



**T.C. ULAŖTIRMA VE  
ALTYAPI BAKANLIĞI**



**KARAYOLLARI  
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**



# **BETON LABORATUVAR EL KİTABI**

**ARAŖTIRMA VE GELİŖTİRME DAİRESİ BAŖKANLIĐI  
MALZEME LABORATUVARLARI ŖUBESİ MÜDÜRLÜĞÜ**

**2023**



T.C.  
ULAŖTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI  
KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



# BETON LABORATUVAR EL KİTABI

## HAZIRLAYANLAR

**Elif ERÇEK KARABIYIK**

Kimya Yük. Müh.  
Beton Lab. Müh.

**Fatih ACIKÖK**

İnŖaat Yük. Müh.  
Beton Lab. Müh.

**Ayhan CÖMERT**

İnŖaat Müh.  
Beton Lab. Ŗefi

**Nilgün GÜNGÖR**

Kimya Müh.  
Malzeme Lab. Ŗb. Md.

**ARAŖTIRMA VE GELİŖTİRME DAİRESİ BAŖKANLIĐI  
MALZEME LABORATUVARLARI ŖUBESİ MÜDÜRLÜĞÜ  
ANKARA-2023**



## ÖNSÖZ

Dayanımı, dayanıklılığı ve çeşitliliği ile geniş bir uygulama yelpazesine sahip olan beton, yerel kaynaklardan temin edilebilmesi sayesinde üretim maliyetleri açısından da ekonomik bir seçenek olarak görülmektedir.

Özellikle ağır yükleri taşıma kapasitesi, betonu pek çok karayolu yapısında önemli bir malzeme haline getirmektedir. Hızla değişen teknoloji ve artan sürdürülebilirlik ihtiyaçları da göz önünde bulundurulduğunda, betonun özelliklerinin ve performansının sürekli olarak geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Araştırma, geliştirme ve deneylerle betonun dayanıklılığı, performansı ve üretim teknikleri sürekli olarak iyileştirilmekte, daha güvenli, uzun ömürlü, sürdürülebilir yapılar inşa edilebilmektedir.

Karayolları Genel Müdürlüğümüz, uluslararası standartlara sahip laboratuvarları ve uzman personeli ile yürüttüğü çalışmalarla; betonun üretimi, kalite kontrolü, kullanımını için standartların geliştirilmesi ve sektöre ilişkin beton kriterlerinin belirlenmesi noktasında önemli katkılar sağlamaktadır.

Uzun ve zahmetli bir çalışmanın ürünü olarak yayınlanan Beton Laboratuvar El Kitabı, Karayolları Teşkilatımızın ve sektörün kullanımına sunulmaktadır. Kitabın çalışmalarımıza rehberlik etmesini diler, hazırlanmasında emek ve mesai harcayan çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.



Ahmet GÜLŞEN

Karayolları Genel Müdürü



## ÖNSÖZ

Beton, günümüzde kullanımı çok yaygın olan yapı malzemesidir. Dayanıklılığı, yangına karşı direnci, su geçirmezliği, ekonomik üretimi, enerji verimliliği, yerinde imalat gibi özellikleri betonun tercih edilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Karayolları Genel Müdürlüğümüz sorumluluğunda bulunan yol ağlarında köprü, viyadük, tünel, yol, menfez, hendek, duvar gibi ulaştırma hizmetlerinin kesintisiz, konforlu ve güvenilir olarak sağlanması için yapılan önemli sanat yapılarında beton kullanılmaktadır.

Güvenli yapılar için; standartlara uygun, kaliteli ve daha uzun ömürlü beton üretimi olmazsa olmaz bir unsurdur. İnşası tamamlanan bir yapıda, oluşabilecek bir hasar sonrası betonu iyileştirme imkânının bulunmadığı veya çok maliyetli olabileceği göz önüne alındığında beton üretim süreçlerinde yapılacak kalite kontrol deneylerinin ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğu büyük önem taşımaktadır.

Beton malzemelerine yapılan deney yöntemleri, ilerleyen beton üretim teknolojisi ve hammaddelerdeki gelişmeler ile birlikte zamanla değişebilmektedir. Bu bağlamda, Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı Malzeme Laboratuvarları Şubesi Müdürlüğü tarafından tüm Karayolculara ışık tutacak kaynak oluşturması amacıyla laboratuvar deneylerinin gerçekleştirilme yöntemlerinin anlatıldığı “Beton Laboratuvar El Kitabı” hazırlanmıştır.

Beton Laboratuvar El Kitabının kuruluşumuza ve ilgililere yararlı olmasını dilerken, kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarıma ve Beton Laboratuvar Mühendislerine teşekkür ederim.



Şenol ALTIOK

Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanı



## **İÇİNDEKİLER:**

	<b>Sayfa No</b>
<b>Bölüm 1. Beton Agregası Deneyleri</b>	
<b>1.1 Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler</b>	
1.1.1 Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini - Eleme Yöntemi (TS EN 933-1) .....	1
1.1.2 Tane Şekli Tayini – Yassılık Endeksi (TS EN 933-3) .....	6
1.1.3 İri Agregalarda Ezilmiş ve Kırılmış Yüzeylerin Yüzdesinin Tayini (TS EN 933-5) .....	9
1.1.4 İri Agregalarda Kavkı İçeriğinin Tayini – Kavkı Yüzdesi (TS EN 933-7) .....	14
1.1.5 İnce Tanelerin Tayini – Metilen Mavisi Deneyi (TS EN 933-9).....	17
<b>1.2 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler</b>	
1.2.1 Aşınma Direncinin Tayini (Mikro-Deval) (TS EN 1097-1) .....	24
1.2.2 Parçalanma Direncinin Tayini (Los Angeles Deney Yöntemi) (TS EN 1097-2) .....	28
1.2.3 Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini (TS EN 1097-3) .....	31
1.2.4 Hava Dolaşımı Etüvde Kurutma İle Su İçeriğinin Tayini (TS EN 1097-5) .....	33
1.2.5 Tane Yoğunluğunun ve Su Emme Oranının Tayini (TS EN 1097-6) .....	36
1.2.6 Nordik Deneyi (TS EN 1097-9) .....	45
<b>1.3 Agregaların Isıl ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler</b>	
1.3.1 Donma ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini (TS EN 1367-1) .....	49
1.3.2 Magnezyum Sülfat Deneyi (TS EN 1367-2) .....	53
1.3.3 Kuruma Çekmesi Tayini (TS EN 1367-4) .....	57
1.3.4 Agregaların Potansiyel Alkali Reaktivitesinin Tayini (TS 13516) .....	62
<b>1.4 Agregaların Kimyasal Deneyleri</b>	
1.4.1 Organik Madde Tayini Deneyi (TS EN 1744-1) .....	68
<b>Bölüm 2. Çimento Deneyleri</b>	
2.1 Dayanım Tayini (TS EN 196-1) .....	70
2.2 Kıvam Suyu, Priz Süresi ve Genleşme Tayini (TS EN 196-3) .....	83
2.3 İncelik Tayini (TS EN 196-6) .....	90
<b>Bölüm 3. Taze Beton Deneyleri</b>	
3.1 Çökme (Slump) Deneyi (TS EN 12350-2) .....	92
3.2 Vebe Deneyi (TS EN 12350-3) .....	96
3.3 Sıkıştırılabilirlik Derecesi (TS EN 12350-4) .....	101
3.4 Yayılma Tablası Deneyi (TS EN 12350-5) .....	104
3.5 Birim Hacim Kütle (TS EN 12350-6) .....	108
3.6 Hava İçeriğinin Tayini (TS EN 12350-7) .....	112
<b>Bölüm 4. Sertleşmiş Beton Deneyleri</b>	
4.1 Basınç Dayanımı Tayini (TS EN 12390-3) .....	119
4.2 Eğilme Dayanımının Tayini (TS EN 12390-5) .....	123
4.3 Yarmada Çekme Dayanımının Tayini (TS EN 12390-6) .....	127
4.4 Sertleşmiş Betonun Birim Hacim Kütlelerinin Tayini Deneyi (TS EN 12390-7) .....	130
4.5 Basınç Altında Su İşleme Derinliğinin Tayini (TS EN 12390-8).....	135
4.6 Donma Çözölme Direnci / Yüzeysel Kabuk Atma (TSE CEN/TS 12390-9) .....	138



## **Bölüm 5. Kimyasal Katkılar-Tarifler, Özellikler, Uygunluk (TS EN 934-2)**

5.1 Akışkanlaştırıcı Katkı İle Su Azaltma Özelliği Deneyi .....	144
5.2 Deneyler için Şahit Beton ve Şahit Harç (TS EN 480-1) .....	147
5.3 Priz Süresinin Tayini için Deney Metotları (TS EN 480-2) .....	151

## **Bölüm 6. Kendiliğinden Yerleşen Betonlar (KYB)**

6.1 Çökme-Yayıma Deneyi (TS EN 12350-8) .....	155
6.2 V Hunisi Deneyi (TS EN 12350-9) .....	158
6.3 L Kutusu Deneyi (TS EN 12350-10) .....	160
6.4 Elekte Ayırışma Deneyi (TS EN 12350-11) .....	163

## **Bölüm 7. Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları (Beton Parkeler) (TS 2824 EN 1338)**

7.1 Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma/Çözölmeye Karşı Direncin Tayini .....	165
7.2 Toplam Su Emmenin Tayini .....	171
7.3 Dayanımın Ölçölmesi .....	173
7.4 Aşınmaya Karşı Direncin Ölçölmesi (Geniş Disk ile) .....	176
7.5 Aşınmaya Karşı Direncin Ölçölmesi (Böhme Deneyi) .....	180

## **Bölüm 8. Beton Bordür Taşları- Gerekli Şartlar ve Deney Metotları (TS 436 EN 1340)**

8.1 Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma/Çözölmeye Karşı Direncin Tayini .....	183
8.2 Toplam Su Emmenin Tayini .....	183
8.3 Eğilme Dayanımının Ölçölmesi .....	183
8.4 Aşınmaya Karşı Direncin Ölçölmesi (Geniş Disk ile) .....	185
8.5 Aşınmaya Karşı Direncin Ölçölmesi (Böhme Deneyi).....	185

## **Bölüm 9. Püskürtme Beton Deneyleri**

9.1 Yeni (genç) Püskürtme Betonun Basınç Dayanımı (TS EN 14488-2) .....	186
9.2 Lifle Güçlendirilmiş Kiriş Numunelerin Eğilme Dayanımları (TS EN 14488-3) .....	192
9.3 Enerji Yutma Kapasitesinin Tayini (TS EN 14488-5) .....	197
9.4 Lifle Güçlendirilmiş Betonun Lif İçeriği (TS EN 14488-7) .....	200
9.5 Püskürtme Beton Harç Numunesinde Katkı-Çimento Uyumu .....	203
9.6 Püskürtme Beton Harç Numunesinde Hızlı Katkı-Çimento Uyumu .....	205

## **Bölüm 10. Karot Numuneler – Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini (TS EN 12504-1 – TS EN 13791)**

10.1 Terimler ve Tarifleri .....	207
10.2 Deneylere Başlamadan Önce Yapılacak İşlemler .....	208
10.3 Deney Bölgeleri, Alanları ve Sayılarının Belirlenmesi .....	208
10.4 Karot Deneyleri ve Yerindeki Beton Basınç Dayanımının Tayini .....	209
10.5 Mevcut Bir Yapının Yapısal Değerlendirilmesi İçin Beton Basınç Day. Hesaplanması .....	213
10.6 Şüphe Duyulması Durumunda Beton Basınç Dayanım Sınıfının Değerlendirilmesi .....	215
10.7 Düzeltme Faktörleri .....	219
10.8 Örnek Hesaplamalar .....	223





## Bölüm 1. Beton Agregası Deneyleri

### 1.1 Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler

#### 1.1.1 Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini – Eleme Yöntemi (TS EN 933-1)

##### Kapsam

Bu deney, dolgu agregaları hariç olmak üzere, 90 mm'ye kadar anma tane büyüklüğüne sahip hafif agregalar dâhil bütün agregaların tane büyüklüğü dağılımının tayini için kullanılan referans yıkama ve kuru eleme yöntemini kapsar.

##### Prensip

Deney, malzemenin bir elek serisi yardımıyla, azalan büyüklükler halinde farklı tane büyüklüklerine bölünmesinden ve ayrılmasından ibarettir. Elek göz açıklıkları ve eleklerin numarası, talep edilen hassasiyet derecesine ve numunenin yapısına uygun olarak seçilir.

##### Cihaz ve Malzemeler

Aksi belirtilmedikçe bütün cihazlar, TS EN 932-5'te belirtilen genel şartlara uygun olmalıdır. Elekler Tablo 1.1 'de belirtilen göz açıklıklarına sahip ve ISO 3310-1 ile ISO 3310-2'deki genel şartlara uygun olmalıdır.

Tablo 1.1 – Agregatane Sınıfının Belirtilmesinde Kullanılan Elek Göz Açıklıkları

Temel Elek Serisi mm	Temel Elek Serisi + seri 1 mm	Temel Elek Serisi + seri 2 mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63

Not: Parantez içinde gösterilen yuvarlatılmış büyüklükler, agregatane büyüklüklerinin basitleştirilmiş gösterilişi olarak kullanılabilir.



İstenilen sayıda deney numunesi kısmı elde etmek için numuneler, TS EN 932-2'ye uygun olarak azaltılmalıdır. Her bir deney numunesi kısmının büyüklüğü, Tablo 1.2'de belirtildiği gibi olmalıdır.

Tablo 1.2 – Deney numunesi kısımlarının en az büyüklükleri

Agrega tane büyüklüğü D (en fazla) mm	Agregaların kütlesi kg	Hafif agregaların hacmi (L)
90	80	-
32	10	2,1
16	2,6	1,7
8	0,6	0,8
≤4	0,2	0,3

**Not 1** - 90 mm'nin altındaki diğer tane büyüklüklerindeki agregalar için en küçük deney numunesi kısmının kütlesi,  $M = (D/10)^2$  formülü kullanılarak Çizelge 1'de verilen kütlelerden enterpolasyon yoluyla tayin edilebilir.  
Burada;  
M=Deney numunesi kısmının en küçük kütlesi (kg),  
D=Agrega büyüklüğüdür (mm).  
**Not 2** - Deney numunesi kısmının miktarı, Çizelge 1'deki değerden küçük ise, deney yönteminin kesinliği azalabilir.  
Böyle bir durumda, deney numunesi kısmının miktarı, deney raporunda belirtilmelidir.  
**Not 3** - Normal yoğunluktaki agregalarda olduğu gibi yaklaşık aynı hacimde bir deney numunesi kısmı elde etmek için, tane yoğunluğu 3,00 Mg/m<sup>3</sup>'ten daha büyük olan agregalar (Madde 1.2.5) için, yoğunluk oranı esas alınarak Tablo 1.2'de verilen deney numunesi kısmı kütlelerine uygun bir düzeltme uygulanır.  
**Not 4** - EN 13055'e uyan hafif agregalar için, en küçük uygun deney numunesi büyüklüğünü seçmek için hacim sütunu kullanılır. Diğer agrega büyüklükleri için hacimler enterpolasyon ile elde edilebilir.

## Deney İşlemi:

Deney numunesi kısmı, sabit kütleye ulaşıncaya kadar 110°C ± 5°C'ta sıcaklığa ısıtılarak kurutulur. Soğumaya bırakılır, tartılır ve kütle M<sub>1</sub> olarak kaydedilir.

## Yıkama

Deney numunesi kısmı bir kaba yerleştirilir ve üzerini kaplayacak kadar yeterli miktarda su eklenir.

Topakların ayrılması için su içinde 24 saat bekletmek yararlı olur. Çözücü bir madde de kullanılabilir.

İnce tanelerin tamamen ayrışması ve asılı hale gelmesinin sağlanması amacıyla, numune, yeterli seviyede şiddet uygulanarak çalkalanır.

Sadece bu deneyde kullanılmak üzere ayrılan 0,063 mm göz açıklıklı eleğin her iki tarafı ıslatılır ve üzerine koruyucu bir elek (örneğin, 1 mm veya 2 mm göz açıklıklı) yerleştirilir. Elekler, deney eleklerinden geçen süspansiyonun çöpe veya gerekirse uygun bir kaba toplanması sağlanacak şekilde monte edilmelidir. Kabın içindekiler en üstteki eleğe boşaltılır. 0,063 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen su berraklaşincaya kadar yıkamaya devam edilir.

0,063 mm göz açıklıklı elekte tutulan kalıntı malzeme, 110°C ± 5°C'ta sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulur. Soğumaya bırakılır, tartılır ve kütle, M<sub>2</sub> olarak kaydedilir.



## Eleme

Yıkanmış ve kurutulmuş malzeme (veya doğrudan kuru numune) elek sütununa boşaltılır. Elek sütunu, yukarıdan aşağıya, göz açıklıkları düzenli bir biçimde azalacak şekilde birbirine geçirilmiş ve düzenlenmiş elekler, tava ve kapaktan ibarettir.

Tecrübeler, tüm ince tanelerin yıkama ile uzaklaştırılmadığını göstermiştir. Bu nedenle, 0,063 mm göz açıklıklı deney eleğinin, elek sütununa ilave edilmesi gerekir.

Sütun, el ile veya mekanik olarak sallanır. Daha sonra, en büyük göz açıklıklı elekten başlayarak elekler teker teker ayrılır. Örneğin, tava ve kapak kullanılarak, hiç bir malzeme kaybı olmadığından emin olunarak, her bir elek el ile sallanır.

Her eleği geçen malzeme, elek sütununda bulunan bir sonraki elek üzerine konularak işleme devam edilir. Eleğin aşırı yüklenmesi önlenmelidir.

Eleklerin aşırı yüklenmesini önlemek için, eleme işleminin sonunda her bir elek üzerinde kalan normal agregaların miktarı (gr olarak ifade edilen), aşağıdakini geçmemelidir:

$$\frac{Ax\sqrt{d}}{200}$$

Burada;

A: Eleğin alanı (mm<sup>2</sup>),

d: Elek göz açıklığı (mm) dır.

Aşırı yükleme meydana gelirse, aşağıdaki işlemlerden biri uygulanmalıdır:

- Numune daha küçük kısımlara ayrılır ve bu kısımlar art arda elenir,
- Bir sonraki en büyük elekten geçen numune, numune ayırıcı yardımı ile veya dörde bölünerek kısımlarına ayrılır; azaltılmış deney numunesi kısmı ile elek analizine devam edilir ve azaltma için daha sonraki hesaplamalarda bu analizler dikkate alınır.

İlave olarak yapılan eleme işlemi, herhangi bir elek üzerinde kalan malzemenin kütlesinde kütleye %1,0'dan daha fazla değişikliğe sebep olmuyorsa, eleme işleminin tamamlandığı kabul edilir.

Agreganın özelliklerine bağlı olarak, elek üzerinde kalan malzeme miktarı, 1 dakika boyunca %1,0'dan daha fazla değişmiyorsa eleme işleminin tamamlandığı kabul edilir.

Hafif agregalarda, eleme işlemi sonunda, her bir elek üzerinde bir tabakadan daha fazla tane kalmamalıdır.

## Tartım

En büyük göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzeme tartılır, kütlesi R<sub>1</sub> olarak kaydedilir.



En büyük göz açıklıklı eleğin hemen altındaki elek için aynı işlem uygulanır ve tutulan kütle R<sub>2</sub> olarak kaydedilir.

Her bir elekte tutulan malzemelerin kütlelerini elde etmek için, elek sütunundaki bütün eleklere aynı işlem uygulanır, kütleler R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>i</sub>, R<sub>n</sub> olarak kaydedilir.

Tavada kalan elenmiş malzeme varsa tartılır ve kütlesi P olarak kaydedilir.

## Hesaplamalar

Her bir elek üzerinde tutulan kütle, M1 orijinal kuru kütlelerinin bir yüzdesi olarak hesaplanır.

0,063 mm göz açıklıklı eleğe kadar her bir elekten geçen orijinal kuru kütlelerin kümülatif yüzdesi hesaplanır.

$$\text{Elek Üstü (kalan)}(\%) = \frac{\text{Elek Üzerinde Kalan Malzeme Miktarı}}{\text{Toplam Numune Miktarı}} \times 100$$

$$\text{Elek Altı (geçen)}(\%) = 100 - \left( \frac{\text{Elek Üzerinde Kalan Malzeme Miktarı}}{\text{Toplam Numune Miktarı}} \times 100 \right)$$

0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen ince tanelerin yüzdesi (f), aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$f = \frac{(M1 - M2) + P}{M1} \times 100$$

Burada;

M<sub>1</sub> : Deney numunesi kısmının kuru kütlesi (kg),

M<sub>2</sub> : 0,063 mm göz açıklıklı elek üzerinde tutulan malzemenin kuru kütlesi (kg),

P : Tavada kalan elenmiş malzemenin kütlesi (kg)'dir.

Kuru eleme için:

$$f = \frac{100P}{M1}$$

R<sub>i</sub> kütlelerinin ve P'nin toplamı ile M<sub>2</sub> kütlesi arasındaki fark %1'den fazla ise, deney tekrarlanmalıdır.



Elek	Elek Üstü	Kümülatif	Elek Üstünde Kalan	KÜMÜLATİF YÜZDE (%)		
				Elek Üstü (kalan)	Elek Altı (geçen)	
Göz Açıklığı	Fraksiyon Kütle	Ağırlık	Kısımın Yüzdesi (%)	$(R_i / M_1) * 100$	$100 - (R_i / M_1 * 100)$	
(mm)	( $R_i$ ) (g)	(g)	$(R_i / M_1) * 100$	$(R_i / M_1) * 100$	$100 - (R_i / M_1 * 100)$	
125	0	0,0	0,0	0,0	100,0	
63	0	0,0	0,0	0,0	100,0	
31.5	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	
16.0	10,4	10,4	0,9	0,9	99,1	
8.0	14,7	25,1	1,2	2,1	97,9	
4	38,7	63,8	3,3	5,4	94,6	
2	332,2	396,0	28,1	33,6	66,4	
1	301,8	697,8	25,6	59,1	40,9	
0,5	201,2	899,0	17,0	76,2	23,8	
0,25	117,2	1016,2	9,9	86,1	13,9	
0,125	70,1	1086,3	5,9	92,0	8,0	
0.063	42,7	$\Sigma R_i$ 1129,0	3,6	95,7	4,3	
TAVA (P)	27,8	$\Sigma R_i + P$ 1156,8				
$M_1$	Toplam Kuru Kütle				g	1180,2
$M_2$	Yıkamadan Sonra Kuru Kütle (63 $\mu$ m elek üzerinde kalan)				g	1157,4
$f = \frac{((M_1 - M_2) + P)}{M_1} * 100$	<b>63 <math>\mu</math>m Elekten Geçen İnce Tanelerin Yüzdesi</b>				%	4,3
NOT	$\frac{((M_2 - (\Sigma R_i + P)))}{M_2} * 100 \leq \% 1$ olmalıdır. Değilse deney tekrarlanır.					0,05

Resim 1.1 – Örnek Deney Formu

## İncelik Modülü

İncelik modülü (FM), normal olarak, aşağıda verilen göz açıklıklı (mm) eleklerde kalan kümülatif kütlece yüzdelerin toplamı olarak yüzde cinsinden hesaplanır.

$$\text{İncelik Modülü (FM)} = \frac{\Sigma\{(> 4) + (> 2) + (> 1) + (> 0,5) + (> 0,25) + (> 0,125)\}}{100}$$

## 1.1.2 Tane Şekli Tayini – Yassılık Endeksi (TS EN 933-3)

### Kapsam

Bu deney, agregaların yassılık endeksinin tayini yöntemi kapsar. Belirtilen deney işlemi, 4 mm'den küçük ve 100 mm'den büyük tane büyüklüklerine uygulanmaz

### Prensip

Deney, iki eleme işlemi içerir. Önce, deney elekleri kullanılarak, numune Tablo 1.4'de verilen çeşitli tane büyüklüğü aralıklarına ( $d_i/D_i$ ) ayrılır. Daha sonra, tane büyüklüğü aralıklarının ( $d_i/D_i$ ) her biri, genişliği  $D_i/2$  olan paralel aralıklara sahip olan çubuklu elekler kullanılarak elenir.

Toplam yassılık endeksi, çubuklu eleklerden geçen tanelerin toplam kütlesi olarak hesaplanır ve deneye tabi tutulmuş tanelerin toplam kuru kütlelerinin yüzdesi olarak ifade edilir.

İstendiğinde, her bir tane büyüklüğü aralığının ( $d_i/D_i$ ) yassılık endeksi, uygun çubuklu elekten geçen tanelerin kütlesi olarak hesaplanır ve bu tane büyüklüğü aralığının kütlece yüzdesi olarak ifade edilir.

### Cihaz ve Malzemeler:

Deney Elekleri kare göz açıklıklı ve Tablo 1.3'de belirtilen göz açıklıklarına sahip olmalıdır.

Tablo 1.3 – Deney elekleri göz açıklıkları

Deney Elekleri (mm)
100
80
63
50
40
31,5
25
20
16
12,5
10
8
6,3
5
4

Resim 1.2 – Kare Gözlü Deney Eleği



Çubuklu Elekler Tablo 1.4'deki özellikleri sağlamalıdır.



Tablo 1.4 – Çubuklu elekler göz açıklıkları

Tane büyüklüğü aralığı (di/Di) (mm)	Çubuklu elekte aralık genişliği (mm)
80/100	50 ± 0,5
63/80	40 ± 0,5
50/63	31,5 ± 0,5
40/50	25 ± 0,4
31,5/40	20 ± 0,4
25/31,5	16 ± 0,4
20/25	12,5 ± 0,4
16/20	10 ± 0,2
12,5/16	8 ± 0,2
10/12,5	6,3 ± 0,2
8/10	5 ± 0,2
6,3/8	4 ± 0,15
5/6,3	3,15 ± 0,15
4/5	2,5 ± 0,15

Resim 1.3 – Çubuklu Elek



### Deney İşlemi:

Deney numunesi kısmının kütlesi, Tablo 1.5 'de belirtildiği gibi olmalıdır.

Tablo 1.5 – Deney numunesi kısımlarının en az büyüklükleri

Agrega tane büyüklüğü D (en fazla) mm	Agregaların kütlesi (kg)	Hafif agregaların hacmi (L)
90	80	-
32	10	2,1
16	2,6	1,7
8	0,6	0,8
≤4	0,2	0,3

Deney numunesi kısmı, (110 ± 5)°C'ta sabit kütleye ulaşılıncaya kadar kurutulur. Soğumaya bırakılır, tartılır ve kütle M<sub>0</sub> olarak kaydedilir.

Numune Tablo 1.3'de verilen uygun aralıkta elekler kullanılarak elenir.

4 mm'lik elekten geçen ve 100 mm'lik elekte tutulan bütün taneler tartılır ve işlem dışı bırakılır.

Her bir tane büyüklüğü aralığındaki (di/Di) bütün taneler tartılır ve ayrı olarak muhafaza edilir.

Elde edilen her bir tane büyüklüğü aralığı (di/Di), Tablo 1.4'de verilen uygun çubuklu elek ile elenir.



## Hesaplamalar

Tane büyüklüğü aralıklarının ( $d_i/D_i$ ) kütleleri toplamı hesaplanır ve  $M_1$  olarak kaydedilir.

Aralık genişliği  $D_i/2$  olan uygun çubuklu elekten geçen, tane büyüklüğü aralıklarının ( $d_i/D_i$ ) her birinde yer alan tanelerin kütlelerinin toplamı hesaplanır ve  $M_2$  olarak kaydedilir.

Toplam yassılık endeksi (FI), aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$FI = (M_2 / M_1) \times 100$$

Burada;

$M_1$ : Her bir tane büyüklüğü aralığındaki ( $d_i/D_i$ ) tanelerin kütleleri toplamı (g),

$M_2$ : Aralık genişliği  $D_i/2$  olan uygun çubuklu elekten geçen, her bir tane büyüklüğü aralığında yer alan tanelerin kütlelerinin toplamı (g) dir.

$R_i$  kütlelerinin toplamı ile işlem dışı bırakılan tanelerin ve deneye tabi tutulmayan tane büyüklüğü aralıklarının kütlelerinin toplamı ile  $M_0$  kütlesi arasındaki fark, %1'den fazla ise, başka bir deney numunesi kısmı kullanılarak deney tekrarlanmalıdır. Yassılık Endeksi hesaplamaları ile ilgili örnek form aşağıda verilmektedir.

Kare gözlü deney elekleriyle eleme		Silindirik Çubuklu eleklerle eleme		
Tane Büyüklüğü	( $d_i/D_i$ ) Tane Büyük.	Çubuklu Eleğin	Çubuklu Elekten	Yassılık Endeksi
Fraksiyonu	Fraksiyonu Kütle	Anma Açıklığı	Geçen Malz Kütle	
( $d_i/D_i$ ) (mm)	( $R_i$ ) (g)	( $D_i/2$ ) (mm)	( $m_i$ ) (g)	( $FI = m_i/R_i \times 100$ ) (%)
25 / 31.5	8,7	16	0,0	0,00
20 / 25	1262,2	12.5	53,7	4,25
16 / 20	4189,7	10	155,0	3,70
12.5 / 16	2459,2	8	69,3	2,82
10 / 12.5	291,1	6.3	13,8	4,74
8 / 10	16,0	5	4,7	29,38
6.3 / 8	9,2	4	2,8	30,43
5 / 6.3	5,7	3.15	0,9	15,79
4 / 5	0,2	2.5	0,0	0,00
4,0 mm altı :	1,8	$M_1 = \sum R_i$ 8242	$M_2 = \sum m_i$ 300,2	
31,5 mm üstü:	0,0	$M_0$ Deney Kısımının Kütle		g 8244,9
$\sum$ İDBK:	1,8	Toplam Yassılık Endeksi		% 4
NOT	100*( $M_0 - \sum R_i + \sum$ İDBK) / $M_0 \leq$ % 1 olmalıdır. Değilse deney tekrarlanır.			0,01

Resim 1.4 – Örnek Deney Formu



### 1.1.3. İri Agregalarda Ezilmiş ve Kırılmış Yüzeylerin Yüzdesinin Tayini (TS EN 933-5)

#### Kapsam

Bu deney, kaba ve tamamen doğal agregalardaki ezilmiş tanelerin, tamamen ezilmiş tanelerin ve tamamen yuvarlak tanelerin yüzdelerinin belirlenmesi için kullanılan referans yöntemi kapsar.

Deney, 4/63 mm boyut fraksiyonu arasındaki kaba agregalar için geçerlidir. Hafif agregalar için geçerli değildir.

#### Prensip

Deney, doğal agregaların kaba bir numune kısmının ezilmiş parçacıklara, tamamen ezilmiş parçacıklara ve tamamen yuvarlak parçacıklara ayrılmasından oluşur.

Ezilmiş parçacıkların, tamamen ezilmiş parçacıkların ve tamamen yuvarlak parçacıkların kütleleri belirlenir ve deney kütlesinin yüzdeleri olarak ifade edilir.

#### Cihaz ve Malzemeler:

Deney Elekları Tablo 1.6'da verilen göz açıklıklarına sahip olmalıdır.

Etüv,  $(110 \pm 5)$  °C'de tutabilen.

Terazi, %0,1 hassasiyetinde olan.

#### Deney İşlemi:

Numune kısmı,  $d_0/D_0$  boyut fraksiyonundan oluşmalıdır; burada  $d_0$  ve  $D_0$ , laboratuvar numunesinin boyutu olan  $d/D$ 'den aşağıdaki şekilde belirlenir:

$d \leq 4$  mm ise  $d_0 = 4$ 'tür.

$d = 4$  mm'ye eşit veya daha büyükse,  $d_0 = d$ .

$D \geq 63$  mm ise  $D_0 = 63$  mm.

$D=63$  mm ise  $D_0 = D$



Örnek 1: Laboratuar örneğinin agrega boyutu 0/8 mm ise, test parçasının seçilen boyutu 4/8 mm olacaktır.

Örnek 2: Laboratuar örneğinin agrega boyutu 0/90 mm ise, test parçasının seçilen boyutu 4/63 mm olacaktır.

Deney kısmı, EN 932-2 standardına göre azaltılmalıdır.

Deney numunesinin kütlesi  $M_0$ , Madde 1.1.1'de deney kısmı için belirtilen minimum değere sahip olmalıdır.

Deney numunesini  $d_0$  ve  $D_0$  eleklerinde yıkayın.

$D_0$  eleğinde kalan malzemeyi ve  $d_0$  eleğinden geçen malzemeyi atın.  $d_0/D_0$  kalan malzemeyi etüvde ( $110 \pm 5$ ) °C'de sabit kütleye kadar kurutun.

Deney numunesini Madde 1.1.1'e göre  $d_0$  ve  $D_0$  eleği kullanarak eleyin.  $d_0$  eleğinden geçen parçacıkları ve  $D_0$  eleğinde tutulan parçacıkları atın.

Gerekirse, test parçasını üretmek için EN 932-2'ye göre  $d_0/D_0$  boyut fraksiyonunu küçültün.

Deney kısmını tartın ve kütlesini  $M_1$  olarak kaydedin.

**Madde 1.**  $D_0 \leq 2d_0$  olan tek boyutlu fraksiyondan oluşan deney numuneleri:

Deney,  $D_0 \leq 2d_0$  olan tek boyutlu fraksiyon  $d_0/D_0$ 'dan oluşan bir numune kısmı üzerinde gerçekleştirilir.

Deney numunesi kısmı en az 100 parçacık içermektedir.

Boyut fraksiyonunda en az 100 parçacığa ulaşmak için, fırında kurutulmuş partikül yoğunluğu  $2,65 \text{ Mg/m}^3$  olan agregalar için deney kısmının tahmini kütlesi Tablo 1.6'da verilmiştir.

Tablo 1.6 Fırında kurutulmuş parçacık yoğunluğu  $2,65 \text{ Mg/m}^3$  olan yaklaşık 100 parçacık içeren,  $D_i/d_i = 2,0$  ve  $1,4$  ile  $d_i/D_i$  uygulanabilir boyut kesirlerinin kütlesi

$D_i$ mm	$D_i/d_i = 2,0$		$D_i/d_i = 1,4$	
	$d_i/D_i$ mm	Kütle $M_i$ kg	$d_i/D_i$ mm	Kütle $M_i$ kg
63	31,5/63	14	45/63	25
56	28/56	10	40/56	17
45	22,4/45	5,0	31,5/45	8,7
40	20/40	3,5	28/40	6,1
31,5	16/31,5	1,7	22,4/31,5	3,1
28	14/28	1,2	20/28	2,2
25	12,5/25	0,86	18/25	1,6
22,4	11,2/22,4	0,62	16/22,4	1,1
20	10/20	0,44	14/20	0,76
18	9/18	0,32	12,5/18	0,55
16	8/16	0,23	11,2/16	0,39
14	7,1/14	0,16	10/14	0,27
12,5	6,3/12,5	0,11	9/12,5	0,19
11,2	5,6/11,2	0,078	8/11,2	0,14
10	5/10	0,055	7,1/10	0,098
9	4,5/9	0,040	6,3/9	0,070
8	4/8	0,028	5,6/8	0,049
7,1	4/7,1 <sup>a</sup>	0,024	5/7,1	0,035
6,3	-	-	4/6,3 <sup>b</sup>	0,020
5,6	-	-	4/5,6	0,017

Deney numunesi taneleri, düz bir yüzey üzerine yayılır ve taneler el ile aşağıda belirtilen gruplara ayrılır:

-Ezilmiş parçacıklar ( $M_c$ )

Tamamen ezilmiş ( $M_{tc}$ ) > %90

Kısmen ezilmiş ( $M_{pc}$ ) %50-%90 arasında

-Tamamen yuvarlak ( $M_{tr}$ ) > %90

-Diğerleri ( $M_{op}$ )

Not: Parçacık yüzeyinin ezilmiş ve yuvarlak kısımlarının alanlarının tahmini, uygun bir renkli kalem kullanılarak ayırma çizgilerinin işaretlenmesiyle kolaylaştırılabilir.



$M_{tc}$ ,  $M_{pc}$ ,  $M_{tr}$  ve  $M_{op}$  kütlelerinin toplamı,  $M_1$  kütlelerinden %1'den fazla farklılık gösteriyorsa, deney tekrarlanmalıdır.

**Madde 2.** İki veya daha fazla boyuttaki parçalardan oluşan deney numuneleri:

Deney numunesi, Madde 1.1.1'e göre elenmek suretiyle,  $D_i \leq 2d_i$  olan  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralıkları halinde ayrılır.

Her bir tane büyüklüğü aralığının kütlesi  $M_i$  olarak kaydedilir ve her bir  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralığı kütlelerinin, deney numunesi kütlesi Tablo 1.6'ya göre hesaplanır. Deney numunesi kısmı en az 100 parçacık içermektedir.

Gerekirse, EN 932-2'ye göre bir boyut fraksiyonu azaltılır. Her küçültülmüş boyut fraksiyonunun kütlesini  $m_i$  olarak kaydedilir.

$M_1$ 'in %10'undan daha azına tekabül eden herhangi bir  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralığı dikkate alınmaz.

Geriye kalan her bir  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralığında, deneye tâbi tutulan tanelerin kütlesi  $M_{1i}$  olarak kaydedilir ve geriye kalan bu büyüklük aralıklarının her birindeki taneler, Madde 1'e uygun olarak ayrı ayrı sınıflandırılır.

Her boyut fraksiyonunda  $M_{tci}$ ,  $M_{pci}$ ,  $M_{tri}$  ve  $M_{opi}$  kütlelerini tartılır ve kaydedilir.  $d_i/D_i$  boyut fraksiyonunun kütlesi azalırsa, bu boyut fraksiyonundaki  $m_{tci}$ ,  $m_{pci}$ ,  $m_{tri}$  ve  $m_{opi}$  indirgenmiş kütlelerini tartın ve kaydedin.

Bu  $d_i/D_i$  büyüklük aralıklarının her birindeki kırılmış veya ezilmiş tanelerin, yuvarlak tanelerin, tamamen kırılmış veya ezilmiş tanelerin ve tamamen yuvarlak tanelerin kütleleri sırasıyla,  $M_{ci}$ ,  $M_{ri}$ ,  $M_{tci}$  ve  $M_{tri}$  olarak kaydedilir.

**Hesaplamalar:**

**$D_0 \leq 2d_0$  olan tek boyutlu fraksiyondan oluşan deney numuneleri:**

Ezilmiş parçacıkların kütlesi;

$$M_c = M_{tc} + M_{pc}$$

Deney kısmındaki tamamen ezilmiş parçacıkların ( $C_{tc}$ ), ezilmiş parçacıkların ( $C_c$ ) ve tamamen yuvarlak parçacıkların ( $C_{tr}$ ) kütle yüzdesi;

$$C_{tc} = (M_{tc} / M_1) \times 100$$

$$C_c = (M_c / M_1) \times 100$$



$$C_{tr} = (M_{tr} / M_1) \times 100$$

Değerleri en yakın tam sayıya yuvarlayın.

### İki veya daha fazla boyuttaki parçalardan oluşan deney numuneleri:

Her boyut fraksiyonundaki ezilmiş parçacıkların kütlesi;

$$M_{ci} = M_{tci} + M_{pci}$$

Her  $d_i/D_i$  boyut fraksiyonundaki tamamen ezilmiş parçacıkların ( $C_{tci}$ ), ezilmiş parçacıkların ( $C_{ci}$ ) ve tamamen yuvarlak parçacıkların ( $C_{tri}$ ) kütle yüzdesini hesaplanır.

$C_{tc}$ ,  $C_c$  ve  $C_{tr}$  ortalama değerleri;

$$C_{tc} = \frac{\sum \left( M_{1i} \frac{m_{tci}}{m_i} \right)}{\sum M_{1i}} \times 100$$

$$C_c = \frac{\sum \left( M_{1i} \frac{m_{ci}}{m_i} \right)}{\sum M_{1i}} \times 100$$

$$C_{tr} = \frac{\sum \left( M_{1i} \frac{m_{tri}}{m_i} \right)}{\sum M_{1i}} \times 100$$

$M_{1i}$  : deney kısmında  $d_i/D_i$  boyut fraksiyonunun kütlesidir, gram olarak;

$m_i$  :  $d_i/D_i$  boyut fraksiyonunun gram cinsinden azaltılmış kütlesidir;

$m_{tci}$ ,  $m_{ci}$  ve  $m_{tri}$  :  $d_i/D_i$ , kalan her boyut fraksiyonundaki tamamen ezilmiş parçacıkların, ezilmiş parçacıkların ve tamamen yuvarlak parçacıkların kütleleridir, gram olarak.

Değerleri en yakın tam sayıya yuvarlayın.



#### 1.1.4. İri Agregalarda Kavkı İçeriğinin Tayini – Kavkı Yüzdesi (TS EN 933-7)

##### Kapsam

Bu deney, iri agregalarda kavkı içeriğinin tayini için bir metodu kapsar. Bu standard, çakıl veya çakıl içeren karışık agregaya uygulanır.

Bu deney,  $D_i \leq 63$  mm ve  $d_i \geq 4$  mm olan  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralıklarına uygulanır.

##### Kavkı

İstiridyeye veya midyenin sert dış kabuğudur.

##### Prensip

Deney, iri agregalardan oluşan deney numunesinden, kavkılar ve kavkı parçalarının el ile ayrılmasından ibarettir. Kavkı içeriği, kavkılar ile kavkı parçalarının kütlelerinin, deney numunesinin kütlelerine oranı olarak tayin edilir. Kavkı içeriği (SC), yüzde olarak ifade edilir.

##### Cihaz ve Malzemeler:

Deney Eleklere Tablo 1.7’de verilen göz açıklıklarına sahip olmalıdır.

Numune, sabit kütleyi elde etmek için  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ ’da kurutulur, tartılır ve kütle  $M_0$  olarak kaydedilir.

4 mm’den daha büyük tanelerin tamamen ayrılmasını sağlamak için numune, yeterli miktarda titreşim uygulayarak uygun deney eleklere elenir. 63 mm’lik elekten kalan ve 4 mm’lik elekten geçen taneler atılır.

Deney numunesinin kütlesi  $M_1$  olarak kaydedilir. Deney numunesinin kütlesi, Tablo 1.7’de belirtildiği gibi olmalıdır.

Tablo 1.7 – Deney numunelerinin kütlesi

Üst agrega büyüklüğü - D mm	Deney Numunesi Kütlesi kg, en az
63	45
32	6
16	1
8	0,1

Deney,  $D_i \leq 2 d_i$  olan her bir  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralığında uygulanır.

$D > 2d$  olan numuneler, önce,  $D_i \leq 2 d_i$  olan  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralıklarına ayrılmalıdır.





## Deney İşlemi:

### Madde 1. $D \leq 2d$ Olan Deney Numuneleri:

Deney numunesinin taneleri, düz bir yüzey üzerine yayılır ve kavkılar ve kavkı parçaları, el ile ayrılır.

Kavkılar ve kavkı parçaları tartılır ve bunların kütlesi  $M_2$  olarak kaydedilir.

### Madde 2. $D \geq 2d$ Olan Deney Numuneleri:

Deney numunesi, Madde 1.1.1'e göre elenmek suretiyle,  $D_i \leq 2d_i$  olan  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralıkları halinde ayrılır.

Her bir tane büyüklüğü aralığının kütlesi  $M_i$  olarak kaydedilir ve her bir  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralığı kütesinin, deney numunesi kütlesi  $M_1$ 'e göre yüzdesi hesaplanır ve bu değer  $V_i$  olarak kaydedilir.

$M_1$ 'in %10'undan daha azına tekabül eden herhangi bir  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralığı dikkate alınmaz.

Geriye kalan her bir  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü aralığında deneye tâbi tutulacak tanelerin kütlesi  $M_{1i}$  olarak kaydedilir ve bunlar Madde 1'de belirtildiği gibi sınıflandırılır.

Bu  $d_i/D_i$  büyüklük aralıklarının her birindeki kavkı ve kavkı parçalarının kütlesi  $M_{2i}$  olarak kaydedilir.

## Hesaplamalar:

### $D \leq 2d$ Olan Deney Numuneleri:

Kavkı içeriği SC, aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$SC = (M_2/M_1) \times 100$$

$M_1$  : Deney numunesinin kütlesi, g,

$M_2$  : Kavkılar ve kavkı parçalarının kütlesi, g,dir.

SC değeri, en yakın tam sayı olarak kaydedilir.

### $D \geq 2d$ Olan Deney Numuneleri:

Azaltılmamış Büyüklük Aralıkları:

Büyüklük aralıklarından hiçbiri azaltılmamışsa, kavkı içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanır:



$$SC = \frac{\sum M_{2i}}{\sum M_{1i}} \times 100$$

Burada;

$\sum M_{1i}$  : Deneye tâbi tutulan büyüklük aralıklarındaki kütlelerin toplamı, g,

$\sum M_{2i}$  : Deneye tâbi tutulan büyüklük aralıklarının her birindeki kavkılar ve kavkı parçalarının kütlelerinin toplamı, g,  
dır.

SC değeri, en yakın tam sayı olarak kaydedilir.

Azaltılmış Büyüklük Aralıkları:

Büyüklük aralıklarından herhangi biri azaltılmışsa, her tane büyüklüğü aralığındaki kavkılar ve kavkı parçalarının kütlece yüzdesi hesaplanır ve SC<sub>i</sub> olarak kaydedilir.

Kavkılar ve kavkı parçalarının ağırlıklı ortalama yüzde değeri, aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$SC = \frac{\sum (V_i SC_i)}{\sum V_i}$$

Burada;

$V_i$  : Deneye tabi tutulan numunedeki tane büyüklüğü aralığının kütlelerinin yüzdesi.

$SC_i$  : i tane büyüklüğü aralığındaki kavkılar ve kavkı parçalarının kütlelerinin yüzdesi.  
dır.

Kavkılar ve kavkı parçalarının ağırlıklı ortalama yüzde değeri, en yakın tam sayı olarak kaydedilir.



### 1.1.5. İnce Tanelerin Tayini – Metilen Mavisi Deneyi (TS EN 933-9)

#### Kapsam

Bu deney, tip deneyi için ve ihtilaf durumunda ince agregalarda veya tüvenan agregalarda 0/2 mm tane büyüklüğü aralığının metilen mavisi değerinin (MB) tayininde kullanılan yöntemi kapsar.

#### Prensip

Bir metilen mavisi çözeltisinden alınan çözelti kısımları, su içerisindeki deney numunesi kısmından oluşan bir süspansiyona arka arkaya ilave edilir. Boya çözeltisinin deney numunesi kısmı tarafından adsorpsiyonu, her bir çözelti ilavesinden sonra, serbest boyanın varlığının belirlenmesi için süzgeç kâğıdında bir leke deneyi yapılarak kontrol edilir.

Serbest boyanın varlığı teyit edildiğinde, metilen mavisi değeri (MB veya MB<sub>F</sub>) hesaplanır ve deneye tabi tutulan büyüklük aralığının beher kilogramı başına adsorpladığı gram boya olarak ifade edilir.

#### Cihaz ve Malzemeler

Boya çözeltisi, standart veya teknik kalitedeki metilen mavisi çözeltisi, (10,0 ± 0,1) g/L Çözeltinin kullanım süresi en fazla 28 gün olmalıdır. Çözelti, ışık almayacak şekilde muhafaza edilmelidir.

Süzgeç kâğıdı, üzeri bölümlü ve kül ihtiva etmemeli 95 g/m<sup>2</sup>; kalınlığı 0,20 mm; süzme hızı 75 s; gözenek büyüklüğü 8 µm olmalıdır.

Pervaneli karıştırıcı, (600 ± 60) min<sup>-1</sup> hıza kadar farklı dönme hızlarında kontrol edilebilen ve (75 ± 10) mm çapında üç veya dört pervane kanadına sahip.

**Not** - Yukarıda belirtilen pervaneli karıştırıcı kullanılarak elde edilen sonuçlara uygun sonuçlar alınması halinde, alternatif karıştırıcı tipleri kullanılabilir.

Kaolinit, metilen mavisi değeri (MB<sub>K</sub>) bilinen, aşırı miktarda boya kullanımını önlemek için, 100 g kaolinit için 1 g ile 2 g arasında MB<sub>K</sub> değerine sahip kaolinit tercih edilir.

#### 10 g/L'lik metilen mavisi çözeltisinin hazırlanması:

Metilen mavisi kullanılır; [(C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>ClN<sub>3</sub>S, nH<sub>2</sub>O (n = 2 - 3), saflık ≥ %98,5].

Metilen mavisi tozunun su içeriği (W), aşağıdaki gibi tayin edilir:

Yaklaşık 5 g metilen mavisi tozu tartılır ve kütle, 0,01 g yaklaşımla M<sub>n</sub> olarak kaydedilir.



Bu toz,  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'ta sabit kütleye kadar kurutulur. Desikatörde soğutulur ve desikatörden dışarıya çıkartılır çıkartılmaz tartılır. Kuru kütle 0,01 g yaklaşımla  $M_g$  olarak kaydedilir.

Su içeriği ( $W$ ), en yakın ondalığa yuvarlanarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır ve kaydedilir:

$$W = \frac{M_h - M_g}{M_g} \times 100$$

Burada;

$M_h$  Metilen mavisi tozunun kütlesi (g),

$M_g$  Kurutulmuş metilen mavisi tozunun kütlesi (g)'dir.

Su içeriği, her yeni boya çözeltisi hazırlandığında tayin edilmelidir.

$((100 + W)/10) \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$  (10 g kuru toza eşit) kütlede metilen mavisi tozu alınır.

500 mL ile 700 mL arasında damıtık veya demineralize su, bir beherde  $40^\circ \text{C}$ 'u aşmayacak şekilde ısıtılır.

Beherin içindekiler, metilen mavisi tozu sıcak suya dökülürken, yavaşça karıştırılır. Toz tamamen çözülmeye kadar karıştırmaya 45 dakika devam edilir ve sonra çözelti,  $20^\circ\text{C}$ 'a soğumaya bırakılır.

Beherdeki çözelti, 1 L'lik bir şişeye boşaltılır ve boyanın tümünün şişeye aktarılmasını sağlamak için beher, damıtık veya demineralize su ile durulanır. Şişenin kalibrasyonu ile uyumun sağlanması için, şişenin ve suyun  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 'luk bir sıcaklığa sahip olduğundan emin olunur ve şişeye 1 L işaretine kadar damıtık veya demineralize su ilave edilir.

Tozun tamamen çözülmesini sağlamak için şişe çalkalanır ve içindeki çözelti, hafif renkli bir cam saklama şişesine boşaltılır.

Aşağıdaki bilgiler, saklama şişesi üzerinde yazılı olmalıdır:

- 10 g/L'lik metilen mavisi çözeltisi,
- Hazırlama tarihi,
- Son kullanma tarihi.

Metilen mavisi çözeltisi, hazırlandıktan sonra 28 günden fazla kullanılmamalıdır. Boya çözeltisi stoğu, karanlık bir yerde saklanmalıdır.

### Deney İşlemi:

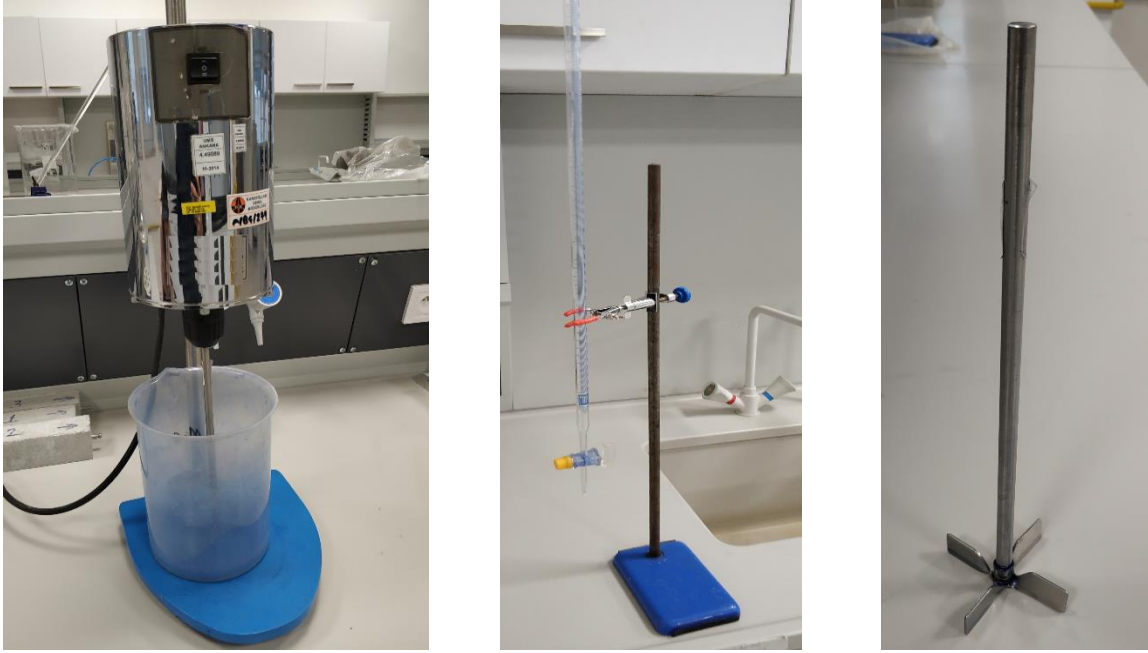
Laboratuvar numuneleri, (0-2) mm tane büyüklüğüne sahip en az 200 g agrega ihtiva eden bir kısmî numune elde edilmesi amacıyla, TS EN 932-2'ye uygun olarak azaltılmalıdır. Kısmî numune,  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'de sabit kütleye kadar kurutulur ve soğumaya bırakılır. Kuru kısmî

numune, etkin bir ayırmanın ve (0-2) mm aralığındaki tüm tanelerin toplanmasının sağlanması için bir deney fırçası kullanılarak, koruyucu bir elek ile korunan (gerekirse) 2 mm göz açıklıklı bir elekten elenir. 2 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler ayrılır ve gerekirse bu elekten geçen malzeme, en az 200g'lık bir deney numunesi kısmı elde etmek için, TS EN 932-2'ye uygun olarak azaltılır. Deney numunesi kısmı tartılır ve kütle, 1 g yaklaşımla  $M_1$  olarak kaydedilir.

(500 ± 5) mL'lik damıtık veya demineralize su, behere konur ve silinmiş metin deney numunesi kısmı, spatül ile iyice karıştırılarak behere ilave edilir.

Boya çözeltisi çalkalanır veya alternatif olarak iyice karıştırılır. Büret, boya çözeltisi ile doldurulur ve boya çözeltisi stoğu karanlık bir yere geri götürülür.

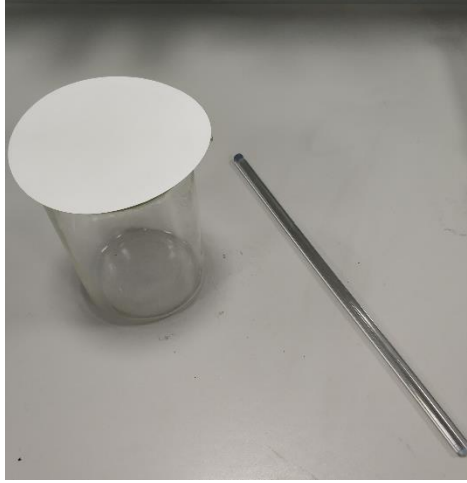
Karıştırıcı, 600 min<sup>-1</sup> hıza ayarlanır ve pervane, beher tabanından yaklaşık 10 mm yüksekte olacak şekilde konumlandırılır.



Resim 1.5 – Metilen Mavisli Deney Seti (Pervaneli Karıştırıcı ve Büret)

Karıştırıcı çalıştırılır ve kronometre başlatılır, beherin içindekiler 5 dakika süreyle (600 ± 60) min<sup>-1</sup> hızda karıştırılır; akabinde deneyin geriye kalan kısmı için sürekli olarak (400 ± 40) min<sup>-1</sup> hızda karıştırılır.

Süzgeç kağıdı, yüzeyinin büyük kısmı herhangi bir katı veya sıvı ile temas etmeyecek şekilde boş bir beherin üzerine veya başka uygun bir destek üzerine yerleştirilir.



Resim 1. 6 – Süzgeç Kâğıdı – Cam Çubuk

( $600 \pm 60$ )  $\text{min}^{-1}$  hızda 5 dakika süreyle karıştırıldıktan sonra behere 5 mL boya çözeltisi enjekte edilir; beherdeki malzeme, ( $400 \pm 40$ )  $\text{min}^{-1}$  hızda en az 1 dakika karıştırılır ve süzgeç kağıdı üzerinde leke deneyi yapılır.

Her bir boya enjeksiyonundan sonra, leke deneyi, cam çubuk ile süspansiyondan bir damla alınması ve damlanın süzgeç kâğıdı üzerine bırakılmasından ibarettir. Meydana gelen leke, renksiz ıslak bir bölge ile çevrelenen, genellikle homojen mavi renkli bir merkezî malzeme birikintisinden oluşur.

Alınan damlanın miktarı, birikinti çapı 8 mm ile 12 mm arasında kalacak şekilde olmalıdır.

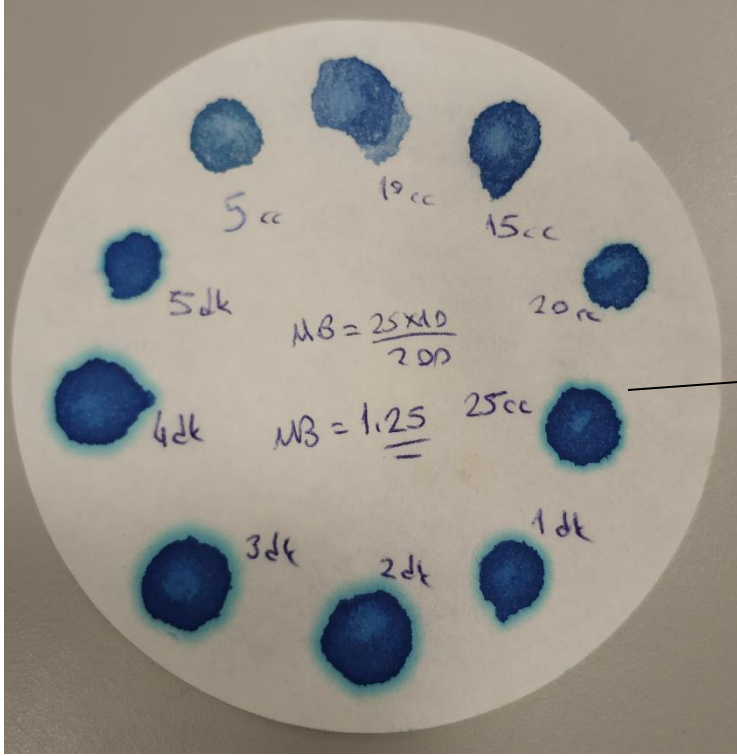
Islak bölgede, yaklaşık 1 mm'lik kalıcı açık mavi bir halka ihtiva eden bir hâlenin, merkezî birikinti etrafında meydana gelmesi durumunda, deney pozitif kabul edilir.

5 mL'lik bu ilk boya çözeltisi ilavesinden sonra hâle belirmezse, 5 mL daha boya çözeltisi ilave edilir; 1 dakika süreyle karıştırmaya devam edilir ve bir leke deneyi daha yapılır.

Hâlenin yine görülmemesi durumunda, görülünceye kadar karıştırmaya, boya ilavesine ve aynı şekilde leke deneyleri yapılmasına devam edilir.

Dönüm noktasına yaklaşıldıkça, hâle belirir, ancak daha sonra kaybolabilir, çünkü kil minerallerinin boya adsorpsiyonunu tamamlamaları biraz zaman alabilir.

Hâle görülmesi aşamasına ulaşıldığında, daha fazla boya çözeltisi ilavesi yapılmadan karıştırmaya devam edilir; 1 dakika aralıklarla leke deneyleri yapılır.



Resim 1.7 – Örnek Leke Deneyi

Hâle, ilk 4 dakikada kaybolursa, 5 mL daha boya çözeltisi ilave edilir. Hâle, beşinci dakikada kaybolursa, sadece 2 mL boya çözeltisi ilave edilir. Her iki durumda da hâle 5 dakika süreyle kalıcı olana kadar, karıştırmaya ve leke deneyleri yapılmasına devam edilir.

5 dakika süreyle kalıcı olan bir hâle meydana getirmek için ilave edilen boya çözeltisinin toplam hacmi (V1), 1 mL yaklaşımla kaydedilir.

Deney numunesi kısmında, bir hâle oluşturmaya yetecek miktarda ince tane mevcut değilse, kaolinit, boya çözeltisiyle birlikte aşağıda belirtildiği gibi ilave edilmelidir:

(110 ± 5)°C'ta sabit kütleye kurutulmuş olan (30,0 ± 0,1) g kaolinit, behere ilave edilir.

Daha sonra, V' mL boya çözeltisi, behere ilave edilir; burada V' = 30 MBK olup, 30 g kaolinit tarafından adsorplanan boya çözeltisinin hacmidir.

Not: Deney kapları, deneyler tamamlanır tamamlanmaz su ile iyice temizlenmelidir. Kullanılan deterjan artıkları, durulama yapılarak uzaklaştırılmalıdır. Metilen mavisi deneylerinde kullanılan kapların, sadece o deney için ayrılması tavsiye edilir.

### Hesaplamalar:

0/2 mm tane büyüklüğü aralığındaki agreganın kilogramı başına gram boya olarak ifade edilen metilen mavisi değeri (MB), aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:



$$MB = \frac{V1}{M1} \times 10$$

Burada;

M1 Deney numunesi kısmının kütlesi (g),

V1 Enjekte edilen boya çözeltisinin toplam hacmi (mL) dir.

MB değeri, 0/2 mm tane büyüklüğü aralığındaki agreganın kilogramı başına gram boya olarak 0,1 g yaklaşımla kaydedilir.

Deney, kaolinit ilave edilerek yapılıyorsa, yukarıdaki eşitlik aşağıdaki duruma gelir:

$$MB = \frac{V_1 - V'}{M_1} \times 10$$

Burada V', kaolinit tarafından adsorplanan boya çözeltisinin hacmidir (mL).

Not: Yukarıdaki eşitliklerdeki 10 çarpanı, kullanılan boya çözeltisinin hacmini, deneye tabi tutulan tane büyüklüğü aralığındaki agreganın kilogramı başına adsorplanan boya kütlesine dönüştürmektedir.

### **Kaolinitin metilen mavisi değerinin (MB<sub>K</sub>) tayini için işlem:**

Kaolinit, (110 ± 5)°C'ta, sabit kütleye kadar kurutulur.

(30,0 ± 0,1) g kuru kaolinit tartılır.

(30,0 ± 0,1) g kaolinit, 500 mL demineralize veya damıtık su ile birlikte behere dökülür.

Beher içindeki malzeme, beher tabanından yaklaşık 10 mm yüksekteki pervane ile (600 ± 60) min<sup>-1</sup> hızda 5 dakika karıştırılır ve akabinde (400 ± 40) min<sup>-1</sup> hızda bu tayinin geri kalan kısmı için sürekli olarak karıştırılır.

Behere, 10 g/L'lik boya çözeltisinden 5 mL'lik bir doz enjekte edilir ve (400 ± 40) min<sup>-1</sup> hızda en az 1 dakika karıştırdıktan sonra süzgeç kâğıdı üzerinde leke deneyi yapılır.

Gerekirse, pozitif sonuç alınıncaya kadar, daha fazla çözelti eklemeyen, 5 mL'lik dozlar halinde boya çözeltisi ilavesine devam edilir. Her dakika leke deneyi yapılır ve kalıcı boya adsorpsiyonu elde edilinceye kadar işleme devam edilir.

Beşinci leke deneyinde açık mavi halka kaybolursa, 2 mL'lik miktarlarda olmak üzere boya ilavesi yapılmalıdır.

Her bir çözelti ilavesini, 1 dakika aralıklarla yapılan deneyler takip etmelidir.





Bu işlemler, deneyin 5 ardışık dakika boyunca pozitif sonuç vermesine kadar tekrarlanmalıdır. Bu durumda, tayin tamamlanmış olur.

Adsorplanan boya çözeltisinin toplam hacmi, mL cinsinden  $V'$  olarak kaydedilir.

Kaolinitin metilen mavisi değeri, 100 g kaolinit için 0,1 g yaklaşımla aşağıdaki eşitlikten hesaplanır ve kaydedilir:

$$MB_K = V'/30$$

Burada  $V'$ , adsorplanan boya çözeltisinin toplam hacmidir (mL).

**Not** - Sonuçların sabitliğini kontrol etmek için,  $MB_K$  değeri bilinen kaolinit üzerinde, düzenli aralıklarda bir deney yapılmalıdır. Bu işlem, yeni bir boya çözeltisini kontrol etmek için de yapılmalıdır.

**0/0,125 mm tane büyüklüğü aralığının metilen mavisi değerinin ( $MB_F$ ) tayini için işlem:**

Deney numunesi kısımları, yukarıda belirtildiği gibi hazırlanır deney işlemleri takip edilir, ancak burada 0/0,125 mm tane büyüklüğü aralığındaki bir deney numunesi kısmının kütlesi  $M_1$  ( $30,0 \pm 0,1$ ) g'dır.

Metilen mavisi değeri  $MB_F$ , 0/0,125 mm tane büyüklüğü aralığında agreganın kilogramı başına gram boya miktarı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$MB_F = \frac{V_1}{M_1} \times 100$$

Burada:

$M_1$  Deney numunesi kısmının kütlesi (g),

$V_1$  İlave edilen boya çözeltisinin toplam hacmi (mL)'dir.

$MB_F$  değeri, 0/0,125 mm tane büyüklüğü aralığında agreganın kilogramı başına gram boya olarak 0,1 g yaklaşımla kaydedilir.

## 1.2. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler

### 1.2.1. Aşınma Direncinin Tayini (Mikro-Deval) (TS EN 1097-1)

#### Kapsam

Bu deney, iri taneli agregaların aşınma direncinin tayinine yönelik yöntemi kapsar. Numuneler normal olarak ıslak şartlarda deneye tabi tutulur, ancak deney kuru şartlarda da gerçekleştirilebilir.

#### Prensip

Deney, merdanelerle kırma işlemi esnasında 1,6 mm'den daha küçük bir tane büyüklüğüne getirilen orijinal numunelerin yüzdesini ifade eden mikro-Deval katsayısını tayin eder.

Deney, belirtilen şartlar altında döner bir tambur içerisinde bulunan agregalar ile aşındırıcı malzeme arasındaki sürtünme nedeniyle ortaya çıkan aşınmanın ölçülmesinden ibarettir.

Merdanelerle kırma işlemi tamamlandığında, 1,6 mm göz açıklığına sahip elek üzerinde kalan agrega yüzdesi, mikro-Deval katsayısının hesaplanmasında kullanılır.

#### Cihaz ve Malzemeler:

Elek seti, 1,6 mm, 8,0 mm, 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 14,0 mm göz açıklıklı.

Mikro Deval Cihazı, bir ucu kapalı, iç çapı  $(200 \pm 1)$  mm, taban ile kapağın iç yüzeyi arasındaki iç uzunluğu  $(154 \pm 1)$  mm olan 1 ila 4 tambur ihtiva etmelidir.

Tamburlar, yatay ekseninde dönen iki adet mil üzerine yerleştirilen en az 3 mm kalınlıktaki paslanmaz çelikten imal edilmiş olmalıdır.

Tamburların iç yüzeyleri, kaynak veya birleştirme işlemi sırasında oluşabilecek çıkıntılara sahip olmamalıdır. Tamburlar, su ve toz geçirmez contaları bulunan en az 8 mm kalınlığındaki düz kapaklarla kapatılmalıdır.



Resim 1.8 – Örnek Mikro Deval Cihazı



Resim 1.9 – Tambur ve Çelik Bilyeler

Aşındırıcı malzeme, ISO 3290-1'e uygun ( $10 \pm 0,5$ ) mm çapında ( $5000 \pm 5$ )g'lık çelik bilyelerden oluşmalıdır.

### Deney İşlemi:

Laboratuvara gönderilen numunenin kütlesi, 10 mm ilâ 14 mm tane büyüklüğü aralığına sahip en az 2 kg agregadan oluşmalıdır.

Deney, 14 mm göz açıklıklı elekten geçen ve 10 mm göz açıklıklı elekte tutulan agrega ile yapılmalıdır. Buna ilave olarak, deney numunesi kısmının kalitesi, aşağıda belirtilen iki özellikten en az birine uygun olmalıdır:

Tanelerin % 30 - % 40'ı 11,2 mm göz açıklıklı elekten geçen veya

Tanelerin % 60 - % 70'i, 12,5 mm göz açıklıklı elekten geçen.

Laboratuvar numuneleri, 10 mm ilâ 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 11,2 mm (veya 12,5 mm) ilâ 14 mm aralıklarında farklı fraksiyonlar elde etmek amacıyla 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 14,0 mm göz açıklıklı elekler kullanılarak elenir. Her bir fraksiyon ayrı ayrı yıkanır ve etüvde ( $110 \pm 5$ )°C'ta sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulur.

Fraksiyonlar, ortam sıcaklığına ulaşıncaya kadar soğumaya bırakılır. İki fraksiyon, bu maddenin ikinci paragrafında verilen ilave sınıflandırma özelliklerine uygun olan ve 10 mm ilâ 14 mm arasında tane büyüklüğüne sahip deney numunesi kısmı, her biri ( $500 \pm 2$ ) g kütleye sahip iki deney numunesinden oluşmalıdır.

Her bir deney numunesi, ayrı bir tamburun içine yerleştirilir. Her bir tambura, ( $5000 \pm 5$ ) g'lık çelik bilye yerleştirilir.

Her bir tambura ( $2,5 \pm 0,05$ ) L su ilave edilir.

Kapağı kapatılan her bir tambur, iki adet mil üzerine yerleştirilir.

Tamburlar,  $(100 \pm 5)$  devir/dakika hızda  $(12000 \pm 10)$  devir döndürülür.

Deneyden sonra, olabilecek herhangi bir agrega kaybını önlemeye dikkat edilerek, agrega ve çelik bilyeler bir kaptta toplanır. Bir piset kullanılarak tamburun içi ve kapağı dikkatlice yıkanır ve yıkama suyu muhafaza edilir.

Malzeme ve tüm yıkama suyu, 8 mm göz açıklıklı koruyucu bir elek ile korunan 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerine boşaltılır. Malzemeler, temiz su ile yıkanır. (Resim 1.10)

Herhangi bir agrega tanesi kaybına yol açmamaya dikkat ederek, 8 mm göz açıklıklı koruyucu elekte tutulan agrega taneleri dikkatlice çelik bilyelerden ayrılır. Agrega taneleri elle ayrılabilir veya elek üzerindeki bilyeler mıknatıs kullanılarak elekten uzaklaştırılır.



Resim 1.10 – Numunenin Boşaltılıp Yıkanması

8 mm göz açıklıklı koruyucu elekte tutulan agrega taneleri, bir tepsi üzerine yerleştirilir. 1,6 mm göz açıklıklı elekte tutulan malzeme aynı tepsiye ilave edilir.

Tepsi ve içerisindeki malzeme, etüvde,  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'ta kurutulur.

1,6 mm göz açıklıklı elekte tutulan kütle (m), en yakın grama yuvarlatılarak kaydedilir.



### Hesaplamalar:

Her bir deney numunesi için Mikro-Deval katsayısı ( $M_{DE}$ ), 0,1 birim yaklaşımla aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$M_{DE} = \frac{500 - m}{5}$$

Burada;

$M_{DE}$ : Mikro-Deval katsayısı (ıslak şartlarda),

m: 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerinde tutulan fraksiyonun kütlesi (g)' dir.

İki deney numunesinden elde edilen değerler kullanılarak, mikro-Deval katsayısının ortalama değeri hesaplanır. Hesaplanan ortalama değer, laboratuvara teslim edilen numunenin mikro-Deval katsayısı olarak kaydedilir. Ortalama değer, en yakın tamsayı olarak ifade edilir.

## 1.2.2. Parçalanma Direncinin Tayini (Los Angeles Deney Yöntemi) (TS EN 1097-2)

### Kapsam

Bu deney, yapay ve tabii iri agregaların parçalanma direncinin tayini için işlemleri kapsar.

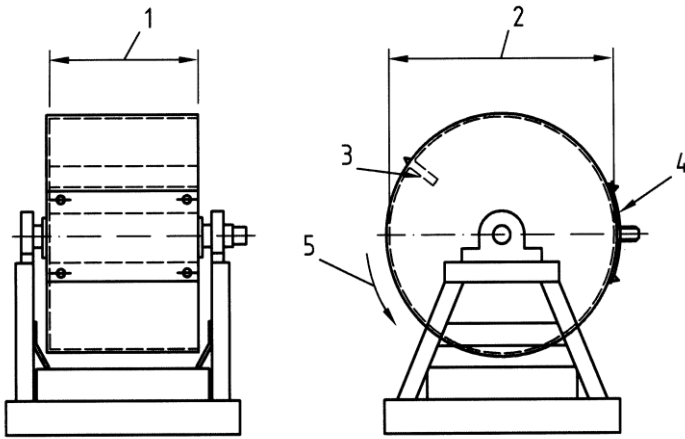
### Prensip

Agrega numuneleri, dönen tambur içerisinde çelik bilyeler ile birlikte döndürülür. Döndürme işlemi tamamlandıktan sonra 1,6 mm göz açıklıklı elekte kalan malzemenin miktarı tayin edilir.

### Cihaz ve Malzemeler:

Elek seti, 1,6 mm, 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 14,0 mm göz açıklıklı.

Los Angeles Deney Cihazı Resim 1.11'de verilmiştir.



