

**T.C**  
**ULAŖTIRMA BAKANLIĐI**  
**KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**BETON VE**  
**BETON MALZEMELERİ**  
**LABORATUAR DENEYLERİ**

**HAZIRLAYANLAR**

**Ali ÜNSAL**  
**İnş.Müh.**  
**Beton ve Çelik Lab.Şefi**

**Hamdi ŖEN**  
**Kimya Yük.Müh.**  
**Malzeme Lab.Şb.Md.**

**Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı**  
**Malzeme Lab.Şubesi Müdürlüğü**

**EYLÜL-2008**



## İÇİNDEKİLER:

|                                                                                                       |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>0. GİRİŞ</b> .....                                                                                 | 1-8     |
| <b>1. BETON- ÖZELLİK, PERFORMANS, İMALAT VE UYGUNLUK (TS EN 206-1)</b> .....                          | 9-22    |
| <b>2. BETON AGREGALARI (TS 706 EN 12620)</b> .....                                                    | 23-36   |
| <b>3. ÇİMENTOLAR (TS EN 197-1)</b> .....                                                              | 37-42   |
| <b>4. BETON AGREGASI DENEYLERİ</b> .....                                                              | 43-98   |
| <b>AGREGALARIN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ İÇİN DENEYLER</b>                                                |         |
| 4.1 Eleme Metodu İle Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini (TS 3530 EN 933-1 ) .....                         | 45-47   |
| 4.2 Tane Şekli Tayini-Yassılık Endeksi (TS 9582 EN 933-3).....                                        | 48-50   |
| 4.3 İri Agregalarda Kavkı İçeriğinin Tayini-Kavkı Yüzdesi (TS EN 933-7) .....                         | 51-53   |
| 4.4 İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisı Deneyi (TS EN 933-9).....                                    | 54-58   |
| <b>AGREGALARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ İÇİN DENEYLER</b>                                      |         |
| 4.5 Agregaların Tane Yoğunluğu Ve Su Emme Oranının Tayini (TS EN 1097-6).....                         | 59-67   |
| 4.6 Parçalanma Direncinin Tayini (TS EN 1097-2).....                                                  | 68-70   |
| 4.7 Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Micro-Deval) (TS EN 1097-1).....                                  | 71-73   |
| 4.8 Çivili Lastiklerden Kaynaklanan Aşınmaya Karşı Direncin Tayini –Nordik Deneyi (TS EN 1097-9)..... | 74-77   |
| <b>AGREGALARIN TERMAL VE BOZUNMA ÖZELLİKLERİ İÇİN DENEYLER:</b>                                       |         |
| 4.9 Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini (TS EN 1367-1) .....                                   | 78-81   |
| 4.10 Magnezyum Sülfat Deneyi (TS EN 1367-2).....                                                      | 82-85   |
| 4.11 Kuruma Çekmesi Tayini (TS EN 1367-4).....                                                        | 86-90   |
| 4.12 Alkali-Silika Reaksiyonu Deneyi (CANADA CSA 23.2 – 25A).....                                     | 91-94   |
| <b>AGREGALARIN KİMYASAL DENEYLERİ:</b>                                                                |         |
| 4.13 Organik Madde Tayini Deneyi (TS EN 1744-1).....                                                  | 95-95   |
| 4.14 Harç Metoduyla Organik Kirleticilerin Tayini (TS EN 1744-1).....                                 | 96-98   |
| <b>5. ÇİMENTO DENEY METOTLARI</b> .....                                                               | 99-118  |
| 5.1 Dayanım Tayini (TS EN 196-1).....                                                                 | 101-111 |
| 5.2 Kıvam Suyu, Priz Süresi ve Genleşme Tayini (TS EN 196-3).....                                     | 112-116 |
| 5.3 İncelik Tayini (TS EN 196-6).....                                                                 | 117-118 |
| <b>6. TAZE BETON DENEYLERİ</b> .....                                                                  | 119-140 |
| 6.1 Çökme (Slump) Deneyi (TS EN 12350-2).....                                                         | 121-123 |
| 6.2 Vebe Deneyi (TS EN 12350-3).....                                                                  | 124-126 |
| 6.3 Sıkıştırılabilirlik Derecesi (TS EN 12350-4).....                                                 | 127-128 |
| 6.4 Yayılma Tablası Deneyi (TS EN 12350-5).....                                                       | 129-131 |
| 6.5 Yoğunluk Deneyi ( TS EN 12350-6).....                                                             | 132-133 |
| 6.6 Hava Muhtevası Tayini (TS EN 12350-7).....                                                        | 134-140 |
| <b>7. SERTLEŞMİŞ BETON DENEYLERİ</b> .....                                                            | 141-162 |
| 7.1 Basınç Dayanımı Tayini (TS EN 12390-3).....                                                       | 143-150 |
| 7.2 Eğilme Dayanımının Tayini ( TS EN 12390-5).....                                                   | 151-153 |
| 7.3 Yarmada Çekme Dayanımının Tayini (TS EN 12390-6).....                                             | 154-156 |
| 7.4 Yoğunluk Tayini ( TS EN 1290-7).....                                                              | 157-159 |
| 7.5 Basınç Altında Su İşleme Derinliğinin Tayini (TS EN 12390-8).....                                 | 160-162 |



