp yerinden çıkarılarak ters çevrilir ve süzgeç kâğıdı alınmadan metal kulpla ara mesafe diski alınır.
- Delikli taban plakasının üzerine bir tane filtre kâğıdı yerleştirilir.
- Dolu metal kalıp, süzgeç kâğıdı konarak delikli taban plakası üzerine tekrar yerleştirilir.
- Ara mesafe diski alındıktan sonra diskteki delik nedeniyle numune yüzeyinde oluşan sivrilik, çekiç veya tokmakla vurularak düzeltilir.
- Sıkıştırılmış dolu metal kalıp, taban plakasıyla birlikte tartılarak 1 g doğrulukla kütlesi (M_3) belirlenir.
- Ara mesafe diskinin oluşturduğu boşluk kısmına, zeminin arazide maruz kalacağı yükü temsilen, numunenin üzerine önce delikli, sonra yarıklı sürsaj kütlelerinden birer tane yerleştirilerek CBR deneyine hazır hâle getirilir.
- Sıkıştırılmış zeminde hava boşlukları oranı %5'ten az ise (%95 doygunluk), sıkıştırmadan doğan boşluk, su basıncının sönmesini kolaylaştırmak için numune, deneyden önce 24 saat bekletilmelidir.

Deney Numunesinin Suda Bekletilmesi

Bu, numunesinin suda bekletilmesi için yaş CBR istenmesi durumunda kullanılır. CBR deneyinde numunelerin suda bekletilmesi yöntemi her zaman uygulanmaz. Sıkıştırma işlemine ek olarak hazırlık genellikle her bir numunenin penetrasyon testinden önce 96 saat boyunca suya batırılmasını içerir. Yaş CBR yöntemi, sadece bazı özel durumlarda boşlukların tamamıyla su ile dolu olduğu en düşük taşıma gücünü, başka bir ifadeyle arazideki doğa koşullarını birebir numunede belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Buna göre

- Sıkıştırılan ve ilave yük kütleleri ile CBR deneyine hazır olan metal kalıbın üst kenar kısmına üçayak oturtularak sabitlenir.
- Metal kalıbın içine oturacak şekilde delikli plaka yerleştirilir. Uzatıcı sap, cıvata ile delikli plakaya sabitlenir.
- Daha sonra yüzey hareketi izlenebilecek şekilde 0,02 mm bölüntülü bir komparatör saati üçayak aparatındaki yerine yerleştirilir.
- Komparatör saati uzatıcı sapa değecek şekilde zeminin oturma veya şişme ihtimaline göre sıfırlanarak konumlandırılır.

- Daha sonra numune, su seviyesi metal kalıp üst kenarından aşağıda olacak şekilde su dolu büyük bir kabın içine yerleştirilir.
- Suyun numunenin üstüne çıkmasına kadar geçen süre gözlenir.
- Üç gün boyunca numunenin üzerinde su gözlenmemesi durumunda metal kalıbın üstünden taşacak şekilde su dolu kaba daldırılır. 96 saat olan normal ıslanma süresi tamamlanana kadar suda bekletilir (Görsel 12.5).
- Numunenin suyun etkisi altında çökme veya şişme durumu belli zaman dilimlerinde komparatör saatinden okunarak zeminin türü hakkında bilgi edinilir. Çökme durumu (+), şişme durumu (-) olarak deney formuna kaydedilir.
- Islatma tamamlandıktan sonra numune, su kabından çıkarılır ve 15 dakika süzülmeye bırakılır.
- Üçayak ve delikli plaka çıkarılır.
- Dolu metal kalıp, taban plakası ile 1 g doğrulukla tartılır (M_4).
- Suda bekletme işlemi sonrasında numunelere CBR deneyi yapılarak Karayolları Teknik Şartnamesi'nde istenen %100 CBR değerine ulaşıp ulaşmadığı kontrol edilir.
- Deneyden elde edilen değerler ve gerekli hesaplamalar Tablo 12.2'deki Deney Raporu'na kaydedilir.



Görsel 12.5: Numunelerin suda bekletilmesi

Zemin Taşıma Oranının Belirlenmesi

- Numunenin sıkıştırma işleminde CBR deneyine hazır hâle getirilen metal kalıp, üst yüzeyi açık olacak şekilde taban plakasıyla birlikte basınç aletinin plakasına yerleştirilir.
- Penetrasyon (batma) pistonu, numune yüzeyine değecek şekilde mesafe ayarlaması yapılır.
- Penetrasyon pistonu, taşıma oranı %30'dan az olan zeminlerde 4,5 kg, %30'dan fazla olan zeminlerde ise 22,5 kg'lık bir oturtma yüküyle numune yüzeyine oturtulur ve kadran sıfırlanır.
- Daha sonra CBR deney cihazı çalıştırılarak penetrasyon pistonu dakikada 1,20 mm'lik bir hızla zemine itilir.
- Manuel cihazlarla yapılan deneylerde 0,625 mm, 1,25 mm, 1,75 mm, 2,50 mm, 5,00 mm, 7,50 mm, 10,00 mm, 12,50 mm'lik penetrasyonlarda yük okuması yapılır. Bir grafik kâğıdı üzerine yatay eksene batma (penetrasyon) değerleri ve düşey eksene piston yükleri işaretlenerek noktalar belirlenir. Belirlenen bu noktalar arasından düzgün bir eğri çizilir.
- Deney, otomatik dijital CBR cihazıyla yapılıyorsa yük okumaları ve grafik çizimi yazılım tarafından otomatik çizilerek zeminin taşıma oranı belirlenir.
- CBR okumaları yapıldıktan sonra deney kendiliğinden sona erer ve program sona erdirilir.
- Penetrasyon işlemi bittikten sonra piston kaldırılır ve metal kalıp deney setinden çıkarılır.
- Deney, numunenin her iki yüzüne yapılacaksa deney sonucu numune yüzeyinde oluşan girintiler doldurularak numune yüzeyi çelik cetvelle düzeltilir. Taban plakası metal kalıbın altından çıkarılarak kalıbın üst yüzüne takılır. Daha sonra kalıp içindeki numuneyle birlikte ters çevrilir. Yukarıdaki işlemler, aynı şekilde numunenin diğer yüzü için de tekrarlanır.
- Penetrasyon deneyleri tamamlandıktan sonra su içeriğini belirlemek için metal kalıbın iki ucundaki yüzeylerin hemen altından her biri 350 g kadar olacak şekilde numuneler alınarak hassas

terazide tartılır ve Mw olarak deney formuna kaydedilir.

- Numuneler, 105±5 °C'ta değişmez ağırlığa gelinceye kadar 24 saat etüvde kurutulur ve etüvden çıkarıldıktan sonra ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğutulur.
- Numuneler soğuduktan sonra hassas terazide tartılır ve Ms olarak deney formuna kaydedilir.
- Her deney numunesi için %W = (Mw-Ms)/(Ms-Mkap) formülü kullanılarak zemin numunelerinin su içeriği hesaplanır. Daha sonra elde edilen sonuçların ortalaması alınarak ortalama su içeriği hesaplanır (%W= Su içeriği oranı, Mw= Yaş numunenin kütlesi, Ms= Kuru numunenin kütlesi ve Mkap = Metal kabın ağırlığı).
- Taşıma oranı deneyinde elde edilen değerler ve gerekli hesaplamalar Tablo 12.2'deki Deney Raporu'na kaydedilir.

12.1.3. Hesaplamalar ve Deney Raporu

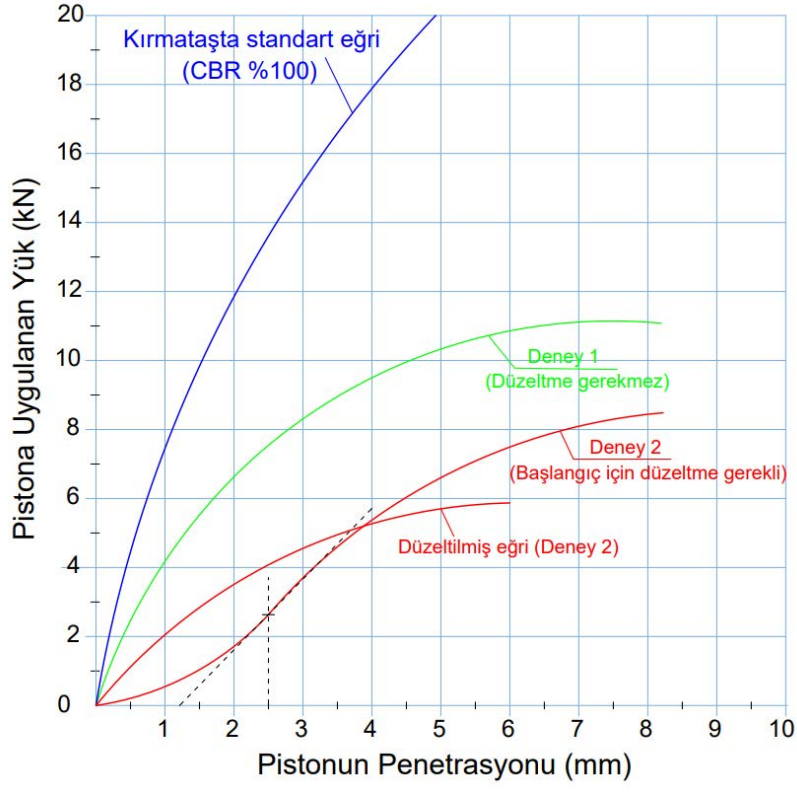
Deneyden elde edilen veriler deney formuna işlenerek yük-penetrasyon eğrisi çizilir ve zeminin taşıma oranı hesaplanır. Otomatik dijital CBR cihazıyla yapılan deneylerde yük okumaları ve grafik çizimi yazılım tarafından otomatik çizilerek zeminin taşıma oranı belirlenir.

Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenir. Deneyden elde edilen sonuçlar, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre hazırlanan deney raporuna kaydedilir.

Yük-Penetrasyon Eğrisi

Yatay eksene batma (penetrasyon) değerleri ve düşey eksene piston yükleri bir grafik kâğıdı üzerine işaretlenerek noktalar belirlenir. Belirlenen bu noktalar arasından düzgün bir eğri çizilir. Çizilen eğri normalde yukarıya doğru dış bükey şeklinde olur. Eğrinin başlangıç kesiminin yukarı doğru iç bükey olması durumunda düzeltme yapılır.

Düzeltme işlemi için en büyük eğim noktasına bir teğet çizilir. Çizilen bu teğet penetrasyon eksenini kesecek şekilde uzatılır. Daha sonra bu eğri, teğetle penetrasyon ekseninin kesiştiği nokta, başlangıç noktasına gelecek şekilde sola kaydırılır. Düzeltilmiş bu eğri ile taşıma oranı değeri belirlenir. Görsel 12.6'da CBR %100, düzelme gerektirmeyen dış bükey ve düzeltme gerektiren iç bükey deney sonuçlarına ait yük-penetrasyon grafiği verilmiştir.



Görsel 12.6: Standart yük-penetrasyon grafiği

Taşıma Oranının Hesaplanması

Yük altındaki zeminin 2,50 ve 5,0 mm derinliklerdeyken zeminin göstermiş olduğu direnç ile standartlarca belirlenmiş, aynı batma derinliğindeki bir kırma taş numunesinin direncine oranlanmasıyla zeminin taşıma oranı belirlenir.

CBR değeri, standart gerilmenin yüzdesi olup yüzde sembolü) (%) uygulamada genellikle kullanılmaz. Bu değer tamsayı olarak ifade edilir. 2,50 ve 5,00 mm penetrasyondaki birim standart yük değerleri Tablo 12.1'de verilmiştir.

Tablo 12.1: 2,50 ve 5,00 mm Penetrasyondaki Birim Standart Yük Değerleri

PENETRASYON MİKTARI (mm)	TOPLAM STANDART YÜK (kg)	BİRİM STANDART YÜK (kg/cm2) (DÜZELTİLMİŞ BASINÇ DEĞERİ)
2,50	1346 (13,2 kN)	1346 / 19,35 = 70
5,00	2039 (20 kN)	2039 / 19,35 = 105

2,50 mm ve 5, 00 mm için zeminin taşıma oranı şu formül kullanılarak hesaplanır:

$$\%\ \mathbf{CBR} = \frac{\text{Deneyde Uygulanan Gerilme (Yük)}}{\text{Numune için Standart Gerilme (Yük)}} . 100$$

Piston alanına düşen basınç şu formülden hesaplanır:

Piston Alanına Düşen Basınç (kg/cm²) = Okunan yük (kg) / Pistonun kesit alanı (cm^2)

Pistonun kesit alanı: 19,35 cm^2

Genel olarak 2,5 mm'deki CBR değeri, 5 mm'den büyük çıkar. Böyle durumda proje tasarımı amacıyla 2,5 mm'deki CBR değeri alınır. 5 mm'deki değer, 2,5 mm'den büyük çıkarsa deney tekrarlanır. Deneyin tekrarlanması durumunda 5 mm'lik CBR değeri, 2,5 mm'den daha büyük çıkıyorsa büyük olan değer zeminin CBR değeri olarak kabul edilir.

ÖRNEK DENEY: Örnek CBR deney sonuçları ve sonuçlara göre zemin taşıma oranının hesaplanması Tablo 12.2'de verilmiştir (Yük penetrasyon grafiği için Görsel 12.6'yı kullanınız.).