1 İç uzunluk ( $508 \pm 5$ ) mm

2 İç çap ( $711 \pm 5$ ) mm

3 Raf

4 Kapak ve açıklık

5 Dönme yönü

Resim 1.11 – Los Angeles Deney Cihazı

Bilye yükü, her biri yaklaşık 47 mm çapa sahip, 11 adet küresel çelik bilyeden oluşmalı, her bir bilye, 400 g ile 445 g kütleye sahip olmalı ve toplam yük 4690 g ile 4860 g arasında olmalıdır.

Motor, tambura 31 devir/dakika ile 33 devir/dakika arasında dönme hızı uygulayabilmelidir.



## Deney İşlemi:

Laboratuvara gönderilen numuneler, 10 mm ila 14 mm tane büyüklüğü aralığındaki tanelerden oluşan en az 15 kg'lık bir kütleyle sahip olmalıdır.

Deney, 14 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen ve 10 mm göz açıklıklı deney eleği üzerinde kalan agregalara uygulanmalıdır. Ayrıca, deney numunesi kısmının sınıflandırması, aşağıdakilerden birine uygun olmalıdır:

- 12,5 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen agrega miktarı % 60 ile % 70 arasında olmalı veya
- 11,2 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen agrega miktarı, % 30 ile % 40 arasında olmalı.

Laboratuvar numuneleri, 10 mm ila 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 11,2 mm (veya 12,5 mm) ila 14 mm tane büyüklüğü aralığındaki farklı fraksiyonları elde etmek için 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 14 mm göz açıklıklı deney elekleriyle elenir. Her bir fraksiyon, Madde 1.1.1'e uygun olarak ayrı ayrı yıkanır ve sabit kütleyle ulaşıncaya kadar kurutulur.

Fraksiyonların oda sıcaklığına kadar soğumasına izin verilir. Yukarıda verilen ilave sınıflandırma özellikleri ile uyumlu olan 10 mm ila 14 mm tane büyüklüğü aralığında yeni bir laboratuvar numunesi elde etmek için bu iki fraksiyon karıştırılır.

Karıştırılmış oranlardan hazırlanan yeni laboratuvar numuneleri, TS EN 932-2'ye uygun olarak deney numunesi kısmı büyüklüğüne azaltılır. Deney numunesi kısmı,  $(5000 \pm 5)$  g kütleyle sahip olmalıdır.



Numuneyi yerleştirmeden önce tamburun temiz olup olmadığı kontrol edilir. Cihaza önce bilyeler, sonra deney numunesi kısmı dikkatlice yerleştirilir. Kapak kapatılır ve cihaz 31 devir/dakika ilâ 33 devir/dakika arasındaki sabit bir hızda 500 devir döndürülür.

Malzeme kaybını önlemek için açıklığın tavanın tam üstüne getirilmesine özen gösterilerek, agregalar cihazın altına yerleştirilen tavaya boşaltılır.

Tambur temizlenir, ince tanelerin çıkıntılı raf etrafında kalmamasına dikkat edilir. Agregaya kaybının olmamasına dikkat edilerek bilye yükü tavadan özenle alınır.

Tavadaki malzeme, yıkanmak ve 1,6 mm göz açıklıklı elekten elenerek 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerinde kalan kısım,  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'ta sabit kütleyle ulaşıncaya kadar kurutulur.

**Hesaplamalar:**

Los Angeles katsayısı (LA), aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$LA = \frac{5000 - m}{50}$$

Burada m, 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerinde kalan kütledir (g).

Sonuç en yakın tam sayıya yuvarlatılarak verilir.

**Los Angeles deneyi için alternatif dar aralık sınıflandırmaları:**

Los Angeles deneyi için alternatif dar aralık sınıflandırmaları referans deneydeki standart 10 mm- 14 mm tane büyüklüğü aralığından farklı tane büyüklüğü aralıklarını deneye tabi tutmak için her bir aralık sınıflandırması için farklı bilye sayıları ve bilye yükleri verilmiştir. Alternatif dar aralık sınıflandırmaları, standart 10 mm-14 mm tane büyüklüğü aralığından farklı ve bu değere yakın standart olmayan tane büyüklüğü aralıklarından sonuçlar elde etmek için seçilmiştir. Ancak tüm agregalar için bu ilişki aynı değildir ve alternatif tane büyüklüğü aralıkları ile elde edilen sonuçların, 10 mm-14 mm tane büyüklüğü aralığı referans yöntemiyle elde edilen sonuçlar ile eş değer olması beklenmemelidir.

Tablo 1.8 –Alternatif dar aralık sınıflandırmaları

Aralık sınıflandırması (mm)	Orta elek göz açıklığı (mm)	Orta göz açıklıklı elekten geçen yüzde (%)	Bilye sayısı	Bilye yükü kütlesi (g)
4 – 6,3	5	30 – 40	7	2930 – 3100
4 – 8	6,3	60 – 70	8	3410 – 3540
6,3 – 10	8	30 – 40	9	3840 – 3980
8 – 11,2	10	60 – 70	10	4250 – 4420
11,2 - 16	14	60 - 70	12	5120 - 5300





### 1.2.3. Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini (TS EN 1097-3)

#### Kapsam

Bu deney, 63 mm tane büyüklüğüne kadar doğal ve yapay agregalar için uygulanabilir.

#### Prensip

Belirli bir ölçü kabı içerisindeki agreganın kuru kütlesi tartılarak tayin edilir ve gevşek yığın yoğunluğu hesaplanır. Boşlukların yüzdesi, gevşek yığın yoğunluğu ve tane yoğunluğundan hesaplanır.

#### Cihaz ve Malzemeler:

Silindirik ölçü kabı, korozyona dayanıklı metalden yapılmış su sızdırmaz, ölçü kabının iç çapının iç derinliğine oranı 0,5 ile 0,8 arasında olmalıdır. Ölçü kabının en küçük hacmi Tablo 1.9'da verilmiştir.

Ölçü kabı, her kullanım sırasında şeklini muhafaza edebilmek için yeterince sağlam ve iç yüzü pürüzsüz ve tercihen saplı olmalıdır. Üst kenarı tabanına paralel, düzlemsel ve pürüzsüz olmalıdır.

Tablo 1.9 –Agrega Büyüklüğüne Bağlı Olarak Ölçü Kabının Minimum Hacmi

Agreganın üst tane büyüklüğü (D) mm	Hacim (V) L
4'e kadar	1,0
16'ya kadar	5,0
31,5'e kadar	10
63'e kadar	20

#### Deney İşlemi:

Agrega ( $110 \pm 5$ )°C'da sabit kütleye kadar kurutulmalıdır. Her deney numunesinin kütlesi numune kabını doldurmak için her bir deney numunesi için gerekli kütlenin % 120 - % 150'si arasında olmalıdır.

Boş, kuru ve temiz ölçü kabı tartılır ( $m_1$ ). Ölçü kabı yatay bir yüzeye yerleştirilir ve kürek kullanılarak numune ile tamamen doldurulur. Ölçü kabı doldurulurken, küreği numune kabı üst çevresinde dayayarak segregasyon minimum seviyede tutulmalıdır. Hiçbir zaman kürek ölçü kabının üst kenarından 50 mm daha yüksekte tutulmamalıdır.

Ölçü kabının üst yüzeyinden taşan agregalar dikkatlice yüzeyden uzaklaştırılır ve segregasyonu önlemek için yüzeyde düzgün bir dağılım sağlanır.

Agreganın üst yüzeyi sıkıştırmaya sebep olmadan cetvel ile düzeltilir. Bu uygun değilse, yüzey elle düzeltilir.



Dolu numune kabı tartılır kütlesi % 0,1 doğrulukla kayıt edilir (m2). Deney üç numune ile yapılmalıdır.

### Hesaplamalar:

Gevşek yığın yoğunluğu  $\rho_b$ , her deney numunesi için aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$\rho_b = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

$\rho_b$  : Gevşek yığın yoğunluğu, megagram / m<sup>3</sup> (Mg/m<sup>3</sup>),

m2 : Ölçü kabı ve deney numunesinin kütlesi, kg,

m1 : Boş ölçü kabı kütlesi, kg,

V : Ölçü kabının hacmi, L. dir.

Gevşek yığın yoğunluğu  $\rho_b$  ikinci ondalığa kadar yuvarlatılarak 3 değer in ortalaması olarak verilir.

Boşluk yüzdesi  $v$ , ölçü kabındaki boşlukların hacimsel oranı olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$v = \frac{\rho_p - \rho_b}{\rho_p} \times 100$$

$\rho_b$  : Gevşek yığın yoğunluk, Mg/m<sup>3</sup>

$\rho_p$  : Etüvde kurutulmuş veya önceden kurutulmuş tane yoğunluğu, Mg/m<sup>3</sup> dir.



#### 1.2.4. Hava Dolaşımli Etüvde Kurutma İle Su İçeriğinin Tayini (TS EN 1097-5)

##### Kapsam

Bu deney, hava dolaşımli bir etüvde kurutma yöntemiyle agregaların su içeriğinin tayininde kullanılan yöntemi kapsar.

##### Prensip

Etüvde kurutma yöntemi, agrega deney numunesi kısmının içerdiği toplam serbest su miktarının bir ölçüsünü verir. Su, agreganın yüzeyinden ve agrega taneleri içerisindeki su girebilen gözeneklerden kaynaklanabilir.

Bir deney numunesi kısmı tartılır ve  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki hava dolaşımli etüve yerleştirilir. Ardışık yapılan tartımlar, kurutulmuş deney numunesi kısmının sabit kütlesinin tayininde kullanılır. Deneye başlamadan önceki bütün aktarma ve hazırlama işlem aşamalarında laboratuvar numunesi ve takip eden deney numunesi kısmının su kaybı veya kazanımı önlenir.

Su içeriği, rutubetli ve kuru kütleler arasındaki kütle farkı olarak tayin edilir ve deney numunesi kısmının kuru kütlesinin yüzdesi olarak ifade edilir.

##### Cihaz ve Malzemeler:

Hava dolaşımli etüv, sıcaklığı  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'ta muhafaza edebilmeli ve termostat kontrollü olmalıdır.

Kurutuculu (nem giderici) desikatör, desikatöre alternatif olarak, nem giderici içeren kapalı bir kabin, soğutma aşaması için kullanılabilir.

##### Deney İşlemi:

Laboratuvar numunesi, deney numunesi kısmını elde etmek için TS EN 932-2'ye uygun olarak azaltılmalıdır.

Deney numunesi kısmının en az kütlesi, mm cinsinden verilen en büyük elek göz açıklığına (D) bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

- $D \geq 1,0$  mm ise, en az kütle (kg)  $0,2 \cdot D$  olmalıdır.
- $D < 1,0$  mm ise, en az kütle (kg) 0,2 kg olmalıdır.

Not: Agreganın küçük (d) ve büyük (D) elek göz açıklıkları bakımından gösterilişi. Bu gösteriliş, büyük göz açıklıklı elek üzerinde (elek üstü) kalan ve küçük göz açıklıklı elekten geçen (elek altı) bazı tanelerin varlığını kabul eder.



Deney numunesi kısmı, hazırlandıktan hemen sonra tayin yapılmayacaksa, temiz ve kuru bir kaba konulur.

Kurutma sırasında deney numunesi kısmını içine alabilecek yeterli sayıda tava temizlenir ve kurutulur. Tavanın (tavaların) kütlesi tartılır ve kaydedilir (M2).

Deney numunesi kısmı, tava (tavalar) üzerine dağıtılır.

Rutubetli deney numunesi kısmını içeren tava (tavalar) tartılır ve deney numunesi kısmının kütlesi (M1), tava (tavalar) kütlesi (M2) çıkartılarak tayin edilir.

Tava (tavalar),  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki etüvde sabit kütleye ulaşıncaya kadar bekletilir.

Sabit kütleye (M3) ulaşıp ulaşılmadığının tayini için her bir tava ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir:

Tava oda sıcaklığına kadar soğutulur ve gerekmesi durumunda desikatör veya bir kapalı kabin kullanılır. Deney numunesi kısmının kütlesi (Md1), tavanın kütlesi (M2) çıkartılarak tayin edilir.

Deney numunesi kısmı bulunan tava, en az bir saat süreyle tekrar etüve konur, oda sıcaklığına soğutulur ve deney numunesi kısmının kütlesinin (Mdi) tayini işlemi tekrarlanır. Mdi kütlesinin Md1 kütlesinden olan farkı %0,1 den az ise, sabit kütleye ulaşılmış olduğu kabul edilir. Fark %0,1 veya daha fazla ise içerisinde deney numunesi kısmı bulunan tava tekrar etüve konur ve bu işlem ardışık iki tayin arasındaki fark %0,1'den daha küçük oluncaya kadar tekrarlanır. Birden fazla tava kullanılmışsa, M3 değeri, Mdi değerlerinin toplamıdır.

### Hesaplamalar:

Su içeriği değeri (w), kuru deney numunesi kısmının kütlesinin yüzdesi olarak ifade edilen deney numunesi kısmındaki su kütlesidir.

Su içeriği (w) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$w = \frac{M1 - M3}{M3} \times 100$$

Burada;

M1 Deney numunesi kısmının kütlesi (g),

M3 Kuru deney numunesi kısmının sabit kütlesi (g) dir.

Sonuçlar %0,1 yaklaşımla ifade edilir.

Su içeriğinin hesaplanmasıyla ilgili tipik bir örnek, Tablo 1.10'da verilmiştir.



Tablo 1.10 – Su içeriğinin hesaplanmasıyla ilgili tipik bir örnek

Hava dolaşımli etüvde kurutma ile su içeriğinin tayini (bir tava için)			
1	Kap	$M_2$	653,34 g
2	Tava + rutubetli deney numunesi kısmı	$M_1+M_2$	3574,4 g
3	Tava + kuru deney numunesi kısmı	$M_{d1}+M_2$	3389,7 g
4	Tava ve kuru deney numunesi kısmının ikinci tartımı	$M_{d1}+M_2$	3388,6 g
5	Tartım değerlerinin farkı	(Satır 3 - Satır 4)	1,1 g
6	$[(\text{Satır 3} - \text{Satır 4}) / (\text{Satır 3} - \text{Satır 1})] \times 100$		% 0,04 (bk. Not)
7	Suyun kütlesi (Satır 2 - Satır 4)	$(M_1+ M_2) - (M_3 + M_2)$	185,8 g
8	Kuru deney numunesi kısmının kütlesi (Satır 4 - Satır 1)	$M_3$	2735,2 g
9	Su içeriği (Satır 7 / Satır 8) x100	(kütlece %)	%6,8
<b>Not</b> - Satır 6'da, %0,04, %0,1'den küçüktür. İlave tartıma gerek yoktur ve sabit kütleyle ulaşıldığından $M_{d1}$ değeri, $M_3$ olarak alınır.			



### 1.2.5. Tane Yoğunluğunun ve Su Emme Oranının Tayini (TS EN 1097-6)

#### Kapsam

Bu deney, normal ve hafif agregaların tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayin yöntemi kapsar.

Deneyde kullanılan metotlar aşağıda verilmiştir.

- Tel sepet metodu: 31,5 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregalar için.
- Piknometre metodu: 31,5 mm göz açıklıklı elekten geçen, 4 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregalar için.
- Piknometre metodu: 4 mm göz açıklıklı elekten geçen, 0,063 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregalar için.

#### Prensip

Parçacık yoğunluğu, kütle hacme oranından hesaplanır. Kütle, test kısmı doymuş ve yüzey kurusu durumda ve tekrar fırında kuru durumda tartılarak belirlenir. Hacim, yer değiştiren suyun kütlesinden, ya tel sepet yönteminde kütle indirilmesi ya da piknometre yönteminde tartım yoluyla belirlenir.

#### Terimler ve tarifler:

##### **Görünür Tane Yoğunluğu( $\rho_a$ ):**

Bir agreganın numunesinin etüvde kurutulmuş haldeki kütlelerinin, taneler içindeki kapalı boşluklar dâhil, ancak suyun girebildiği boşluklar hariç olmak üzere, suda işgal ettiği hacme oranı.

##### **Etüvde Kurutulmuş Haldeki Tane Yoğunluğu ( $\rho_{rd}$ ):**

Bir agreganın numunesinin etüvde kurutulmuş haldeki kütlelerinin, taneler içindeki kapalı boşluklar ve suyun girebildiği boşluklar da dâhil, suda işgal ettiği hacme oranı.

##### **Doymuş ve Yüzeyi Kurutulmuş Haldeki Tane Yoğunluğu ( $\rho_{ssd}$ ):**

Suyun girebildiği boşluklarda bulunan su ile agreganın numunesinin etüvde kurutulmuş haldeki toplam kütlelerinin, taneler içindeki kapalı boşluklar ve suyun girebildiği boşluklar da dâhil, suda işgal ettiği hacme oranı.

##### **Su Emme:**

Etüvde kurutulmuş agreganın numuneleri tarafından emilen ve yüzde cinsinden ifade edilen suyun kütlesi.

### Cihaz ve Malzemeler:

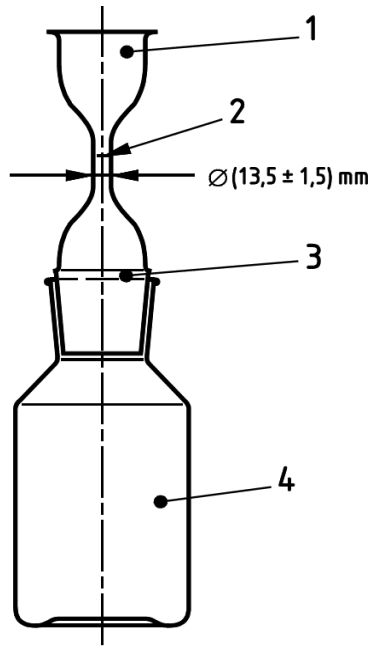
Deney Elekleri: EN 933-2'de tarif edildiği gibi 0,063 mm, 4mm, 31,5 mm, 63 mm göz açıklıklarına sahip olan

Havalandırılmalı fırın:  $(110 \pm 5)$  °C'lik bir sıcaklığı muhafaza edebilen

Terazi: 0,1 g doğrulukta tartım yapabilen

Su banyosu:  $(22 \pm 3)$  °C'lik bir sıcaklığı muhafaza edebilen

Piknometre:



1 Cam huni

2 İşaret çizgisi

3 Geniş boğazlı, düz tabanlı balona uygun huninin alt kısmı

4 Geniş boğazlı, düz tabanlı balon

Resim 1.12 – Piknometre Örneği

31,5 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen ve 4 mm göz açıklıklı deney eleğinde tutulan agrega taneleri için kullanılan piknometre: 1000 mL ile 5000 mL,

4 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen ve 0,063 mm göz açıklıklı deney eleğinde tutulan agrega taneleri için kullanılan piknometre: 500 mL ile 2000 mL,

31,5 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen ve 0,063 mm göz açıklıklı deney eleğinde tutulan agrega taneleri için kullanılan piknometre: 250 mL ile 5000 mL,

arasında hacme sahip olmalı, cam balon ve başka uygun bir kaptan ibaret ve deney süresi boyunca, hacmi 0,5 mL mertebesinde kararlı olmalıdır.



Piknometrenin hacmi, deney numunesi kısmının büyüklüğüne uygun olarak seçilmelidir. Deney numunesi kısmının piknometre hacminin yaklaşık yarısını kaplaması tavsiye edilir.

Vakum Sistemi, 4 kPa veya daha küçük bir artı basınç vermek için piknometreden hava tahliye edebilen ve bir manometre veya vakum ölçere sahip olmalıdır.

### Deney İşlemi:

#### 63 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen ve 31,5 mm göz açıklık deney eleğinde tutulan agrega taneleri için tel sepet yöntemi:

Tel sepet yöntemi, 63 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen ve 31,5 mm göz açıklık deney eleğinde tutulan agrega taneleri için kullanılmalıdır. Daha büyük taneler olması durumunda, numunenin tane büyüklüğü, 63 mm göz açıklıklı elekten geçecek ve 31,5 mm göz açıklıklı elekte tutulacak şekilde azaltılır.

Agregalardan numune alma işlemi TS EN 932-1'e, numune azaltma işlemi ise TS EN 932-2'ye uygun olmalıdır. İnce tanelerin uzaklaştırılması için numuneler 63 mm ve 31,5 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır. 63 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır. Daha sonra numune kurumaya bırakılır.

Agrega deney numunesi kısmının kütlesi, Tablo 1.11'de verilen kütle değerlerinden daha küçük olmamalıdır.

Tablo 1.11 – Deney numunesi kısımlarının en az kütlesi (tel sepet yöntemi)

Üst agrega büyüklüğü (D) mm	Deney numunesi kısımlarının en az kütlesi kg
63	15
≤45	7

Diğer büyüklükler için, deney numunesi kısmının en az kütlesi, Tablo 1.11'de belirtilen kütle değerlerinden enterpolasyon yardımıyla elde edilebilir.

Hazırlanan deney numunesi kısmı, tel sepet içerisine yerleştirilir ve tel sepet, suyun seviyesi, sepetin üst kısmından en az 50 mm yukarıda olacak şekilde  $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$  sıcaklıkta su içeren tanka daldırılır.

Daldırmadan hemen sonra sepet, tankın tabanından yaklaşık 25 mm yukarıya kaldırılarak ve saniyede yaklaşık bir kez olmak üzere 25 defa bu yükseklikten düşürülerek, hapsolmuş hava deney numunesi kısmından uzaklaştırılır.

Sepet ve agrega,  $(24 \pm 0,5)$  saat süreyle  $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki suya tamamen daldırılmış halde bekletilir.





Sepet ve deney numunesi kısmı sallanır ve  $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki suda tartılır (M2). Kütlenin (M2) tayin edildiği andaki suyun sıcaklığı kaydedilir.

Deney numunesi kısmının, tartım için farklı bir tanka aktarılması gerekiyorsa, sepet ve deney numunesi kısmı, yeni tankta tartım (M2) öncesinde daha önceki gibi 25 defa sallanır.

Sepet ve agregası, sudan çıkarılır ve suyun uzaklaşması için birkaç dakika beklenir. Agregası, sepette, kuru bezlerden birinin üzerine dikkatlice boşaltılır. Boş sepet, tekrar suya daldırılır, 25 defa sallanır ve suda tartılır (M3).

Agregası tanelerinin yüzeyi dikkatlice kurutulur ve bez rutubet ememeyecek hale geldiğinde, taneler, ikinci bir kuru, yumuşak emici bez üzerine aktarılır. Agregası taneleri, kalınlık bir agregası tanesinden daha fazla olmayacak şekilde bu ikinci bez üzerine yayılır ve görülebilir bütün su filmleri uzaklaştırılana kadar doğrudan güneş ışığından veya herhangi bir ısı kaynağından korunarak atmosfere maruz bırakılır. Ancak bu durumda agregası taneleri, hala rutubetli bir görünüme sahiptir. Daha sonra agregası taneleri tartılır (M1).

Agregası taneleri, bir tepsiye aktarılır ve etüvde,  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sıcaklıkta, sabit kütleye kadar kurutulur. Ortam sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır ve tartılır (M4).

Bütün tartımlar, deney numunesi kısmının kütlesinin (M4) %0,1'i veya daha iyi bir doğrulukla yapılır ve kaydedilir.

### Hesaplamalar:

Tane yoğunlukları ( $\rho_a$ ,  $\rho_{rd}$  ve  $\rho_{ssd}$ , hangisi uygunsa), megagram/metreküp cinsinden, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

$$\text{Görünür tane yoğunluğu: } \rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

$$\text{Etüvde kurutulmuş haldeki tane yoğunluğu: } \rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

$$\text{Doygun ve yüzeyi kuru haldeki tane yoğunluğu: } \rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

24 saatlik daldırmadan sonraki su emme oranı (WA24), aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$WA_{24} = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4}$$

Burada;

$\rho_w$  M<sub>2</sub> tayin edildiğinde kaydedilen belirli sıcaklıktaki su yoğunluğu (Tablo 1.13) (Mg/m<sup>3</sup>)  
M<sub>1</sub> Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agregasının kütlesi (g),



M<sub>2</sub> Doygun agreganın numunesini içeren sepetin sudaki görünür kütlesi (g),

M<sub>3</sub> Boş sepetin sudaki görünür kütlesi (g),

M<sub>4</sub> Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının havadaki kütlesi (g)'dir.

Tane yoğunluğu değerleri, 0,01 Mg/m<sup>3</sup>, su emme oranı değerleri ise %0,1 yaklaşımla ifade edilir.

### **31,5 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen ve 4 mm göz açıklık deney eleğinde tutulan agreganın taneleri için piknometre yöntemi:**

Agregalardan numune alma işlemi TS EN 932-1'e, numune azaltma işlemi ise TS EN 932-2'ye uygun olmalıdır. İnce tanelerin uzaklaştırılması için numuneler 31,5 mm ve 4 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır. 31,5 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır. Daha sonra numune kurumaya bırakılır.

Agrega deney numunesi kısmının kütlesi, Tablo 1.12'de verilen kütle değerlerinden daha küçük olmamalıdır.

Tablo 1.12 – Deney numunesi kısımlarının en az kütlesi (piknometre yöntemi)

Üst agreganın büyüklüğü (D) mm	Deney numunesi kısımlarının en az kütlesi kg
31,5	5
16	2
8	1

Diğer büyüklükler için, deney numunesi kısmının en az kütlesi, Tablo 1.12'de belirtilen kütle değerlerinden enterpolasyon yardımıyla elde edilebilir.

Hazırlanan deney numunesi kısmı, piknometre içerisinde bulunan (22 ± 3)°C sıcaklıktaki suya daldırılır ve hapsolmuş hava, piknometre, eğik konumda hafifçe yuvarlanarak ve sallanarak uzaklaştırılır. Piknometre, su banyosu içerisinde düşey hale getirilir ve deney numunesi kısmı, (22 ± 3)°C'ta (24 ± 0,5) saat süreyle tutulur. İslatma süresinin sonunda, piknometre su banyosundan çıkarılır ve varsa geriye kalan hapsolmüş hava, piknometreyi hafifçe yuvarlamak ve sallamak suretiyle uzaklaştırılır.

Hapsolmüş hava, vakum uygulamak suretiyle de uzaklaştırılabilir.

Piknometre, su ilave edilerek taşacak şekilde doldurulur ve kap içerisinde hiçbir hapsolmüş hava bulunmaksızın tepe kısmına bir kapak yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır (M<sub>2</sub>). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

Agrega taneleri, sudan çıkarılır ve birkaç dakika süreyle kurumaya bırakılır. Piknometre tekrar su ile doldurulur ve kapak daha önce belirtildiği şekilde yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır (M<sub>3</sub>). Suyun sıcaklığı kaydedilir.



M2 ve M3 tartımları esnasında, piknometredeki su sıcaklıkları arasındaki fark, 2°C'ü geçmemelidir.

Suyu süzölmüş deney numunesi kısmı, kuru bezlerden birinin üzerine alınır. Bez üzerine yerleştirilen agrega tanelerinin yüzeyi dikkatlice kurutulur ve bez rutubet ememeyecek hale geldiğinde, taneler, ikinci bir kuru, yumuşak emici bez üzerine aktarılır. Agregataneleri, kalınlığı bir agregatanesinden daha fazla olmayacak şekilde, bu ikinci bez üzerine yayılır ve görülebilir bütün su filmleri uzaklaştırılana kadar doğrudan güneş ışığından veya herhangi bir ısı kaynağından korunarak atmosfere maruz bırakılır. Ancak bu durumda agregataneleri, hala rutubetli bir görünüm arz eder.

Doygun ve yüzeyi kuru deney numunesi kısmı, bir tepsiye aktarılır ve tartılır (M1). Agregataneleri, hava dolaşımı bir etüvde, (110 ± 5) °C'ta, sabit kütleye kadar kurutulur. Daha sonra ortam sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır ve tartılır (M4).

Bütün kütle değerleri, deney numunesi kısmının kütlelerinin (M4) %0,1'i veya daha iyi bir doğrulukla kaydedilir.

### Hesaplamalar:

Tane yoğunlukları ( $\rho_a$ ,  $\rho_{rd}$  ve  $\rho_{ssd}$ , hangisi uygunsa), megagram/metreküp cinsinden, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

Görünür tane yoğunluğu: 
$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

Etüvde kurutulmuş haldeki tane yoğunluğu: 
$$\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

Doygun ve yüzeyi kuru haldeki tane yoğunluğu: 
$$\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

24 saatlik daldırmadan sonraki su emme oranı (WA24), aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$WA24 = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4}$$

Burada;

$\rho_w$  Deney sıcaklığındaki su yoğunluğu (Tablo 1.13) (megagram/metreküp)

$M_1$  Doymun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi (g),

$M_2$  Doymun agregatanelerini ve su içeren piknometrenin kütlesi (g),

$M_3$  Yalnızca su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi (g),

$M_4$  Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının havadaki kütlesi (g)'dir.



Tane yoğunluğu değerleri,  $0,01 \text{ Mg/m}^3$ , su emme oranı değerleri ise %0,1 yaklaşımla ifade edilir.

#### **4 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen ve 0,063 mm göz açıklık deney eleğinde tutulan agregata taneleri için piknometre yöntemi:**

Agregalardan numune alma işlemi TS EN 932-1'e, numune azaltma işlemi ise EN 932-2'ye uygun olmalıdır. Küçük taneleri uzaklaştırmak için numuneler 4 mm ve 0,063 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır. 4 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır.

0,063/4 mm tane büyüklüğü aralığındaki agregalardan hazırlanan deney numunesi kısmının kütlesi 300 g'dan daha az olmamalıdır.

Hazırlanan deney numunesi kısmı, piknometre içerisinde bulunan  $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki suya daldırılır ve hapsolmuş hava, piknometre, eğik konumda hafifçe yuvarlanarak ve sallanarak uzaklaştırılır. Piknometre, su banyosu içerisinde düşey hale getirilir ve deney numunesi kısmı,  $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$ 'ta  $(24 \pm 0,5)$  saat süreyle tutulur. Islatma süresinin sonunda, piknometre su banyosundan çıkarılır ve varsa geriye kalan hapsolmuş hava, piknometreyi hafifçe yuvarlamak ve sallamak suretiyle uzaklaştırılır.

Hapsolmuş hava, vakum uygulamak suretiyle de uzaklaştırılabilir.

Piknometre, su ilave edilerek taşacak şekilde doldurulur ve kap içerisinde hiç bir hapsolmuş hava bulunmaksızın tepe kısmına bir kapak yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır ( $M_2$ ). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

Agregata taneleri, sudan çıkarılır ve birkaç dakika süreyle kurumaya bırakılır. Piknometre tekrar su ile doldurulur ve kapak daha önce belirtildiği şekilde yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır ( $M_3$ ). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

$M_2$  ve  $M_3$  tartımları esnasında, piknometredeki su sıcaklıkları arasındaki fark,  $2^\circ\text{C}$ 'u geçmemelidir.

Her bir deneyde piknometrenin hacmini ölçmek yerine, piknometre önceden kalibre edilebilir. Bu durumda piknometre termostatik bir banyoda, kalibrasyon sıcaklığına kadar ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) temperlenmelidir.

Islak deney numunesi kısmı, tavanın tabanına eş dağılımlı bir tabaka halinde yayılır. Yüzey rutubetini buharlaştırmak amacıyla, agregata taneleri, hafif bir sıcak hava akımına maruz bırakılır. Agregata taneleri, eş dağılımlı bir kurumunun elde edilmesi amacıyla, hiçbir yüzey nemi görülmeinceye ve taneler artık birbirlerine yapışmayıncaya kadar, sık aralıklarla karıştırılır. Karıştırma devam ederken, numune, oda sıcaklığına kadar soğutulur.

Yüzey kuruluşunun sağlanıp sağlanmadığının tespit edilmesi için, metal koni kalıbı, en büyük çapa sahip kısım, tepsinin tabanına gelecek şekilde yerleştirilir. Koni kalıbı, bir miktar

kuru deney numunesi kısmıyla gevşek olarak doldurulur ve kalıbın üst kısmındaki delikten geçirilerek bir metal sıkıştırıcı kum yüzeyine yerleştirilir. Agregaya yüzeyi, sıkıştırıcı kendi ağırlığı ile 25 defa düşürülmek suretiyle sıkıştırılır. Sıkıştırma işleminden sonra, kalıp tekrar doldurulmaz. Kalıp, üzerinde hiçbir agregaya tanesi olmayacak şekilde, dikkatlice kaldırılır. Elde edilen agregaya konisi çökmezse, kalıp kaldırıldığında çökme olayı meydana gelene kadar kurutmaya devam edilir ve koni deneyi tekrarlanır.

Agregaya konisi çökmüyorsa, kurutmaya devam edin ve koni testini, koni kalıp çıkarıldığında piramit şekline çökene kadar tekrarlayın (Resim 1.13).



Resim 1.13 Yüzey kuru durumu örnekleri (koni tüm çevresi boyunca çöker)

Doygun ve yüzeyi kuru deney numunesi kısmı tartılır (M1). Agregaya taneleri, hava dolaşımına sahip bir etüvde,  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'ta, sabit kütleye ulaşmaya kadar kurutulur. Daha sonra ortam sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır ve tartılır (M4).

Bütün kütle değerleri, deney numunesi kısmının kütlesinin (M4) %0,1'i veya daha iyi iyi doğrulukla kaydedilir.

### Hesaplamalar:

Tane yoğunlukları ( $\rho_a$ ,  $\rho_{rd}$  ve  $\rho_{ssd}$ , hangisi uygunsa), megagram/metreküp cinsinden, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

Görünür tane yoğunluğu: 
$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

Etüvde kurutulmuş haldeki tane yoğunluğu: 
$$\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

Doygun ve yüzeyi kuru haldeki tane yoğunluğu: 
$$\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \times 100$$

24 saatlik daldırmadan sonraki su emme oranı (WA24), aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$WA24 = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4}$$



Burada;

$\rho_w$  Deney sıcaklığındaki su yoğunluğu (Tablo 13)(megagram/metreküp)

$M_1$  Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi (g),

$M_2$  Doygun agrega numunelerini ve su içeren piknometrenin kütlesi (g),

$M_3$  Yalnızca su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi (g),

$M_4$  Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının havadaki kütlesi (g)'dir.

Tane yoğunluğu değerleri,  $0,01 \text{ Mg/m}^3$ , su emme oranı değerleri ise %0,1 yaklaşımla ifade edilir.

Tablo 1.13 – Su Yoğunluğu

Sıcaklık °C	Yoğunluk $\text{Mg/m}^3$
5	1,0000
6	0,9999
7	0,9999
8	0,9998
9	0,9998
10	0,9997
11	0,9996
12	0,9995
13	0,9994
14	0,9992
15	0,9991
16	0,9989
17	0,9988
18	0,9986
19	0,9984
20	0,9982
21	0,9980
22	0,9978
23	0,9975
24	0,9973
25	0,9970
26	0,9968
27	0,9965
28	0,9962
29	0,9959
30	0,9956



## 1.2.6. Çivili Lastiklerden Kaynaklanan Aşınmaya Karşı Direncin Tayini – Nordik Deneyi (TS EN 1097-9)

### Kapsam

Bu deney, çivili lastiklerden kaynaklanan aşınmaya karşı iri taneli agregaların direncinin tayininde kullanılan referans yöntemi kapsar

Deney, 11,2 mm ilâ 16,0 mm tane büyüklüğü aralığındaki agregalara uygulanır.

### Prensip

11,2 mm ilâ 16,0 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agrega numunesi, bir çelik tambur içerisinde çelik bilyalar ve su ile birlikte döndürülür. Tamburun iç yüzeyine monte edilen üç adet kanatçık, agrega taneleri ile çelik bilyaların iyice karışmasını sağlar. Tambur içindeki malzemeler, yuvarlanmak suretiyle bir aşındırma etkisi meydana getirir. Tambur, belirtilen sayıda döndürüldükten sonra, tamburdaki tüm malzeme dışarıya çıkarılır. Agregalar, yüzde olarak aşınma kaybının ölçülmesi için 2 mm göz açıklıklı elekten elenir.

### Cihaz ve Malzemeler:

#### Elek Seti:

2,0 mm; 11,2 mm; 14,0 mm ve 16,0 mm göz açıklığına sahip eleklerden oluşmalıdır.

#### Su Geçirmez Tambur

Bir ucu kapalı, iç çapı ( $206,5 \pm 2,0$ ) mm, tabanın iç yüzeyi ile kapağın iç yüzeyi arasındaki mesafe ( $335 \pm 1$ ) mm olmalı, en az 6,0 mm et kalınlığına sahip dikişsiz çelik borudan imal edilmiş olmalıdır.

Tambur, su ve toz geçirmez bir contaya sahip en az 8 mm kalınlığındaki düz bir kapak ile kapatılmalıdır.

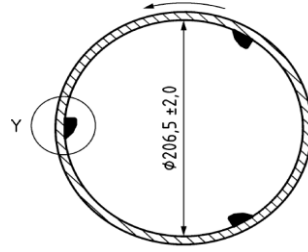
Tambur, Resim 1.14'de gösterildiği gibi, 2 mil üzerine yerleştirilerek yatay eksen etrafında döndürülmelidir.

#### Kanatçıklar

Her biri ( $333 \pm 1$ ) mm uzunlukta olan 3 adet kanatçık, tamburun iç tarafına çevre boyunca eşit aralıklarla yerleştirilmelidir. Resim 1.14'de gösterilen başlangıç profiline sahip olan kanatçıklar sökülebilir olmalı ve sert ve tok çelikten imal edilmiş olmalıdır.

#### Aşındırıcı Yük

( $15,0 + 0,1/-0,5$ ) mm çapında bilyelerden oluşmalı, bilyelerin sertliği 60 HRC ila 67 HRC arasında olmalıdır.



Resim 1.14 – Tipik Deney Cihazı ve tamburun üç kanatçıkla birlikte kesit görünüşü

### Deney İşlemi:

Laboratuvar numunesinin kütlesi, 4 adet deney numunesinin hazırlanmasına yetecek miktarda olmalıdır.

Deney numunesinin  $\%(65 \pm 1)$ 'i, 14,0 mm göz açıklıklı elekten geçen tanelere sahip olmalıdır. Başka bir deyişle, deney numunesinin  $\%(35 \pm 1)$ 'i, 14,0 mm ila 16,0 mm tane büyüklüğü aralığında yer alan tanelerden oluşmalıdır.

Her bir deney numunesi, aşağıdaki eşitlik ile ifade edilen gram cinsinden ilk kuru kütleyle ( $M_1$ ) sahip olmalıdır:

$$M_1 = \frac{1000\rho_p}{2,65} \pm 5$$

Burada;

$M_1$  Deney numunesinin ilk kuru kütlesi (g),

$\rho_p$  Madde 1.2.5'e uygun olarak tayin edilen ön kurutulmuş tane yoğunluğu ( $Mg/m^3$ )





Laboratuvar numuneleri 2 mm göz açıklıklı elek üzerinde yıkanır ve  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sıcaklıkta etüvde sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulur.

Yıkanan ve kurutulan numuneler, ortam sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakılır. Numune, en az iki deney numunesi hazırlanmasına yetecek miktarda malzeme elde edilecek şekilde elenir. 11,2/14 mm ve 14/16 mm olmak üzere iki ayrı tane büyüklüğü aralığı elde etmek için 11,2 mm, 14,0 mm ve 16,0 mm göz açıklıklı elekler kullanılır.

7000  $\pm$  10 g'lık bir bilye yükü tamburun içerisine yerleştirilir. Daha sonra deney numunesi ve nihai olarak da  $(2,00 \pm 0,01)$  L su ilave edilir.

Tamburun kapağı kapatılır. Tambur,  $(90 \pm 3)$  devir/dakika hızda  $(5400 \pm 10)$  devir döndürülür.

Deneyden sonra, olabilecek herhangi bir agregaya kaybını önlemeye dikkat edilerek, agregaya ve çelik bilyeler bir tava içerisinde toplanır. Bir piset (yıkama şişesi) kullanılarak tamburun içi ve kapak dikkatlice yıkanır ve yıkanan malzeme muhafaza edilir.

Malzeme ve tüm yıkama suları, uygun bir koruyucu elek ile korunan 2,0 mm göz açıklıklı bir elek üzerine boşaltılır. Malzeme, temiz su ile yıkanır.

Koruyucu elekte tutulan agregaya taneleri, herhangi bir agregaya kaybına yol açılmadan, dikkatlice çelik bilyelerden ayrılır. Agregaya taneleri elle ayıklanabilir veya bilyeler mıknatıs kullanılarak elek üzerinden alınabilir.

Koruyucu elek ve 2,0 mm göz açıklıklı elek üzerinde tutulan agregaya taneleri, bir tavaya yerleştirilir.

Tava ve içerisindeki malzeme, etüvde  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'ta sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulur. Malzeme, kuru elenerek 2 mm'den daha büyük agregaya tanelerinin kütlesi tayin edilir. Kütle miktarı ( $M_2$ ), en yakın gram olarak kaydedilir.

Yukarıda açıklanan işlemler, ikinci bir deney numunesi için tekrarlanır.

### **Hesaplamalar:**

Her bir deney numunesi için Nordik aşınma değeri ( $A_N$ ), en yakın tek haneli ondalık basamağa yuvarlanarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$A_N : 100(M_1 - M_2) / M_1$$

Burada;

M1 Deney numunesinin ilk kuru kütlesi (g),

M2 Aşındırma işleminden sonra elde edilen 2 mm'den daha büyük agregaya tanelerinin kuru kütlesi (g)'dir.



İki değerin ortalaması hesaplanır. İki deney numunesi için elde edilen değerler arasındaki fark, ortalama değerin %10'undan küçük veya bu değere eşit ise bu durumda ortalama değer en yakın tek haneli ondalık basamağa yuvarlanarak kaydedilir. Farkın büyük olması durumunda deney farklı iki deney numunesi ile gerçekleştirilir.

İlk iki deney numunesinden elde edilen sonuçlar 5,0'ın altında ise, daha fazla deney yapılmayabilir.

Farklı deney numuneleri deneye tabi tutulacak olursa dört AN değerinin standart sapması hesaplanır. Standart sapma değeri dört değer ortalamasının %9'undan daha büyük ise, doğruluğundan şüphe edilen yüksek değerlerin aşağıda belirtilen işlemle atılıp atılmayacağı incelenir.

Elde edilen dört sonuç değeri, büyüklük sırasına göre dizilir ( $A_{N1}$ ,  $A_{N2}$ ,  $A_{N3}$  ve  $A_{N4}$  gibi). Aşağıda verilen iki oran ( $Q_1$  ve  $Q_2$ ) hesaplanır.

$$Q_1 = (A_{N2} - A_{N1}) / (A_{N4} - A_{N1})$$

$$Q_2 = (A_{N4} - A_{N3}) / (A_{N4} - A_{N1})$$

$Q_1$  veya  $Q_2$ , 0,829 değerinden büyük ise doğruluğundan şüphe edilen yüksek değerler atılır. Tüm kabul görmüş değerlerin ortalaması hesaplanır.

Ortalama değer, en yakın tek haneli ondalık basamağa yuvarlanarak ifade edilir.



### 1.3. Agregaların Isıl ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler

#### 1.3.1. Donma ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini (TS EN 1367-1)

##### Kapsam

Bu deney, agreganın donma ve çözölme döngüsüne maruz bırakılması halinde göstereceği davranış biçimi hususunda bilgi sağlayan bir yöntemi kapsar.

Deney, 4 mm ilâ 63 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalara uygulanır.

##### Prensip

Atmosfer basıncında suya batırılarak su içerisinde tutulan ve belirli tek tane büyüklüğüne sahip agregalardan oluşan deney numunesi bölümleri, 10 defa donma ve çözölme döngüsüne tabi tutulur.

Bu döngüler, su içerisinde -17,5 °C sıcaklığa kadar soğutma ve daha sonra da yaklaşık 20 °C'taki su banyosunda çözme işlemi uygulanarak gerçekleştirilir.

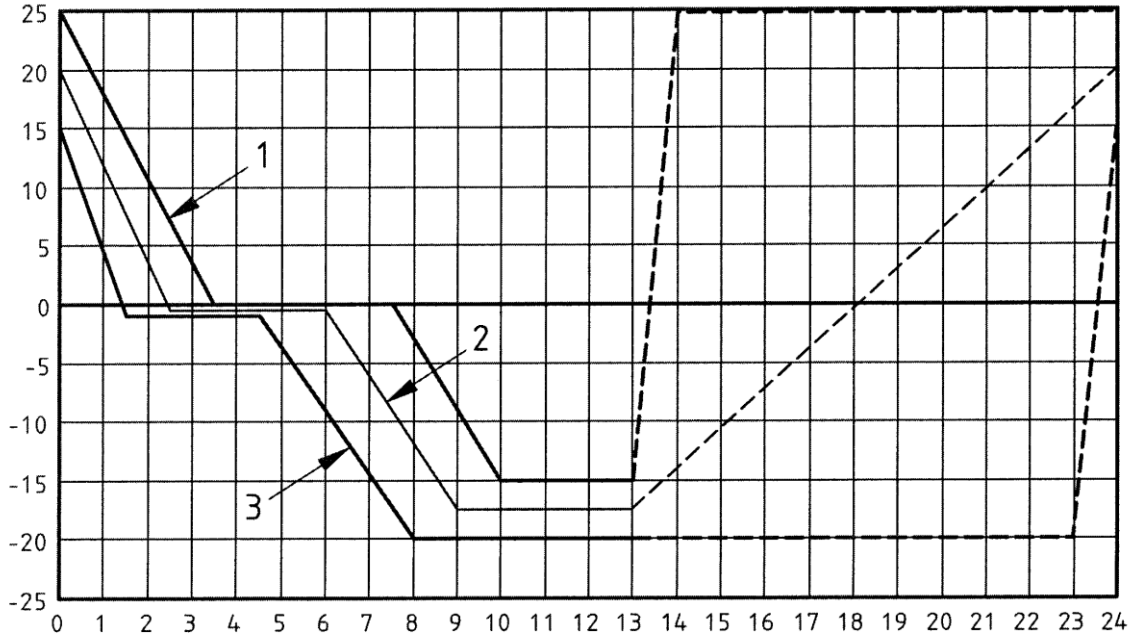
Donma ve çözölme döngülerinin tamamlanmasından sonra agregalarda herhangi bir değişiklik (çatlak oluşumu, kütle kaybı ve varsa mukavemet değişiklikleri gibi) olup olmadığı kontrol edilir.

Bu deney metodu, agreganın tarafından suyun iyice absorbe edilmesi amacıyla, agreganın atmosfer basıncında suya batırılarak su altında tutulması ve su altında dondurma işlemine tâbi tutulmasından ibarettir.

##### Cihaz ve Malzemeler:

Düşük Sıcaklık Kabini, (düşey veya yatay), hava dolaşımını olmalı, kabin, Resim 1.15 'de gösterilen soğutma eğrisini sağlayacak şekilde otomatik kontrollü olmalıdır.

Numunenin çözölme safhasındaki sıcaklığı, hava dolaşımını sağlanması veya numune kutularının 20 °C sıcaklıktaki su banyosu içerisinde batırılması yoluyla kontrol edilir.



Açıklama:

- 1: Üst sınır
- 2: Kontrol
- 3: Alt sınır
- X: Süre, saat
- Y: Sıcaklık, °C

Resim 1.15 – Soğutma kabininin ortasına yerleştirilen dolu metal kutunun merkezindeki sıcaklık eğrisi (referans ölçme noktası)

Tablo 1.14'de gösterilen doğru soğutma eğrisinin sağlanması şartıyla elle kontrol metodu kullanılabilir. Anlaşmazlık halinde, otomatik kontrol kullanılmalıdır.

Tablo 1.14 – Döngülü donma ve çözülme deneyi için gereken deney numunesi bölümlerinin miktarları

En büyük agregata tane büyüklüğü (mm)	Gerekli agregata kütlesi veya hacmi	
	Normal agregata (g)	Hafif agregata (Boşluklu hacmi) (mL)
4 – 8	1000	500
8 – 16	2000	1000
16 – 32	4000 <sup>a</sup>	1500
32 - 63	6000 <sup>a</sup>	-

<sup>a</sup>) İlave metal kutulara ihtiyaç vardır.



Metal Kutular, dikişsiz çekilmiş veya kaynaklı, yaklaşık 0,6 mm et kalınlığına sahip korozyona dayanıklı metalden imal edilmiş, anma kapasitesi, 2000 mL, iç çapı, 120 mm ile 140 mm ve toplam iç yüksekliği 170 mm ile 220 mm olan. Metal kutular, uygun kapaklarla kapatılmalıdır.

### **Deney işlemleri:**

Üç adet deney numunesi kullanılmalıdır. Deney numuneleri, içerisindeki üst ve alt büyüklük sınırları dışında kalan agregalar ayıklanmış olan agregalar kullanılmak suretiyle TS EN 932-2'ye uygun şekilde küçültülerek elde edilmelidir.

Deney numunelerinin tane sınıfı, 8 mm ile 16 mm aralığında olmalıdır, ancak gerek duyulması halinde, Tablo 1.14'de verilen tane sınıflarından herhangi biri kullanılabilir.

Üç deney numunesi bölümünün her birine ait miktarlar, Tablo 1.14'de belirtildiği gibi olup, izin verilebilir sapma  $\pm\%$  5'tir.

Deney numuneleri yıkanmalı ve birbirine yapışık taneler ayıklanmalıdır. Numuneler,  $(110 \pm 5)$  °C sıcaklıkta sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulmalı, ortam sıcaklığına kadar soğumaya bırakılmalı ve hemen tartılmalıdır (M1).

Tartma işlemi, aşağıda belirtilen doğruluk seviyelerinde yapılmalıdır:

Tane büyüklüğü 16 mm'ye kadar olan agregalar :  $\pm 0,2$  g

Tane büyüklüğü 16 mm'nin üzerinde olan agregalar :  $\pm 0,5$  g

Hazırlanan deney numuneleri, içerisinde damıtık veya demineralize su bulunan metal kutularda  $(20 \pm 5)$  °C sıcaklıkta,  $(24 \pm 1)$  saat süreyle atmosfer basıncında tutulur. Su seviyesi, 24 saatlik suda bekletme süresi boyunca deney numunesinin en az 10 mm üstünde olmalıdır.

Her bir metal kutudaki su seviyesinin, deney numunesinin en az 10 mm üzerine olup olmadığı kontrol edilir ve kutu kapakları kapatılır. İçerisinde deney numuneleri bulunan metal kutular, ısının mümkün olduğu kadar kutunun her taraftan eşit şekilde alınmasını teminen, metal kutular ile dolabın yan duvarları arasındaki mesafenin 50 mm'den az olmamasına ve kutuların birbirine değmemesine dikkat edilerek, soğutma kabinine yerleştirilir.

Soğutulan alanın ortasında bulunan kapalı metal kutunun merkezindeki sıcaklık, referans sıcaklık ölçme noktası olarak kullanılır ve sıcaklığın Resim 1.15'de gösterilen soğutma eğrisinin sınırları içerisinde kalması sağlanacak şekilde kabin ayarı yapılır.

Kabindeki numuneler, aşağıda belirtilen şekilde, 10 defa donma ve çözülme döngüsüne tabi tutulur:



- Sıcaklık, (150 ± 60) dakika sürede (20 ± 5) °C'tan (0 -1) °C'a düşürülür ve (210 ± 90) dakika süreyle (0 -1) °C'ta tutulur.
- Sıcaklık, (180 ± 60) dakika sürede (0 -1) °C'tan (-17,5 ± 2,5) °C'a düşürülür ve en az 240 dakika süreyle (-17,5 ± 2,5) °C'ta tutulur.
- Hiç bir aşamada, hava sıcaklığının, -22 °C'un altına düşmesine izin verilmemelidir.
- Her bir donma döngüsü tamamlandıktan sonra, kutu muhtevası, yaklaşık 20 °C'taki suya batırılmak suretiyle çözülür. Sıcaklık, (20 ± 3) °C'a ulaştığında, çözme işleminin tamamlandığı kabul edilmelidir.
- Her bir çözme aşaması tamamlandıktan sonra, kutular (20 ± 3) °C'taki suda en fazla 10 saat süreyle tutulur. Her bir donma ve çözülme döngüsü, 24 saat içinde tamamlanmalıdır.

Hafta sonu tatili gibi nedenlerle, donma döngüsü sırasında veya elle kontrol sırasında deneye ara verilmesi gerekirse, metal kutular (-17,5 ± 2,5) °C'ta muhafaza edilmelidir. Deneye ara verilme süresi 72 saati geçmemelidir.

Onuncu döngünün tamamlanmasından sonra, her bir kutunun içindeki malzeme, deney numunesini hazırlamak için kullanılan alt elek büyüklüğünün yarısı kadar göz açıklığına sahip bir deney eleğinin üzerine boşaltılır (örnek olarak, 8 mm ila 16 mm aralığındaki tane sınıfı için, kutu içerisindeki agrega 4 mm göz açıklıklı bir deney eleği üzerine boşaltılır). Deney numunesi, belirtilen elek üzerinde elle yıkanır ve elenir. Elek üzerinde kalan agrega (110 ± 5) °C'ta sabit kütleye ulaşincaya kadar kurutulur, daha sonra ortam sıcaklığına kadar soğutulur ve hemen tartılır (M2).

### Hesaplamalar:

Üç deney numunesinin elek üstü kısımları birleştirilerek tartılır ve buradan elek altına geçen miktarı hesaplanır, hesaplanan bu kütle, birleştirilen deney numunelerinin kütlelerine oranla kütlece yüzde olarak ifade edilir.

Donma ve çözülme deneyi sonucunda oluşan kütlece yüzde kaybı (F), aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$F = \frac{(M1 - M2)}{M1} \times 100$$

Burada;

M1 : Üç deney numunesinin toplam ilk kuru kütlesi, g,

M2 : Belirtilen elek üzerinde kalan üç deney numunesinin toplam nihai kuru kütlesi, g,

F : Donma ve çözülme döngüsünden sonra üç deney numunesinin kütlece yüzde kaybı

### 1.3.2. Magnezyum Sülfat Deneyi (TS EN 1367-2)

#### Kapsam

Bu deney, agregaların periyodik olarak magnezyum sülfata daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yolu ile agregaların davranışlarını değerlendirmek için yapılır.

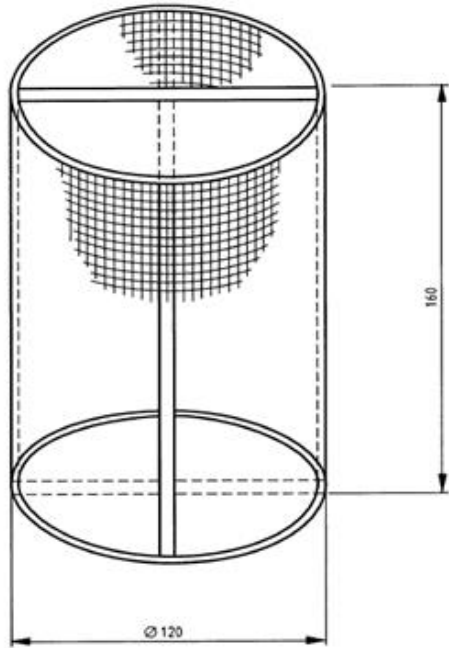
#### Prensip

Tane büyüklüğü 10 mm ila 14 mm arasında olan agregalardan oluşan iki deney numunesi, doymuş magnezyum sülfat çözeltisine 5 kere daldırılır ve takiben  $(110 \pm 5)$  °C'ta etüvde kurutulur. Magnezyum sülfatın tekrar su alması ve agrega numunesinde tekrarlanan kristalizasyon ile agrega boşluklarında zararlı etkiler ortaya çıkar. Tane büyüklüğü 10 mm'den daha küçük malzemelerin oluşmasına yol açan zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma ölçülür.

#### Cihaz ve Malzemeler:

Deney elekleri: Elek göz açıklığı 10 mm ve 14 mm olmalıdır.

Pirinç ve paslanmaz çelik telden sepetler: Deney numunelerini çözeltiliye daldırmak için en az iki tane olmalıdır. Örnek, Resim 1.16'da verilmiştir.



Resim 1.16 – Magnezyum Sülfat Deneyinde Kullanılan Sepet Örneği

Boyutlar bağlayıcı değildir ve sadece yol göstermek amacıyla verilmiştir. Temel özellikler, sepetlerin, magnezyum sülfat çözeltisinin rahatlıkla sirkülasyonuna ve numunenin tamamen batmasına müsaade edecek büyüklükte olmasıdır. Sepetin tel örgüsü, agregayı taşıyacak



yeterli sağlamlıkta olmalı, fakat deneyin başlangıcında tanelerin geçebileceği kadar iri olmamalıdır.

Tank veya tank odacıkları: daldırma işlemleri esnasında kaplardaki çözeltinin sıcaklığını  $(20 \pm 2)$  °C'ta muhafaza edebilmelidir.

Yoğunluk Hidrometresi: 1,284 g/mL ila 1,300 g/mL aralığındaki yoğunlukları 0,001 g/mL doğrulukla ölçmek amacıyla ortalama yüzey gerilimi 55 mN/m için 20°C'ta taksimatlandırabilmelidir.

Baryum klorür çözeltisi (% 5'lik): 5 g baryum klorürün 100 mL damıtık suda çözülmesiyle elde edilen.

Doygun magnezyum sülfat çözeltisi: Reaktif kalitedeki magnezyum sülfat heptahidratın damıtık veya deiyonize su içerisinde çözülmesi ile elde edilebilen.

Çözelti, 1 L su için 1500 g kristal tuzun yavaş yavaş ilave edilmesi ile hazırlanır. Her bir deney için en az 3 L çözelti gereklidir.

Deney esnasında çözeltide değişiklik meydana gelmesi durumunda, yukarıda verilen tarife göre yedek olarak ikinci bir çözelti hazırlanması tavsiye edilir.

Çözeltinin hazırlanması esnasında sıcaklık 25 °C ila 30 °C arasında tutulur ve kristaller ilave edilirken çözelti iyice karıştırılır. Çözelti hazırlandıktan sonra sıcaklık  $(20 \pm 2)$  °C'a düşürülür ve bu sıcaklık  $(48 \pm 1)$  saat süreyle muhafaza edilir.

Kullanımdan önce, çözeltinin bir kısmının cam kavanoza süzülmesi, yoğunluğun hidrometreyle ölçülmesi ve tekrar kaba dökülmesi suretiyle yoğunluğunun  $(1,292 \pm 0,008)$  g/mL'ye ulaşmış olup olmadığı kontrol edilmelidir.

### **Deney işlemi:**

Yeterli miktarda iki deney numunesi elde etmek için laboratuvar numunesi TS EN 932-2'ye göre azaltılır ve her biri 10 mm - 14 mm tane büyüklüğü aralığında en az 500 g kütleli 2 deney numunesi elde edilir.

Her bir deney numunesi  $(110 \pm 5)$  °C'lık etüvde  $(24 \pm 1)$  saat süreyle kurutulur ve desikatörde laboratuvar sıcaklığına soğutulur.

Her bir deney numunesi 10 mm ve 14 mm göz açıklıklı eleklerle elenir, elek altı ve elek üstü atılarak her biri yaklaşık 500 gramlık bir kütlede iki numune elde edinceye kadar eleme işlemine devam edilir.

Her bir deney numunesi damıtık suyla tozlarından arınıncaya kadar yıkanır, süzülür ve belirtildiği gibi etüvde kurutulur.





Her deney numunesinden  $(420 \pm 0,1)$  g ve  $(430 \pm 0,1)$  g aralığında olacak şekilde deney numuneleri tartılır ve kütleleri kaydedilir (M1). Deney numuneleri işaretlenmiş iki tel sepete aktarılır. Takip eden bütün çalışma safhalarında malzeme aşınma kaybını en aza indirmek için sepetlerin sallanmasından sakınılmalıdır.

Her bir sepet, agreganın üst kısmı 20 mm'lik çözelti ile tamamen kaplanacak şekilde  $(17 \pm 0,5)$  saat süreyle  $(20 \pm 2)$  °C'teki doygun magnezyum sülfat çözeltisi ihtiva eden kap içerisine daldırılır. Her bir sepet, kap kenarları ve yığılmış tuz kekleri arasında en azından 20 mm açıklık bulunmalıdır.

Deneyin herhangi bir aşamasında sepetlerden herhangi birinden tüm bir agrega tanesinin kaybolmamasına özel dikkat gösterilmelidir. Buharlaştırma ve kirlenmeden sakınmak için kabın kapağı kapatılmalıdır.

Daldırma işleminden sonra her bir sepet çözülden çıkartılarak  $(2 \pm 0,25)$  saat süreyle suyu süzülür ve takiben hemen kapağı kapatılır. Her bir sepet kurutulur ve  $(5 \pm 0,25)$  saat süreyle laboratuvar sıcaklığına kadar soğutulur.

Bir sonraki daldırma işleminden önce, kabın tabanında toplanmış olabilen tuz kekleri kırılır ve çözelti iyice karıştırılarak 30 dakika süre ile beklemeye bırakılır. Kaptaki çözeltinin yoğunluğu kontrol edilir.

Daldırma işlemi esnasında aşırı derecede agrega ayrışması söz konusu olduğunda, çözeltinin ölçülen yoğunlukları, süspansiyon halindeki ince tanelerden veya iyon değişim etkisinden dolayı doğru olmayabilir. Bu gibi durumlarda çözelti taze bir çözelti ile değiştirilir.

Her bir döngü  $(48 \pm 2)$  saat olmak üzere 5 döngü olarak tekrarlanır.

Deneye ara verilmesi gerekiyorsa (hafta sonu vb. nedeniyle), bu ara verme kurutma işleminin sonunda yapılabilir. Kaplar, laboratuvar sıcaklığında muhafaza edilmelidir. Toplam olarak 72 saate kadar ara verilmesi mümkündür.

Beş döngünün tamamlanmasının ardından soğutma işlemi yapıldıktan sonra her bir sepetteki agrega, yıkama suyunda magnezyum sülfat kalmayınca kadar musluk suyuyla yıkanır.

Bu durum, 10 mL yıkama suyunun bir kaç damla baryum klorür çözeltisi kullanılmak sureti ile bulanıklığının kontrol edilmesi ve aynı şekilde işleme tabi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırma yapılması sureti ile ispatlanabilir.

Her bir deney numunesi kurutulur. Deney numunesi 10 mm'lik elekten elle elenir ve agrega elek üstü kütlesi (M2) 0,1 g doğrulukla kaydedilir.



### Hesaplamalar:

Her bir deney numunesinin magnezyum sülfat değeri (MS), kütlece yüzde olarak aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır ve her bir değer bir ondalıklı olarak kaydedilir:

$$MS = \frac{100(M1 - M2)}{M1}$$

Burada;

M1 : Deney numunesinin ilk kütlesi ( $\pm 0,1$  gram doğrulukla),

M2 : 10 mm'lik elekte kalan agreganın nihai kütlesi ( $\pm 0,1$  gram doğrulukla)'dir.

Elde edilen her iki sonucun ortalama değeri hesaplanır ve en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kaydedilir.



### 1.3.3. Kuruma Çekmesi Tayini (TS EN 1367-4)

#### Kapsam

Bu deney; tip deneyi ve anlaşmazlık durumunda betonun kuruma çekmesinin (büzülmesinin) agregalara etkisinin tayini için kullanılan yöntemi kapsar.

Bu deney, agrega tane büyüklüğü en fazla 20 mm olan sabit karışım oranlı betonların deneylerini esas alır.

Kuruma çekmesi tayininin, sadece kaba agrega için veya sadece ince agrega (kum) için gerekli olduğu durumlarda, kullanılacak diğer bileşen, daha az kuruma çekmesine sahip olduğu bilinen ince veya iri agrega olmalıdır.

Su ihtiyacı ve/veya gözenekliliği yüksek olan agregalar, sabit oranda su içeren betonda, deney numunelerinin tam olarak sıkıştırılması amacıyla, yetersiz işlenebilirliğe sahip olan bir karışımın ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu genellikle, agrega karışımlarının toplam su emme değerinin %3,5'ten büyük veya etüv kurusu tane yoğunluğunun 2,45 Mg/m<sup>3</sup>'ten düşük olduğu durumlarda gerçekleşir (örneğin, geri dönüşüm yoluyla elde edilmiş agregalarda olduğu gibi). Böyle durumlarda, beton karışımına, aşağıdaki değişikliklerin birini uygulayacak bir yöntem (kesinlik verisi olmadan) kullanılabilir:

- (a) Agregaların doymuş ve kuru yüzey şartlarında kullanımı,
- (b) Su azaltıcı katkı maddesi kullanımı.

Karışımın tasarımı ile ilgili yapılacak herhangi bir değişiklikle ilgili ayrıntı, deney raporunda belirtilmelidir.

#### Prensip

Deneye tabi tutulacak agrega, çimento ve su ile karıştırılır ve belirtilen ölçülere sahip prizmalar şeklindeki kalıplara dökülür. Prizmalar ilk önce ıslatılır, daha sonra (110 ± 5)°C'ta kurutulur ve ıslak ve kuru halde bulunan numunelerin boylarındaki değişim tayin edilir. Betonun aşırı kuruma çekmesi, agrega ile ilişkilendirilir ve prizmaların boyundaki ortalama değişimi olarak nihai kuru uzunluklarının yüzdesi cinsinden ifade edilir.

#### Cihaz ve Malzemeler:

Tek veya çok parçalı kalıplar: (200 ± 2) mm x (50 ± 2) mm x (50 ± 2) mm boyutlarında üç beton prizmanın dökülmesine uygun olmalı. 8 mm çapında paslanmaz çelik bilyeler veya yarım küre başlıklar veya insertler, kalıbın (50 x 50) mm ebadındaki iç yüzeylerinin merkezine emniyetli şekilde tutturulmuş halde olmalıdır.

Ölçme cihazları: 0,002 mm ölçek taksimatına sahip komparatör içeren ve yarım turda en fazla ±0,002 mm hata ile ölçüm yapabilmelidir. Bu komparatör, bir ölçüm sehпасına sağlam bir şekilde monte edilmeli ve prizmaların içerisine çimento ile sabitlenmiş 8 mm çaplı paslanmaz çelik bilye veya yarım küre başlıklar veya uçların üzerine yerleştirilebilen bir



girintili uca sahip olmalıdır. Çerçevenin diğer ucunda, prizmaların zıt ucundaki bilyelerin üzerine yerleştirilebilecek benzer bir insert oturma yüzeyi bulunmalıdır.

Düşük ısıl genleşmeli,  $(205 \pm 1)$  mm uzunlukta, 6 mm yarım küre uçlu (standart boyutlarda) alaşımlı referans bir çelik çubuk, prizmaların birbirini takip eden ölçümleri arasında deney cihazının muhtemel boyut değişimlerinde düzeltmelerin yapılmasına imkân tanıyarak komparatörün gösterge değerinin kontrol edilmesi için kullanılır. Referans çubuk, ölçümler esnasında sürekli aynı ucun en üstte kalması için işaretlenmelidir.

Alternatif ölçüm cihazları: (örneğin, doğrusal değişken diferansiyel transdüser), paslanmaz çelik bilyeler veya insertlerle (hangisi uygunsa) uyumlu oturma yüzeylerine ve en azından eş değer performansa sahip olmak şartı ile komparatör yerine kullanılabilir.

Desikatör: 200 mm x 50 mm x 50 mm boyutlarında üç beton prizmayı alacak büyüklükte olmalı ve nem çeken malzeme olarak susuz silika jel içermelidir.

Çimento: TS EN 197-1 tip CEM I 42,5'e uygun olmalıdır.

Su: Damıtılmış veya iyonsuzlaştırılmış olmalıdır.

### **Deney İşlemi:**

10 mm - 20 mm tane büyüklüğü aralığından yaklaşık 1600 g, 4 mm - 10 mm tane büyüklüğü aralığından 800 g ve 0 mm - 4 mm tane büyüklüğü aralığından 1300 g kütlede ince taneli agregası (kum) elde etmek için ve etüvde kurutma işleminden sonra elenebilen alt numuneleri hazırlamak için iri ve ince taneli agregalardan (kum) oluşan laboratuvar numuneleri, EN 932-2'de belirtilen işleme göre azaltılır.

Alt numuneler, derin olmayan bir tavaya yayılır ve  $(50 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 'a ayarlanmış etüvde en az 16 saat süreyle kurutulur.

İnce taneli agregaların (kum) tüm elek üstü ile iri taneli agregaların iki alt numunesinin her birinin elek altı ve elek üstü malzemesinin tamamı atılır.

3 adet prizmayı hazırlamak için gerekli olan çimento, agregası ve su, Tablo 1.15'de belirtilen miktarlar kullanılarak 3 adet deney prizması dökülür.

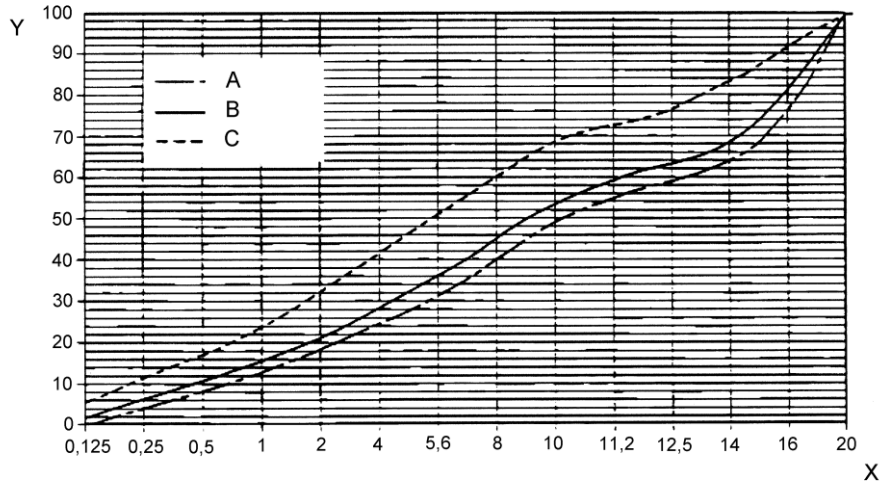
Tablo 1.15 – Deney prizmalarındaki bileşenlerin kütleleri

Bileşenler	Kütle (g)
Çimento	$550 \pm 5$
İri taneli agregası (20mm – 4mm) ve ince taneli agregası (kum)	$3300 \pm 5$
Su	$300 \pm 5$

İri taneli ve ince taneli agregalar (kum), Tablo 1.16'da belirtilen sınırlara ve Resim 1.17'de gösterilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine uygun olmalıdır.

Tablo 1.16 – Beton prizmalarda agregaların tane büyüklüğü dağılımı sınırları

Elek göz açıklığı (mm)	Genel tane büyüklüğü dağılımı sınırları		
	Elek altı alt sınırı (%)	Tercih edilen elek altı (%)	Elek altı üst sınırı (%)
20	100	100	100
16	76	82	92
14	65	69	83
12,5	60	64	78
11,2	56	60	76
10	50	55	70
8	41	46	61
5,6	32	38	52
4	26	30	43
2	20	22	33
1	14	17	25
0,5	10	12	18
0,25	5	8	12
0,125	0	2	6



#### Açıklama

X Elek göz açıklığı (mm)

Y Kümülatif % elek altı

A Alt sınır

B Tercih edilen

C Üst sınır

Resim 1.17 – Beton prizmalarda agregaların tane büyüklüğü dağılımı sınırları



Beton, laboratuvarda kullanılan küçük bir mekanik karıştırıcı (mikser) kullanılarak üç prizmayı elde etmek için karıştırılır. Başlangıçta, çimento ve ince taneli agrega (kum), en az 2 dakika süreyle kuru halde karıştırılır. Karışıma, iri taneli agrega ilave edilir ve karışım, homojen oluncaya kadar, kuru halde karıştırılır. Daha sonra, su ilave edilir ve 2 dakika ila 3 dakika süreyle karıştırılır.

Beton, tek veya çok parçalı kalıba aktarılır ve hemen hemen eşit iki tabaka şeklinde olan kalıplardaki betonu tam bir sıkışma sağlamaya yetecek kadar süreyle sıkıştırmak için titreşim tablası kullanılır. Tam sıkışma elde edilemezse, deney iptal edilir.

Betonu sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra prizma üst yüzeyleri malayla düzeltilir.

Sıkıştırmadan hemen sonra kalıplarının üst kenarlarına temas edecek şekilde düz su geçirmez bir örtü ile (örneğin, ince kauçuk, polietilen veya çelik) prizmalar kapatılır. Prizmalar,  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  oda sıcaklığında,  $(24 \pm 2)$  saat süre bu halde bırakılır.

$(24 \pm 2)$  saat sonra, prizmalar birbirinden ayırt edilmesi için numaralandırılır ve takip eden ölçümler esnasında prizmanın bir ucunun her zaman en üstte olması için her bir prizmanın bu ucu üst uç olarak işaretlenir.

Prizmalar kalıptan çıkarılır. Hiç bir insert kullanılmadıysa prizmaların uçlarındaki oyuklara, çapı 8 mm olan paslanmaz çelik bilyeler çimento ile sabitlenir.

Çimento ile sabitlenecek bilyeler için çimento/su harcının uygun olduğu görülmüştür. Güvenli bir bağlanma sağlamak için her bir çelik bilyenin yarından fazlası harcın içerisine gömülmelidir.

Prizmalar, %95'ten daha fazla bağıl neme sahip bir sis kürü odasına yerleştirilir veya prizmaların üzerine, nemli ve kaba bir çuval bezi yerleştirilir;  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  oda sıcaklığında  $(24 \pm 2)$  saat süreyle polietilen bir örtü ile kapatılır. Daha sonra, çelik bilye, yarım küre başlık veya insert yüzeyleri temiz bir şekilde silinir.