|                                                                                                                                                                    |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>8. KİMYASAL KATKILAR- TARİFLER, ÖZELLİKLER,UYGUNLUK (TS EN 934-2)...</b>                                                                                        | <b>163-176</b> |
| 8.1 Tarifler,özellikler,uygunluk,işaretleme ve etiketleme (TS EN 934-2).....                                                                                       | 165-171        |
| 8.2 Deneyler için Şahit Beton ve Şahit Harç (TS EN 480-1).....                                                                                                     | 172-174        |
| 8.3 Priz Süresinin Tayini için Deney Metotları ( TS EN 480-2).....                                                                                                 | 175-176        |
| <b>9. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLAR (KYB).....</b>                                                                                                               | <b>177-184</b> |
| <b>10. ZEMİN DÖŞEMESİ İÇİN BETON PARKELER (TS 2824 EN 1338).....</b>                                                                                               | <b>185-204</b> |
| 10.1 Beton parkeler-Gerekli Şartlar ve Deney Metodları (TS 2824 EN 1338).....                                                                                      | 187-188        |
| 10.2 Boyutların Ölçülmesi.....                                                                                                                                     | 189-190        |
| 10.3 Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma/Çözölmeye Karşı Direncin Tayini.....                                                                                  | 191-195        |
| 10.4 Su Emmenin Tayini.....                                                                                                                                        | 195-195        |
| 10.5 Dayanımın Ölçülmesi.....                                                                                                                                      | 196-197        |
| 10.6 Aşınmaya Karşı Direncin Ölçülmesi.....                                                                                                                        | 198-201        |
| 10.7 Aşınmaya Karşı Direncin Böhme Deneyi İle Ölçülmesi.....                                                                                                       | 202-204        |
| <b>11. BETON BORDÜR TAŞLARI- GEREKLİ ŞARTLAR VE DENEY METOTLARI (TS 436 EN 1340).....</b>                                                                          | <b>205-212</b> |
| <b>12. YAPIDA BETON DENEYLERİ -KAROT NUMUNELER - KAROT ALMA, MUAYENE VE BASINÇ DAYANIMININ TAYİNİ (TS EN 12504-1) .....</b>                                        | <b>213-216</b> |
| <b>13. BETON DENEY METOTLARI-YAPI VE YAPI BİLEŞENLERİNDE SERTLEŞMİŞ BETONDAN NUMUNE ALINMASI VE BASINÇ MUKAVEMETİNİN TAYİNİ (Tahribatlı Metot) (TS 10465).....</b> | <b>217-226</b> |
| <b>14. BETON ÇELİK ÇUBUKLARI (TS 708).....</b>                                                                                                                     | <b>227-236</b> |



## GİRİŞ

Beton; dünyada sudan sonra en çok kullanılan bir malzemedir. Ekonomik olması, bileşenlerinin doğada bol miktarda bulunabilmesi, dayanımı ve dayanıklılığının yüksek, maliyetinin düşük olması, işlenebilirliği, yangına karşı direnci, üretiminde az enerji gereksinimi duyması, çevre dostu, estetik yapıların inşasına olanak sağlayan mühendislik özelliklerinden ve daha birçok özelliği ile alternatifsiz bir yapı elemanıdır. İlkel şekliyle 5000 yıl kadar önce Mısır Piramitlerinin inşasında, Çin Seddinin yapımında, Romalılar döneminde pek çok mühendislik yapısında kullanıldığı bilinmektedir.

Bugünkü anlamda beton 1824 yılında portland çimentonun üretilmesi ve 1848'de İngilterede ilk çimento fabrikasının kurulmasıyla kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra 1903 yılında Almanyada hazır beton kullanılmaya, 1916 yılında da betonun taşınması için transmikserler kullanılmaya başlanmıştır.

Bugün ise özellikle kimyasal ve mineral katkıların, liflerin betonda kullanılması ile yüksek dayanımlı betonlar üretilmektedir.