Tablo 12.2: Deney Örneği

Penetrasyon (mm)	Birim Standart Yük (kg/cm²)	1. DENEY				2. DENEY			
		Okunan Yük (kg)	Piston Alanına Düşen Basınç (kg/cm²)	Uygulanan Gerilme (Yük) (kg/cm²)	CBR (%)	Okunan Yük (kg)	Piston Alanına Düşen Basınç (kg/cm²)	Uygulanan Gerilme (Yük) (kg/cm²)	CBR (%)
0,75	0	2	0,1	16,5		20	1,05	-	-
1,25	0	9	0,5	32,1		73	3,7	-	-
1,875	0	263,3	13,6	43,1		164	0,2	-	
2,50	70	583,5	30,2	53,5	**76**	295	15,2	26,6	38
3,75	88	1009,4	52,2	68,3		534	27,5	-	
5,00	105	1304,2	67,4	78,6	75	730	37,5	43,4	**41**
7,50	134	1702,2	88	95,8		950	48,8	-	-
10,00	162	1981,5	102,4	110,1		1080	55,5	-	-
12,50	183	2253,5	116,5	124,1		1180	60,98	-	-

Yatay eksene batma (penetrasyon) değerleri ve düşey eksene piston yükleri bir grafik kâğıdı üzerine işaretlenerek noktalar belirlenir. Belirlenen bu noktalar arasından düzgün bir eğri çizilir. 1. deney sonucuna göre % CBR değeri 76 kabul edilir. 2. deney sonucuna göre 5 mm'lik % CBR değeri 2,50 mm'lik CBR değerinden yüksek çıktığından 2. deney tekrarlanır.



Penetrasyon-yük eğrisini, çeşitli taşıma oranı değerleri için çizilmiş eğrilerin olduğu bir grafik kâğıdı üzerine çizerek, herhangi bir hesaplama yapmadan, doğrudan okuyarak zeminin taşıma oranı kolaylıkla belirlenebilir.

Suda bekletilmiş zemin numunelerinin yaş ve kuru birim hacim ağırlıklarının hesaplanması

- **Zeminin Yaş Birim Hacim Ağırlığının Hesaplanması (ρ_n)**

Statik metotla ve titreşimli tokmakla kalıba sıkıştırılmış numuneler için aşağıdaki eşitlik kullanılarak zeminin yaş birim hacim ağırlık değeri hesaplanır.

$$\rho_n = 0,0042.M_1 \ (kN/m^3)$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
M_1: Kalıbı doldurmak için gerekli zemin kütlesi, (g)

- Dinamik metotla kalıba sıkıştırılmış numuneler için ise şu eşitlik kullanılır:

$$\rho_n = 0,00431.(M_3 - M_2) \ (kN/m^3)$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
M_2: Metal kalıpla delikli taban plakasının kütlesi, (g)
M_3: Metal kalıp, delikli taban plakası ve kalıptaki zeminin kütlesi, (g)

- **Zeminin Kuru Birim Hacim Ağırlığı (ρ_k):** Zeminin kuru birim hacim ağırlık değeri, şu eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$\rho_k = \rho_n/(1+w) \ (kN/m^3)$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
W: Zeminin su muhtevası (%)

Sonuçların Gösterilmesi

Taşıma oranı, %30'a kadar olan değerler %1 hassasiyet, %30 ile %100 arasındaki değerler %5 hassasiyet ve %100'den büyük değerler de %10 hassasiyetle verilir.

Su içeriklerine ait deney sonuçları, çoğunlukla numunenin alt ve üst kısmına göre ayrı ayrı verilir. Sonuçlar, ortalama değerin %10'undan daha az sapma gösteriyorsa sonuçların ortalaması alınır. Sapma %10'dan fazlaysa bu durumda deney tekrar yapılmalıdır.

Deney Raporunun Hazırlanması

Deneyden elde edilen sonuçlar Tablo 12.3'teki Deney Raporu'na kaydedilir. Deney Raporu'na deney standardı, sıkıştırma yöntemiyle ile ilgili detaylar, zeminin kuru birim hacim ağırlığı, zeminin taşıma oranı, deneyden sonraki su muhtevası veya suda bekletilmişse bekletme süresi gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 12.3: Deney Raporu

Deney Adı	Zeminlerde Kaliforniya Taşıma Oranı Tayini Deneyi		
Standart No.	TS 1900-2 (2006)		
1.DENEYLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER			
Müşteri Adı			
Laboratuvar No.		Numune Kabul Tarihi	
Numuneyi Gönderen		Deney Başlangıç Tarihi ve Saati	
Ait Olduğu Proje		Deney Bitiş Tarihi ve Saati	
Sondaj No.		Laboratuvar Sıcaklığı	
Numune Tipi		Laboratuvar Nemi	
Deneyi Kontrol Eden		Deneyi Yapan	

2.DENEYE AİT BİLGİLER			
Numune Numarası			
Numune Sıkıştırma Metodu (Statik / Dinamik)			
Sıkıştırmada Kullanılan Tokmak Ağırlığı(kg)			
Tabaka Sayısı ve Vuruş Sayısı			
Hesaplanan Gerekli Numune Miktarı (M_1), g			
Kalıp + Taban Plakasının Kütlesi (M_3), g			
Kalıp + Taban Plakası +Yaş Numune Kütlesi (M_2), g			
Numunenin Kütlesi (M_2-M_3), g			
Suda Bekletilme Süresi (gün)			
Suda Bekletilmiş Numune+Kalıp+Taban Plakası Kütlesi (M_4)			
Suda Bekletilmiş Numune Kütlesi (M_4- M_2), g			
Suda Bekletilmiş Numunenin Yaş Birim Hacim Ağırlık Değeri(kN/m^3)			
Suda Bekletilmiş Numunenin Kuru Birim hacim Ağırlık Değeri (kN/m^3)			

3. KURU / YAŞ CBR DENEYİ İÇİN PİSTONA UYGULANAN YÜK-PENETRASYON DEĞERLERİ

Deney No.	1				2				3			
Penetrasyon Değeri (mm)	Okunan Yük (kg)		Gerilme (g/cm^2)		Okunan Yük (kg)		Gerilme (kg/cm^2)		Okunan Yük (kg)		Gerilme (kg/cm^2)	
	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt
0,625												
1,250												
1,875												
2,500												
3,750												
5,000												
7,500												
10,00												
12,50												
Maksimum Taşıma Oranı (CBR), %												

4. CBR DENEYİ SONRASI SU MUHTEVASI TAYİNİ

Metal Kalıp Numune Alma Yeri	Alt Kısım		Üst Kısım		Alt Kısım		Üst Kısım		Alt Kısım		Üst Kısım	
Tartım Sonuçları Yaş(M_W), Kuru (M_s)	M_W	M_s	M_W	M_s	M_W	M_s	M_W	M_s	M_s	M_W	M_W	M_s
Su Muhtevası (W), %												
Ortalama Su Muhtevası (W_{ort}), %												

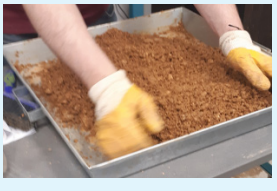
1. DENEY UYGULAMASI

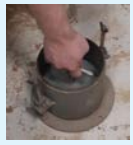
Modifiye proktor ile kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su muhtevasını belirlediğiniz örselenmiş zemin numunesinin taşıma oranını (CBR değerini), iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak ilgili standartlara uygun şekilde belirleyiniz.

DENEY ADI: Zeminin Taşıma Oranı (CBR) Deneyi

DENEY SÜRESİ: Numune hazırlama ve bekleme 25 saat, uygulama ve hesaplama 4 saat (yaş CBR yapılacaksa uygulama öncesi suda bekletme 96 saat)

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurları belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız. • Numuneleri etüvden çıkarırken ısıya dayanıklı eldiven veya bez kullanınız.	
 Deney araç gereç ve ekipmanlarının hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, çalışabilir durumda ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
  Deney numunesinin hazırlanması	• Zeminin doğal su muhtevasını, modifiye proktor metoduyla optimum su içeriğini ve maksimum kuru birim hacim ağırlığını belirlediğiniz zemin numunesinin 20 mm'lik elekten geçen kısmından iki deney için yaklaşık altışar kg açıkta kurutulmuş numune alınız. • Aldığınız zemin numunesini geniş bir tepsiye alarak yayınız ve topakları ovarak veya plastik tokmakla ezerek 20 mm'lik elekten geçiriniz. • Elek üstünde kalan iri danelerin toplam numuneye oranını kaydettikten sonra bu daneleri atınız. • Elek üstünde kalan iri danelerin oranı %25'ten fazlaysa yerine, ana numuneden 20 ile 4,75 mm arası malzeme ekleyerek deney numunesini tamamlayınız.	

 Deney numunesinin kurutulması	• Açıkta kurutulmuş ve 20 mm elekten geçirilen örselenmiş deney numunesini tepsiye alarak etüve koyunuz. • Numuneyi etüv kurusu durumuna getirdikten sonra bez veya ısıya dayanıklı eldivenle etüvden alarak ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğutunuz.	
Zemini ıslatmak için gerekli olan su kütlesinin hesaplanması (M_W)	• Deney numunesi soğuduktan sonra her deney için yaklaşık 6 kg tartarak (M_1) numune alınınız. • Deney için hazırlanan numunenin kütlesine göre zemin numunesinin optimum su oranında zemini ıslatmak için gerekli su kütlesini (MW) hesaplayınız. • Hesaplanan su kütlesini, darası alınmış bir kapta tartarak hazırlayınız.	
 Deney numunesinin istenen su muhtevasında ıslatılması	• Suyun tamamını tepsiye alınız. Numunenin üzerine yavaş yavaş suyu serpiştirerek bir yandan karıştırınız. • Zemin numunesini iyice karıştırdıktan sonra kapalı bir kap içinde 24 saat bekletiniz.	
 Sıkıştırma işlemi öncesi deney numunesinin karıştırılması	• Sıkıştırma işleminden önce hazırladığınız ve 24 saat kapalı bir kap içinde beklettiğiniz numuneleri iyice karıştırınız.	
 Metal kalıbın taban plakasıyla birlikte takılması	• Metal kalıbı taban plakasına taktıktan sonra 1 g doğrulukla tartınız ve kütlesini (M_2) olarak kaydediniz.	

  Metal kalıba ara mesafe diski ve süzgeç kâğıdının konması	• Taban plakasıyla birlikte kütlesini belirlediğiniz metal kalıbı düz ve sert bir zemin üzerine koyunuz. • Kalıp tabanına ara mesafe diskini yerleştiriniz. • Daha sonra üzerine bir adet süzgeç kâğıdı yerleştiriniz ve metal yakayı takınız.	
 Deney numunesinin metal kaba doldurulması ve sıkıştırılması	• 4,5 kg'lık olan tokmak kullanarak silindir metal kalıba beş kademe hâlinde veya bunu biraz aşacak miktarda zemin numunesini yerleştiriniz. • Tokmakla her kademede zemin yüzeyine eşit aralıklarla dağıtılacak şekilde 61 vuruş yaparak numuneyi sıkıştırınız. • Her defasında aynı kütlede zemini kullanarak son kademede kalıbın tepesini en çok 6 mm taşacak şekilde aynı yöntemle sıkıştırınız.	
 Sıkıştırılan numune yüzeyinin tesviye edilmesi	• Sıkıştırma işlemini tamamladıktan sonra metal yakayı çıkarınız. • Sıkıştırılan numune yüzeyini, düzeltme bıçağı ile kalıbın üst kenarı seviyesinde tesviye ediniz. • Numune yüzeyinde iri malzemeden dolayı oluşan boşlukları, daha ince malzeme ile doldurmaya özen gösteriniz.	
 Sıkıştırılmış metal kalıbın ters çevrilmesi ve ara mesafe diskinin alınması	• Metal kalıbın yüzey tesviyesini yaptıktan sonra kalıbı taban plakasından ayırarak çıkartınız ve delikli taban plakasının üzerine bir adet süzgeç kâğıdı koyunuz. • Daha sonra çıkardığınız sıkıştırılmış dolu metal kalıbı ters çevirerek (alt üst yaparak), taban plakasının üzerine dikkatli bir şekilde yerleştirip sabitleyiniz. • Metal kalıp içinden başlangıçta koyduğunuz süzgeç kâğıdını almadan metal kulp yardımıyla ara mesafe diskini alınız.	
 Taban plakasıyla birlikte sıkıştırılarak hazırlanan dolu metal kalıbın tartılması	• Ara mesafe diskini aldıktan sonra diskteki delik nedeniyle numune yüzeyinde oluşan sivriliği çekiç veya tokmakla vurarak düzeltmeye özen gösteriniz. • Taban plakasıyla birlikte sıkıştırılmış dolu metal kalıbı tartarak kütlesini (M_3) 1 g doğrulukla belirleyiniz.	