Bütün ölçümler  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 'ta yapılır. Aşağıda belirtilen zaman aralıklarında, prizma (işaretli yüzeyler üst tarafta olacak şekilde), çerçeve içerisine yerleştirilmek suretiyle ölçme cihazı yardımı ile ölçülür ve prizma yavaş yavaş döndürülürken en yakın bölüntü çizgisine karşılık gelen en küçük okuma değeri elde edilir. Her bir ölçümden önce ve sonra, ölçme cihazlarının uzunluğu, referans çubukla kontrol edilir. Okuma değerleri arasındaki fark, 0,002 mm'den daha büyük ise, prizmalar yeniden ölçülür. Prizma ve referans çubuk arasındaki uzunluk farkı, 0,002 mm yaklaşımla kaydedilir.

Sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonraki  $(48 \pm 2)$  saat içerisinde, prizmalar  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 'taki suya,  $(120 \pm 2)$  saat süre ile daldırılır. Daha sonra prizmalar sudan alınır ve çelik bilyeler, yarımküre başlık veya insertler temiz, kuru bir bezle silinir. Her bir prizma ölçülür ve her bir prizma ve referans çubuk arasındaki uzunluk farkı (w) kaydedilir. Tüm yüzeylerine havanın



serbestçe ulaşacağından emin olduktan sonra prizmalar  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'taki etüv içerisine yerleştirilir.

$(72 \pm 2)$  saat sonra prizmalar etüvden çıkarılır ve  $(24 \pm 2)$  saat süreyle desikatörde soğumaya bırakılır. Her bir prizma ölçülür ve her bir prizma ve referans çubuk arasındaki uzunluk farkı (d) kaydedilir.

Kuru halde ölçümler alındıktan sonra çelik bilyeler, yarım küre başlık veya insertlere bitişik prizmaların gerçek uzunlukları en yakın milimetreye yuvarlatılarak ölçülür ve bu değer kuru uzunluk olarak (l) kaydedilir.

## Hesaplamalar

Prizmanın kuruma çekmesi (S), aşağıdaki eşitlikten yüzde olarak hesaplanır:

$$S = \frac{(w - d)}{l} \times 100$$

Burada;

w İlk ölçüm (ıslak) (mm),

d Kuru ölçüm (mm),

l Kuru uzunluk (mm)

Agreganın kuruma çekmesi, üç sonucun ortalama değeri olarak %0,001 yaklaşımla ifade edilir.

Tek tek prizmaların kuruma çekmesi değerleri arasındaki fark 0,006 mm'yi ve ortalama kuruma çekmesi değerinin %12'sini aştığında deney yetersiz kabul edilir ve yeni prizmalar kullanılarak yeni bir deney daha yapılır.



### 1.3.4. Agregaların Potansiyel Alkali Reaktivitesinin Tayini (TS EN 13516)

#### Kapsam

Bu test metodu, agreganın zararlı alkali silika reaksiyon potansiyelini belirlemede kullanılan deney yöntemini kapsar. Bu deney yönteminde, harç çubukları kullanılarak ölçümler 16 gün içinde tamamlanmalıdır.

Bu deney yöntemi, betonda kullanılacak agreganın alkali reaktivitesi hakkında bilgi sağlar.

#### Prensip

Bu metotta, farklı karışımlara ait harç çubukları hazırlanır. Numuneler  $24 \pm 2$  saat sonra kalıptan çıkarılır, Lab. No. ları verilir ve ilk boyları ölçülür. Numuneler sonra  $80 \pm 2$  °C de saf suya daldırılıp  $24 \pm 2$  saat sonra çıkarılır ve sıfır ölçümleri alınır. Numuneler daha sonra  $80 \pm 2$  °C sıcaklıktaki 1 Normal NaOH çözeltisine konup periyodik (3 gün, 7 gün, 14 gün) genleşme ölçümleri yapılır. Test edilecek agrega numunesi ve kesinlikle zararsız olduğu bilinen agrega numunesinin farklı karışım oranlarından elde edilmiş 5 set harç çubukları hazırlanmalıdır.

#### Cihaz ve Malzemeler:

**Elekler:** kare göz açıklıklı, tel örgülü ve TS ISO 3310-1'e uygun olan.

**Harç karıştırıcısı:** karıştırma paleti ve karıştırma kabı, Madde 2.1'e uygun olan.

**Numune kabı:** ebatları, harç çubuklarının tamamen suya veya 1 N NaOH çözeltisine daldırılabilir şekilde uygun olan. Numune kabı, uzun süre  $80$  °C sıcaklığa ve 1 N NaOH çözeltisine dayanıklı malzemedен imal edilmiş olmalıdır. Numune kabı, numuneler bekletilme esnasında nem kaybını veya artışını önleyecek şekilde, sıkı kapaklı, sızdırmaz contalı veya her ikisi birden olmalıdır. Çözeltideki harç çubukları, çözelti harç çubuklarının tüm yüzeyine ulaşacak şekilde yerleştirilmeli ve desteklenmelidir. Bu nedenle, numune kabı içinde numunelerin birbirine ve numune kabının kenarlarına temas etmediğinden emin olunmalıdır. Çubuklar çözelti içinde dik olarak duruyorsa, numuneler metal ölçüm çubuğu ile desteklenmemelidir.

**Etüv veya su banyosu:**  $(80,0 \pm 2,0)$  °C sıcaklığa ayarlanabilen etüv veya su banyosu (homojen sıcaklık dağılımı için tercihan dolaşımli su banyosu).

**Komparatör saati:** 0,002 mm doğrulukla ölçüm yapabilen.

**Sodyum hidroksit (NaOH):** analitik saflıkta olan.  $\text{Na}^+$  ve  $\text{OH}^-$  derişimleri 0,99 N ile 1,01 N aralığında olmalıdır.

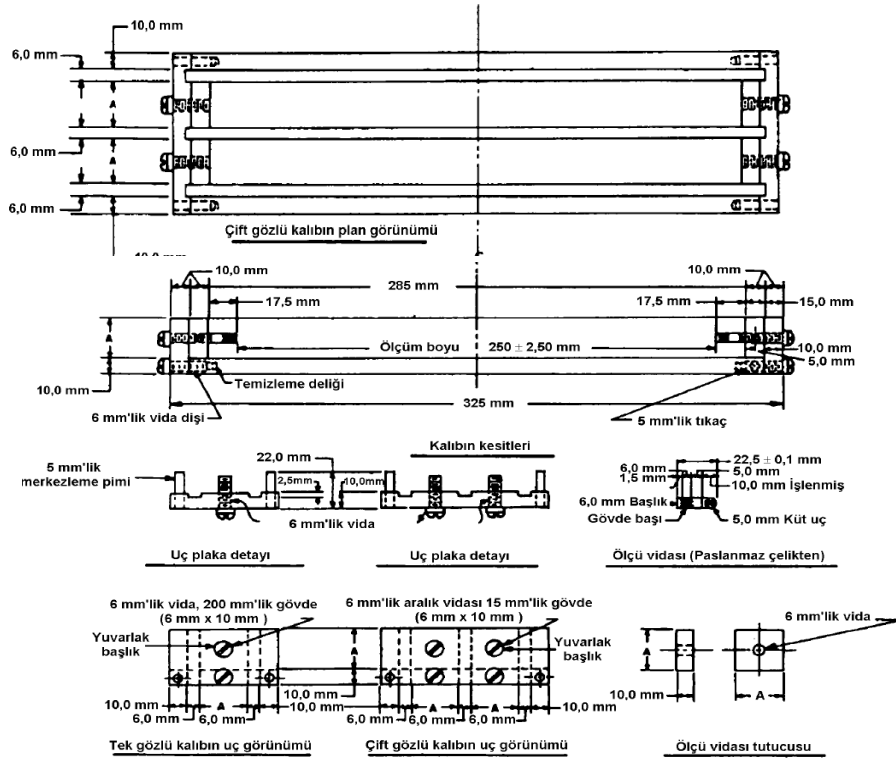
**Sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisinin hazırlanması:** 40,0 g NaOH, 900 mL suda çözülmeli ve damıtık veya de-iyonize su ile 1 L'ye tamamlanmalıdır. Numune kabındaki



sodyum hidroksit çözeltisinin harç çubuklarına hacimce oranı, 1 hacim harç çubuğu için ( $4 \pm 0,5$ ) hacim çözelti şeklinde olmalıdır. Bir harç çubuğu hacmi 184 mL olarak alınabilir. Çubukların tamamen daldırılabilmesi için yeterli miktarda çözelti kullanılmalıdır.

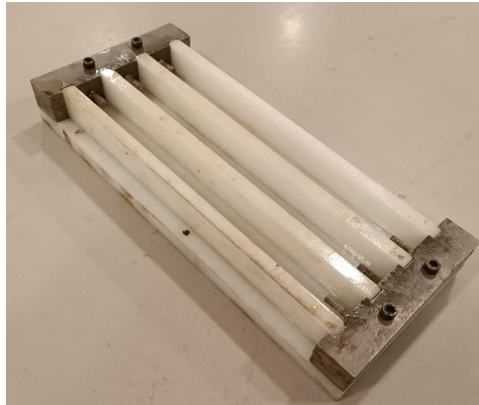
**Kalıplar** (25 x 25 x 285) mm, ölçüm boyu ise 250 mm olmalıdır. Bazı rutin deneyler için kalıp ölçüleri (25 x 25 x 160) mm ve ölçüm boyu 125 mm olabilir. Ancak, ihtilaf durumunda, ölçüm boyu 250 mm olan deney numunelerinden elde edilen sonuçlar kullanılmalıdır. Kalıp birleşim ve vida yerleri, macun, yağ veya gres yağı ile su sızdırmaz şekilde kapatılmalıdır. Kalıp, şekil değiştirmeye karşı yeterli derecede rijit olmalıdır.

**Referans çubuk:** Referans çubuğun, bir uçtan diğer uca boyu ( $295 \pm 3,0$ ) mm veya ( $170 \pm 3,0$ ) mm olmalıdır.



Not 1 A boyutu 25 mm'dir.

Not 2 Kesik çizgi, simetri eksenini belirtmektedir.



Resim 1.18 Deney Numunesi Kalıpları



Referans çimento: TS EN 197-1 (Not 1'e bakılmalıdır) standardına uygun bir Portland çimentosu (42,5 veya daha yüksek dayanım sınıfına sahip CEM I ve CEM I-SR) kullanılmalıdır.

### Deney İşlemi:

Harcın hazırlandığı, kalıplara yerleştirildiği laboratuvarın ve kuru malzemelerin sıcaklığı,  $(20,0 \pm 2,0)$  °C olmalıdır. Karıştırma suyu, nem dolabı (kür kabini) veya nem odasının sıcaklıkları  $(20,0 \pm 2,0)$  °C olacak şekilde tutulmalıdır.

Laboratuvarın bağıl nemi % 50'den daha az olmamalıdır. Nem dolabı (kür kabini) veya nem odasının nemi ise % 90'dan daha az olmamalıdır.

Numunelerin bekletildiği numune kabının yerleştirildiği etüv veya su banyosunun sıcaklığı  $(80,0 \pm 2,0)$  °C olmalıdır.

Agrega numunesinin tane dağılımı, Tablo 1.17'ye uygun olmalıdır. Deney numunesi olarak kullanılacak ince agregaya, iri agreganın bileşimini de temsil etmelidir.

Tablo 1.17 – Deneyde kullanılan agreganın tane boyut dağılımı

Elek Boyutu (mm)		Kütlece %
Geçen	Kalan	
4,75	2,36	10
2,36	1,18	25
1,18	0,60	25
0,60	0,30	25
0,30	0,15	15

Tablo 1.17'de belirtilen boyutlar yeterli miktarda değilse, agregalar gerekli malzeme miktarı elde edilene kadar kırılır.

Her çimento agregaya karışımı için en az üç deney numunesi hazırlanır.

Kalıplar numunelerin kalıptan düzgün olarak çıkarılması için kalıpların iç yüzeylerine "kalıp ayırıcı madde" uygulanır. Kalıp ayırıcı madde, sistemin bir parçası olarak, çimentonun priz süresini etkilemeyen ve çıkarıldıktan sonra numune üzerinde suyun nüfuzunu engelleyecek herhangi bir kalıntı bırakmadan uygulanabiliyorsa kabul edilir.

### Harcın Karışım Oranlarının Belirlenmesi:

Üç numune hazırlamak için tek seferde harç harmanı için karıştırılacak kuru malzeme miktarları, 440 g çimento ve Tablo 1.17'de açıklandığı gibi sınıflandırıldığında farklı elekler

üzerinde kalan kısımların birleştirilmesiyle elde edilen 990 g ince agrega olmalıdır. Su/çimento oranı, kütlece 0,47 olarak kullanılmalıdır.

Harç, Madde 2.1'e uygun olarak karıştırılır.

Deney numuneleri, orijinal harç karışımının tamamlanmasından sonra, 2 dakika 15 saniyeden daha fazla olmayacak toplam süre içerisinde kalıplara doldurulmalıdır. Kalıplar iki eşit tabaka halinde doldurulmalı ve her tabaka tokmak ile sıkıştırılmalıdır. Homojen bir numune elde edilebilmesi için harç köşelere, ölçüm pimlerinin çevresine ve kalıbın yüzeylerine sıkıştırma tokmağı ile vurularak yerleştirilmelidir. Üst yüzeyler sıkıştırıldıktan sonra kalıptan taşan harç kısmı, Madde 2.1'de tarif edildiği şekilde testere hareketi ile kalıp üst kenarlarından kesilir, harcın fazlalığı alınır ve yüzey düzeltilir.



Resim 1.19 Harcın Düzeltilmesi

### İlk Okuma ve Numunelerin Saklanması

Her bir kalıp doldurulduktan hemen sonra kür kabinine yerleştirilir. Numuneler kalıplarda ( $24 \pm 2$ ) saat kalmalıdır. Numuneler nem kaybına karşı korunarak, kalıplardan çıkarılır, uygun şekilde tanımlanır ve boyu ölçülerek kaydedilir. Başlangıçta ve devam eden tüm okumalar, en yakın 0,002 mm'ye yuvarlatılarak okunur ve kaydedilir. Deney numuneleri, tamamen daldırılacak şekilde yeterli miktarda şebeke suyu ile dolu bir saklama kabı içine yerleştirilir. İçinde numune bulunan deney kabı, su geçirimsiz bir malzeme ile yalıtılır ve ( $24 \pm 2$ ) saat süreyle ( $80,0 \pm 2,0$ ) °C sıcaklıkta bir etüv veya su banyosuna yerleştirilir.

### Başlangıç Okumaları

Numune kapları, etüv veya su banyosundan ayrı ayrı çıkarılır. İlk numune kabı içindeki harç çubuklarının ölçümü yapılır tekrar etüv veya su banyosuna yerleştirildikten sonra diğer numune kabı çıkarılır. Numunelerin etüv veya su banyosundan çıkarılması ile tekrar konulması arasında geçen süre 10,0 dakikadan fazla olmamalıdır. Harç çubukları, konulduğu numune kaplarındaki sudan ayrı ayrı çıkarılır ve iki metal ölçüm çubuğuna

özellikle dikkat edilerek yüzeyleri bir havlu ile kurulanır. Her bir harç çubuğunun başlangıç okumaları (Not 2'ye bakılmalıdır) kurulamadan hemen sonra yapılır ve çubuk uygun pozisyonda iken okunur. Kurulama ve okuma süreci, numuneler sudan çıkarıldıktan sonra  $(15 \pm 5)$  s içinde tamamlanır. Okumalardan sonra, geriye kalan çubukların komparatör okumaları da yapıncaya kadar, diğer numuneler bir havlu üzerinde bırakılır. Numuneler bu aşamadan sonra 2 günlük olmaktadır. Deney numuneleri, tamamen daldırmaya yeterli miktarda 1 N NaOH içeren,  $(80,0 \pm 2,0)$  °C sıcaklıktaki bir numune kabının içine yerleştirilir. Numune kabı kapakla kapatılır ve tekrar  $(80,0 \pm 2,0)$  °C sıcaklıktaki etüv veya su banyosuna yerleştirilir.



Resim 1.20 Okuma Alınması

Not 2: Her bir numune setinden önce referans çubuk okunmalıdır çünkü harç çubuklarının ısı, komparatör okumalarında değişime neden olabilir.

Sonraki okumalar ve numunelerin saklanması

Takip eden komparatör okumaları belirli aralıklarla (3, 7, 14 gün), en az üç ara okuma olacak şekilde ve başlangıç okumasından 14 gün sonra, yaklaşık aynı saatte yapılmalıdır. Deneyin 14 günden daha uzun sürmesi durumunda, her hafta için en az bir okuma alınmalıdır. Ölçümler, Başlangıç Okumaları kısmında anlatıldığı gibi yapılmalıdır. Ancak bundan farklı olarak, numuneler ölçümden sonra tekrar aynı numune kabı içine konulmalıdır.



## Hesaplama

$$G = ((L_{3,7,14}) - L_0) / L_1$$

$L_{3,7,14}$  : Alkali tankında  $(80,0 \pm 2,0)$  °C, 1 Normal NaOH içerisinde bekletilen 3.,7. ve 14.günde uzama değerleri

$L_0$  :  $(80,0 \pm 2,0)$  °C'de saf suda bulan su banyosunda  $(24 \pm 2)$  saat bekletildikten sonra okunan uzama değeri (sıfır okuma)

$L_1$ : Kalıptan çıkarılan harç çubuklarının ilk okuma değerleri

Agreganın uzama yüzdesi, üç sonucun ortalama değeri olarak %0,001 doğrulukla verilmelidir.

## NaOH Çözeltisinin Normalitesinin Ölçümü

-Büret içerisine 5N HCl koyulur. (ilk hacim değeri kaydedilir)

-Alkali tankından 20 ml NaOH çözeltisi behere alınır.

-Behere konan 20 ml NaOH çözeltisinin üzerine pembeleşene kadar birkaç damla fenolftalin dökülür.

-Büretin vanası açılarak 5N HCl asit, 20 ml'lik fenolftalin katılmış NaOH çözeltisi üzerine azar azar katılır. Bu sırada çözelti hızlı bir şekilde çalkalanmalıdır.

-Çözeltinin rengi pembeden beyaza döndüğü an vana kapatılır ve bürette titrasyon için harcanan HCl miktarı büret üzerinden ikinci hacim değeri olarak okunur.

-Eğer büretteki hacim azalması 4 ml ise bizim NaOH çözeltimizin normalitesi 1'dir. Bu değer bizim elde etmek istediğimiz deney standardımızdır.

-Aksi halde azalma miktarının 4 ml'den az yada fazla olması durumunda NaOH çözeltisinin normalitesi 1 değildir. Çözeltiyi 1 Normal durumuna getirmek için aşağıdaki eşitlikten yararlanılır.

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

(Asit)      (Baz)

$N_1$ : 5

$V_1$ : Büretten okunan ml cinsinden eksilen hacim miktarı

$N_2$ : NaOH çözeltisinin normalitesi

$V_2$ : 20 ml

Örnek: Büretten eksilen 3 ml olsun

$N_2 = (5 \times 3) / 20 = 0,75$ : NaOH ilave edilerek 1'e çıkarılmalıdır

Örnek: Büretten eksilen 5 ml olsun

$N_2 = (5 \times 5) / 20 = 1,25$ : Su ilave edilerek 1'e düşürülmelidir.



## 1.4 Agregaların Kimyasal Deneyleri

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

#### Kapsam

Bu deney agregaların humus muhtevası yönünden değerlendirilmesi amacıyla yapılır.

#### Potansiyel humus varlığının tayini için Reaktifler ve Cihazlar:

**Sodyum hidroksit çözeltisi (%3'lük)**, 30 g sodyum hidroksit peletlerinin suda çözülmesi, elde edilen çözeltinin oda sıcaklığına kadar soğutulması ve hacmin ölçülü bir balonda 1 L'ye seyreltilmesi suretiyle hazırlanır.

**Standart renk çözeltisi**, 45,0 g  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  ve 5,50 g  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 'nun 279,5 g su içinde, 1 mL derişik HCl ile çözülmesiyle hazırlanan. Bu çözelti bir cam şişede saklanır. Bu çözelti, en az 2 hafta süresince bozulmadan kalmalıdır.

**Elek**, 4 mm göz açıklıklı, TS EN 933-2'ye uygun olmalıdır.

**Silindirik cam şişe**, mantar tapalı, saydam, yaklaşık olarak 450 mL kapasiteli ve dış çapı yaklaşık 70 mm olmalıdır.

#### Potansiyel humus varlığının tayini

#### Prensip

Humus, hayvansal ve bitkisel artıkların toprakta çürümesiyle oluşan organik bir maddedir. Agreganın humus içeriği, bir deney numunesi kısmının sodyum hidroksit çözeltisinde çalkalandığında oluşan renkten tayin edilir.

Bu yöntem, humusun sodyum hidroksit (NaOH) ile reaksiyona girmesiyle gelişen koyu rengi esas alır. Rengin yoğunluğu humus içeriğine bağlıdır. Çözelti berraksa veya hafifçe renklenirse, agreganın kayda değer miktarda humus içermediği kabul edilir. Güçlü bir renk değişimi, genellikle humus içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanır, fakat başka sebeplere de bağlı olabilir. Böyle olması durumunda bu yöntem, kesin sonuç çıkarmaya uygun değildir.

#### Numune alma

Laboratuvar numunesi, EN 932-1'de belirtilen işlemlere uygun olarak alınmalıdır. Laboratuvar numunesi, partinin rutubet içeriğini temsil etmelidir.

#### Deney numunesi kısmının hazırlanması



Laboratuvar numunesi, EN 932-2'de belirtilen işlemlerle Tablo 1.18' de agreganın üst elek büyüklüğü (D) için verilen kütle değerlerinden daha az olmayacak miktara azaltılır.

Tablo 1.18 – Başlangıçtaki alt numunenin en az kütlesi

Elek üstü agrega tane büyüklüğü (D) (mm)	Alt numunenin en az kütlesi (kg)
63	50
45	35
31,5	15
22,4 veya daha küçük	5

Alt numune, bir kurutma etüvünde  $(40 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'ta kurutulur . Kurutulmuş taneler, 4 mm göz açıklıklı bir elekten elenir ve elekten geçen taneler muhafaza edilir.

### İşlem

Bir cam şişeye 80 mm yüksekliğe kadar %3'lük sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi konulur. Takiben çözelti ve agrega yüksekliği 120 mm oluncaya kadar bir miktar deney numunesi kısmı eklenir. Hava kabarcıklarının çıkması için şişe çalkalanır. Şişenin tapası kapatılır, 1 dakika boyunca kuvvetli bir şekilde çalkalanır ve 24 saat süreyle beklemeye bırakılır. Çözeltinin rengi, benzer bir saydam silindirik cam şişede bulunan standart renk çözeltisi ile mukayese edilir. Çözeltinin renginin standart renkten daha açık veya daha koyu olup olmadığı kaydedilir.

### Sonuçların gösterilmesi

Deneyden elde edilen sonuç, çözeltinin renginin Negatif Deney (standart renkten daha açık) veya Pozitif Deney (standart renkten daha koyu) olduğunu gösterecektir.





## Bölüm 2. Çimento Deneyleri

### 2.1. Dayanım Tayini (TS EN 196-1)

**Kapsam:** Bu deney çimento harcının basınç ve eğilme dayanımı tayini metodunu kapsar.

**Prensip:** Bu metot, boyutları 40 mm x 40 mm x 160 mm olan prizma şekilli deney numunelerinin basınç dayanımlarının ve isteğe bağlı olarak, eğilme dayanımlarının tayinini kapsar.

Numuneler, kütlece 1 kısım çimento, 3 kısım CEN Standard Kumu ile 0,5 kısım sudan (su/çimento oranı 0,50) oluşan taze harcın kalıplara yerleştirilmesi ile oluşturulur.

Referans işlemden, harç, mekanik karıştırma ile hazırlanır ve bir sarsma makinası kullanılarak, kalıp içinde sıkıştırılır.

Numuneler, rutubetli bir ortamda 24 saat boyunca bekletilir ve kalıptan çıkarıldıktan sonra, dayanım deneyine tabi tutuluncaya kadar su içinde tutulur.

Numuneler, gerekli yaşa ulaştıncaya kadar tutuldukları sudan çıkartılır, gerekli hâllerde eğilme dayanımı da tayin edilmek suretiyle eğilme yoluyla kırılarak veya prizma şekilli numune parçalarında zararlı gerilmeler oluşturmayacak uygun bir başka işlemle ikiye bölünür. Her bir parçaya basınç dayanımı tayini deneyi uygulanır.

### Laboratuvar ve donanım

#### Laboratuvar

Deney numuneleri, sıcaklığı  $(20 \pm 2)$  °C ve bağıl nem oranı en az % 50 değerlerinde sabit tutulan laboratuvarda hazırlanmalıdır.

Numuneler kalıptan çıkartılmaksızın, sıcaklığı  $(20,0 \pm 1,0)$  °C ve bağıl nem oranı en az % 90 olan rutubetli kür odasında veya büyük kabin içerisinde tutulmalıdır.

Numunelerin su içerisinde küre tabi tutulması için kullanılan kür tankları ve bu tanklara yerleştirilecek ızgaralar, çimentoyla tepkimeye girmeyecek malzemedir yapılmış olmalıdır.

Suyun sıcaklığı  $(20 \pm 1)$  °C 'ta sabit tutulmalıdır.

Laboratuvar ortam sıcaklığı ve bağıl nem oranı ile kür tankındaki suyun sıcaklığı, çalışma saatleri içinde günde en az 1 defa kaydedilmelidir. Rutubetli kür odası veya büyük kabinin sıcaklığı ve bağıl nem oranı, en az 4 saatte bir kaydedilmelidir.





Deney numunelerinin hazırlanmasında kullanılan çimento, CEN Standard Kumu, su ve cihazlar ile deney numuneleri ( $20 \pm 2$ ) °C sıcaklıkta muhafaza edilmelidir.

### Donanım

Tablo 2.1 ile Resim 2.1’de gösterilen toleranslar, donanımın deney işlemi esnasında doğru çalışabilmesi için önemlidir. Düzenli olarak yapılan kontrol ölçümlerinde toleransların dışına çıktığı tespit edildiğinde, donanım reddedilmeli, ayarlanmalı veya tamir edilmelidir. Kontrol ölçümlerine ait kayıtlar muhafaza edilmelidir.

Yeni bir donanımın kabul ölçümleri, bu standardda gösterilen boyutların, kütlelerin ve hacmin ölçülmesini kapsar. Bu ölçümlerde, kritik boyutlar için belirtilen toleranslar özellikle dikkate alınmalıdır.

### Karıştırıcı

Karıştırıcı, en az aşağıda belirtilen temel kısımlardan oluşmalıdır:

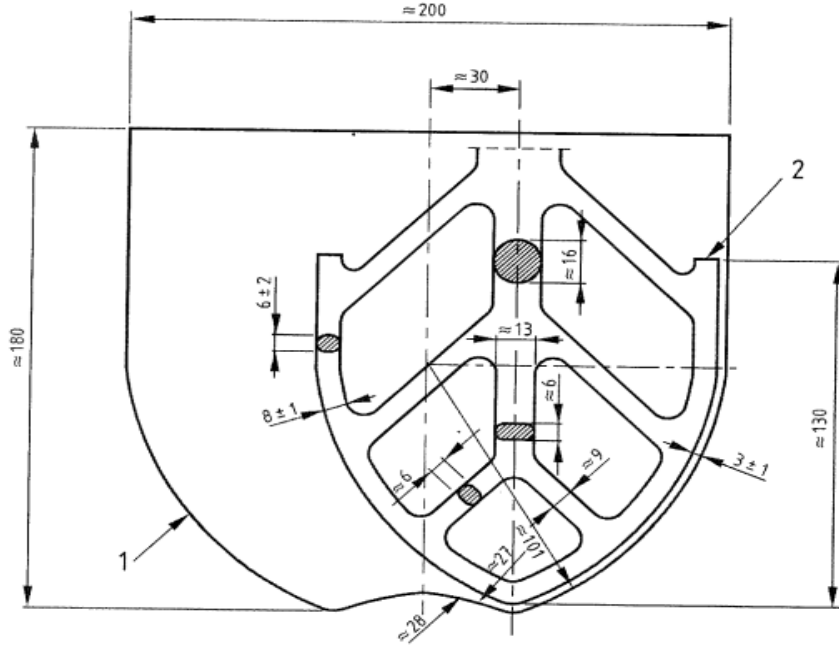
a) Karıştırma kabı, tipik şekli ve boyutları Resim 2.1’de gösterilen, yaklaşık 5 L kapasiteli ve paslanmaz çelikten yapılmış olmalıdır. Karıştırma kabında, karıştırma işlemi esnasında kabı, karıştırıcı düzeneğine (çerçevesine) sıkıca bağlamaya uygun tertibat bulunmalıdır. Bu tertibat yardımıyla, karıştırma kabının yüksekliği, karıştırıcı palete göre ayarlanabilmeli, aynı zamanda karıştırıcı paletle kap iç yüzeyi arasındaki açıklık, belirli bir genişliğe kadar hassas bir şekilde ayarlanabilmeli ve bu genişlik değerinde sabit tutulabilmelidir.

b) Palet, tipik şekli, boyutları ve toleransları Resim 2.1’de gösterilen ve paslanmaz çelikten yapılmış olmalıdır. Palet, bir elektrik motoru tarafından kontrollü hızlarda kabın eksenini etrafında yörüngesel bir şekilde döndürülürken kendi eksenini etrafında da dönebilmelidir. Bu iki dönme yönü birbirine zıt olmalı ve her iki dönme hızı arasındaki oran tam sayı olmamalıdır. Karıştırıcı kapları ve paletleri daima birlikte kullanılmak üzere bir takım oluşturmalıdır. Resim 2.1’de belirtilen karıştırma kabı ve palet arasındaki açıklık, düzenli olarak kontrol edilmelidir. ( $3 \pm 1$ ) mm olarak verilen açıklık mesafesi, paletin boş kap iç yüzeyine en yakın bulunduğu durumdaki mesafedir. Doğrudan ölçme yapmanın zor olduğu hâllerde, basit tolerans ölçerler (sentil) kullanılır.

Harcın karıştırılması esnasında karıştırıcı, Tablo 2.1’de verilen hızlarda çalıştırılmalıdır.

Tablo 2.1 - Karıştırıcı paletin hızları

	Kendi eksenini etrafında dönme hızı (dakika <sup>-1</sup> )	Yörüngesel dönme hızı (dakika <sup>-1</sup> )
Düşük hız	$140 \pm 5$	$62 \pm 5$
Yüksek hız	$285 \pm 10$	$125 \pm 10$



Resim 2.1 – Karıştırıcı Kabı ve Palet

## Kalıplar

Kalıplar, en kesitleri 40 mm x 40 mm ve uzunlukları 160 mm olan üç adet prizma şekilli numunenin aynı anda hazırlanabilmesi için üç adet yatay bölmeden oluşmalıdır.

Tipik kalıp tasarımı Resim 2.2'de gösterilmiştir.

Kalıp, et kalınlığı en az 10 mm olan çelik levhalardan yapılmış olmalıdır. Kalıp teslim alındığında, iç yüzeyler en az 200 HV Vickers sertliğinde olmalıdır.

Kalıp, kalıba dökülmüş numunelerin hasar görmeden kalıptan çıkarılmasını sağlayacak şekilde imal edilmelidir. Her kalıbın dökme çelikten veya işlenmiş (tornalanmış) çelikten yapılmış bir kalıp taban plakası olmalıdır. Kalıp parçaları birleştirildiğinde, parçalar birbirine sıkıca geçmeli ve kalıp tabanına da sıkıca sabitlenebilmelidir. Monte edilmiş kalıp, işlemler sırasında şekil değiştirmeyecek ve görünür sızıntı meydana gelmeyecek şekilde olmalıdır. Kalıp taban plakası, sıkıştırma cihazının tablasına yeterince temas ederek oturmalı ve ikincil titreşim oluşturmayacak şekilde rijit olmalıdır.

Kalıbın doğru şekilde birleştirilmesini ve belirli toleranslara uygunluğunu sağlamak için kalıbın her parçasına tanıtıcı bir işaret basılmalıdır. Farklı kalıplara ait benzer parçaların birbiriyle değişmesine izin verilmemelidir.

Monte edilmiş kalıp aşağıdaki gerekleri sağlamalıdır:

- a) Kalıbın her bölmesine ait iç boyutlar ve boyut toleransları aşağıda belirtildiği gibi olmalıdır:
- Uzunluk:  $(160 \pm 1,0)$  mm
  - Genişlik:  $(40,0 \pm 0,2)$  mm
  - Derinlik :  $(40,1 \pm 0,1)$  mm

b) Kalıp iç yan yüzeylerin düzlükten sapma toleransı 0,03 mm'den büyük olmamalıdır.

c) Kalıp iç yüzeylerin taban yüzeyine ve bitişik iç yüzeylerin birbirlerine göre diklikten sapma toleransı 0,2 mm'den büyük olmamalıdır.

d) Kalıp iç yan yüzeylerinin pürüzlülüğü pürüzlülük sınıfı N8'den daha fazla olmamalıdır. Belirtilen toleransların herhangi biri aşıldığında, kalıplar değiştirilmelidir.

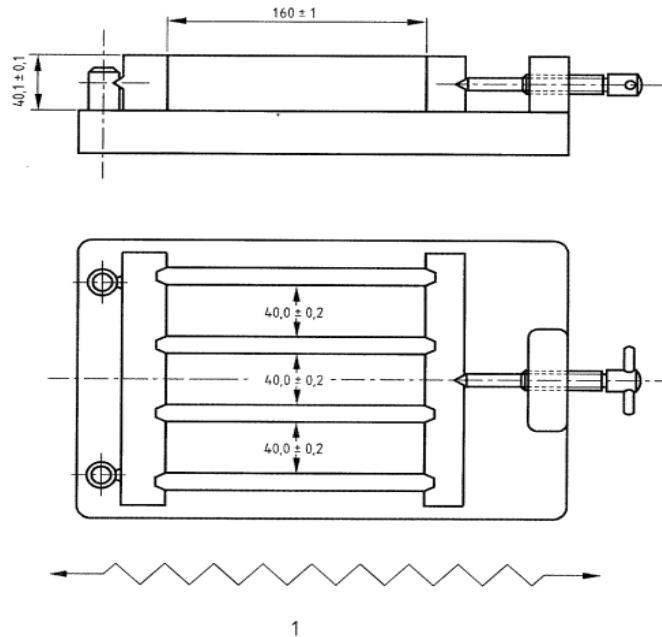
Kalıp kütlesi, 'Sarsma Cihazı' Maddesinde verilen toplam kütle gereklerine uygun olmalıdır.

Temizlenmiş kalıp, kullanılmak üzere hazırlanırken, dış birleşim yerleri, uygun bir sızdırmazlık malzemesi kullanılarak kapatılmalıdır. Kalıbın iç yüzeylerine ince film tabakası hâlinde kalıp yağı sürülmelidir.

Kalıpların kolayca doldurulabilmesi için, düşey kenarları 20 mm ilâ 40 mm yüksekliğinde olan ve kalıp üst kenarına sıkı bir şekilde yerleştirilebilen metal doldurma başlığı kullanılmalıdır.

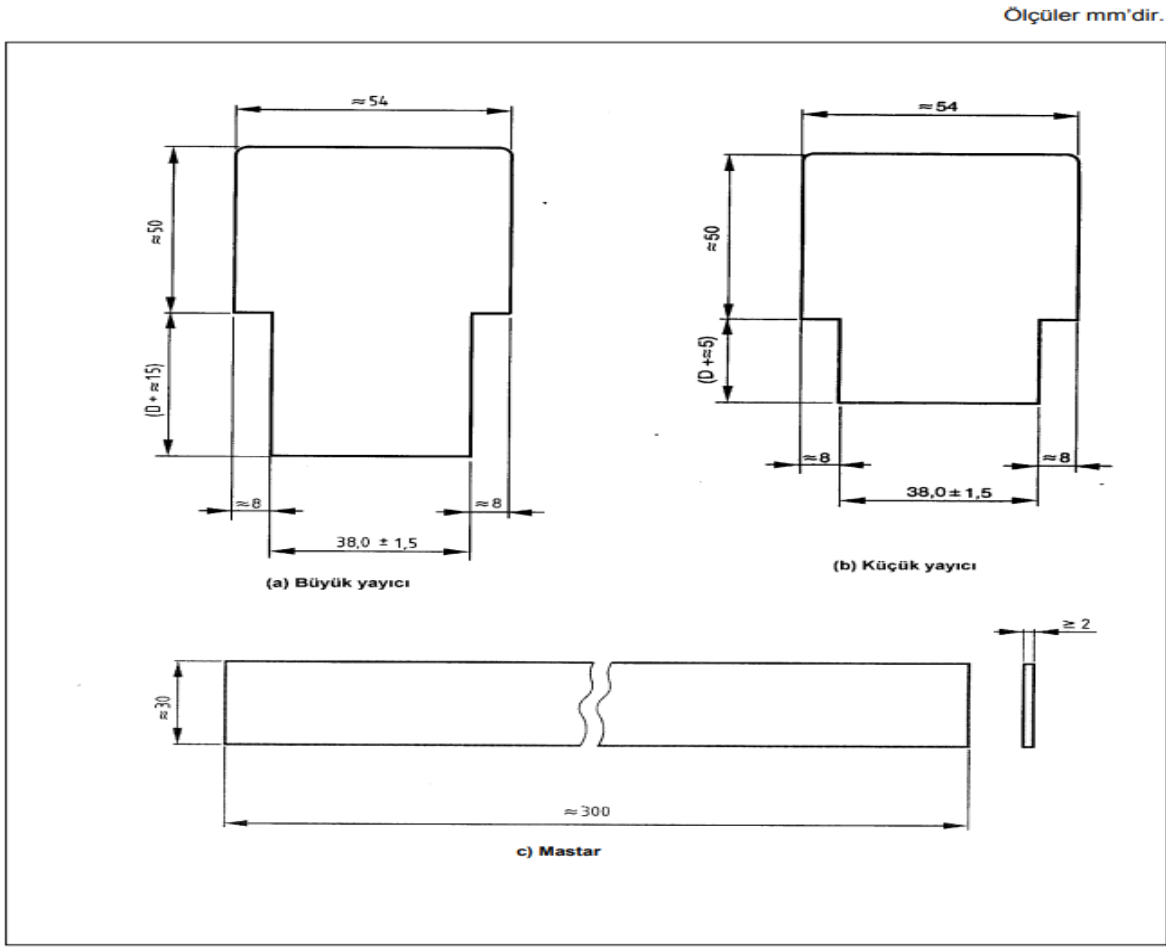
Harcın yayılması ve yüzeyinin sıyrılarak tesviyesi için Resim 2.3'te gösterilen iki adet yayıcı ve bir adet metal master kullanılmalıdır.

Ölçüler mm'dir.



1 Kesme (testere) hareketi ile sıyırma yönü

Resim 2.2 – Tipik Kalıp



D = Metal doldurma başlığının yüksekliği

Resim 2.3 – Tipik yayıcılar ve metal master

### Sarsma cihazı

Tipik sarsma cihazı tasarımı Resim 2.4'te gösterilmiştir.

Tablanın, kollar, boş kalıplar, metal başlık ve bağlantı kelepçeleri ile birlikte toplam kütleği  $(20,0 \pm 0,5)$  kg olmalıdır.

Tablayı mile bağlayan kollar borudan yapılmış ve rijit olmalı, bu boruların dış çapı 17 mm ilâ 22 mm olmalıdır. Kollar arasındaki ara bağlantı parçası da dâhil olmak üzere, iki kolun toplam kütleği  $(2,25 \pm 0,25)$  kg olmalıdır. Mil yatağı küresel veya silindirik tipte olmalı, kum ve toz girişine karşı korunmalıdır. Tabla merkezinin, milin hareketinden kaynaklanan yatay yer değiştirmesi, 1,0 mm'den fazla olmamalıdır.

Çıkıntı parçası ve durdurucunun tamamı, Vickers sertlik derecesi en az 500 HV olan çelikten imal edilmelidir. Çıkıntı parçası ucunun yuvarlaklığı, yaklaşık  $0,01 \text{ mm}^{-1}$  olmalıdır.

Çalışma esnasında tabla, kam (eksantrik mil) vasıtasıyla yukarıya kaldırılır ve çıkıntı parçası durdurucuya çarpmadan önce ( $15,0 \pm 0,3$ ) mm yükseklikten serbest düşürülür.

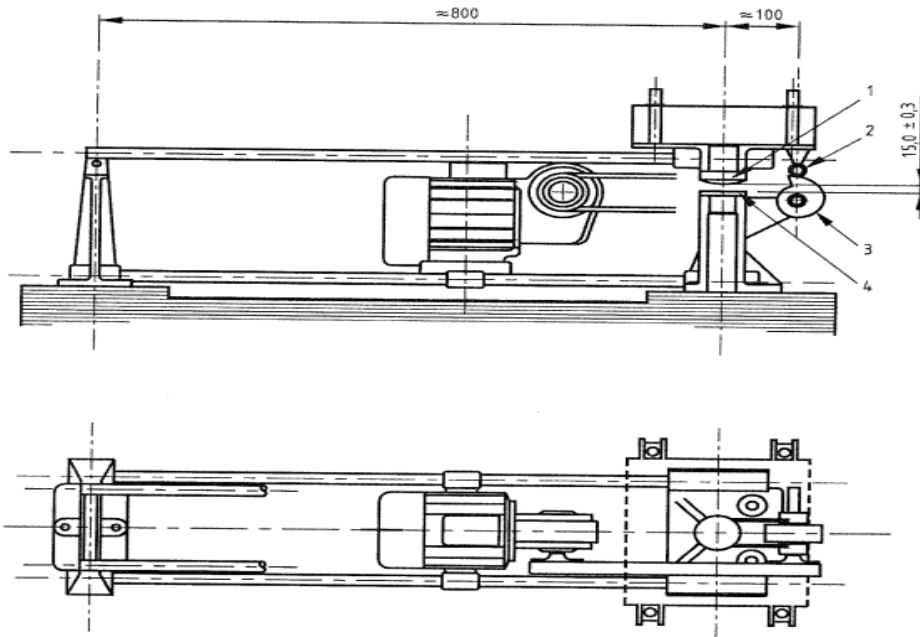
Kamın tamamı, Vickers sertlik derecesi en az 400 HV olan çelikten imal edilmeli ve serbest düşmesi daima ( $15,0 \pm 0,3$ ) mm olacak şekilde imal edilmiş olan küresel yatağa bağlanmalıdır. Kam izleyicisi (eksantrik mil), kamda en az aşınma oluşacak şekilde yapılmalıdır. Kam, 250 W'lık bir elektrik motoru ile redüksiyon dişlisi üzerinde, saniyede bir devir oluşturacak şekilde sabit hızda çalıştırılır. Kontrol mekanizması ve sayaç, ( $60 \pm 3$ ) s'lik bir sarsma periyodunda tam olarak 60 düşüş yapacak şekilde ayarlanmalıdır.

Kalıplar tabla üzerine, kalıp bölmelerinin boyuna kenarları, kollarla aynı yönde ve kamın dönme eksenine dik olacak konumda yerleştirilmelidir. Kalıbın konumu, uygun referans işaretler konulması suretiyle, ortadaki kalıp bölmesinin merkezi, çarpma noktasının tam üzerinde olacak şekilde ayarlanmalıdır.

Cihaz, kütlesi yaklaşık 600 kg, hacmi yaklaşık  $0,25 \text{ m}^3$  ve boyutları kalıp için uygun bir çalışma yüksekliği sağlayacak şekilde olan bir beton blok üzerine oynamaz şekilde monte edilmelidir. Beton blok tabanının tamamı, sarsma etkisinden doğacak harici titreşimleri önleyen, uygun izolasyon etkinliğine sahip doğal kauçuk gibi malzemeden mamul elastik bir tampon üzerine oturtulmalıdır.

Cihaz, yatay bir beton tabana ankraj vidalarıyla sabitlenmeli ve cihazla beton taban arasında ince bir harç tabakası dökülerek, cihazla beton taban arasındaki temas tüm yüzey boyunca ve titreşimsiz olarak sağlanmalıdır.

Ölçüler mm'dir.



1 Çıkıntı parçası 2 Kam izleyicisi (eksantrik mil) 3 Kam (eksantrik mil kılavuzu) 4 Durdurucu

Resim 2.4 - Tipik sarsma cihazı

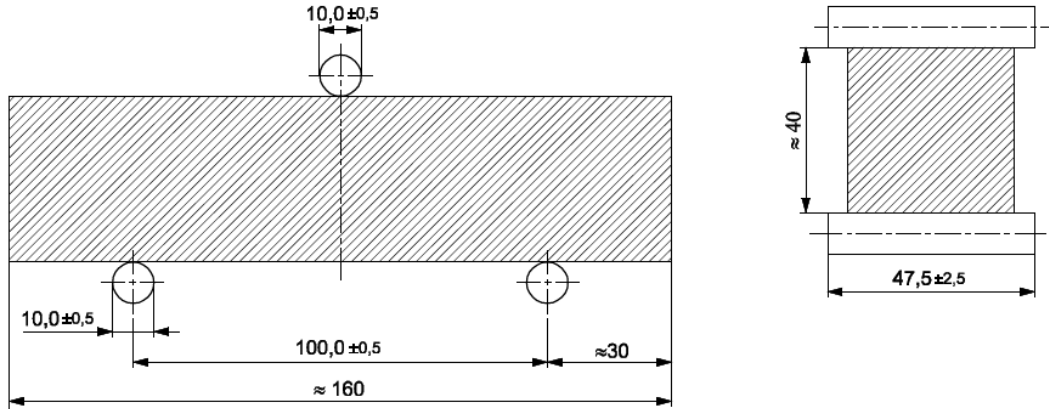
## Eğilme dayanımı cihazı

Eğilme dayanımı cihazı 10 kN yükleme kapasitesinde,  $(50 \pm 10)$  N/s yükleme hızında kullanılan ölçüm aralığının üstteki beşte dördlük kısmında kaydedilen yük  $\pm 1,0$  doğrulukta olmalıdır. Cihaz, birbirinden uzaklığı  $(100,0 \pm 0,5)$  mm olan,  $(10,0 \pm 0,5)$  mm çapında iki adet çelik mesnet silindiri ile her ikisi arasına merkezî olarak yerleştirilen, aynı çaptaki bir üçüncü çelik yükleme silindirinin oluşturduğu eğilme düzeneğinden ibarettir. Bu silindirlerin uzunluğu "a" 45 mm - 50 mm olmalıdır.

Yükleme düzeneği Resim 2.5'te gösterilmiştir.

Bu üç silindir eksenlerinden geçen üç düşey düzlem birbirine paralel olmalı, bu düzlemler deney süresince paralel kalmalı ve deneye tabi tutulan numunenin boyuna eksenine dik doğrultuda ve aralarındaki yatay mesafe birbirine eşit olmalıdır. Mesnet silindirlerinin biri ve yükleme silindiri, prizma şekilli numune genişliği boyunca, numunede burulma gerilmesi meydana gelmeyecek şekilde yükün düzgün dağılımını temin edecek tarzda hafifçe eğilebilir özellikte olmalıdır.

Eğilme dayanımı, basınç dayanımı cihazı ile de ölçülebilir. Bu durumda da cihaz yukarıdaki özelliklere sahip olmalıdır.



Resim 2.5 - Eğilme dayanımı tayini için yükleme düzeneği

## Basınç dayanımı cihazı

Deney cihazı deney için uygun kapasitede,  $(2400 \pm 200)$  N/s yükleme hızında kullanılan ölçüm aralığının üstteki beşte dördlük kısmında kaydedilen yük  $\pm 1,0$  doğrulukta olmalıdır. Numunenin kırılma anındaki değerini makine boşaltıldıktan sonra da gösterebilen cihazı olmalıdır. Yükleme tablasının düşey eksenini cihazın düşey eksenine ile çakışmalı ve yükleme sırasında tablanın hareket yönü, cihazın düşey eksenine doğrultusunda olmalıdır. Uygulanan kuvvetlerin bileşkesi numunenin merkezinden geçmelidir. Kırma başlığının alt plâkasının yüzeyi cihazın eksenine dik olmalı ve yükleme esnasında dik kalmalıdır. Cihazın üst plâkasının küresel yuvasının merkezi, cihazın üst plâkasının alt yüzeyinin düzlemi ile cihazın düşey ekseninin kesim noktasının üzerinde ve  $\pm 1$  mm toleranslı olmalıdır. Cihazın üst

plâkası numune ile temas ettiğinde cihazın plâkası serbest şekilde ayarlanabilmeli, fakat yükleme esnasında alt ve üst plâkaların birbirlerine olan konumları sabit kalmalıdır.

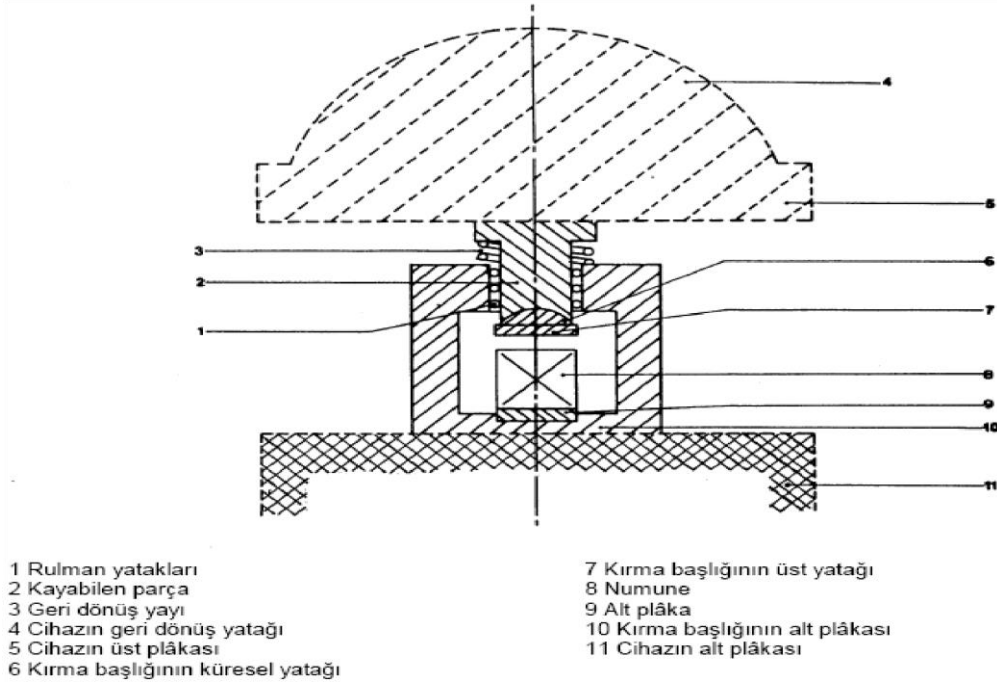
Cihazın plâkaları en az 600 HV Vickers sertliğinde sert çelikten veya tercihen tungsten karbürden yapılmalıdır. Bu plâkalar en az 10 mm kalınlığında,  $(40,0 \pm 0,1)$  mm genişliğinde ve  $(40,0 \pm 0,1)$  mm uzunluğunda olmalıdır. Numune ile temas eden tüm yüzeyin düzgünlük toleransı 0,01 mm olmalıdır. Yüzey dokusu yüzey pürüzlülük sınıfı, N3'den daha pürüzsüz ve N6'dan daha pürüzlü olmamalıdır. Alternatif olarak sert çelikten veya tercihen tungsten karbürden veya sertleştirilmiş çelikten yapılmış ve en az 10 mm kalınlığında, özelliklere uyan iki yardımcı levha kullanılabilir. Yardımcı levhalar yükleme sisteminin eksenine göre  $\pm 0,5$  mm doğrulukla merkezlenmelidir.

Cihazda küresel yuva yoksa veya kullanılamaz durumda ise veya bu küresel çapı 120 mm den fazlaysa 'Basınç dayanım cihazı için kırma başlığı' maddesinde kullanılmalıdır.

### Basınç dayanım cihazı için kırma başlığı

Kırma başlığı kullanmak gerektiğinde Resim 2.6' da gösterilen kırma başlığı, harç numunesinin basınç uygulanan yüzeylerine yükü iletecek şekilde, cihazın plâkaları arasına konur.

Kırma başlığında kullanılacak alt levha, cihazın alt plâkası ile birleştirilebilir. Üst kırma plâkası, yükü aradaki küresel yuva vasıtası ile cihazın alt plâkasından alır. Bu yuva içinde bulunan parça, kırma başlığı içerisinde önemli ölçüde sürtünme meydana getirmeden düşey olarak hareket etmelidir. Kırma başlığı temiz tutulmalıdır, küresel yuva numune şekline göre başlangıçta kendini ayarlayabilecek şekilde oynak olmalı, deney esnasında da sabit kalmalıdır. Kırma başlığı kullanıldığında 'Basınç dayanımı cihazı' maddesinde belirlenen tüm özellikler uygulanmalıdır.



Resim 2.6 - Basınç dayanımı için tipik kırma başlığı





## Harç bileşenleri

### - Kum

CEN Standard Kumu, çimentonun dayanımının tayininde kullanılmalıdır.

### - CEN standard kumu

CEN standad kumu, tercihen yuvarlak tanecikli ve silisyum dioksit miktarı en az % 98 olan doğal silis kumu olmalıdır.

Tanecik büyüklük dağılımı Tablo 2.2 'de verilen limitler arasında olmalıdır.

Tablo 2.2- CEN Referans kumunun tanecik büyüklüğü dağılımı

Kare göz açıklığı (mm)	2,00	1,60	1,00	0,50	0,16	0,08
Elekte kalan yığılımlı (%)	0	7 ± 5	33 ± 5	67 ± 5	87 ± 5	99 ± 1

CEN Standard Kumu' ndan alınan, toplam kütlesi en az 1345 g olan temsili numune kullanılarak yapılan elek analizi sonucunda tayin edilen tane büyüklüğü dağılımı, Tablo 2.2 'de belirtilen tane büyüklüğü dağılımına uygun olmalıdır.

Kumun elek analizi temsili numune üzerinde yapılır. Eleme işlemine, her elekten geçen kum miktarı 0,5 g /dakika dan az oluncaya kadar devam edilir.

CEN standard kumu her tanecik büyüklüğüne göre ayrı ayrı veya önceden karıştırılmış deneye hazır halde (1350 ± 5) g.lık plâstik torbalar içinde teslim edilebilir, torbaların imalâtında kullanılan malzeme dayanım deneyi sonuçlarını etkilememelidir.

## Çimento

Deneye tabi tutulacak çimentonun havaya maruz kalma süresi mümkün olduğunca asgaride tutulmalıdır. Deneye tâbi tutulacak çimento numunesi alınmasından sonra deney için 24 saatten fazla bekletilecekse, tamamıyla dolu olarak, hava geçirimsiz ve çimento ile reaksiyona girmeyecek malzemedan yapılmış bir kapta saklanmalıdır.

## Su

Geçerli kılma deneyleri için damıtık veya deionize su kullanılmalıdır. Diğer deneyler için içme suyu kullanılabilir. Anlaşmazlık hâlinde diğer deneylerde de damıtık veya deionize su kullanılmalıdır.





## Harç hazırlama

### Harcın bileşimi

Oranlar kütlece bir kısım çimento, üç kısım CEN standard kumu, ve ½ kısım su (su/çimento oranı 0,50) şeklinde olmalıdır.

Üç deney prizmasına yetecek her takım için her karışım (450 ± 2) g çimento, (1350 ± 5) g kum ve (225 ± 1) g su içermelidir.

### Harcın oluşturulması

Çimento, kum, su ve cihazlar lâboratuvar sıcaklığında olmalıdır. Tartımlar ± 1 g doğrulukta terazi ile yapılır.

### Harcın karıştırılması

Her harç karışımı karıştırıcı ile mekanik olarak karıştırılmalıdır. Karıştırıcı çalışır durumda iken:

- Karıştırma kabına su konulur ve çimento eklenir,
- Karıştırıcı derhal düşük hızda çalıştırılmaya başlanır ve 30 s sonra, kum, 30 s içinde sürekli olarak ilâve edilir. Karıştırıcı yüksek hıza ayarlanır ve karıştırmaya 30 s daha devam edilir,
- Karıştırıcı, 1 dakika 30 saniye için durdurulur. İlk 30 s lastik sıyrıcı ile kabın çeperlerine ve tabanına yapışan harç sıyrılır ve kabın ortasına toplanır,
- Karıştırmaya yüksek hızda 60 s daha devam edilir.

Farklı karıştırma aşamalarının ayarlanması ± 1 s içerisinde olmalıdır.

## Deney numunelerinin hazırlanması

### Numunelerin boyutu

Deney numuneleri (40 mm × 40 mm × 160 mm )' lik prizma şeklinde olmalıdır.

### Kalıpların doldurulması

Harç hazırlandıktan hemen sonra kalıplar doldurulmalıdır. Kalıp ve kalıp başlığı sarsma tablasına sıkıca tutturulur. Uygun bir kaşıkla karıştırma kabından doğrudan bir veya bir kaç defada, iki harç tabakasından ilki (her biri 300 g olmak üzere) her kalıp bölümüne doldurulur.

Birinci harç tabakası, büyük yayıcı ile, kenarlarından dik pozisyonda tutularak ve kalıp başlığıyla temas halinde olmak üzere, kalıbın her bölmesinde bir kez olmak üzere ileri geri hareket ettirilerek düzgün şekilde yayılır. Sonra bu birinci tabaka 60 sarsma ile sıkıştırılır. İkinci tabaka harç kalıba doldurulur ve k  k yayıcı ile bu tabaka da düzeltilir ve ikinci 60 sarsma ile sıkıştırılır.

Kalıp itina ile sarsma tablasından kaldırılır ve kalıp başlığı çıkarılır. Harcın fazlası derhal hemen hemen dik tutulan bir metal masterla sıyrılır ve her yöne doğru bir kere enine testere hareketi ile çekmek suretiyle yavaş yavaş hareket ettirilir. Prizmaların yüzeyi, aynı master hemen hemen düz tutularak düzleştirilir. Sıyırma işlemi sonucunda kalıbın yan yüzleri ve



tabanına dökülen harç temizlenir. Prizmaları ve sarsma tablasına göre konumlarını tanımlamak amacıyla kalıplar etiketlenir veya işaretlenir.

### **Deney numunelerinin deneye hazırlanması (şartlandırma)**

#### **Kalıbın sökülmesinden önceki işlemler ve bekletme**

Sıyırma işleminin sonucu olarak kalıp kenarlarında kalan harç silinmelidir. Kalıbın üzeri 210 mm × 185 mm ölçüsünde 6 mm kalınlığında cam plâka ile örtülür. Aynı boyutta çelik veya geçirimsiz başka malzemeden yapılmış plâkalar da kullanılabilir.

Üzeri plâka ile kapatılmış, uygun şekilde işaretlenmiş kalıplar geciktirilmeden yatay olarak rutubet odasına veya kabinine konulur. Rutubetli hava kalıbın her tarafına ulaşabilmelidir. Kalıplar birbirinin üstüne konmamalıdır.

#### **Numunelerin kalıptan çıkartılması**

Kalıplar itinayla sökülmelidir. 24 saatlik deney için, numune deneyden en fazla 20 dakika önce kalıptan çıkarılmalıdır. 24 saatten daha büyük yaşlardaki deney için, numune kalıba yerleştirildikten sonraki (20 - 24) saat arasında kalıptan çıkarılır.

Harç 24 saatte hasar riski olmaksızın kalıptan sökülebilecek dayanım kazanmamışsa kalıp sökme 24 saat geciktirilebilir. Kalıp sökmedeki gecikme deney raporunda belirtilmelidir.

24 saatlik (veya gecikmiş kalıp sökümü nedeniyle 48 saatlik) deney için seçilen kalıptan çıkarılmış numune deneye tâbi tutulana kadar ıslak bezle sarılarak bekletilir.

Suda kür uygulanacak numuneler daha sonra tanımlanabilmeleri için, suya dayanıklı mürekkeple veya kalemle uygun şekilde işaretlenirler.

#### **Prizmaların suda kürlenmesi**

İşaretlenmiş prizmalar geciktirilmeden  $(20 \pm 1)^\circ \text{C}$  'de su bulunan kaba uygun şekilde yatay veya düşey olarak daldırılır. Yatay olarak konuyorsa, döküm esnasında üste gelen yüzeyler bekletilme sırasında da üste gelmelidir. Numuneler, paslanmaz ızgaraların üzerine, su prizmanın bütün yüzeyleri ile temas edebilecek şekilde ayrı ayrı yerleştirilmelidir. Numuneler arasındaki boşluk veya numunelerin üst yüzeyindeki suyun derinliği hiçbir zaman 5 mm'den az olmamalıdır.

**Not-**Sadece benzer kimyasal bileşime sahip çimentolardan yapılmış prizmalar aynı kaplarda muhafaza edilmelidir.

Kapların ilk doldurulmasında veya gerektiğinde sabit seviyeyi muhafaza etmek için yapılan ilâvelerde çeşme suyu kullanılır. Kür boyunca, bir defada suyun % 50'sinden fazlası değiştirilmemelidir.

Belli bir yaşta (24 saat veya gecikmeli 48 saatlik kalıptan çıkarmanın dışında) denenmesi gereken prizma deneyden en fazla 15 dakika önce çıkarılmalıdır. Deney uygulanacak



yüzeylerinde tortu varsa temizlenmelidir. Deney numuneleri deney uygulanıncaya kadar ıslak bir bezle sarılmalıdır.

### Dayanım deneyleri için numunelerin yaşları

Numunelerin yaşları deneyin başında çimento ve suyun karıştırıldığı andan itibaren hesaplanır. Farklı yaşlardaki dayanım deneyleri aşağıdaki limitler içinde yapılır:

- 24 saat ± 15 dakika
- 48 saat ± 30 dakika
- 72 saat ± 45 dakika
- 7 gün ± 2 saat
- ≥ 28 gün ± 8 saat

### Deney işlemleri

#### Eğilme dayanımı

Eğilme dayanımını bulmak için üç noktadan yükleme yöntemi uygulanır.

Eğilme dayanımı deneyi sonucunda elde edilen 40 mm × 40 mm'lik alana sahip yarım prizmaların kalıplanmış yan yüzeylerine yükleme yapılmak suretiyle basınç dayanımı deneyi yapılır. Eğilme dayanımı değeri istenmiyorsa, bu deney atlanabilir. Bu durumda basınç dayanımı deneyleri, prizmalar zarar verici gerilmeye maruz bırakmayacak şekilde, uygun olarak ikiye bölünmüş yarım prizmalar üzerinde yapılır.

Prizma, deney cihazına yan yüzeylerden biri üzerine ve uzunluğuna eksenine mesnet silindirlerinin eksenine dik olacak şekilde mesnet silindirleri üzerine yerleştirilir. Yük, yükleyici silindir vasıtasıyla prizmanın karşı yan yüzünden dik olarak uygulanır ve düzgün olarak (50 ± 10) N/s hızında olacak şekilde prizma numune kırılıncaya kadar artırılır.

İki parçaya bölünmüş olan yarım prizmalar basınç dayanım deneyine kadar ıslak bir bezle sarılarak muhafaza edilir.

Eğilme dayanımı  $R_f$ , megapaskal biriminde aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$R_f = \frac{1,5 \times F_f \times l}{b^3}$$

Burada;

$R_f$  : Eğilme dayanımı, MPa,

$b$  : Prizma şekilli numunenin kare kesitinin kenar uzunluğu, mm,

$F_f$  : Prizma şekilli numunenin kırıldığı anda ortasına uygulanan yük, N,

$l$  : Mesnet silindirleri arasındaki mesafe, mm dir.



## Basınç dayanımı

İkiye bölünen prizmalardan elde edilen numune parçaları üzerinde basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilir. Her yarım prizma, yan yüzeylerinden yüklemek suretiyle deneye tâbi tutulur.

Yarım prizmalar, cihazın plâkaları arasına  $\pm 0,5$  mm'den fazla taşmıyacak şekilde merkezlenerek ve prizmanın arka yüzü plâkadan veya yardımcı plâkalardan 10 mm taşacak şekilde uzunlamasına yerleştirilir.

Yük ( $2400 \pm 200$ ) N/s hızda olmak üzere düzgün şekilde, prizma kırılana kadar artırılır.

Basınç dayanımı  $R_c$ , megapaskal birimde aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Burada;

$R_c$  :Basınç dayanımı, MPa,

$F_c$  :Kırılmadaki en büyük yük, N,

1600 :Yükleme plakaların veya uzatma plakalarının alanı ( $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ ),  $\text{mm}^2$  dir.

## Deney sonuçlarının ifade edilmesi

Basınç dayanımı deneyinin sonucu, 3 prizmalık takımdan tayin edilen 6 adet sonucun aritmetik ortalaması olarak ifade edilir.

6 adet sonuç içerisinde biri ortalamadan  $\pm\%10$  'dan fazla farklılık gösterirse bu sonuç atılır ve geri kalan 5 sonucun ortalaması alınır. 5 sonuçtan biri bunların ortalamasından  $\pm\%10$ 'dan fazla fark gösterirse bu takıma ait sonuçlar iptal edilir, deney tekrarlanır.

## Deney sonuçlarının hesaplanması

Yarım prizmalardan tayin edilen ve  $0,1 \text{ N/mm}^2$  yaklaşımla ifade edilen tek tek bütün dayanım sonuçlarının ortalaması en yakın  $0,1 \text{ N/mm}^2$  'ye yuvarlatılarak ifade edilir.

## Sonuç raporu

Tek tek bütün sonuçlar kaydedilir. Hesaplanan ortalama değer ve varsa hesaba katılmayan sonuç raporda belirtilir.



## 2.2. Kıvam Suyu, Priz Süresi ve Genleşme Tayini (TS EN 196-3)

### Kapsam

Bu deney, çimentoların kıvam suyu, priz süresi ve genleşmesi tayin metotlarını kapsar. Bu metotlar TS EN 197-1'in kapsadığı tüm çimentolara uygulanır.

### Deney prensipleri

Priz süresi, iğnenin standard (normal) kıvamdaki çimento pastası içinde belirlenmiş bir derinliğe kadar girmesini gözlemek suretiyle tayin edilir.

Genleşme, standard kıvamdaki çimento pastasının, iki iğnenin bağlı hareketi ile belirlenen hacim genleşmesini gözlemek suretiyle tayin edilir.

Standard kıvamdaki çimento pastası standard sondanın içine girmesine karşı belirli bir direnç gösterir. Böyle bir pasta için gereken su miktarı, farklı su miktarları ile hazırlanan pastaların içine sondanın girmesi denemeleri ile tayin edilir.

### Deney için genel şartlar

### Lâboratuvar

Numunenin hazırlandığı ve deneye tâbi tutulduğu lâboratuvarın sıcaklığının  $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$ 'de tutulması ve bağıl nemin %50'den az olmaması sağlanmalıdır.

### Cihazlar

- Terazî, 1 g doğrulukta tartım yapabilen,
- Dereceli mezür veya büret, hacmi % 1 mL doğrulukta ölçebilen,
- Karıştırıcı, Madde 2.1'e uygun.
- Su: Numunelerin hazırlanması, bekletilmesi ve kaynatılması için damıtık veya deiyonize su kullanılmalıdır. Numunelerin küre tabî tutulması ve kaynatılması için içme suyu kullanılabilir.
- Kronometre, süreyi  $\pm 1$  s doğrulukta ölçebilen,
- Cetvel,  $\pm 0,5$  mm doğrulukta ölçüm yapabilen,

Numunelerin hazırlanmasında ve deneye tâbi tutulmasında kullanılan çimento, su ve cihazlar  $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$  sıcaklıkta olmalıdır.

## Standard kıvam tayini

### Cihazlar

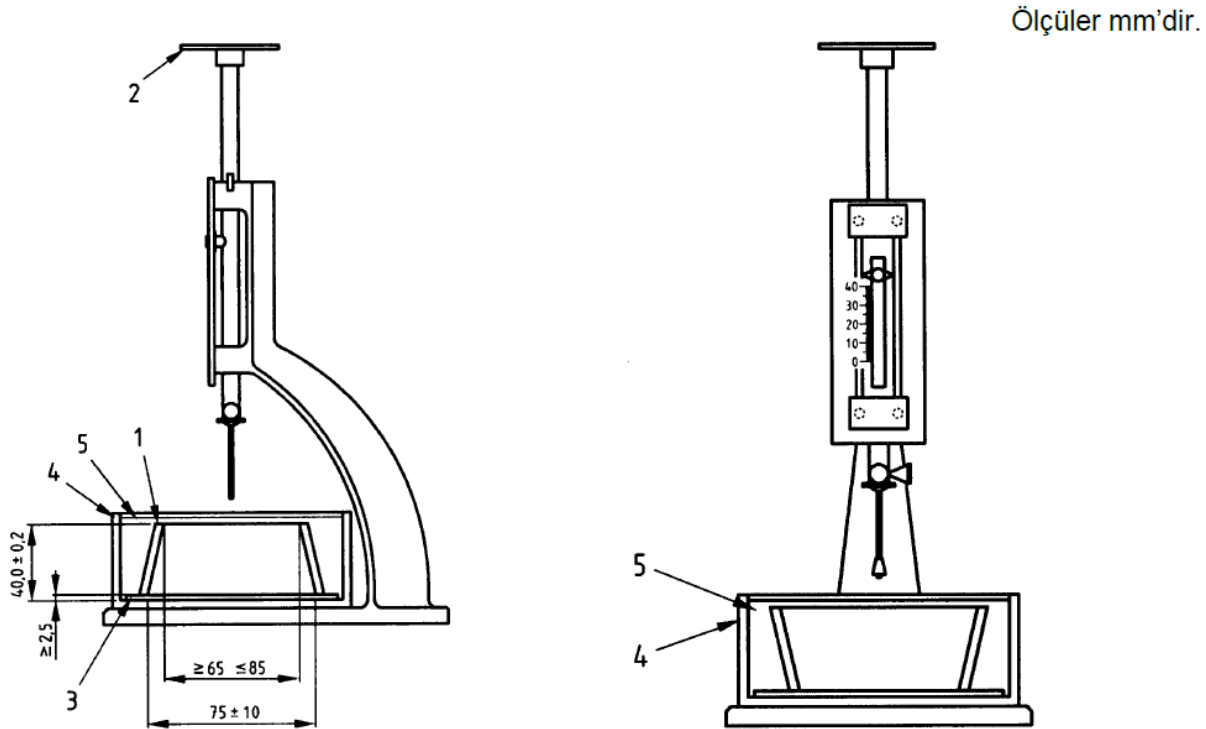
Resim 2.7 'de gösterilen Vicat aleti Resim 2.8 'de gösterilen sonda ile kullanılır. Sonda, etkili uzunluğu ( $50 \pm 1$ ) mm ve çapı ( $10,00 \pm 0,05$ ) mm olan dik silindir şeklinde korozyona dayanıklı metalden yapılmış olmalıdır. Hareketli parçaların toplam kütlesi ( $300 \pm 1$ ) g olmalıdır.

Deneye tâbi tutulan çimento pastasının içine konduğu Vicat kalıbı sert lastikten plastik veya pirinçten yapılmış olmalıdır. Vicat kalıbı, derinliği ( $40,0 \pm 0,2$ ) mm; üst iç çapı ( $70 \pm 5$ ) mm ve alt iç çapı ( $75 \pm 10$ ) mm olan kesik koni şeklindedir. Vicat kalıbı aynı zamanda yeterince sağlam olmalı ve vicat kalıbından daha geniş olmak üzere, en az 2,5 mm kalınlığında düz cam taban plâkası bulunmalıdır.

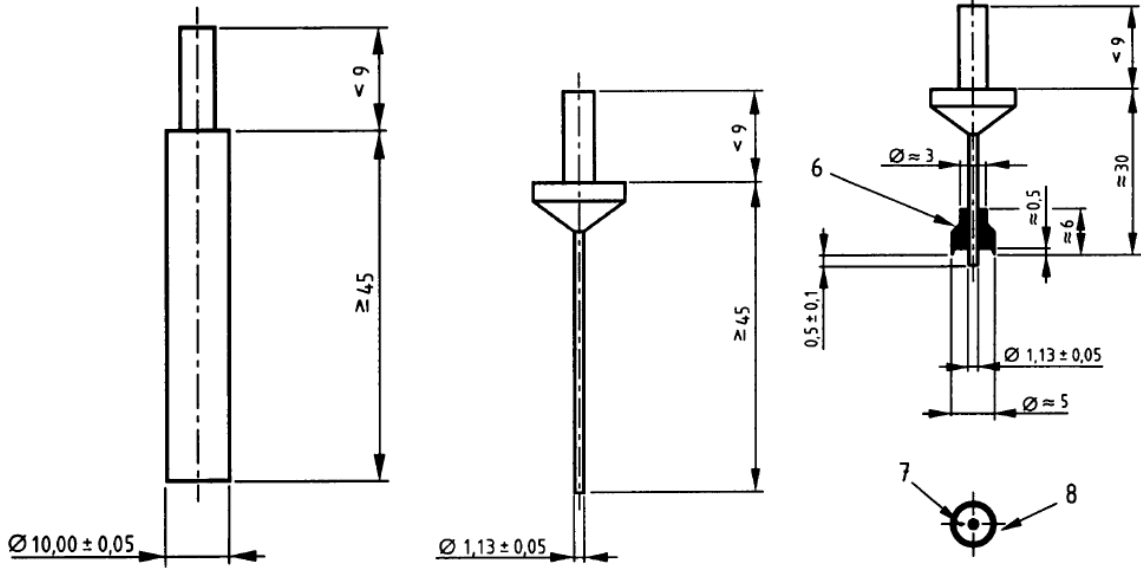
### İşlem

#### Çimento pastasının karıştırılması

1 g doğrulukla 500 g çimento tartılır. Bir miktar su, meselâ 125 g, karıştırıcı kabına tartılır veya dereceli mezürle veya büretle ölçülerek karıştırıcı kabına konur. Çimento suya koyulur. İlâvenin süresi 5 saniyeden az, 10 saniyeden fazla olmamalıdır. İlâvenin tamamlandığı an sonraki ölçümler için sıfır zamanı olmak üzere kaydedilir. Karıştırıcı hemen 90 saniye süreyle düşük hızda olmak üzere çalıştırılır. 90 saniye sonunda 30 saniye durdurulur ve bu arada uygun bir kazıyıcı ile karıştırıcı kabının iç çeperlerine yapışan çimento pastası sıyrılır ve karışıma eklenir. Karıştırıcı tekrar 90 saniye düşük hızda çalıştırılır. Karıştırıcının toplam çalışma süresi 3 dakika olmalıdır.