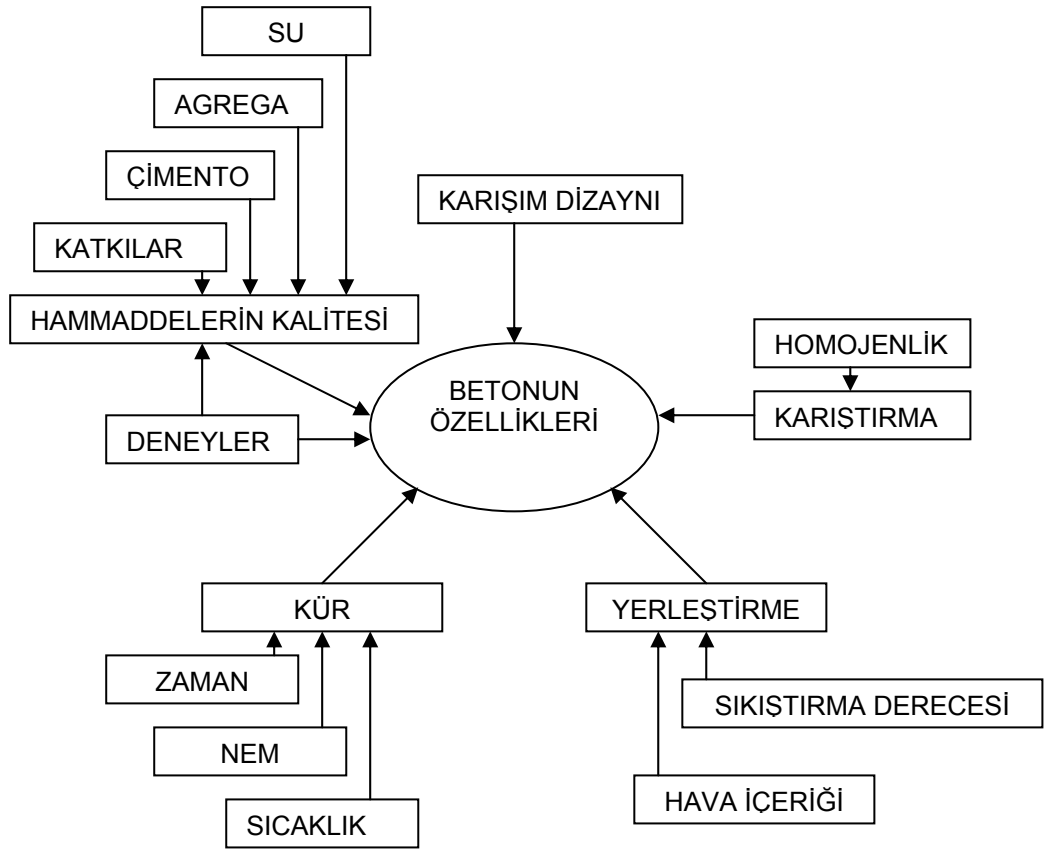
Bu teknik ve ekonomik üstünlükleri sayesinde, beton geçmişte olduğu gibi gelecek yıllarda da inşaat sektöründe en çok tercih edilen ve vazgeçilemez malzeme olma özelliğini sürdürecektir.

Beton; çimento, agrega, su ve gerektiğinde kimyasal ve mineral katkıların uygun oranlarda ve homojen olarak karıştırılmasıyla oluşturulan, başlangıçta plastik kıvamda olup şekil verilebilen, zamanla çimentonun hidratasyonu ile katılaşp sertleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir.

İyi beton; maruz kaldığı yüklere ve çevre etkilerine karşı hizmet ömrü boyunca, fiziksel ve kimyasal bütünlüğünü koruyabilen, dayanımı yüksek, geçirimsiz betondur. Betonda kalitenin ölçüsü, basınç dayanımına göre değil, betonun ekonomik ömrü boyunca maruz kaldığı çevre etkilerine ve yüklere karşı dayanıklılığıdır.

Betonun dayanım ve dayanıklılığı, bir çok parametrenin etkisi altında şekillenmektedir.

- Kullanılan malzeme (Agrega, çimento, su, kimyasal ve mineral katkıları)
- Uygun tasarım
- Su/çimento oranı
- Üretim teknolojisi
- Yerleştirme, Sıkıştırma
- Bakım (Kür)



Şekil-1.Beton Dayanımına etki eden faktörler.

Agregalar; beton için önemli bir bileşendir ve beton içerisinde hacimsel olarak %60-75 oranında yer işgal ederler. Agregalar,

- Doğal kum-çakıl ocaklarından yani akarsu yataklarından, alüvyon deltalarından,
- Doğal Taş Ocaklarından kayaların kırılması ve elenmesi ile elde edilirler.