 Sıkıştırılan numune üzerine ilave yüklerin yerleştirilmesi	• Ara mesafe diskinin oluşturduğu boşluk kısmına, numunenin üzerine önce delikli, sonra yarıklı sürsaj kütlelerinden birer tane yerleştiriniz. • Sıkıştırılmış zeminde hava boşlukları oranı %5'ten az ise (%95 doygunluk), sıkıştırmadan kaynaklanan boşluk suyu basıncının sönmesini kolaylaştırmak için deneyden önce numuneyi 24 saat bekletiniz. • Deney numunesi ile sıkıştırarak hazır duruma getirdiğiniz metal kalıbı, kuru CBR deneyi için cihaza yerleştiriniz ve zeminin taşıma oranının belirlenmesi basamağına geçiniz. Yaş CBR deneyi yapılacaksa işlem basamaklarını takip ediniz.	
 Numunenin suda bekletme işlemine hazırlanması (Yaş CBR)	• Sıkıştırdığınız ve ilave yük kütlelerini ekleyerek CBR deneyine hazır hâle getirdiğiniz metal kalıbın üst kenar kısmına üçayağı oturtarak sabitleyiniz. • Metal kalıbın içine oturacak şekilde zemin yüzeyine delikli plakayı yerleştiriniz. • Komparatör saati ile okuma yapmak için uzatıcı sapı cıvata ile delikli plakaya sabitleyiniz. • Yüzey hareketini gözlemleyebilecek şekilde,0,02 mm bölüntülü bir komparatör saatini üçayak aparatındaki yerine sabitleyiniz. • Komparatör saatini, uzatıcı sapı ayarlayarak zeminin çökme veya şişme durumunda doğru okumalar yapmak için dikkatli bir şekilde konumlandırarak sıfırlayınız.	
 Numunenin suda bekletilmesi (Yaş CBR)	• Numuneleri, su seviyesi metal kalıbın üst kenarından aşağıda olacak şekilde yavaşça su dolu büyük bir kabın içerisine yerleştiriniz. • Suyun numune üstüne çıkmasına kadar geçen süreyi gözlemleyiniz. • Üç gün (72 saat) boyunca numunelerin üzerinde su gözlemlenmediyse üstünden taşacak şekilde metal kalıbı su dolu kaba daldırınız ve normal ıslanma süresi olan 96 saat tamamlanana kadar suda bekletiniz. • Numunenin, suyun etkisi altında çökme veya şişme durumunu belli zaman dilimlerinde komparatör saatinden okuyarak zeminin türü hakkında bilgi edinebilirsiniz. • Zemin deney numunelerinin çökme durumunu (+) veya şişme durumunu (-) olarak deney formuna kaydediniz	

Numunenin sudan çıkarılması ve tartılması (Yaş CBR)	• Islatma tamamlandıktan sonra numuneyi, dikkatli bir şekilde su kabından çıkarınız ve süzülmesi için 15 dakika bekleyiniz. • Süzülme sonrası metal kap üstündeki üçayak ve delikli plakayı çıkarınız. • Dolu metal kalıbı, taban plakasıyla birlikte 1 g doğrulukla tartınız (M_4) ve deney formuna kaydediniz. • Suda bekletme işlemi sonrasında numunelere CBR deneyini yaparak Karayolları Teknik Şartnamesi'nde istenen %100 CBR değerine ulaşıp ulaşmadığını kontrol ediniz.	
 Zeminin taşıma oranının (CBR) belirlenmesi	• CBR deneyine hazır hâle getirdiğiniz numune dolu metal kalıbı, üst yüzeyi açık olacak şekilde taban plakasıyla birlikte deney cihazında basınç aletinin plakasına yerleştiriniz. • Penetrasyon pistonu numune yüzeyine değecek şekilde mesafe ayarlamasını yapınız. • Penetrasyon pistonunu, taşıma oranı %30'dan az olan zeminler ve 4,5 kg, %30'dan fazla olan zeminlerde 22,5 kg'lık bir oturtma yüküyle numune yüzeyine oturttuktan sonra kadranı sıfırlamayı unutmayınız. • Penetrasyon pistonunun dakikada 1,20 mm'lik bir hızla zemine itilmesini sağlamak için CBR deney cihazını çalıştırınız.	
 Zeminin taşıma oranının (CBR) belirlenmesi	• Manuel CBR cihaz ile deney yapıyorsanız göstergeden 0,625 mm, 1,25 mm, 1,75 mm, 2,50 mm, 5,00 mm, 7,50 mm, 10,00 mm, 12,50 mm'lik penetrasyonlarda yük okumasını yaparak deney formuna kaydediniz. Ancak deney, otomatik dijital CBR cihazıyla yapılıyorsa yük okumalarının ve grafik çiziminin yazılım tarafından otomatik olarak yapıldığını unutmayınız. • Penetrasyon işlemi ve yük okumaları bittikten sonra deney kendiliğinden sona erdiğinde pistonu dikkatlice kaldırınız ve metal kalıbı deney cihazından çıkartınız.	

 Metal kalıbın CBR deney cihazından çıkartılması	• Deney cihazından çıkardığınız metal kalıptan ilave yükleri ve süzgeç kâğıdını alınız. • Deney, numunenin her iki yüzüne yapılacaksa deney sonucunda numune yüzeyinde oluşan girintileri doldurularak numune yüzeyini çelik cetvelle düzeltiniz ve taban plakasını metal kalıbın altından çıkartarak üst yüzüne takınız. • Daha sonra kalıbı içindeki numuneyle birlikte ters çevirerek yukarıdaki işlemleri aynı şekilde numunenin diğer yüzü için de tekrarlayınız.	
 Numunenin su içeriğinin bulunması	• Penetrasyon deneylerini tamamladıktan sonra metal kalıbın alt ve üst kısımlarının hemen altından, her biri 350 g kadar numuneler alarak hassas terazide tartınız ve W_1 olarak deney formuna kaydediniz. • Numuneleri, 105±5 ^{O}C sıcaklıkta 24 saat etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutunuz. • Numuneler kuruduktan sonra etüvden çıkartarak ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğutunuz. • Numuneler soğuduktan sonra hassas terazide tartınız ve W2 olarak deney formuna kaydediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında, deneyde kullandığınız aletleri bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Manuel cihazlarla yapılan deneylerde yük-penetrasyon eğrisinin çizilmesi	• Yatay eksene batma (penetrasyon) değerlerini ve düşey eksene piston yüklerini bir grafik kâğıdı üzerine işaretleyerek noktaları belirleyiniz. • İşaretleyerek belirlediğiniz bu noktalar arasından düzgün bir eğri çiziniz. • Çizilen eğrinin yukarıya doğru dış bükey şeklinde olmasına dikkat ediniz. • Eğri başlangıç kesimi yukarı doğru iç bükey ise düzeltme yapınız. Düzeltilmiş eğri ile zeminin taşıma oranı değerini belirleyiniz.	

 Otomatik dijital CBR cihazlarla yük okuması ve yük-penetrasyon eğrisinin çizilmesi	• Otomatik dijital CBR cihazıyla yapılan deneylerde yük okumaları ve grafik çizimin yazılım tarafından otomatik olarak yapıldığını unutmayınız.	
Hesaplamaların yapılması	• Taşıma oranı değerini, 2,5 ve 5,0 mm'lik penetrasyondaki yük değerlerine göre hesaplayınız. • Her deney için numunelerin su içeriğini hesaplayınız ve ortalama su içeriğini bulunuz. Alt ve üst kısımlardan elde edilen su içeriklerine ait deney sonuçlarını Tablo 12.3'teki Deney Raporu'na ayrı ayrı kaydediniz. • Suda bekletilmiş numunelerin yaş ve kuru birim hacim ağırlıklarını hesaplayınız.	
Sonuçların gösterilmesi	• Taşıma oranı, %30'a kadar olan değerleri %1 hassasiyet, %30 ile %100 arasındaki değerleri %5 hassasiyet ve %100'den büyük değerleri de %10 hassasiyetle kaydediniz.	
	• Su içeriklerine ait deney sonuçları, ortalama değerin %10'undan daha az sapma gösteriyorsa sonuçların ortalamasını alınız. Sapma %10'dan fazlaysa bu durumda deneyi tekrarlayınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Taşıma oranı deneyinde elde ettiğiniz değerleri ve gerekli hesaplamaları Tablo 12.3'teki Deney Raporu'na kaydediniz.	
	• Deney sonrası grubunuzla deney raporunu doldurunuz ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

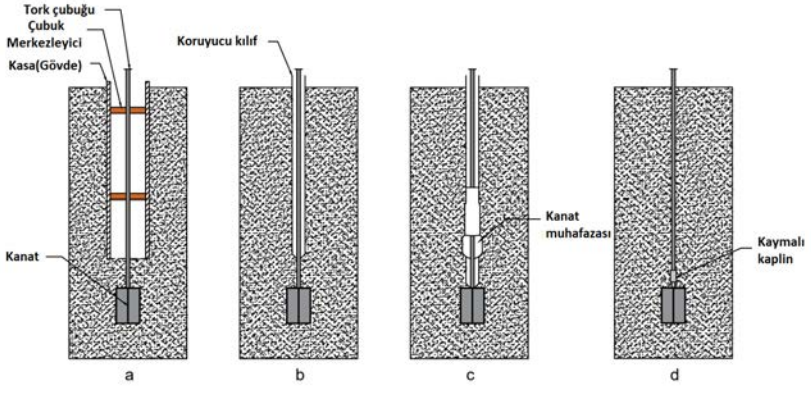
12.2. ZEMİNLERDE ARAZİDE KAYMA DAYANIMININ KANATLI KESİCİ İLE SAPTANMASI DENEYİ (FVT)(TS EN ISO 2476-9, ASTM D2573)

Arazi kanatlı kesme [vane (veyn)] deneyi, özellikle örselenmemiş numune alınmasının güç olduğu tamamen suya doymuş, bozulmamış yumuşak kil ve siltli killer gibi kohezyonlu hassas zeminlerin drenajsız kayma dayanımını (S_u) ölçmek için yapılmaktadır. Bu yöntem orta sert killer, organik zeminler ve atık çamurları gibi malzemelerde de kullanılmakta olup kum, çakıl veya diğer yüksek geçirgenliğe sahip zeminler için uygun değildir.

Deney, **ASTM D2573** veya **TS EN ISO 22476-9** Standardı'na göre kanatlı kesme aletiyle türü ve yapısı bilinen örselenmemiş bir zeminde arazide (sahada) yapılır. Zemin içerisine batırılan kanatlı kesicinin döndürülmesine karşı zeminin göstermiş olduğu dirençten, ölçülen tork ve kanadın boyutlarından drenajsız kayma dayanımı belirlenir. Kesme anında uygulanan döndürme momentini ölçmek için genellikle döndürmeye karşı doğrusal, esnek davranan ve kalibrasyonu yapılmış yaylar kullanılır. Kanatlı kesme deneyi yapılırken ara derinliklerde bazen ince cidarlı tüplerle zemin örnekleri alınabilmektedir.

Arazide kanatlı kesici (FVT), sondaj kuyusu tabanından veya zemin yüzeyinden olmak üzere iki farklı yöntemle zemin içine sürülmektedir. Kanatlı kesici, zemin koşullarına ve gereken doğruluğa bağlı olarak kullanılan aparatlara göre Görsel 12.7'de gösterildiği gibi zemine farklı şekillerde yerleştirilmektedir.

- Kanatlı kesici, kasalı muhafaza borusu içerisinde sondaj kuyusu açılır. Sonra uzatma çubuklarının düşeyden sapmasını engellemek amacıyla sondaj kuyusu içinde merkezleyiciler kullanılır. Kaplinsiz ve muhafazasız uzatma çubuklarıyla koruyucu kılıf olmadan sondaj deliği tabanından en az sondaj deliği çapının dört katı derinliğe kadar zemine itilir. Kanat gövdesinin hemen üzerinde ölçüm yapılır (Görsel 12.7.a).
- Sondaj kuyusu açılmadan da kanatlı kesici zemin yüzeyinden baskı ile itilerek zeminin içerisine sürülür. Bazı durumlarda kanatlı kesici, dönerli sondaj ekipmanına bağlanarak sondaj ilerlerken muhafaza haznesinin içine alınır. Deney derinliğine geldiğinde kuyu tabanından zeminin içerisine kanat çapının en az beş katı kadar derine sürülmektedir. İtmeli tip kanatlı kesicilerde, tilerin yüzeyinde sürtünme oluşmaması için muhafazalı uzatma çubukları kullanılarak kanat zemin içine itilir (Görsel 12.7.b).
- Koruyucu kılıflı (muhafazalı) uzatma çubukları ve muhafaza içinde korunan kanatlı kesiciyle kanat yüzey seviyesi sondaj deliğinin tabanına sokularak ölçüm yüzey seviyesinde gerçekleşir. Koruyucu kılıflı uzatma çubuklarıyla tork aktarımı yapılır (Görsel 12.7.c).
- Korumasız kanat, sondaj deliğinin tabanına sokularak maksimum torkun yukarıya doğru ölçümü yüzey seviyesinde gerçekleşir. Sürtünme azaltıcı kaydırıcı rekorlu (kayma kaplinli), muhafazasız (kasasız) uzatma çubuklarıyla tork aktarımı yapılır (Görsel 12.7.d).



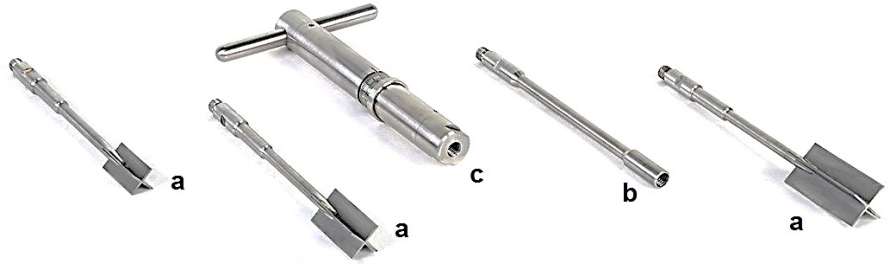
Görsel 12.7: Arazi kanatlı kesicinin zemine yerleştirme yöntemleri

12.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanlar

Veyn deney seti; burgu yaylı silindirik gövde ve uygulama yapılacak arazideki zeminin dayanımına göre yükseklik / çap oranı (H / D) iki olan ve değiştirilerek kullanılabilecek çeşitli boyutlardaki düz (dikdörtgen) veya konik kesme uçlarından oluşmaktadır (Görsel 12.8).