Resim 2.7 - Çimentonun standard kıvam ve priz süresi tayini için Vicat cihazları.



Resim 2.8 Çimentonun standard kıvam ve priz süresi tayini için kullanılan el kontrollü tipik Vicat cihazları.

### Kalıpların doldurulması

Çimento pastası daha önce hafifçe yağlanmış taban plâkası üzerine yerleştirilmiş Vicat kalıbına fazla miktarda olmak üzere hiçbir sıkıştırma veya vibrasyon yapmadan hemen yerleştirilir. Kalıbın üstüne taşan çimento pastası fazlalığı düzgün kenarlı bir spatül ile yavaş testere hareketi uygulanıp sıyrılarak düzgün bir yüzey elde edilir.

### Standard kıvam tayini

Deney için Vicat cihazına takılan sonda, taban plâkasının üzerine kadar indirilir ve taksimatlı gösterge üzerinde sıfır okunacak şekilde ayarlanır. Sonra sonda yukarı kaldırılarak duruş konumuna alınır. Pastanın seviyesi ayarlandıktan sonra, hemen Vicat kalıbı ve taban plâkası Vicat cihazına yerleştirilir ve sondanın altında sondanın pozisyonuna göre merkezlenir. Sonda pasta ile temas edinceye kadar yavaşça indirilir. Hareket eden parçaların hızla inmesini önlemek için sonda bu durumda 1-2 saniye tutulur. Sonra hareket eden parçalar çabuk bir şekilde serbest bırakılır ve sondanın kendi ağırlığı ile düşey olarak pastanın merkezine girmesi sağlanır. Sondanın serbest bırakılması sıfır olarak kabul edilen başlangıç zamanından 4 dak.  $\pm 10$  san. sonra olmalıdır. Sondanın batması tamamlandıktan sonra veya sondanın serbest bırakılmasından 30 saniye sonra, (hangisi önce ise) okuma yapılmalıdır.

Sondanın alt yüzü ile taban plâkası arasındaki mesafeyi veren değer okunur ve bu değer, çimentonun kütlesi cinsinden yüzde olarak ifade edilmek suretiyle, pastanın su muhtevası ile birlikte kaydedilir. Sonda her batırılıştan sonra hemen temizlenir.

Deney, değişik miktarlarda su içeren pastalarla, sonda ve taban plâkası arasındaki mesafe  $(6 \pm 2)$  mm oluncaya kadar tekrar edilir. Standard kıvama gelen pastanın su miktarı % 0,5'lik doğrulukla Standard kıvam için gerekli su miktarı olarak kaydedilir.



## **Priz süresi tayini deneyi**

### **Cihazlar**

#### **Rutubet odası veya dolabı**

Uygun boyutlu ve  $(20 \pm 1)^\circ \text{C}$ 'de tutulan ve bağıl nemi % 90'dan az olmayan bir oda veya bir rutubet dolabı.

Aynı deney sonuçlarını verdiği gösterilmek kaydıyla, doldurulmuş Vicat kalıplarının daldırıldığı, sıcaklığını  $(20 \pm 1)^\circ \text{C}$ 'de muhafaza edebilen su banyosu kullanılabilir.

#### **Priz başlama süresi için Vicat cihazı**

Sonda çıkarılır ve yerine çelikten yapılmış silindir şeklinde etkili uzunluğu 45 mm ve çapı  $(1,13 \pm 0,05)$  mm olan iğne takılır. Hareket eden bu parçaların toplam kütlesi  $(300 \pm 1)$  g olmalıdır.

#### **Priz başlangıç süresinin tayini**

Deney için Vicat cihazına takılmış olan iğne taban plâkasının üzerine indirilir ve iğneli Vicat cihazı taksimatlı gösterge üzerinde sıfıra ayarlanır. Sonra iğne yukarı kaldırılarak duruş pozisyonuna alınır.

Vicat kalıbı, standard kıvamdaki çimento pastası ile doldurulur ve düzlenir. Doldurulmuş Vicat kalıbı taban plâkası ile birlikte rutubet odasına veya rutubet dolabına yerleştirilir, uygun bir süre sonra Vicat cihazına ve iğnenin altına yerleştirilir. İğne, pasta ile temas edinceye kadar yavaşça indirilir. Hareket eden parçaların hızla inmesini önlemek için iğne bu durumda (1-2) saniye tutulur. Sonra hareket eden parçalar birden bırakılır ve iğnenin düşey olarak pastanın içine girmesi sağlanır. İğnenin pastaya batması tamamlandıktan sonra veya iğnenin serbest bırakılmasından 30 saniye sonra (hangisi daha önce olmuşsa) taksimatlı göstergede okuma yapılır. İğnenin ucu ile taban plâkası arasındaki mesafeyi veren bu değer, sıfır anından itibaren geçen süre ile birlikte kaydedilir. İğnenin aynı numuneye batırılma işlemi, iğnenin pastaya batırıldığı noktalar arasındaki veya kalıp kenarından en az 8 mm veya birbirlerinden 5mm ve son penetrasyon konumundan 10 mm mesafe olacak ve 10 dakikalık uygun zaman aralıkları ile tekrarlanır. Numune, iğnenin batırılma zamanları arasında rutubet odasında veya rutubet dolabında tutulmalıdır. Her batırma işleminden sonra Vicat iğnesi hemen temizlenmelidir. Sıfır olarak kabul edilen başlangıç zamanından itibaren iğne ile taban plâkası arasındaki mesafe  $(6 \pm 3)$ mm oluncaya kadar geçen süre en yakın 5 dakikaya yuvarlatılarak priz başlangıç süresi olarak kaydedilir. Gereken doğruluk batma deneylerindeki zaman aralıklarının prizin başlamasına yakın azaltılması ile sağlanabilir ve başarılı deney sonuçlarında aşırı farklılık gözlenmez.

#### **Priz bitiş süresinin tayini**

Taban plâkasının üzerinde bulunan priz başlama süresinin tayini deneyinde kullanılmış olan dolu kalıp, priz sonu süresi tayini için ters çevrilir. Böylece priz sonu süresinin tayini, pastanın



başlangıçta taban plâkası ile temas eden yüzeyi üzerinde yapılır. İğne, küçük batmaların doğru gözlenebilmesini kolaylaştırmak için iğne bağlantı halkası ile cihaza tutturulur. Priz başlangıç süresinin tayini'ndeki işlem uygulanır. Pastaya batırma işlemleri arasındaki zaman aralıkları, meselâ 30 dakikaya kadar arttırılabilir.

Numune, batırma işlemleri arasında rutubet odasında veya dolabında tutulmalıdır. Her batırma işleminden sonra Vicat iğnesi hemen temizlenmelidir. İğnenin ilk 0,5 mm kadar battığı an ile sıfır olarak kabul edilen zaman, en yakın 5 dakikaya yuvarlatılarak priz sonu süresi olarak kaydedilir.

## Genleşme deneyi

### Cihazlar

#### Le Chatelier cihazı

Kalıp, Resim 2.9 (a)'da verilen ölçülere uygun çubuk şeklinde gösterge uçları bulunan pirinçten yapılmış olmalıdır. Kalıbın esnemesi, 300 g'lık bir ağırlık uygulandığında, çubuk şeklindeki göstergelerin uçları arasındaki mesafe, kalıcı deformasyon oluşturmaksızın 15 mm'den az olmamalıdır.

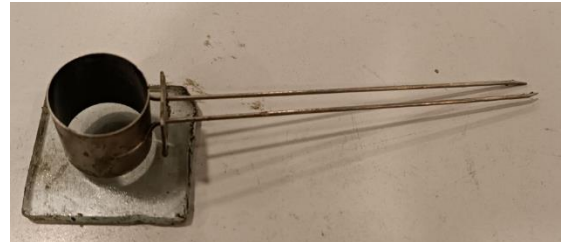
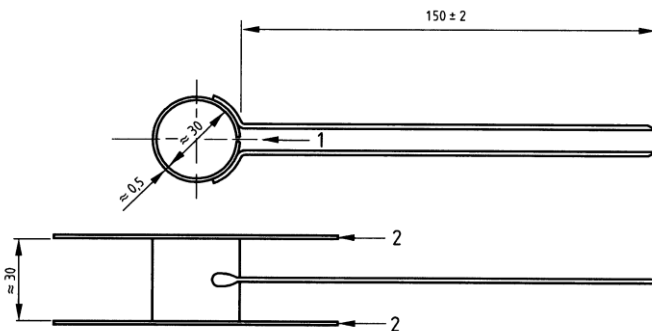
Her kalıp için alt ve üst plâka olmak üzere bir çift cam plâka bulunmalıdır. Plâkalar kalıptan daha geniş olmalıdır. Kalıbın üzerini örtecek plâka en az 75 g olmalıdır, bu gereği karşılamak için ince bir plâka üzerine ilâve küçük kütleler koyulabilir. (Resim 2.9.(b))

### Su banyosu

İçine Le Chatelier numunelerinin doldurulacağı, su sıcaklığını  $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$ 'den  $(30 \pm 5)$  dakikada kaynama sıcaklığına ulaştıracak tertibatlı, ısıtıcı su kabı.

### Rutubet dolabı

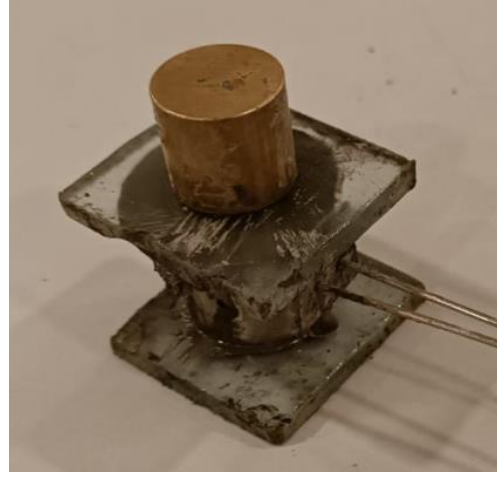
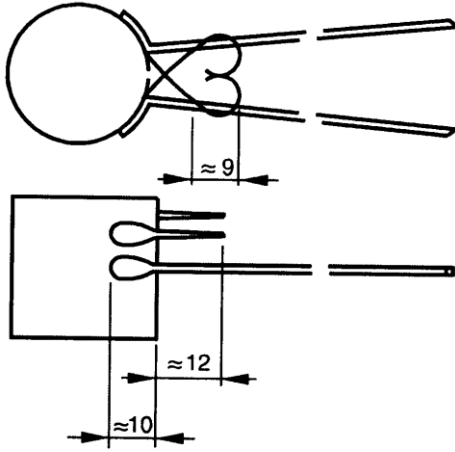
Uygun boyutlu ve sıcaklığı  $(20 \pm 1)^\circ \text{C}$ 'de tutulan ve bağıl nemi %90'den az olmayan.



Açıklamalar:

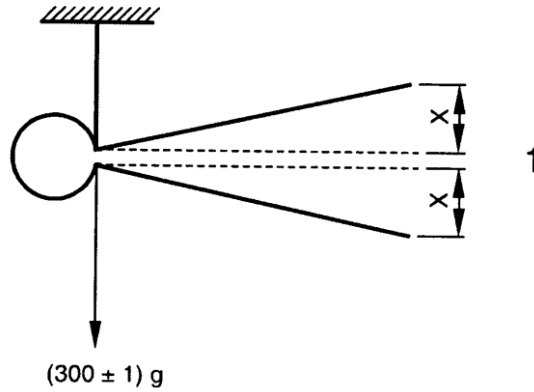
- 1 Yarık
- 2 Kaplama plakası

Resim 2.9(a) - Çimentoda hacim genişmesinin tayini için tipik Le Chatelier cihazı



**Not** - Ortadaki yarığın her iki tarafına, kalıbın üst yarısına lehimlenmiş olan iki çengel, deneyden sonra sertleşmiş pasta numunesinin kalıptan çıkarılmasında kolaylık sağlar.

Resim 2.9(b) Çimentoda hacim genişmesinin tayini için tipik Le Chatelier cihazı - Kalıptan çıkarmak için tercihe bağlı olarak kullanılan çengel düzenek



Açıklama:

1 Gösterge uçlarının arasındaki mesafe artışı ( $2x \geq 15,0$ )

Resim 2.9(c) Çimentoda hacim genişmesinin tayini için tipik Le Chateleir Cihazı - Esneme deney düzeneği

### İşlem

Deney aynı çimento pasta karışımından aynı anda iki numune üzerinde yapılır. Standard kıvamda bir çimento pastası hazırlanır. Hafif yağlanmış Le Chatelier kalıbı yine hafif yağlanmış olan plâkanın üzerine konur ve sıkıştırmaksızın veya vibrasyon yapmaksızın hemen pasta ile doldurulur, tercihe göre sadece elle veya düz kenarlı bir spatül kullanarak, üst yüzeyin seviyesi ayarlanır. Doldurma sırasında kalıbın yarık kısmının açılmaması için parmaklarla hafif sıkılır veya uçlar bağlanır veya uygun bir lastik bantla tutturulur. Kalıbın üstü hafif yağlanmış plâka ile örtülür, gerekirse ilâve kütle eklenir ve bütün cihaz hemen rutubet dolabına konur. Burada  $(24 \pm 0,5)$  saat  $(20 \pm 1)^\circ \text{C}$ 'de ve % 90'dan az olmayan bağıl nemde muhafaza edilir.



**Not 1** - Cam plâkaların arasına yerleştirilmiş kalıbın üzerini örten plâkanın üzerine istenirse ilâve kütle konmak suretiyle hepsi birlikte su banyosuna konulabilir ve burada  $(24 \pm 0,5)$  saat  $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilir. Ancak bu işlemin referans metoda göre doğrulanmış olması gerekir.

$(24 \pm 0,5)$  saatlik süre sonunda gösterge uçları arasındaki mesafe (A) en yakın 0,5 mm'ye yuvarlatılarak ölçülür. Sonra kalıp  $(30 \pm 5)$  dakika içinde kaynama sıcaklığına kadar ısıtılır ve su banyosu kaynama sıcaklığında  $(3 \text{ saat} \pm 5 \text{ dakika})$  bekletilir.

Kaynama süresi sonunda gösterge uçları arasındaki mesafe (B), en yakın 0,5 mm'ye yuvarlatılarak ölçülebilir.

Kalıbın  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğuması beklenir. Gösterge uçları arasındaki mesafe (C), en yakın 0,5 mm'ye yuvarlatılarak ölçülür. Her numune için (A) ve (C) ölçümleri kaydedilir ve  $(C-A)$  farkı hesaplanır.  $(C-A)$ 'nın iki değerinin ortalaması en yakın 0,5 mm'ye yuvarlatılarak hesaplanır.

## **Sonuç**

Genleşme deneyinin esas amacı bağlanmamış (serbest) kalsiyum oksit ve/veya magnezyum oksit hidratasyonu sebebiyle sonradan ortaya çıkabilecek genleşme riskinin değerlendirilmesidir. Bu gaye ile,  $(C-A)$  farkı rapor edilir.



## 2.3. İncelik Tayini (TS EN 196-6)

### Kapsam

Bu deney, çimento inceliğini tayin etmek için yapılır.

### Prensip

Çimentonun inceliği, standard eleklerden elenerek ölçülür. Çimentonun belirlenmiş göz açıklığından daha büyük olan tanelerinin oranı tayin edilir. Eleklerin kontrolü için, belirlenmiş göz açıklığından daha iri malzeme oranı bilinen bir referans numune kullanılır.

### Cihazlar

#### Deney Eleği

Sıkı, dayanıklı, paslanmaz, 150 mm - 200 mm nominal çapta, 40 mm-100 mm derinlikte, silindirik çerçeveye tutturulmuş 90 µm göz açıklığında paslanmaz örme çelik veya diğer aşınmaya dayanıklı paslanmaz metal telden yapılmış örgüden oluşur. Eleme esnasında malzeme kaybını önlemek için elek çerçevesinin altına tutturulan toplama tavası ve üstünde de kapağı olmalıdır.

**Terazi**, 0,01 g doğruluğu olan ve 25 g tartma kapasitesinde,

#### Elek kontrolü için malzeme

Elek kontrolü için elek kalıntısı bilinen referans bir malzeme kullanılmalıdır. Malzeme özelliklerinin atmosferden etkilenmemesi için hava geçirimsiz, iyi kapanan kaplarda saklanmalıdır. Referans malzemenin elek kalıntısı kaplar üzerinde belirtilmelidir.

### İşlem

#### Çimento Kalıntısının Tayini

Topaklanmaların dağılması için deneye tâbi tutulacak çimento numunesi kapaklı bir kavanozda 2 dakika sallanır, 2 dakika beklenir. Temiz, kuru bir çubuk kullanılarak ince kısımların dağılması için hafifçe karıştırılır.

Toplama tavası eleğin altına takılır, 0,01 g hassasiyetinde yaklaşık  $25 \pm 0,5$  g çimento tartılır ve dökülmemesine dikkat edilerek eleğin içine konur. Herhangi bir topaklanma varsa dağıtılır, üzerine kapak konur. Elek dairesel ve doğrusal hareketlerle döndürülerek hiç ince malzeme alta geçmeyinceye kadar sallanır. Kalıntı tartılır. Kütle, ilk tartılan numunenin yüzdesi olarak % 0,1 yaklaşımla yüzde olarak ( $R_1$ ) ifade edilir. Eleğin tabanındaki ince malzemeler tava içine hafifçe fırçalanır. Bütün işlem yeni bir 25 g numune ile tekrarlanarak ( $R_2$ ) elde edilir. Çimento kalıntısı  $R$ ,  $R_1$  ve  $R_2$ 'nin ortalaması olarak % 0,1 yaklaşımla yüzde olarak hesaplanır.



Sonuçlar mutlak değer olarak % 0,6'dan fazla olmamalıdır.

### **Sonuçların gösterilmesi**

Elek kalıntısı olarak, % 0,1 doğrulukla R değeri, elek göz açıklığı ve deneye tabi tutulan imento ile ilgili bilgiler kaydedilir.



## Bölüm 3. Taze Beton Deneyleri

### 3.1. Çökme (Slamp) Deneyi (TS EN 12350-2)

#### Kapsam

Çökme (slamp) deneyi, taze beton kıvamını tayin etmek amacıyla yapılır. Çökme deneyi, 10 mm ile 210 mm arasında çökme değerine sahip betonların kıvamındaki değişimlere duyarlıdır. Bu sınırlar dışında, çökme değerinin ölçülmesi yoluyla kıvam tayini uygun değildir ve bu durumda diğer kıvam tayini deneyleri kullanılmalıdır.

Deney esnasında, taze betondaki çökmenin, kalıbın (çökme hunisinin) çekilmesinden sonraki bir dakikalık süreden sonra da devam etmesi, çökme deneyinin bu betonun kıvamını tayin etmek için uygun olmadığını gösterir. Agreganın en büyük tane büyüklüğü olan D değeri ( $D_{max}$ ) 40 mm'den daha fazla olan betonlarda çökme deneyi uygun değildir.

#### Prensip

Taze beton, kesik huni şekli kalıp içerisine sıkıştırılarak doldurulur. Kalıbın yukarı doğru çekilerek alınmasından sonra, taze beton kütesindeki çökme mesafesi, betonun kıvam ölçüsü olarak kullanılır.

#### Cihazlar

**Kalıp (içi boş huni)**, deney numunesi oluşturmak üzere, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen ve 1,5 mm veya daha kalın metalden yapılmış olan. Huninin iç yüzeyi pürüzsüz olmalı ve perçin gibi çıkıntılar ile eziklikler bulunmamalıdır. Huninin tabanı ve üst yüzü açık ve birbirine paralel olmalı, taban ve üst yüz, kesik huni düşey eksenine dik açı teşkil etmeli, içi boş ve aşağıda verilen iç ölçülere sahip olmalıdır.

- Taban çapı :  $(200 \pm 2)$  mm ,
- Üst yüz çapı :  $(100 \pm 2)$  mm ,
- Yükseklik :  $(300 \pm 2)$  mm.

#### Sıkıştırma (şişleme) çubuğu,

a) Sıkıştırma çubuğu, dairesel kesitli, düz, çapı yaklaşık olarak 16 mm ve uzunluğu yaklaşık olarak 600 mm, ucu yuvarlatılmış, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden imal edilmiş olan;

b) Sıkıştırma çubuğu, kare kesitli, düz, kesit ölçüleri yaklaşık olarak 25 mm x 25 mm ve yaklaşık uzunluğu 380 mm olan ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden imal edilmiş olan.

**Huni doldurma başlığı**, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış, içi boş kesik slump hunisinin üst yüzüne yerleştirilmesini sağlayan bir geçme kısmı olan.



**Cetvel**, 0 mm'den 300 mm'ye kadar, 1 mm'yi aşmayan aralıklarla bölümlenmiş ve sıfır (0) noktası cetvelin başlangıç uç noktasında olan.

**Şerit metre, (veya çelik cetvel)** uzunluğu en az 1000 mm ve tüm uzunluğu boyunca en fazla 5 mm aralıklarla bölümlenmiş olan.

**Taban plâkası/yüzeyi**, kalıbın üzerine yerleştirileceği, su emmeyen, sert, düz plâka veya diğer yüzey.

**Kap**, su geçirmez, şeklini korumaya yeterli sertlikte olan, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen, su emmeyen malzemeden yapılmış, iç yüzeyi pürüzsüz olan. Kabın en küçük boyutu, betondaki agreganın en büyük anma boyutunun ( $D_{max}$ ) en az dört katı olmalı, ancak 150 mm den az olmamalıdır. Kabın hacmi en az 5 litre olmalıdır.

**Tekrar karıştırma kabı veya tepsi**, su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikteki malzemeden yapılmış, rijit yapılı, düz tepsi. Tepsi ölçüleri, kare ağızlı kürek kullanılarak, betonun tamamıyla tekrar karıştırılmasına uygun olmalıdır.

**Kürek**, kare ağızlı olan.

**Kepçe**, yaklaşık 100 mm genişlikte olan.

**Termometre**, taze betonun sıcaklığını en fazla 1 °C hata ile ölçmeye uygun olan.

**Kronometre veya saat**, 0,5 saniye hassasiyete okuma yapabilen.

**Kollu veya göstergeli terazi**, en fazla 0,01 kg hata ile tartabilen.

**Düz kenarlı mastar**, çelikten yapılmış, uzunluğu, kesik koni biçimli kalıbın üst yüzeyinin iç boyutundan en az 100 mm daha büyük olan.

**Mala veya perdah malası**, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden imal edilmiş olan.

## Deney numunesi

Beton deney numunesi, TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır.

Deney uygulanmadan önce, beton deney numunesi, tekrar karıştırma kabı veya tepsi içerisinde, kare ağızlı kürek veya kepçe kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.

## İşlem

Kalıbın iç yüzeyi ile taban plâkası, yüzeyde serbest su kalmayacak şekilde nemlendirilir ve kalıp, yatay konumdaki taban plâkası/yüzeyi üzerine yerleştirilir. Kalıp, betonun doldurulması esnasında, tabana kelepçelenerek veya iki ayak basma parçasına basılarak taban plâkası/yüzeyine sıkıca temas etmesi sağlanır.

Taze beton, kalıba eşit kalınlıkta üç tabaka halinde ve her tabakanın sıkıştırılmış durumdaki kalınlığı, kalıp yüksekliğinin yaklaşık olarak 1/3'i olacak şekilde doldurulur. Doldurma



esnasında her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile 25 defa şişlenerek sıkıştırılır. Sıkıştırma çubuğu darbeleri, her tabakanın yüzey alanına düzgün dağılmalıdır. En alt tabakanın sıkıştırılması esnasında, darbelerin yüzeye düzgün dağıtılması için, sıkıştırma çubuğunun düşey doğrultuya göre hafifçe yatırılması ve darbelerden en az yarısının kenardan merkeze doğru spiral oluşturacak noktalara vurulması gerekir. İkinci ve son tabaka, bütün derinliğince, sıkıştırma çubuğu bir alt tabakaya da hafifçe işleyecek şekilde sıkıştırılmalıdır. En üst tabakanın doldurulması ve sıkıştırılmasında, sıkıştırma işlemine başlanılmadan önce beton seviyesinin kalıp üst yüz seviyesinden daha yukarıda olması sağlanmalıdır.

En üst tabakanın sıkıştırılması esnasında, taze beton seviyesinin, kalıp üst yüz seviyesinden daha aşağıya düşmesi halinde, beton seviyesinin sürekli olarak kalıp üst yüz seviyesinden daha yukarıda olması sağlanacak şekilde beton ilâve edilmelidir. Sıkıştırma işleminin tamamlanmasından sonra, kalıp üst seviyesinden taşan fazla beton, sıkıştırma çubuğuna kesme ve yuvarlama hareketleri (matar hareketi benzeri) yaptırılarak sıyrılıp alınmalı ve yüzey tesviye edilmelidir.

Taban plâkası/yüzeyine dökülen beton temizlenir. Kalıp, el tutamaklarından tutularak, düşey şekilde yukarıya doğru çekilerek alınır.

Hununin çekilme işlemi 2 – 5 saniye arasındaki sürede tamamlanmalı, kalıp sabit hızda çekilmeli, bu esnada beton kütesine yanal hareket veya burulma hareketi yaptırılmamalıdır.

Tüm deney işlemi, betonun kalıba doldurulmaya başlanılmasından, kalıbın çekilerek alınmasına kadar herhangi bir kesinti olmaksızın 150 saniyede tamamlanmalıdır.

Kalıbın alınmasından hemen sonra, kalıp üst yüzey seviyesi ile çöken beton kütesinin en yüksek noktası arasındaki çökme mesafesi (h) ölçülerek kaydedilmelidir.

Taze beton kıvamı, olabilecek rutubet kaybı veya çimento hidrasyonu nedeniyle zamanla değişir. Bu nedenle birbiriyle kıyaslanabilecek sonuçlar alınabilmesi için farklı numuneler üzerinde yapılacak deneylerin, karışımdan sonra sabit bir süre içerisinde yapılması gereklidir.

### **Deney sonuçları**

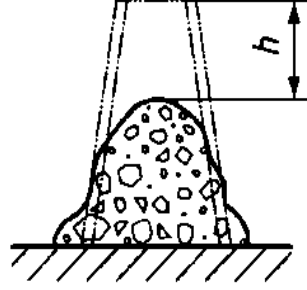
Deney, ancak taze beton çökmesinin düzgün şekilde gerçekleşmesi halinde geçerli olur. Düzgün çökme, Resim 3.2 (a)'da gösterildiği gibi, beton kütesinin deney sonunda, bütün olarak ve simetrik şekilde kalmasını ifade eder.

Numunenin Resim 3.2 (b)'de gösterildiği gibi kayması halinde, deney geçerli olmaz ve yeni numune kullanılarak deney tekrarlanmalıdır.

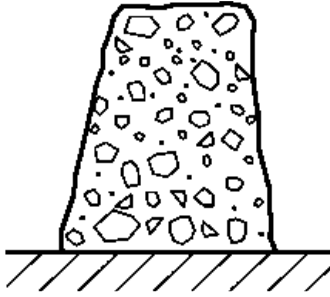
Ardı ardına yapılan iki deneyde de beton kütesinden kayarak ayrılan parça olması, taze betonun düzgün çökme deneyi yapılması için gerekli plastiklik ve kohezyona sahip olmadığını gösterir.



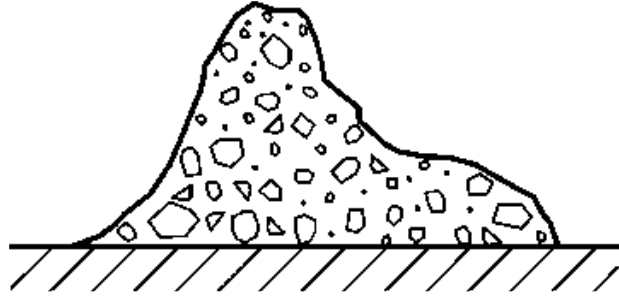
Düzgün çökme meydana gelen deney sonucunda, çökme değeri,  $h$ , Resim 3.1'de gösterildiği gibi ölçülüp, en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.



Resim 3.1 — Çökmenin ölçülmesi



a) Düzgün çökme



(b) Kayma meydana gelmiş çökme

Resim 3.2 — Çökme Şekilleri



### 3.2. Vebe Deneyi (TS EN 12350-3)

#### Kapsam

Vebe deneyi, Vebe süresinin belirlenmesi yoluyla taze beton kıvamını tayin etmek amacıyla yapılır.

Bu deney, agrega en büyük tane büyüklüğü 63 mm'den daha fazla olan betonlara uygulanmaz. Vebe süresi 5 saniyeden daha az ve 30 saniyeden daha fazla olan betonların kıvamı Vebe deneyi için uygun değildir.

#### Prensip

Taze beton, kalıp (çökme hunisi) içerisine sıkıştırılarak doldurulur. Kalıp yukarı doğru çekilerek alınır ve taze beton kütlesi serbest bırakılır. Saydam bir disk beton kütlesi üzerine, betona temas edinceye kadar indirilerek betonun çökmesi kaydedilir. Titreşim masası çalıştırılır ve saydam diskin alt yüzünün çimento şerbetiyle tamamen kaplanması (temas etmesi) için geçen süre (Vebe süresi) ölçülür.

#### Cihazlar

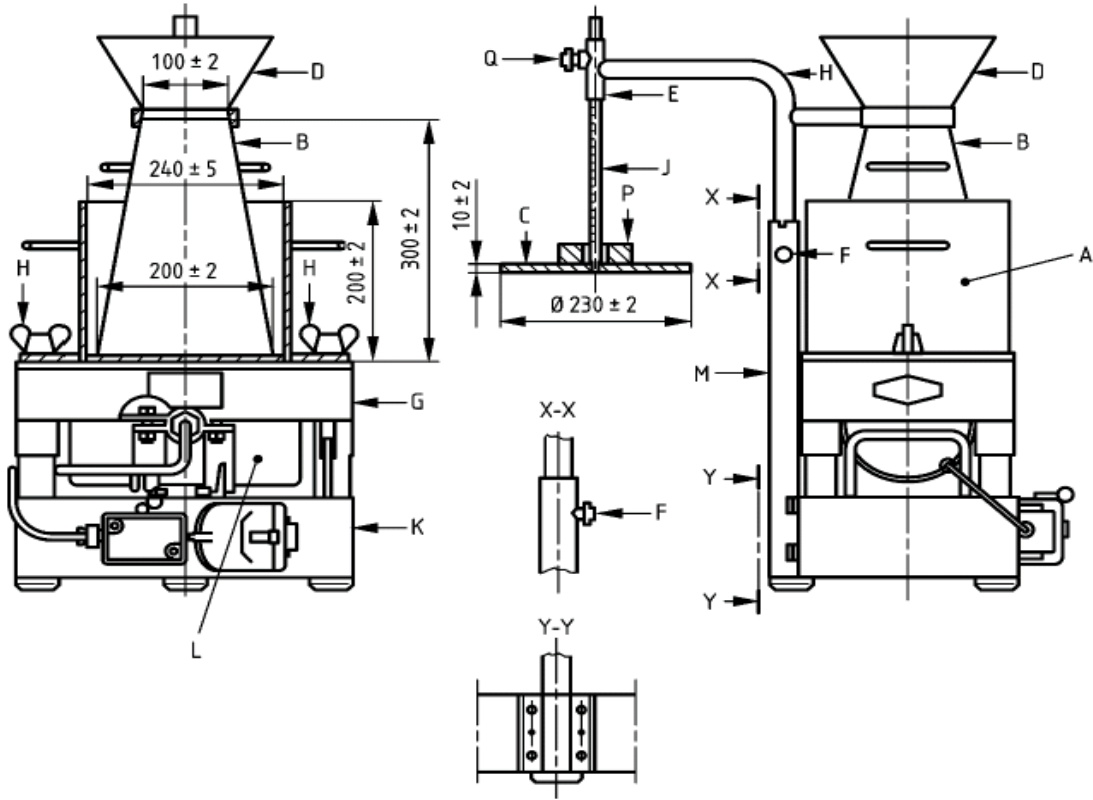
#### Vebe ölçer (konsistometre)

Resim 3.3' de verilen vebe ölçer aşağıdakilerden oluşur:

#### a) Silindir şekilli kap

Çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış, iç çapı (240 ± 5) mm, ve yüksekliği (200 ± 2) mm olan silindir şekilli kap (A). Kapın duvar et kalınlığı yaklaşık 3 mm ve taban et kalınlığı da yaklaşık olarak 7,5 mm olmalıdır. Kap su sızdırmaz nitelikte, hor kullanma durumunda bile şeklini muhafaza etmeye yeterli dayanıklılıkta olmalıdır. Kapta el tutamakları ve tabanında, titreşim masasına (G) emniyetli şekilde, kelebek başlı civatayla (H) bağlantı sağlayacak kulaklar (çıkıntılar) bulunmalıdır.

Ölçüler milimetredir.

**Açıklama**

A	silindirik şekilli kap	G	titreşim masası	N	döner kol
B	çökme hunisi	H	kelebek başlı civata	P	kütle
C	saydam disk	J	ölçekli çubuk	Q	vida
D	huni	K	İçi boş kaide	Y-Y	detay
E	klavuz yuva	L	titreşim oluşturucu unite	X-X	detay
F	vida	M	tutucu yuva		

Resim 3.3 — Tipik Vebe ölçer (konsistometre)

**b) Kalıp (çökme hunisi)**, et kalınlığı 1,5 mm.den daha fazla ve çimento hamurundan olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış olan. Kalıp iç yüzeyinde perçin başlığı benzeri çıkıntı olmamalı, iç yüzey düzgün olmalı ve yüzeyde oyuk, çentik bulunmamalıdır. Kalıp aşağıda verilen iç ölçülere sahip içi boş kesik huni şekilli olmalıdır:

- Taban çapı :  $(200 \pm 2)$  mm ,
- Üst yüz çapı :  $(100 \pm 2)$  mm ,
- Yükseklik :  $(300 \pm 2)$  mm.

**c) Disk**, saydam ve yatay (C) konumda, klavuz yuva (E) içerisinde düşey olarak kayan ve vida (Q) ile sıkıştırılarak konumu sabitlenebilen çubuğa (J) monte edilmiş olan. Klavuz yuva yatay düzlemde elle döndürülebilen kola (N) bağlanmış olmalıdır. Dönebilen kol aynı zamanda bir huniyi (D) de tutmalıdır. Çökme kalıbı, silindirik kap içerisine merkezlenerek



yerleştirildiğinde, huninin altı, çökme kalıbının üst yüzüne uymalıdır. Dönen kol, bir tutucu yuva (M) içerisine yerleştirilmeli ve bir vida (F) ile belirli bir konumda sabitlenebilmelidir. Kullanım esnasında, çubuk ve huni eksenini silindirik kap eksenini aynı doğrultuda çakışmalıdır. Saydam diskin çapı  $(230 \pm 2)$  mm ve kalınlığı  $(10 \pm 2)$  mm olmalıdır. Saydam disk üzerine (P) kütlesi yerleştirilmelidir. Birbirine monte edilmiş çubuk ve saydam diskten oluşan hareketli parçaların, bu kütleyle birlikte toplam kütlesi  $(2750 \pm 50)$  g olmalıdır. Hareketli çubuk, beton çökmesini belirleyebilmek üzere 5 mm aralıklarla bölümlenmiş olmalıdır.

**d) Titreşim masası (G)**,  $(380 \pm 3)$  mm uzunlukta ve  $(260 \pm 3)$  mm genişlikte olan. Titreşim masası, üç lâstik ayak üzerine oturan içi boş kaide (K) üzerine, dört adet titreşim yutucu parça kullanılarak yerleştirilmelidir. Titreşim oluşturucu ünite (L), masanın altına emniyetli şekilde monte edilmelidir. Titreştirici 50 Hz ile 60 Hz arasındaki anma frekansında çalışmalı ve üzerinde boş kap bulunduğu durumda masanın düşey genliği yaklaşık olarak  $\pm 0,5$  mm olmalıdır.

**e) Sıkıştırma (şişleme) çubuğu,**

- Sıkıştırma çubuğu, dairesel kesitli, düz, çapı yaklaşık olarak 16 mm ve uzunluğu yaklaşık olarak 600 mm, ucu yuvarlatılmış, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden imal edilmiş olan;

- Sıkıştırma çubuğu, kare kesitli, düz, kesit ölçüleri yaklaşık olarak 25 mm x 25 mm ve yaklaşık uzunluğu 380 mm olan ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden imal edilmiş olan.

**f) Kronometre veya saat**, 0,5 saniye hassasiyette okuma yapabilen.

**g) Tekrar karıştırma kabı veya tepsi**, su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikte malzemeden yapılmış, rijit yapılı, düz tepsi. Tepsi ölçüleri, kare ağızlı kürek kullanılarak, betonun tamamıyla tekrar karıştırılmasına uygun olmalıdır.

**h) Kürek**, kare ağızlı.

**i) Kepçe**, yaklaşık 100 mm genişlikte.

**Deney numunesi**

Beton numunesi, TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır.

Deney uygulanmadan önce beton numune, tekrar karıştırma kabı içerisinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.

**İşlem**

Vebe ölçer, yatay konumdaki rijit bir taban üzerine yerleştirilir ve silindir şekilli kap (A) titreşim masasına (G) kelebek başlı civatalarda (H) sıkıca bağlanır. Çökme kalıbı (B) nemlendirilir ve silindirik kabın içerisine yerleştirilir. Tutma kolu döndürülerek huni (D), çökme kalıbı üzerine getirilir ve kalıba temas edecek şekilde indirilir. Sabitleme vidası (F), çökme kalıbı, silindirik kap içerisinde, tabandan yukarıya hareket etmeyecek şekilde sıkıştırılır.



Alınan taze beton, çökme hunisine, eşit kalınlıkta üç tabaka halinde ve her tabakanın sıkıştırılmış durumdaki kalınlığı, kalıp yüksekliğinin yaklaşık olarak 1/3'ü olacak şekilde doldurulur. Doldurma esnasında her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile 25 defa şişlenerek sıkıştırılır. Sıkıştırma çubuğu darbeleri, her tabakanın yüzey alanına düzgün dağılmalıdır.

En alt tabakanın sıkıştırılması esnasında, darbelerin yüzeye düzgün dağıtılması için, sıkıştırma çubuğunun düşey doğrultuya göre hafifçe yatırılması ve darbelerden en az yarısının kenardan merkeze doğru spiral oluşturacak noktalara vurulması gerekir. En alt tabaka, bütün derinliğince tabana sert darbe vurulmamaya dikkat edilerek sıkıştırılır. İkinci ve son tabaka bütün derinliğince, sıkıştırma çubuğu bir alt tabakaya da hafifçe işleyecek şekilde sıkıştırılmalıdır. En üst tabakanın doldurulmasında, sıkıştırma işlemine başlanılmadan önce beton seviyesinin kalıp üst yüz seviyesinden daha yukarıda olması sağlanmalıdır. En üst tabakanın sıkıştırılması esnasında, taze beton seviyesinin kalıp üst yüz seviyesinden daha aşağıya düşmesi halinde, beton seviyesinin sürekli olarak kalıp üst yüz seviyesinden daha yukarıda olması sağlanacak şekilde beton ilâve edilmelidir.

En üst tabakanın sıkıştırılma işlemi tamamlanınca, sabitleme vidası (F) gevşetilir, huni (D) yukarıya kaldırılır ve huni silindirik kap dışına gelecek şekilde kol çevrilir, vida (F) yeni konumda tekrar sıkılır. Bu esnada çökme kalıbının (B) yukarıya kalkmaması ve betonun silindirik kap (A) içerisine yayılmasını önlemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. Çökme kalıbının üst seviyesinden taşan fazla beton, sıkıştırma çubuğuna kesme ve yuvarlama hareketleri yaptırılarak sıyrılıp alınır ve yüzey tesviye edilir. Kalıp (B), el tutamaklarından tutularak düşey şekilde yukarıya doğru çekilerek alınır. Kalıbın çekilme işlemi 5 – 10 saniye arasındaki sürede tamamlanmalı, kalıp sabit hızda çekilmeli, bu esnada beton kütesine yanal hareket veya burulma hareketi yaptırılmamalıdır.

Betonun Resim 3.4 (b)'de gösterildiği gibi kayması, Resim 3.4 (c)'de gösterildiği gibi tamamen çökmesi veya silindirik kap iç yüzeyine (A) temas eder şekilde çökmesi halinde bu durum kaydedilmelidir. Betonun silindirik kap (A) iç yüzeyine temas edecek kadar çökmemesi ve Resim 3.4 (a)' da gösterilen çökmenin oluşması halinde bu durum kaydedilmelidir.

Kol çevrilerek saydam disk (C) beton kütesi üzerine getirilir, vida (Q) gevşetilir ve disk betona temas edinceye kadar dikkatlice indirilir.

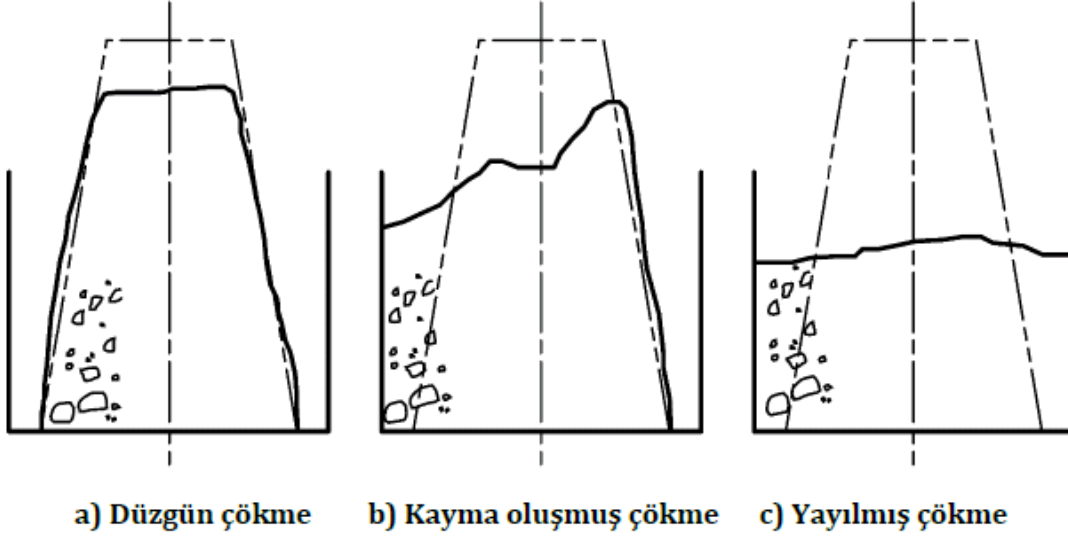
Betonda düzgün çökme olması şartıyla, disk (C), beton kütesinin en yüksekteki noktasına temas eder ve bu esnada vida (Q) sıkılır. Çubuk üzerindeki bölümlerden (J), beton çökmesi okunur ve kaydedilir. Vida (Q), saydam diskin (C) silindirik kap içerisinde kolayca aşağı hareket etmesini ve beton kütesi üzerine tam oturmasını temin üzere gevşetilir.

Çökmenin düzgün olmaması halinde, vida (Q), saydam diskin (C), silindirik kap içerisindeki betona oturacak kadar kaymasını sağlayacak şekilde gevşetilmelidir.

Titreşim masası çalıştırılır ve aynı anda kronometre başlatılır. Bu işlem yapılırken taze betonun nasıl sıkıştığı saydam diskten gözlenir. Diskin (C) alt yüzeyi, çimento hamuru ile tamamen kaplandığı an kronometre ve titreşim durdurulur. Geçen süre bir saniye doğrulukla kaydedilir.

Deney işlemleri, betonun kalıba doldurulmaya başlanılmasından itibaren herhangi kesinti olmaksızın 5 dakika içerisinde tamamlanmalıdır.

Taze beton kıvamı, olabilecek rutubet kaybı veya çimento hidratasyonu nedeniyle zamanla değişir. Bu nedenle birbiriyle kıyaslanabilecek sonuçlar alınabilmesi için farklı numuneler üzerinde yapılacak deneylerin, karışımdan sonra sabit bir süre içerisinde yapılması gereklidir.



Resim 3.4 — Çökme Şekilleri

### Deney sonuçları

Kronometreden okunan süre, en yakın saniyeye yuvarlatılarak kaydedilir. Bu değer, deneye tâbi tutulan taze betonun kıvamını ifade eden Vebe süresidir.

### 3.3. Sıkıştırılabilme Derecesi (TS EN 12350-4)

#### Kapsam

Bu deney, taze beton kıvamının, sıkıştırılabilme derecesinin tayin edilmesi amacıyla yapılır. Bu deney, agrega en büyük tane büyüklüğü 63 mm'den daha fazla olan betonlara uygulanmaz.

Sıkıştırılabilme derecesi 1,04'den daha küçük veya 1,46'dan daha büyük olan betonların kıvamı, sıkıştırılabilme derecesi tayini deneyi için uygun değildir.

#### Prensip

Taze beton, mala kullanılarak, doldurma esnasında herhangi sıkıştırma etkisi oluşturmadan, sıkıştırma kabı içerisine dikkatlice yerleştirilir. Kap tamamen doldurulduktan sonra, betonun kalıptan taşan kısmı sıyrılarak alınır. Daha sonra, kap içerisindeki beton vibratörle sıkıştırılır ve sıkışmış beton yüzeyinin, kalıp üst yüzeyine olan mesafesi, sıkıştırılabilme derecesi olarak belirlenir.

#### Cihazlar

##### Kap (Sıkıştırma kabı)

Çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış ve aşağıda verilen ölçülere sahip prizma şekilli olan:

Taban :  $(200 \pm 2)$  mm x  $(200 \pm 2)$  mm

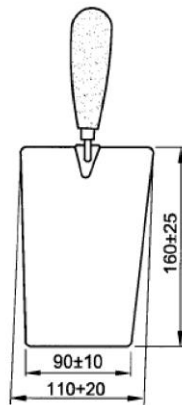
Yükseklik :  $(400 \pm 2)$  mm

Taban ve duvar (yan yüz) plâkalarının kalınlıkları en az 1,5 mm olmalıdır.

##### Mala

Düz kenarlı olan (Resim 3.5).

Ölçüler mm'dir



Resim 3.5 – Mala



**Betonu sıkıştırma cihazı**, aşağıda verilenlerden herhangi birisi olmalıdır:

- İç (daldırma tipi) vibratör
- Titreşim masası

Titreşim masası kullanımı referans metottur.

**Tekrar karıştırma kabı veya tepsi**, su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikte malzemedir yapılmış, rijit yapılı, düz tepsi.

### **Kürek**

**Düz kenarlı mastar (sıyırma mastarı)**, uzunluğu en az 200 mm olan

### **Cetvel**

### **Numune alma**

Beton numunesi, TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır. Deney uygulanmadan önce, beton numune, tekrar karıştırma kabı içerisinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.

### **İşlem**

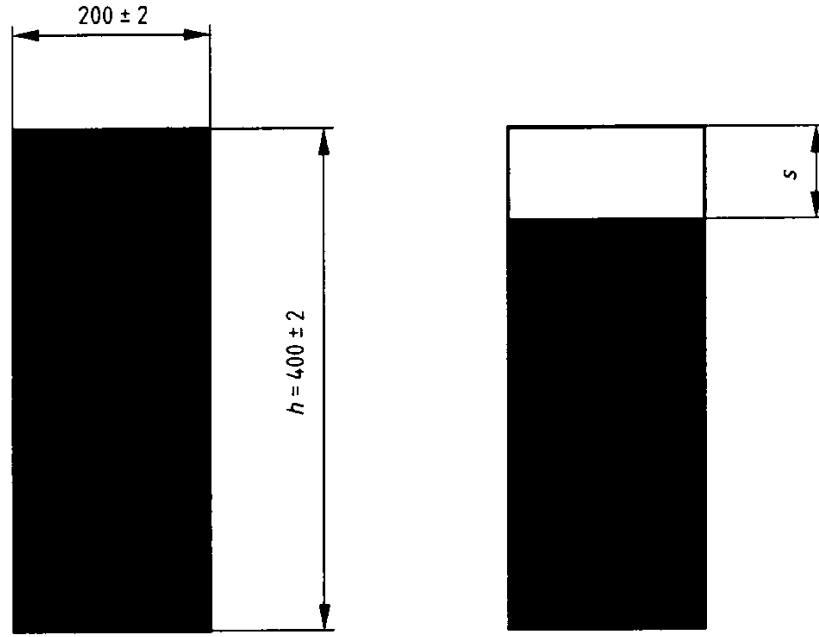
Kap temizlenir ve kabın iç yüzeyleri nemli bezle rutubetlenir. Beton, sıkıştırma kabına, malanın, kap üst kenarı üzerinde devrilmesi ve mala üzerindeki taze betonun kap içerisine serbestçe akıtılması yoluyla, sıkıştırılmadan doldurulur. Taze betonun mala ile doldurulma işlemine, kap üst yüzey kenarlarında çepeçevre sıra takip edilerek, taze beton kaptan taşınmaya kadar devam edilir. Kap doldurulduktan sonra, betonun kaptan taşınan kısmı düz kenarlı mastara kesme hareketleri yaptırılarak sıyrılıp üst yüzey düzeltilir. Bu esnada, betonda herhangi sıkıştırma etkisi oluşturulmamasına özen gösterilmelidir.

Sıkıştırma kabına gevşek şekilde yerleştirilen beton, hacminde daha fazla küçülme meydana gelmeyinceye (daha fazla sıkışmayınca) kadar, daldırma tipi vibratör veya titreşim masası kullanılarak sıkıştırılır. Sıkıştırma esnasında, sıçrama veya sızma yoluyla beton kütlelerinde eksilme olmamasına dikkat edilmelidir.

Hava sürüklenmiş betonlarda, daldırma tipi vibratör kullanımında sürüklenmiş havanın kaybolmaması için özel itina gösterilmelidir.

Sıkıştırma işlemi sonrasında, sıkışmış beton yüzeyi ile sıkıştırma kabının üst yüzeyi arasındaki mesafe, kabın iç yüzeylerinin ortasından, 1 milimetre yaklaşımla ölçülerek, dört adet h değeri (Resim 3.6) belirlenir. Bu değer, kabın her kenarının orta noktasında ölçülen mesafelerin ortalaması alınarak hesaplanıp en yakın mm'ye yuvarlatılır.





Resim 3.6 - Sıkıştırma öncesi ve sonrasında kap içerisindeki betonun görünümü

### 6.3.6 Sonuçların gösterilmesi

Sıkıştırılabilirlik derecesi, c, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$c = \frac{h}{h - s}$$

Burada;

h Sıkıştırma kabının iç yüksekliği, mm,

s Sıkıştırılmış beton yüzeyi ile kap üst yüzey kenarı arasında, ölçülen dört mesafenin en yakın mm'ye yuvarlatılmış ortalaması

Deney sonucu, 0,01 (%1) hanesine yuvarlatılarak verilmelidir.



### 3.4 Yayılma Tablası Deneyi (TS EN 12350-5)

#### Kapsam

Bu deney, taze betonun yayılmasını tayin etmek amacıyla yapılır. Deney, kendiliğinden yerleşen beton, köpük beton, ince agregasız (kumsuz) beton veya betonda kullanılan agrega en büyük tane büyüklüğü ( $D_{max}$ ) 63 mm'den daha büyük olan betonlara uygulanmaz.

Yayılma deneyi, yayılma değeri 340 mm ve 600 mm arasında olan betonlarda kıvam değişimlerini belirlemede hassastır. Bu sınırların dışında kıvama sahip betonlarda yayılma tablası kullanımı uygun değildir ve diğer kıvam tayini metotları kullanılmalıdır.

#### Prensip

Bu deneyde, düşme hareketi yaptırılan bir levha üzerindeki betonun yayılmasını ölçme yoluyla taze beton kıvamı belirlenir.

#### Cihazlar

**Yayılma tablası** (Resim 3.7),

Üzerine betonun konulabileceği,  $(700 \pm 2)$  mm x  $(700 \pm 2)$  mm ölçülerinde alana sahip, hareketli, düz plâka ve bu plâkanın üzerine belirli yükseklikten düşürüleceği, üstteki plâkanın menteşeyle bağlı olduğu sert alt tabakadan meydana gelen, yayılma tablasının üst plâkası en az 2 mm kalınlığa sahip düz metal yüzeye sahip olmalıdır.

Yayılma tablasının üst plâkası  $(16 \pm 0,5)$  kg kütleyle sahip olmalı ve tartılabilmesi için takılıp çıkarılabilir menteşeli olmalıdır.

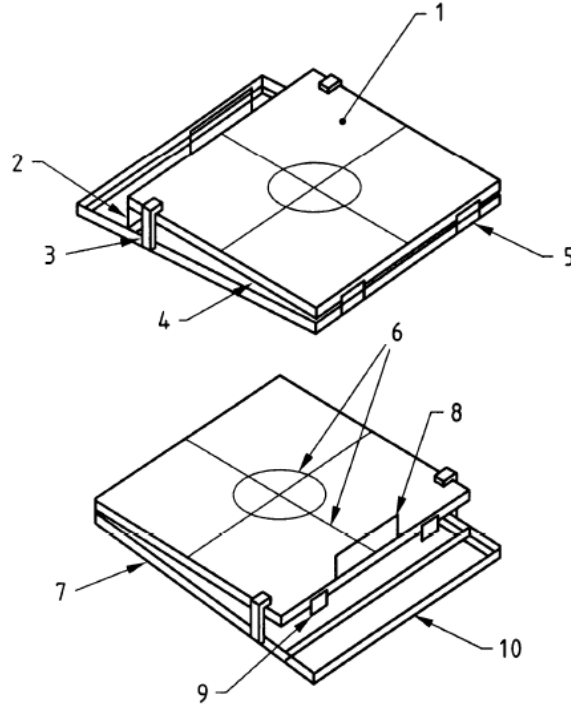
Tabla ortası, tablanın orta noktasından geçen birbirine dik ve kenarlara paralel iki çizgi ve merkez etrafında  $(210 \pm 1)$  mm çaplı daire şeklin metal üzerine kazınmasıyla belirtilir.

Plâkanın kullanım esnasında kararlılığını sağlamak için durdurucu ayaklar monte edilmelidir.

Üst plakânın ön kenarı ortasında ölçülen düşme yüksekliği, bir veya daha fazla durdurma ayağı ile  $(40 \pm 1)$  mm olarak sınırlandırılmalıdır.

Üst plâkanın sarsılmadan kaldırılabilmesi için kaldırma mekanizması kullanılmalı veya işlem elle yapılmalı ve plâka, kaldırılan en üst yükseklikten serbestçe düşecek şekilde bırakılmalıdır.

Ölçüler mm'dir.



Açıklama:

1 Metal plaka

2 (40 ± 1) mm ile sınırlanmış hareket mesafesi

3 Üst durdurucu

4 Üst tabla

5 Dış menteşeler

6 İşaretler

7 Taban çerçevesi

8 Kaldırma tutamağı

9 Alt durdurucu

10 Uç levhası

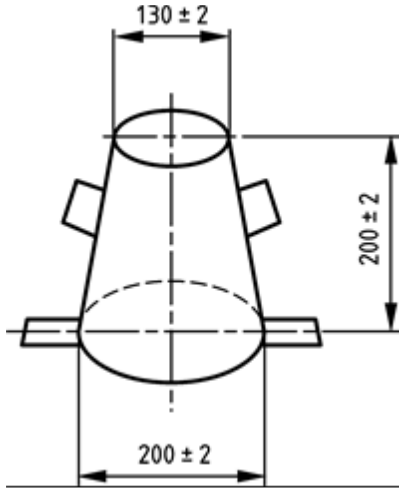
Resim 3.7- Tipik yayılma tablası

**Kalıp (İçi boş huni)**, deney numunesi oluşturmak üzere çimento hamurundan olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış ve 1,5 mm'den daha kalın olan.(Resim-3.8) Kalıp aşağıda verilen iç boyutlara sahip içi boş kesik koni şekilli olmalıdır:

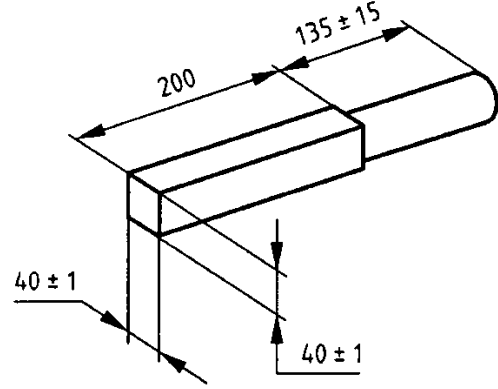
- Taban çapı : ( 200 ± 2 ) mm,
- Üst yüz çapı : ( 130 ± 2 ) mm,
- Yükseklik : ( 200 ± 2 ) mm.

**Sıkıştırma çubuğu**, kenar uzunluğu (40 ± 1)mm olan kare kesitli, yaklaşık 200 mm uzunlukta sert metalden yapılmış olan. Çubuğun 120mm-150mm uzunlukta devam eden kısmı, çubuğun tutulmasını kolaylaştırmak üzere dairesel kesitli şekle dönüştürülmelidir. (Resim-3.9)

Ölçüler mm'dir.



Resim 3.8 - Beton kalıbı



Resim 3.9 - Sıkıştırma çubuğu

**Cetvel**, 0 mm'den 300 mm'ye kadar, 1 mm'yi aşmayan aralıklarla bölümlenmiş ve sıfır (0) noktası cetvelin başlangıç uç noktasında olan.

**Tekrar karıştırma kabı veya tepsi**, su emmez ve çimento hamurundan olumsuz etkilenmeyen özellikte malzemeden yapılmış, sert, düz tepsi.

**Kürek**

**Kepçe**

**Kronometre veya saat**

**Numune alma**

Beton numunesi TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır.

Deney uygulanmadan önce beton numune, tekrar karıştırma kabı içerisinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.

**İşlem**

Yayıma tablası, düz, yatay, titreşim veya darbe tesiri olmayan bir zemine yerleştirilir. Tablanın menteşeli üst plâkasının belirlenen yüksekliğe kadar kalkıp, alt durdurucular üzerine serbestçe düşmesi yerinde kontrol edilir. Üst plâkanın alt durdurucular üzerine düştüğü anda sıçrama eğilimini en aza indirmek üzere gerekli mesnetleme tedbirleri alınmalıdır.

Tabla ve kalıp temizlenir ve deneyden hemen önce yüzeyde serbest su kalmayacak şekilde nemlendirilir.

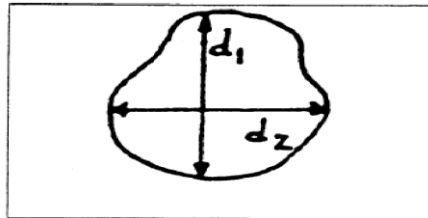
Temas blokları temizlenir. Kalıp, üst plâkaya merkezi olarak yerleştirilir ve ayak parçalarına basılarak veya iki mıknatıs yardımıyla bulunduğu konumda sabitlenir.

Taze beton kalıba iki eşit tabaka halinde kepçe kullanılarak doldurulur, doldurma esnasında her tabaka sıkıştırma çubuğu ile 10 defa hafifçe tokmaklanarak sıkıştırılır. Gerekli olması halinde, ikinci tabakaya, kalıp üst yüzünden taşıncaya kadar taze beton ilâve edilir. Kalıp üst seviyesinden taşan fazla beton, sıkıştırma çubuğu kullanılarak sıyrılıp alınır ve tabladaki beton kalıntıları temizlenir.

Kalıp üst yüzeyinin sıyrılmasından 30 saniye sonra, kalıp el tutamaklarından tutularak düşey şekilde yukarıya doğru çekilerek alınır. Kalıbın çekilme işlemi 3 saniye - 6 saniye arasındaki sürede tamamlanmalıdır.

Betonun sıyrılmasından sonra, 10 saniyeden az ve 30 saniyeden fazla olmayan bir süre bekledikten sonra, kalıp, 1 saniye ila 3 saniye sürede tutamaklardan düşey şekilde yukarıya doğru çekilerek alınır. Kalıbın çekilme işlemi tamamlanmasından sonraki 10 saniye içinde, tablanın ön tarafında bulunan uç levhasına basılarak yayılma tablası sabit tutulur ve 1 saniye ila 3 saniye sürede, üst plaka durdurma parçasına kadar yavaşça kaldırılır, kaldırma esnasında üst plaka, durdurma parçasına sert çarpmamalıdır. Hemen ardından, üst plaka, alt durdurucular üzerine serbestçe düşürülür. Bu işlem toplam 15 düşü yaptırılacak şekilde tekrarlanır. Her kaldırıp düşürme işlemi, 1 saniyeden az, 3 saniyeden daha fazla olmayan sürede tamamlanmalıdır. Düşürme işlemleri tamamlandıktan sonra üst plakaya yayılan beton tabakasının en büyük boyutları, plaka kenarlarına paralel iki doğrultuda cetvelle  $d_1$  ve  $d_2$  olarak ölçülür. (Resim 3.10). İki doğrultuda alınan ölçüm sonuçları en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.

Tabla üzerinde yayılan beton tabakasında ayrışma meydana gelip gelmediği kontrol edilmelidir. Çimento hamuru kısmı, iri agrega taneleri etrafında, birkaç milimetre ötede halka meydana getirir şekilde ayrışmış olabilir. Bu şekilde oluşmuş ayrışma kaydedilmelidir.



Resim 3.10 - Yayılma boyutlarının ölçümü

### Deney sonuçları

Yayılma değeri,  $f$ ,  $(d_1 + d_2) / 2$  olarak belirlenir.

Burada;

$d_1$ : Yayılan betonun, tablanın bir kenarına paralel doğrultuda ölçülen en büyük boyutu,

$d_2$ : Yayılan betonun, tablanın diğer kenarına paralel doğrultuda ölçülen en büyük boyutu, dur.

Sonuçlar en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.



### 3.5. Birim Hacim Kütlesi (TS EN 12350-6)

#### **Kapsam**

Bu deney, lâboratuvar ve şantiyede, sıkıştırılmış taze betonun birim hacir kütlesinin tayini amacıyla yapılır.

#### **Prensip**

Taze beton, hacmi ve kütlesi bilinen, rijit ve sızdırmaz bir kap içerisine sıkıştırılarak yerleştirilir ve daha sonra tartılır.

#### **Cihazlar**

**Kap** TS EN 12350-1'de belirtilen ile aynı özellik ve boyutlara sahip olmalıdır.

**Doldurma başlığı**, birim hacim kütlesi ölçme kabına sıkıca geçirilen ve taze betonun kaba doldurulmasını kolaylaştırmak için kullanılan.

**Betonu sıkıştırma cihazları**, aşağıda verilenlerden herhangi birisi olabilir.

- İç (daldırma tipi) vibratör
- Titreşim masası
- Daire kesitli sıkıştırma çubuğu
- Kare kesitli sıkıştırma çubuğu

**Kollu veya göstergeli terazi**

**Düz kenarlı mastar**

**Kepçe**

**Çelik mala veya perdah malası**

**Tekrar karıştırma kabı**

**Kürek**

**Tokmak**

**Numune alma**

Beton numunesi TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır. Deney uygulanmadan önce beton numune, tekrar karıştırma kabı içerisinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.



## İşlem

### Birim hacim kütlesi kabı kütlesinin belirlenmesi

Kap temizlenir ve deney başlangıcının hemen öncesinde iç yüzeyleri nemli bezle rutubetlenir. Birim hacim kütlesi kabı, kütlesinin belirlenmesi için, 0,01 kg doğrulukla tartılır ve teraziden okunan kütle değeri kaydedilir.

### Kap kütlesi

Kütlesini ( $m_1$ ) belirlemek üzere, kap tartılır ve elde edilen değer kaydedilir.

### Kabın doldurulması

Birim hacim kütlesi kabı, taze betonun kıvamı ve sıkıştırma yöntemine bağlı olarak, tam sıkışma elde edilmesine yeterli olacak şekilde, mümkün olduğu kadar çok sayıda tabaka halinde doldurulmalıdır. Ancak kendiliğinden yerleşerek sıkışan taze beton kaba, tek bir işlemle doldurulmalıdır.

Doldurma başlığı kullanılıyorsa, kaba doldurulacak beton miktarı, betonun sıkıştırılmasından sonra başlık içerisinde belirli kalınlıkta beton tabakası kalacak kadar olmalıdır. Bu beton tabakasının kalınlığı, kap yüksekliğinin % 10 - % 20 arasında olmalıdır.

### Betonun sıkıştırılması

#### Genel

Beton, kaba yerleştirildikten hemen sonra, tam sıkışma elde edilecek, ancak ayrışma olmayacak ve yüzeye aşırı şerbet çıkmayacak şekilde sıkıştırılır. Her beton tabakası, aşağıda tarif edilen metotlardan herhangi birisi kullanılarak sıkıştırılır.

**Not 1** - Mekanik titreşim (vibrasyon) kullanılarak, ayrışma olmadan tam sıkışma sağlanması, beton yüzeyinde büyük hava kabarcıkları oluşumunun sona ermesi, yüzeyin göreceli şekilde düz ve parlak görünüm kazanmasıyla sağlanır.

**Not 2** - Şişleme yoluyla sıkıştırma esnasında, tam sıkıştırma sağlanması için her tabakaya uygulanacak vuruş sayısı beton kıvamına bağlıdır.

#### Mekanik titreşim

#### İç vibratör ile sıkıştırma

Vibratör, betonda tam sıkıştırma sağlamaya yeterli olacak süre kadar uygulanmalıdır. Sürüklenmiş havanın tahliyesine yol açacak şekilde aşırı vibrasyondan kaçınılmalıdır. Vibratör düşey tutulmalı, kap tabanına ve yan yüzlere temas ettirilmemelidir.

Lâboratuvar deneyleri, iç vibratör kullanılması esnasında, sürüklenmiş hava miktarında kayba neden olmaması için büyük itina gerektiğini göstermiştir.



### -Titreşim masası ile sıkıştırma

Titreşim, betonda tam sıkıştırma sağlamaya yeterli olacak en az süreyle uygulanır. Tercihan, birim hacim kütlesi kabı, masaya kelepçelenmeli veya sıkıca bastırılarak hareket etmesi önlenmelidir. Sürüklenmiş havanın kaybına yol açabilecek şekilde aşırı vibrasyondan kaçınılmalıdır.

### -Daire veya kare kesitli çubuk kullanılarak el ile sıkıştırma

Daire veya kare kesitli sıkıştırma çubuğu darbeleri, birim hacim kütlesi kabının en kesit alanına düzgün şekilde dağıtılmalıdır. İlk tabakanın sıkıştırılmasında, çubuğun kap tabanına sertçe çarpması, diğer tabakaların sıkıştırılması esnasında da bir önceki tabakaya fazla miktarda girmesi önlenmelidir. Her beton tabakası, sıkıştırma çubuğu ile yeterli sayıda vuruş, tipik olarak, TS EN 206'ya göre, S1 ve S2 kıvam sınıflarındaki betonlar için 25 vuruş yapılarak, sıkışmış hava ceplerindeki havanın tahliyesi sağlanacak, ancak sürüklenmiş hava kabarcıkları korunacak şekilde şişlenmelidir. Her tabakanın şişlenerek sıkıştırılması sonrasında, beton tabaka yüzeyine büyük hava kabarcıkları çıkışı duruncaya ve sıkıştırma çubuğu darbelerinden geri kalan boşlukların dolması sağlanıncaya kadar, birim hacim kütlesi kabının dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulmalıdır.

### Yüzey tesviyesi

Doldurma başlığı kullanılmışsa, sıkıştırma işleminden hemen sonra başlık alınmalıdır. En üst tabakanın sıkıştırılmasından sonra, kap üst yüzeyi, çelik mala kullanılarak tesviye edilmelidir. Yüzey düz kenarlı master ile sıyırılmalı ve beton seviyesi kap üst kenarları seviyesine getirilmelidir. Daha sonra kabın dış yüzeyi temizlenmelidir.

### Tartma

Kap, içindekilerle birlikte tartılarak kütlesi belirlenir ( $m_2$ ) ve belirlenen kütle kaydedilir.

### Birim Hacim Kütlesinin hesaplanması

Birim Hacim Kütlesi, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Burada;

D taze betonun birim hacim kütlesi,  $\text{kg/m}^3$ ,

$m_1$  birim hacim kütlesi kabının boş kütlesi,  $\text{kg}$ ,

$m_2$  birim hacim kütlesi kabının, içerisine tamamiyle doldurulmuş beton numune ile birlikte toplam kütlesi,  $\text{kg}$ ,

V birim hacim kütlesi kabının hacmi,  $\text{m}^3$ .

Taze betonun Birim Hacim Kütlesi, en yakın  $10 \text{ kg/m}^3$  'e yuvarlatılarak gösterilmelidir.





## Birim hacim kütlesi ölçme kabının kalibrasyonu

### İşlem

Birim hacim kütlesi ölçme kabı (boş halde) ve cam levha 0,01kg doğrulukla tartılır ve ölçülen kütleleri kaydedilir.

Kap yatay bir zemin üzerine yerleştirilir ve  $(20 \pm 5)$  °C sıcaklıktaki su ile su, kabın üst kenarlarından taşınca kadar doldurulur ve cam levha, altında herhangi hava boşluğu kalmayacak şekilde sürülerek kap üzerine yerleştirilir.

Kap, içerisindeki su ve üzerindeki cam levha ile birlikte 0,01kg doğrulukla tartılır ve ölçülen kütlesi kaydedilir.

Birim hacim kütlesi ölçme kabının hacmi, kabı doldurmak için gerekli su kütlesi (kg), 998 kg / m<sup>3</sup>'e bölünerek hesaplanır.

Birim hacim kütlesi ölçme kabının hacmi (V), m<sup>3</sup> olarak 0,000001m<sup>3</sup> yaklaşımla gösterilir.



### 3.6. Hava İçeriğinin Tayini (TS EN 12350-7)

#### Kapsam

Bu deney, en büyük tane büyüklüğü ( $D_{max}$ ) 63 mm'ye kadar olan, normal ağırlıklı veya yoğun kabul edilen agrega ile yapılmış, sıkıştırılmış taze betonda, hava içeriğinin tayini için kullanılan iki deney yöntemini kapsar.

Bu deney yöntemi, Madde 3.1'e göre çökmesi (slamp) 10 mm'den az olan betonlar için uygun değildir. Buradaki deney yöntemleri; hafif agregalar, yüksek fırın cürufu agregalar veya yüksek boşluk oranına sahip agregalarla yapılmış betonlara uygulanmaz.

#### Prensip

Boyle-Mariotte kanununa göre çalışan iki farklı cihazın kullanıldığı iki farklı deney metodu mevcuttur. Deneyde uygulanan işleme göre bu metotlar, su sütunu metodu ve basınç ölçme metodu olup deneyde kullanılan cihazlar, su sütunu göstergeli ve basınç ölçer göstergelidir.

#### -Su sütunu metodu

Su sızdırmaz kap içerisine sıkıştırılarak yerleştirilmiş, belirli hacimdeki taze beton üzerine, önceden belirlenmiş yüksekliğe kadar su ilâve edilir ve su üzerine önceden belirlenmiş hava basıncı uygulanır. Taze beton numunesi içerisinde bulunan hava hacminde, sıkışma nedeniyle meydana gelen azalma, beton içerisindeki hava yüzdesine göre kalibre edilmiş su sütununun, seviyesindeki düşme miktarı gözlenerek ölçülür.

#### -Basınç ölçme metodu

Bilinen basınç ve hacimdeki hava, sızdırmaz kap içerisinde bulunan, hava muhtevası bilinmeyen taze beton üzerine aktarılır. Basınç ölçer göstergesi, son basınçta, hava yüzdesini gösterecek şekilde kalibre edilir.