Beton agregalarının,

- Tane büyüklüğü dağılımlarının (granülometri) birbirlerinin boşluklarını dolduracak şekilde olması,
- Yassı ve uzun taneler yerine kübik ve küresel olması,
- Sert, dayanıklı ve boşluksuz olması, kavkı gibi zayıf maddeler içermemesi,
- İçerisindeki ince malzemenin kalitesi (kil, silt, mil vb. içermemesi),
- İçerisinde organik maddeler bulundurmaması,
- Tanelerin yoğunluklarının yüksek ve su emme oranının düşük olması,
- Parçalanmaya ve aşınmaya karşı direncinin yüksek olması,
- Donma ve çözölmeye karşı direncinin yüksek olması,
- Çimento ile zararlı kimyasal reaksiyonlara girmemesi (Alkali-Silika Reaksiyonu) istenilen özelliklerdir.

Porland çimentolar; kalker, kil, gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kumun öğütülüp toz haline getirilmesi ve bu malzemenin 1400-1500 °C'de döner fırınlarda pişirilerek elde edilen klinkere %4-5 oranında alçı taşı ilave edilip tekrar çok ince toz halinde öğütülmesi ile elde edilir. Bunların dışında tek veya birkaçı bir arada olmak üzere tras, fırın curufu, uçucu kül, silis dumanı vb. katılarak katkı çimentolar elde edilir.

Çimentolar fiziksel, mekanik (2,7,28 günlük basınç ve eğilme dayanımları,genleşme değerleri, priz süreleri, inceliği) ve kimyasal özellikleri yönünden uygun olmalıdır.

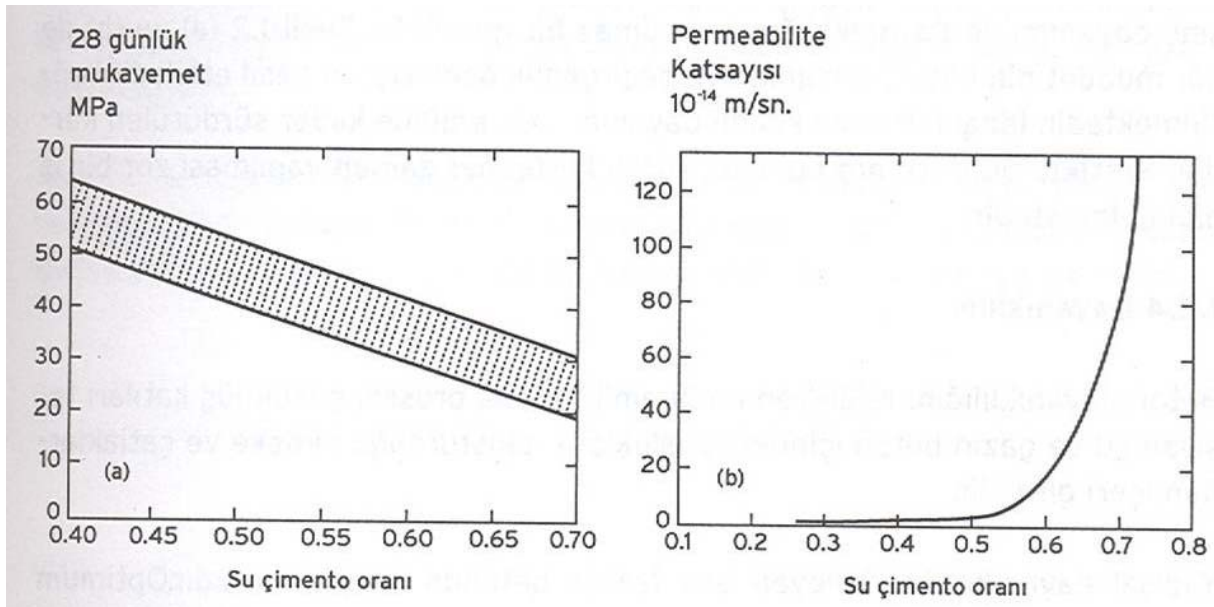
Betonda kullanılan karışım suyunun iki önemli işlevi vardır.

- Kuru haldeki çimento ve agregayı ıslatarak plastik hale getirmek,
- Çimento ile kimyasal reaksiyonu gerçekleştirmek ve plastik kütlede sertleşmesini sağlamaktır.

İçilebilir nitelikte olan tüm sular beton karışımında kullanılabilir. İçilebilir nitelikte olmayan sular da deneyleri yapıldıktan sonra kullanılabilir. Su mümkün olduğu kadar temiz olmalı, yağmur ve kar suları kullanılmamalı, içerisinde şeker, klor, sülfat, yağ, kil, silt ve kimyasal atıklar bulunmamalıdır.

Karışım da suyun yeteri kadar olmaması halinde çimento hidratasyonunu tam olarak yapamayacak, agrega tanelerinin yüzeyi tam olarak ıslanmayacağından agrega tanesi ile çimento pastası arasındaki aderans zayıf olacak ve yeterli işlenebilirlik elde edilemeyecektir.