Kanatlı Kesici: Zeminin kayma dayanımını belirlemek için kullanılan kanatlı kesici, 12,5-16,5 mm çapındaki çelik bir milin ucunda ortalama 2,0 mm et (e) kalınlığında dört adet paslanmaz çelik sac levhanın birbirine 90° açıyla kaynatılmasıyla oluşturulmuş bir alettir (Görsel 12.8.a). Standart bir kanatlı kesicinin kanat yüksekliği (H) 65 mm, silindirik kesme yüzeyinin çapı (D) 130 mm'dir. Dikdörtgen şekilli standart araçlarda kanat yüksekliğinin silindirik kesme yüzeyi çapına oranı (H / D) ikidir. Ayrıca, örselenmeyi azaltmak amacıyla zemine batırmayı kolaylaştıran, çift ucu ya da tek ucu konik şeklinde kanatlı kesiciler de kullanılmaktadır (bk. Görsel 12.10).

Test edilen zeminin özelliği ve kıvamına göre kanat çapı seçilmelidir. Çok yumuşak zeminlerde iyi bir döndürme kuvveti için daha büyük boyutlarda kanatlı kesici kullanılmalıdır. Daha sert zeminlerde tork ölçüm cihazına zarar vermemek için daha küçük kanatçıklar kullanılmalıdır. El burgusu deliklerinde kullanıldığında maksimum kanat ebadı, delme veya kanatlı kesici muhafazasının iç çapına bağlıdır.



Görsel 12.8: Kanatlı kesici deney seti

Uzatma Çubukları (Tij): Tork uygulamasının zemin yüzeyinde olduğu durumlarda çubuk çapı 18 ile 25 mm arasında olan ve zemin seviyesinden daha derinde yapılacak ölçümlerde kanatlı kesiciye ekleme yapılarak kullanılan 500 mm uzunluğundaki çelik aparattır (Görsel 12.8.b). Uzatma çubukları test sırasında üretilen kuvveti kanata iletmeye yetecek kadar büyük bir çapa ve burulma sertliğine sahip olmalıdır.

Tork Ölçüm Cihazı (Torkmetre): Çubuğun tepesine yerleştirilmiş bir kenetleme cihazıyla zemin içine sokulan kanatlı kesicinin döndürülmesi ve işlem sırasında uygulanan momentin (döndürme kuvveti) tork uygulama aparatı ile ölçülmesini sağlayan, tork değeri 5 N.m olan bir cihazdır (Görsel 12.8.c).

Koruyucu Kılıf: Muhafazanın veya sondaj duvarı arasındaki sürtünmeyi engelleyecek şekilde tork çubukları yönlendirilmelidir.

Sabitleme Ayakları: Tork cihazını zemine sabitleyen bu gereç deney sırasında oluşan sarsıntıyı engellemek amacıyla kullanılır. Sabitleme ayakları ile sondaj kuyusu arasındaki mesafe en az 50 cm olmalıdır.

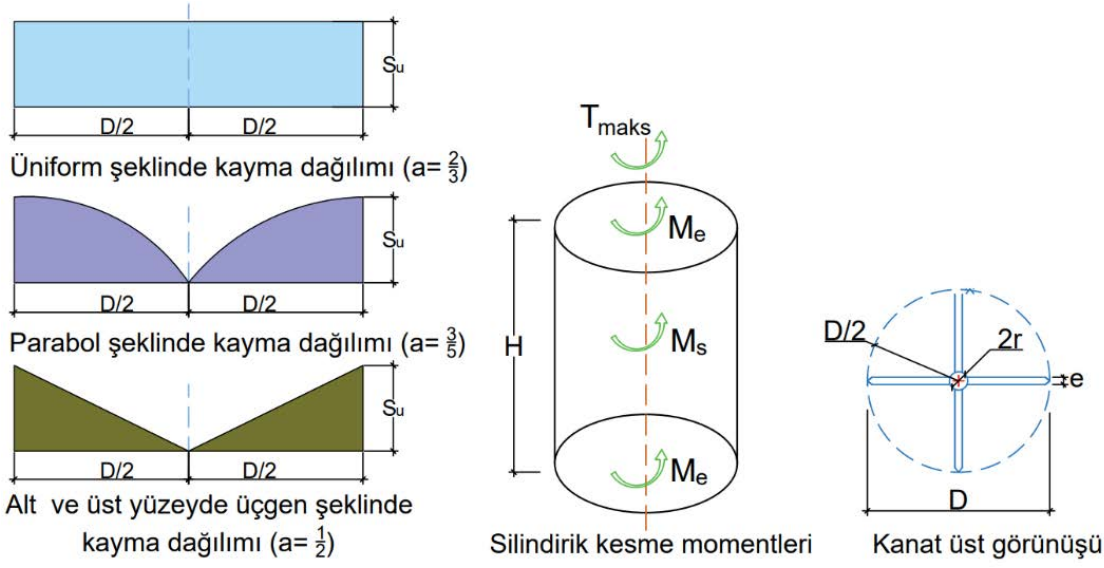
Merkezleyiciler: Sondaj deliklerinde yapılan deneylerde, tork çubuklarını ortalayarak dikey bir itme sağlamak ve tork çubuğunun bükülmesini önlemek için kullanılır. Merkezleyiciler, çubukların sürtünmesini en aza indirmek ve çubukları desteklemek için tasarlanmıştır. Merkezleyicilerin çapı, açılan delikten daha küçük olmalıdır.

Kanat Muhafazası / Kasa: Kanatlı kesicinin sondaj kuyusuna indirilmesi sırasında kanatların korunmasını sağlamak için kullanılır. İstenen derinliğe ulaşıldığında kanat test aralığına itilebilir.

İlerletme Ekipmanı (Döndürme Kolu): Belirli ve sabit bir hızda elle veya otomatik olarak kanadı döndürmeye yarayan ekipmandır. Sondaj deliklerinde kullanıldığında sondaj makinesinin tahrik kafası ve aşağı çekme özelliği, kanadı delik tabanının altına itmek için kullanılabilir. Bazı ekipmanlar kanadı yüzeyden itmek için tasarlanmıştır. Kanadı dikey ve düz bir şekilde itmek için mahfazalarla birlikte bir üst merkezleyici ve çubuk merkezleyiciler kullanılmalıdır.

12.2.2. Deneyin Yapılışı

- Deneye başlamadan önce araç gerecin uygunluk durumu kontrol edilir. Çubukların düzgünlüğü her yeni arazide bir kez ve o arazideki en az yirmi deney sonrası çubuklar kontrol edilmelidir.
- Kanatlı kesici, ilerleme ekipmanıyla birlikte test edilecek zeminin üzerine yerleştirilir.
- Kanatlı kesici, belirtilen deney derinliğinde önceden açılmış bir sondaj kuyusu veya el burgusuyla açılmış bir temiz delik tabanına tork uygulanmadan indirilir.
- Kanatlı kesici tepesi veya üst yüzeyi, sondaj kuyusu tabanından sondaj deliği çapının en az beş katı derinliğe kadar deneyin yapılacağı örselenmemiş zemine 20 mm/s'yi geçmeyen sabit bir hızla itilir. Sert kil, siltler ve kil işlemede kanadı istenen derinliğe indirmek için çakma işlemi gerekebilir.
- Zemin içerisine itilen kanatlı kesiciye herhangi bir darbe, titreşim veya döndürme momenti (tork) uygulamadan kanat muhafazasıyla birlikte girebileceği bir derinlikte durdurulur.
- Deney derinliğine ulaşıldıktan sonra 2-5 dakika bekleme süresi içerisinde kanada ilk tork uygulanarak deney başlatılmalıdır. Kanatlı kesicinin zemin içerisinde kısa süre bekletilmesi durumunda daha düşük kayma değerleri; uzun süre bekletilmesi durumunda ise zeminin kendini toparlayarak dayanımının artmasına ya da konsolide olmaya (su içeriğinde azalma) başlayarak daha büyük kayma değerleri elde edilebilir.
- İlk tork uygulamasıyla tork çubuğuna dakikada 6 derecelik (0,1 derece/saniye) sabit bir döndürme hızı verilir. Kanat içeride döndürülerek zemin kesilir. Zeminin hassaslığına, yumuşaklığına ve durumuna göre standardın izin verdiği 0,05-0,2 derece/s aralığında **(ASTM D2573)** döndürme hızı ayarlanmalıdır.
- Kanada ilk tork uygulaması ile kesme işlemi için uygulanan tork, dönme sırasında geçen süre ve dönme açısı her 30 saniyede zemin yüzeyindeki otomatik kayıt alan bir torkmetre ile ölçülür. Maksimum tork (örselenmemiş dayanım değeri) ölçülürken deney 0,1 °/s hız ile yapıldığında yumuşak killerde yenilme süresi ortalama 10-20 dakika, yumuşak killer dışındaki diğer zeminlerde ise ortalama süresi 2-5 dakika kadar sürmektedir.
- Manuel olarak okunan göstergelere sahip aparatlarla koşullar izin veriyorsa 15 s'lik aralıklarla veya daha düşük frekanstaki ara tork değerleri kaydedilmelidir. Zemin içerisine itilen kanatlı kesici serbest dönmeye başladığında başka bir ifadeyle zeminin yenilme durumundaki maksimum tork değeri kaydedilir. Maksimum tork (T_{maks}) değerinden pik drenajsız kayma dayanımı (S_u) hesaplanmaktadır.
- Yeniden kalıplama [yoğrulmuş, örselenmiş, artık veya kalıntı (T_{kal})] dayanımı; maksimum tork belirlendikten sonra bekleme bekleme yapılmaz. 1 dakikada içerisinde standart deney hızında en az 5-10 devir arasında bir hızla kanatlı kesici tekrar döndürülür. Artık dayanım hassas killi zeminlerde 1-2 devirde veya daha kısa sürede elde edilebilir. Ancak doğrulama için standart 5 -10 devir uygulanarak birkaç artık dayanım belirlenebilir.
- Aynı sondaj kuyusunda yapılan iki deney arasındaki düşey mesafede en az 0,50-0,75 m olmalıdır. **ASTM D2573**'te bir sonraki deney derinliği ilgili mühendisin kararına bırakılmıştır.
- Uygun koşullardaki kanatlı kesici deneyi için zemin yüzeyi boyunca en az 0,50 ile 0,75 m aralıklarla örselenmemiş ve artık dayanım kanat deneyleri yapılmalıdır. Delik aralıkları, sadece delik işleme programından sorumlu mühendis tarafından değiştirilebilir.
- Tork çubukları zeminle temas ediyorsa benzer derinlikler ve benzer çubuklar üzerinde kanat takılı olmadan yapılan tork testleriyle zemin ile çubuk arasındaki sürtünme kuvveti farklı bir cihazla ölçülür. Bu değer kayma dayanımını sağlayan tork miktarından çıkarılır.
- Deney sırasında meydana gelen olay ve gözlenen durumlar deney raporuna kaydedilir.
- Deney sonrası çubukların düzgünlüğü gözle kontrol edilerek araç gerecin bakımı yapılır.
- Görsel 12.9'da verilen zeminin kayma dağılımı şekline göre a değeri seçilerek kanatlı kesicinin alt ve üst ucunda oluşan moment (M_e) ve maksimum tork (T_{maks}) hesaplanır. Kanatlı kesicide üç noktada oluşan M_e ve M_S momentleri toplanarak T_{maks} değeri elde edilir. T_{maks} değeri kullanılarak drenajsız doruk (pik) kayma dayanımı (S_u) ve T_{kal} değeri kullanılarak da kalıntı (rezidüel) kayma dayanımı (S_{ur}) çeşitli bağıntılarla hesaplanır. Kayma dayanımı, tork ve çap tutarlı birimlerde olduğu sürece aşağıdaki denklemler herhangi bir birimde yazılabilir.



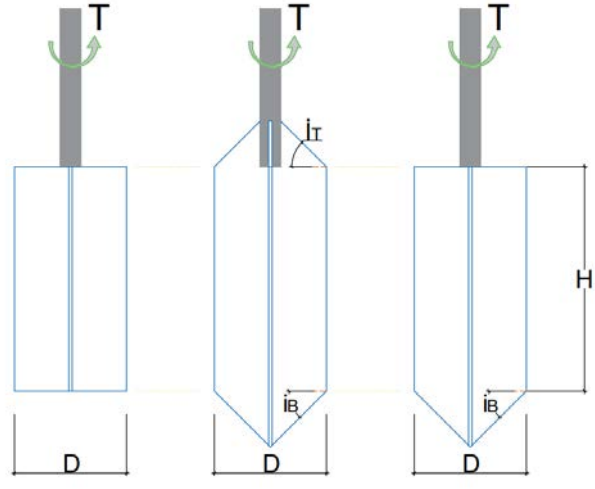
Görsel 12.9: Zeminin kayma durumları ve maksimum tork

$$M_s = (\pi . D . H) . S_u . (D/2) = \frac{\pi . D^2 . H}{2} . S_u$$

$$T_{maks} = M_e + M_s + M_e = 2.M_e + M_s$$

$$T_{maks} = \pi . S_u . [\frac{D^2 . H}{2} + a . \frac{D^3}{4}]$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
H: Kanat yüksekliği (cm)
D: Kanat çapı (cm)
Kanat Yükseklik/Kanat Çapı: H/D= 1/2
Kanatlı Kesici Yüzey Alanı: (π.D.H)
Moment Kolu: D/2
M_s: Kanatlı kesicinin dönme anındaki yanal kesme momenti
M_e: Alt ve üst yüzeyde kesmeyi sağlayan döndürme momenti
Görsel 12.10'da verilen kanatlı kesici şekillerine göre kayma dayanımı hesaplanmaktadır.