#### Su sütunu metodu

##### Cihazlar

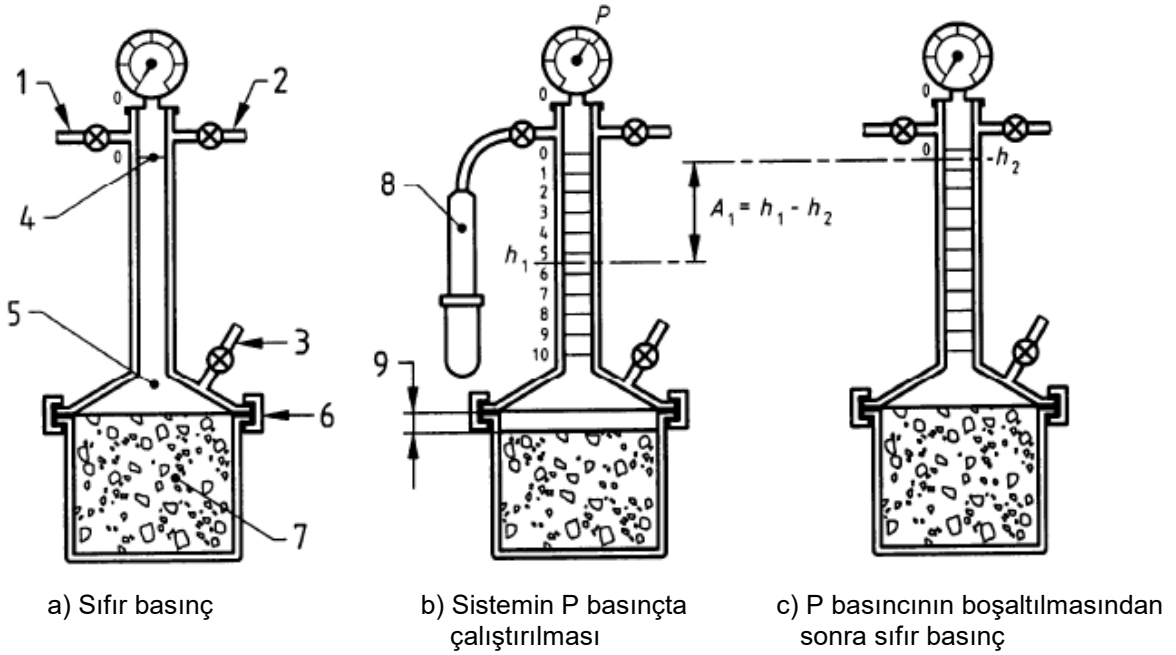
- **Su sütunu ölçer**, Örneği Resim 3.11'de gösterilen ve aşağıda verilen kısımlardan meydana gelen:

- Hava ölçer kabı**, silindir şekilli ve çelik veya çimento hamurundan kısa sürede etkilenmeyen sert metalden yapılmış, anma hacmi en az 5 litre ve çap/yükseklik oranı 0,75'den az, 1,25'den fazla olmayan.
- Kapak düzeneği**, flânşlı, rijit, konik ve üst kısmına düşey gözlem borusu eklenmiş olan.
- Düşey gözlem borusu**, bölüntülü ve iç boşluğu sabit kesitli cam boru veya iç boşluğu sabit kesitli ve cam gösterge monte edilmiş metal borudan oluşan.
- Kapak**, kapalı hava hücresindeki havanın tahliyesi için uygun tertibat, hava girişi için çek vana ve su tahliye vanası monte edilmiş olan. Uygulanan basınç, su sütunu

üzerindeki hava hücrelerine bağlanmış basınç göstergesinden (manometre) görülebilmelidir.

e) **Dağıtma plâkası veya su püskürtme borusu**, cihaza su ilâve edilmesi esnasında betonun en az zarar görmesini sağlamak üzere kullanılan, çapı 100 mm'den daha az olmayan korozyona dayanıklı ince disk.

f) **Hava pompası**, kapak düzeneği üzerindeki hava girişi çek vanasına kurşun manşonla bağlanmış olan.



#### Açıklama:

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1) Selenoid vana                 | 7) Beton  |
| 2) Hava giriş deliği veya vanası | 8) Hava pompası   |
| 3) Su tahliye vanası             | 9) Basınç etkisiyle düşmüş seviye                                       |
| 4) İşaret                        | $h_1$ (P basıncında okuma değeri)                                       |
| 5) Su                            | $h_2$ (P basıncının boşaltılmasından sonra sıfır basınçta okuma değeri) |
| 6) Kelepçe                       |   |

Tablo 3.11 - Su sütunu metodunda kullanılan cihaz

**Taze betonu sıkıştırma cihazları**, aşağıda verilenlerden herhangi birisi olabilir:

- İç (daldırma tipi) vibratör
- Titreşim masası
- Daire kesitli sıkıştırma çubuğu
- Prizmatik (kare kesitli) sıkıştırma çubuğu

#### Kepçe

#### Mala veya perdah malası

#### Tekrar karıştırma kabı veya tepsi

#### Kürek

**Akıtma ağızlı kap**, hava ölçer kabını suyla doldurmak için, kapasitesi 2 L ilâ 5 L arasında olan.



## **Tokmak İşlem**

### **Numune alma**

Beton numunesi, TS EN 12350 -1'e uygun olarak alınmalıdır. Deney uygulanmadan önce beton numune, tekrar karıştırma kabı içerisinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.

### **Kabın doldurulması ve betonun sıkıştırılması**

Beton, hava ölçer kabına, mümkün olduğu kadar içerisinde hapsolmuş hava kalmayacak şekilde kepçe ile doldurulmalıdır. Taze betonun kıvamı ve sıkıştırma yöntemine bağlı olarak beton, hava ölçer kabına aşağıda tarif edilen yöntemlerden birisi kullanılarak, tam sıkışma için gereken sayıda tabaka halinde doldurulur. Kendiliğinden yerleşerek sıkışan beton kullanılması halinde, beton, hava ölçer kabına tek bir işlemle doldurulmalı ve kaba doldurma işlemi esnasında veya sonrasında herhangi bir sıkıştırma işlemi uygulanmamalıdır.

**Not 1** - Aşırı ayrışma olmaması şartıyla betonda tam sıkışma, mekanik vibrasyon uygulanarak, büyük hava kabarcıklarının beton yüzeyine çıkışı kesilince ve yüzey düzgün ve parlak görünüm kazanınca sağlanmış olur.

**Not 2** - Şişleme metoduyla tam sıkışma sağlamak için her tabakaya gereken vuruş sayısı beton kıvamına bağlıdır.

Son tabakaya yerleştirilen beton, kabı ancak doldurmaya yetecek ve kaptan taşmayacak miktarda olmalıdır. Gerekli olursa, kabı tam olarak doldurmak için küçük miktarlarda beton ilâve edilebilir ve daha sonra sıkıştırılır, ancak fazla beton doldurulup betonun sıyrılarak alınmasından kaçınılmalıdır.

### **Mekanik vibrasyon**

#### **İç vibratör ile sıkıştırma**

Vibrasyon, betonda tam sıkışma elde edilmesi için gerekli en az süreyle uygulanmalıdır. Sürüklenmiş havanın kaybına sebep olabilecek fazla vibrasyondan kaçınılmalıdır.

**Not** - Lâboratuvarda yapılan deneyler, hava sürüklenmiş betonlara iç vibrasyon uygulanırken, sürüklenmiş hava miktarında kayba yol açılmaması için özel itina gösterilmesi gerektiğini göstermiştir.

#### **Titreşim masası ile sıkıştırma**

Vibrasyon, betonda tam sıkışma elde edilmesi için gerekli en az süreyle uygulanmalıdır. Tercihan hava ölçer kabı masaya bağlanmalı veya sıkıştırma esnasında sıkıca bastırılarak oynaması engellenmelidir. Sürüklenmiş havanın kaybına sebep olabilecek fazla vibrasyondan kaçınılmalıdır.



## Daire kesitli veya prizmatik sıkıştırma çubuğu ile sıkıştırma

Sıkıştırma çubuğu darbeleri kap en kesit alanına düzgün şekilde dağıtılmalıdır. İlk tabakanın sıkıştırılması esnasında, çubuğun kap tabanına sertçe çarpması, diğer tabakaların sıkıştırılması esnasında da bir önceki tabakaya fazla miktarda girmesi önlenmelidir. Her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile en az 25 kez şişlenmelidir. Sıkıştırma sonrasında sıkışmış hava ceplerinin tahliyesi sağlanacak ancak, sürüklenmiş hava kabarcıkları korunacak şekilde, beton yüzeyine büyük hava kabarcıkları çıkışı duruncaya ve sıkıştırma çubuğu darbelerinden geri kalan boşlukların dolması sağlanıncaya kadar kabın dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulmalıdır.

## Hava içeriğinin ölçülmesi

Kap ve kapak düzeneğinin flânşları tamamen temizlenmelidir. Su püskürtme borusunun bulunmaması halinde, dağıtma plâkası beton üzerine merkezlenerek yerleştirilmeli ve oturması için bastırılmalıdır. Kapak düzeneği yerleştirilerek, kaba kelepçelenmelidir. Kapak ve kap arasında, basınç kaçağının olmaması sağlanmalıdır. Cihaza su doldurulur ve kapak iç yüzeyinde bulunan hava kabarcıklarını çıkartmak için tokmak ile hafifçe vurulur. Düşey gözleme borusundaki su seviyesi, hava giriş ağzı açık tutularak, fazla su, küçük vanadan tahliye edilmek suretiyle sıfıra getirilir. Hava giriş ağzı kapatılır ve deney basıncı P, hava pompası yardımıyla uygulanır. Gözleme borusundaki su seviyesi,  $h_1$ , ölçekten okunarak kaydedilir ve basınç boşaltılır. Boruda oluşan yeni seviye ( $h_2$ ) tekrar okunur ve  $h_2$  'nin, % 0,2 veya daha küçük hava muhtevası göstermesi halinde ( $h_1-h_2$ ) görünür hava miktarı,  $A_1$ , olarak, % 0,1 yaklaşımla kaydedilir.  $h_2$ 'nin %0,2'den daha fazla hava muhtevasını göstermesi halinde ise, deney basıncı P, tekrar uygulanır ve su seviyesi,  $h_3$  ve basıncın boşaltılmasından sonraki su seviyesi,  $h_4$  okunur. ( $h_4-h_2$ )'nin % 0,1 veya daha küçük hava muhtevasına tekabül etmesi halinde ( $h_3 - h_4$ ) görünür hava muhtevası olarak kaydedilir. ( $h_4-h_2$ )'nin % 0,1'den daha büyük hava muhtevasına tekabül eden değer olması halinde, kaptan sızıntı olması ihtimali nedeniyle ve deney geçersiz sayılır.

## Basınç ölçme yöntemi

### Taze beton deneyi için yaygın kullanılan cihazlar

Bu deneyin uygulanmasında kullanılan ve aşağıda liste halinde verilen cihazlar, TS EN 12350-1'de verilen gereklere ve aşağıda tarif edilenlere uygun olmalıdır.

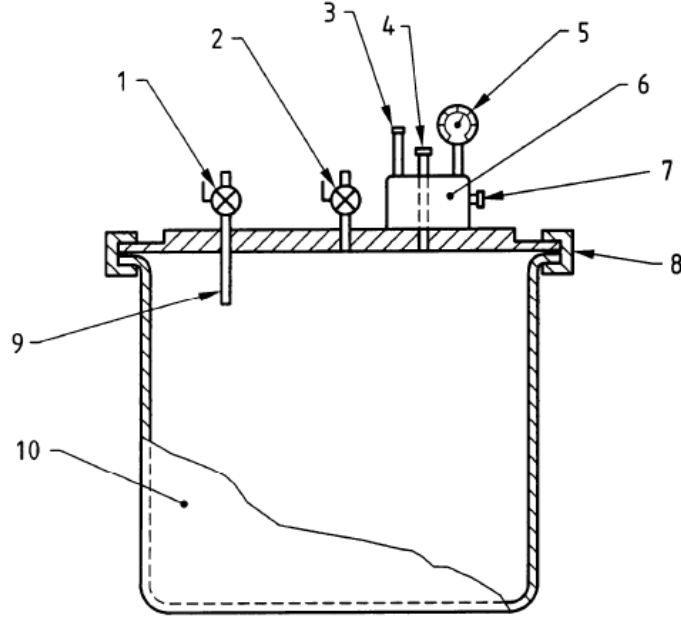
**Basınç ölçer**, Örneği Resim 3.12'de gösterilmiştir ve aşağıda verilen kısımlardan meydana gelir:

**Hava ölçer kabı**, flanşlı silindir şekilli, deney basıncında rijit ve şekil değiştirmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede etkilenmeyen sert metalden yapılmış, anma kapasitesi en az 5 L ve çap/yükseklik oranı 0,75'den az, 1,25'den fazla olmayan.

**Kapak düzeneği**, çimento hamurundan kısa sürede etkilenmeyen sert metalden yapılmış, flanşlı, rijit kapak.

**Basınç ölçer**, kapak düzeneğine monte edilmiş, % 0'dan başlayarak en az % 8'e ve tercihan % 10'a kadar hava içeriğini gösterecek şekilde kalibre edilmiş olan.

**Hava pompası**, kapak düzeneği içerisine monte edilmiş olan.



Açıklama:

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1) A vanası                               | 2) B vanası            |
| 3) Pompa                                  | 4) Ana hava vanası     |
| 5) Basınç ölçer                           | 6) Hava hücresi        |
| 7) Hava tahliye vanası                    | 8) Kelepçeleme parçası |
| 9) Kalibrasyon işlemi için uzatılmış boru | 10) Kap                |

Resim 3.12 — Basınç ölçme yönteminde kullanılan cihaz

**Taze betonu sıkıştırma yöntemi araçları**, aşağıda verilenlerden herhangi birisi olabilir:

- İç (daldırma tipi) vibratör,
- Titreşim masası,
- Daire kesitli sıkıştırma çubuğu,
- Prizmatik (kare kesitli) sıkıştırma çubuğu.

**Kepçe.**

**Mala veya perdah malası.**

**Tekrar karıştırma kabı veya tepsisi.**

**Kürek.**

**Şırınga**, hava ölçer kabına A vanasından veya B vanasından su enjekte etmeye uygun olan.

**Tokmak.**

**Doldurma başlığı** (tercihe bağlı), betonun hava ölçer kabına doldurma işlemi, kap üzerine sıkıca geçen doldurma başlığı kullanılarak kolaylaştırılabilir.



## **Deney işlemleri**

### **Numune alma**

Taze beton numunesi, TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır. Deney numunesi, deney uygulanmadan önce tekrar karıştırılmalıdır.

### **Hava ölçer kabının doldurulması ve taze betonun sıkıştırılması**

Beton, hava ölçer kabına mümkün olduğu kadar içerisinde hapsolmuş hava kalmayacak şekilde, kepçe ile doldurulur. Taze betonun kıvamı ve sıkıştırma yöntemine bağlı olarak beton, hava ölçer kabına tam sıkışma için gereken sayıda tabaka halinde doldurulur. Kendiliğinden yerleşerek sıkışan beton kullanılması halinde, beton, hava ölçer kabına tek bir işlemle doldurulmalı ve kaba doldurma işlemi esnasında veya sonrasında herhangi bir sıkıştırma işlemi uygulanmamalıdır.

**NOT 1-** Mekanik vibrasyon uygulanarak, büyük hava kabarcıklarının beton yüzeyine çıkışı kesilince ve yüzey göreceli düzgün ve parlak görünüm kazanınca, betonda aşırı ayrışma oluşmadan tam sıkışma sağlanmış olur.

**NOT 2-** Şişleme işlemi ile tam sıkışma sağlamak için her tabakaya gereken vuruş sayısı, betonun kıvamına bağlıdır. Son tabakaya yerleştirilen beton malzeme miktarı, hava ölçer kabını ancak doldurmaya yetecek ve kaptan taşmayacak miktarda olmalıdır. Gerekli olursa, hava ölçer kabını tam olarak doldurmak için küçük miktarlarda taze beton ilave edilebilir ve bu beton daha sonra sıkıştırılır, ancak fazla beton doldurulup betonun sıyrılarak alınmasından kaçınılmalıdır.

### **Mekanik vibrasyon**

#### **İç vibratör ile sıkıştırma**

Vibrasyon, betonda tam sıkışma elde edilmesi için gerekli en az süreyle uygulanır. Sürüklenmiş havanın kaybına neden olabilecek fazla vibrasyondan kaçınılır.

#### **Titreşim masası ile sıkıştırma**

Vibrasyon, betonda tam sıkışma elde edilmesi için gerekli en az süreyle uygulanır. Tercihan hava ölçer kabı masaya bağlanmalı veya sıkıştırma esnasında üzerine sıkıca bastırılarak oynaması engellenmelidir. Sürüklenmiş havanın kaybına neden olabilecek fazla vibrasyondan kaçınılır.

#### **Daire kesitli veya prizmatik sıkıştırma çubuğu ile elle sıkıştırma**

Sıkıştırma çubuğu darbeleri, hava ölçer kabının en kesit alanı boyunca düzgün şekilde dağıtılır. İlk tabakanın sıkıştırılması esnasında sıkıştırma çubuğunun hava ölçer kabının



tabanına sertçe çarpmaması, diğer tabakaların sıkıştırılması esnasında da bir önceki tabakaya fazla miktarda girmemesi sağlanır. Her tabaka sıkıştırma çubuğu ile en az 25 kez şişlenir. Sıkıştırma sonrasında sıkışmış hava ceplerinin tahliyesi sağlanacak ancak sürüklenmiş hava kabarcıkları korunacak şekilde, beton yüzeyine büyük hava kabarcıkları çıkışı duruncaya ve sıkıştırma çubuğu darbelerinden geri kalan boşlukların dolması sağlanıncaya kadar, kabın dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulur.

### Hava içeriğinin ölçülmesi

Beton sıkıştırıldıktan sonra, hava ölçer kabının üst yüzeyinden taşan taze beton, kap üst yüzeyinin sıkıştırma çubuğu ile sıyrılması yoluyla alınır ve beton yüzeyi mala ile tesviye edilir.

Hava ölçer kabı ve kapak düzeneğinin flanşları iyice temizlenir. Kapak düzeneği yerleştirilerek, hava ölçer kabına kelepçelenir. Kapak ile hava ölçer kabı arasında basınç kaçağının olmaması sağlanır. Ana hava vanası kapatılır ve A vanası ile B vanası açılır. Şırınga kullanılarak A vanasından veya B vanasından, diğer vanadan su çıkıncaya kadar cihaza su enjekte edilir. Hava kabarcıklarının tamamı çıkıncaya kadar, cihaza tokmak ile hafifçe vurulur. Kapalı hava hücresine bağlı hava tahliye vanası kapatılır ve kapalı hava hücresi içerisine basınç gösterge ibresi, başlangıç basınç (sıfır) çizgisine gelinceye 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 çizgisine tam olarak getirilir. Bu esnada basınç göstergesine elle hafifçe vurulur. A vanası ile B vanasının her ikisi de kapatılır ve ana hava vanası açılır. Hava ölçer kabının yan yüzlerine sertçe vurulur. Basınç gösterge ibresinin gösterdiği değer, gösterge üzerine elle hafifçe birkaç defa vurulup ibrenin kararlı hale gelmesi sağlandıktan sonra, görünür hava yüzdesi  $A_1$  olarak en yakın % 0,1'e yuvarlatılarak okunur. A ve B vanaları açılarak basınçlı hava boşaltılır ve kelepçeler gevşetilerek kapak düzeneği çıkartılır.

### Sonuçların hesaplanması ve gösterilmesi

Hava ölçer kabındaki taze beton numunesinin hava içeriği  $A_c$ , aşağıdaki bağıntı uygulanarak hesaplanır:

$$A_c = A_1 - G$$

Burada;

$A_1$  deneye tabi tutulan taze beton numunesinin yüzde görünür hava içeriği,  
G agrega düzeltme faktörü. Bu katsayı ölçülmemiş ise  $G = 0$  alınır.

Görünür hava içeriği, yüzde olarak ve en yakın % 0,1'e yuvarlatılarak ifade edilmelidir.





## Bölüm 4. Sertleşmiş Beton Deneyleri

### 4.1. Sertleşmiş Beton Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini (TS EN 12390-3)

#### Kapsam

Bu deney, sertleşmiş beton deney numunelerinde basınç dayanımı tayini için yapılır.

#### Prensip

Numuneler, TS EN 12390-4'e uygun basınç deney makinasında kırılıncaya kadar yüklenir. Numunenin taşıyabildiği en büyük yük belirlenerek beton basınç dayanımı hesaplanır.

#### Cihazlar

Basınç deney makinası, TS EN 12390-4'e uygun olan.

#### Deney numuneleri

##### Özellikler

Deney numuneleri, TS EN 12350-1, TS EN 12390-1, TS EN 12390-2 veya TS EN 12504-1'e uygun, küp, silindir veya karot biçiminde olmalıdır.

Hasar görmüş veya şerbet sızmasından dolayı yüzü aşırı şekilde boşluklu (bal peteği görünümde) olan numuneler deneye tutulması halinde deney raporunda belirtilmelidir.

#### İşlem

##### Numunenin hazırlanması ve yerleştirilmesi

Numunenin yük uygulanan yüzeyleri, küp numunelerde kalıptan çıkan yüzeyler olmalı ve silindir, karot veya düzeltilmiş numunelerde yüzey, aşındırılarak veya başlıklarla düzeltilmelidir.

Numunenin kür odası veya havuzundan çıkarılmasından sonra, numuneler, 10 saati aşmamak üzere, mümkün olan en kısa sürede basınç dayanımı deneyine tabi tutulmalıdır. Laboratuvar deney ortamı ve makinesi (20 ± 5) °C (veya sıcak iklimlerde (25 ± 5) °C) sıcaklıkta olmalıdır. Numuneler, deney yapılacak ortamda 4 saatten fazla tutulacaksa, nem kaybına karşı, ıslak çuval veya geçirimsiz membran ile kaplama gibi işlemler uygulanarak korunmalıdır.

Deney makinesinin alt ve üst yükleme plakalarının yüzeyleri silinerek temizlenmeli ve plakalarla temas edecek numunenin yüzeylerindeki gevşek tanecikler veya diğer yabancı maddeler uzaklaştırılmalıdır.

Deney numunesi ile deney makinasının yükleme başlığı arasında, aralık ayarlama blokları ve ilave plakalardan başka yerleştirme parçası kullanılmamalıdır.

Kullanılan deney makinası iki kolonlu ise, küp numuneler, mastarlanmış yüzeyleri yükleme plakalarına oturmuyacak, ancak kolona bakacak şekilde yerleştirilmelidir. Deney makinesine

yerleştirilmeden önce, beton numune yüzeylerindeki fazla su silinerek temizlenmelidir. Küp numuneler, beton döküm doğrultusuna dik doğrultuda yük uygulanacak şekilde yerleştirilmelidir.

Numuneler, makinanın alt yükleme başlığı üzerine merkezlenerek yerleştirilmelidir. Küp numuneler, belirtilmiş boyutunun veya silindir numuneler, belirtilmiş çapının % 1'inden fazla sapma olmayacak şekilde merkeze yerleştirilmelidir. İlave yükleme plakaları kullanılıyorsa bunlar, numunenin alt ve üst yüzeylerine göre hizalanmalıdır.

## Yükleme

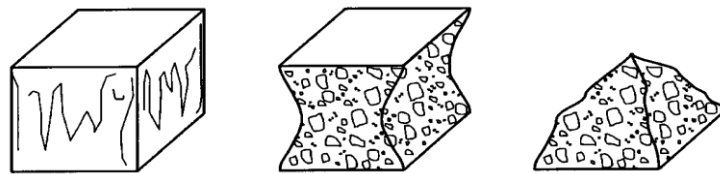
(0,6 ± 0,2) MPa/s (N/mm<sup>2</sup>.s) sınırları içerisinde kalmak üzere sabit bir yükleme hızı seçilmelidir. Kırılma yükünün yaklaşık %30'unu aşmamak üzere uygulanan başlangıç yükünün ardından yük, darbe etkisi oluşturulmadan, seçilen hızın ± %10 sapma sınırları içerisinde kalması sağlanarak, numune uygulanan yük daha fazla yükselmeyinceye kadar (numune kırılıncaya kadar), sabit hızda arttırılmak suretiyle uygulanmalıdır. Göstergeden okunan en büyük yük, kN olarak kaydedilmelidir.

## Kırılma tipinin belirlenmesi

Deneyin kabul edilebilir (tatmin edici) doğrulukta yapıldığının göstergesi olan numune kırılma tipine örnekler; küp numuneler için Resim 4.1'de, silindir numuneler için ise Resim 4.3'te gösterilmiştir.

Kabul edilebilir olmayan numune kırılma tiplerine ait örnekler ise, küp numuneler için Resim 4.2'de ve silindir numuneler için Resim 4.4'te gösterilmiştir. Kırılma şeklinin kabul edilebilir olmaması hâlinde bu durum, kırılmış numunenin gözlenen durumu, Resim 4.2 veya Resim 4.4'te verilenlerden en fazla hangisine benziyorsa, o tipe atıfta bulunularak kaydedilmelidir.

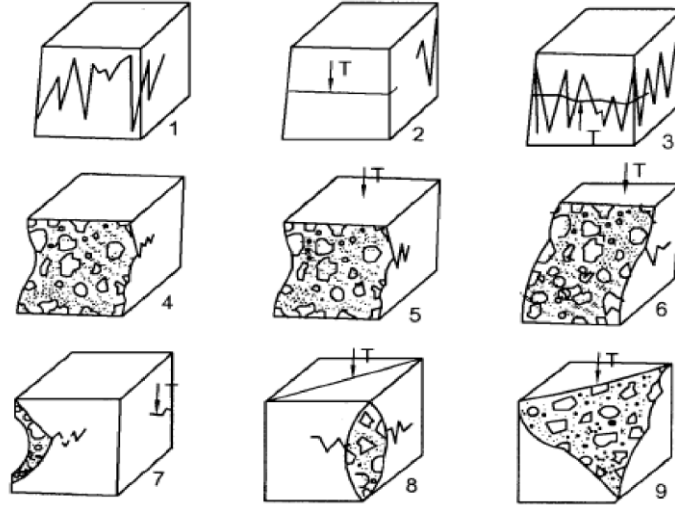
Not- Kabul edilebilir bulunmayan kırılma şekli, birçok farklı faktörden kaynaklanabilir. Silindir numunelerde, beton numune kırılmadan önce, başlıkta oluşan çatlama veya kırılma kabul edilebilir olmayan kırılmadır.



Patlayarak kırılma

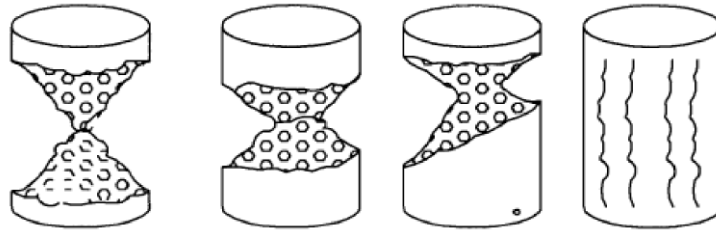
Not- Numunenin açıktaki, yük uygulanmayan, dört yüzü de yaklaşık olarak eşit şekilde çatlamış, yükleme başlıklarına temas eden yüzeylere doğru, genellikle çok küçük hasar oluşmuştur.

Resim 4.1 - Küp numunelerin kabul edilebilir kırılma şekilleri

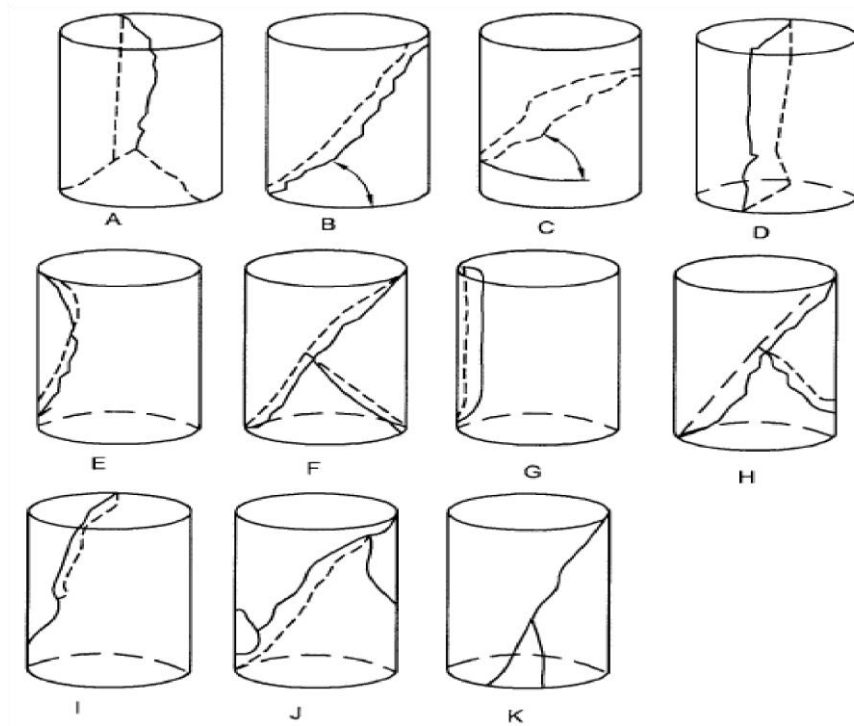


Not- T = Çekme gerilmesi nedeniyle çatlak

Resim 4.2 - Küp numunelerin kabul edilebilir olmayan bazı kırılma şekilleri



Resim 4.3 - Silindir numunelerin kabul edilebilir kırılma şekilleri



Resim 4.4 - Silindir numunelerin kabul edilebilir olmayan bazı kırılma şekilleri



### Sonuçların gösterilmesi

Basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Burada;

$f_c$  Basınç dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),

F Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N,

$A_c$  Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm<sup>2</sup>dir. Bu alan, numunenin belirtilen ölçüleri kullanılarak numune üzerinde ölçülen gerçek boyutlar kullanılarak hesaplanır.

Bu alan, numunenin belirtilen ölçüleri kullanılarak (TS EN 12390-1) veya numune üzerinde ölçülen gerçek boyutlar kullanılarak hesaplanır.

Basınç dayanımı, en yakın 0,1 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'ye yuvarlatılarak gösterilmelidir.



## 4.2. Sertleşmiş Beton Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini

### (TS EN 12390-5)

#### Kapsam

Bu deney, sertleşmiş beton deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini için yapılır.

#### Prensip

Prizma şekilli deney numuneleri, mesnet (alt) ve yükleme (üst) silindirleri yoluyla yük uygulanarak eğilme momentine maruz bırakılır. Ulaşılan en büyük yük kaydedilir ve eğilme dayanımı hesaplanır.

#### Cihazlar

##### -Deney makinası

Deney, TS EN 12390-4'e uygun deney makinası kullanılarak yapılmalıdır.

##### -Yük uygulama düzeneği

Yük uygulama düzeneği (Resim 4.5) aşağıda verilen kısımlardan meydana gelir:

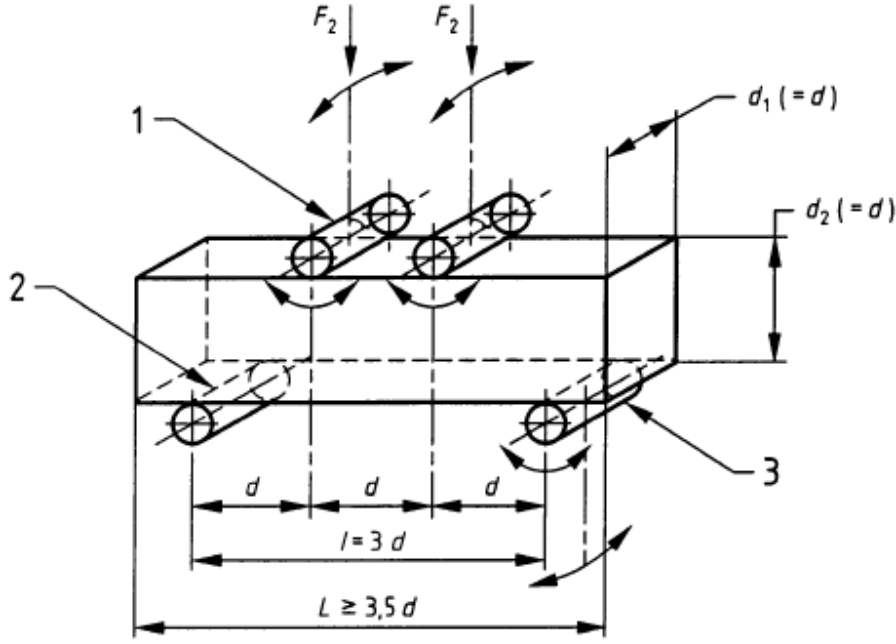
-İki mesnet silindiri,

-İki yükleme (üst) silindiri. Yükleme silindirleri, makina tarafından uygulanan yükün silindirler arasında eşit paylaştırılmasını sağlayan mafsallı kirişe bağlanmıştır.

Bütün silindirler, çelikten imâl edilmiş olmalı ve çapları 20 mm ilâ 40 mm arasında ve dairesel kesitli olmalıdır. Silindirlerin uzunlukları, deney numunesi genişliğinden 10 mm daha fazla olmalıdır.

İki adet üst yükleme silindiri dâhil olmak üzere, üç adet silindir, eksenleri etrafında serbestçe dönebilir olmalı ve deney numunesi boyuna eksenine dik düzlemde eğilebilir özellikte olmalıdır.

Dışta bulunan silindirler arasındaki mesafe (açıklık),  $L$ ,  $3d$ 'ye eşit olmalıdır. Burada  $d$ , numune genişliğidir. İçte bulunan silindirler arasındaki mesafe ise  $d$ 'ye eşit olmalıdır. İçte bulunan silindirler, Resim 4.5'de gösterildiği gibi, dıştaki silindirler arasındaki açıklık üç eşit parçaya bölünecek konumda yerleştirilmelidir. Bütün silindirlerin Resim 4.5'de gösterilen konumları,  $\pm 2,0$  mm yaklaşımla ayarlanmalıdır.



Açıklama:

1 Yükleme silindiri (dönebilen ve yana eğilebilen)

2 Mesnet silindiri

3 Mesnet silindiri (dönebilen ve yana eğilebilen)

Resim 4.5 - Deney numunesini yükleme düzeneği (İki noktadan yükleme)

## Deney numuneleri

### Genel

Deney numuneleri, TS EN 12390 -1'e uygun prizma şekilli olmalıdır. Kalıplara dökülerek hazırlanan numuneler, TS EN 12350-1 ve TS EN 12390-2'ye uygun olmalıdır. Beton yerleştirilme yönü (döküm yönü), numune üzerinde işaretlenmelidir.

Deneyde, TS EN 12390-1'de verilen özelliklere uygun kesilmiş numuneler de kullanılabilir. Deney numuneleri incelenmeli ve belirlenen herhangi uygunsuzluk kaydedilmelidir.

### Deney numunelerinin düzeltilmesi

Deney numunesinin boyut veya şekillerinin, verilen toleransları geçmesi nedeniyle TS EN 12390-1'e uygun olmaması halinde, numuneler reddedilmeli veya aşağıda verilen işlemlerle düzeltilmelidir.

- Düzgün olmayan yüzeyler, aşındırma işlemiyle düzeltilmelidir,
- Kenarlardaki açıdan sapma, kesme ve/veya aşındırma işlemiyle düzeltilmelidir.



## İşlemler

### -Numunelerin hazırlanması ve yerleştirilmesi

Küre tabii tutulmuş deney numunesi, küreden alındıktan sonra, 10 saati geçmemek üzere, mümkün olduğu kadar kısa süre içerisinde deneye tabii tutulmalıdır. Deneyin uygulandığı ortam ve kullanılacak donanım sıcaklığı (20 ± 5) °C (veya sıcak iklimlerde (25 ± 5) °C) olmalıdır. Deney numunelerinin laboratuvar ortamında 4 saatten daha fazla süre ile muhafaza edileceği yerlerde, numuneler nem kaybına karşı, ıslak telis veya geçirimsiz membran gibi malzeme ile kaplanarak korunmalıdır.

Deney makinesinin yük uygulama yüzeyleri silinerek temizlenmeli, deney numunesinin silindirlere temas edeceği yüzeylerindeki herhangi gevşek tane veya diğer fazlalık malzeme alınmalıdır. Su içerisinde bekletilen numuneler, deney için sudan çıkartıldıktan sonra, yüzeylerindeki fazla su, deney makinasına yerleştirilmeden önce, silinerek temizlenmelidir.

Deney numunesi, makinaya tam merkezlenerek ve numune boyuna eksenine, üst ve alt yükleme silindirleri boyuna eksenine dik açı teşkil eder şekilde yerleştirilmelidir. Numunelerin makineye yerleştirilmesinde, yük uygulama doğrultusunun, numuneye beton döküm doğrultusuna dik olması sağlanmalı ve bunun için kalıptan çıkan yüzler alt ve üste getirilmelidir.

### -Yükleme

Yükleme ve mesnet silindirlerinin tümü, numune yüzeyine düzgün şekilde temas etmeden yük uygulanmamalıdır.

Yükleme hızı, 0,04 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>.s) ilâ 0,06 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>.s) arasında sabit gerilme artış hızı sağlanacak şekilde ayarlanmalıdır. Kırılma yükünün yaklaşık % 20'sini aşmamak üzere uygulanan başlangıç yükünün ardından yük, darbe etkisi oluşturulmadan seçilen hızın, ± % 10 sapma sınırları içerisinde kalması sağlanarak, numune daha fazla yük taşıyamaz hale gelinceye (kırılıncaya) kadar sabit hızda arttırılmak suretiyle uygulanmalıdır.

Uygulanması gerekli yükleme hızı, aşağıda verilen eşitlikle bulunur:

$$R = \frac{s \times d_1 \times d_2^2}{l}$$

Burada;

R gerekli yükleme hızı, N/s cinsinden,  
s gerilme artış hızı, MPa/s (N/mm<sup>2</sup>.s) cinsinden,  
d<sub>1</sub> ve d<sub>2</sub> deney numunesinin enkesit boyutları, mm cinsinden,  
l mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm cinsinden dir.



### Sonuçların gösterilmesi

Eğilme dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$f_{ct,fl} = \frac{F \times l}{d_1 \times d_2^2}$$

Burada;

$f_{ct,fl}$  eğilme dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>) cinsinden,

F en büyük yük, N cinsinden,

l mesnet silindirleri arasındaki açıklık mesafesi, mm cinsinden,

$d_1$  ve  $d_2$  deney numunesinin enkesit boyutları (Resim 4.5'e bakılmalıdır), mm cinsinden, dir.

$d_1$   $d_2$  Numunenin en kesit boyutları, mm (Resim 4.5), dir

Eğilme dayanımı, en yakın 0,1 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'ya yuvarlatılarak gösterilmelidir.



### 4.3. Sertleşmiş Beton Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini

(TS EN 12390-6)

#### Kapsam

Bu deney, silindir şekilli sertleşmiş beton deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini için yapılır. Yarmada çekme dayanımı küp ve prizma şekilli numuneler kullanılarak da tayin edilmektedir.

#### Prensip

Silindir şekilli deney numuneleri, uzunluğu boyunca dar bir alana, basınç yükü uygulanarak yüklenir. Yükleme doğrultusuna dik doğrultuda oluşan çekme kuvveti sonucunda, numunedeki çekme gerilmesi parçalanmaya yol açar.

#### Cihazlar

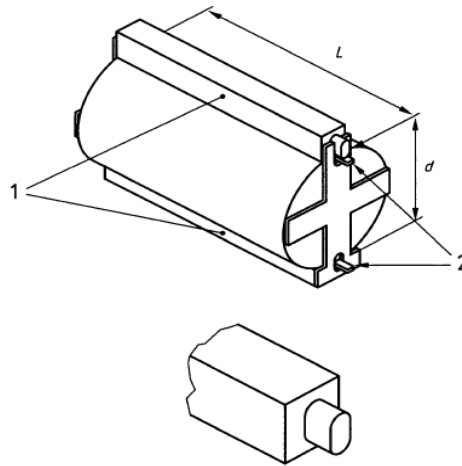
**Deney makinası**, TS EN 12390-4'e uygun olan.

Küp veya prizma şekilli numunelere deney uygulanması esnasında, bilinen düz yükleme plâkaları yerine eğri (yarım daire kesitli) çelik yükleme parçaları kullanılabilir.

**Sabitleme cihazı**, (zorunlu değil), numune ve sıkıştırma şeridini konumunda tutmak için. Sabitleme cihazı, deney esnasında numunede oluşacak şekil değişimini engellememelidir.

**Not** - Silindir numuneler için uygun sabitleme cihazı Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

**Sıkıştırma şeridi**, Yoğunluğu  $>900 \text{ kg/m}^3$  ve genişliği  $(a) = (15 \pm 1) \text{ mm}$ , kalınlığı  $(t) = (4 \pm 1) \text{ mm}$  ve uzunluğu, deney numunesine temas boyundan daha fazla olan, sert mukavva'dan yapılmış. Sert mukavva sıkıştırma şeridi, bir defa kullanıldıktan sonra atılır, tekrar kullanılmaz.



1 Çelik yükleme parçası

2 Sert mukavvadan sıkıştırma şeridi

L Numune uzunluğu

d Numune çapı

Şekil 4.6- Silindir şekilli numunelerin deneyinde kullanılan sabitleme cihazı



## Deney numuneleri

### Genel

Deney numuneleri, TS EN 12390 -1'e uygun, silindir şekilli olmalıdır. Ancak boy/çap oranı, 1 ilâ 2 arasında olan karot numuneler de kabul edilir. Kalıplara dökülerek hazırlanan numuneler, TS EN 12350-1 ve TS EN 12390-2'ye uygun olmalıdır.

### Deney numunelerinin düzeltilmesi

Deney numunesinin boyut veya şekillerinin, verilen toleransları geçmesi nedeniyle TS EN 12390-1'e uygun olmaması halinde, numuneler reddedilmeli veya aşağıda verilen işlemlerle düzeltilmelidir.

Düzgün olmayan yüzeyler, aşındırma işlemiyle düzeltilmelidir,

Açıdan sapma, kesme ve/veya aşındırma işlemiyle düzeltilmelidir.

### İşaretleme

Sabitlenme cihazı kullanılarak numunenin merkezlemesi sağlanmıyorsa, yük uygulama yerlerini belirlemek üzere, numune boyunca iki çizgi çizilmelidir. Bu çizgiler, eksenel düzlemde, çapın her iki tarafına karşılıklı olarak, silindirin yan yüzlerine çizilmeli ve uçları, yükleme yerlerinin belirlenebilmesi için, alt ve üst tabanda birleştirilmelidir.

### İşlemler

#### -Deney numunelerinin hazırlanması

Su içerisinde bekletilen numuneler, deney için sudan çıkartıldıktan sonra, yüzeylerindeki fazla su, deney makinesine yerleştirilmeden önce, silinerek temizlenmelidir.

Sabitlenme cihazı, sıkıştırma şeritleri, yükleme parçaları ve başlıklarının yükleme temas yüzeyleri silinerek temizlenmelidir. Deney numunesinin, sıkıştırma şeritlerinin temas edeceği yüzeylerindeki herhangi gevşek tane veya diğer fazlalık malzeme alınmalıdır.

#### -Deney numunelerinin yerleştirilmesi

Deney numunesi, tercihan sabitleme cihazı kullanılarak, makineye tam merkezlenmek suretiyle yerleştirilmelidir. Sıkıştırma şeritleri ve gerekliyse yükleme parçaları, numunenin yükleme düzleminde üst ve alt kısmı boyunca dikkatlice yerleştirilmelidir.

Makinanın alt ve üst yükleme başlıklarının, yükleme esnasında birbirine paralel olması sağlanmalıdır.



## Yükleme

Numuneye yükün ilk uygulanması esnasında, numunenin sabitleme cihazı veya geçici mesnetler yardımıyla ayarlanan merkezlenmiş konumunu muhafaza etmesi sağlanmalıdır.

Yükleme hızı, 0,04 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>.s) ilâ 0,06 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>.s) arasında sabit gerilme hızı sağlanacak şekilde ayarlanmalıdır. Kırılma yükünün yaklaşık olarak % 20'sini aşmayan başlangıç yükü uygulandıktan sonra yük, sabit hızda artırılarak, darbe etkisi oluşturulmadan, seçilen yükleme hızının  $\pm$  % 10 sapma sınırları içerisinde kalması sağlanarak, numune kırılıncaya kadar kesintisiz uygulanmalıdır.

Deney makinasında uygulanması gerekli yükleme hızı, aşağıda verilen eşitlikle bulunur:

$$R = \frac{s \times \pi \times L \times d}{2}$$

Burada;

R Gerekli yükleme hızı, N/s,

L Numune boyu, mm,

D Numunenin seçilmiş en kesit boyutu, mm,

s Gerilme artış hızı, MPa/s (N/mm<sup>2</sup>/s),dir.

## Sonuçların gösterilmesi

Yarmada çekme dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times d}$$

Burada;

$f_{ct}$  Yarmada çekme dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),

F En büyük yük, N,

L Numunenin yükleme parçasına temas çizgisinin uzunluğu, mm,

d Numunenin seçilen en kesit ölçüsü, mm dir.

Not- Deneyde kullanılan numune boyutlarının, standard deney yönteminde öngörülen boyutlardan sapma göstermesi halinde, dayanım hesaplanmasında, deney numunesinin, ölçülen gerçek boyutları esas alınabilir.

Yarmada çekme dayanımı en yakın 0,05 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'ye yuvarlatılarak gösterilmelidir.



#### 4.4. Sertleşmiş Betonun Birim Hacim Kütlesinin Tayini Deneyi (TS EN 12390-7)

##### Kapsam

Bu deney, sertleşmiş betonun birim hacim kütlesinin tayini için uygulanacak deney yöntemini kapsar.

Bu deney, hafif beton, normal ağırlıklı beton ve ağır betona uygulanır.

Bu deneyde sertleşmiş beton, aşağıda verilen farklı gruplara ayrılmıştır:

- 1) Teslim alındığı durumda,
- 2) Suyu doymuş durumda,
- 3) Etüv kurusu durumda

Sertleşmiş beton numunesinin kütlesi ve hacmi tayin edilerek birim hacim kütlesi hesaplanır.

##### Cihazlar

##### Kumpas ve cetvel

Numunenin boyutlarını, en fazla izin verilen %5 sapma sınırları içerisinde ölçmeye uygun olan.

##### Terazi

Numuneyi, hem havada ve hem de su içerisinde tartmak için üzengi şekilli numune kefesini olan ve kütleyi en fazla % 0,1 sapma ile tartabilen.

##### Su deposu

Depo içerisindeki suyu, sabit seviyede tutmak için düzeneği olan ve kafesteki numuneyi suya, sabit derinlikte, tam olarak batırmak için yeterli büyüklükte olan.

**Hava dolaşımli etüv**, sıcaklığı  $(105 \pm 5)$  °C'de sabit tutabilen.

##### Deney numunesi

Deney numunesinin hacmi en az 0,785 litre olmalıdır. Kalıba dökülerek hazırlanmış numunede, agreganın en büyük anma tane büyüklüğünün ( $D_{max}$ ) 25 mm'den daha büyük olması halinde, numune hacmi  $50 D^3$ 'den daha küçük olmamalıdır. Burada; D, iri agreganın en büyük anma tane büyüklüğüdür.

Normal şartlardaki birim hacim kütlesi tayininde numune, teslim edildiği şekilde, olduğu gibi (bütün olarak) deneye tâbi tutulur. Ancak, numune şekli veya büyüklüğünün, numuneyi olduğu gibi deneye tâbi tutmaya uygun olmaması halinde deney, numuneden kesilerek veya kırılarak alınan daha küçük parçada yapılır.

Deneyde, başlıklanmış numune kullanılmamalıdır.



## Deney işlemleri

### Genel

#### Kütle tayini

Kütlenin belirlenmesi esnasında numunenin bulunabileceği, aşağıda verilen üç durum kabul edilmiştir:

- Teslim alındığı durum,
- Suya doymun durum,
- Etüv kurusu durum.

#### Hacim tayini

Numune hacminin tayini için aşağıda verilen üç metot belirlenmiştir:

- Su ile yer değiştirme (referans metot),
- Numunenin gerçek ölçüleri kullanılarak hesaplama,
- Küp şekilli numunelerde, belirtilmiş boyutların kontrol edilerek kullanılmasıyla hesaplama,

**Not 1** - Kullanılan metodun hassasiyeti, numune hacminin ölçülmesi için seçilen metoda bağlıdır. Hacmin, su ile yer değiştirme metodu ile ölçülmesi, en hassas sonucu verir. Gerçek ölçüler kullanılarak hesaplamada hassasiyet daha düşük, belirtilmiş boyutların kontrol edilerek kullanılması yoluyla hesaplamada ise en düşüktür.

#### Teslim alındığı (tabii) durumdaki numune kütlesi

Numenin, teslim alındığı durumdaki en yakın 1 g'a kadar ile tartılan kütlesi, ( $m_r$ ) .Okunan kütle değeri, kilogram olarak kaydedilir.

#### Suya doymun durumdaki numune kütlesi

Numune, ( $20 \pm 2$ ) °C sıcaklıktaki su içerisinde, 24 saat aralıkla yapılan tartımda kütle değişimi % 0,2'den daha az hale gelinceye kadar batırılır. Bu tartımlarda numune yüzeyindeki serbest su silinerek temizlenir. Suya doymun numune kütlesi ( $m_s$ ), kilogram olarak kaydedilir.

Deneyden önce, en az 72 saat süreyle su içerisinde tutularak küre tâbi tutulan numunenin, sabit doymun kütleyle ulaştığı kabul edilir.

#### Etüv kurusu durumdaki numune kütlesi

Numune, ( $105 \pm 5$ ) °C sıcaklıktaki hava dolaşımli etüvde, 24 saat aralıkla yapılan tartımdaki kütle değişimi % 0,2'den daha az hale gelinceye kadar kurutulur. Bu tartımlarda numuneler, her tartımdan önce oda sıcaklığına gelinceye kadar, kuru, hava sızdırmaz kapalı kap içerisinde veya desikatörde bekletilerek soğutulur. Etüv kurusu numunenin okunan kütlesi  $m_o$ , kilogram olarak kaydedilir.



## Su ile yer değiştirme yoluyla tayin edilen hacim

### Genel

Numune, suya doğgun duruma getirilmelidir.

Bu metot herhangi bir şekle sahip numunelerin hepsi için uygun olmakla birlikte, düzgün geometrik şekle sahip olmayan numuneler için kullanılacak tek metottur.

### Su içerisindeki kütle

Numunenin su içerisindeki kütlesi, aşağıda verilen işlem kullanılarak belirlenir.

Su tankı içerisinde numune olmadan, kefeye kadar kaldırılır kefe su tankı içerisine batırılır; ancak tankın tabanına değdirilmez. Kefenin kütlesi,  $m_{st}$ , kilogram olarak kaydedilir.

Alternatif olarak, kefe su içerisinde iken, terazinin sıfırlama ayarı dara alma yapılarak kefenin görünür kütlesi dengelenmiş olur.

Numune, terazinin kefesine konur ve su deposu, numune tamamen suya batıncaya kadar yukarı kaldırılır. Numune zerindeki su derinliği, kefe su içerisinde boş halde tartılırken, kefe üzerindeki su derinliği ile aynı olmalıdır.

Numune ve terazi kefesinin yan yüzeylerinde hava kabarcıklarının kalmaması sağlanmalıdır.

Suya batırılmış numune ve kefenin toplam görünür kütlesi ( $m_{st} + m_w$ ), kilogram olarak kaydedilir.

### Havadaki kütle

Numunenin havadaki kütlesi, aşağıda verilen işlem kullanılarak belirlenir.

Numune, terazinin kefesinden alınır ve nemli bez kullanılarak yüzeylerdeki su kurulanır. Numune teraziye yerleştirilir ve havadaki kütle belirlenerek ( $m_a$ ), kilogram cinsinden kaydedilir.

### Numune hacminin hesaplanması

Numune hacmi, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$V = \frac{m_a - [(m_{st} + m_w) - m_{st}]}{\rho_w}$$

Burada;

$V$  numunenin hacmi,  $m^3$ ,

$m_a$  numunenin havadaki kütlesi, kg,

$m_{st}$  kefenin su içerisindeki görünür kütlesi, kg,

$m_w$  numunenin su içerisindeki görünür kütlesi, kg,

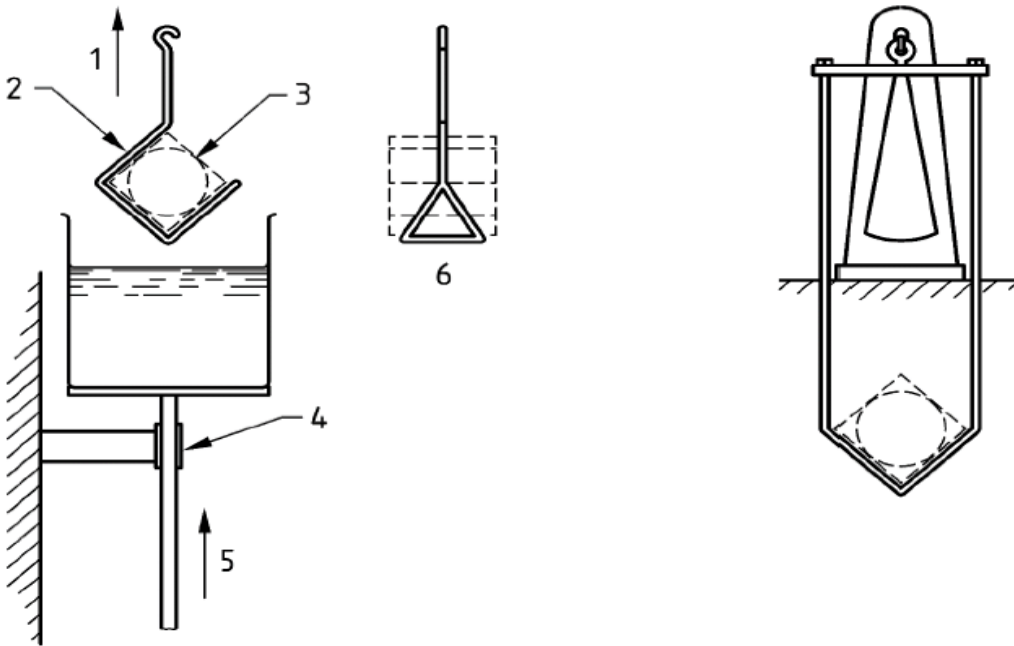
$\rho_w$  suyun  $998 \text{ kg/m}^3$  olarak kabul edilen,  $20^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki yoğunluğudur.

## Ölçümle elde edilen hacim

Numune hacmi, TS EN 12390-1'e göre, numunede yapılan boyut ölçümleri kullanılarak, m<sup>3</sup> cinsinden hesaplanır. Sonuç, dört rakamlı olacak şekilde uygun haneye yuvarlatılarak gösterilir (9,823; 10,57 veya 100,6 gibi).

## Belirtilmiş boyutlar kullanılarak elde edilen hacim (sadece küp numuneler için)

Küp numunenin, TS EN 12390-1'e uygun, kalibre edilmiş kalıp kullanılarak hazırlandığı teyit edilmelidir. Numune boyutları, TS EN 12390-1'e göre kontrol edilmelidir. Küp numune hacmi, m<sup>3</sup> cinsinden hesaplanmalı ve sonuç üç rakamlı olacak şekilde uygun haneye yuvarlatılarak gösterilmelidir (9,82; 10,6 veya 100 gibi).



a) Terazi mekanizmasının altına asılmış kefe gösterimi

b) Terazi mekanizmasının altına asılmış alternatif kefe gösterimi

### Açıklama

- 1 terazi
- 2 kefe
- 3 beton numune
- 4 kılavuz
- 5 düşey hareketli su deposu
- 6 kefenin yandan görünüşü

Resim 4.7 - Beton numune hacminin, su ile yer değiştirme yöntemiyle tayini için tipik kefe düzeneği

### Deney sonuçları

Yoğunluk, numunenin tayin edilen kütlesi ve hacmi kullanılarak, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanır:



$$D = \frac{m}{V}$$

Burada;

*D* Numunenin nem durumu ve hacim tayini yöntemine bağlı olarak birim hacim kütlesi, kg/m<sup>3</sup>,

*m* Numunenin, deney esnasında ölçülen kütlesi, kg,

*V* Numunenin özel yöntemle tayin edilen hacmi, m<sup>3</sup> dür.

Numunenin, deney anındaki durumu ve numune hacminin tayininde kullanılan deney yöntemi, deney sonuçları ile birlikte kaydedilmelidir.

Birim hacim kütlesi tayini deney sonuçları, en yakın 10 kg/m<sup>3</sup>'e yuvarlatılarak gösterilmelidir.





## 4.5. Basınç Altında Su İşleme Derinliğinin Tayini

(TS EN 12390-8)

### Kapsam

Bu deney, su içerisinde kür uygunlaşmış sertleşmiş betonda, basınç altında su işleme (nüfuz etme) derinliğinin tayini için yapılır.

### Prensip

Basınçlı su, sertleşmiş beton yüzeyine uygulanır. Daha sonra numune, ortasından yarılarak su işleme derinliği, alın kısmından ölçülmek suretiyle belirlenir.

### Cihazlar

#### Deney ekipmanı

Verilen ölçülere sahip deney numunesi, herhangi uygun bir cihaza, deney alanına su basıncı uygulanabilecek ve uygulanan basınç sürekli olarak göstergeden izlenebilecek şekilde yerleştirilir. Örnek deney düzeneği Resim 4.8'de gösterilmiştir.

Deney cihazının, deney esnasında numunenin diğer yüzeylerinin de gözlemlenebilmesine imkân veren şekilde olması tercih edilir.

Su basıncı, deney numunesinin tabanına veya üst yüzüne uygulanabilir. Deney esnasında, lâstik veya diğer benzeri malzeme kullanılarak gerekli sızdırmazlık sağlanmalıdır.

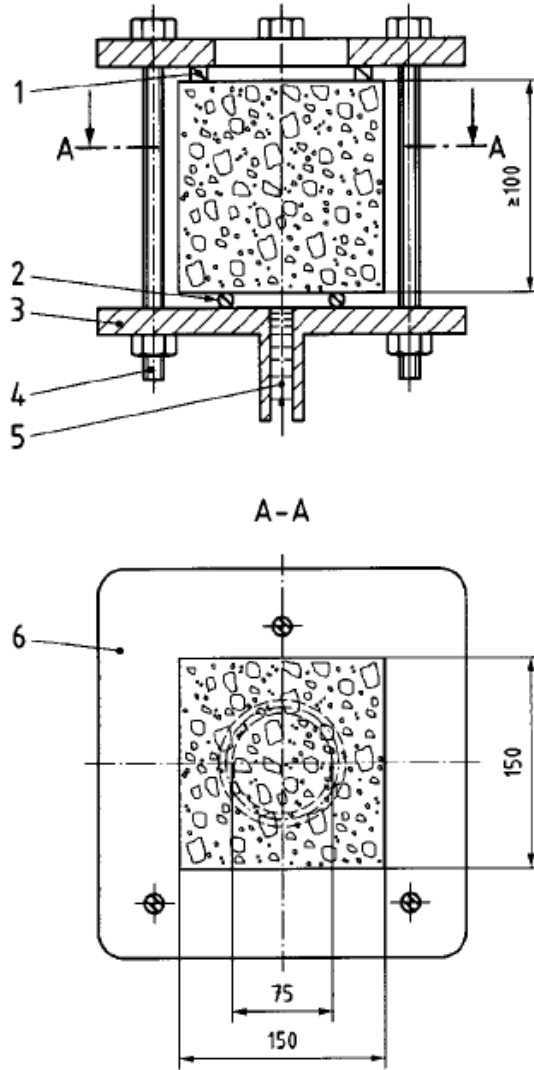
Deney uygulanan alanın boyutları, numune yüzey çapı veya kenar uzunluğunun yaklaşık yarısı kadar olmalıdır.

#### Deney numunesi

Deney numunesi, küp, silindir veya prizma biçimli olmalı, numune yüzeyinin en küçük boyutu 150 mm'den, numunenin diğer boyutları ise 100 mm'den daha küçük olmamalıdır.

Daha küçük numuneler deneye tabi tutulabilir. Boyutlar ve deney uygulama alanı kaydedilmelidir. Karot numunelerin çapı en az 95 mm olmalıdır.

Ölçüler mm'dir.

**Açıklama**

- 1 Yerleştirme parçası
- 2 Sızdırmazlık contası
- 3 Sıkıştırma plakası
- 4 Yivli sıkıştırma çubuğu
- 5 Basınçlı su girişi
- 6 Sıkıştırma plakası

Resim 4.8 - Deney düzeneği örneği

**İşlem****Deney numunesinin hazırlanması**

Deney numunesinin su basıncı uygulanacak yüzeyi, numune kalıptan çıkartıldıktan hemen sonra, tel fırça ile pürüzlendirilmelidir ve numune TS EN 12390-2'de verilen işleme göre su içerisinde küre tabi tutulmalıdır.



## **Su basıncının uygulanması**

Numune, deney başlangıcında en az 28 günlük olmalıdır. Su basıncı, numunenin mastarlanmış yüzeyine uygulanmamalıdır. Numune, cihaza yerleştirilir ve  $(72 \pm 2)$  saat süreyle  $(500 \pm 50)$  kPa basınçlı su uygulanır. Deney esnasında, deney numunesinin basınç uygulanmayan yüzeyleri, belirli aralıklarla gözlenmeli ve yüzeylerde su görülmesi durumu kayda geçirilmelidir. Su sızıntısı görülmesi hâlinde, deney sonucunungeçerli olduğu kabul edilir ve su sızıntısı olduğu kaydedilir.

## **Numunenin incelenmesi**

Basıncın, belirtilen süreyle uygulanmasından sonra deneye son verilir ve numune cihazdan çıkartılır.

Basıncın, belirtilen süreyle uygulanmasından sonra deneye son verilir ve numune cihazdan çıkartılır. Basınçlı su uygulanan yüzeydeki fazla su silinerek temizlenir. Numune, basınçlı su uygulanan yüzeye dik şekilde, ortasından yarılarak ikiye bölünür. Numunenin bölünmesi ve incelenmesi esnasında, basınçlı su uygulanan yüzey alt tarafa getirilir. Numunenin bölünmesiyle ortaya çıkan numune yüzeyinin, su işleyen kısım kesitinin belirgin şekilde görülünceye kadar kurutulmasından hemen sonra, ıslak alanın sınırları işaretlenir. Basınç uygulanan deney alanından itibaren, suyun işlediği en büyük derinlik, ölçülerek en yakın milimetreye yuvarlatılmak suretiyle kaydedilir.

## **Deney sonucu**

Deney sonucu, en yakın milimetreye yuvarlatılmak suretiyle gösterilen, en büyük su işleme derinliğidir.



#### **4.6. Donma çözülme direnci/yüzeysel kabuk atma (yüzeysel yıpranma) – Plaka Yöntemi (TSE CEN/TS 12390-9)**

##### **Kapsam**

Sertleşmiş betonda donma-çözülmeden dolayı oluşan yüzeysel kabuk atma (yüzeysel yıpranma) direncini ölçmek amacıyla su ve sodyum klorür çözeltisi ile yapılan donma-çözülme deneyini kapsar.

##### **Prensip**

Resim 4.9'da gösterilen beton deney numunesinden kesilerek alınan plaka şekilli numuneler, su yüzeyinden itibaren 3 mm derinlikte de-iyonize su veya % 3'lük sodyum klorür (NaCl) çözeltisi içinde bulunur halde donma-çözülme etkilerine maruz bırakılır. Donma-çözülme direnci 56 donma-çözülme döngüsü sonunda beton plakadan kabuk atma yoluyla ayrılan beton kütesinin ölçülmesi ile değerlendirilir.

##### **Cihazlar:**

##### **İklimlendirme odası veya kabini**

Sıcaklığı  $(20 \pm 2)$  °C ve buharlaşma hızı  $(45 \pm 15)$  g/m<sup>2</sup>.h olan. Normal olarak bu durum 0,1 m/s'den küçük rüzgar hızı ve %  $(65 \pm 5)$  bağıl nem şartlarında elde edilmektedir. Buharlaşma hızı, derinliği yaklaşık 40 mm ve kesit alanı  $(225 \pm 25)$  cm<sup>2</sup> olan bir kabın içine su doldurularak ölçülmektedir. Kap içerisine su, ağız kenarından  $(10 \pm 1)$  mm mesafeye kadar doldurulur.

##### **Elmas ağızlı beton testeresi**

Kauçuk membran:  $(3 \pm 0,5)$  mm kalınlığında, kullanılan tuz çözeltisine karşı dirençli ve - 27 °C sıcaklığa kadar elastik olan.

##### **Genleştirilmiş gözenekli polistiren plastik malzeme**

$(20 \pm 1)$  mm kalınlığında ve  $(18 \pm 2)$  kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda veya en az 0,036 W/m.K ısı iletkenliğe sahip ısı yalıtımlı olan.

##### **Polietilen tabaka**

0,1 mm ile 0,2 mm arasında kalınlığa sahip olan.

##### **Donma sıvısı**

Kütlece % 97 şebeke suyu ve % 3 NaCl'den ibaret çözelti (buz çözücü tuz kullanılan deneylerde) veya sadece de-iyonize sudan ibaret (buz çözücü tuz kullanılmadan yapılan deneylerde).



### **Donma-çözülme kabini**

Resim 4.12'te gösterilen sıcaklık-zaman eğrisini numune hangi konumda olursa olsun sağlayabilecek kapasiteli sıcaklık ve zaman kontrollü soğutma ve ısıtma sistemine sahip olan. Dondurucu sistem iyi bir hava dolaşımına sahip olmalıdır.

Isıl çiftler veya sıcaklık ölçerler: dondurma ortamında bulunan deney numunesi yüzeyinde (Tablo 4.1)  $\pm 0,5K$  doğrulukta sıcaklık ölçümü yapabilen ısıl çiftler veya eşdeğer nitelikte sıcaklık ölçerler.

### **Süzgeç (filtre) kağıdı**

Kabuk atarak uzaklaşan malzemeyi toplamak için.

### **Fırça**

Kabuk atma yoluyla numuneden ayrılan malzemeyi temizlemek için kısa (20 mm kadar) ve sert kıllı olan.

### **Su püskürtme şişesi**

Kabuk atma yoluyla numuneden ayrılan malzemeyi şebeke suyu ile yıkamak için.

Etüv: sıcaklığı  $(110 \pm 10)$  °C sabit tutulabilen.

Terazi:  $\pm 0,05$  g doğrulukla tartım yapabilen.

Kumpas:  $\pm 0,1$  mm doğrulukla ölçüm yapabilen.

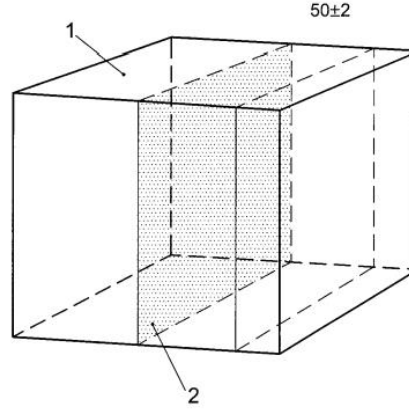
### **Deney Numunelerinin Hazırlanması**

Deney toplamda dört adet beton küp numunesinin her birinden birer numune alınmasıyla hazırlanan dört adet deney numunesi üzerinde gerçekleştirilir.

Taze beton, küp kalıplara yerleştirildikten sonra kalıplar polietilen örtü ile kaplanarak 1 gün süreyle kurumaya karşı korunurlar. Hava sıcaklığı  $(20 \pm 2)$  °C olmalıdır.  $(24 \pm 2)$  saat sonunda küp şeklindeki numuneler kalıplardan çıkarıldıktan sonra  $(20 \pm 2)$  °C sıcaklıktaki şebeke suyu ile doldurulmuş kür havuzuna yerleştirilir.

Küp numuneler 7 günlük olduğunda kür havuzundan çıkarılır ve iklimlendirme odası içinde donma-çözülme deneyi başlayana kadar bekletilir.

Beton numuneler 21 günlük olduğunda, 21. günde elmas ağızlı beton testeresi ile 2 yerinden üst yüzeyine dik olacak şekilde kesilerek  $(50 \pm 2)$  mm kalınlığında 1 deney numunesi elde edilir (Resim 4.9). Deney numunesi kalınlığının ortalamadan sapması en fazla 2 mm olmalıdır.



#### Açıklamalar

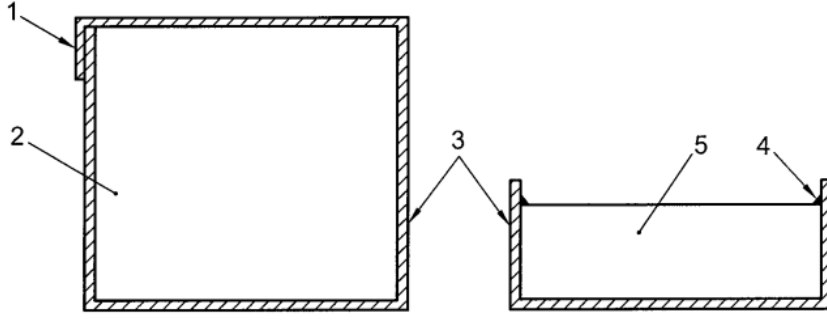
1. Dökümdeki üst yüzey
2. Deneye tabi tutulan beton numune yüzeyi

Resim 4.9 - Deney numunesinin yeri ve kesilmiş küpteki deneye tabi tutulan beton numune yüzeyi

Kesme işleminden hemen sonra numune şebeke suyu altında yıkanır ve bir ıslak sünger ile üzerindeki fazla su silinir. Numunenin tüm boyutları, bir kumpas vasıtasıyla  $\pm 0,5$  mm hassasiyetle ölçülür. Gecikme olmaksızın tüm numuneler deneye tabi tutulacak yüzeyleri düşey ve yüzeyler arasında en az 50 mm boşluk kalacak şekilde tekrar iklimlendirme odasına konulur. Beton deney numuneleri ( $25 \pm 1$ ) günlük olduğunda, deneye tabi tutulacak yüzey hariç diğer tüm yüzeyler kauçuk membran yapıştırılarak kaplanır. Deneye tabi tutulan beton numune yüzeyi etrafında, beton ile kauçuk membranın birleştiği yerler bir yapışkan tabakası veya silikon kauçuk ile kapatılır. Yapışkan ve kauçuk uygulanmasından sonra geriye kalan yüzey alanı orijinal deneye tabi tutulan beton numune yüzeyi alanının % 90'ından daha az olmamalıdır. Kauçuk membranın kenarı, deneye tabi tutulan beton numune yüzeyinin yaklaşık ( $20 \pm 1$ ) mm üzerine kadar çıkmalıdır. Kauçuk membranın yapıştırılmasından sonra, deney numuneleri iklimlendirme kabineye geri konulmalıdır.

Not 1: Yapıştırıcı hem beton yüzeylere ve hem de kauçuk membran üzerine sürülmelidir. Kauçuk membranın Resim 4.10'da gösterilen yapıştırılma tarzının uygun olduğu ispatlanmıştır.

Beton numune 28 günlük olduğunda 3 mm derinliğinde ( $20 \pm 2$ ) °C sıcaklıkta de-iyonize su beton numunenin üst yüzeyine doldurulur. Numune yüzeyinin tekrar doymun hale gelmesi için ( $20 \pm 2$ ) °C sıcaklıktaki su tabakası ( $72 \pm 2$ ) saat süresince yaklaşık 3 mm derinlikte tutulmalıdır.

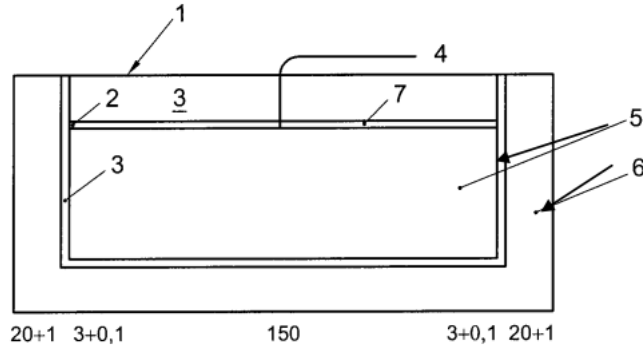


#### Açıklamalar

1. Bindirme
2. Deneye tabi tutulan yüzey
3. Kauçuk membran
4. Yapışkan şerit
5. Numune

Resim 4.10 - Deney numunesinin yalıtılması

Not 2 - Deney yüzey alanı (150x150) mm ebatlarına sahip numunede yaklaşık 3 mm su seviyesi 67 mL deiyonize su ile sağlanmaktadır. Deneyden önce, deney tabi tutulacak yüzey alanı dışındaki diğer tüm numune yüzeylerine (20 ± 1) mm kalınlığında polistiren gözenekli plastik malzeme ile Resim 4.11’de gösterildiği gibi ısı yalıtımı uygulanır.



#### Açıklamalar

1. Polietilen kaplama
2. Yapışkan şerit
3. Kauçuk membran
4. Deneye tabi tutulan beton numune yüzeyi ile temas halindeki sıcaklık ölçme cihazı
5. Numune
6. Isı yalıtımı
7. Donma sıvısı

Resim 4.11 - Donma-çözülme deneyi için kullanılan deney düzeneği

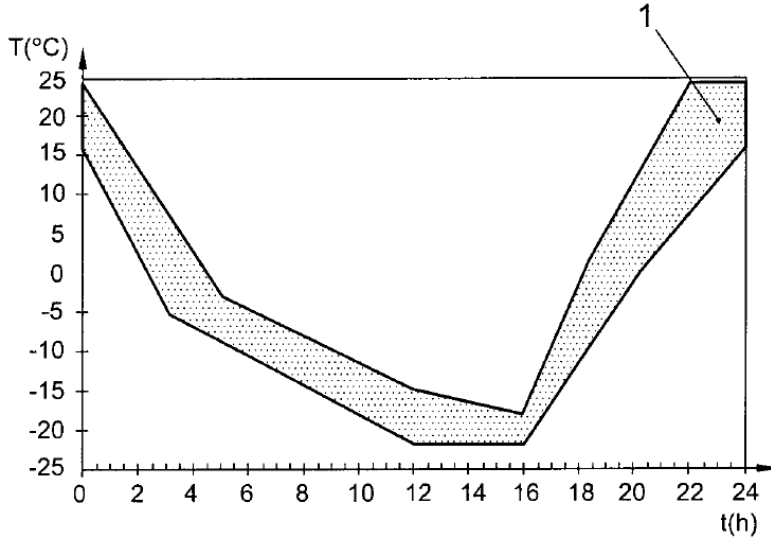
Deney numuneleri 31 günlük olduğunda deney başlatılır. Numunelerin, donma-çözülme kabini içerisine yerleştirilmesinden en fazla 15 dakika önce deneye tabi tutulan beton

numune yüzeyi üzerindeki deiyonize su,  $(20 \pm 2)$  °C'ta ve 3 mm ortalama derinlikte olacak şekilde 67 mL donma sıvısı ile değiştirilir.

Donma sıvısının buharlaşması, Resim 4.11'te gösterildiği gibi düz ve yatay bir polietilen tabaka ile örtülerek önlenir. Polietilen tabaka, donma sıvısının yüzeyi ile örtü arasındaki mesafe en az 15 mm olacak şekilde deney süresince düz kalmalıdır.