Taze betona kıvam kazandırmak amacıyla fazladan su katılması durumunda ise betonun bünyesinde çimento ile reaksiyona girmeyen fazla suyun bıraktığı boşluklar yalnız dayanımı düşürmekle kalmayacak boşluklardan içeri giren klor, sülfat gibi zararlı unsurlar beton ve donatıya zarar verecek betonun dayanıklılığını da düşürecektir (Şekil-2).



Şekil-2. Su/Çimento oranının Mukavemet (a) ve Geçirimsizlik (b) üzerine etkisi.

| Su Miktarı         | Mukavemet                      |
|--------------------|--------------------------------|
| %20 fazla olması,  | %30 azalmaya                   |
| %30 fazla olması,  | %50 azalmaya                   |
| %100 fazla olması, | %80 azalmaya neden olmaktadır. |

Kimyasal beton katkı maddeleri betonun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bazılarında değişiklik yapmak amacıyla beton karışım suyuna belirli oranlarda katılan katkılardır.

En yaygın kullanılan kimyasal katkılar;

- Su azaltıcılar (akışkanlaştırıcılar)
- Priz geciktiriciler,
- Priz hızlandırıcılar,
- Hava sürükleyici katkılar,
- Su geçirimsizlik katkılar,
- Antifirizlerdir.

Mineral katkıları ise ( curuf, uçucu kül, silis dumanı, tras, taş unu, vb.) öğütülmüş, toz halde kullanılırlar. Tek başına çimento gibi bağlayıcılık özelliği bulunmasa da birlikte kullanıldıklarında çimentoya benzer görev yaparlar. Bu nedenle gerektiğinde, çimento tasarrufu, yüksek dayanım ve dürabilite için mineral katkıları kullanılmalıdır.

Bitmiş bir yapıda betonun kalitesini 6 aşama belirler.

- Beton bileşenlerinin kalitesi
- Betonun tasarımı
- Betonun üretimi (Ölçme ve karıştırma)
- Betonun taşınması
- Betonun yerleştirilmesi-sıkıştırılması
- Betonun bakımı-kürü

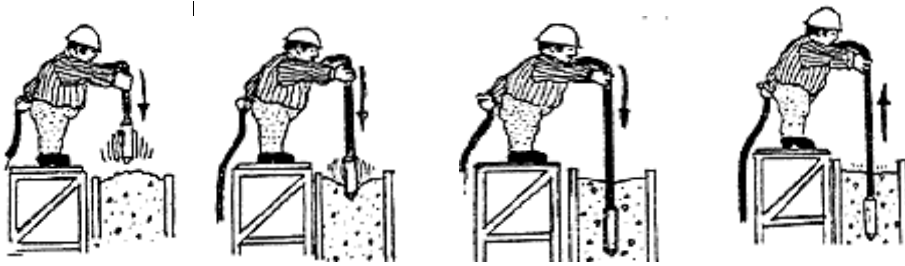
Bu aşamalardan ilk dördünü beton tesisi gerçekleştirir. Son iki aşama olan, Yerleştirme Sıkıştırma ve Bakım-Kür işlemleri yapıda gerçekleşir. Betonun uzun yıllar boyunca maruz kaldığı çevre etkilerine ve yüklere karşı dayanımını ve dayanıklılığını koruması için bu iki hususa da gereken önemin gösterilmesi gerekir.

Betonun özelliklerini önemli derecede etkileyen bu yerleştirme-sıkıştırma ve ilk günlerden itibaren kür işlemleri dikkatli ve usulüne uygun bir şekilde yapılmalıdır.

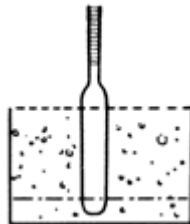
Sıkıştırma (vibrasyon), betonun kalıbın her tarafını doldurmasını ve donatının beton tarafından iyice sarılmasını ve beton içindeki havanın dışarı çıkarılmasını sağlamak işlemidir. Sonuçta daha yoğun, daha geçirimsiz bir beton elde edilir. Vibrasyonun şiddeti ve miktarına dikkat edilmelidir. Aşırı vibrasyon betonda segregasyona neden olduğu gibi, eksik yapıldığında da sıkışma gerçekleşmeyecektir.

Betonda kullanılan vibratörler,

- Dalıcı vibratörler
- Satih vibratörleri
- Yüzey vibratörleridir.