Görsel 12.10: Kanatlı kesici şekillerine göre kayma dayanımı hesaplama

$$M_s = (\pi . D . H) . S_u . (D/2) = \frac{\pi . D^2 . H}{2} . S_u \qquad M_e = \pi . S_u . a . \frac{D^3}{8}$$

$$T_{maks} = M_e + M_s + M_e = 2.M_e + M_s \qquad T_{maks} = \pi . S_u . [\frac{D^2 . H}{2} + a . \frac{D^3}{4}]$$

H/D = 2 olan dikdörtgen şekilli kanatlı kesici için kayma dayanımının hesaplanması

ASTM Standardı'na göre

Çeşitli şekillerdeki tüm kanatlı kesiciler için genel drenajsız kayma dayanımı hesaplama

$$S_u = \frac{T_{maks}}{\pi . \left(\frac{D^2 . H}{2} + a . \frac{D^3}{4}\right)} , kN/m^2 \ (kPa) \qquad \textbf{ASTM standardına göre } S_u = \frac{6 . T_{maks}}{7\pi . D^3}$$

Dikdörtgen şekilli kanatlı kesici için (i_T = 0° ve i_B = 0°): $S_u = 0{,}273 \ . T_{maks} / D^3$
Sadece alt ucu açılı (Nilcon) kanatlı kesici için (i_T = 0° ve i_B = 45°): $S_u = 0{,}265 \ . T_{maks} / D^3$
İki ucu açılı (Geonor) kanatlı kesici için (i_T = 45° ve i_B = 45°): $S_u = 0{,}257 \ . T_{maks} / D^3$

Zeminin duyarlılığı veya hassasiyetinin (S_t) hesaplanması

$$S_t = S_u / S_{ur} \quad \text{veya} \quad S_t = / \ T_{maks} \ / T_{KAL}$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
S_u: Drenajsız doruk (pik) kayma dayanımı
S_{ur}: Drenajsız kalıntı (rezidüel) veya yeniden kalıplanmış (yoğrulmuş) kayma dayanımı
T_{maks}: Maksimum tork değeri (Nm)
T_{kal}: Kalıntı maksimum tork değeri (Nm)
i_T : Kanatlı kesicinin tepesindeki konik kısmın açısı
i_B : Kanatlı kesicinin alt ucundaki konik kısmın açısı

12.2.3. Deney Raporunun Hazırlanması

Deney raporunun içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenir. **ASTM D2573** ve **TS EN ISO 22476-9** Standardı'na göre her kanatlı kesici testi için gözlemler, ölçülen değerler ve deney sonuçları Tablo 12.4'teki Deney Raporu'na kaydedilir. Deney sonunda proje sahasında veya arazide yapılan kanatlı kesici deneyi için saha raporu ve özet raporu hazırlanır. Deney raporu tutanak hâlinde düzenlendikten sonra imzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.



Tablo 12.4: Deney Raporu

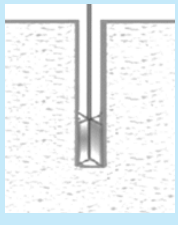
Deney Adı	Arazide Kanatlı Kesici ile Kayma Dayanımı Deneyi		
Standart No.	TS EN ISO 22476-9, ASTM D2573		
1.DENEY İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER			
Müşteri Adı		Projenin Adı ve Yeri	
İş veya Proje Numarası		Deney Tarihi ve Saati	
Deney Operatörünün Adı-Soyadı ve İmzası		Hava Sıcaklığı	
Deneye Eşlik Edenin Adı-Soyadı / Ünvanı			
2.KULLANILAN DENEY ARAÇ GEREÇ VE EKİPMANLARINA AİT BİLGİLER			
Deney Ekipmanının Üreticisi Modeli ve Numarası			
Tork Çubuğunun Tipi ve Boyutu			
Kanadın Boyutu ve Şekli (Çift Konik, Tek Konik eya Dikdörtgen)			
3.DENEYE AİT BİLGİLER			
Sondaj No.			
Sondaj Ustabaşının Adı-Soyadı			
Sondaja Nezaret Eden Mühendisin Adı-Soyadı			
Deney Seviyesine Kadar Delme Yöntemi ve Sondaj Deliği Çapı			
Sondaj Kuyusunun X,Y,Z Koordinatları / Konum			
Saha/Arazi Taslağı (Ölçekli veya Ölçeksiz)	Deney raporuna ayrıca eklenecek.		
Sabit Bir Noktayı (Referans Nokta) İfade Eden Zemin Yüksekliği			
Muhafazanın Altındaki Kanat Ucunun Derinliği veya Deliğin Tabanı			
Kanat Ucunun Derinliği			
Test Derinliğine Ulaşılmasıyla Kanada İlk Tork Uygulanması Arasındaki Bekleme Süresi			
İlk Tork Uygulamasıyla Maksimum Torka Ulaşılana Kadar Olan Kayma Süresi			
15 s'lik Aralıklarla veya Daha Düşük Frekanstaki Ara Tork Değerleri			
Maksimum Tork Okuması, (T_{maks})			
Drenajsız Kayma Dayanımı, (S_u)			
Doruk (Pik) Drenajsız Kesme Dayanımı, ($S_{u)}$			
Yeniden Kalıplanmış Güç, Devir Sayısı			
Yeniden Kalıplanma Oranı			
Yeniden Kalıplanmış Test(ler) İçin Maksimum Tork Okuması, (T_{kal})			
Yeniden Kalıplanmış Drenajsız Kayma Dayanımı, (S_{ur})			
Sürtünme Belirlemeleri			
Hassasiyet (Boyutsuz), (S_t)			
Deney Standardındaki Sapmalar (varsa):			
4. ÖZET RAPORU (Özet Raporu aşağıdaki bilgileri içermelidir.) Tork grafikleri Döndürme verileri Dayanım verilerini gösteren özet çizimler ve tablolar Kanatlı ekipman ve ilerleme yöntemlerinin tanımı, muhafazalı veya muhafazasız Torku uygulama ve ölçme yönteminin açıklaması Çubuk sürtünme ölçümleri dâhil hesaplamalar Kanadı itmeye karşı dirençle ilgili notlar Tork ölçüm cihazı için kalibrasyon bilgisi			

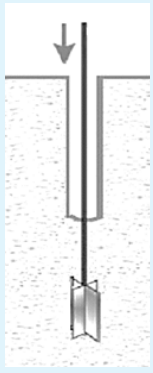
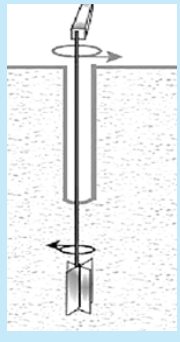
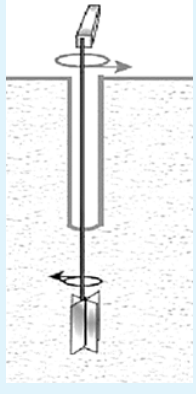
2. DENEY UYGULAMASI

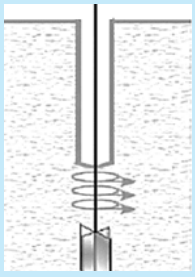
Öğretmeninizin belirleyeceği bir sahada / arazide iş güvenliği önlemlerini alarak kanatlı kesici aleti ile zeminin kayma dayanımı deneyini ilgili standartlara uygun yapınız.

DENEY ADI: Arazide Kanatlı Kesici Deneyi (FVT)

DENEY SÜRESİ: Uygulama 4 saat, hesaplama 1 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*KONTROL
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce sahada gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız.	
Deney araç gereç ve ekipmanlarının hazırlanması	• Araç gereç ve ekipmanların eksiksiz, temiz ve çalışabilir durumda olmasına dikkat ediniz. • Deneye başlamadan önce araç gerecin uygunluk durumunu kontrol ediniz. • Çubukların düzgünlüğünü her yeni arazide bir kez ve deney yaptığınız sahada / arazide en az yirmi deney sonrası kontrol ediniz.	
Sondaj yerinin tespiti ve sondaj kuyusunun açılması	• Sondaj yapılacak yer ve noktaları belirleyiniz. • Sondaj yapılacak arazinin / sahanın ölçekli veya ölçeksiz krokisini çiziniz. • Sondaj kuyusunun X,Y,Z koordinatları ve konumunu işaretleyiniz. • Sondayı zemine batırdıktan sonra döndürme momentini uygulayarak zemini bir silindirin alt, üst ve yan yüzleri boyunca kesiniz. Uygun olması durumunda önceden açılmış bir sondaj deliğini kullanınız ya da el burgusuyla sonda deliği açınız. • Zeminin hassaslığına göre zemin yüzeyinden deney yapılacak derinliğe kadar kanatlı kesiciyi iterek veya zemine çakarak sondaj kuyusunu açmadan da kullanabilirsiniz.	
 Kanatlı kesicinin sondaj çukuruna indirilmesi	• Kanatlı kesiciyi, ilerleme ekipmanıyla birlikte deney yapılacak zemin üzerine yerleştiriniz. • Kanatlı kesiciyi, belirtilen deney derinliğinde önceden açılmış bir sondaj kuyusu veya el burgusuyla açılmış bir temiz delik tabanına kuvvet uygulamadan indiriniz.	

 Kanatlı kesicinin sondaj tabanının dibine itilmesi	• Kanatlı kesici tepesi veya üst yüzeyini, sondaj kuyusu tabanından sondaj deliği çapının en az beş katı derinliğe kadar deneyin yapılacağı örselenmemiş zemine 20 mm/s'yi geçmeyen sabit bir hızla itiniz. • Killer, siltler ve kil işlemede kanadı istenen derinliğe indirmek için çakmalı tip kanatlı kesicilerde kanatlı kesiciyi çakabilirsiniz. • Zemin içerisine ittiğiniz kanatlı kesiciye herhangi bir darbe, titreşim veya döndürme kuvveti uygulamadan kanat muhafazasıyla birlikte girebileceği bir derinlikte durdurunuz.	
 Kanatlı kesiciye tork uygulanması	• Deney derinliğine ulaştıktan sonra en az 2, en geç 5 dakika sonunda kanatlı kesiciye ilk tork uygulayarak deneyi başlatınız. Deney sırasında süreyi belirlemek için süreölçer kullanmayı unutmayınız. • Tork uygulamasıyla tork çubuğuna dakikada 6 derecelik (0,1 derece/saniye) sabit bir döndürme hızı veriniz, kanadı döndürerek zemini kesiniz. • Doğru sonuçlar elde etmek için kanatlı kesiciyi zemin içerisinde standarta uygun sürede (deney 0,1 °/s hız ile yapıldığında yumuşak killerde yenilme süresi ortalama 10-20 dakika, yumuşak killer dışındaki diğer zeminlerde ise ortalama 2-5 dakika) tutmaya özen gösteriniz.	
 Maksimum tork ölçümü (T_{maks})	• Kanada ilk torku uyguladıktan sonra kesme işlemi için uygulanan tork, dönme sırasında geçen süre ve dönme açısını her 30 saniyede zemin yüzeyindeki otomatik kayıt alan bir torkmetre ile ölçünüz. • Manuel olarak okunan göstergelere sahip aparatlarla koşullar izin veriyorsa 15 s'lik aralıklarla veya daha düşük frekanstaki ara tork değerlerini kaydediniz. • Zemin içerisine itilen kanatlı kesici serbest dönmeye başladığında zeminin yenilme durumundaki T_{maks} değerini kaydediniz. • Aynı sondaj kuyusunda deney yapılacaksa iki deney arasındaki düşey mesafenin en az 0,50-0,75 m arasında olmasına özen gösteriniz.	

 Yeniden kalıplama (yoğrulmuş veya kalıntı) maksimum tork ölçümü (T_{kal})	• Maksimum tork değerini belirledikten sonra bekleme yapmadan 1 dakika içerisinde standart deney hızında en az 5-10 devir arasında bir hızla kanatlı kesiciyi tekrar döndürünüz. • Hassas killi zeminlerde 1-2 devirde veya daha kısa sürede artık dayanımı elde edebilirsiniz. Ancak doğrulama için standart 5-10 devir uygulayarak birkaç artık dayanım (T_{kal}) belirleyiniz.	
Deney uygulama mesafesinin belirlenmesi	• Uygun koşullardaki kanatlı kesici deneyi için, zemin yüzeyi boyunca en az 0,50 ile 0,75 m aralıklarla örselenmemiş ve artık dayanım kanat deneylerini yapınız.	
Sürtünme kuvvetinin ölçülmesi	• Tork çubukları doğrudan zemine temas ediyorsa aynı derinliklerde ve aynı çubukları kullanarak kanat takılı olmadan tork testlerini yapınız. • Zemin ile çubuk arasındaki sürtünme kuvvetini farklı bir cihazla ölçerek bu değeri kayma dayanımını sağlayan tork değerinden çıkartınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında çubukların düzgünlüğü gözle kontrol ederek araç gerecin bakımını yapınız. • Deney sonrasında deneyde kullandığınız aletleri bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Hesaplamaların yapılması	• Pik (doruk) drenajsız kayma dayanımını (S_u) hesaplayınız. • Yeniden kalıplama kayma dayanımını (S_{ur}) hesaplayınız. • Zeminin duyarlılığı veya hassasiyetini (S_t) hesaplayınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonunda proje sahasında veya arazide yapılan kanatlı kesici deneyi için saha raporu ve özet raporunu hazırlayınız. • Arazide kanatlı kesici deneyinde elde ettiğiniz gözlemlerinizi, ölçülen değerleri ve deney sonuçlarını ve gerekli hesaplamaları Tablo 12.4'teki Deney Raporu'na kaydediniz. • Deney sonrası grubunuzla deney raporunu doldurunuz ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Gerçekleştirdiğiniz işlem basamaklarını işaretleyerek belirtiniz.

12. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru cevabı işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi genellikle yol ve hava alanı tabanını oluşturan zeminlerin yük taşıma gücü ve kohezyonlu malzemelerin dayanım değerini belirlemede kullanılan arazi ve laboratuvar deneyidir?
A) Kaliforniya taşıma oranı
B) Arazi kanatlı kesici
C) Kum konisi
D) Plaka yükleme
E) Standart proktor

2. Kaliforniya taşıma oranı deneyinde belirli bir hızla zemin içine itilen pistonun genellikle hangi penetrasyon değerine göre zeminin taşıma oranı belirlenir?
A) 0,625 mm
B) 1,250 mm
C) 2,500 mm
D) 7,500 mm
E) 10,00 mm

3. Aşağıdakilerden hangisi Kaliforniya taşıma oranı deneyinin amaçlarından biridir?
A) Dairesel çelik bir levhanın yüklenmesiyle her yük artımında zemindeki oturma miktarını belirlemek
B) Kara yolu altyapılarında kullanılacak zeminlerin taşıma kapasitesini belirlemek
C) Sıkıştırılmış zemin dolgunun kuru birim hacim ağırlığı ve nem yüzdesini tespit etmek
D) Zeminin yük / deformasyon değerlerini belirlenmek
E) Yapay dolgularda sıkışma durumunu belirlemek

4. Kaliforniya taşıma oranı deneyinde kullanılan penetrasyon pistonun kesit alanı aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?
A) 1250 mm^2
B) 1325 mm^2
C) 1650 mm^2
D) 1725 mm^2
E) 1935 mm^2

5. Kaliforniya taşıma oranı deneyinde kullanılan zeminin dane büyüklüğü encok kaç mm olmalıdır?
A) 4,75
B) 9,50
C) 16
D) 20
E) 22,5

6. Yaş CBR deneyinde üç gün boyunca numunenin üzerinde su gözlenmemesi durumunda metal kalıpla ilgili aşağıdaki işlemlerden hangisi yapılır?

A) Metal kalıp sudan çıkarılıp aparatlar çıkarıldıktan sonra taban plakasıyla birlikte tartılır.
B) Normal ıslanma süresinin tamamlanması için 12 saat daha suda bekletilir.
C) Metal kalıp sudan çıkarılır ve 24 saat nemli ortamda bekletilir.
D) Su dolu kabın içerisine tamamen daldırılır ve 72 saat suda bekletilir.
E) Su dolu kabın içerisine tamamen daldırılır ve 24 saat daha suda bekletilir.

7. Zeminlerde arazide kayma dayanımını belirlemede kullanılan deney yöntemi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Dane çapı dağılımı
B) Kanatlı kesici
C) Likit limit
D) Serbest basınç dayanımı
E) Tek eksenli büzülme

8. Zeminlerde kayma dayanımı deneyinde kanatlı kesici deney derinliğine ulaştıktan sonra ilk tork uygulamasına hangi zaman aralığında başlanır?

A) 5 dk.-15 dk.
B) 5 dk.-10 dk.
C) 2 dk.-10 dk.
D) 2 dk.-5 dk.
E) 1 dk.- 4 dk.

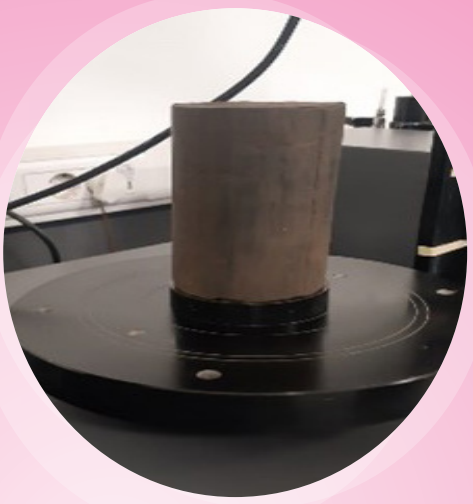
9. İlk tork uygulamasıyla kanatlı kesicinin döndürülerek zemini kesmesi için tork çubuklarına uygulanacak sabit hız aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) Dakikada 6 derece
B) Dakikada 3 derece
C) Saniyede 3 derece
D) 30 saniyede 2 derece
E) 60 saniyede 2 derece

10. Kanatlı kesici deneyi sonucuna göre örselenmemiş maksimum tork değeri (T_{maks}) 50 kg.m ve yeniden kalıplanma (kalıntı) tork değeri (T_{kal}) 20 kg.m olduğuna göre zeminin hassasiyeti aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) 1
B) 2
C) 2,5
D) 5
E) 5,5







13. ÖĞRENME BİRİMİ

ZEMİNLERDE DAYANIM DENEYLERİ

KONULAR

13.1. ZEMİNLERDE SERBEST BASINÇ DAYANIMININ TAŞINABİLİR ALETLERLE SAPTANMASI DENEYİ

13.2. ZEMİN DAYANIM TEST ARAÇ GERECİNİN BAKIM VE TEMİZLİĞİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Tek eksenli basınç
- Serbest basınç
- Periyodik kontrol

GİRİŞ

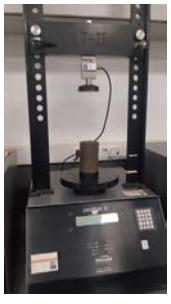
Serbest basınç dayanım deneyi örselenmemiş silindir veya kare kesitli deney numuneleri üzerinde TS 1900-2 TS EN ISO 17892-7 standartlarına göre yapılmaktadır. Zemin dayanım deney araç ve makinelerinin temizlik, bakım onarım ve depolanmasında dikkate alınması gereken kurallara uyulursa güvenli çalışma sağlanacak ve kullanım ömürleri uzayacaktır.

13.1. ZEMİNLERDE SERBEST BASINÇ DAYANIMININ TAŞINABİLİR ALETLERLE SAPTANMASI (TEK EKSENLİ SERBEST BASINÇ DAYANIM) DENEYİ

Doğal ya da sıkıştırılmış zeminlerden alınan örselenmemiş deney numunelerinin serbest basınç dayanımlarının yerinde saptanması amacıyla yapılır. İstenen ölçülere getirilmiş deney numunesinin düşey basınç altında herhangi bir yanal destek olmadan basınç dayanımının ve bu dayanım bağıntısı ile de kesme (kayma) dayanımının da belirlendiği bir deney yöntemidir. Bu deneylerde kohezyonlu ve örselenmemiş deney numuneleri kullanılır. Taşınabilir aletlerle arazide yapılabildiği gibi daha kesin sonuçlar için laboratuvar ortamında da yapılabilir.

13.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanlar

Tek Eksenli Basınç Deneyi Cihazı ve Ekipmanları: Numunenin yerleştirileceği alt ve üst plakalar, 1 kPa hassasiyetli yük ölçümü yapabilen pres ve 0,01 mm hassasiyetli yer değiştirme ölçümü cihazından oluşur. Numunenin dikey eksenli yük taşıma kapasitesini belirlemek için kullanılır (Görsel 13.1).



Görsel 13.1: Tek eksenli basınç deney cihazı



Görsel 13.2: Numune alma tüpü

Çelik Numune Alma (UD) Tüpleri: Doğal veya sıkıştırılmış zeminden numune alabilecek, iç çapı 50 mm, dış çapı ise en fazla 56 mm olan (Zeminde iri daneler varsa numune alıcı çapı en iri dane çapının 6 katından büyük olmalıdır.) metal silindir borudur. Örselenmemiş deney numunesinin muhafazası için metal borunun her iki ucu da numune içindeyken parafinle kapatılır, havayla teması kesilir (Görsel 13.2).

Numune İtici: Numune tüpü iç kesit sekil ve ölçüsüne uygun hidrolik araçtır. Örselenmemiş numunenin zarar görmeden çıkartılmasında kullanılır (Görsel 13.3).

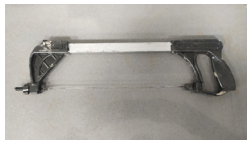


Görsel 13.3: Numune itici (piston)



Görsel 13.4: Kalıp

Kalıp: Numune alma tüpünden çıkartılan deney numunesini korumak ve numuneye zarar vermeden tıraşlamak için kullanılan iki parçalı metal kalıptır (Görsel 13.4)



Görsel 13.5: Kıl testere

Kıl Testere: Deney numunesinin üst ve alt yüzeylerini tıraşlamak için kullanılan metal testeredir (Görsel 13.5).

Bunların yanında kumpas, somun anahtar takımı, hassas terazi, etüv ve su muhtevası ölçümünde kullanılacak araçlar gereklidir.

13.1.2. Deneyin Yapılışı

Deney, numune hazırlanması, deneyin yapılışı ve hesaplama aşamaları ile yapılır.

13.1.2.1. Deney Numunesinin Hazırlanması

Deney kumlu zeminler için uygun değildir. Deney numuneleri; silindir numunelerde 50 mm, zorunlu durumlarda 38 mm dairesel kesitli, kare numunelerde ise bir kenarı uzunluğu 10 cm olmalıdır. Numune yüksekliği ve kesit arasındaki oran; silindir numunelerde 1,8-2,5 kat, kare kesitli numunelerde ise 2,00-2,8 kat arasındadır başka bir deyişle 5 cm çaplı silindirik numune uzunluğu 9-12,5 cm arasında,10 cm kenarlı kare kesitli numune uzunluğu ise 20-28 cm arasındadır. Bunun yanında numune en büyük dane çapı numune kesitinin 1/6'sından büyük olmaz.

13.1.2.2. Deneyin Yapılışı

- Örselenmemiş deney numunesi 8. Öğrenme Birimi'nde anlatıldığı şekilde alınarak korunur.
- Parafinle kapatılan uçlardan bir tanesi açılır.
- UD tüpü pistona dikey şekilde yerleştirilir. Piston vasıtası ile numune piston ağzına yerleştirilen kalıba dikkatlice itilir.
- Darası alınan ve iç yüzeyleri önceden yağlanarak hazırlanan iki parçalı kalıbın içine numune itilerek çıkartılır.
- Kalıp üst ve alt yüzeylerinden taşan numune kıl testere ile düşey eksene dik olacak şekilde dikkatlice kesilir.
- Islak numunenin kütlesi, kalıp darası çıkartılarak 0,01g hassasiyetle kaydedilir.
- Numune uzunluğu kumpas yardımıyla 0,1 mm hassasiyetle ölçülerek kaydedilir (H_i).
- Numune test cihazı plakalarının arasında merkezlenerek dikkatlice yerleştirilir.
- Üst plaka numune yüzeyine değene kadar indirilir, değdiği andaki ilk yük okuması kaydedilir.
- Boy kısalmasını tespit edecek ölçüm cihazı sıfırlanır.
- Yükleme hızı numunede dakikada %0,5 ile %2 arasında olacak şekilde yapılır.
- Yük ve boy değişim okumaları deney sonuçlanan kadar uygun aralıklarla en az on beş kez okunmalıdır (ΔH).
- Deney şekil değiştirme, kohezyonlu zeminlerde %15'e ulaştığında killi zeminlerde %20'ye ulaştığında daha sert numunelerde kırılma meydana gelene kadar devam ettirilir.
- Maksimum gerilmenin verildiği durumlarda ise şekil değiştirme %5i aştığında ya da gerilme maksimum değerden %20 azaldığında durdurulur.

- Deney durdurulduktan sonra numunenin fotoğrafı çekilir ve yatayla yaptığı açı ölçülür.
- Numune kesilerek iç dane yapısı incelenir. Numune çapının 1/10'undan büyük danelerin kütlesel oranları belirlenir.
- Numune tamamen kurutularak veya bir miktar parça numune alınarak etüv kurusu durumuna getirilir ve su muhtevası hesaplanır.
- Numunenin başlangıç ağırlığı ve boyut ölçümlerinden doğal birim hacim ağırlığı ve kuru birim hacim ağırlığı belirlenir.
- Numunenin eksenel şekil değiştirmesi % olarak hesaplanır.