### Deney İşlemi:

Deneye başlamak için numuneler, Resim 4.12'de gösterildiği gibi  $(0 \pm 30)$  dakikalık döngü geçiş süresi içinde donma-çözülme kabinine yerleştirilir. Numuneler donma-çözülme kabinine yerleştirildikten sonra, aşağıda gösterildiği şekilde tekrarlı donma-çözülme etkilerine maruz bırakılır. Donma-çözülme kabini içindeki numunelerden en az bir tanesinin deneye tabi tutulan yüzey merkezinde donma sıvısının sıcaklığı sürekli olarak izlenmelidir. Deney esnasında donma sıvısının sıcaklığı, Resim 4.12'de gösterilen gölgeli alan içerisinde kalmalıdır. Sıcaklık, her döngü esnasında en az 7 saat ve en fazla 9 saat olmak üzere 0 °C'yi aşmalıdır. Donma-çözülme kabini içindeki hava sıcaklığı hiçbir şekilde -27 °C'nin altına düşmemelidir.



### Açıklamalar

1 Deneye tabi tutulan beton numune yüzeyinin merkezindeki sıcaklık değişim aralığı

Resim 4.12 Deneye tabi tutulan beton numune yüzeyinin merkezinde donma sıvısında ölçülen sıcaklığın (T) süreye (t) bağlı olarak değişimi

Tablo 4.1 Resim 4.12'de gölgeli alanı belirleyen noktalar

Üst sınır		Alt sınır	
t, Saat	T, °C	t, Saat	T, °C
0	+ 24	0	+ 16
5	- 3	3	- 5
12	- 15	12	- 22
16	- 18	16	- 22
18	- 1	20	- 1
22	+ 24	24	+ 16





(7 ± 1), (14 ± 1), (28 ± 1), (42 ± 1) ve 56 döngü sonunda, Tablo 4.1'de verildiği gibi 20. saat ile 24. Saat arasındaki çözelti çözünme döngüsü esnasında her numune için aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir;

a) Numunenin deneye tabi tutulan yüzeyinden kabuk atarak kopan malzeme bir kap içinde toplanır. Su püskürtme şişesi ile yüzey yıkanır ve kopan malzeme fırça ile uzaklaştırılır.

b) Numunenin deneye tabi tutulan yüzeyi üzerine yeni donma sıvısı eklenir. 150 mm x 150 mm deney alanı için 67 mL donma sıvısı gereklidir.

c) Numuneler tekrar donma-çözülme kabineye konulur.

Kabuk atarak uzaklaşan malzemeyi içeren kap ve kullanılmışsa filtre kağıdı (110 ± 10) °C'ta sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur ve 0,1 g hassasiyetle tartılır. n adet donma-çözülme döngüsü sonunda kurutulan kabuk atarak kopan malzemenin yığışımli kütlesi aşağıdaki bağıntı ile belirlenir. Hesaplanan kuru malzeme kütlesi 0,1 g yuvarlanarak kaydedilir.

$$m_{s,n} = m_{s,\text{önce}} + (m_{v+s(+f)} - m_{v(+f)})$$

Burada;

$m_{s,n}$ : n adet donma-çözülme döngüsü sonunda kabuk atarak uzaklaşan malzemenin 0,1 g yuvarlatılarak belirlenen kurutulmuş yığışımli kütlesi.

$m_{s,\text{önce}}$ : Bir önceki donma-çözülme döngüsünde hesaplanan kurutulmuş kabuk atarak uzaklaşan malzemenin yığışımli kütlesi.

$m_{v+s(+f)}$ : Kabuk atarak uzaklaşan malzemeyi içeren kap ve kullanılmışsa filtredeki malzemenin 0,1 g hassasiyetle tartılmış kütlesi.

$m_{v(+f)}$ : Boş kabın ve kullanılmışsa kuru filtrenin 0,1 g hassasiyetle tartılmış kütlesi .

## Deney Sonucu

$$S_n = (m_{s,n} / A) \times 10^3$$

$S_n$ : n donma-çözülme döngüsü sonunda deneye tabi tutulan beton numune yüzeyinden kabuk atarak uzaklaşan malzemenin kütlesi, kg/m<sup>2</sup>

$m_{s,n}$ : Bağıntı ile belirlenen n adet donma-çözülme döngüsü sonunda kabuk atarak uzaklaşan malzemenin kurutulmuş yığışımli kütlesi.

A: Deneye tabi tutulan beton numune yüzeyinin toplam alanı. Bu alan yapışkan şeritin uygulanmasından önce boyut ölçümlerinden en yakın 100 mm<sup>2</sup> 'ye yuvarlatılarak hesaplanan alandır.



## Bölüm 5. Kimyasal Katkılar-Tarifler, Özellikler, Uygunluk (TS EN 934-2)

### 5.1 Plastikleştirici Beton Katkı Malzemesi İle Su Azaltma Özelliği Deneyi

#### Kapsam

Bu deney, betonlarda kullanılan akışkanlaştırıcı katkıların su azaltma miktarının tayini deneyini kapsar.

#### Prensip

Katkının tavsiye edilen en yüksek miktarında, en düşük miktarında, ortalama değerinde ve ara değerlerde yapılarak katkı artışı ile su azaltma yüzdesi değişimi tespit edilir.

#### Cihaz ve Malzemeler:

**Terazi**, 1 g doğrulukta tartım yapabilen,

**Yayıma masası**, taşıyıcı çerçevesi kaynaklı veya dökme çelikten imal edilmiş, kararlı yapıda olmalı ve herhangi bir çarpıklık bulundurmayan (Resim 5.1)

**Dereceli mezür veya büret**, hacmi % 1 mL doğrulukta ölçebilen,

**Karıştırıcı**, Madde 2.1'e uygun.

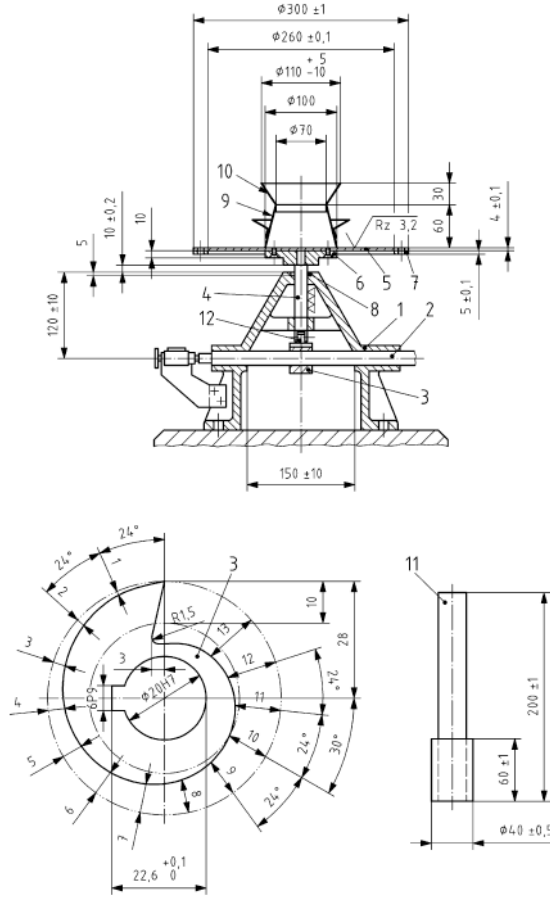
**Su**, Numunelerin hazırlanması, bekletilmesi ve kaynatılması için damıtık veya deiyonize su kullanılmalıdır.

**Kronometre**, süreyi  $\pm 1$  s doğrulukta ölçebilen,

**Kumpas ve cetvel**, numunenin boyutlarını, en fazla izin verilen %5 sapma sınırları içerisinde ölçmeye uygun olan.

**Vicat kalıbı**, derinliği  $(60,0 \pm 0,5)$  mm; üst iç çapı  $(70 \pm 0,5)$  mm ve alt iç çapı  $(100 \pm 0,5)$  mm olan kesik koni şeklindedir.

**Tokmak**,  $(250 \pm 15)$  g ağırlığında, sac korumalı geçirimsiz malzemedan yapılmış yuvarlak bir çubuktan oluşacaktır.



- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1 Taşıyıcı çerçeve | 7 Halka            |
| 2 Yatay mil        | 8 Göbek            |
| 3 Kam              | 9 Kalıp            |
| 4 Düşey mil        | 10 Doldurma hunisi |
| 5 Tabla            | 11 Tokmak          |
| 6 Merkezi yatak    | 12 Mil ayağı       |

Resim 5.1 Yayılma tablası, kam ve tokmak

### Deney İşlemi:

1 g doğrulukla 600 gr çimento tartılır. Bir miktar su, mesela 150 gr, karıştırıcı kabına tartılır veya dereceli mezür veya büretle ölçülerek karıştırıcı kabına konur. Çimento suya ilave edilirken, çimento veya su miktarında herhangi bir kayba meydan vermeden dikkatlice koyulur. İlave etme süresi 5 saniyeden az, 10 saniyeden fazla olmamalıdır. İlavenin tamamlandığı an sonraki ölçümler için sıfır zamanı olarak kaydedilir. Karıştırıcı hemen 90 saniye süreyle düşük hızda olmak üzere çalıştırılır. 90 saniye sonunda 15 saniye durdurulur ve bu arada uygun bir kazıyıcı ile karıştırıcı kabının iç çeperlerine yapışan çimento pastası sıyrılır ve karışıma eklenir. Karıştırıcı tekrar 90 saniye düşük hızda çalıştırılır. Karıştırıcının toplam çalıştırma süresi 3 dakika olmalıdır.

Karışım yukarıda ölçüleri verilen kesik koni şeklindeki vicat kalıbına 2 tabaka halinde yerleştirilir (Yayılma tablası üzerinde). Her tabakaya 25 darbe vurularak sıkıştırılır. Vicat kalıbı çıkarılır. Yayılma tablası ile 6 saniyede 10 düşüm yapılır.



Yayılma çapı kumpas ile ölçülür.

Yayılma çapının  $110 \pm 2$  mm. olduğu su miktarı tespit edilir. Dolayısıyla su yüzdesi hesaplanır. Daha sonra üretici firmanın tavsiye ettiği miktar aralığı içinde, kimyasal katkı kullanarak yine  $110 \pm 2$  mm. yayılma verecek şekilde eksilen su miktarları tespit edilir. Dolayısıyla katkının su azaltma yüzdesi tespit edilir.

Bu çalışmalar; katkının tavsiye edilen en yüksek miktarında, en düşük miktarında, ortalama değerinde ve ara değerlerde yapılarak katkı artışı ile su azaltma yüzdesi değişimi tespit edilir.

### Deney Sonucu

Sonuç en yakın tam sayıya yuvarlatılarak verilir.

Resim 5.2 Örnek Deney Formu

AKIŞKANLAŞTIRICI (PLASTİKLEŞTİRİCİ) KATKIDA SU AZALTMA YÜZDESİ TAYİNİ DENEY FORMU							
ÇİMENTO MİKTARI (Gr)	KATKI ORANI (%)	KATKI MİKTARI	SU MİKTARI	SARSMADAN SONRAKİ YAYILMA ÇAPI (mm)		SUDAKİ AZALMA MİKTARI (Gr)	KATKININ SU AZALTMASI (%)
				DENEY SONUCU	ŞARTNAME LİMİTİ		
600 Gr	-	-	158	110	110±2 mm	-	-
	0,5	3,0	146	107		-	-
	0,7	4,2	143	108		15	9
	1,0	6,0	140	110		18	11
	1,2	7,2	134	111		24	15



## 5.2 Beton, Harç ve Şerbet için Deney Metotları- Deneyler için Şahit Beton ve Şahit Harç (TS EN 480-1)

### Kapsam

Katkı maddelerinin verimliliğinin ve uyumluluğunun TS EN 934'e uygun olarak deneyle tayin edilmesi amacıyla hazırlanacak şahit beton ve şahit harcın bileşen malzemeleri, karışım oranları ve karıştırma yöntemini kapsamaktadır.

### Bileşen malzemeler

#### Çimento

Şahit betonlar ve harçlar, TS EN 197-1'e uygun olan 42,5 veya 52,5 dayanım sınıfındaki CEM I çimentosu ile yapılır. Kullanılan çimentoya yapılan kimyasal analiz sonucu kütlece % 7 ila % 11 oranında C<sub>3</sub>A içermeli ve özgül yüzeyi 3200 cm<sup>2</sup>/g ila 4600 cm<sup>2</sup>/g olmalıdır.

### Agregalar

#### Şahit Beton İçin Agrega

TS EN 12620'ye uygun, su emmesi düşük olan (kütlece < % 2) doğal agrega kullanılmalıdır. Şahit betonun hazırlanmasında kullanılan agreganın tane büyüklüğü dağılımı Tablo 5.1'de verilen sınırlar içinde olmalıdır.

#### Şahit Harç İçin Agrega

Şahit harç için agrega olarak Madde 2.1'e uygun standard kum kullanılır.

### Karma suyu

Karışım suyu olarak TS EN 1008'e uygun su kullanılır. Özel durumlarda damıtık veya deiyonize su kullanılabilir.

Beton imalatından sonra malzemelerin temizlemesinden artan suyun kullanılmasına izin verilmez.

Tablo 5.1 Şahit beton için agrega tane büyüklüğü dağılımı

Elek göz açıklığı (mm)	Elekten geçen (kütlece %) <sup>a, b</sup>
31,5	100
16,0	75 ila 95
8,0	45 ila 70
4,0	35 ila 50
2,0	25 ila 40
1,0	20 ila 35
0,5	10 ila 25
0,25	4 ila 12
0,125	1 ila 8

<sup>a</sup> Aralıklar hem kırılmış hem de kırılmamış agrega için geçerlidir.  
<sup>b</sup> Her iki karışım (kontrol ve deney karışımı) için seçilmiş olan tane sınıflarına ait, elekten geçen miktardaki sapma, kütlece ± % 2,0'yi aşmamalıdır.



## Şahit Beton

Aksi belirtilmedikçe şahit beton üzerinde karşılaştırma deneyleri yapılır. Yani, katkı maddelerinin performansı, bir katkı maddesi içeren şahit betonun (deney karışımı) katkı maddesi kullanılmaksızın, ancak aynı agrega/çimento oranı ve aynı partiden bileşenler kullanılarak hazırlanmış şahit beton (kontrol karışımı) ile karşılaştırılması suretiyle tayin edilir.

Şahit betonların taşınması gereken özellikler Tablo 5.2'de verilmiştir. Taze beton tamamen yerleştirilmiş olmalıdır. Kontrol karışımındaki hava muhtevası hacimce % 2'yi aşmamalıdır.

Tablo 5.2- Şahit betonun gerekleri <sup>a</sup>

Şahit beton	Çimento dozajı <sup>c</sup> kg/m <sup>3</sup>	Deney için gerekli sıcaklıktaki kıvam	
		Çökme <sup>b</sup> (mm)	Yayılmada <sup>d</sup> (mm)
I	350 ± 5	70 ± 10	400 ± 20
II	300 ± 5	120 ± 20	450 ± 20
III	350 ± 5	50 ± 10	350 ± 10
IV	350 ± 5	30 ± 10	350 ± 20

<sup>a</sup> Deney aynı su/çimento oranında yapılacaksa, kıvam şartları sadece kontrol karışımı için geçerlidir.  
<sup>b</sup> Bu deneyler alternatif deneyler olup, uygulanacak deney önceden seçilmelidir. Çökme Madde 3.1'e, yayılma ise Madde 3.4'e uygun olarak tayin edilmelidir.  
<sup>c</sup> Sadece kontrol karışımı için geçerlidir. Deney karışımında ortaya çıkan çimento dozajı, denemekte olan katkı maddesinin su azaltma veya hava sürüklenme etkileri nedeniyle karışımında meydana gelen hacim değişimi sonucu olarak değişebilir.  
<sup>d</sup> Yüksek oranda su azaltıcı/süper plastikleştirici katkı kullanılan deney karışımının kıvamı, kıvam için üst sınır belirtilmediği takdirde kontrol karışımı kıvamından küçük olmamalıdır.

## Şahit Harç

Aksi belirtilmedikçe şahit harç üzerinde karşılaştırma deneyleri yapılır. Yani, katkı maddesi içeren şahit harcın (deney karışımı) performansı, katkısız harcın (kontrol karışımı) performansıyla karşılaştırılır.

Şahit harç olarak Madde 2.1'e uygun standard harç kullanılır.

## Şahit Betonun Hazırlanması

### Karışım oranı

Çimento dozajı Tablo 5.2'ye uygun olmalıdır. Nem muhtevasındaki değişimler hakkındaki şüphelerin giderilmesi amacıyla etüv kurusu agregaya ( $\geq 105$  °C) kullanılmalıdır. Agregaya, etüv kurusu değil ise rutubet muhtevası tayin edilir ve özgül ağırlığı buna göre düzeltilir. Anlaşmazlık durumunda, etüv kurusu agregaya kullanılmalıdır.

Deney karışımı, kontrol karışımıyla aynı agrega/çimento oranına sahip olmalı, karışım suyu miktarı, kontrol karışımı için Tablo 5.2'de verilen sınırlar dahilinde bir kıvam verecek şekilde



ayarlanmalıdır. Karışımın su miktarı, agreganın nem muhtevsından, karışım suyundan ve katkı maddesinin su miktarından hesaplanmalıdır. Akışkanlaştırıcı veya süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmış akıcı beton karışımı için ve eşit su/çimento değerinde su geçirimsiz katkılar denenirken su azaltması yapılmamalıdır.

### **Beton karışımının hazırlanması ve deneyler**

Karıştırmadan önce, bileşenlerden her biri  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  sıcaklıkta, veya deney yöntemine göre  $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$  sıcaklıkta şartlandırılır. Sonuçların tekrarlanabilirliğinin sağlanması ve kıvam üzerindeki ilk su emme etkilerinin giderilmesi için aşağıdaki karıştırma tekniğinden yararlanır:

Karıştırma işlemi, cebri karıştırıcının içinde en az anma kapasitesinin % 50'si (en fazla anma kapasitesinin % 90'ı) kullanılarak yapılır. Karıştırıcının içi kuruysa nemli bezle silinir. Agreganın hepsi, karışım suyunun yarısıyla cebri karıştırıcıya doldurulur. İki dakika boyunca karıştırılır, sonra 2 dakika beklenir. Bekleme sürecinde buharlaşma etkilerinin en aza indirilmesi için cebri karıştırıcının üstü örtülür.

Çimento ilavesinden sonra veya çimento ilave edilirken karıştırıcı yeniden 30 saniye süreyle çalıştırılır. Sonraki 30 saniye içinde suyun diğer kısmı (deney karışımına girecek katkı maddesi de) ilave edilir ve 2 dakika süreyle karıştırılır. Toz katkı maddesi kullanılması durumunda, imalatçı tarafından aksi belirtilmemişse katkı maddesi betonun kuru bileşenlerine ilave edilir.

Karıştırma işleminin tamamlanmasından sonra, 5 dakika içerisinde kıvam tayin edilir. Karıştırma işlemi tamamlandıktan hemen sonra, başlangıç deneylerinden önce, numuneler, sıcaklık kontrollü odada  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  veya  $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$  sıcaklıkta bekletilmelidir.

Kıvam, Tablo 5.2'de belirtilen sınırların dışında ise, (eşit su/çimento oranındaki deney karışımları hariç ve Tablo 5.2'de verilen dipnot <sup>d</sup> ye uygun olarak) karışım atılır ve su muhtevası değiştirilerek yeni karışım hazırlanır.

Yoğunluk Madde 3.5'e uygun olarak tayin edilir ve çimento muhtevasının Tablo 5.2'de verilene uygunluğu kontrol edilir. Çimento muhtevası verilen sınırlar içinde değilse, karışım atılır ve çimento, agrega ve su muhtevası değiştirilerek yeni karışım hazırlanır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra, 30 dakika içerisinde hava muhtevası Madde 3.6'ya uygun olarak tayin edilmeli ve deney numuneleri hazırlanmalıdır. TS EN 934 serisine dâhil standartlarda aksi belirtilmedikçe basınç dayanımı deneyi için her deney yaşında (bir seri) 3 adet küp veya silindir deney numunesi alınmalı ve uygunluğunun değerlendirilmesi için, bu deney numunelerinden elde edilen değerlerin ortalaması alınmalıdır. Deney numuneleri TS EN 12390-2'ye uygun olarak, TS EN 12390-1'de belirtilen kalıplar kullanılmak suretiyle hazırlanmalı ve kür işlemine tabi tutulmalıdır. Deney numunelerinden birinin sonucu serinin ortalama değerinin % 10' undan daha fazla sapma gösterirse dikkate alınmaz ve ortalama değer diğer iki numune kullanılarak tekrar hesaplanır.



## Şahit harcın hazırlanması

### Karışım oranları

Çimento ve kumun oranı Madde 2.1'e uygun olmalıdır.

Kontrol karışımına katılacak su miktarı su miktarı Madde 2.1'e uygun olmalıdır. Deney karışımlarına, kontrol karışımının kıvamına ulaşıncaya kadar yeterli miktarda su ilave edilir. Bu işlem aynı su/çimento oranındaki su geçirimsizliği sağlayan katkı maddelerinin deneyleri için geçerli değildir.

### Beton karışımı hazırlanması ve deneyler

Kuru kum ve çimento, karıştırıcıda 30 saniye boyunca düşük hızda Madde 2.1'e uygun olarak karıştırılır. Sonraki 30 saniye içerisinde suyun tamamı (deney karışımına katılacak katkı dahil) karıştırıcı, düşük hızda dönerken ilave edilir. 60 saniye süresince düşük hızda karıştırmaya devam edilir.

Karıştırma işlemi tamamlandığında, kazan kenarında ve tabanında kalan karışmamış malzeme karıştırma küreği ile 30 saniye içinde alınır. Karıştırma tekrar başlatılır ve 60 saniye yüksek hızda karıştırmaya devam edilir. Toplam karıştırma süresi 3 dakika 30 saniye olmalıdır.

Karıştırma işleminin tamamlanmasından sonraki 5 dakika içinde kıvam, TS EN 413-2'de tarif edilen plunger cihazı ile, akışkanlık veya işlenebilirliğin tayini yoluyla belirlenir. Deney karışımına ait plunger değerinin kontrol karışımına ait plunger değerinden (eşit su/çimento oranındaki karışımlar hariç) 3 mm'den fazla sapması durumunda karışım atılır ve su muhtevası değiştirilerek yeni karışım hazırlanır.

Deney karışımının (eşit su/çimento oranındaki karışımlar hariç) yayılma değeri, kontrol karışımın yayılma değerinden %5'den fazla sapması durumunda karışım atılır ve su muhtevası değiştirilerek yeni karışım hazırlanır.

Kıvam ölçümü işlenebilirlik deney metodu yardımı ile yapıldığında, aşağıdaki şartları yerine getirmezse, deney karışımı atılır:

$$\begin{array}{ll} t_0 < 10 \text{ s} & t = t_0 \pm 1 \text{ s} \\ t_0 = 10 \text{ s to } 30 \text{ s} & t = t_0 \pm 2 \text{ s} \\ t_0 > 30 \text{ s} & t = t_0 \pm 0,08 t_0 \end{array}$$

Burada;

$t_0$  şahit karışımın işlenebilirliği

$t$  deney karışımının işlenebilirliği

s saniye





### 5.3. Beton, Harç ve Şerbet için Priz Süresinin Tayini (TS EN 480-2)

#### Kapsam

Bu deney, katkılı ve katkısız harcın priz sürelerinin tespiti için yapılır.

#### Prensip

Priz süresi, şahit harç içine batırılan bir iğnenin belirlenmiş bir derinlik değerine eriştiğinin gözlenmesi ile tayin edilir.

Madde 5.1'e uygun olarak hazırlanan katkılı şahit harç (deney karışımı) ve katkısız şahit harcın (kontrol karışımı) kıvamları aynı olmalıdır. Bu amaçla karışım suyu gereksinimi TS EN 413-2'ye göre belirlenmelidir.

#### Deney için gerekenler

##### Laboratuvar

Numunelerin hazırlandığı ve deneyin uygulanacağı laboratuvar ortamının sıcaklığı ( $20 \pm 2$ )°C, bağıl nemi % 65'den az olmayacak şekilde ayarlanmalı ve devamlılığı sağlanmalıdır.

Numuneler hazırlandıktan sonra ve deney aralarında deney koşullarının gerektirdiği ( $5 \pm 1$ )°C veya ( $20 \pm 2$ )°C sıcaklık ve % 90'dan az olmayan bağıl neme sahip bir oda veya kabinde saklanmalıdır.

##### Bileşen Malzemeler

Harç, Madde 2.1'de tarif edilen standard kum kullanılarak hazırlanacaktır.

Harç numunesi hazırlanmasında kullanılan çimento, kum, su, katkı ve cihazlar, harç numunesi hazırlanmadan en az 12 saat öncesinden deney koşullarının gerektirdiği ( $5 \pm 1$ )°C veya ( $20 \pm 2$ )°C sıcaklıkta bekletilmelidir.

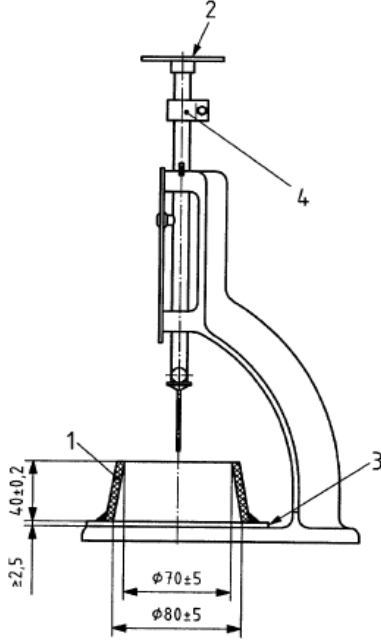
##### Priz süresi tespiti

##### Cihazlar

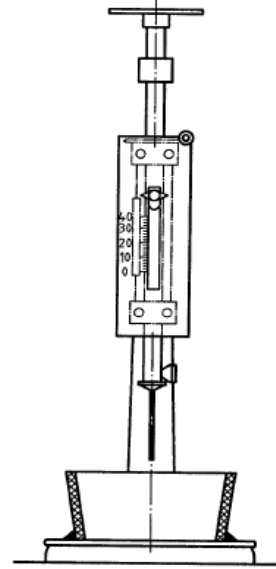
Vicat cihazı Resim 5.3'de gösterilmektedir. İğne korozyona dirençli bir metalden, etkili yüksekliği ( $50 \pm 1$ ) mm ve çapı ( $1,13 \pm 0,05$ ) mm olacak şekilde imal edilmelidir. Vicat cihazının iğnesinin kalıbın tabanına çarpmasını önlemek için durdurucu takılması önerilir. Vicat aleti sondasının ortasına sabitlenen uygun bir durdurucu eleman ile, iğne tabana yaklaşık olarak 2 mm kaldığında durdurulmalıdır. Bu cihaz, kelepçe şeklinde sondanın uygun bir yerine monte edilmeli ve gevşetildiğinde sondaya herhangi bir sürtünme doğurmamalıdır. Durdurucu eleman dahil olmak üzere kayan kütleinin toplam ağırlığı ( $1000 \pm 2$ ) g olmalıdır. Parçalar düşey ve kayda değer bir sürtünme olmaksızın hareket edebilmeli, bu parçaların ortak ekseni iğne ekseni ile çakışmalıdır.

Deney sırasında içinde harç bulunan Vicat kalıbı sert kauçuktan imal edilmiş olmalıdır. Kalıp,  $(40 \pm 0,2)$  mm derinliğinde kesik koni şeklinde olup, üst ve alt iç çapları: sırasıyla,  $(70 \pm 5)$  mm ve  $(80 \pm 5)$  mm.dir. Vicat kalıbı yeterince sağlam olmalıdır. Taban plâkası kalıptan daha geniş, cam veya sert plâstik malzemeden ve en az 2,5 mm et kalınlığında olmalıdır.

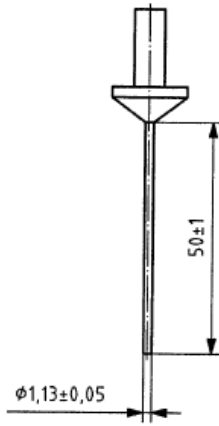
Ölçüler mm'dir.



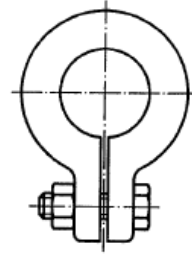
a) Vicat cihazının yandan görünüşü: Priz başlangıç süresi tayini için kalıp ve cihazın başlama konumu



b) Vicat cihazının önden görünüşü: Priz bitiş tayini için kalıbın tersine çevrilmiş konumu



c) İğne



d) Durdurucu elaman örneği

#### Açıklamalar

- 1 Sert kauçuk kalıp
- 2 Ağırlık ayar platformu
- 3 Cam plaka
- 4 Durdurucu eleman

Resim 5.3 Harcın priz süresinin tayini için kullanılan Vicat cihazı



## Harcın hazırlanması

Harç, Madde 5.2'ye göre hazırlanmalıdır.

## Kalıbın doldurulması

Karışımın hazırlanması biter bitmez harç (öncelikle düzgün bir satıhta, hafifçe yağlı bir plâka üstüne konan) Vicat kalıbına yerleştirilir. Kalıp ile plâka arasında kaçak olmamalıdır. Taşan harç, dikkatli bir şekilde, spatula yardımı ile ileri-geri hareketle kalıp ile harç mümkün olduğunca aynı seviyede olacak şekilde kaldırılmalıdır.

## Deney işlemi

### Priz Başlama Süresinin Tayini

Öncelikle Vicat cihazının iğnesi tabandaki cam plakaya değene kadar indirilir ve skala sıfırlanır.

Dolu Vicat kabı deney odasındaki cam taban plakasının üstünde veya Madde 4.1'e uygun rutubetli kabinde saklanır ve uygun bir süre sonra Vicat cihazının iğnesinin altına konur. İğne harcın üst yüzeyine değene kadar dikkatlice indirilir. İğne, sondada ani darbe ve çarpma etkisi olmaması için (1-2) saniye bu konumda tutulur. Ardından sonda hızla serbest bırakılır. İğnenin harca düşey şekilde saplanması durduğunda veya en geç 30 saniye sonra skala okunur. Bunlardan ilk oluşan değer esas alınır. İğne ile cam plaka arasındaki mesafe ve harcın hazırlanışından bu ana kadar geçen süre kaydedilir. Aynı numune üzerinde, birbirinden ve kenardan en az 10 mm mesafe kalacak şekilde ve uygun sürelerle (örneğin, 10 dakika) iğne batırma işlemleri tekrarlanır.

Numune, batırma deneyleri arasındaki sürede, kür odasında veya rutubetli kabinde saklanmalıdır. Priz süresini otomatik tespit eden cihazın kullanılması hâlinde karakteristik eğri çizilerek priz başlangıcı tespit edilebilir.

Karışımın tamamlanmasından itibaren plakanın üst yüzü ile iğnenin ucu arasındaki mesafenin 4 mm olduğu ana kadar geçen süre harcın priz başlangıcıdır. Elle ve otomatik yöntemlere göre batırma süre aralıkları, ölçülen priz başlangıç süresini % 5 hata ile bulabilecek şekilde tespit edilmelidir.

Gerçek priz başlangıç süresi, sonuçların enterpolasyonu ile belirlenebilir.

### Priz Bitiş Süresinin Tayini

Dolu olan Vicat cihaz kalıbı, priz süresi deneyinin cam plaka tarafındaki alt bölümünde devam ettirilebilmesi için, kalıp üstüne kapatılan diğer bir cam plaka (Resim 5.3.b) üzerine ters çevrilir.



Priz süresini otomatik şekilde tayin eden cihazların kullanılması hâlinde, iğne daha önce batırılan yere tekrar batırılmamaya dikkat edilerek ve numune kalıbını çevirmeden ölçümlere devam edilir.

Karışımın tamamlanmasından itibaren iğne ucunun en çok 2,5 mm battığı ana kadar geçen süre harcın priz sonudur.

### **El kullanımlı Vicat deneyi**

Deneyde el kullanımlı bir Vicat cihazı kullanıldığında priz sonu tayini için enterpolasyon yapılabilir. Enterpolasyon bir geceyi kapsayacak süre kadar uzatılabilir. Ancak bu durumda priz bitiş süresi belirli bir süre aralığı olarak, örneğin; >x saat, <y saat gibi belirtilebilir. Enterpolasyonla uygulanan bu işleme sonuçların birbiriyle kıyaslanacağı durumlarda veya priz bitiş süresinin 8 saatten daha az olması beklenen hallerde izin verilmez.



## Bölüm 6. Kendiliğinden Yerleşen Betonlar (KYB)

### 6.1. Çökme-Yayıma Deneyi (TS EN 12350-8)

#### Kapsam

Kendiliğinden yerleşerek sıkışan betonda çökme yayılma değeri ve  $t_{500}$  süresinin tayini için uygulanacak deney işlemlerini kapsar.

Betonda fiilen kullanılan agreganın, tane büyüklüğü en yüksek olan kısmının beyan edilen D değeri ( $D_{max}$ ) 40 mm'den daha fazla olan betonlarda bu deney uygun değildir.

#### Prensip

Çökme yayılma değeri ve  $t_{500}$  süresi, kendiliğinden yerleşerek sıkışan betonun herhangi bir engelle karşılaşmaması halindeki yayılabilirlik özelliği ve yayılma hızının tayini için kullanılır. Çökme yayılma deneyinden elde edilen sonuç, kendiliğinden yerleşerek sıkışan betonun kalıbı doldurma yeterliliğinin bir göstergesidir.  $t_{500}$  süresi ise, kendiliğinden yerleşerek sıkışan betonun yayılma hızının ölçüsüdür ve bağlı viskozitenin bir göstergesidir.

Taze beton, çökme deneyinde kullanılan huni şekilli kalıp içerisine doldurulur. Kesik huninin yukarıya çekilmesi esnasında, huninin yukarı hareketinin başladığı andan itibaren, taze beton yayılma çapının 500 mm ölçüsüne ulaşınca kadar geçen süre ölçülür, bu süre  $t_{500}$  dür. Yayılan beton tabakasının en büyük çapı ve hemen ardından bu çapa dik olan doğrultudaki çap ölçülerek her iki çap değerinin ortalaması alınır. Bu değer, çökme yayılma değeridir.

#### Cihazlar

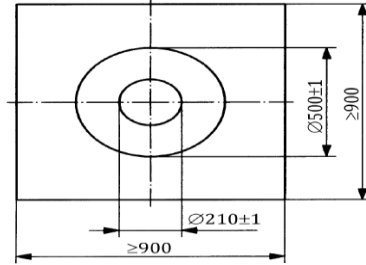
Bu deney yönteminde kullanılmak üzere, aşağıdaki maddelerde verilen cihazlar, TS EN 12350-1'de verilen özelliklere uygun ve aşağıda belirtildiği gibi olmalıdır:

- İçi boş huni.
- Huni doldurma başlığı (tercihe bağlı).
- Cetvel.
- Tekrar karıştırma kabı veya tepsi.
- Kürek.
- Nemli bez.
- Kepçe
- Kronometre
- Kabarcıklı düzeç.
- Kap.
- Sızdırmaz kap (çökme kaybının ötelenmesi ölçüldüğünde).
- Mala veya mastar.
- Taban plakası/yüzeyi, referans malzeme olarak, düz çelik plakadan imal edilmiş, betonun üzerine yerleştirilebileceği, yatay alanı en az 900 mm x 900 mm olan.

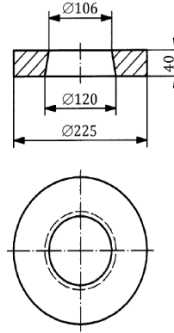
Plakanın ortasına, plaka kenarlarına paralel ve birbirine dik iki hat ile merkezleri plakanın merkezi ile çakışan eş merkezli,  $(210 \pm 1)$  mm ve  $(500 \pm 1)$  mm çaplı iki daire, kazınarak işaretlenir. Resim 6.1'e bakılmalıdır. Hatlar ve dairelerin işaretlenmesi için kazıma genişliği 2,0 mm ve derinliği ise 1 mm'yi aşmamalıdır.

- Ağırlık bileziği (tercihe bağlı), kütlesi en az 9 kg (Resim 6.2)

Ölçüler milimetredir.



Resim 6.1 — Taban plakası



Resim 6.2 — Çelik ağırlık bileziğinin boyutlarına ilişkin örnek

## Deney numunesi

Deney uygulanmadan önce, beton deney numunesi, tekrar karıştırma kabı veya tepsi içerisinde, kürek veya kepçe, kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır. Numunenin, belirli bir süredeki çökme kaybının ötelenmesinin ölçülmesinde kullanılması amaçlandığında, sızdırmaz kaptaki beton, yeniden karıştırma kabı veya tepsisine boşaltılmalı ve deney yapılmadan önce, kürek veya kepçe kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.

## İşlem

Taban plakası, titreşim veya darbeye maruz kalmayan düz ve yatay bir zemine yerleştirilir. Plaka üst yüzeyinin yatay olup olmadığı, düzeç kullanılarak kontrol edilir. Plaka ve huni temizlenir ve deneyden hemen önce, yüzeylerinde serbest su bulunmayacak şekilde rutubetlenir. Kullanılıyorsa, huniye ağırlık bileziği takılır.

Huni, taban plakası üzerine, 210 mm çaplı daire içerisine merkezi olarak yerleştirilir ve taban kulak parçalarına ayakla basılarak (veya çelik ağırlık bileziği kullanılarak) taze betonun, huni tabanından sızması önlenecek şekilde konumunda tutulur.

Taze beton huniye, zorlama veya mekanik sıkıştırma uygulanmaksızın tek işlemlle doldurulur ve huni üst yüzeyinden taşan fazla kısım sıyrılarak alınır. Huni içerisine beton doldurulmuş halde, 30 saniyeden daha fazla bekletilmez ve bu esnada taban plakasına dökülen beton artıkları temizlenir.

Huni, tek bir hareketle düşey olarak, beton yayılmasına etki edilmeyecek tarzda, 1 s ila 3 s sürede yukarı çekilir.  $t_{500}$  süresi tayin edilecekse kronometre, huninin taban plakası ile teması kesilince hemen çalıştırılır ve taze betonun 500 mm çaplı daire çizgisine ilk temas etmesine kadar geçen süre en yakın 0,5 s'ye yuvarlatılarak kaydedilir.

Betonun yayılma hareketi durup kararlı hale geldikten sonra, taze beton veya taban plakası kımıldatılmadan, yayılan beton tabakasının en büyük çapı ölçülür ve en yakın 10 mm'ye yuvarlatılıp,  $d_1$  olarak kaydedilir. Ardından beton tabakasının,  $d_1$  in ölçüldüğü doğrultuya dik doğrultudaki çapı da ölçülerek, en yakın 10 mm'ye yuvarlatılıp  $d_2$  olarak kaydedilir.  $d_1$  ve  $d_2$  arasındaki fark 50 mm'den daha büyükse, bir başka yeni numunede alınmalı ve deney işlemi tekrarlanmalıdır.

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 olarak kabul edilen gerekli yayılma değerine sahip olmadığına hükmedilir.

### Deney sonucu

Çökme - yayılma ( $SF$ ) değeri, aşağıdaki bağıntıda verildiği gibi,  $d_1$  ve  $d_2$ 'nin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanır en yakın 10 mm'ye yuvarlatılmak suretiyle gösterilir.

$$SF = (d_1 + d_2) / 2$$

Burada;

$SF$  çökme - yayılma değeri, mm,

$d_1$  yayılan taze beton tabakasının en büyük çapı, mm,

$d_2$  yayılan taze beton tabakasının,  $d_1$  doğrultusuna dik doğrultudaki çapı, mm,

$t_{500}$  süresi de en yakın 0,5 saniye'ye yuvarlatılarak kaydedilir.



Resim 6.3. Çökme-Yayılma testinde yayılmanın ölçülmesi

## 6.2. V Hunisi Deneyi (TS EN 12350-9)

### Kapsam

Kendiliğinden yerleşen betonun V hunisinden akış süresinin tayini için uygulanacak deney işlemlerini kapsar. Deney, agrega en büyük tane büyüklüğü 22,4 mm'den daha fazla olan betonlar için uygun değildir.

### Prensip

V hunisi deneyi, kendiliğinden yerleşen betonun viskozite ve doldurma yeterliliğinin değerlendirilmesi için kullanılır. V hunisi, taze betonla doldurulur ve betonun huniden dışarı akması için geçen süre ölçülür. Bu süre, V hunisinden akış süresi olarak kaydedilir.

### Cihazlar

#### V hunisi

İç ölçüleri ve ölçü toleransları Resim 6.4'de gösterildiği gibi olan, tabanına ani açılan pimli veya kayar sızdırmaz kapak monte edilmiş ve huni üst yüzeyi yatay olacak şekilde, kapaktan sonra huninin altına kap yerleştirilmeye müsait mesafe kalacak şekilde bir çerçeve üzerine oturtulan.

#### Kap

Huniden akan taze beton numuneyi toplamak için, hacmi 12 L'den daha az olmayan.

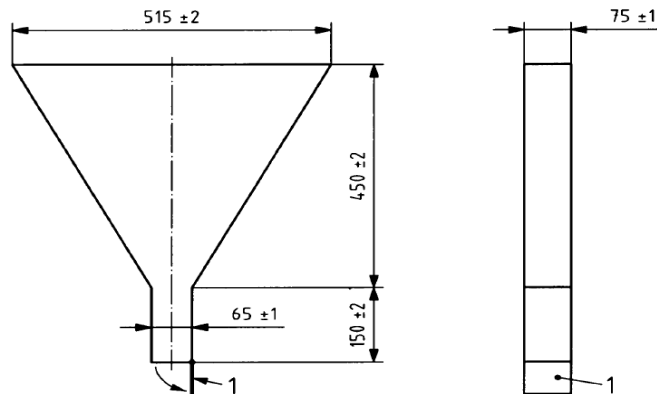
#### Kronometre

Süreyi, 0,1 s doğrulukla ölçmeye uygun olan.

#### Mastar

Huni içerisindeki taze beton seviyesinin, huni üst yüzeyi seviyesinde olmasını sağlamak için fazla taze betonu sıyırmada kullanılan.

Ölçüler mm'dir.



#### Açıklama:

1 Pimli veya kayar kapak

Resim 6.4 - V hunisi



## Deney numunesi

Deney numunesinin hacmi en az 12 L olmalıdır.

## İşlem

Huni ve alt kapak temizlenir ve kapak içi de dâhil olmak üzere, huni iç yüzeyinin tamamı rutubetlenir. Kapak kapatılır ve taze beton numune, huni içerisine, zorlama veya mekanik sıkıştırma olmaksızın tek bir işlemle doldurulur. Ardından, taze beton seviyesi huni üst yüzeyi seviyesine getirilecek şekilde fazla beton masterla sıyrılarak alınır. Huniden akan taze betonun toplanması için huninin altına kap yerleştirilir. Huninin taze betonla doldurulmasından  $(10 \pm 2)$  s sonra alt kapak hızlıca açılır ve betonun V hunisinden boşalma süresi ( $t_v$ ) olarak belirlenir.



Resim 6.5. V Hunisi Deney Cihazı

Betonun huniden akışı kesintisiz olmalıdır.

Akış esnasında tıkanıklık meydana gelirse deney tekrarlanmalıdır.

Deney tekrarında da tıkanıklık meydana gelmesi halinde, deneye tabi tutulan taze betonun, kendiliğinden yerleşen betonun sahip olması gerekli viskozite ve doldurma yeterliliğine sahip olmadığına karar verilir.

Tıkanıklık meydana geldiği deney raporunda yer almalıdır.

### 6.3. L Kutusu Deneyi (TS EN 12350-10)

#### Kapsam

Kendiliğinden yerleşen betonun geçiş yeterliliği oranının, L kutusu deneyi uygulanarak tayini işlemini kapsar.

#### Prensip

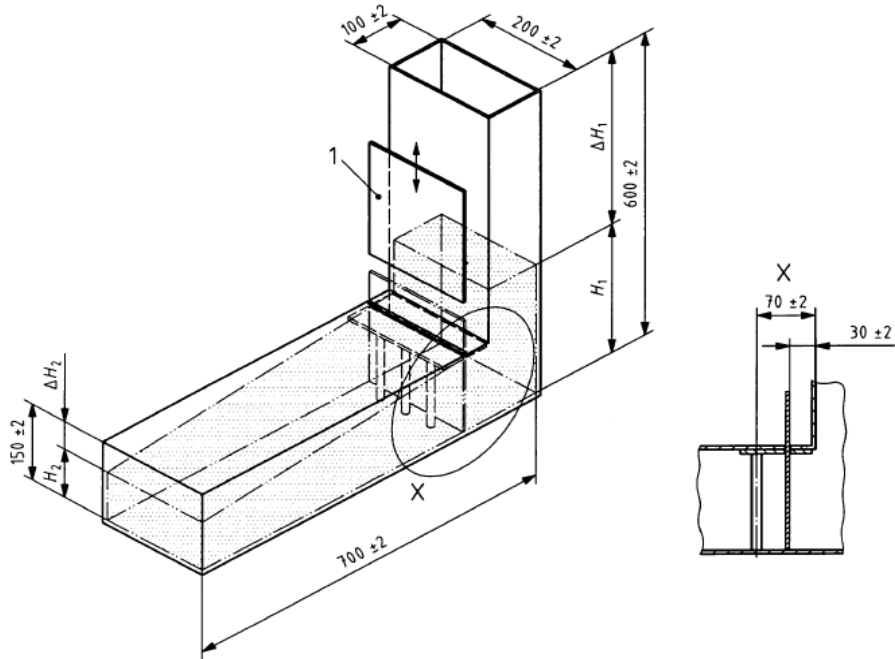
L kutusu deneyi, kendiliğinden yerleşen betonun, donatı çubukları ve diğer engeller arasındaki dar açıklıklardan, ayrışma veya tıkanma olmaksızın akarak geçme yeterliliğinin değerlendirilmesi için kullanılır. Deneyin, iki çubuklu deney ve üç çubuklu deney olmak üzere iki çeşidi vardır. Üç çubuklu deney, daha sık donatıyı temsil etmektedir.

Ölçülmüş belirli hacimdeki taze beton, düz, düşey donatı çubukları arasındaki boşluklardan yatay şekilde geçirilir. Deney sonunda düşey bölüm içerisindeki ( $H_1$ ) ve yatay bölüm sonundaki ( $H_2$ ) beton yükseklikleri ölçülür ve  $H_2/H_1$  oranı belirlenir. Bu oran kendiliğinden yerleşen betonun akarak geçiş veya tıkanma davranışının bir ölçüsüdür.

#### Cihazlar

-L kutusu, genel yapısı ve iç ölçüleri Resim 6.6'da gösterildiği gibi olan.

Ölçüler mm'dir.



Açıklama:  
1 Kayar kapak

Resim 6.6 - Gerekli boyutların da gösterildiği L kutusu tipik genel kurulumu

L kutusu rijit yapılı olmalı, yüzeyleri pürüzsüz ve düz olmalı, çimento hamuruna kısa süreli temastan etkilenmemeli veya bu sebeple paslanmamalıdır. Kolay temizlenebilmesi için düşey hazne çıkartılıp takılabilir olmalıdır.

Çubuk yerleştirme sistemi, iki çubuklu deneyde,  $(12 \pm 0,2)$  milimetre çaplı 2 adet düz çelik çubuk  $(59 \pm 1)$  milimetre aralık sağlanacak, üç çubuklu deneyde ise,  $(12 \pm 0,2)$  milimetre çaplı 3 adet düz çelik çubuk  $(41 \pm 1)$  milimetre aralık sağlanacak şekilde olmalıdır. Yerleştirme sisteminde çubuklar, L kutusu içerisine düşey ve kutu genişliği boyunca eşit aralıklı olacak şekilde konumlandırılmış olmalıdır (Resim 6.7'ye bakılmalıdır).

Ölçüler mm'dir.



a) Net çubuk aralığı  $(41 \pm 1)$ mm

b) Net çubuk aralığı  $(59 \pm 1)$ mm

**Açıklama:**

1  $(12 \pm 0,2)$  mm çaplı, düz çelik çubuklar

Resim 6.7 - Çubukların L kutusu içerisindeki konumları

**Cetvel veya şerit metre**, uzunluğu en az 500 mm olan ve 1 mm'den daha fazla olmayan aralıklarla taksimatlandırılmış, sıfır işareti, cetvel veya şerit metrenin en ucunda olan.

**Kap**, beton numuneyi içerisine koymak için, hacmi 14 L'den daha az olmayan.

**Düzeç**, deneye başlanılmadan önce, L kutusu tabanının yataylığını kontrol etmek için.

**Mastar**, kutu içerisindeki taze beton seviyesinin, kutu üst yüzeyi seviyesinde olmasını sağlamak için fazla taze betonu sıyırmada kullanılan.

## Deney numunesi

Deney numunesinin hacmi en az 14 L olmalıdır.

## Deney işlemi

L kutusu, düzeç kullanılarak yataylığı kontrol edilmiş belirli seviyedeki zemin üzerine yerleştirilir. L kutusu temizlenir ve deneyden hemen önce, yüzeyinde serbest su kalmayacak şekilde rutubetlenir. Düşey ve yatay bölümler arasındaki kapak kapatılır. Taze beton, numune kabından/kaplarından, L kutusunun haznesine, herhangi zorlama veya sıkıştırma işlemi uygulanmaksızın doldurulur. Doldurulan betonun fazlalığı, beton kütesinin üst yüzeyi,



L kutusunun düşey bölüm üst yüzü ile aynı seviyede olacak şekilde master ile sıyırılarak düzeltilir ve bu şekilde  $(60 \pm 10)$  süreyle bekletilir. L kutusuna doldurulma öncesi ve sonrasında betonda ayrışma belirtisi olup olmadığı kontrol edilir ve sonuç, nitel olarak örneğin; “ayrışma belirtisi yok” veya “belirgin ayrışma belirtisi var” gibi ifadelerle kaydedilir.

Not - Ayrışma belirtisi, beton kütlesi üzerinde, çimento hamuru/harcı tabakası ve ayrılmış iri agrega görülmesidir.

Taze betonun yatay bölüme geçişini temin etmek için, kayar kapak düzgün ve sürekli harekete tam olarak açılır. Taze beton akması durunca, L kutusunun düşey bölümündeki beton seviyesinin düşme mesafesi, kapak bulunan kenarda, kutu genişliğine eşit aralıklı olarak dağılmış üç noktadan, 1 mm doğrulukla ölçülür ve  $\Delta H_1$  olarak kaydedilir. L kutusunun düşey bölümündeki beton tabakası ortalama kalınlığı  $H_1$ , düşey bölüm yüksekliği ile üç adet  $\Delta H_1$  okumasının ortalaması arasındaki farktır.  $H_1$ , en yakın 1 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir. Aynı işlemler, L kutusunun yatay bölümü ucunda da, beton tabakası kalınlığının belirlenmesi için tekrarlanarak, beton tabakası ortalama kalınlığı ( $H_2$ ) yatay bölüm yüksekliği ile üç adet  $\Delta H_2$  okumasının ortalaması arasındaki fark olarak hesaplanır.  $H_2$ , en yakın 1 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.

### Deney sonucu

Kendiliğinden yerleşen betonun, L kutusu ile ölçülen geçiş yeterlilik oranı ( $PL$ ) aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanır ve en yakın 0,01'e yuvarlatılmak suretiyle gösterilir:

$$PL = H_2 / H_1$$

Burada;

$PL$  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)



## 6.4. Elekte Ayırışma Deneyi (TS EN 12350-11)

### Kapsam

Kendiliğinden yerleşen betonun elekte ayırışma direncinin tayini işlemini kapsar. Elyaf veya hafif agrega ihtiva eden betonlara uygulanmaz.

### Prensip

Elekte ayırışmaya direnç deneyi, kendiliğinden yerleşen betonun ayırışmaya karşı direncinin değerlendirilmesi için kullanılır.

Kendiliğinden yerleşen beton, numune olarak alındıktan sonra 15 dakika bekletilir ve ayırışmış herhangi terleme suyu kaydedilir. Numunenin belirlenmiş miktardaki üst tabakası, 5 mm göz açıklıklı kare gözlü elek üzerine dökülür. İki dakika sonunda elekten geçen malzeme kütlesi tartılarak kaydedilir. Ayırışma oranı, taze beton numune kütlesinin, elekten geçen malzeme kütlesine oranı olarak hesaplanır.

### Cihazlar

#### Delikli metal plaka elek

Göz açıklığı 5 mm, çerçeve çapı 300 mm, çerçeve yüksekliği en az 30 mm olan kare gözlü yuvarlak elek. Elek, düşey olarak çekildiğinde içerisinde kolaylıkla çıkartılabildiği yuvaya takılmış olmalıdır.

#### Terazi

Elek yuvasın yerleştirilebileceği ölçülerde düz platformu olan ve kapasitesi 10 kg, tartılan kütlenin 0,01 kg doğrulukla tartılmasına uygun özellikte olan.

#### Numune kabı

Beton numuneyi içerisine koymak için, rijit, su emici olmayan malzemedan yapılmış, iç çapı en az 200 mm, hacmi en az 11 L ve iç kısmında 10 L işaret çizgisi bulunan.

#### Kronometre

Süreyi 1 saniye doğrulukla ölçebilen,

#### Termometre

Sıcaklığı 1 °C doğrulukla ölçebilen,

### Deney işlemleri

Taze beton sıcaklığı, termometre kullanılarak 1°C doğrulukla ölçülür ve kaydedilir. Taze betondan (10 ± 0,5) L numune, numune kabı içerisine konulur ve buharlaşmanın önlenmesi için kabın ağzı kapakla kapatılır.

Deney numunesi kabı, düz konumda ve kımıldatılmadan (15 ± 0,5) dakika bekletilir.

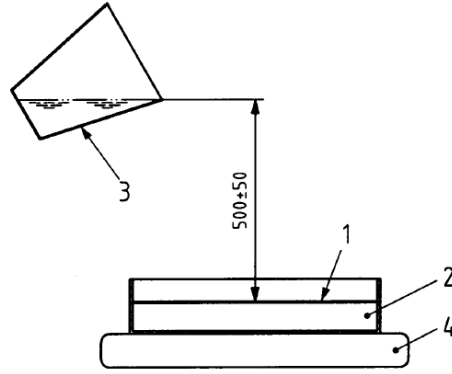
Terazinin, düz konumda yerleştirildiği ve titreşime maruz kalmadığından emin olunmalıdır. Elek yuvası terazi üzerine yerleştirilir ve kütlesi tartılarak gram cinsinden  $m_p$  olarak

kaydedilir. Ardından elek kuru olarak yuvaya takılır ve kütle tekrar tartılarak kaydedilir veya terazi sıfırlanır.

Bekleme süresinin sonunda, numune kabının kapağı açılır ve taze beton üzerinde görülebilir herhangi terleme suyu olup olmadığı kaydedilir.

Elek ve yuvası terazi üzerinde iken, numune kabı elek üzerine ( $500 \pm 50$ ) mm yukarıda tutularak, ( $4,8 \pm 0,2$ ) kg taze beton (varsa terleme suyu da dahil olmak üzere), tek bir hareketle çabuk ve dikkatlice dökülür (Resim 6.8'e bakılmalıdır). Elek üzerine taze betonun gerçek kütlesi tartılarak gram cinsinden  $m_c$  olarak kaydedilir.

Ölçüler mm'dir.



**Açıklama:**

- 1 Elek
- 2 Elek yuvası
- 3 Numune kabı
- 4 Terazi

Resim 6.8- Ayırışan kısmın ölçülmesi

Taze beton elek üzerinde ( $120 \pm 5$ ) s bekletildikten sonra elek, zorlanmaksızın düşey olarak çekilip alınır. Elek yuvası, elekten geçen taze beton da dahil olmak üzere tartılarak gram cinsinden  $m_{ps}$  olarak kaydedilir.

## Deney sonucu

Ayrışan beton kısmı  $SR$ , aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanır ve en yakın %1'e yuvarlatılmak suretiyle gösterilir:

$$SR = [(m_{ps} - m_p) \times 100] / m_c$$

Burada;

- $SR$  Ayırışan 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)



## Bölüm 7. Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları (Beton Parkeler) (TS 2824 EN 1338)

### 7.1 Buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma/çözölmeye karşı direncin tayini

#### Prensip

Numune ön şartlandırmaya tâbi tutulduktan sonra 28 gün süreyle, yüzeyi % 3'lük NaCl çözeltisi ile kaplanmış şekilde, donma-çözölme çevrimlerine maruz bırakılır. Donma-çözölme etkisiyle pullanma sonucu numuneden ayrılan parçalar toplanarak tartılır ve sonuç, numunenin metrekaresi başına kilogram cinsinden gösterilir.

#### Numune

Numune, donma çözölme etkisine maruz bırakılacak üst yüzeyi 7500 mm<sup>2</sup> den küçük, 25000 mm<sup>2</sup> den daha büyük olmayacak ve kalınlığı en fazla 103 mm olmalıdır. Numune, bu ölçüler sağlanacak şekilde beton bloktan alınacaksa, numune alınacak beton blok en az 20 günlük olmalıdır.

#### Malzemeler

##### İçilebilir su

**Donma ortamı**, kütlece % 97 oranında içilebilir özellikte su ve % 3 oranında NaCl ihtiva eden sıvı.

**Yapıştırıcı**, plâstik tabakayı beton numuneye yapıştırmak için. Yapıştırıcı, maruz kalacağı çevre şartlarına dirençli olmalıdır.

**Silikon lâstik**, numune ile plâstik tabaka arasında yalıtım sağlamak ve beton numune kenarlarındaki pahı doldurmak için.

#### Cihazlar

**Elmas kesici**, beton numuneleri kesmek için.

**İklim kabini**, sıcaklığı (20 ± 2)° C ve bağıl nemi %(65 ± 10)olan. İklim kabini içerisindeki serbest su yüzeyinden (240 ± 5) dakika süredeki buharlaşma (200 ± 100) g/m<sup>2</sup> olmalıdır. Buharlaşma hızı, yüzey alanı (22500 ± 2500)mm<sup>2</sup> ve derinliği yaklaşık 40 mm olan kaptaki ölçülmelidir. Kap, üst kenarına (10 ± 1) mm mesafeye kadar doldurulmalıdır.

**Plâstik tabaka**, kalınlığı (3,0 ± 0,5) mm, kullanılan tuz çözeltisine dayanıklı, -20 °C sıcaklıkta yeterli elâstikiyete sahip olmalıdır.

**Isı yalıtımı**, kalınlığı (20 ± 1)mm ve ısı iletkenliği 0,035 W/(m.k)ve 0,04 W/(m.k)arasında olan polistiren veya eşdeğer yalıtım malzemesi.

**Polietilen tabaka**, 0,1 mm - 0,2 mm kalınlıkta olan.



**Donma kabini**, soğutma ve ısıtma sistemi kontrol edilebilen. Kabin kapasitesi ve kabindeki hava dolaşımı, Resim 7.3'de gösterilen süre - sıcaklık eğrisi sağlanabilecek şekilde olmalıdır.

**Isıl çiftler**, veya eşdeğeri sıcaklık ölçme cihazı. Bu cihaz donma ortamı ve deney numunesi yüzeyindeki sıcaklığı  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  doğrulukla ölçmeye uygun olmalıdır.

**Kap**, beton blok numuneden kopan parçaları içerisinde toplamak için. Kap,  $120^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa kadar kullanılmaya elverişli ve sodyum klorür etkisine dayanıklı olmalıdır.

### **Süzgeç kağıdı**

Numuneden kopan parçaları tutmak için

### **Fırça**

Genişliği 20 mm - 30 mm arasında olan. Beton blokta gevşeyen kısımları fırçalayarak ayırmak için kolları yaklaşık 20 mm uzunlukta kesilmiş olmalıdır.

### **Su püskürme şişesi**

Gevşeyen malzemeleri yıkayarak çıkarmak ve bu malzemelerdeki tuzu uzaklaştırmak için içerisinde içilebilir su bulunan şişe

### **Kurutma kabini,**

( $105 \pm 5$ )° C sıcaklıkta çalıştırılabilen

### **Terazi**

$\pm 0,05$  g doğrulukla tartı yapabilen.

### **Verniyeli kumpas**

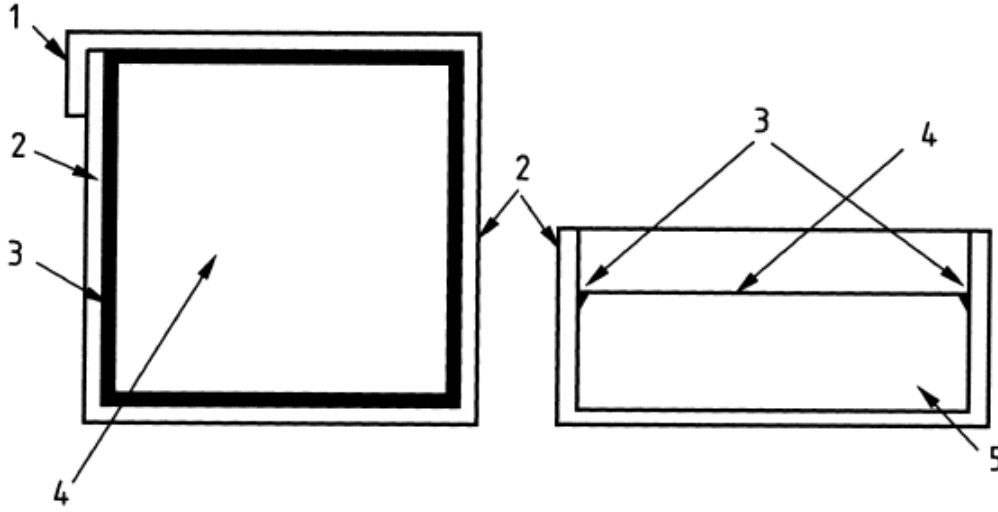
$\pm 0,1$  mm doğrulukla ölçme yapabilen.

## **Deney numunelerinin hazırlanması**

Teslim alma muayenesi dışında, en az 28 gün, en fazla 35 günlük numune kullanılmalıdır. Varsa çıkıntı ve gevşek kısımlar temizlendikten sonra, numune takımını oluşturan numuneler ( $20 \pm 2$ )° C sıcaklık ve % ( $65 \pm 10$ ) bağıl neme sahip ve buharlaşma hızı, ilk ( $240 \pm 5$ )dakika sürede ( $200 \pm 100$ ) g/m<sup>2</sup> olan iklim kabininde ( $168 \pm 5$ ) saat süreyle bakıma tâbi tutulmalıdır. Kabin içerisindeki numuneler arasında en az 50 mm mesafe bulunmalıdır. Bu sürede plâstik tabaka, deneye tabi tutulacak yüzey hariç olmak üzere numunenin bütün yüzeyine yapıştırılmalı ve deney süresince yapışık kalmalıdır. Varsa numune yüzeylerinin etrafındaki herhangi pahın doldurulması ve plâstik tabaka ile beton numune arasına su girmesini önlemek üzere, deney numunesinin üst yüzeyi etrafında, beton ve plâstik örtü arasındaki köşelerin su girişine karşı yalıtımı için silikon veya diğer yalıtım malzemesi kullanılmalıdır. Plâstik tabakanın ucu, deney numunesinin üst yüzeyinden ( $20 \pm 2$ ) mm yukarıya kadar çıkartılmalıdır.



Not - Normal şartlarda yapıştırıcı hem beton numune yüzeylerine, hem de yapıştırılacak plâstik tabaka yüzeyine sürülmelidir. Plâstik tabakanın uygunluğu doğrulanmış yapıştırılma biçimi Tablo 7.3'de gösterilmiştir.

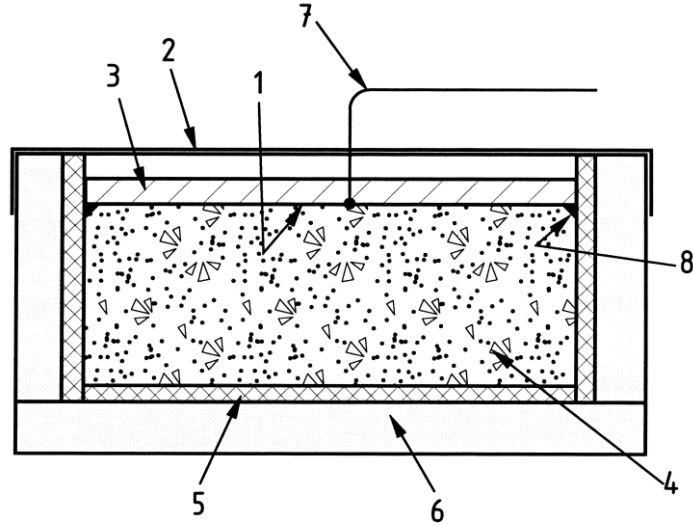


- 1 Bindirme
- 2 Plâstik tabaka
- 3 Sızdırmazlık fitili
- 4 Deney numunesi
- 5 Numune

Resim 7.1 Plâstik tabaka ile kaplanmış ve yüzeyinde yalıtım ipi bulunan (sağda) numune en kesitine ve numunenin üstten görünüşüne (solda) ait örnek

Deneye tâbi tutulacak yüzey alanı (A), yüzeyin, uzunluk ve genişliğinin milimetre doğrulukla ölçülmesi yoluyla elde edilen üç değer ortalaması alınarak belirlenir. İklim kabinde bakıma tâbi tutulmasının ardından, deney numunesinin deneye tâbi tutulacak yüzeyine,  $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$  sıcaklıktaki içilebilir özellikte su,  $(5 \pm 2)$  mm derinlikte doldurulur. Numune bu şekilde  $(72 \pm 2)$  saat süreyle  $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$  sıcaklıkta tutulmalı ve bu yolla, numune yüzeyi ve plâstik tabaka arasındaki yalıtımın etkinliği değerlendirilmelidir.

Etkiye maruz bırakılacak yüzey hariç olmak üzere, numunenin bütün yüzeylerine, donma çözülme çevrimleri başlatılmadan önce, ısı yalıtımı yapılmış olmalıdır. Bu işlem numunenin kuru esnasında yapılabilir. Deney numunelerinin donma kabini içerisine yerleştirilmesinden 15 dakika - 30 dakika önce, numune yüzeyi üzerindeki su,  $(5 \pm 2)$  mm derinlikte, içilebilir su kullanılarak hazırlanmış olan % 3'lük NaCl çözelti ile değiştirilmelidir. Çözeltinin derinliği numune yüzeyinden itibaren ölçülmelidir. Çözeltinin buharlaşması, bir polietilen levhanın numune üzerine Resim 7.2'de gösterildiği gibi yatay şekilde yerleştirilmesi yoluyla önlenmelidir. Bu polietilen levha, deney boyunca mümkün olduğu kadar yatay kalmalı ve deney çözeltisine temas etmemelidir.



### Açıklama

1 Deney yüzeyi

2 Polietilen levha

3 Donma ortamı (sıvısı) (tuzlu su)

4 Deney numunesi

5 Plâstik levha

6 Isı yalıtımı

7 Sıcaklık ölçme cihazı

8 Sızdırmazlık fitili

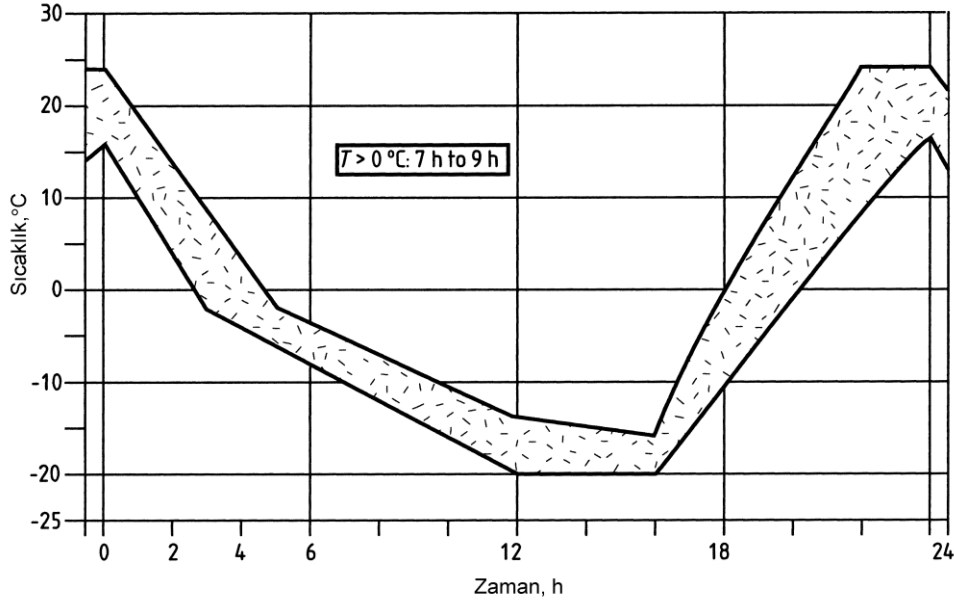


Resim 7.2 Donma-çözülme deneyinde kullanılan düzenek

### İşlem

Deney numuneleri donma kabineye, etkiye maruz bırakılacak üst yüzeyi, herhangi bir doğrultuda her metre başına 3 mm'den daha fazla sapma göstermeyecek tarzda yatay konumda yerleştirilir ve numuneler tekrarlanan donma-çözülme çevrimlerine maruz bırakılır. Deney esnasında bütün deney numunelerinde, dondurma çözeltisinin deney numunesi yüzeyinin ortasında, süreye bağlı olarak ölçülen sıcaklık çevrimi, Resim 7.3'de gölgeli olarak gösterilen alan içerisinde kalmalıdır. Aynı zamanda, her bir çevrimde sıcaklık, 7 saatten az, 9 saatten fazla olmayan süreyle 0°C'ü geçmelidir. Dondurma sıvısının sıcaklığı, donma kabineye genelini temsil eden bir konumda yerleştirilmiş olan en az bir numunede, numunenin etkiye maruz bırakılan yüzeyinin ortasında sürekli olarak ölçülerek kaydedilmelidir. Deney esnasında dondurucu kabin içerisindeki hava sıcaklığı da kaydedilmelidir. İlk donma-çözülme çevriminin süresi, deney numuneleri donma kabineye

konulduktan ( $0 \pm 30$ ) dakika sonra başlatılmalıdır. Deney esnasında çevrimin kesintiye uğraması hâlinde numune  $-16 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklıkta donma evresinde tutulmalıdır. Bu kesintinin üç günden daha fazla devam etmesi hâlinde deney geçersiz sayılmalıdır.



Resim 7.3 - Süre - sıcaklık çevrimleri

Grafikte gölgeli olarak gösterilen alanı belirten dönme noktalarının koordinatları Tablo 7.1'de verilmiştir.

Tablo 7.1 - Dönme noktalarının koordinatları

Üst sınır		Alt sınır	
Süre(h)	Sıcaklık (°C)	Süre(h)	Sıcaklık (°C)
0	24	0	16
5	-2	3	-4
12	-14	12	-20
16	-16	16	-20
18	0	20	0
22	24	24	16

Deney numunelerinin tamamında doğru sıcaklık çevrimlerinin sağlanması için, donma kabini içerisinde iyi bir hava dolaşımı sağlanmalıdır. Sadece birkaç numunenin deneye tâbi tutulması hâlinde, kabin içerisindeki boş kısım kör numunelerle doldurulmalıdır. Ancak, boş kısımlar doldurulmadan da doğru sıcaklık çevrimlerinin sağlandığının gösterilmesi hâlinde bu işlem uygulanmayabilir.

7 ve 14 devirden sonra, çözülme durumundayken, daha önce tarif edilen NaCl çözeltisinin, numunelerin yüzeyi üzerindeki seviyesini ( $5 \pm 2$ ) mm 'de tutmak için, gerekir, % 3'lük tuz çözeltisi ilâve edilir.

28 çevrim sonunda, her numune için aşağıda verilen işlem uygulanmalıdır:



- a) Deney numunesi yüzeyinden pullanma sonucunda kalkan malzeme, su püskürtme şişesi kullanılarak kap içerisine doğru yıkama ve daha fazla malzeme çıkmayınca kadar fırçalama yoluyla kabın içerisine toplanır.
- b) Kapta toplanan malzeme ve sıvı, süzgeç kâğıdına dikkatlice dökülür. Süzgeç kâğıdında toplanan malzeme, üzerinde kalan NaCl'yi temizlemek üzere en az 1 litre içilebilir özellikte su ile yıkanır. Süzgeç kâğıdı ve üzerinde toplanan malzeme, en az 24 saat süreyle  $(105 \pm 5)^\circ \text{C}$  sıcaklıkta kurutulur. Kurutulan malzeme kütlesi, filtre kâğıdı hariç üzere  $\pm 0,2 \text{ g}$  doğrulukla tartılmalıdır.

### Deney sonucunun hesaplanması

Numunenin birim alanı başına kütle kaybı (L), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak  $\text{kg/m}^2$  biriminde hesaplanır.

$$L = M / A$$

Burada;

M: 28 gün devam eden çevrimlerden sonra deney numunesinden ayrılan malzemenin toplam kütlesi, kg,

A: Deney numunesinin donma-çözülme etkisine maruz bırakılan yüzey alanı,  $\text{m}^2$ .



## 7.2 Toplam Su Emmenin Tayini

### Prensip

Numune,  $(20 \pm 5)$  °C sıcaklıktaki ortamda şartlandırıldıktan sonra, sabit kütleye ulaşınca kadar suya batırılır ve daha sonra da kurutularak değişmez kütleye ulaşması sağlanır. Kütlece kayıp, numunenin kuru kütlesine oranla yüzde olarak gösterilir.

### Numune

Beton blok kütlesinin 5,0 kg'dan daha büyük olması hâlinde blok, 5,0 kg'dan daha küçük bir numune elde edilecek şekilde, yüksekliği boyunca kesilmelidir.