Şekil-3. Daldırma tipi vibratör ile betonun sıkıştırılması

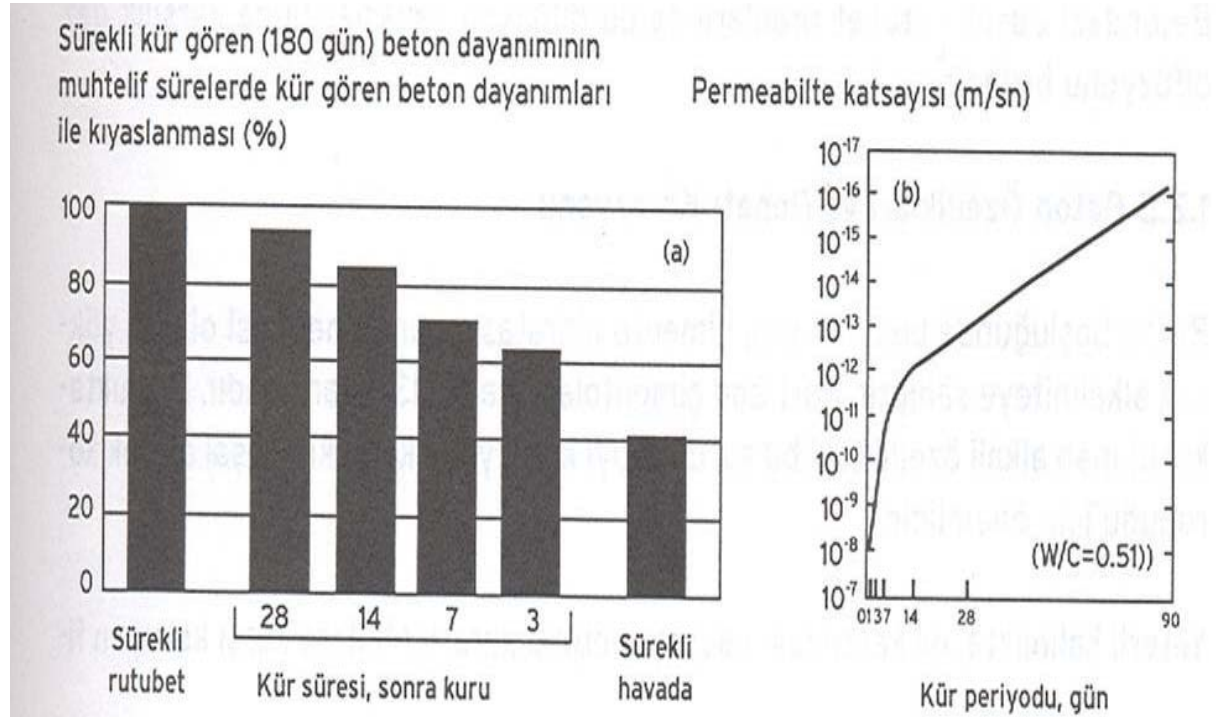


Şekil-4. Sıkışmanın alt tabakaya geçmesi.

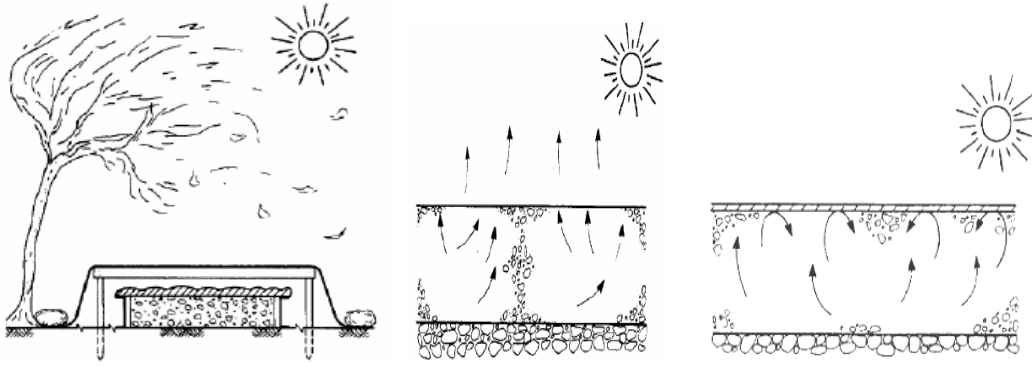
Dalıcı tip vibratör ile vibrasyon yaparken aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gerekir.

- Kolon ve duvar gibi brüt beton yapı elemanlarında, beton uygun kıvamda (8-12cm çökme) max. 30 cm.lik tabakalar halinde yerleştirilmeli ve sıkıştırılmalıdır.
- Vibratör, beton içinden artık hava kabarcıklarının çıkmadığı ve yüzeyinde ince bir şerbet tabakası oluşana kadar yaklaşık 15-30 sn kadar tutulmalıdır.
- Vibratörün bir önceki tabakaya 10 cm kadar girmesi sağlanmalıdır.(Şekil-4)
- Vibratör beton içinden yavaşça çekilmelidir. (8cm/sn)
- Vibratör betona düşey olarak daldırılmalı ve daldırma aralığı vibratörlerin etki yarıçaplarına bağlı olarak 45-50 cm.yi geçmemelidir.
- Vibratörün kalıp yüzeyine ve donatılara temas etmesinden kaçınılmalıdır.