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta H}{H_i}.100$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
ε_v = Eksenel şekil değiştirme (%)
ΔH: Numunede ölçülen eksenel şekil değiştirme (mm)
H_i: Numunenin ilk boyu (mm)

$$A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon_v}.100$$

Hesaplanan değerine karşılık gelen ortalama kesit alanı hesaplanır.
A= Ortalama kesit alanı (m²)
A_o= Deney öncesi numune kesit alanı (m²)
ε_v Eksenel şekil değiştirme (%)
Numunenin serbest basınç dayanımı hesaplanır.

$$q_u = \frac{P}{A}$$

Buradaki sembollerin anlamı şunlardır:
q_u = Serbest basınç dayanım değeri kPa/m²)
P = Şekil değişimine sebep olan yük (kPa)
A = Ortalama kesit alanı (m²)

13.1.3. Deney Raporu

Deneyden elde edilecek sonuçlar deney değerlendirme raporuna kaydedilir. Deney Raporu'na deney yöntemi, deney standardı gibi istenen diğer bilgiler doldurulur. İmzalanarak belirtilen süre içinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun (Tablo 13.1) içeriği, ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Tablo 13.1: Deney Raporu

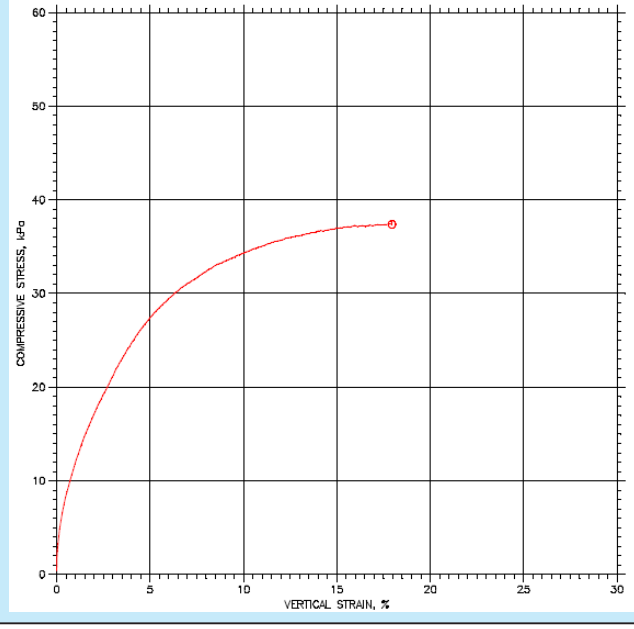
Deneyin Adı	Tek Eksenli Basınç Dayanım Deneyi
Standart No.	TS EN ISO 17892-7

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Sondaj Derinliği	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deneyin Yapıldığı Saat		Laboratuvar Nemi	

Numune Bilgileri

Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı (g)		Kalıp Ağırlığı (g)	
Numune Çapı (mm)		Numune Ağırlığı (g)	
Numuene Kesit Alanı (mm^2)		Numune Yüksekliği (mm)	
Numune Hacmi (cm^3)		Su Muhtevası (%)	

Numune Tipi ve Hazırlama Yöntemi		Deney Sonrası Numune Görseli	Deney Sonrası Numune Görseli
Yükleme Hızı (kPa/dk.)			
Göçme Yüzeyi Özelliği			
Göçme Anında Eksenel Şekil Değiştirme Açısı (%)			
Tek Eksenli Basınç Mukavemeti (kPa)			
Ortalama Sıkışma Oranı (mm/dk. veya % şekil değiştirme)			



Deneyin Değerlendirilmesi

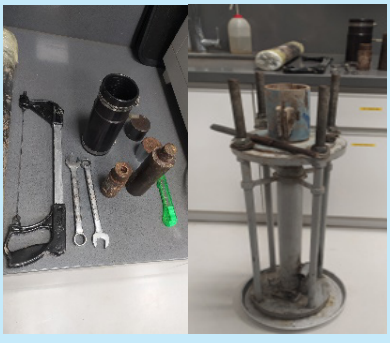
Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan

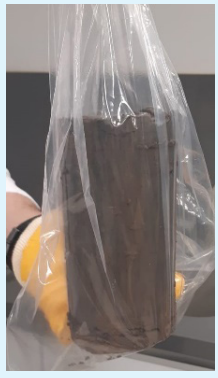
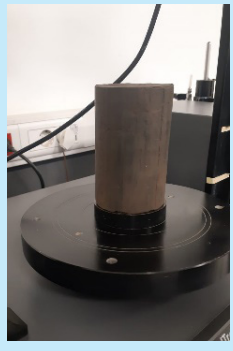
1. DENEY UYGULAMASI

Öğretmeninizin vereceği örselenmemiş deney numunesi ile tek eksenli serbest basınç dayanım deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

DENEY ADI: Tek Eksenli Serbest Basınç Dayanımı Deneyi

DENEY SÜRESİ: 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Araç gerecin hazırlanması	• Araç gerecin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Numunenin çıkartılması	• Piston yardımıyla örselenmemiş numuneyi UD tüpünden çıkartınız. • Numunenin zarar görmemesine dikkat ediniz.	
 Numunenin kalıp içerisine yerleştirilmesi	• Kalıbın iç yüzeylerini yağlamayı unutmayınız. • Kalıp iki ucundan kıl testere ile numuneyi kesiniz. • Numune dairesel alanlarının yüzeye dik olarak kesilmesine dikkat ediniz. • Numuneyi kalıptan dikkatlice çıkartınız. • Numune yüzeylerini düzeltiniz.	

 Numune bilgilerinin alınması	• Numuneyi 0,01 g hassasiyetle tartınız. • Numune boyunu kumpas ile hassas bir şekilde ölçerek kaydediniz.	
 Numunenin test cihazına yerleştirilmesi	• Numuneyi plakalar merkezlenecek şekilde yerleştiriniz. • Pistonu aşağı indirerek numuneye temas ettiriniz. • Değdiği andaki ilk yük okumasını yaparak kaydediniz. • Boydaki kısalmayı ölçecek cihazı sıfırlayınız.	
 Basınç dayanımının belirlenmesi	• Yükleme hızını ayarlayarak kaydediniz. • Yükleme boyunca en az 15 okuma yapacağınızı unutmayarak okuma aralıklarını ayarlayınız. • Yükleme sırasında gözünüzü numuneden ayırmayınız, numunedeki değişimi gözlemleyiniz. • Numune özelliğine göre değişim %15, %20 olmalıdır. Aksi bir durum gelişirse deneyi durdurunuz.	
 Numunenin gözlenmesi	• Boy kısalma değerini okuyunuz. • Eğilme açısını kaydediniz. • Deney sonrası numunenin fotoğrafını çekmeyi unutmayınız. • Numuneyi keserek dane büyüklüklerini gözlemleyiniz. • Numunenin su muhtevasını belirleyiniz.	

Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• İşlem sonrasında kullandığınız aletlerinizi bir sonraki işleme hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• İşlem sonrası grubunuzla deney raporu hazırlayınız ve ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yapılan işlemlere işaret koyunuz.

13.2. ZEMİN DAYANIM TEST ARAÇ GERECİNİN BAKIM VE TEMİZLİĞİ

Araç gereç ve makineleri kullanacak öğretmen, öğrenci ve çalışanlara kullanımından kaynaklanabilecek riskler, bunlardan kaçınma yollarının yanı sıra, temizlik bakım ve korunmasına ilişkin eğitim verilir. Bu eğitimler, araç ve makinenin çalışma performansını olumlu etkileyecektir. Oluşabilecek kaza risklerini ortadan kaldıracak, verimliliği ve kullanım süresinin uzun olmasını sağlayacaktır. Ayrıca her makinenin üzeri veya yakınında kullanma talimatı bulunmalıdır (Görsel 13.6).



Görsel 13.6: Makine kullanma talimatı

Deney aletlerinin uygun yöntem ve teknik ile temizlenmesi gerekir. Temizlik esnasında alet veya cihazın fiziksel ve işlevsel özelliklerinin bozulmaması gerekir.

13.2.1. Temizlik, Yağlama ve Koruma

Kullanılan araç gereç ve makinenin yapıldığı malzeme, temizleme ile ilgili ipucu verir. Bu durum su, deterjan ve silme yolu ile temizleme yöntemlerinden birinin seçilmesine yardımcı olur.

Deney araç gereç ve makinelerinin temizlik, bakım ve koruma işlerinde şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Temizliğe başlanmadan önce uygun yöntem ve teknik belirlenerek ve gerekli kişisel koruyucular kullanılarak iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alınmalıdır.
- Metal deney aletlerinin üzerinde bulunan kaba zemin kalıntıları mala, spatula, tel fırça gibi sert aletler ile alınır (Görsel 13.7).
- Cam ve plastik malzemelerden yapılmış deney aletlerinde bulunan kaba zemin kalıntıları ise su içerisinde bir süre bekletilir.



Görsel 13.7: Metal fırça ile temizleme

- Kabaca temizlenmiş bakkal küreği, metal tokmak, cam mezür gibi basit aletler yıkanıp doğrudan veya kuru bezle suyu alındıktan sonra kurumaya bırakılır (Görsel 13.8).



Görsel 13.8: Yıkama ve kurulama

- Metal aletler yıkandıktan sonra kuruması için asla metal bir yüzeye bırakılmaz. Aksi takdirde paslanma görünecektir (Görsel 13.9).
- Mekanik ve elektronik aletler ise aletin hassasiyet durumuna göre basınçlı hava, elektrik süpürgesi, kıl fırça, nemli veya kuru bezden uygun olan yöntem ve teknikle temizlenir.
- Kimyasal çözeltilerin kullanıldığı deneylerde kullanılan deney aletleri su ile temizlendikten sonra bulaşık deterjanı, kireç veya yağ çözücü gibi temizleyicilerle de yıkanır ve durulanır.



Görsel 13.9: Metal malzemelerin süzdürülmesi

- Kriko, piston, kalıp gibi deney aletlerinde temizlik sonrası makine yağı ile yağlama yapılır (Görsel13.10).



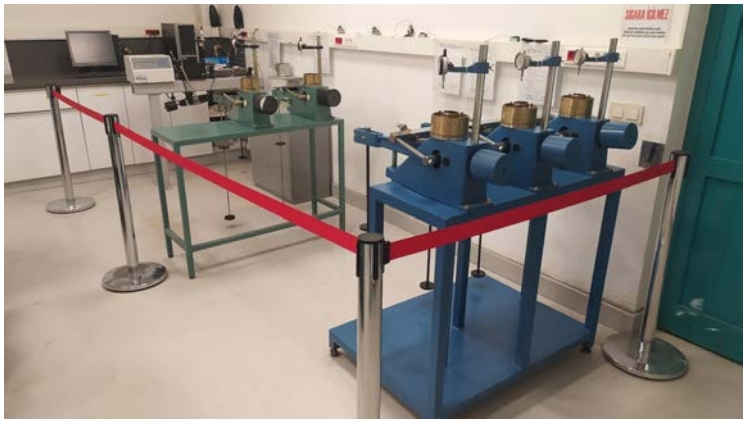
Görsel 13.10: Yağlama

- Deney aletleri sınıflandırılarak korunur. Cam, kimyasal, mekanik, elektronik, ölçme ve el aletleri gibi gruplara ayrılarak korunur (Görsel13.11).



Görsel 13.11: Malzemelerin dolaplarda sınıflandırılmaları

- Hassas deney aletleri özel dolap ve alanlarda korunur (Görsel 13.12).



Görsel 13.12: Hassas deney araç ve makinelerinin korunması

- Deney aletlerinin bulundukları dolap veya raflara uyarı işaretleri ve koruma talimatları asılır (Görsel 13.13).



Görsel 13.13: Malzemelerle ilgili uyarı işaretleri

13.2.2. Kontrol, Periyodik ve Teknik Servis Bakımları

Her deney aletinin kullanım öncesi ve sonrasında çalışır durumda olup olmadığı kontrol edilir. Deney öncesi kontrollerin önemi kadar deney bittikten sonra deney aletinin çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi de önemlidir. Aksi takdirde zamanında müdahale edilemeyen arıza ve bozulmalar iş programında aksamalara neden olacaktır.

Deney aletlerinin kontrol, periyodik ve teknik servis bakımlarında şu hususlar dikkate alınır:

- Deney alet ve makinelerinin bakım, onarım ve periyodik kontrolleri; ilgili ulusal ve uluslararası standartlarda belirlenen aralıklarda ve ölçütlerde imalatçı verileri dikkate alınarak yapılır.
- Deney alet ve makinelerinin bakımları (günlük, haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık ve benzeri), ilgili standartlarda belirlenen veya imalatçının belirlediği şekilde imalatçı tarafından yetkilendirilmiş servislerce veya iş yeri tarafından görevlendirilmiş kişilerce yapılır.
- Her kullanım öncesi ve sonrasında çatlak, gevşemiş bağlantılar, parçalardaki deformasyon, aşınma, korozyon ve benzeri belirtiler bakımından gözle muayene edilir ve fonksiyonları denenir.
- Tespit edilen olumsuz durumlar hemen etiketlere yazılarak kayıt altına alınır, deney araç ve makinelerinin üzerine iliştirilir. Öğretmen, şef veya yetkili amirlere bildirilir.
- Deneyde kullanılan makineler ilk defa kullanılmadan önce kontrol edilir. Önemli bakım ve onarımlardan sonra ve her yer değişikliğinde periyodik kontrolleri yapmaya yetkili kişiler tarafından kontrol edilir.
- Çalışma şeklinde değişiklik, kaza, doğal olay veya uzun süre kullanılmama gibi durumlarda mekanik, elektronik alet ve makinelerin periyodik bakımları yetkili kişiler tarafından yapılır. Periyodik kontrol sonuçları ıslak imzalı şekilde kayıt altına alınır ve yetkililer her istediğinde gösterilmek üzere uygun şekilde saklanır (Tablo 13.2).

Tablo 13.2: Periyodik Bakım Formu

TEK EKSENLİ BASINÇ DENEY CİHAZI AYLIK PERYODİK BAKIM FORMU	
Marka :	Bakım Tarihi:
Model:	
Üretim Yılı:	Bir Sonraki Bakım tarihi:
Seri No. :	

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
Haftalık bakımlarının yapılıp yapılmadığı kontrol edildi.		
Makinenin genel fiziksel görünümü incelendi.		
Elektrik bağlantı ve aksamı kontrol edildi.		
Hidrolik sistemi kontrol edildi.		
Yükleme hızı kontrol edildi.		
Deformasyon uzunluk ölçüm cihazı kontrol edildi.		
Plaka yüzeyleri kontrol edildi.		

AÇIKLAMALAR

Bakımı Yapan	Kontrol Eden	Onay

Kurulum ve montaj şartlarına tabi olmayan seyyar iş ekipmanları işletme dışında kullanıldığında yapılan son periyodik kontrol ile ilgili rapor da ekipmanla birlikte bulundurulur.

Periyodik kontroller aralıkları; standart, yönetmelik veya imalatçı yönlendirilmelerinde belirtilmemişse bulunduğu çalışma ortam koşulları, kullanım sıklığı ile kullanım süresi gibi faktörler göz önünde bulundurularak yapılacak risk değerlendirmesi sonuçlarına göre belirlenir (Tablo 13.3).