### Malzemeler

İçilebilir özellikte su.

### Cihazlar

#### Hava dolaşımli etüv

Hacminin (litre), havalandırma kanalları alanına ( $\text{mm}^2$ ) oranı 2000'den az olan kapasitede olan. Etüvün sıcaklığı,  $(105 \pm 5)$ °C sıcaklıkta sabit tutulabilmelidir. Etüvün hacmi bir kerede kurutulacak numune hacminin en az 2,5 misli olmalıdır.

#### Düz tabanlı kap

İçine konan numunelerin hacminin en az 2,5 katı hacminde ve numunelerden en az 50 mm daha fazla derinlikte, su sızdırmaz, düz tabanlı bir kap.

#### Terazi

gram cinsinden % 0,1 doğrulukla okuma yapabilen.

#### Sert fırça

#### Deney numunelerinin hazırlanması

Deney numunelerindeki tozlar, gevşek kısımlar vs. fırça ile temizlenir ve numunelerin  $(20 \pm 5)$  °C sıcaklıkta olması sağlanır.

#### İşlem

Numuneler kap içerisindeki  $(20 \pm 5)$ ° C sıcaklıkta suya batırılarak bu konumda sabit kütleye,  $M_1$  ulaşınca kadar tutulur. Suya batırma esnasında numuneler arasında en az 15 mm mesafe bulunmalı ve numunelerin üzerinde de en az 20 mm yükseklikte su tabakası bulunmalıdır. Suya batırma süresi en az 3 gün olmalı ve 24 saat arayla art arda yapılan iki tartım arasındaki kütle farkı % 0,1'den daha düşük olunca sabit doymun kütleye ulaşıldığı kabul edilmelidir. Her bir tartımdan önce numuneler, su ile ıslatıldıktan sonra sıkılarak fazla



suyu alınmış nemli bir bez ile kurulmalıdır. Beton yüzeyinin mat görünüm alması silinerek kurutmanın yeterliliğini gösterir.

Numuneler, etüv içerisine aralarında en az 15 mm mesafe olacak şekilde yerleştirilir ve (105 ± 5) °C sıcaklıkta değişmez sabit kütleye (M<sub>2</sub>) erişinceye kadar kurutulur.

Kurutma süresi, en az 3 gün olmalı ve 24 saat arayla art arda yapılan iki tartım arasındaki kütle farkı % 0,1'den daha düşük olunca sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmelidir. Tartma işleminden önce numuneler, oda sıcaklığına kadar soğuyuncaya kadar bekletilmelidir.

### **Deney sonuçlarının hesaplanması**

Her bir numunenin su emmesi (W<sub>a</sub>), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak kütlece yüzde cinsinden hesaplanır:

$$W_a = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \%$$

Burada;

M<sub>1</sub> deney numunesinin ilk kütlesi, g,

M<sub>2</sub> deney numunesinin son kütlesi, g, dır.

Numune takımına ait su emme değeri, her bir numuneden elde edilen su emme değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanır.

### 7.3 Dayanımın Ölçülmesi

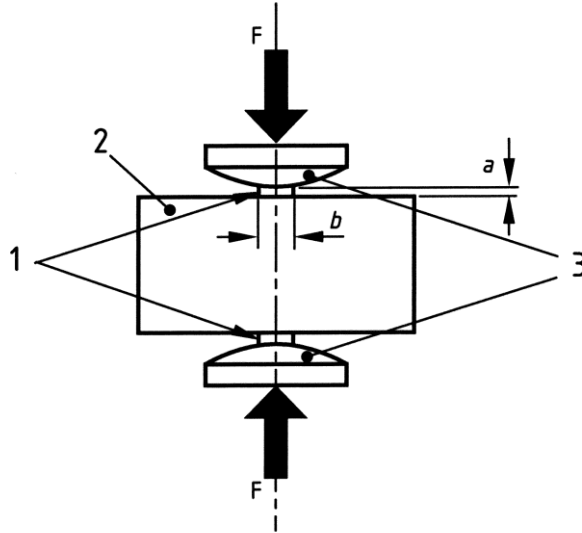
#### Cihazlar

Deney makinasının, tahmin edilen yükün  $\pm$  % 3'ünü doğrulukla gösterebilecek bir kadranı bulunmalı ve yükü belirlenen hızda arttırarak uygulayabilecek kapasitede olmalıdır (Resim 7.4).

Deney makinasına, temas ettiği yüzeylerin yarıçapı  $(75 \pm 5)$  mm olan iki rijit başlıktan meydana gelen bir yükleme tertibatı monte edilmiş olmalıdır.

Yükleme tertibatının başlıkları, uçlarındaki sapma en fazla  $\pm 1$  mm olacak şekilde aynı düşey düzlem içerisinde tutulabilmelidir. Üst başlık, yatay eksenini etrafında dönebilmelidir.

Kullanılan iki adet yerleştirme parçasının genişliği,  $(b)$ ,  $(15 \pm 5)$  mm, kalınlığı,  $(a)$ ,  $(4 \pm 1)$  mm ve uzunluğu ise tahmin edilen kırılma düzleminde yaklaşık 10 mm daha uzun olmalıdır.



Açıklama:

- 1 Yerleştirme parçaları
- 2 Kaplama bloğu
- 3 Rijit yükleme başlıkları

Resim 7.4 - Deney prensibi

Yerleştirme parçası  $(16,0 \pm 0,5)$  mm çaplı daire kesitli bir çubuk ile  $(48 \pm 10)$  kN/min hızla bir kuvvet uygulayarak zımbalama deneyi yapıldığında,  $(20 \pm 5)$  kN yükteki ani penetrasyon  $(1,2 \pm 0,4)$  mm olmalıdır.

#### Numunenin deneye hazırlanması

Çapak ve büyük çukurlukları giderilmiş tam beton blok kullanılır. Pürüzlü, desenli veya eğri olan yüz aşındırılarak veya başlıklanarak deneye hazır hâle getirilir. Düz bir yüzey elde etmek amacıyla, mümkün olan en az miktarda malzeme aşındırılmalıdır.



Bloklar,  $(20 \pm 5)$  °C sıcaklıktaki suya  $(24 \pm 3)$  saat süre ile daldırılır, çıkarıldıktan sonra bir bezle kurulanır ve hemen deneye tâbi tutulur.

## İşlem

Beton blok, yerleştirme parçaları kullanılarak alt ve üst yükleme başlıklarına değecek şekilde deney makinasına yerleştirilir. Yerleştirme parçaları ve yükleme başlığı eksenlerinin beton bloğun yarılma kesiti ile aynı çizgi üzerinde olduğundan emin olunmalıdır.

Yarılma kesiti/kesitleri, aşağıdaki öncelik sırasına uygun olarak seçilmelidir:

a) Deney, beton bloğun kenarlarına paralel ve simetrik ve en uzun yarılma kesiti boyunca yapılır, böylece aşağıdaki şartın sağlanmasına izin verilmiş olur:

- Yarılma kesitinin herhangi noktasında yan yüzlere olan dik mesafe, kırılma kesiti alanının en az %75'inde blok kalınlığının en az 0,5 katıdır.

b) Yukarıdaki şart sağlanamazsa, deney, aşağıdaki şartı sağlayacak şekilde seçilen iki yarılma kesiti üzerinde uygulanır:

- Bir yarılma kesitinin herhangi bir noktasında diğer yarılma kesitine veya beton bloğun herhangi yan yüzüne olan dik mesafe, dikkate alınan kırılma kesitinin uzunluğunun en az % 75'inde beton blok kalınlığının en az 0,5 katıdır.

c) Yukarıdaki şartların hiçbirisi de sağlanamaz ise, yarılma kesiti, mesafe isteklerini yerine getirebilecek en büyük toplam orantılı kesit uzunluğu elde edilecek şekilde seçilmelidir.

d) Beton bloğun taşının yatay kesiti kare, çokgen veya daire ise, yarılma kesiti, blok plân alanının merkezinden geçen en kısa hat olacak şekilde seçilmelidir.

Yük, saniyede  $(0,05 \pm 0,01)$  MPa gerilme artışı sağlayacak hızla, düzgün ve kesintisiz şekilde arttırılarak uygulanır. Kırılma yükü kayıt edilir.

Deney uygulanan beton bloğun kırılma düzlemi/düzlemlerinin alanı aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$S = l.t$$

Burada;

S: Kırılma alanı, mm<sup>2</sup>

l: Beton bloğun, üst ve altında yapılan iki ölçmenin ortalaması olarak kırılma kesitinin uzunluğu, mm

t: Beton bloğun, biri ortada, diğer ikisi uçlarda yapılan üç ölçmenin ortalaması olarak kırılma düzlemindeki kalınlığı, mm'dir.





## Deney sonuçlarının hesaplanması

Deney, aynı beton bloğun enine (transvers) iki deney kesiti boyunca yapılmış ise, numunenin yarılma dayanımı iki tek sonucun ortalaması olarak dikkate alınır.

Deney uygulanan numunenin T dayanımı, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$T = 0,637.k.P / S$$

Burada;

T: Dayanım, MPa

P: Kırılma yükü, N

k: Aşağıdaki eşitlikle hesaplanan veya Tablo 7.2 'den alınan parke taşı kalınlığı için düzeltme katsayısı'dır.

Beton blok kalınlığı;  $140 \text{ mm} < t \leq 180 \text{ mm}$  ise  $k = 1,3 - 30 (0,18 - t/1000)^2$  eşitliği ile hesaplanır,

Beton blok kalınlığı;  $t > 180 \text{ mm}$  ise  $k = 1,3$  alınır veya  $t \leq 140 \text{ mm}$  ise k, Tablo 7.2 'den alınır.

Tablo 7.2 - k düzeltme katsayısı

t (mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
k	0,71	0,79	0,87	0,94	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23	1,25

Birim alan başına kırılma yükü aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$F = P / L$$

Bloğun yarılma dayanımı, T, en yakın 0,1 MPa'ya yuvarlatılarak raporlanmalıdır.



## 7.4. Aşınmaya Karşı Direncin Ölçülmesi (Geniş Disk ile)

### Geniş diskli aşınma deneyinin prensibi

Deney, kaplama elemanı üst yüzünün standard şartlar altında, aşındırıcı malzeme (zımpara tozu) kullanılarak aşındırılması yoluyla uygulanır.

### Aşındırıcı malzeme

Bu deneyde kullanılacak aşındırıcı malzeme, ISO 8684-1'e göre tane büyüklüğü F 80 olan zımpara tozudur (erimiş beyaz alüminyum oksit). Aşındırıcı malzeme, en fazla üç defa kullanılmalıdır.

### Cihazlar

#### Aşındırma cihazı (Resim 7.5)

Asıl parça olarak, büyük aşındırma disk, aşındırma malzemesinin akışını düzenlemek için bir veya iki kontrol vanası monte edilmiş depolama silosu, akış kılavuzu silosu, deney numunesi tutucusu ve karşı ağırlıktan oluşan.

İki vana kullanılması hâlinde, bunlardan birisi akış hızını düzenlemek için kullanılmalı ve sabit olarak ayarlanmış olmalı, diğeri ise akışı durdurmak ve tekrar başlatmak için kullanılmalıdır.

#### Geniş aşındırma disk

Aşındırma Diskinin çapı ( $200 \pm 1$ ) mm ve kenarlardaki kalınlığı ( $70 \pm 1$ ) mm olmalıdır. Diskin dönme hızı, ( $60 \pm 3$ ) saniyede, 75 devir olmalıdır.

#### Hareketli numune tutma kızağı

Mesnetler üzerine monte edilmiş olan. Bu numune tutma kızağı, karşı ağırlık vasıtasıyla çelik diske doğru itilmeye zorlanır.

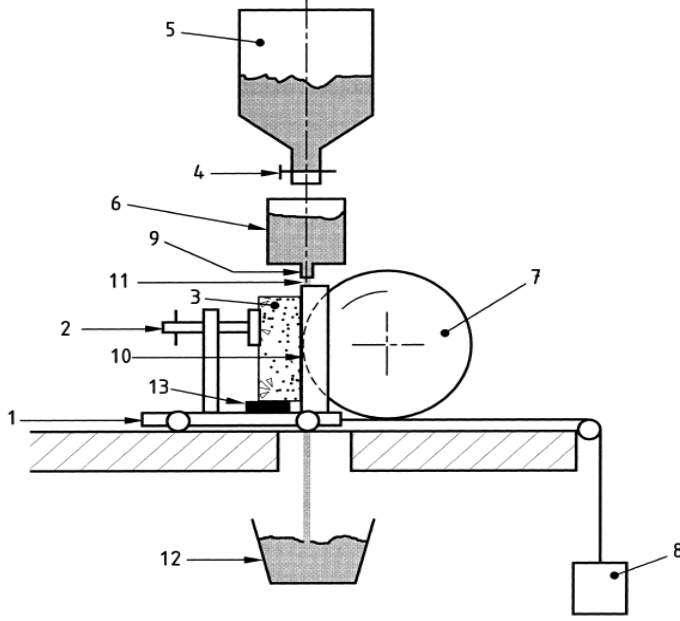
#### Depolama silosu

Aşındırıcı malzeme besleyicileri ve akış yönlendirici silosu bulunan.

#### Akış yönlendirici silo

Yarık şeklinde çıkış ağızlı silindir veya dikdörtgen şekilli olmalı çıkış ağzının uzunluğu, ( $45 \pm 1$ ) mm ve genişliği ( $4 \pm 1$ ) mm olmalıdır. Akış yönlendirici silo boyutları, bütün yönlerde çıkış ağzından en az 10 mm daha büyük olmalıdır.

Akış yönlendirici silo çıkış ağzı ile aşındırma disk merkez eksenini arasındaki, serbest düşü mesafesi, ( $100 \pm 5$ ) mm olmalı ve zımpara tozu akış kütlesi ile disk ön kenarı arasındaki mesafe, (1 ~ 5) mm olmalıdır.



### Açıklama:

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Numune tutma kızıağı       | 8 Karşı ağırlık                   |
| 2 Tespit vidası              | 9 Çıkış ağızı                     |
| 3 Deney numunesi             | 10 Oyuk                           |
| 4 Kontrol vanası             | 11 Aşındırıcı malzeme akışı       |
| 5 Zımpara tozu silosu        | 12 Aşındırıcı malzeme toplayıcısı |
| 6 Akış yönlendirici alt silo | 13 Takoz                          |
| 7 Geniş aşındırma diski      |                                   |

Resim 7.5 – Geniş Diskli Aşındırma cihazı

Akış yönlendirici silodan, geniş aşındırma diski üzerine zımpara tozu akış debisi, en az 2,5 litre/dakika olmalıdır. Akış debisi sabit olmalı ve akış yönlendirici silo içerisindeki zımpara tozu seviyesi en az 25 mm olmalıdır.

### Kalibrasyon

Aşındırma cihazı, 400 oyuk açılacak şekilde kullanıldıktan sonra veya her iki ayda bir, bunlardan daha küçük olanı esas alınarak kalibre edilmelidir. Ayrıca, yeni bir teknisyen tarafından kullanılmaya başlanınca, yeni bir zımpara tozu partisi kullanılmaya başlanınca veya aşındırma diski değiştirilince kalibrasyon işlemi yeniden yapılmalıdır.

Aşındırma tozu debisi, kütlesi önceden tartılarak belirlenmiş, düz kenarlı, yüksekliği ( $90 \pm 10$ ) mm olan rijit bir kap içerisine, tozun yaklaşık 100 mm yükseklikten akıtılması yoluyla doğrulanmalıdır. Ağızına kadar doldurulunca kabın hacmi yaklaşık 1 litre olmalıdır. Kap, tam olarak doluncaya kadar, tozun akıtıldığı silonun, kaptan olan yüksekliği, yaklaşık 100 mm olarak sabit tutulmalıdır. Kabın dolmasından sonra, üst kenar sıyrılarak tesviye edilir ve kap, bilinen hacme sahip toz kütlesinin (yoğunluk) tayin edilebilmesi için tartılır. Aşındırma tozu, aşındırma cihazı içerisinde (60  $\pm$  1) saniye sürede geçirildikten sonra, kütlesi tartılarak



önceden belirlenmiş, yaklaşık 3 litre hacme sahip bir kap içerisine, kap, aşındırma diskinin alt kısmında tutularak toplanır. Tozun tamamı kap içerisinde toplandıktan sonra, dolu kap tartılır. Yukarıda tarif edilen şekilde hesaplanan yoğunluk kullanılarak, aşındırma tozu debisinin 2,5 litre/dakika olup olmadığı doğrulanır.

Cihaz, “Boulonnasie mermeri” referans alınarak kalibre edilmelidir. İşlem esnasında, karşı ağırlık aşındırma diskinin,  $(60 \pm 3)$  saniye sürede 75 dönme yapmasından sonra, mermerde oluşan oyuk uzunluğu  $(20,0 \pm 0,5)$  mm olacak şekilde ayarlanmalıdır. Karşı ağırlık, oluşan oyuğun gerekli olandan büyük veya küçük oluşuna göre azaltılmalı veya artırılmalıdır.

Numunede oluşan oyuk 0,1 mm yaklaşımla ölçülmelidir. Üç ölçme sonucunun ortalaması alınarak kalibrasyon değeri belirlenir. “Boulonnasie mermeri” referans numune ile yeterli bir geçiş katsayısı belirlenmesi şartıyla, referans malzeme olarak başka bir malzeme de kullanılabilir.

Cihazın her kalibrasyon işleminde, numune mesnetinin dikliği kontrol edilmelidir.

Aşındırma diskinin referans numune üzerinde açtığı oyuk, dikdörtgen şekilli olmalı ve oyuğun, ölçülen her iki yan kenarı arasındaki uzunluk farkı 0,5 mm’den fazla olmamalıdır.

### **Deney numunelerinin hazırlanması**

Deney, orijinal ölçülerdeki mamule veya üst yüzü de ihtiva edecek şekilde en az (100x70) mm ölçülerde kesilmiş parçaya uygulanır. Deney numuneleri temiz ve kuru olmalıdır.

Deney numunesinin, işlem uygulanacak üst yüzeyi, birbirine dik iki doğrultuda, 100 mm mesafede ölçülen tolerans,  $\pm 1$  mm olacak şekilde düz olmalıdır.

Deney numunesi yüzeyinin pürüzlü olması veya yüzeyin düzlemden sapmasının yukarıda verilen toleransları aşması hâlinde, yüzey hafifçe aşındırılarak, verilen toleranslar sağlanacak şekilde düzeltilmelidir.

Deneyden hemen önce, işlem uygulanacak numune yüzeyi, sert fırça ile temizlenmeli ve aşınmayla oluşan oyuk uzunluğunun daha hassas ölçülebilmesini sağlamak üzere, uygun bir boya ile (kalıcı işaretleme kalemı gibi) boyanmalıdır.

### **İşlem**

Aşındırma tozu silosu, rutubeti en fazla % 1 olan kuru aşındırma tozu ile doldurulur. Numune tutma kızıağı, geniş aşındırma diskinden uzağa çekilir. Numune, tutucu kızak üzerine, işlem sonunda oluşan oyuk, numunenin herhangi bir kenarından en az 15 mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilir ve numune, aşındırma tozunun alt tarafa geçmesine izin verecek şekilde takoz ile sabitlenir. Aşındırma tozunun içerisinde toplanacağı kap, geniş aşındırma diskinin alt kısmına yerleştirilir.

Deney numunesi, yüzeyi geniş aşındırma diskinin temas edecek şekilde yaklaştırılır. Aşınma tozu kontrol vanası açılır ve aynı anda motor, geniş aşındırma diski,  $(60 \pm 3)$  saniye sürede 75 dönüş yapacak şekilde çalıştırılır. Aşındırma malzemesi akış debisinin deney süresince

değişip değişmediği gözle kontrol edilir. Diskin 75 dönüş yapmasından sonra, aşındırma tozu akışı ve disk durdurulur. Mümkünse, her bir numune için iki deney yapılmalıdır.

### Oyuk boyutlarının ölçülmesi

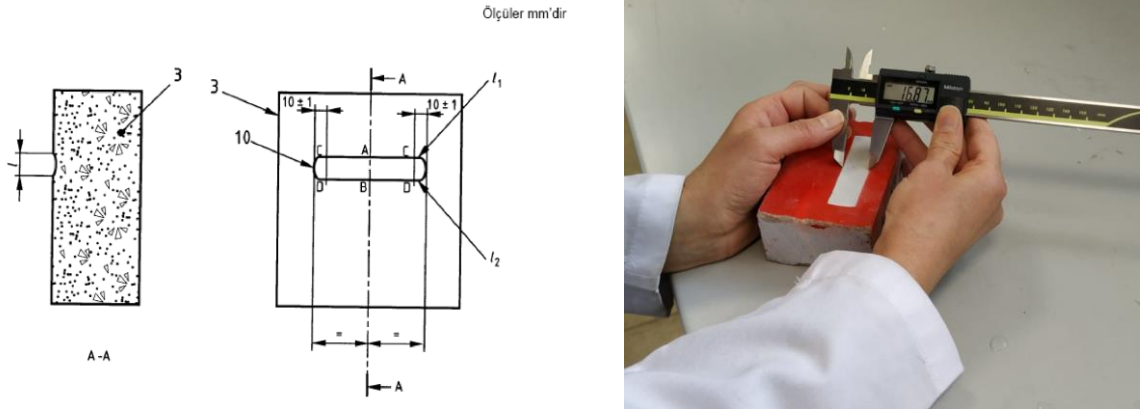
Numune, en az 2x olan büyük boyutlu büyüteç altına konular ve tercihan, oyuk boyutlarının daha kolay ölçülebilmesini sağlamak üzere ışıklandırma donanımı bulundurulur.

Oyuğun her iki uzun kenarının ( $l_1$  ve  $l_2$ ) sınırları, uç kalınlığı 0,5 mm olan kurşun kalemle, cetvel kullanılarak çizilmelidir (Resim 7.6).

Daha sonra, oyuk uzun kenarlarının orta noktaları birleştirilerek, boyuna eksene dik doğrultuda (AB) doğrusu çizilir.

Sayısal göstergeli kumpasın ölçme uçları, uzun kenar ( $l_1$  ve  $l_2$ ) sınırlarının iç kısmına A ve B noktalarına, oyuk içine doğru yerleştirilir ve boyut  $\pm 0,1$  mm yaklaşımla ölçülerek kaydedilir.

Ölçme işlemleri, kalibrasyon amacıyla, oyuk uçlarından (C D),  $(10 \pm 1)$  mm mesafedeki noktalarda tekrarlanır. Bu şekilde üç ölçme sonucu elde edilmiş olur.



Resim 7.6 - Oyuk açılmış numune örneğinin deneyden sonraki görünüşü

### Deney sonuçlarının hesaplanması

Sonuç, kalibrasyon katsayısı ile düzeltilen ve daha sonra en yakın 0,5 mm'ye yuvarlatılan boyuttur. Kalibrasyon katsayısı, 20,0 ile kaydedilen kalibrasyon değeri arasındaki farktır.

Bir numune üzerinde yapılan iki deney sonucunda iki yuva açılmışsa, sonuç olarak daha büyük olan değer alınır.

**Not** - Örnek olarak; kalibrasyon değerinin 19,6 mm ve boyutun 22,5 mm olması hâlinde sonuç :

$22,5 + (20,0 - 19,6) = 22,9$  mm olarak bulunur ve 23,0 mm'ye yuvarlatılır.



## 7.5. Aşınmaya Karşı Direncin Ölçülmesi (Böhme Deneyi)

### Prensip

Kare plâkalar veya küpler Böhme aşındırma diskinin üzerine, standard aşındırıcı serpilmiş ize gelecek şekilde yerleştirilir. Disk, numuneye  $(294 \pm 3)$  N'luk aşındırma kuvveti uygulanarak önceden belirlenmiş sayıda döndürülür. Aşınma kaybı, numunenin hacmindeki azalma olarak tayin edilir.

### Aşındırıcı malzeme

Aşındırıcı, standard malzeme olarak, standard granit numuneler denendiğinde 1,10 mm - 1,30 mm, Standard kireç taşı numuneler denendiğinde 4,20 mm - 5,10 mm aşınma meydana getirebilecek şekilde tasarlanarak imal edilmiş erimiş alüminyum (suni korundum) kullanılmalıdır.

### Cihazlar

#### Kalınlık ölçme cihazı

Kalınlıktaki azalmayı belirlemek için kadranlı bir ölçme cihazı. Cihazın ölçme ucu küresel olmalı ve bu ucun temas alanı dış çapı 8 mm, iç çapı 5 mm olan daire biçimli olmalıdır.

#### Aşındırıcı disk,

Böhme aşındırıcı disk, Resim 7.7 de gösterildiği gibi, esas olarak belirlenen bir izde aşındırıcıyı alarak dönen bir disk, bir numune tutucu ve yükleme cihazından meydana gelir.

#### Dönen disk

Dönen diskin çapı yaklaşık 750 mm olup yatay olarak yerleştirilmiş düz bir disk. Yük uygulandığı zaman diskin dönme hızı  $(30 \pm 1)$  devir/dakika olmalıdır.

Diske, 22 dönüşten sonra dönüşü otomatik olarak durduran bir sayaç monte edilmiş olmalıdır.

#### Deney izi

İç yarıçapı 120 mm, dış yarıçapı 320 mm, (genişliği 200 mm) dairesel şekilli olmalı ve değiştirilebilmelidir.

İz, fosfor muhtevası % 35 i geğemeyen, karbon muhtevası en az % 3 olan perlitik yapılı dökme demirden yapılmış olmalıdır.

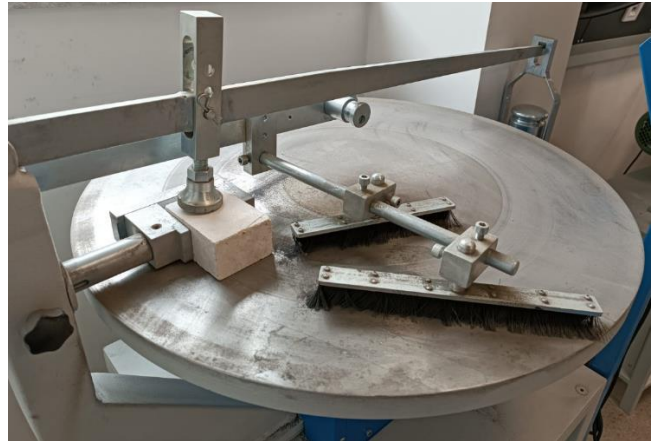
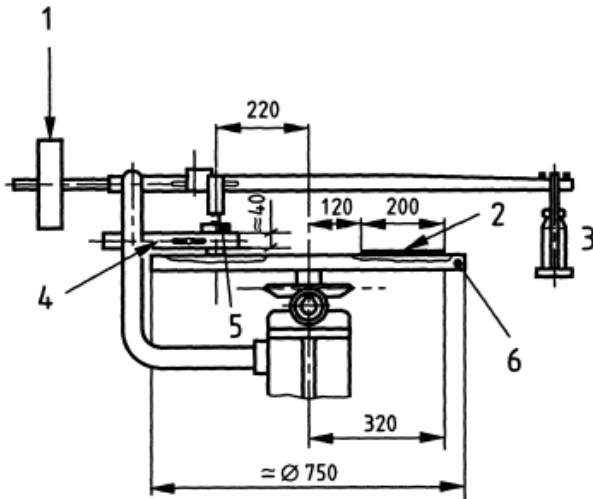
İzin yüzeyi kullanım sırasında aşınmaya maruzdur, yüzeydeki kalınlık azalması 0,3 mm'yi geğmemeli, en derin oyuk 0,2 mm'den daha derin olmamalıdır. Bu değerler açılacak olursa, iz değiştirilmeli veya yüzeyi yeniden işlenmelidir.

## Numune tutucu

Numune tutucusu deney izinden net  $(5 \pm 1)$  mm mesafede, yaklaşık 40 mm kalınlığında bir U çerçevesinden meydana gelir. Çerçeve, numune ve disk eksenleri arasındaki mesafe 200 mm ve numuneyi taşıyan numune tutucusunun tırnağı diskin üstünden  $(4 \pm 1)$  mm mesafede olacak şekilde yerleşmiş olmalıdır. Numune tutucusu deney sırasında titreşim meydana gelmeyecek şekilde monte edilmiş olmalıdır.

## Yükleme cihazı

Mümkün olan en az sürtünme ile çalışabilecek şekilde mafsallanmış, deney sırasında hemen hemen yatay olarak duran, iki farklı uzunlukta kolu bulunan bir manivela, bir yüklem ağırlığı ve karşı ağırlıktan meydana gelir. Sistem, yükün, yüklem çubuğu vasıtasıyla numunenin merkezine dik olarak iletilebileceği biçimde tasarlanmış olmalıdır. Manivela kolunun kendi ağırlığı karşı yük ve yüklem ağırlığının konacağı kefe ile dengelendirilmelidir. Numuneye etkiyen yük, yüklem ağırlığının manivela kolu ile çarpımı ile bulunur.  $(294 \pm 3)$  N'luk (yaklaşık  $0,06 \text{ N/mm}^2$ 'ye karşı gelen) bir deney yükü meydana getirecek ağırlığın kütlesi hesapla doğrulanmalıdır.



Açıklama:

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1 Karşı ağırlık   | 4 Numune tutucusu |
| 2 Deney izi       | 5 Numune          |
| 3 Yüklem ağırlığı | 6 Döner disk      |

Resim 7.7- Böhme aşındırma diski

## Numunelerin hazırlanması

Numune olarak kenar uzunluğu  $(71 \pm 1,5)$  mm olan kare plâka veya küpler kullanılır.

Numunenin temas eden ve ona karşı gelen yüzü paralel ve düz olmalıdır. Kalınlık azalmasını tayin edebilmek için karşı yüz mümkünse aşındırarak veya alet ile işleyerek paralel hâle getirilmelidir. Numuneler, temas yüzü normal şartlarda gerekli görülen dört dönüşlük ön aşındırmadan sonra, genellikle  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ ' ta sabit kütleye kadar kurutulur.





Deneyden önce numunelerin yoğunluğu,  $\rho_R$ , boyutların 0,1 mm yaklaşımla ve kütlelerin 0,1 g yaklaşımla ölçülmesi yoluyla tayin edilmelidir.

Çok tabakalı numunelerde, aşınacak tabakadan alınan numunelerin yoğunluğu tayin edilmelidir. Bu numuneler gerektiğinde deney öncesinde aşındırılırlar.

### İşlem

Numuneler, deneye başlanmadan önce ve her dört devirden sonra 0,1 g doğrulukla tartılır.

Deney izine 20 g standard aşındırıcı konur. Temas yüzü ize gelecek şekilde numune tutucusuna yerleştirilen numune aksel olarak ( $294 \pm 3$ ) N ile yüklenir.

Disk, iz üzerindeki aşındırıcının, numunenin genişliğinin belirlediği alan üzerine eşit olarak dağılı kalmasına özen gösterilerek hareket ettirilir.

Numuneye, her biri 22 dönüşten meydana gelen 16 çevrim uygulanır.

Her çevrimden sonra disk ve temas yüzü temizlenmeli, numune sıra ile  $90^\circ$  döndürülmeli ve ize, yeni aşındırıcı konulmalıdır.

Islak veya suya doymuş numunelere deney uygulanacağı hâllerde iz, her dönüşümden önce hafif rutubetli bir sünger ile ovulmalı ve aşındırıcı konulmadan önce nemli hâle getirilmelidir. Deney başlangıcından itibaren ayarlanabilen memesi bulunan bir kaptan iz üzerine dakikada yaklaşık 13 mL su (180-200 damla) damlatılır. Damlalar 100 mm mesafeden izin ortasına, numunenin 3 cm önüne düşmelidir. Bu metoda uygun deney sırasında, aşındırıcının sürekli olarak izin etkili alanına döndürülmesine özen gösterilmelidir.

### Deney sonuçlarının hesaplanması

16 çevrim sonunda aşınma; numunenin hacmindeki azalma  $\Delta V$  olarak aşağıda verilen eşitlikten hesaplanır:

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho_r}$$

Burada:

$\Delta V$  16 çevrimden sonra hacim kaybı,  $\text{mm}^3$ ,

$\Delta m$  16 çevrimden sonra kütle kaybı, g,

$\rho_r$  Numunenin yoğunluğu, çok katlı numunede aşınmaya maruz tabakanın yoğunluğu,  $\text{mm}^3$  dir.



## Bölüm 8. Beton Bordür Taşları- Gerekli Şartlar ve Deney Metotları (TS 436 EN 1340)

### 8.1. Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma/Çözölmeye Karşı Direncin Tayini

Kullanılan malzemeler, cihazlar, deney numunelerinin hazırlanması, deney işlemi, deney sonuçlarının hesaplanması Madde 7.1'deki gibidir.

### 8.2. Toplam Su Emmenin Tayini

Kullanılan malzemeler, cihazlar, deney numunelerinin hazırlanması, deney işlemi, deney sonuçlarının hesaplanması Madde 7.2'deki gibidir.

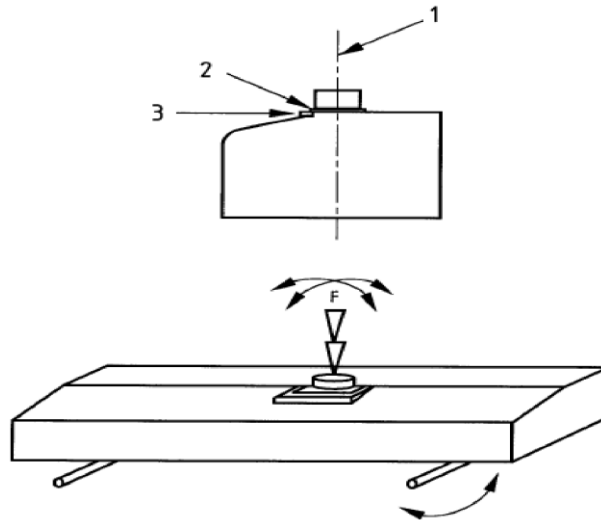
### 8.3 Eğilme dayanımının ölçülmesi

#### Cihazlar

Enine yükleme deney makinasının, tahmin edilen yükün  $\pm$  % 3'ünü doğrulukla gösterebilecek bir kadranı bulunmalı ve yükü belirlenen hızda arttırarak uygulayabilecek kapasitede olmalıdır. Deney makinası, numuneye herhangi burulma etkisi göstermeksizin 3 noktadan yükleme yoluyla eğilme yüklemesi yapabilmelidir (Tablo 8.2).

Mesnetlerin uzunluğu en az deneye tâbi tutulacak numune genişliği kadar olmalı ve yük, çapı  $(40 \pm 1)$  mm, kalınlığı en az 20 mm olan bir çelik yastık üzerine küresel yataklanmış başlık vasıtasıyla uygulanmalıdır.

Mesnetler, rijit malzemedan yapılmış,  $(20 \pm 1)$  mm çapta, yuvarlak veya yuvarlatılmış olmalıdır.



Açıklama:

1 Ağırılık merkezinden geçen hat

2 Yerleştirme parçası

3 Sert ahşaptan yapılmış kama veya harç dolgu kütlesi

Resim 8.1- Deney prensibi



## Numunenin deneye hazırlanması

Deneyde tam ölçülerde bordür taşı kullanılır ve varsa, numunedeki çapak ve büyük çıkıntılar vb. giderilir. Gerekirse bordür taşı numune birimler,  $(20 \pm 5)$  °C sıcaklıktaki suya  $(24 \pm 3)$  saat süre ile daldırılır, çıkarıldıktan sonra bir bezle kurulanır ve hemen deneye tâbi tutulur.

### İşlem

Beton bordür taşı numune, deney makinasına yerleştirilir. Numunenin uçları ile alt mesnetler arasındaki mesafe (numune uçlarının mesnetlerden taşın kısmı) 100 mm olmalıdır. Ancak, mesnetler arasındaki açıklığın, numune kalınlığının dört katından daha düşük olması hâlinde, numune uçları ile alt mesnetler arasındaki mesafe, bordür taşı numunenin deney konumundaki düşey kalınlığının yarısı kadar olacak şekilde azaltılır.

Mesnetler arasındaki açıklığın, bordür taşının düşey boyutunun dört katından daha düşük olması hâlinde deneyin uygulanması mümkün olmaz.

Alt mesnetler arasındaki açıklık, bu amaçla önceden belirlenmiş mesafeye, % 0,5 sapma sınırları içerisinde kalmak şartıyla, en yakın mm'ye yuvarlatılarak ayarlanmalı ve kaydedilmelidir.

Yük, bordür taşı ağırlık merkezinden geçen hat üzerine, en fazla  $\pm 5$  mm sapma sınırları içerisinde uygulanır.

Bordür taşları daima, en kesitin daha büyük olan boyutu yatay konumda bulunacak şekilde yerleştirilerek deneye tâbi tutulmalıdır.

Numune, deney makinasının alt mesnetleri üzerine, en kesitin daha büyük olan boyutu yatay konumda olacak şekilde simetrik olarak ve çelik yükleme yastığı ile numune arasına  $(4 \pm 1)$  mm kalınlığında kontraplâk yerleştirme parçası konularak yerleştirilmelidir.

Deneye tâbi tutulacak bordür taşı numunesi üst yüzeyinin profiline bağlı olarak, deney numunesi yüzeyi ile çelik yükleme yastığı arasına sert ahşaptan yapılmış kama veya harç dolgu kütlesi kullanılır.

Yük, darbe tesiri olmaksızın, gerilme artış hızı  $(0,06 \pm 0,02)$  MPa/s olacak şekilde kırılma yüküne ulaşıncaya kadar uygulanır. Kırılma yükü 100 N yaklaşımla kaydedilir.

### Deney sonuçlarının hesaplanması

Kırılma kesitinin, kesit alanının ağırlık merkezinden geçen yatay eksene göre atalet momenti, çalışma boyutları kullanılarak hesaplanır.

Deneye tâbi tutulan bordür taşının eğilme dayanımı, T, aşağıda verilen bağıntı kullanılarak hesaplanır.



$$T = \frac{PLy}{4I}$$

Burada;

- T Eğilme dayanımı, MPa,  
P Kırılma yükü, N,  
L Mesnetler arasındaki mesafe, mm,  
I Kırılma kesitinin çalışma boyutları kullanılarak hesaplanan atalet momenti, mm<sup>4</sup>,  
y Kırılma kesiti ağırlık merkezi ile en dış lif arasındaki mesafe, mm,

Her deney sonucu Megapaskal biriminde kaydedilir.

#### **8.4. Aşınmaya Karşı Direncin Ölçülmesi (Geniş Disk ile)**

Kullanılan malzemeler, cihazlar, deney numunelerinin hazırlanması, deney işlemi, deney sonuçlarının hesaplanması Madde 7.4'deki gibidir.

#### **8.5. Aşınmaya Karşı Direncin Ölçülmesi (Böhme Deneyi)**

Kullanılan malzemeler, cihazlar, deney numunelerinin hazırlanması, deney işlemi, deney sonuçlarının hesaplanması Madde 7.5'deki gibidir.

## Bölüm 9. Püskürtme Beton Deneyleri

### 9.1. Yeni (genç) Püskürtme Betonun Basınç Dayanımı (TS EN 14488-2)

#### Kapsam

Yeni (genç) sertleşmiş püskürtme betonun yerinde basınç dayanımının belirlenebildiği iki yöntemi kapsar.

#### Prensip

Genç püskürtme betonun dayanım gelişimi sırasıyla,

Yöntem A: 0,2 MPa - 1,2 MPa ve

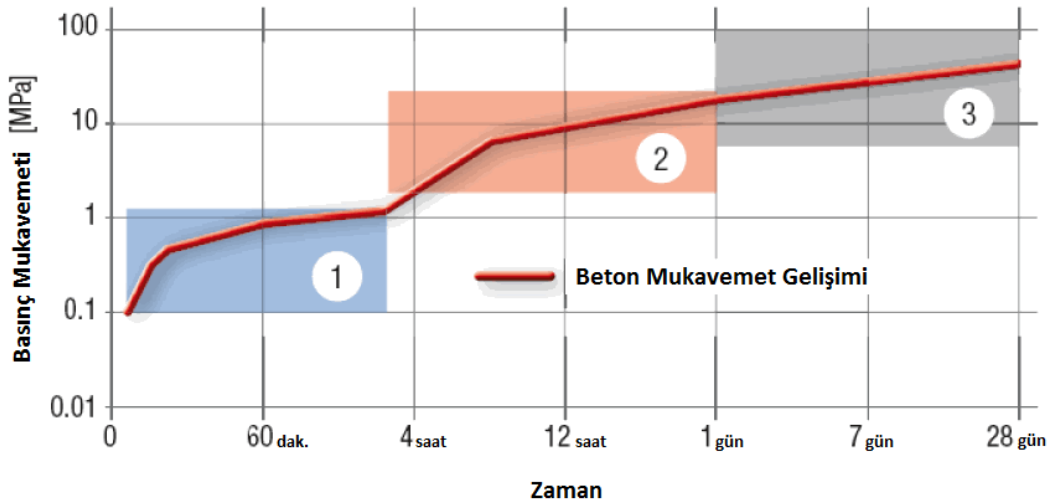
Yöntem B: 3 MPa – 16 MPa aralığında tayin edilir.

#### Yöntem A: Penetrasyon iğnesi

Bu yöntem, belirli boyuttaki bir iğneyi püskürtme betona 15 mm ± 2 mm derinlikte batırmak için gereken itme kuvvetini ölçmede kullanılır. Bir penetrometre, kalibre edilmiş bir yayın sıkıştırılması ile oluşan dönüştürme eğrisinden elde edilen hesaplanmış basınç dayanımı yoluyla direnç kuvvetini gösterir.

#### Yöntem B: Saplamanın çakılması

Püskürtme betona bir saplama çakılır ve batma derinliği tayin edilir. Saplama daha sonra çıkarılarak çekip çıkarma kuvveti ölçülür. Belirli bir derinlikten çekip çıkarma kuvveti oranı, deney donanımı imalatçıların yardımıyla, dönüştürme eğrisinden hesaplanan basınç dayanımının elde edilmesinde kullanılabilir.



Gelişim		Metod	Ekipman	Dayanım	Zaman
1	Başlangıç Dayanımı	Penetrasyon iğnesi	Penetrometre	≤ 1,2 MPa	0-3 saat
2	Erken Dayanım	Çivi Saplama	Çivi Saplama ve Çekip Çıkarma Yöntemi	3 - 16 Mpa	3-24 saat
3	Nihai Dayanım	Karot Alma	Basınç Test Makinası	5 - 100 Mpa	1-28 gün

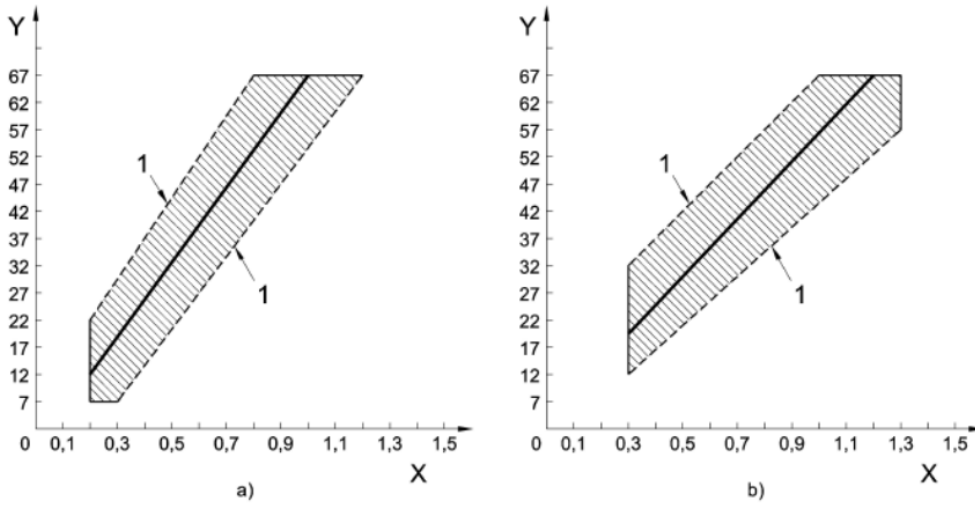
Resim 9.1 Püskürtme Beton Mukavemet Gelişimi ve Kullanılan Metodlar

## Cihazlar

### Yöntem A: Penetrasyon iğnesi

Penetrometre: İğneyi yüzeye batırabilme ve bunun için gerekli olan kuvveti 10 N doğrulukta kaydedebilme kapasitesine sahip. Belgelendirilmiş bir kalibrasyon eğrisine sahip bir penetrometre, ölçüm değerlerini tahmini basınç dayanımına dönüştürebilmesi sağlanmalıdır. Kalibrasyon eğrisinin bir örneği Resim 9.2’de gösterilmiştir.

İğne:  $3 \pm 0,1$  mm çapında ve koni açısı  $(60 \pm 5)^\circ$  olan bir uca sahip.



Resim 9.2 – (a) en büyük tane büyüklüğü 8 mm olan agregaya ile yapılan betonlarda veya (b) en büyük tane büyüklüğü 16 mm olan agregaya ile yapılan betonlarda iğne uçlu penetrometreler için kalibrasyon eğrisi örneği

### Açıklama

X: Basınç dayanımı  $R_{estim}$  MPa

Y: Penetrasyon kuvveti daN

1: Güvenlik sınırı

### Yöntem B: Saplamanın çakılması

Saplama çakma donanımı: saplamayı püskürtme betona yerleştirmek için saplama yerleştiricisi, basınç dayanımını ölçmek için kalibre edilmiş tescilli donanımı kullanarak, betona en az 20 mm derinliğe kadar saplayacak darbeli ateşleme kapasitesine sahip olmalıdır.

Çekip çıkarma donanımı: beton yüzeyine, bir yastıklama halkası yardımıyla iletilen reaksiyon ile çelik çubuğa çekme kuvveti uygulama kapasitesine sahip olmalıdır.

Yükleme sistemi: yastıklama halkasının çubuk ile ve saplama düzlemine dik uygulanan yük ile eş merkezli olmasını sağlamalıdır.

Yükleme sistemi:% 5 doğrulukla uygulanan en büyük kuvveti gösteren bir işaret içermelidir. Komparatör, ölçer ve dijital göstergeler, en büyük kuvveti kaydedebilecek bir cihaza sahip olmalıdır.

### Deney İşlemi:

Deney için 100 mm kalınlıktan daha az olmayan püskürtme beton tabakası gereklidir.

### Yöntem A: Penetrasyon iğnesi

Püskürtmenin tamamlanma zamanı ve yeri ile deney başlangıcı kaydedilmelidir. Kuvvetölçerin sıfıra ayarlandığından emin olunmalıdır. Cihaz, püskürtme beton tabakası yüzeyine dik olarak uygulanmalıdır ve iğne tek bir sürekli hareketinde 15 mm derinlikte sabit şekilde itilmelidir. Örnek olarak, büyük agrega tanesi veya donatı ile karşılaşılması durumunda deney durdurulur ve bitişik lokasyonda tekrar edilir. Skaladan direnç kuvveti ölçülür, ölçülen değer protokol formuna kaydedilir ve gösterge başlangıç durumuna getirilir. Gerekliğinde iğne temizlenmelidir. Deney, püskürtme bölgesini temsil eden alanda, 10 defa mümkün olduğunca hızlı tekrar edilmelidir (ve 0,5 MPa altındaki dayanımlar için 1 dakika içinde). Deneyin tamamlandığı zaman kaydedilmelidir.



Resim 9.3 Penetrasyon İğnesi Uygulaması

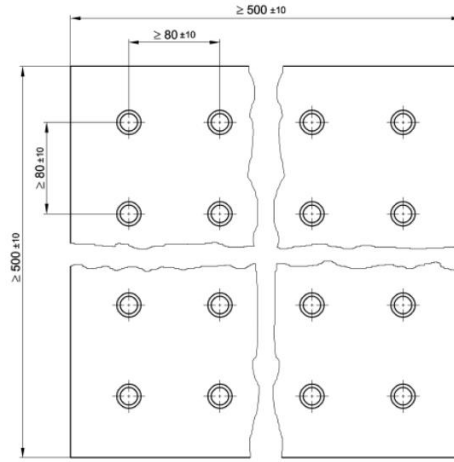
### Yöntem B: Saplamanın çakılması

Saplama çakma donanımına imalatçı talimatlarına göre yük verme işlemi yapılmalıdır. Donanım, püskürtme beton yüzeyine uygulanmalıdır ve saplama çakılmalıdır. En uzun saplamanın tamamen çakılması durumunda, bir süre beklenilir ve beton sertleşince deney tekrar edilir. Dişli kısmın püskürtme betona saplanmamasına dikkat edilmelidir. Dışarda kalan saplama kısmının fazla olması durumunda (penetrasyon derinliği 20 mm'den küçük), daha kısa bir saplama kullanılmalıdır. Toplam 10 saplama yerleştirme işlemi, saplamalar arasında yeterli mesafeyi koruyarak tekrar edilmelidir (80 mm'den büyük).

Resim 9.5 deney panelinde saplamalar arasındaki mesafeyi göstermektedir.

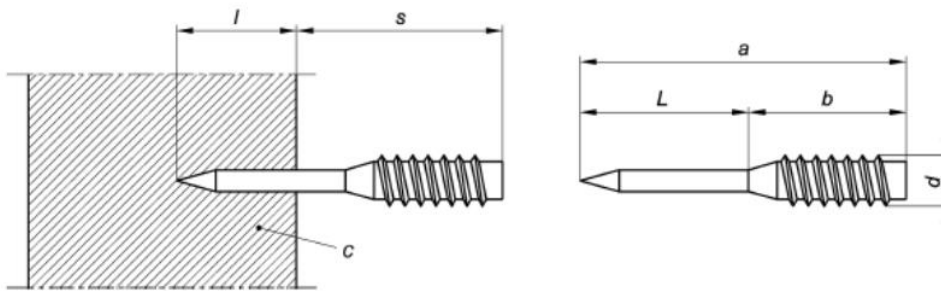


Resim 9.4 Saplamanın Çakılması



Resim 9.5 - Saplama arasındaki mesafe (boyutlar milimetredir)

Uygun bir saplama uzunluğu ve/veya ateşleme seçimi yardımıyla saplamanın alt tabakaya çakılması engellenmelidir. Saplamanın dışarda kalan uzunluğu ölçülür ve deney protokol formuna kaydedilir (Resim 9.6 örneğinde olduğu gibi).



## Açıklama

- l: Penetrasyon derinliği
- s: Saplamanın dişli kısmı dahil dışarda kalan kısmı
- c: Beton
- a: Saplamanın toplam uzunluğu
- l: Gövde uzunluğu
- b: Dişli kısım uzunluğu
- d: Dişli kısım genişliği

Resim 9.6 - Saplama penetrasyonunda gövde ve derinlik tanımları için örnek



Betona saplanan çiviler çekip çıkarma cihazını kullanarak betondan çıkartılır. Saplanan çivi boyanarak işaretlenir. Bu şekilde test uygulanmamış çivilerin karışması engellenmiş olur. Her çiviye ait, test başlangıç ve bitiş zamanı ve çıkarma yükleri en yakın 10 N' a yuvarlatılarak forma kaydedilir. Yük / Penetrasyon uzunluğu oranı ve ortalamaları hesaplanır. Cihaza ait dönüşüm eğrisini kullanarak dayanım değerleri bulunur.



Resim 9.7 Saplamanın Çıkarılması

Kalibrasyon eğrileri aşağıdaki formül ile oluşturulabilir.

- En büyük tane büyüklüğü 8 mm'ye kadar olan kireçtaşı agregadan yapılan betonlar için;  
 $R_{estim} = (E/I + 2,7) / 7,69$

- En büyük boyutu 16 mm'ye kadar olan kireçtaşı agregadan yapılan betonlar için;  
 $R_{tahmini} = (E/I + 0,02) / 6,69$

- En büyük boyutu 16 mm'ye kadar silisli agregadan yapılan betonlar için;  
 $R_{tahmini} = (E/I - 3,32) / 5,13$

Burada;

I: Çivinin penetrasyon derinliğidir.

E: Okuma derinliğidir.

## Deney sonuçlarının gösterilmesi

### Yöntem A: Penetrasyon iğnesi

Yapılan 10 ölçüm sonucunda ortalama direnç kuvveti hesaplanır. Gerekmesi durumunda, tahmini basınç dayanımı, imalatçının dönüştürme eğrisinden elde edilir. Ekstrapolasyona izin verilmez.

### Yöntem B: Saplamanın çakılması

Yapılan 10 ölçüm sonucunda düzeltilmiş çekip çıkarma kuvvetinin ortalaması (donanım ile birlikte gelen kalibrasyon eğrisini kullanılarak) hesaplanır. Gerekmesi durumunda,





imalatçının dönüştürme eğrisini kullanarak, ortalama P/l oranına bağlı olarak basınç dayanımı hesaplanır. Ekstrapolasyona izin verilmez.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Püskürtme Zamanı ( $t_0$ )	Çivi Saplama Zamanı ( $t$ ) (dk)	Püskürtmeden Sonra Geçen Süre ( $t - t_0$ ) (dk)	Çivi Tipi ve Uzunluğu ( $L_0$ ) (mm)	Dışarda Kalan Çivi Boyuna ( $L_1$ ) (mm)	Penetrasyon Derinliği (L) ( $L = L_0 - L_1$ ) (mm)	Çıkarma Yüğü (F) (Manometre Cihazından Alınan Okuma) (N)	F / L (N/mm)	Ortalama (F / L) ( $\Sigma/10$ )	Beton Mukavemeti (R) (Mpa)
						$\Sigma$ Toplam:			

Resim 9.8 Örnek Deney Formu

## 9.2. Lifle Güçlendirilmiş Kiriş Numunelerin Eğilme Dayanımları (İlk çatlak, nihai ve artık eğilme dayanımları) (TS EN 14488-3)

### Kapsam

Sertleşmiş püskürtme betonda kiriş numunelerin eğilme dayanımının (İlk çatlak, nihai ve artık eğilme dayanımı) belirlenmesi yöntemini kapsar.

### Prensip

Prizmatik kiriş numuneler, yükün üst ve alt döner mesnetler yardımıyla uygulanması ile eğilme momentine maruz bırakılırlar. İlk çatlak, maruz bırakılan en büyük ve kalıcı yükler kaydedilir ve buna karşılık gelen eğilme momentleri hesaplanır.

Deney panelinden TS EN 14488-1'e uygun olarak kesilen lifle güçlendirilmiş prizma şekilli numuneler, yük sehimi tepkisini elde etmek için sehim kontrolü altında alt ve üst kayar mesnetler yardımı ile yükün uygulanmasıyla eğilme momentine maruz bırakılırlar. İlk çatlak, nihai ve kalıcı eğilme dayanımları yük sehimi eğrisi ile belirlenir.

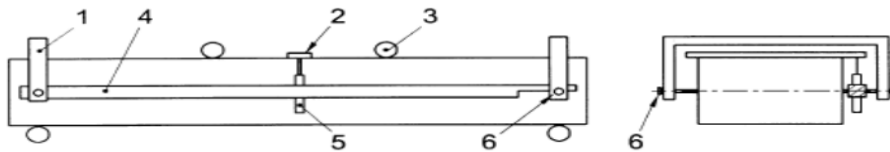
### Cihazlar:

#### Deney makinası

Deney makinesinin rijitliği ve kontrol sistemi, deneyin deformasyon kontrollü olarak yapılabilmesini sağlamalıdır. Yük sisteminin rijitliği (çerçeve, yük hücresi, yükleme bloğu ve mesnet çerçevesini içeren) en az 200 kN/mm olmalıdır. Sabit bir yükleme hızını sağlayacak şekilde deformasyon kontrollü olmalıdır.

Elektronik transduser: Çözünürlüğü en az 0,02 mm olan kalibre edilmiş Elektronik bir veri kaydedici veya XY grafik çizeri.

Çelik veya alüminyum yoke cihazı (Resim 9.9)



#### Açıklama

- |                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Mengene                   | 4. Yoke cihazı          |
| 2. Referans çubuk            | 5. Transduser           |
| 3. Yükleme için döner mesned | 6. Konumlandırma vidası |

Not: Yoke/transduser, yalnızca kiriş tarafında temsil edildiği gibi kirişin bir yanı yerine her iki yanından sabitlenebilir,

Yük uygulama cihazı aşağıdakileri içermelidir;

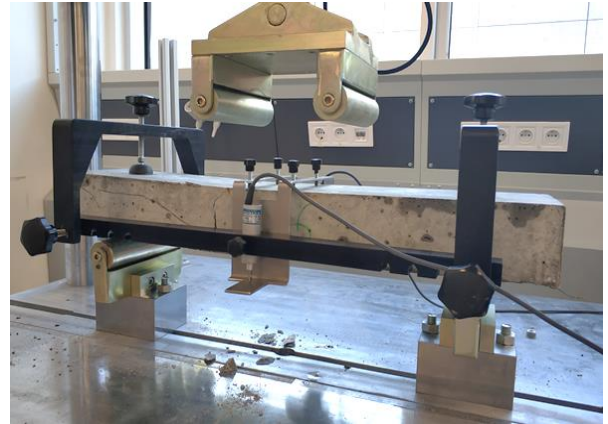
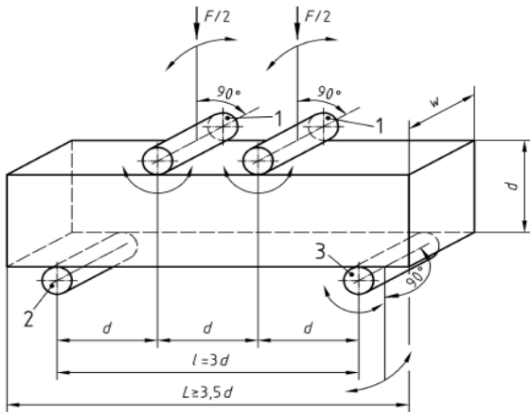
-İki adet destek mesnet

-Makine tarafından uygulanan yükü iki döner mesnet arasında eşit şekilde bölen mafsallı çapraz elemanlarca taşınan iki adet üst döner mesnet,

Tüm döner mesnetler çelikten imal edilmelidir ve 20 mm ile 40 mm arasında çapa sahip dairesel kesitli olmalıdır ve deney numunesinin genişliğinden en az 10 mm daha uzun olmalıdır.

İki üst döner mesnetide içeren üç döner mesnet, kendi eksenleri etrafında serbest dönme kapasitesine ve deney numunesinin boyuna eksenine dik bir düzleme eğilme kapasitesine sahip.

Alt döner mesnetler arası mesafe,  $l$  (açıklık gibi),  $d$ 'nin 150 mm'ye eşit olduğu durumda,  $3d$ 'ye eşit olmalıdır. Üst döner mesnetler arası mesafe  $d$ 'ye eşit olmalıdır. Üst döner mesnetler Resim 9.10'da görüldüğü gibi alt döner mesnetlerin arasına eşit olarak yerleştirilmelidir. Tüm döner mesnetler  $\pm 2,0$  mm doğrulukta Resim 9.10'da gösterildiği konumlarda ayarlanmalıdır.



#### Açıklama

1. Yükleme için döner mesnet (dönme ve eğilme kapasitesine sahip)

2. Destek döner mesnedi

3. Destek döner mesnedi (eğilme durumunda dönme ve eğilme kapasitesine sahip)

F: Newton olarak yukarıda tanımlanan yük ( $P_{fp}$  veya  $P_{ult}$ )

L: açıklık

w: ortalama kiriş genişliği

d: kiriş yüksekliği

L: kiriş uzunluğu

Resim 9.10 Deney numunesinin yükleme düzenlemesi

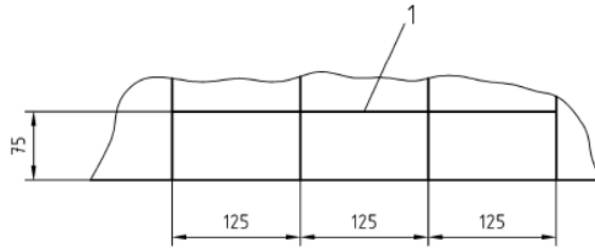
## Sehim ölçümü ve kontrolü;

Herhangi bir desteğin deformasyonu ve dönmesi hariç, eğilme sehim, kirişin orta yüksekliğinden ve doğrudan destekler üzerinden (tarafsız eksenden) kirişe tutturulan yoke aparatı ve açıklık ortasına monte edilen elektronik transduserler yardımıyla ölçülmelidir. Uygun bir yoke aparatı düzenlemesi Resim 9.9'da verilmektedir. Kirişin iki yanından monte edilen iki transduserin kullanılması tercih edilir.

Deney makinesi, kirişin orta açıklığından numuneyi sabit sehim hızında yüklemek için transduserden kontrol edilmelidir. Yük sehim eğrisi sürekli olarak analog veya digital olarak kaydedilmelidir. İki transduserin kullanılması durumunda ortalama açıklık sehim belirlenmelidir.

## Deney Numunesi

Her bir deney numunesi Resim 9.11'de verilen püskürtme panelden 75 mm derinlik ve 125 mm genişlikte ve en az 500 mm uzunlukta olmalı ve TS EN 12390-1 standardın gereklerini karşılayacak şekilde hazırlanmalıdır. Kesilmemiş kalıp alt yüzeyi numune üzerinde gösterilmelidir (püskürtmenin yönünü gösterecek şekilde). Kirişler, aksi belirtilmedikçe kesilmemiş kalıp alt yüzeyinden gerilme deneyine tabi tutulmalıdır. Kiriş üst yüzeyinden gerilmeye gelmesi durumunda kesilmemelidir (çelik fiberlerin kesilmelerini önlemek için). Prizmatik numune, kesilmesinden, deneye tabi tutulmasına 3 saat kalana kadar  $20 \pm 2$  °C de en az 3 gün suda bırakılmalıdır (yoke aparatı veya transduserleri içeren herhangi bir konum cihaz eklerinin hazırlanması için yeterli süre bırakarak). Deney normal olarak 28 günde yapılmalıdır. Numuneler muayene edilmeli ve gözlenen anormallikler rapor edilmelidir.



## Açıklama

### 1. kiriş üst yüzeyi

Resim 9.11 – Kiriş numunelerin alınma düzenlemesi

## Deney İşlemi:

Suda bırakılan numuneler için, deney makinesine yerleştirilmeden önce numune yüzeyindeki fazla nem temizlenir. Deney makinesinin tüm temas eden yüzeyleri temizlenir ve döner mesnetler ile temas edebilecek gevşek parçalar veya diğer ekstra malzemeler numune yüzeyinden kaldırılır. Yoke aparatı ve transduserler doğrudan destek döner mesnetler üzerine ve numunenin orta yüksekliğinde tutularak monte edilir ve transduserler açıklık ortasında konumlandırılır ve kirişe monte edilen ve kelepçelenen referans plakaya



doğru yaslanır. Numune makineye yerleştirilir, numunenin boyuna eksenini ile üst ve alt döner mesnetlerin boyuna eksenleri ile doğru açıda olacak şekilde merkezlenir ve ayarlanır (kesilmemiş kalıp yüzeyi normal olarak çekmede kalacak şekilde).

Yükleme;

Tüm yüklemeye ve destek döner mesnetleri tam olarak numuneye karşı oturtulana kadar yük uygulanmamalıdır. Kirişin orta açıklığında, 0,5 mm'lik sehime kadar dakikada  $(0,25 \pm 0,05)$  mm'lik sabit bir sehime hızında numunenin yüklenmesi amacıyla deney makinesi transduserden kontrol edilmelidir. Bu noktadan sonra sehime hızı 1,0 mm/dak'ya artırılabilir. Orta açıklık şekil değiştirmesi 4 mm'yi aşması veya numunenin kırılması durumunda deney tamamlanmalıdır. Yük ve sehime veri kaydedici veya XY grafik çizer ile sürekli olarak kaydedilir ve ayrıca en büyük yük ve buna karşılık gelen sehime kaydedilir. Çekme yüzeyinde oluşan çatlak merkezinden en yakın destek mesafesi ölçülür ve alt yüklemeye döner mesnet kırılması olarak rapor edilir.

İlk çatlak ve nihai eğilme dayanımları

İlk eğilme dayanım çatlakları aşağıdaki gibi yük-şekil değiştirme eğrisinden (Resim 9.12) hesaplanmalıdır. Çatlak yükünün %50 sine kadar olan veriyi ve orta açıklık kiriş sehimine 0,1 mm yatay paralelinden çizilen doğruyu esas alarak eğrinin ilk doğrusal çizgi kısmı belirlenmelidir. İlk çatlak eğilme dayanımı ( $f_{fp}$ ), ulaşılabilen ilk çatlak yükünden ve 0,1 mm'den çizilen ofset doğrunun yük sehime eğrisini kestiği noktayı içine alacak şekilde hesaplanmalıdır.

Taşıma gücü eğilme dayanımı ( $f_{ult}$ ) kaydedilen en büyük yük ( $P_{ult}$ ) dikkate alınarak hesaplanmalıdır. Kırılma düzleminde kiriş eni ve yüksekliğinden 0,1 mm doğrulukla ortalama en yakın 1 mm'ye yuvarlatılarak hesaplanan iki ölçüm yapılmalıdır. Kırılma düzleminin yüklemeye döner mesnetlerinin dışında oluşması durumunda bu durum not edilmeli ve sonuçlar geçersiz sayılmalıdır. Her bir eğilme dayanımı eş değer elastik çekme dayanımı olarak hesaplanmalıdır.

$$\text{Eğilme dayanımı (Mpa)} = P \times l / (w \times d^2) \quad (1)$$

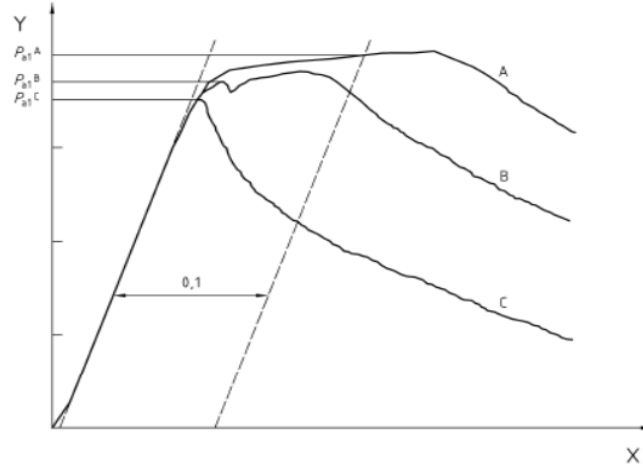
Burada;

P: yukarıda tarif edilen ( $P_{fp}$  veya  $P_{ult}$ ) yükünü, newton olarak

l: açıklığı (450 mm)

w: kırılma düzlemindeki ortalama kiriş genişliğini (anmada 125 mm)

d: kırılma düzlemindeki ortalama kiriş yüksekliğini (anmada 75 mm)



#### Açıklama

X: Merkezdeki sehim, mm

Y: Yük, kN

$P_{a1}^A$  eğrisi için ilk çatlak yükü ( $P_{fp}$ )

$P_{a1}^B$  eğrisi için ilk çatlak yükü ( $P_{fp}$ )

$P_{a1}^C$  eğrisi için ilk çatlak yükü ( $P_{fp}$ )

Not: A, B ve C eğrileri üç farklı örneği gösterir.

Resim 9.12. İlk çatlak yükünün  $P_{tp}$  belirlenmesi için yük / sehim eğri örnekleri

Arta kalan eğilme dayanımları;

Arta kalan dayanımları, 0,5 mm ile 1 mm ve 2 mm ile 4 mm arasındaki eğilme gerilmeleri (veya yükleri)/sehim eğrisi üzerindeki en düşük yüklerden hesaplanmalıdır.

Arta kalan eğilme dayanımı ( $f_{r1}$ ), 0,5 mm ile 1 mm arasında kaydedilen orta açıklık şekil değiştirmelerine karşılık gelen en küçük yükten hesaplanmalıdır.

Arta kalan eğilme dayanımı ( $f_{r2}$ ), 0,5 mm ile 2 mm arasında kaydedilen orta açıklık şekil değiştirmelerine karşılık gelen en küçük yükten hesaplanmalıdır.

Arta kalan eğilme dayanımı ( $f_{r4}$ ), 0,5 mm ve 4 mm arasında kaydedilen orta açıklık şekil değiştirmelerine karşılık gelen en küçük yükten hesaplanmalıdır.

Her bir arta kalan eğilme dayanımı, eğilme dayanımı bağıntısı (1) kullanılarak eşdeğer elastik gerilme dayanımı olarak hesaplanmalıdır.



### 9.3. Lif Takviyeli Plaka Numunelerde Enerji Yutma Kapasitesinin Tayini (TS EN 14488-5)

#### Kapsam

Deney enerji yutma kapasitesinin hesaplanması amacıyla, belirlenen sehime kadar yük uygulanan plaka şeklinde bir numunenin yük/sehim eğrisinin tayini için uygulanacak bir yöntemi kapsar.

#### Prensip

TS EN 14488-1'e uygun olarak püskürtme işlemi uygulanan lif takviyeli bir plaka numuneye, plaka merkezine yerleştirilmiş rijit çelik blok vasıtasıyla sehim kontrollü yük uygulanır. Yük-sehim eğrisi kaydedilir ve plaka merkezinde en az 30 mm'lik bir sehim elde edilene kadar deneye devam edilir. Yük-sehim eğrisinden, plakadaki sehimin fonksiyonu olarak yutulan enerjiyi verecek şekilde ikinci bir eğri hesaplanır.

#### Donanımlar

Deney makinesinin rijitliği ve kontrol sistemi, deneyin deformasyon kontrollü olarak yapılabilmesini sağlamalıdır. Yük sisteminin rijitliği (çerçeve, yük hücresi, yükleme bloğu ve mesnet çerçevesini içeren) en az 200 kN/mm olmalıdır. Sabit bir yükleme hızını sağlayacak şekilde deformasyon kontrollü olmalıdır.

Yük uygulama cihazı aşağıda verilenlerden oluşmalıdır:

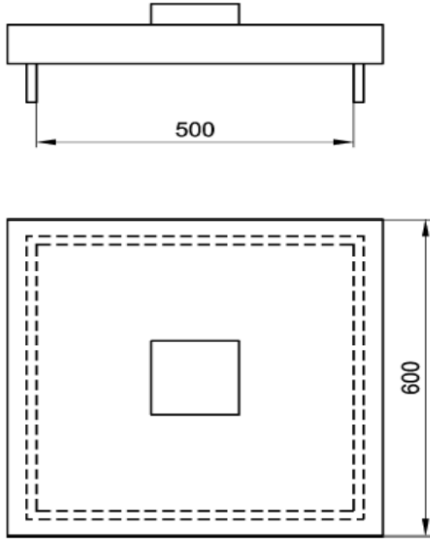
-(20 ± 1) mm kalınlığında rijit kare mesnete ve plakayı destekleyen (500 ± 2) mm x (500 ± 2) mm iç boyuta sahip bir çerçeve,

-(100 ± 1) mm x (100 ± 1) mm temas yüzeyine ve (20 ± 1) mm kalınlığa sahip plaka üst yüzeyi (Resim 9.13'e bakılmalıdır) merkezine yerleştirilen rijit çelik kare yükleme bloğu,

-Numune ile yükleme bloğu ve kare mesnet arasında kullanılacak uygun rijit bir yataklama malzemesi.

Elektronik transduser:

Çözünürlüğü en az 0,02 mm olan kalibre edilmiş. Mesnet çerçevesine göre plaka merkezindeki eğilmeden kaynaklı sehim elektronik transduser vasıtasıyla ölçülmelidir.



Resim 9.13 Deney numunesinin yükleme düzeneği

### Deney Numunesi

TS EN 14488-1'e uygun bir kalıp içine püskürtülen ve kür işlemine tabi tutulan bir 600 mm x 600 mm boyutlara sahip panelden ve püskürtme işleminden hemen sonra tıraşlanmış  $100 \pm 5$  mm kalınlığa sahip kare yüzeyli bir numune oluşturulmalıdır. Hazırlanan plaka, deneyden en az 3 gün öncesine kadar TS EN 12390-2'ye uygun koşullar altında kür işlemine tabi tutulmalı ve deney anına kadar nemli tutulmalıdır. Deney normalde 28. günde gerçekleştirilmelidir. Numuneler muayene edilmeli ve varsa anormallik gözlemlenmeli ve raporlanmalıdır.

### Deney İşlemi:

Yük, deney esnasında plakanın kalıptan çıkan düzgün yüzeyi alt kısma gelecek şekilde, püskürtme işleminin yapıldığı üst yüzeye uygulanmalıdır.

Kalıplanmış yüzey, deney cihazının mesnet çerçevesi üzerine yerleştirilmelidir.

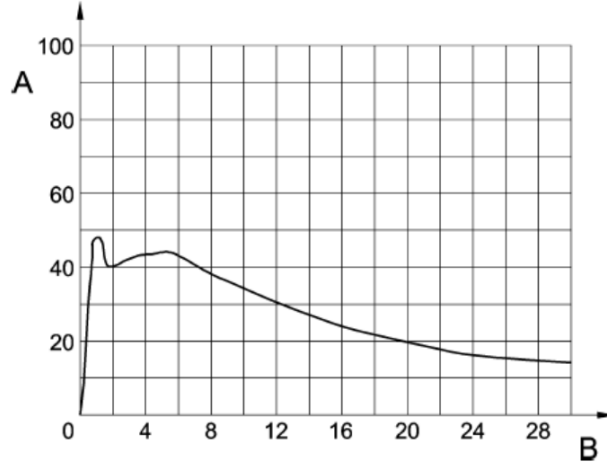
Yükleme başlığı, plaka üzerine dik olacak şekilde ayarlanmalıdır.

Deney makinesi, plaka numunenin merkezi üzerinde ( $1 \pm 0,1$ ) mm/dak'lık sabit yükleme hızını sağlayacak şekilde deformasyon kontrollü olmalıdır.