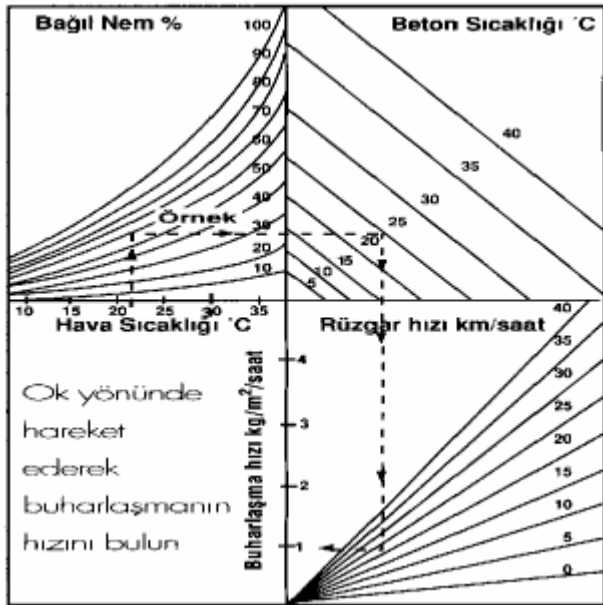
Betonun kuru; betonun yerleştirilip sıkıştırılmasından hemen sonra başlar ve beton yeterli nem ve sıcaklıkta tutulur. Bunun için beton, sürekli ıslak kalacak şekilde sulanmalı veya üzeri su geçirimsiz malzemelerle örtülmeli veya kimyasal kür bileşikler uygulanarak beton güneş ve rüzgardan korunmalıdır. Sıcak havalarda betonun aşırı su kaybı engellenmezse çatlaklar oluşur ve en önemlisi hidratasyon için gerekli su kaybolur.Yapılan laboratuvar çalışmalarında, kuru ortamda bulunan betonun, nemli ortamda bulunan betona göre, %50 oranında daha az dayanım kazandığı görülmüştür(Şekil-5). Sıcaklık ve rüzgar, betonun hızla su kaybetmesine neden olmakta, ve sonucunda betonda çatlaklar oluşarak dayanımı ve hizmet ömrünü azalmaktadır.



Şekil-5.Kür süresinin Dayanım (a) ve Permeabilite (b) üzerine etkisi



Şekil.6- Beton rüzgardan ve güneşten korunmalıdır.



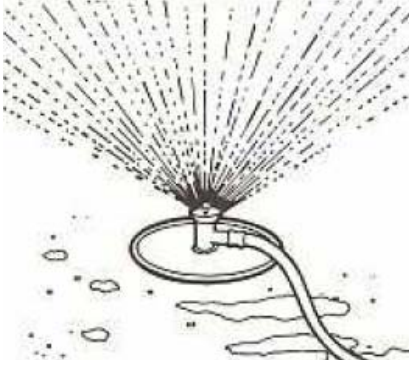
Şekil.7- Betondaki suyun buharlaşma hızı.

Betonun terlemesi ile kaybolan suyun betona yeniden kazandırılması yada terlemenin olabildiğince düşük seviyede tutulabilmesi için aşağıdaki yöntemler izlenir.

1. Su ile kür yapılması. Sürekli olarak beton yüzeyinin nemli kalması sağlanır. Genelde spreyleme yöntemi ile su püskürtülür, yada hortumla su göleti oluşturulur yada ıslak kum, talaş, telis bezi serilerek sürekli ıslak tutulur.
2. Su geçirmeyen (naylon-polietilen) bir tabaka ile beton yüzeyi kapatılır.
3. Kimyasal kür katkıları kullanılır.