Tablo 13.3: Bazı Alet ve Makinelerin Periyodik Kontrol Süreleri

Ekipman Adı	Periyodik Kontrol Dönemi (Azami Süre) (ilgili standardın öngördüğü süreler saklı kalmak koşulu ile)	Periyodik Kontrol Ölçütleri (İlgili standartlar aşağıda belirtilmiştir.)
Sondaj Makineleri	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 yıl	TS EN 16228 serisi standartlarında belirtilen ölçütlere uygun olarak yapılır.
Hidrolik Kazıcılar	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 yıl	TS EN 474-5+A3 Standardı'nda belirtilen ölçütlere uygun olarak yapılır.
Toprak ve Çöp Sıkıştırıcılar	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 yıl	TS EN 474-11+ A1 Standardı'nda belirtilen ölçütlere uygun olarak yapılır.
Halatlı Kazıcılar	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 yıl	TS EN 474-12+A1 Standardı'nda belirtilen ölçütlere uygun olarak yapılır.
Yol Düzeltme Makineleri	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 yıl	TS EN 500-2+A1 Standardı'nda belirtilen ölçütlere uygun olarak yapılır.
Zemin Stabilize Makineleri	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 yıl	TS EN 500-3+A1 Standardı'nda belirtilen ölçütlere uygun olarak yapılır.
Zemin Sıkıştırma Makineleri	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 yıl	TS EN 500-4 Standardı'nda belirtilen ölçütlere uygun olarak yapılır.
Hidrolik Presler	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 yıl	TS EN ISO 16092-3 Standardı'nda belirtilen ölçütlere uygun olarak yapılır.

13. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Tek eksenli serbest basınç dayanım deneyinin uygulanacağı zemin türü aşağıdakilerden hangisidir?
A) Örselenmiş kayaç zemin
B) Örselenmiş kohezyonlu zemin
C) Örselenmiş kohenyonsuz zemin
D) Örselenmemiş kohezyonlu zemin
E) Örselenmemiş kohezyonsuz zemin

2. Tek eksenli serbest basınç dayanım deneyinin yapılış amacı yapılış amacı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Zeminin su muhtevasını belirlemek
B) Zemin büzülme limitini belirlemek
C) Zeminin dane dağılımını belirlemek
D) Zemin yer altı su seviyesini belirlemek
E) Zemin tek eksenli taşıma kapasitesini belirlemek

3. Aşağıdakilerden hangisi tek eksenli serbest basınç deneyine tabi tutulacak zemin numunesinin koruma yöntemlerinden birisidir?
A) Numune UD tüpünden çıkartılarak poşet içinde
B) Numune kür havuzunda bekletilerek
C) Numune UD tüpünün ağzı parafin ile kapatılarak
D) Numune laboratuvar ortamında açıkta bekletilerek
E) Numune etüv kurusu durumuna getirilerek

4. Tek eksenli serbest basınç deneyinde hesaplamalarda kullanılacak ölçüm sayısı en az kaç olmalıdır?
A) 1
B) 3
C) 7
D) 11
E) 15

6. Tek eksenli serbest basınç deney raporunda aşağıdaki bilgilerden hangisinin olmasına gerek yoktur?
A) Numune alma derinliği
B) Deney tarihi
C) Zemin en küçük dane boyutu
D) Zemin çökme miktarı
E) Deney sonrası numune deformasyon fotoğrafı

6. **Metalden imal edilmiş deney aletlerinin ince temizliği ile ilgili doğru uygulama aşağıdakilerden hangisidir?**
   A) Su ile yıkandıktan sonra kurulanır.
   B) Tel fırça kullanılarak temizlenir.
   C) Gaz yağı, benzin gibi sıvılarla silinir.
   D) Su içinde bekletilerek yıkanır.
   E) Basınçlı hava ile temizlenir.

7. **Deney aletlerinin peryodik kontrolleri ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?**
   A) Peryodik kontrollerde üretici firma tavsiyeleri dikkate alınır.
   B) Cihazın performansı düştüğünde peryodik bakıma alınır.
   C) Peryodik kontroller yetkili kişiler tarafından yapılır.
   D) Peryodik bakımların kayıtları tutulur.
   E) Peryodik kontrol formları dosyalanarak saklanır.

8. **Bozulan deney aletlerinin tamiri kim tarafından yapılmalıdır?**
   A) Kullanan kişi
   B) Yetkili servis
   C) Kurum amiri
   D) Üretici firma
   E) Ustabaşı



CEVAP ANAHTARLARI

Öğrenme Birimi	Cevaplar
1	1-B, 2-C, 3-A, 4-E, 5-D, 6-C, 7-A, 8-B, 9-D, 10-E
2	1-C, 2-A, 3-B, 4-E, 5-C, 6-D, 7-D, 8-E, 9-A, 10-B
3	1-B, 2-E, 3-C, 4-B, 5-E, 6-D, 7-C, 8-A, 9-D, 10-A
4	1-A, 2-B, 3-D, 4-D, 5-A, 6-E, 7-E, 8-B, 9-C, 10-C
5	1-A, 2-D, 3-C, 4-E, 5-C, 6-E, 7-B, 8-D, 9-B, 10-A
6	1-C, 2-B, 3-D, 4-E, 5-A, 6-E, 7-D, 8-C, 9-A, 10-B
7	1-B, 2-E, 3-C, 4-D, 5-B, 6-D, 7-B, 8-D, 9-C, 10-A
8	1-D, 2-A, 3-B, 4-A, 5-C, 6-A, 7-D, 8-D, 9-C, 10-B
9	1-B, 2-C, 3-B, 4-E, 5-E, 6-A, 7-D
10	1-A, 2-C, 3-B, 4-D, 5-B, 6-A, 7-B, 8-E, 9-D, 10-E
11	1-B, 2- D, 3-E, 4-A, 5-D, 6-A, 7-B, 8-E, 9-B, 10-E, 11-D, 12-B
12	1-A, 2-C, 3-B, 4-E, 5-D, 6-E, 7-B, 8-D, 9-A, 10-C
13	1-A, 2-C, 3-B, 4-E, 5-D, 6-E, 7-B, 8-D, 9-A, 10-C

KAYNAKÇA

1. MEB (2020). İnşaat Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı, Ankara.
2. TDK (2012 27. Baskı). Yazım Kılavuzu, Ankara.
3. ATAHAN, N.H. (1996). "Düşük su/çimento oranlı betonlarda özelliklerin çimento hamurun boşluk yapısına duyarlılığı", Doktora tezi, İ.T.Ü. Fen bilimleri enstitüsü, İnşaat mühendisliği anabilim dalı, İstanbul.
4. ENGİN, Y., TARHAN, M., AYDINER, D.Y., Kür koşulları ve süresinin beton numune-lerin basınç dayanımına etkileri (Makale), İstanbul: Akçansa Çimento San. ve Tic. AŞ.
5. EROL, A.O., ÇEKİNMEZ, Z. (2014). Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri, Ankara: Yüksel Proje Yayınları No: 14-01.
6. KESİMAL, A., KAYA, S. (2021). "Schmıdt çekici ile kaya sertlik tayini deneyi" Karadeniz teknik üniversitesi, Maden mühendisliği bölümü kaya mekaniği laboratuvarı, Trabzon
7. MAYNE P.W., CHRİSTOPHER, B.R., DEJONG, J. (2002)9 ABD Ulaşım Bakanlığı.
8. SİVRİKAYA, O. ve TOĞROL, E. (2009). Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımda Kullanım-ları, Ankara: Birsen Yayınevi.
9. ŞANAL, İ., SARIALİOĞLU, D. (2018), "Beton basınç dayanımında küçük ebatlı küp beton numunelerin yaygın kullanımı için şekil-boyut etkisinin detaylı incelenmesi", (Hazır Beton, Sayı 150). (https://www.thbb.org)
10. ŞİMŞEK, O. (2004). Beton bileşenleri ve beton deneyleri, Ankara, TÇMB.
11. ŞİMŞEK, O. (2015). Beton ve beton teknolojisi, Ankara, Seçkin yayıncılık.
12. TANGÜLER, M. (2014/1), Yapı denetim sistemi kapsamında elde edilen beton basınç daya-nımı sonuçlarına dair bir irdeleme, İMO yapı malzemeleri komisyonu, ODTÜ İnşaat Mühen-disliği Bölümü, TMH- Syf. 480
13. ÜNSAL, A. , ŞEN, H. (2008). Beton ve beton malzemeleri laboratuvar deneyleri, Ankara: KGM..
14. Federal Karayolu İdaresi, Yayın No. FHWA NHI-01-031 Yeraltı Araştırmaları Jeoteknik Saha Karakterizasyonu (İnceleme) Kılavuzu, KAYABALI, K., Çeviri, Ulusal Karayolu Enstitüsü, Mayıs.
15. TS EN 12350-2 (2019). Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi, Ankara; TSE.
16. BS 1881-103:1993 (2002). Testing concrete — Part 103: Method for determination of compa-cting factor, London; BSI.
17. TS EN 12350-6 (2019). Taze Beton Deneyleri- Bölüm 6: Birim Hacim Kütlesi Deneyi, Ankara; TSE.
18. TS 3323 (2014). Beton basınç deney numunelerinin hazırlanması, hızlandırılmış kürü ve basınç dayanım deneyi, Ankara; TSE.
19. TS EN 12390-1 (2019). Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 1: Deney numunesi ve kalıpla-rının şekil, boyut ve diğer özellikleri, Ankara; TSE.
20. TS EN 12390-2, Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanı-lacak deney numunelerinin yapımı ve küre tâbi tutulması, TSE, Ankara; 2019.
21. TS EN 12390 – 3 (2019). Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini, Ankara; TSE.
22. TS EN 12390-4 (2019). Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 4: Basınç dayanımı, deney makinalarının özellikleri, Ankara; TSE.
23. TS EN 12390-6 (2010). Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, Ankara; TSE.
24. TS EN 12390-7 (2019). Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 7: Sertleşmiş betonun birim hacim kütlesinin tayini, Ankara; TSE.
25. TS EN 12390-8 (2019). Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 8: Basınç altında su işleme derin-liğinin tayini, Ankara; TSE.
26. TS EN 13791(2019). Basınç dayanımının yapılar ve ön dökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini, Ankara; TSE.
27. TS 13685 (2016). Basınç dayanımının yapılar ve ön-dökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini-TS EN 13791'in uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart, Ankara; TSE.

28. TS EN 12504- 1 (2019). Yapıda beton deneyleri- Bölüm 1: Karot numuneler- Karot alma, muayene ve basınç dayanımının tayini, Ankara; TSE.
29. TS EN 12504- 2 (2021). Yapılarda beton deneyleri- Bölüm 2: Tahribatsız muayene- Geri sıçrama sayısının belirlenmesi, Ankara; TSE.
30. TS EN 12504- 4(2021). Yapılarda beton deneyleri- Bölüm 4: Ultrasonik atımlı dalga hızının tayini, Ankara; TSE.
31. TS 13515 (2021).TS EN 206'nın uygulamasına yönelik tamamlayıcı standart, Ankara; TSE.
32. TS EN 1900-1/T1 (2007) İnşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri 1: Fiziksel özelliklerin tayini
33. TS 1900-2 (2006). İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri – Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, Ankara; TSE.
34. ASTM D422 63 (2007) Zeminlerde İnce boyutlu tanelerin dağılımının belirlenmesi
35. TS EN ISO 17892-7 (2018) Geoteknik etüt ve deneyler - Zemin laboratuvar deneyleri - Bölüm 7: Tek eksenli basınç deneyi
36. TS EN ISO 22476-9 (2020), Jeoteknik etüt ve deneyler- Arazi deneyleri- Bölüm 9 : Arazi kanatlı kesme (veyn) deneyi, Ankara; TSE.
37. TS 500 (2000), Betonarme yapıların tasarımı ve yapım kuralları, Ankara; TSE
38. TS 3523 (2015). Beton agregalarının yüzey nemi oranının tayini, Ankara; TSE.
39. TS EN 1097-2 (2020). Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler bölüm 2 : Parçalanma direncinin tayini için yöntemler, Ankara; TSE.
40. TS 1247 (2018). Beton yapım, döküm ve bakım kuralları (Normal hava koşullarında), Ankara; TSE.
41. TS 1248 (2012). Betonun hazırlanması, dökümü ve bakım kuralları (Anormal hava koşullarında), Ankara; TSE.
42. TS EN 206+A2 (2021). Beton – özellik, performans, imalat ve uygunluk, Ankara; TSE.
43. TS 13515 (2021). TS EN 206'nın gücüne yönelik tamamlayıcı standart, Ankara; TSE.
44. TS 12350-1 (2019). Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 1: Numune alma ve yaygın kullanılan cihazlar, Ankara; TSE.
45. TS 12350-7 (2019). Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 7: Hava içeriğinin tayini- Basınç yöntemleri, Ankara; TSE.
46. TS 12350-8 (2019). Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 8: Kendiliğinden yerleşerek sıkışan beton- Çökme yayılma deneyi, Ankara; TSE.
47. TS 12350-9 (2011). Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 9: Kendiliğinden yerleşen beton- V hunisi deneyi, Ankara; TSE.
48. TS 12350-10 (2011). Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 10: Kendiliğinden yerleşen beton- L kutusu deneyi, Ankara; TSE.
49. TS 12350-11 (2011). Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 11: Kendiliğinden yerleşen beton- elekte ayrışma deneyi, Ankara; TSE.
50. TS 12350-12 (2011). Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 12: Kendiliğinden yerleşen beton- J halkası deneyi, Ankara; TSE.
51. TS 802 (2016). Beton karışım tasarımı hesap esasları, Ankara; TSE.

GÖRSEL VE GENEL AĞ KAYNAKÇASI

Materyalin genel ağ kaynakçasına ve görsel kaynakçasına buradan ulaşılır.
Karekoda ulaşılamaması durumunda aşağıdaki linki kullanabilirsiniz.
http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2257