Deney, merkezdeki sehimin 30 mm'yi aşması durumunda tamamlanmalıdır.

Yük ve sehim, en az 30 mm'lik bir sehim elde edilene kadar veri toplayıcı veya XY yazıcı ile sürekli kaydedilmelidir (Resim 9.14).





Açıklamalar:

A:Yük, kN,

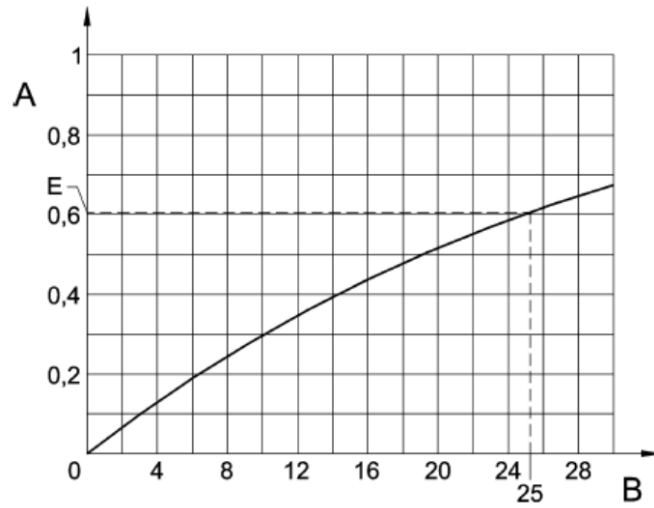
B:Merkezdeki sehim, mm

Resim 9.14 Yük-sehim eğrisi örneği

## Deney Sonucu

Gerçekleştirilen işi gösteren enerji grafiği, yer değiştirmenin bir fonksiyonu olarak yük-sehim eğrisinden hesaplanmalıdır (Resim 9.15).

0 ila 25 mm sehim arasında yük-sehim eğrisi altında kalan alan joule cinsinden enerji yutma kapasitesi olarak raporlanmalıdır.



Açıklamalar:

A: Enerji, J (10<sup>3</sup>),

B: Merkezdeki sehim, mm,

E: Enerji yutma kapasitesi.

Resim 9.15 Enerji-sehim eğrisi örneği



#### 9.4. Lifle Güçlendirilmiş Betonun Lif İçeriği (TS EN 14488-7)

##### Kapsam

Taze veya sertleşmiş (örneğin, priz öncesi veya sonrası) püskürtme betonun lif içeriğinin tayini içindir. Çelik lifler, her iki püskürtme beton tipine uygulanabilirken polimer lifler, sadece taze numune yönteminde kullanımı uygundur.

##### Prensip

Lifler, sertleşmiş (Yöntem A) veya taze (Yöntem B) beton numuneden çıkarılır ve lif içeriği, lif kütlesi ile beton numune hacminden belirlenir.

##### Donanımlar:

##### Terazi

İstenilen doğrulukta olan ve beton numunenin ve beton numuneden çıkarılan liflerin kütlesini belirleme kapasitesine sahip olan.

##### Konteynır (sepet)

Kütlesini belirlemek için içerisindeki su ile numuneyi taşıyan ve askıda tutan.

##### Su tankı

Numuneyi (20 ± 2) °C sıcaklıktaki su içerisine daldırmak için uygun olan.

Mala veya benzer kesme aparatı: çimento pastası ile etkileşime girmeyen ve su emmeyen malzemeden, yerinde taze püskürtme beton numune almak için uygun özellikte olan.

##### Deney Numuneleri:

Taze beton numuneler, yerindeki malzeme veya deney panelindeki temel karışımdan alınabilir. Sertleşmiş numuneler, yerindeki malzeme veya deney panelinden kesilerek alınabilir. Püskürtme işlemi nedeniyle, her bir konumdaki lif içeriğinin farklı olabileceği dikkate alınmalıdır. Kalite kontrol amacına ve şartnameye uygunluğa bağlı olarak, en uygun numune tipi ve konumu belirlenmelidir. Sertleşmiş numuneler için deney, yapıdan alındığı gibi (tabii), doymuş ve etüv kurusu rutubet durumları için gerçekleştirilebilir.

##### Sertleşmiş püskürtme beton numunesi (Yöntem A)

Yerindeki malzemeden veya deney panelinden Madde 10'daki gereklerine uygun olarak üç karot numunesi kesilmelidir. Karot çapı, 50 mm ila 100 mm arasında ve karot uzunluğu 75 mm ila 150 mm (tabaka kalınlığının 75 mm'den az olduğu durumda, karot uzunluğu, tabaka kalınlığına eşit olmalıdır) arasında olmalıdır.



### **Taze püskürtme beton numunesi (Yöntem B)**

Yerindeki malzemeden veya deney panelinden mala ve benzer aparatlarla üç karot numunesi kesilerek alınmalıdır. Geriye kalan malzemenin dışında kalan lifler numuneden ayrılmamalı ve numuneye eklenmelidir. Mümkün olması durumunda her numune, püskürtme beton tabakası veya panelinin tam derinliği kadar kesilen tek parça püskürtme betondan oluşmalıdır. Daha sonraki numunelerde, derinlik boyunca lif içeriğindeki herhangi bir farklılık dikkate alınarak temsili numune elde edilmesi sağlanmalıdır. Her bir numune ağırlığı 1 kg ila 2 kg arasında olmalıdır.

### **Deney İşlemleri:**

Numune hacmi (lif çıkarılmadan önce), hesaplama (gerçek boyutlar kullanılarak) veya su ile yer değiştirme (referans yöntem) yoluyla belirlenmelidir. Lif kütlesi, taze ve sertleşmiş betondan lifin çıkarılması sonrasında tartılması yoluyla belirlenmelidir.

### **Sertleşmiş beton numunesinin hacmi (Yöntem A)**

Her bir karot hacmi ( $v_d$ ), hesaplama veya Madde 4.4'de verilen su içerisinde tartılma yöntemine göre belirlenmelidir.

### **Taze beton numunesinin hacmi (Yöntem B)**

Her bir numunenin hacmi ( $v_d$ ), Madde 3.5'de verilen su içindeki kütle ile belirlenmelidir. Her numune kütlesi havada tartılmalı daha sonra su içerisine batırılmalıdır. Daha sonra numunenin ıslak yoğunluğu ve hacmi hesaplanmalıdır. Liflerin Yöntem B'ye göre çıkarılması durumunda, bu ölçümler beton nihai prizini tamamlamadan önce gerçekleştirilmelidir.

### **Sertleşmiş beton numunesindeki lif kütlesi (Yöntem A)**

Tüm liflerin betondan ayrılabilmesi amacıyla beton karot numune, beton basınç dayanımını belirlemek için kullanılan deney makinesi veya diğer uygun cihazlarla ezilerek parçalanmalıdır. Manyetik özelliğe sahip lifler, mıknatıs kullanılarak kolayca çıkarılabilir. Çıplak gözle kolayca görülebilen artık herhangi bir çimento bağlayıcısından arındırılması amacıyla lifler, mekanik olarak temizlemeli ve daha sonra en yakın 0,1 g'a yuvarlatılacak şekilde tartılmalıdır ( $m_f$ ).

### **Taze beton numunesindeki lif kütlesi (Yöntem B)**

Lifler, püskürtme beton numuneden yıkama yoluyla ayrıştırılmalıdır. Püskürtme beton, çimento ve diğer ince malzemelerin yıkanmasıyla liflerin kütleden ayrıştırılabildiği bir elek veya filtreleme donanımına konulmalıdır. Sentetik liflerle birlikte numune, alkolle ıslatılır ve lifler yüzeye çıkana kadar karıştırılır. Lifler temizlenmeli, kurulanmalı ve daha sonra çelik lifler için en yakın 0,1 g'a, polimer lifler için 0,01 g'a yuvarlatılarak tartılmalıdır ( $m_f$ ).



## Deney Sonucu

Lif içeriği aşağıda verilen bağıntı kullanılarak belirlenen lif kütlesi ve numune hacminden hesaplanmalıdır;

$$C_f = (m_f \times 1000) / V_d$$

$C_f$ : Lif içeriği,  $\text{kg/m}^3$

$m_f$ : Numuneden ıkarılan lif kütlesi, g

$V_d$ : Numune hacmi,  $\text{m}^3$



## 9.5. Püskürtme Beton Harç Numunesinde Katkı-Çimento Uyumu

### Kapsam

Püskürtme betonlarda kullanılacak akışkanlaştırıcı katkıların çimento ile uyum testini kapsar.

### Prensip

Deneyin amacı; su, çimento, standart rilem kumu ve kimyasal katkıları kullanarak yapılan çimento harcı üzerinde, kullanılacak kimyasal katkıların çimento ile ve birbirleriyle uyumunu tespit etmektir.

### Cihaz ve Malzemeler:

**Terazi:** 1 g doğrulukta tartım yapabilen,

**Yayılma masası:** taşıyıcı çerçevesi kaynaklı veya dökme çelikten imal edilmiş, kararlı yapıda olmalı ve herhangi bir çarpıklık bulundurmamalı.

**Dereceli mezür veya büret:** hacmi % 1 mL doğrulukta ölçebilen,

**Karıştırıcı:** Madde 2.1'e uygun

**Su:** Numunelerin hazırlanması, bekletilmesi ve kaynatılması için damıtık veya deiyonize su kullanılmalıdır.

**Kronometre:** süreyi  $\pm 1$  s doğrulukta ölçebilen,

**Kumpas ve cetvel:** numunenin boyutlarını, en fazla izin verilen %5 sapma sınırları içerisinde ölçmeye uygun olan.

**Vicat kalıbı:** derinliği  $(60,0 \pm 0,5)$  mm; üst iç çapı  $(70 \pm 0,5)$  mm ve alt iç çapı  $(100 \pm 0,5)$  mm olan kesik koni şeklindedir.

**Tokmak:**  $(250 \pm 15)$  g ağırlığında, sac korumalı geçirimsiz malzemeden yapılmış yuvarlak bir çubuktan oluşacaktır.

### Deney İşlemi:

Öncelikle; püskürtme betonda kullanılması düşünülen akışkanlaştırıcı katkının çimento ile uyumunun yayılma çapı deneyi ile bulunması gerekir. Bu amaçla aşağıda belirtilen işlemler takip edilmelidir.

- Su/çimento oranı 0,45 olarak belirlenir. Bu amaçla 202,5 gr su alınır.

- Akışkanlaştırıcı katkının oranı, minimumdan maksimuma doğru (optimum doz dahil) değişik oranları denir. Bunun için ilk seçilen katkı oranı tartılır. (Uygun katkı dozajı madde 9'da verilen yayılma çapını  $(190 \pm 10)$  mm elde edene kadar değiştirilecektir.)

- Çimento mikserine tartılan su ve akışkanlaştırıcı katkı konur. Üzerine 450 gr kullanılması düşünülen çimento ilave edilir ve 30 saniye düşük devirde karıştırılır.

- Daha sonra 1350 gr standart rilem kumu 30 saniye içinde miksera ilave edilir.
- 30 saniye daha düşük devirde karıştırılır.
- Daha sonra mikser 30 saniye yüksek devirde karıştırılır.
- Bundan sonra 90 saniye mikser durdurulur. İlk 15 saniyede kabın çeperlerindeki harçlar temizlenerek kabın ortasına toplanır. Mikserin ağzı nemli havlu ile kapatılır.
- Tekrar 60 saniye yüksek devirde çalıştırılır.
- Harcın kıvamı yayılma çapı testi ile kontrol edilir. Doldurma kabına iki tabaka halinde yerleştirilen harcın her tabakası 25 defa tokmaklanır. Harç yüzeyi düzelterek kalıp kaldırılır. Düşme tablası, 6 sn'de 10 defa düşürülür. Yayılma çapı 3 noktadan ölçülerek ortalaması alınır. Bu farklı oranlarda denenen katkıların yayılma çapları kayıt edilir.
- Yayılma çapı  $190 \pm 10$  mm çapını elde edene kadar akışkanlaştırıcı katkı oranı artırılarak işlem tekrarlanır. ( Bu yayılma çapı, priz hızlandırıcı katkının performansını test edebilmek için gereken kıvamı vermektedir. ) Bu yayılma çapını elde edene kadar akışkanlaştırıcı katkı oranı değiştirilerek işlem tekrarlanır. ( $140 \pm 10$  mm çapında yayılma veren katkı oranı, genellikle beton dizaynında kullanılacak oran olarak değerlendirilebilir. )



Resim 9.16 Harcın Tokmaklanarak Yerleştirilmesi



Resim 9.17 Yayılma Tablasına Düşme Yaptırılması ve Yayılma Çapının Ölçümü

## 9.6. Püskürtme Beton Harç Numunesinde Hızlı Katkı-Çimento Uyumu

### Kapsam

Püskürtme betonlarda kullanılacak akışkanlaştırıcı katkıların çimento ile uyum deneylerini ve priz hızlandırıcı katkıların priz süresi testini kapsar.

### Prensip

Çok sayıda çimento ve katkı numuneleri alternatifi olması durumunda, su, çimento ve kimyasal katkı ile oluşturulan çimento pastası üzerinde, kullanılacak kimyasal katkıların çimento ile ve birbirleriyle uyumunu ve yapılan penetrasyon ölçümleri ile priz sürelerini tespit etmektir.

### Cihaz ve Malzemeler:

**Terazi:** 1 g doğrulukta tartım yapabilen,

**Dereceli mezür veya büret:** hacmi % 1 mL doğrulukta ölçebilen,

**Karıştırıcı:** Madde 2.1'e uygun.

**Su:** Damıtık veya deiyonize su kullanılmalıdır.

**Kronometre:** süreyi  $\pm 1$  s doğrulukta ölçebilen,

**Vicat kalıbı:** Derinliği ( $40,0 \pm 0,2$ ) mm; üst iç çapı ( $70 \pm 5$ ) mm ve alt iç çapı ( $75 \pm 10$ ) mm olan kesik koni şeklindedir.

### Deney İşlemi:

Madde 2.2'de tariflendiği üzere standart kıvam suyu deneyi yapılarak, çimento için gereken su miktarı bulunur.

Oluşturulan çimento hamurunun kıvamı, hamur; spatula kaldırıldığında dökülmeyecek fakat sünecek şekilde, kıvam suyu miktarı ve akışkanlaştırıcı katkı miktarı ile sağlanacaktır. İstenen kıvam, kıvam suyu sabit tutulup, akışkanlaştırıcı katkı miktarı değiştirilerek bulunacaktır.

3300 g çimento tartılır.(  $+20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  ). Karıştırma kabına çimento da ilave edilir.

Homojen bir karışım elde edilene kadar güçlü bir şekilde 2 dakika karıştırılır.



Resim 9.18 Harcın Karıştırılması



Kronometre çalıştırılır.

Karışıma ilave edilecek priz hızlandırıcı katkı miktarı, çimento miktarının yaklaşık %3 ila %10'u kadardır.

Priz hızlandırıcı katkının optimum doz dahil, min ve max kullanım aralığındaki değişik oranları denenir. Bunun için ilk seçilen katkı oranı tartılarak hazırlanan karışıma ilave edilir ve maksimum 5 saniye güçlü bir şekilde karıştırılır.



Resim 9.19 Priz Hızlandırıcı Katkının Karışıma İlave Edilmesi

Karıştırmadan sonra hızlı bir şekilde karışım test kabına doldurulur ve vicat iğnesi kullanılarak hemen penetrasyon batma ölçümleri yapılır.

Priz başlangıç süresi, iğnenin çimento harcının tabanından itibaren 1-2 mm mesafede durduğu an olarak kaydedilir.

Çimento pastasının içerisine iğnenin penetre olamadığı an ise priz sonu olarak kaydedilir.

İğnenin harç içine giremediği ya da yalnızca iz bıraktığı an priz sonu süresini gösterir.



Resim 9.20 Priz Sürelerinin Tayini

Tablo 9.1 Priz Süreleri Limit Değerleri

Priz Başlangıç Süresi	< 3 dak.	< 5 dak.	> 5 dak.
Priz Bitiş Süresi	< 6 dak.	< 10 dak.	> 10 dak.
Değerlendirme	İyi	Kabul Edilebilir	Kabul Edilemez





## **Bölüm 10. Karot Numuneler – Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini (TS EN 12504-1 – TS EN 13791)**

Yerindeki beton basınç dayanımının tayini için aşağıda belirtilen iki duruma göre değerlendirme yapılır:

1-Mevcut yapıların yerindeki karakteristik basınç dayanımının tayini,

2-İnşa hâlindeki yapılarda kullanılan betondan çeşitli sebeplerle şüphe duyulması durumunda yerindeki karakteristik basınç dayanımının tayini,

Karotlar, TS EN 12504-1'e göre alınmalı, incelenmeli ve hazırlandıktan sonra Madde 4.1'e göre deneye tabi tutulmalı, TS EN 13791'e göre değerlendirilmelidir.

İdare, yerine yerleştirilmiş durumdaki betonun basınç dayanım sınıfının tayin edilmesi için gerekli işlemleri belirlemek ve yapıya en az zarar verilmesi, zaman-maliyet faktörleri ve asgari kaynak kullanımı gibi hususları göz önüne alarak aşağıda belirtilen yöntemlerden birini seçer.

- 1- Sadece karotlara ait basınç dayanımı değerlerinin kullanımı
- 2- Dolaylı deneylere ilaveten karotlara ait basınç dayanımı değerlerinin kullanımı
- 3- Tarama testi

Not: Tarama testleri, hızlı uygulanabilen ve yapıya hasar vermeyen bir yapı değerlendirme yöntemi olup, yapıda kullanılan betonun uygun bir beton grubundan geldiğinin teyit edilmesini sağlayabilir. Ancak bu yöntemle gerekliliklerin karşılanmaması hali, betonun uygun olmadığını bir kanıtı olmayıp, bu durumda karot almak suretiyle doğrudan deneylerin yapılması gereklidir.

### **10.1 Terimler Ve Tarifleri**

#### **Dolaylı Deney**

Geri sıçrama sayısı için TS EN 12504-2'ye, ultrasonik atımlı dalga hızı (UPV) için ise TS EN 12504-4'e göre yapılan tahribatsız deney yöntemi.

#### **Olgunluk**

Belirli bir beton için, aynı olgunluğa sahip harmanların aynı basınç dayanımına sahip olduğu anlamına gelen yaş ve sıcaklık fonksiyonu.

#### **Geri Sıçrama Değeri**

Geri sıçrama çekicinden alınan ölçümlerin vuruş doğrultusuna göre düzeltilmesinden sonra bir deney alanından elde edilen geçerli asgari dokuz geri sıçrama çekici okumasının ortanca (medyan) değeri.



## Deney Sonucu

Ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması veya geri sıçrama sayısı için bir deney alanından elde edilen ölçüm sonuçlarının ortanca değeri

Not: Bir deney sonucu, çapı  $\geq 75$  mm olan tek bir karottan elde edilen ölçüm sonucundan veya tek bir UPV ölçüm sonucundan oluşabilir.

## Ultrasonik Atımlı Dalga Hızı UPV

Ultrasonik dalganın betonu geçerken ölçülen hızı.

### 10.2. Deneylere Başlamadan Önce Yapılacak İşlemler:

Yapıdan karot numunelerinin alınacağı yerlerin belirlenmesi, numunelerin alınması, deneylerinin yapılması ve deneyler sonucunda yapının değerlendirilmesi işi, İdare tarafından oluşturulacak bir komisyon tarafından yapılacak ve tutanak altına alınacaktır.

Yapıda uygulanacak deneylere başlanılmadan önce, aşağıda verilenler belirlenmeli ve kayda geçirilmelidir.

- İncelemenin amacı,
- Standartlar, deney yöntemleri ve uygulanacak değerlendirme teknikleri,
- Deney bölgesi/bölgeleri ve deney alanları,
- Her bir deney alanında yapılacak ölçüm adedi,
- İnceleme için alınacak karotun çapı ve yüzeyden itibaren boyu,
- Karot uçlarının hazırlanmasında kullanılacak teknik,
- Numune alma ve deney işlemlerinin, TS EN ISO/IEC 17025'e göre akreditasyona sahip bir laboratuvar tarafından yapılıp yapılmayacağı,
- Karot alındıktan sonra geride kalan boşluğun doldurularak eski hâline getirilme yöntemi, belirlenmelidir.

### 10.3. Deney Bölgeleri, Alanları ve Sayılarının Belirlenmesi:

#### Deney Bölgelerinin Belirlenmesi

Deney bölgeleri tanımlanmalıdır. Deney bölgeleri, bir grup benzer yapı elemanı, büyük bir yapı elemanı veya basınç dayanımı için tanımlama deneylerine (yerinde yapılan kontrol) bağlı olarak tanımlanmış hacimdeki beton kısım olabilir.

Karışım tasarımı bakımından farklı betonlar, ayrı deney bölgeleri olarak belirlenmelidir.

Basınç dayanımının bilinmediği durumlarda, yapı elemanlarının deney bölgeleri olarak gruplara ayrılmasında mühendislik öngörüsü uygulanmalı ve bu bölgelerin birden fazla



sayıda beton kalitesi (dayanımı) içerip içermediğinin belirlenmesi için deney sonuçları kontrol edilmelidir.

Deney Bölgesi, aynı bileşen malzemeler kullanılarak yapıldığı ve aynı basınç dayanım sınıfında olduğu bilinen veya kabul edilen betondan yapılmış bir veya birkaç benzer yapı elemanı veya öndökümlü beton bileşendir.

Not: Deney bölgesinde kullanılan betonun hacmi 180 m<sup>3</sup>'ü aşmamalıdır.

### **Deney Alanlarının Belirlenmesi**

Her bir deney bölgesinde oluşturulacak deney alanı sayısı; bu bölgede yer alan beton hacmi, deneylerin amacı ve tayin edilecek beton dayanımı için ihtiyaç duyulan güvenilirliğe bağlıdır. Her bir deney bölgesinde yer alacak deney alanı sayısı belirlenmeli ve tanımlanmalıdır.

Deney Alanı, genellikle yerindeki beton basınç dayanımının değerlendirilmesinde kullanılacak tek bir deney sonucunu elde etmek amacıyla yapılan ölçümler için seçilmiş sınırlı alandır.

Deney alanlarının asgari sayısı Tablo.10.5, Tablo.10.6 ve Tablo.10.7'de belirtilmiştir.

### **10.4.Karot Deneyleri ve Yerindeki Beton Basınç Dayanımının Tayini**

İnşa halindeki yapılarda belirtilen işlemler için yapılan karot deneylerinde, uygunluk deneylerinde ulaşılan olgunluktan (örneğin 20 °C sıcaklıkta 28 gün) daha düşük olgunluğa sahip karotlar kullanılmamalıdır.

Karotların birim hacim kütlesi, Madde 4.4'e göre tayin edilmeli ve kayda geçirilmelidir.

Uygulama açısından mümkün olmayan durumlar hariç, uçları traşlanmış karotun boy/çap oranı 2:1 veya 1:1 ve karot çapı  $\geq 75$  mm olarak tercih edilmelidir.

Donatı detaylarına bağlı olarak çapı  $\geq 75$  mm olan karotların alınması mümkün olmadığında, karot çapı 50 mm'den daha küçük olmayacak şekilde belirlenmelidir.

Karot alma doğrultusunda veya bu doğrultuya yakın konumda donatı içeren herhangi bir karot derhal reddedilmeli ve aynı deney alanından başka bir karot alınmalıdır.

Yerindeki beton basınç dayanımının tayini için karot deney sonucu, karot boy faktörü (CLF) kullanılarak boy/çap oranı 2:1 olan karot eşdeğerine dönüştürülmelidir. Tablo.10.10'da boy/çap oranları için dönüşüm katsayıları verilmektedir.

Deney bölgesi başına deney alanı sayısı belirlenmelidir. Karot çaplarına göre deney yerinden alınacak en az karot sayıları Tablo 10.1'de verilmiştir.



Tablo.10.1 Bir deney alanına ait deney sonucunu elde etmek için uygulanacak gerekler

Gerekli şart	Karot anma çapı		
	50 mm	≥ 75 mm	
Anma boy / çap oranı	1/1	2/1	1/1
Hedeflenen boy / çap oranı	0,90 – 1,10	1,95 – 2,05	0,90 – 1,10
Bir deney alanına ait deney sonucunu elde etmek için gerekli asgari karot sayısı	3	1	1
Not: 50 mm'den büyük ve 75 mm'den küçük karot çapı için asgari karot basınç dayanımı değeri sayısı enterpolasyonla bulunmalı ve belirtilmelidir.			

Karot çapının agrega en büyük tane büyüklüğüne bölünmesiyle bulunan değer yaklaşık 3'ten büyük olmalıdır. Bu değer küçük olması durumunda, agrega tane büyüklüğünün ölçülen dayanım üzerinde olumsuz etkisinin olduğu unutulmamalıdır.

#### **Karot Alınmasında Dikkat Edilecek Hususlar:**

1-Deney alanlarının seçilmesinde, ön germe çelikleri ve kanallarından kaçınılmalı ve aşağıda verilenlerden de uzak durulmaya çalışılmalıdır:

- çatlaklı alanlar;
- yüksek gerilmeye maruz veya kritik kısımlar;
- donatı.

2-Önerilen deney alanlarında donatı ve ön germe çeliği bulunmadığından emin olunması için yardımcı olarak pas payı ölçer veya metal detektörü kullanılır.

3-Karot almadan önce, karot alınmasının yapı üzerinde oluşturacağı herhangi bir olumsuz etki dikkate alınmalıdır.

4-Karotlar, beton elemanların kenarları veya birleşim yerlerinden uzaktaki ve donatının çok az olduğu veya hiç olmadığı noktalardan alınmalıdır.

5-Karot makinesi öncelikle yere sabitlenmeli veya numune alırken makine çok fazla titrememeli ve sarsılmamalıdır.

6-Makinenin titremesi veya sarsılması durumunda karot numunenin çapı karot boyunca değişkenlik gösterebilir veya karot bazı gerilme etkilerine maruz kalabilir. Karot numuneler alındıktan sonra dikkatlice taşınmalı ve saklanmalıdır. Araçlarla taşınmaları esnasında uzun süreli don etkisine ve sarsıntılara karşı korunmalıdır.

7-Karotlar, aksi belirtilmemişse beton yüzeyine dik olarak alınmalı ve işlem esnasında karota hasar verilmemelidir.

8-Karot alma esnasında donatıların kesilmesinden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. Karot alma doğrultusuna dik konumdaki donatı kesilmek zorunda kalırsa, karot içerisinde kalan bu donatının çapı ve karot bünyesindeki yeri kaydedilmelidir.



9-Karot alınmasından hemen sonra, her karot belirgin ve silinmez şekilde işaretlenmelidir. Karotun, alındığı yapı elemanındaki yeri ve yönü kaydedilmelidir. Alınan karot, daha sonra kesilerek birden çok sayıda karot numune haline getirilecekse, her bir karot numunenin orijinal karot içerisindeki yeri ve yönü işaretlenmelidir.

10-Karot yüzeyleri, kuru bir bez ve kağıt havlu ile kurulmalı ve ardından dış ortam etkisiyle rutubetinin değişime uğramaması için, geçirimsiz polietilen torba gibi kapalı bir kap içerisine konulmalıdır.

11-Karot bünyesindeki aşırı boşluklar, çatlaklar veya soğuk derz gibi gerekli olabilecek diğer gözlem sonuçları kayda geçirilmeli ve bu durumda olan karotlar deneye alınmamalıdır.

### **Karot Ölçümleri:**

Karotla ilgili ölçümler aşağıda verildiği gibi yapılmalıdır:

a) Karot çapı  $d_m$ ;

Karot uçlarının düzeltilmesine başlanılmadan, karot çapı, karot boyunun yarısı ve dörttebir noktalarından, birbirine dik açı teşkil eden doğrultularda alınan bir çift ölçüm ile çapın % 0,5'i doğrulukla ölçülmelidir. Ortalama karot çapı  $d_m$  alınan altı ölçüm değerinin ortalaması alınarak hesaplanır ve en yakın 1 mm'ye yuvarlatılarak gösterilir.

b) Karot boyu;

Karot uçlarının düzeltilme işlemleri tamamlandıktan sonra, % 0,5 doğrulukla ölçülen boyu, birbirine 120° açı teşkil eden doğrultularda alınan üç boy ölçümünün, en yakın 1 mm'ye yuvarlatılmış ortalaması olarak gösterilir.

c) Donatı;

Karot içerisinde bulunan herhangi bir donatının çapı ve donatının merkezi ile karotun kenarı/kenarları ve/veya karotun eksenini arasındaki mesafe, karotun teslim alındığı hâliyle ve uçlarının düzeltilme işlemleri tamamlandıktan sonra ölçülmelidir. Ölçme işlemleri 1 mm doğrulukla yapılmalıdır.

Karot birim hacim kütlelerinin tayini gerekiyorsa, bu değer, karot uçlarının başlıklanması öncesinde Madde 4.4'te verilen işlemlere göre tayin edilmelidir.

### **Farklı Yapılardan Karot Numune Alma Derinlikleri**

Karot numune alma işlemleri için farklı beton yapılarda numunenin alınacağı en az derinlikler ve kalınlıklar Tablo.10.2'de verilmiştir.



Tablo.10.2 Farklı yapılardan deneyde kullanmak için alınacak beton karot numunenin olması gerekli en düşük boyları

Yapı Tipi	Karot alınacak kısmın kalınlığı, cm	En düşük karot boyu <sup>(2)</sup> , cm
Zemin betonu, döşemeler, duvarlar, kanal kaplamaları, temeller, bir taraftan ulaşılabilir yapısal elemanlar	30 veya daha az 30 veya daha fazla	Tüm derinlik boyunca 30
Tabliye betonları, duvarlar, temeller, iki veya daha fazla yüzeyi atmosfere açık yapısal elemanlar ve beton mamuller	15 veya daha az 15 – 30	Tüm derinlik boyunca Kalınlığın yarısı veya 15 (hangisi daha büyükse)
Kütle betonları <sup>(1)</sup>	60 veya daha fazla	60
Not 1 - Kütle betonu; en küçük kesit boyutu en az 90 cm olan beton yapılardır. Not 2 - Karot alma işleminden sonra beton yüzeyinden itibaren boy/çap oranı 1'den küçük olmaması şartıyla ilk %20'lik kısım kesilerek atılmalıdır.		

### Karotların Deneye Hazırlanması:

Karotlar alındıktan hemen sonra kuru bir bezle silinmeli ve yüzeyinin kuruması için bir süre beklenmelidir.

Yüzeyi kurutulan karotlar, alınmalarından yaklaşık 1 saat sonra plastik poşet veya rutubet almayan kutu içine koyularak rutubetlerini tamamen kaybetmeleri önlenmelidir.

Karotlar çevre sıcaklığında bekletilmeli ve direk güneş ışığından korunmalıdır. Karotlar, çok fazla zaman kaybı olmadan bir an önce deney laboratuvarına gönderilmelidir.

Karot numuneler yapıdan alındığı durumdaki gibi deneye tabi tutulacaksa, sadece deneye hazırlama ve başlıklama işi için toplamda 2 saati geçmemek üzere veya deney esnası hariç, diğer zamanlarda sürekli olarak plastik poşetler içinde veya kutular içinde bekletilmelidir.

Karot numuneler DKY durumunda deneye tabi tutulacaksa laboratuvarında en az 48 saat su içinde bekletilmeli ve deneye tabi tutulmalıdır.

Numuneler, sızdırmaz kap veya su içerisinden çıkartılır ve Tablo.10.1'de verilen boyutlar ve toleranslar sağlanacak şekilde hazırlanmalıdır.

Hazırlanan karot numuneler uç yüzlerinde düzlükten sapma ve uç yüzeylerinin yan yüze göre diklikten sapma toleransları TS EN 12390-1'e uygun olmalıdır.

Karot numuneler detayları aşağıda açıklanan farklı uç hazırlama işlemleri yapılarak hazırlanır.

Uçların aşındırma yoluyla hazırlanması, numune uçlarının en hassas şekilde hazırlanma yöntemi olması sebebiyle önerilen yöntemdir ancak, normal dayanımlı betonlar için, yeterli laboratuvar tecrübesinin olması durumunda başlıklama yöntemi de aynı hassaslığa sahip bir yöntemdir.



Tahmin edilen beton dayanımın, 2:1 karot esas alınarak 50 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'den veya 1:1 karot esas alınarak 60 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'den yüksek olması durumunda, kalsiyum alüminat çimento harcı veya kükürt karışımından yapılan başlık kullanılmamalıdır.

#### **a) Kükürt veya Kum Kutusu Başlık:**

Numuneler, sızdırmaz kap veya su içerisinde çıkarılır, yüzeyleri, kuru bir bez veya kâğıt havlu ile kurulanır ve ardından numuneler laboratuvar ortamında, havada 16 saat ila 24 saat tutulur, bu 16 ila 24 saatlik süre içerisinde numunenin başlıklandırma ve deney işlemleri de yapılır.

#### **b) Aşındırma veya Kalsiyum Alüminat Başlık:**

Numuneler, sızdırmaz kap veya su içerisinde çıkarılır, yüzeyleri, kuru bir bez veya kâğıt havlu ile kurulanır ve ardından uçları aşındırılır veya başlıklandırılır. Numuneler bu şekilde laboratuvar ortamında, havada 16 saat ila 24 saat tutulur, bu 16 ila 24 saatlik süre içerisinde numunenin deney işlemleri de yapılır.

Gerekliyse, uçları aşındırılmış veya kalsiyum alüminatla başlıklandırılmış karotlar, uçlarının hazırlanmasından hemen sonra, basınç dayanım deney uygulanıncaya kadar sızdırmaz kaba veya su içerisinde tekrar konulur.

Basınç dayanımı deneyi uygulanma aşamasında, kalsiyum alüminat başlık, en az, beton numuneye eşdeğer sertlikte olmalıdır.

#### **Basınç dayanımı deneyi**

Deney, uygun akredite kuruluşlar tarafından kalibrasyonu yapılmış en az 1. Sınıf deney makinesi kullanılarak, Madde 4.1'e uygun şekilde yapılmalıdır.

Çatlaklı, boşluklu veya başlığı gevşek durumda olan karotlar deneye alınmamalıdır.

Numune yüzeyinde bulunan herhangi gevşek kum veya diğer malzeme temizlenmelidir.

Deneye başlarken numunenin hâlâ ıslak olması hâlinde yüzeydeki serbest su silinerek alınmalıdır.

#### **10.5.Mevcut Bir Yapının Yapısal Değerlendirilmesi İçin Beton Basınç Dayanımının Hesaplanması**

Mevcut bir yapının yapısal değerlendirilmesi aşağıdaki yöntemlerden biri seçilerek yapılmalıdır.

- 1- Sadece karot deney verilerinin esas alındığı işlem
- 2- Dolaylı deney verileri ve karot deney verilerinin birlikte esas alındığı işlem



## 1- Sadece karot deney verilerinin esas alındığı işlem:

Yerindeki basınç dayanımı değerleri ( $f_{c,is}$ ), bütün değerlerin geçerli olduğundan emin olunması için kontrol edilir. Geçerli deney sonuçlarının tamamı, incelenmekte olan yapıdaki deney bölgesine ait yerindeki ortalama basınç dayanımının ( $f_{c,m(n)is}$ ) ve bu ortalama dayanımın belirlenmesinde kullanılan değerlerin örneklem standart sapması s'nin hesaplanmasında kullanılır.

Yerindeki karakteristik basınç dayanımının hesaplanmasında, asgari olarak aşağıda verilenler esas alınır:

Tablo.10.1'e göre,

- Çapı  $\geq 75$  mm olan karotların esas alındığı, geçerli 8 adet yerindeki beton basınç dayanımı deney sonucu ve
- En büyük agrega tane büyüklüğü  $\leq 16$  mm olan betondan alınan, her birisinin çapı 50 mm olan tek karotların esas alındığı, 12 adet yerindeki beton basınç dayanımı deney sonucu.

Bağıntı (1)'in uygulanmasında, standart sapma olarak, hesaplanan standart sapma s veya % 8 değişkenlik katsayısını sağlayan standart sapma değerinden büyük olanı kullanılır.

Yerindeki karakteristik basınç dayanımı ( $f_{ck,is}$ ) olarak, aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanan değerlerden küçük olanı alınır.

$$(1) \quad f_{ck,is} = f_{c,m(n)is} - k_n S$$

Burada;  $k_n$ , Tablo.10.3'den alınır.

$$(2) \quad f_{ck,is} = f_{c,is, \text{lowest}} + M$$

Burada; M değerinde,  $f_{c,is, \text{lowest}}$  değeri (en düşük değer) esas alınmakta olup, bu değer Tablo.10.4'den alınır.

Tablo.10.3 - Bağıntı (1)'de kullanılmak üzere  $k_n$  değerleri

n	8	10	12	16	20	30	$\infty$
$k_n$	2,00	1,92	1,87	1,81	1,76	1,73	1,64

Tablo.10.4 – Bağıntı (2)'de kullanılmak üzere M ihtiyat payının değeri

$f_{c,is, \text{lowest}}$ değeri MPa	İhtiyat payı MPa
$\geq 20$	4
$\geq 16 < 20$	3
$\geq 12 < 16$	2
$< 12$	1





## 2- Dolaylı deney verileri ve karot deney verilerinin birlikte esas alındığı işlem:

### İncelenmekte olan yapıdan alınan karot verileri ile aralarında geçiş katsayısı belirlenmiş dolaylı deneylerin kullanımı:

İdeal olarak, dolaylı deneylerle inceleme işlemi, karot deneylerinden önce yapılmalıdır.

Bu inceleme sonucunda elde edilen veriler, karot alma yerlerinin belirlenmesi için kullanılmalıdır.

Karotlar, dolaylı deney verilerinin elde edildiği yerlerden alınmalıdır. Bu şekilde en az 10 çift deney verisi elde edilmiş olmalı ve yapı güvenliği bakımından tehlike oluşturmuyorsa, sapma gösteren verilerin elde edildiği yerler de dâhil olmak üzere, dolaylı deney verisi elde edilen konumların tamamından karot alınmalıdır.

Karot deney sonuçları, yerindeki basınç dayanımı değerlerine ( $f_{c,is}$ ) dönüştürülmeli ve dolaylı deney sonuçları x-ekseninde, yerindeki basınç dayanımı değerleri de y-ekseninde gösterilmek üzere her iki deney verilerine ait grafik çizilmelidir. Grafiği oluşturan noktalara göre, en uygun doğrusal regresyon hattı belirlenmeli ve sonucun incelenmekte olan beton için makul (tip, yaş, beton) olup olmadığına karar verilmelidir.

Not- İyi bir korelasyonun kurulması için genellikle 8 çift deney sonucu yeterli olmaktadır. Ancak, istatistiksel olarak aykırı değerler olabileceği ve bu aykırı veri çiftlerinin çıkartılmasından sonra geriye en az 8 çift verinin kalmasını temin etmek bakımından 10 çift veri temini önerilmektedir.

Mümkün olabildiği her durumda, dolaylı deney sonuçları ile yerindeki beton basınç dayanımı arasında, incelenen yapıya özel olmak üzere, bir korelasyon kurulmuş olmalıdır.

Kurulan doğrusal regresyon bağıntısı kullanılarak, geçerli bütün dolaylı deney sonuçları, karot alınarak gerçek karot dayanımının belirlendiği noktadan ölçülmüş olsa bile, regresyon bağıntısından elde edilen eşdeğer karşılıklar ( $f_{c,is,reg}$ ) hâline dönüştürülür. Regresyon bağıntısına ait değerlerin belirlenmesinde, regresyon bağıntısının elde edildiği hat, her iki tarafa doğru 4 MPa'dan daha fazla uzatılmamalıdır (ekstrapole edilmemelidir).

Bu regresyon bağıntılarından elde edilen değerler, yerindeki karakteristik basınç dayanımlarının hesaplanması ve belirli alanlara ait yerindeki basınç dayanımlarının hesaplanmasında TS EN 13791 deki hesaplamalar kullanılmalıdır.

### 10.6.Şüphe Duyulması Durumunda Beton Basınç Dayanım Sınıfının Değerlendirilmesi

İnşa hâlindeki yapılarda kullanılan betondan

- Kalite kontrolü için alınan numune takımının yetersiz basınç dayanımı,
- Yapının inşası esnasında yaşanan sorunlar (döküm, yerleştirme, sıkıştırma, bakım, hava şartları vb.)

nedeniyle basınç dayanım sınıfından çeşitli sebeplerle şüphe duyulabilir.



Bu sebeplerle kontrol mühendisinin gerekli gördüğü durumlarda İdare, beton karot numuneleri alır veya alınmasını ister. Numunelerin alınacağı yapı kısmı ve yeri İdare tarafından bir tutanakla belirlenir.

İnşaa halindeki bir yapının yapısal değerlendirilmesi; sadece karot deney verilerinin kullanımı veya dolaylı deneylere ilaveten seçilmiş karotlara ait deney verilerinin kullanımı yöntemlerinden biri seçilerek yapılmalıdır.

### 1- Sadece Karot deney verilerinin kullanımı:

İncelenen beton deney bölgelerine ayrılmalıdır. Deney bölgesinde kullanılan betonun hacmi 180 m<sup>3</sup>'ü aşmamalıdır.

Her bir deney bölgesi yaklaşık 30 m<sup>3</sup>'lük beton içeren bölümlere ayrılmalıdır.

30 m<sup>3</sup>'ten daha az beton içeren bir kısım, betonun bir günde dökülmüş olması ve beton yüklerinden herhangi birinin diğerlerinden farklı olduğuna dair bilgi bulunmaması şartıyla tek bir bölüm olarak değerlendirilebilir.

Her bir bölüm için asgari deney alanı sayısı ve her bir deney alanına ait deney sonucunu elde etmek için asgari karot sayısı Tablo.10.5'de belirtilmiştir.

Tablo 10.5'de verilen her iki kriterin sağlanması hâlinde, incelenen deney bölgesinde kullanılan betonun basınç dayanımının uygun olduğu kabul edilir.

Tablo.10.5 Karot verileri esas alınarak yapılan değerlendirme kriterleri

Deney bölgesinde yaklaşık 30 m <sup>3</sup> 'lük beton içeren bölümlerin sayısı	Her bir bölüm için asgari deney alanı sayısı	Her deney alanından alınacak en az karot sayısı (D≥75mm için)	Her deney alanından alınacak en az karot sayısı (D=50mm için)	Bir deney bölgesinden alınacak toplam karot sayısı (D≥75mm için)	Bir deney bölgesinden alınacak toplam karot sayısı (D=50mm için)	1.Kriter	2.Kriter
						Bir deney bölgesine ait karot deney sonuçlarının ortalaması <sup>(b)</sup>	en düşük deney sonucu için izin verilen sınır
1	3	1	3	3	9	Uygulanmaz	≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> - M <sup>(a)</sup> )
2 ila 4	2			4 – 8	12-24	≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> +1)	
5 ila 6	2			10-12	30-36	≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> +2)	

<sup>a)</sup> Basınç dayanım sınıfı C20/25 veya üstü için M = 4 N / mm<sup>2</sup> alınırken C16/20, C12/15 ve C8 /10 için M değeri sırasıyla 3, 2 ve 1 olarak alınır. Sonuçların dağılımı, ortalama değer %15'inden fazla olduğu durumlarda, bir inceleme ile karot sonuçlarından birini reddetmek için haklı bir neden sağlıyorsa, test sonucu kalan geçerli değerlerin ortalaması olarak alınabilir.



## 2-Dolaylı deneylere ilaveten seçilmiş karotlara ait deney verilerinin kullanımı:

İncelenen beton, yaklaşık 180 m<sup>3</sup>'ü aşmayan deney bölgelerine ayrılmalıdır.

Asgari olarak Tablo.10.6'da verilen sayıdaki deney alanı, seçilen dolaylı deney yöntemi uygulanarak deneye tabi tutulmalıdır.

Uygulanabilir olduğunun görülmesi hâlinde, her bir beton teslimatı için deney bölgesindeki deney alanlarından en az bir dolaylı deney ölçümü alınmalıdır.

Karbonatlaşma derinliğinin 5 mm'yi aşmadığı durumlarda geri sıçrama çekici kullanımı uygulanabilir.

Her bir deney alanında, TS EN 12504-2'ye göre geri sıçrama deneyi veya TS EN 12504-4'e göre UPV ölçümü yapılmalıdır. Cihazlar, deney işlemi ve deney sonuçlarının gösterimi TS EN 12504-2 veya TS EN 12504-4'ten ilgili olanına uygun olmalıdır.

300mm x 300mm bir yüzey alanından en az 9 geri sıçrama sayısı elde edilir. Bu değerlerin medyanı o alana ait geri sıçrama değeridir, gerekli olması durumunda, imalâtçının talimatları doğrultusunda çekicinin vuruş yönü dikkate alınır ve ayarlanır.

Geri sıçrama değeri tam sayı olarak ifade edilir. Tek bir geri sıçrama değeri elde etmek için yapılan en az dokuz ölçüm sonucunun % 20'sinden daha fazlasının ortanca (medyan) değerinden % 30 veya daha fazla sapması durumunda tüm ölçüm seti geçersiz sayılır.

Tablo.10.6 Deney bölgesi için dolaylı deney ölçümleri yapılacak asgari deney alanı sayısı

Deney bölgesinde yaklaşık 30 m <sup>3</sup> 'lük beton içeren bölümlerin sayısı <sup>a</sup>	Dolaylı deney ölçümleri yapılacak asgari deney (deney sonucu) alanı sayısı <sup>(b)</sup>
1	9
2 ila 4	12
5 ila 6	20

<sup>a)</sup> Beton hacmi geniş bir alanı kapsıyorsa, deney bölgesindeki dayanım değişkenliklerini temsil etmesi için dolaylı deney sayısı artırılmalıdır.

<sup>b)</sup> Geri sıçrama sayısı: Geri sıçrama çekiciden alınan ölçümlerin vuruş doğrultusuna göre düzeltilmesinden sonra bir deney alanından elde edilen geçerli asgari dokuz geri sıçrama çekici okumasının ortanca (medyan) değeridir.

Tablo.10.7'de verilen her iki kriterin sağlanması hâlinde, incelenen deney bölgesinde kullanılan betonun basınç dayanımının uygun olduğu kabul edilir.



Tablo.10.7 Seçilmiş karotların alınacağı deney alanları ve değerlendirme kriterleri

Deney bölgesinde yaklaşık 30 m <sup>3</sup> 'lük beton içeren bölümlerin sayısı	Karot alınacak asgari deney alanı sayısı	Bir deney bölgesi için geri sıçrama sayısı ortanca değerine veya UPV ortalama değerine tekabül eden yerlere en yakın deney alanlarından elde edilen karot deney sonuçlarının ortalaması	En düşük deney sonucu <sup>(a)</sup>
1	Bir deney bölgesi için en düşük iki dolaylı deney değerinin elde edildiği deney alanlarının her birinden bir karot	-	≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> , - M)
2 ila 4	Bir deney bölgesi için en düşük dolaylı deney değerinin elde edildiği alandan 1 karot ve bir deney bölgesi için geri sıçrama sayısı ortanca değerine veya UPV ortalama değerine tekabül eden yerlere en yakın 2 deney alanının her birinden bir karot	≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> , + 1)	
5 ila 6		≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> , + 2)	

(a) C20/25 veya daha yüksek beton basınç dayanım sınıfı için M = 4 MPa'dır. C16/20, C12/15 ve C8/10 sınıfları için ihtiyat payı M, sırasıyla 3, 2 ve 1'e düşürülebilir.

Tablo.10.8 Dolaylı Deney ile Alınacak Karot Sayıları ve Değerlendirme Kriterleri

Deney bölgesinde yaklaşık 30 m <sup>3</sup> 'lük beton içeren bölümlerin sayısı	Dolaylı deney ölçümleri yapılacak asgari deney alanı sayısı	Alınacak en az karot sayısı (D=50mm için)	Alınacak en az karot sayısı (D≥75mm için)	Dolaylı Deney ortalama değerine tekabül eden yerlere en yakın deney alanlarından elde edilen karot deney sonuçlarının ortalaması	En düşük deney sonucu <sup>(a)</sup>
1	9	6	2	Uygulanmaz	≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> , - M)
2 ila 4	12	9	3	≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> , + 1)	
5 ila 6	20			≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> , + 2)	

(a) C20/25 veya daha yüksek beton basınç dayanım sınıfı için M = 4 MPa'dır. C16/20, C12/15 ve C8/10 sınıfları için ihtiyat payı M, sırasıyla 3, 2 ve 1'e düşürülebilir.



Tablo.10.9 Karot Sonuçlarının Değerlendirilmesi

BETON SINIFI	150x300 mm Silindir Numune Karşılıkları				
	Silindir Basınç Dayanımı N / mm <sup>2</sup> f <sub>c, sil</sub>	1.Kriter (Bir deney bölgesine ait karot deney sonuçlarının ortalaması)			2.Kriter (en düşük deney sonucu için izin verilen sınır)  ≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> - M)
		30 m <sup>3</sup> lük deney alanlarının sayısı			
		1	2 ila 4 ≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> +1)	5 ila 6 ≥ 0,85 (f <sub>ck</sub> +2)	
C 8/10	8	Uygulanmaz	7,7	8,5	6,0
C12/15	12		11,1	11,9	8,5
C16/20	16		14,5	15,3	11,1
C20/25	20		17,9	18,7	13,6
C25/30	25		22,1	23,0	17,9
C30/37	30		26,4	27,2	22,1
C35/45	35		30,6	31,5	26,4
C40/50	40		34,9	35,7	30,6
C45/55	45		39,1	40,0	34,9
C50/60	50		43,4	44,2	39,1
C55/67	55		47,6	48,5	43,4

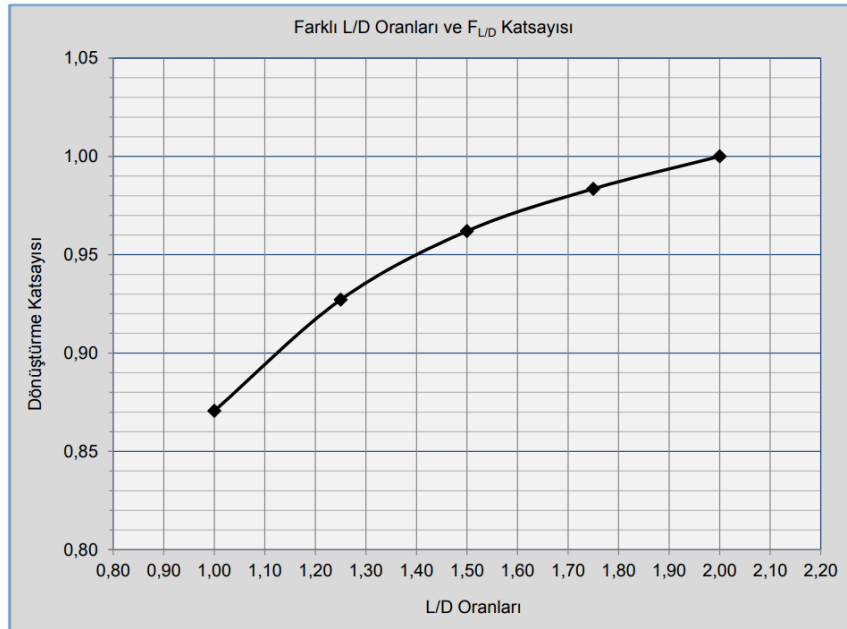
### 10.7 Betonun yerindeki dayanımın hesabı için kullanılan düzeltme faktörleri

#### Boy/Çap Oranı Düzeltme Katsayısı

Boy/çap oranı 1,0 ile 2,0 arasında olan numune dayanımını boy/çap oranı 2 olana dönüştürme katsayıları Tablo.10.10'da verilmiştir. Bu değerlerin Tablo.10.10 üzerinde değerlendirilmeleri sonucunda ise aşağıdaki Bağıntı elde edilmiştir.

Tablo.10.10 – Boy/çap oranı düzeltme katsayısı,  $F_{L/D}$

Boy/Çap	$F_{L/D}$	Boy/Çap	$F_{L/D}$	Boy/Çap	$F_{L/D}$	Boy/Çap	$F_{L/D}$	Boy/Çap	$F_{L/D}$	Boy/Çap	$F_{L/D}$	Boy/Çap	$F_{L/D}$
		1,05	0,88	1,21	0,92	1,37	0,95	1,53	0,97	1,69	0,98	1,85	0,99
0,90	0,84	1,06	0,89	1,22	0,92	1,38	0,95	1,54	0,97	1,70	0,98	1,86	0,99
0,91	0,84	1,07	0,89	1,23	0,92	1,39	0,95	1,55	0,97	1,71	0,98	1,87	0,99
0,92	0,85	1,08	0,89	1,24	0,93	1,40	0,95	1,56	0,97	1,72	0,98	1,88	0,99
0,93	0,85	1,09	0,89	<b>1,25</b>	<b>0,93</b>	1,41	0,95	1,57	0,97	1,73	0,98	1,89	0,99
0,94	0,85	1,10	0,90	1,26	0,93	1,42	0,95	1,58	0,97	1,74	0,98	1,90	0,99
0,95	0,86	1,11	0,90	1,27	0,93	1,43	0,95	1,59	0,97	<b>1,75</b>	<b>0,98</b>	1,91	0,99
0,96	0,86	1,12	0,90	1,28	0,93	1,44	0,96	1,60	0,97	1,76	0,98	1,92	0,99
0,97	0,86	1,13	0,90	1,29	0,93	1,45	0,96	1,61	0,97	1,77	0,98	1,93	0,99
0,98	0,86	1,14	0,91	1,30	0,94	1,46	0,96	1,62	0,97	1,78	0,99	1,94	0,99
0,99	0,87	1,15	0,91	1,31	0,94	1,47	0,96	1,63	0,97	1,79	0,99	1,95	0,99
<b>1,00</b>	<b>0,87</b>	1,16	0,91	1,32	0,94	1,48	0,96	1,64	0,98	1,80	0,99	1,96	1,00
1,01	0,87	1,17	0,91	1,33	0,94	1,49	0,96	1,65	0,98	1,81	0,99	1,97	1,00
1,02	0,88	1,18	0,91	1,34	0,94	<b>1,50</b>	<b>0,96</b>	1,66	0,98	1,82	0,99	1,98	1,00
1,03	0,88	1,19	0,92	1,35	0,94	1,51	0,96	1,67	0,98	1,83	0,99	1,99	1,00
1,04	0,88	1,20	0,92	1,36	0,94	1,52	0,96	1,68	0,98	1,84	0,99	<b>2,00</b>	<b>1,00</b>



Resim 10.1 - Tablo.10.10'da verilen düzeltme katsayısı verileri grafiği

Boy/çap oranı düzeltmesinde daha farklı L/D oranları için kullanılması gerekli matematiksel bağıntı aşağıdaki gibi elde edilmiştir;

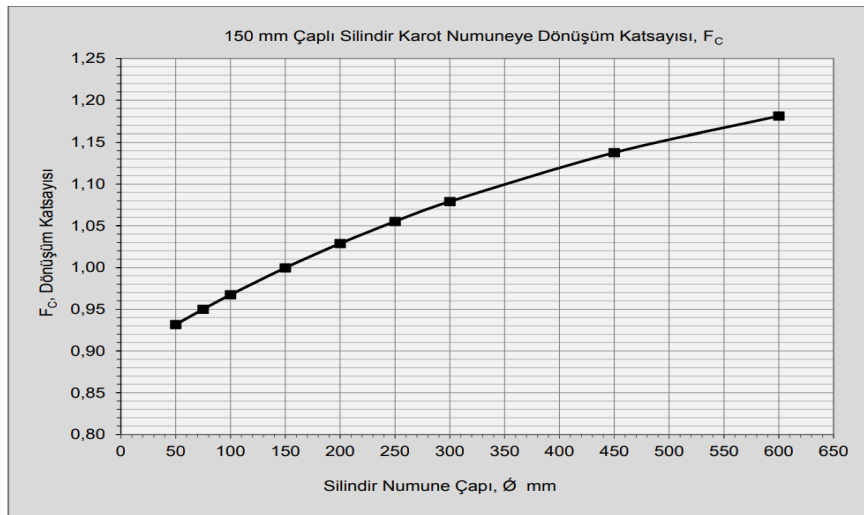
$$F_{L/D} = 1,0182 \times [1,0 - e^{-1,93114 \times (L/D)}]$$

## Numune çapı düzeltme katsayısı

Farklı çaplardaki karot numunelerin aynı boy/çap oranında ancak 150 mm çapında silindirik numune dayanımına dönüştürülmesi için düzeltme katsayıları Tablo.10.11’de verilmiştir.

Tablo.10.11 – Numune çapı düzeltme katsayıları,  $F_c$

Çap (mm)	$F_c$	Çap (mm)	$F_c$	Çap (mm)	$F_c$	Çap (mm)	$F_c$
50	<b>0,93</b>	76	0,95	102	0,97	128	0,99
51	0,93	77	0,95	103	0,97	129	0,99
52	0,93	78	0,95	104	0,97	130	0,99
53	0,93	79	0,95	105	0,97	131	0,99
54	0,93	80	0,95	106	0,97	132	0,99
55	0,94	81	0,95	107	0,97	133	0,99
56	0,94	82	0,95	108	0,97	134	0,99
57	0,94	83	0,96	109	0,97	135	0,99
58	0,94	84	0,96	110	0,97	136	0,99
59	0,94	85	0,96	111	0,97	137	0,99
60	0,94	86	0,96	112	0,98	138	0,99
61	0,94	87	0,96	113	0,98	139	0,99
62	0,94	88	0,96	114	0,98	140	0,99
63	0,94	89	0,96	115	0,98	141	0,99
64	0,94	90	0,96	116	0,98	142	0,99
65	0,94	91	0,96	117	0,98	143	1,00
66	0,94	92	0,96	118	0,98	144	1,00
67	0,94	93	0,96	119	0,98	145	1,00
68	0,94	94	0,96	120	0,98	146	1,00
69	0,95	95	0,96	121	0,98	147	1,00
70	0,95	96	0,96	122	0,98	148	1,00
71	0,95	97	0,97	123	0,98	149	1,00
72	0,95	98	0,97	124	0,98	<b>150</b>	<b>1,00</b>
73	0,95	99	0,97	125	0,98		
74	0,95	<b>100</b>	<b>0,97</b>	126	0,98		
<b>75</b>	<b>0,95</b>	101	0,97	127	0,99		



Resim 10.2 - Tablo.10.11’de verilen düzeltme katsayısı verileri grafiği

Karot numune çapı 150 mm’den küçük veya büyük olduğunda 150 mm çaplı standart numune çapına dönüştürülmesi için matematiksel bağıntı aşağıda verilmiştir;

$$F_c = 0,41127 \times [3,1692 - e^{-0,00202 \times \phi}]$$



### **Karot numune içinde donatı demiri bulunması**

Karot numune içindeki donatı karot dayanımını etkilemektedir. Karot numuneler içinde mümkünse donatı olmamalıdır. Statik yönden yapıya zarar vermemek için donatı elemanlarının kesilmemesine dikkat edilmelidir. Bunun için yapı elemanlarına ait yapı elemanlarına ait demir projesinin bilinmesi ya da donatı yeri tespit cihazları ile yerlerinin belirlenmesi ve donatı aralığına uygun karot bıçağının seçilmesi önemlidir.

Zaruri durumlarda karot içinde donatı olması halinde ise donatı hacmi karot hacminin %5'ini geçmemelidir.

Karot içindeki donatıyı kaldırmak için gerektiğinde karot boyu boy/çap oranı en az 1,0 olacak şekilde kesilerek düzeltilmeli ve bu durum mümkün olmadığında donatı karot hacminin %5'ini geçtiğinde numune iptal edilerek deneye alınmamalıdır.

Karotun eksenine göre dikey konumda bulunan bir demir donatı ile birlikte deneye tabi tutulan karotlarda potansiyel dayanım için aşağıdaki düzeltme katsayısı (çarpan) uygulanmalıdır;

$$F_D = 1,0 + 1,5 \times \left( \frac{\varphi_r}{\varphi_c} \times \frac{h}{L} \right)$$

Burada,

$\varphi_r$  = Demir donatının çapı, mm

$\varphi_c$  = Karotun çapı, mm

h = Karotun en yakın ucundan çubuğun eksenine olan uzaklık, mm

L = Karotun uzunluğu, mm





## 10.8. Örnek Hesaplamalar

### Örnek.1

#### (Karot verileri esas alınarak yapılan değerlendirme)

Beton dayanım sınıfı C30/37 MPa olan yapıdan şüphe duyulması nedeniyle  $D \geq 75\text{mm}$  çapında karotlar alınacaktır. İnceleme alanı yaklaşık  $180\text{ m}^3$ 'tür.

1-Deney bölgesi  $30\text{m}^3$ 'lük deney bölümlerine ayrılır.

30 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>
30 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>

2-Tablo.10.5'den  $30\text{m}^3$ 'lük beton içeren beton içeren bölümlerin sayısına göre deney alanı sayısı belirlenir. Bu değer 2 olarak tespit edilir.

Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>
Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>

3-Tablo.10.5'de her deney alanından alınacak en az karot sayısı  $D \geq 75\text{mm}$  olduğundan her bir deney alanından alınacak en az karot sayısı 1 olarak belirlenir.

Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>
En az 1 karot	En az 1 karot	En az 1 karot	En az 1 karot	En az 1 karot	En az 1 karot
Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>	Deney Alanı 15m <sup>3</sup>
En az 1 karot	En az 1 karot	En az 1 karot	En az 1 karot	En az 1 karot	En az 1 karot



## 4-Basınç dayanımı sonucunda elde edilen sonuçlar:

Num. No	Çap (mm)	Boy/Çap (mm/mm)	Alan (mm <sup>2</sup> )	Kırılma Yüğü (N)	f <sub>is</sub> (Karota ait düzeltilmemiş dayanım) (N/mm <sup>2</sup> )	F <sub>L/D</sub> (Boy/çap oranı düzeltme katsayısı)	F <sub>c</sub> (çap düzeltme katsayısı)	Betonun yerindeki potansiyel dayanımı, (150x300 mm silindir numune)	
								f <sub>is,silindir,düzeltilmiş</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Deney Bölgesi Ortalaması (N/mm <sup>2</sup> )
1	75,2	1,00	4439	168190	37,9	0,87	0,95	31,3	28,0
2	75,3	0,99	4451	178640	40,1	0,87	0,95	33,1	
3	75,4	0,98	4463	174100	39,0	0,86	0,95	31,9	
4	76,5	1,00	4594	173940	37,9	0,87	0,95	31,3	
5	76,3	1,00	4570	165620	36,2	0,87	0,95	29,9	
6	75,0	1,00	4416	143380	32,5	0,87	0,95	26,9	
7	76,2	1,02	4558	129110	28,3	0,88	0,95	23,7	
8	76,2	1,00	4558	123300	27,1	0,87	0,95	22,4	
9	76,3	0,99	4570	126490	27,7	0,87	0,95	22,9	
10	78,6	1,00	4850	137810	28,4	0,87	0,95	23,5	
11	77,5	1,00	4715	149060	31,6	0,87	0,95	26,1	
12	76,5	1,00	4594	182687	39,8	0,87	0,95	32,9	

Boy/Çap ve çap düzeltme katsayıları Tablo.10.10 ve Tablo.10.11'den alınacaktır.

C30/37 Beton dayanım sınıfı için Tablo 10.9'dan alınan şartname kriterlerine göre

1. Kriter değeri (Min. Ortalama değeri)  $\geq 27,2$  MPa
2. Kriter değeri (Min. tek değeri)  $\geq 22,1$  MPa olmalıdır.

**Not** - Min. Tek değeri: Her bir deney alanından alınan karotların ortalaması (eğer deney alanından birden fazla karot alınmışsa) veya her bir deney alanından alınan tek bir karot sonucudur (eğer tek bir karot alınmışsa).

Deney Bölgesi Ortalaması  $28,0$  MPa  $\geq 27,2$  MPa  $\checkmark$

Minimum tek değeri  $22,4$  MPa  $\geq 22,1$  MPa  $\checkmark$

Değerlendirme yapılan beton C30/37MPa Beton Sınıfına uygundur.

## Örnek.2

### (Dolaylı deneylere ilaveten seçilmiş karotlara ait deney verileri esas alınarak yapılan değerlendirme)

Beton dayanım sınıfı C30/37 MPa olan yapıdan şüphe duyulması nedeniyle  $D \geq 75\text{mm}$  çapında karotlar alınacaktır. İnceleme alanı yaklaşık  $180\text{ m}^3$ 'tür.

Örnekte dolaylı yöntem olarak geri sıçrama çekici kullanılmıştır.

1-Deney bölgesi  $30\text{m}^3$ 'lük deney bölümlerine ayrılır.

$30\text{ m}^3$	$30\text{ m}^3$	$30\text{ m}^3$
$30\text{ m}^3$	$30\text{ m}^3$	$30\text{ m}^3$

Tablo.10.6'dan  $30\text{m}^3$ 'lük beton içeren bölümlerin sayısı 6 olduğundan, dolaylı deney ölçümleri yapılacak asgari deney alanı sayısı 20 'dir.

Örnekteki bölge için bu değer 24 olarak belirlenmiştir.

Belirlenen her bir alan için geri sıçrama çekici ile en az 9 adet ölçüm alınır.

Geri sıçrama çekicinden alınan ölçümlerin bir deney alanından elde edilen geçerli asgari dokuz geri sıçrama çekici okumasının ortanca (medyan) değeri alınır.

35	34	36	38	40	35
39	35	42	36	31	34
41	38	40	39	36	34
40	42	39	41	39	36

Tablo.10.7'den bir deney bölgesi için en düşük dolaylı deney değerinin elde edildiği alandan bir karot ve bir deney bölgesi için geri sıçrama sayısı ortanca değerine tekabül eden yerlere en yakın 2 deney alanının her birinden bir karot alınır.



Örnekte en küçük dolaylı deney değeri 31 bulunduğundan 1 adet karot,

Ortanca değerine tekabül eden 38 değerlerinin bulunduğu alanlardan 2 adet karot alınıp değerlendirilir.

Num. No	Çap (mm)	Boy/Çap (mm/mm)	Alan (mm <sup>2</sup> )	Kırılma Yüğü (N)	f <sub>is</sub> (Karota ait düzeltilmemiş dayanım) (N/mm <sup>2</sup> )	F <sub>L/D</sub> (Boy/çap oranı düzeltme katsayısı)	F <sub>C</sub> (çap düzeltme katsayısı)	Betonun yerindeki potansiyel dayanımı, (150x300 mm silindir numune)		
								f <sub>is,silindir,düzeltilmiş</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Deney Bölgesi Ortalamaları (N/mm <sup>2</sup> )	
En düşük geri sıçrama alanından alınan karot	1	75,2	1,00	4439	140716	31,70	0,87	0,95	26,2	26,2
Ortanca değer bulunan alanlardan alınan karotlar	1	75,3	0,99	4451	169672	38,12	0,87	0,95	31,5	30,5
	2	75,4	0,98	4463	161293	36,14	0,86	0,95	29,5	

Boy/Çap ve çap düzeltme katsayıları Tablo.10.10 ve Tablo.10.11'den alınacaktır.

C30/37 Beton dayanım sınıfı için Tablo 10.9'dan alınan şartname kriterlerine göre:

1. Kriter değeri (Min. Ortalama değeri)  $\geq 27,2$  MPa
2. Kriter değeri (Min. tek değeri)  $\geq 22,1$  MPa olmalıdır.

**Not** - Min. Tek değeri: Her bir deney alanından alınan karotların ortalaması (eğer deney alanından birden fazla karot alınmışsa) veya her bir deney alanından alınan tek bir karot sonucudur (eğer tek bir karot alınmışsa).

Deney Bölgesi Ortalaması  $(31,5+29,5)/2= 30,5$  MPa  $\geq 27,2$  MPa  $\checkmark$

Minimum tek değeri  $26,2$  MPa  $\geq 22,1$  MPa  $\checkmark$

Değerlendirme yapılan beton C30/37MPa Beton Sınıfına uygundur.



### Örnek.3

#### (Dolaylı deneylere ilaveten seçilmiş karotlara ait deney verileri esas alınarak yapılan değerlendirme)

Beton dayanım sınıfı C30/37 MPa olan yapıdan şüphe duyulması nedeniyle D=50mm çapında karotlar alınacaktır. İnceleme alanı yaklaşık 240 m<sup>3</sup>tür.

Örnekte dolaylı yöntem olarak geri sıçrama çekici kullanılmıştır.

- 1- Deney bölgesi 180 m<sup>3</sup> ü aşamayacağından 120m<sup>3</sup>lük iki adet veya 180m<sup>3</sup>+60m<sup>3</sup> olarak deney bölgesine ayrılmalıdır. Bu örnekte 120m<sup>3</sup>lük iki deney bölgesine ayrılmıştır.
- 2- Her bir deney bölgesi yaklaşık 30 m<sup>3</sup>lük bölümlere ayrılır.
- 3- Her iki 120m<sup>3</sup>lük deney bölgesinden 30m<sup>3</sup>lük 2x4 adet deney bölümü elde edilir.
- 4- Tablo 10.6'dan, deney bölümleri sayısı 4 adet olduğundan dolaylı deney ölçümleri yapılacak asgari deney alanı sayısı 12 olarak alınır.
- 5- 2 adet deney bölgesinden 12'şer adet deney alanında geri sıçrama çekicinden asgari dokuz geri sıçrama çekici okuması yapılarak her bir deney alanının aşağıdaki ortanca (medyan) değerleri bulunur.

1. Deney Bölgesi geri sıçrama okuması yapılarak aşağıda sıralanan ortanca değerleri:

28, 29, 29, 32, 33, 35, 36, 39, 41, 42, 43, 43

2. Deney Bölgesi geri sıçrama okuma ortanca değerleri:

30, 31, 31, 32, 33, 34, 34, 38, 38, 41, 41, 42

Karot çapı 50mm olduğundan Tablo 10.8'den asgari karot sayıları her bir bölge için 9 adet olarak belirlenir.

1. Deney bölgesi için:

En küçük dolaylı deney değeri 28 bulunduğu alandan 3 adet karot,

Ortanca değerine tekabül eden 35-36 değerlerinin bulunduğu alanlardan 6 adet karot alınıp değerlendirilir.

2. Deney bölgesi için:

En küçük dolaylı deney değeri 30 bulunduğu alandan 3 adet karot,

Ortanca değerine tekabül eden 34 değerlerinin bulunduğu alanlardan 6 adet karot alınıp değerlendirilir.



Num. No	Çap (mm)	Boy/Çap (mm/mm)	Alan (mm <sup>2</sup> )	Kırılma Yüğü (N)	$f_{is}$ (Karota ait düzeltilmemiş dayanım) (N/mm <sup>2</sup> )	$F_{LD}$ (Boy/çap oranı düzeltme katsayısı)	$F_C$ (çap oranı düzeltme katsayısı)	Betonun yerindeki potansiyel dayanımı, (150x300 mm silindir numune)		
								$f_{is,silindir,düzeltilmiş}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalamalar $f_{is,silindir,düzeltilmiş}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
1. Deney Bölgesi										
En düşük geri sıçrama alanından alınan karotlar	1	50,2	1,05	1978	59754	30,21	0,88	0,93	24,72	<b>23,6</b>
	2	50,3	1,04	1986	56125	28,26	0,88	0,93	23,13	
	3	50,8	1,00	2026	57120	28,20	0,87	0,93	22,81	
Ortanca değer bulunan alanlardan alınan karotlar	1	50,0	1,02	1963	65940	33,60	0,88	0,93	27,50	<b>26,6</b>
	2	50,5	1,01	2002	67620	33,78	0,87	0,93	27,33	
	3	50,4	0,97	1994	62380	31,28	0,86	0,93	25,02	
Ortanca değer bulunan alanlardan alınan karotlar	1	50,3	1,00	1986	66940	33,70	0,87	0,93	27,27	<b>26,9</b>
	2	50,2	1,02	1978	62620	31,65	0,88	0,93	25,91	
	3	50,4	0,98	1994	68380	34,29	0,86	0,93	27,43	
2. Deney Bölgesi										
En düşük geri sıçrama alanından alınan karotlar	1	50,6	1,02	2010	57707	28,71	0,88	0,93	23,50	<b>22,8</b>
	2	50,4	0,94	1994	57028	28,60	0,85	0,93	22,61	
	3	50,8	1,03	2026	55087	27,19	0,88	0,93	22,25	
Ortanca değer bulunan alanlardan alınan karotlar	1	50,2	0,93	1978	68103	34,43	0,85	0,93	27,22	<b>27,2</b>
	2	50,5	0,95	2002	70370	35,15	0,86	0,93	28,11	
	3	50,4	1,01	1994	65064	32,63	0,87	0,93	26,40	
Ortanca değer bulunan alanlardan alınan karotlar	1	50,7	1,01	2018	65646	32,53	0,87	0,93	26,32	<b>26,2</b>
	2	50,2	1,02	1978	66461	33,60	0,88	0,93	27,50	
	3	50,4	1,01	1994	61415	30,80	0,87	0,93	24,92	



C30/37 Beton dayanım sınıfı için Tablo 10.9'dan alınan şartname kriterlerine göre

1. Kriter değeri (Min. Ortalama değer)  $\geq 26,4$  MPa
2. Kriter değeri (Min. tek değer )  $\geq 22,1$  MPa olmalıdır.

Deney Bölgesi Ortalaması

(Ortanca değer bulunan alanlardan alınan karotların ortalaması)

$$(26,6+26,9+27,2+26,2)/4 = 26,7 \geq 26,4 \text{ MPa } \checkmark$$

Minimum tek değer

(En düşük geri sıçrama alanından alınan karot ortalamalarından düşük olanı seçilir)

$$22,8 \text{ MPa} \geq 22,1 \text{ MPa } \checkmark$$

Değerlendirme yapılan beton C30/37MPa Beton Sınıfına uygundur.



**ARAŞTIRMA VE GELIŐTİRME DAİRESİ BAŞKANLIĞI**