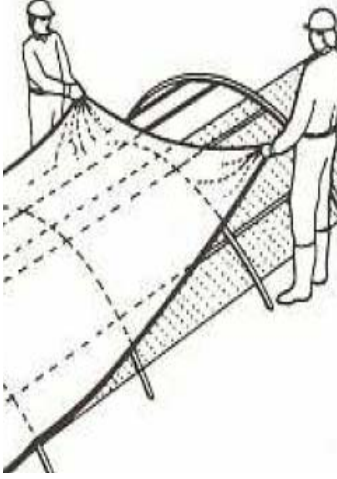
Şekil.8- Su göleti oluşturulması



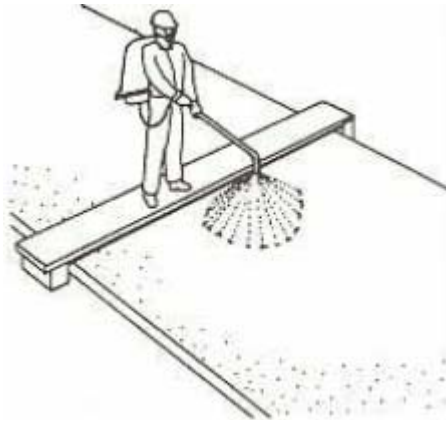
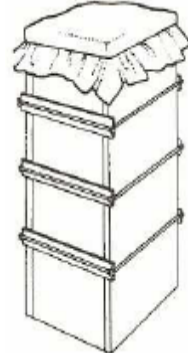
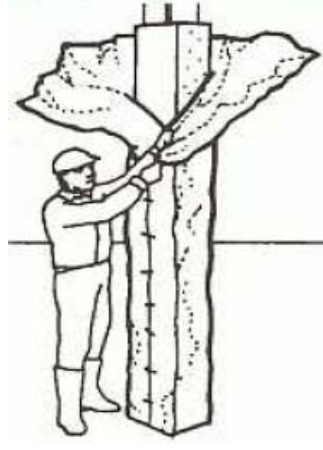
Şekil.9- Su püskürtmek kullanılması



Şekil.10- Islak Telis Bezi gibi Örtüler



Şekil.11- Polietilen Örtüler kullanılması



Şekil.12- Kimyasal Kür Maddeleri ile spreyleme yapılması

Betonun Kalite Kontrolü aşağıda belirtilen şekilde yapılmaktadır.

- 1) Yeterlilik Kontrolü:
  - A) Karışıma girecek malzemelerin uygunluk deneyleri
    - a) Çimento
    - b) İnce ve iri agregalar
    - c) Su
    - d) Katkı
  - B) Karışım Dizaynı  
İstenilen beton özelliklerini sağlayan malzemelerin cins ve miktarları belirlenir.
- 2) Nitelik Kontrolü:
  - A) Üretimin kontrolü  
1.maddede belirlenen malzemenin cins, miktar ve özellik olarak üretim süresince devamlılığının sağlanması.
  - B) Uygunluk kontrolü  
Üretilen taze betondan numuneler alınarak 28.gün sonra dayanım testleri yapılır.
- 3) Yapıdaki sertleşmiş betonun kalite kontrolü:
  - A) Tahribatlı metot (Karot)
  - B) Tahribatsız metot

# BÖLÜM 1

BETON-ÖZELLİK,PERFORMANS, İMALAT VE  
UYGUNLUK (TS EN 206-1)



## **BETON - ÖZELLİK, PERFORMANS, İMALAT VE UYGUNLUK (TS EN 206-1/Nisan 2002)**

Burada, yerinde döküm ve ön yapımlı (prefabrik) yapılar ile binaların ve inşaat mühendisliği alanına giren yapıların ön yapımlı yapısal elemanlarında kullanılan betonları kapsar.

Aşağıda verilen konularda, ilâve veya farklı şartlar diğer standartlarda verilmiştir.

- Yollarda ve trafiğe açık diğer alanlarda kullanılacak betonlar,
- Diğer malzemeler (lif gibi) veya dışında bileşen malzemeler kullanılarak yapılan betonlar.
- Agregada en büyük tane büyüklüğü 4 mm veya daha küçük olan betonlar (harçlar).
- Özel teknolojilerle imâl edilen betonlar (püskürtme beton gibi).
- Kirlenici maddelerin muhafazası için depo yapılarında kullanılacak betonlar.
- Kütle betonları (baraj betonu gibi).
- Kuru karışımli betonlar.

### **1.1 Tarifler**

#### **Normal beton**

Etüv kurusu durumdaki yoğunluğu, 2000 kg/m<sup>3</sup>'ten büyük olup, 2600 kg/m<sup>3</sup>'ü geçmeyen beton.

#### **Hafif beton**

Etüv kurusu durumdaki yoğunluğu, 800 kg/m<sup>3</sup> veya daha büyük olup, 2000 kg/m<sup>3</sup> ü geçmeyen beton. Hafif betonda kullanılan agreganın bir kısmı veya tamamı hafif agrega olabilir.

#### **Ağır beton**

Etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu), 2600 kg/m<sup>3</sup>'ten daha büyük olan beton.

#### **Yüksek dayanımlı beton**

Basınç dayanım sınıfı C 50/60 'dan daha yüksek olan normal beton veya ağır beton.

#### **Kimyasal katkı**

Taze veya sertleşmiş betonun bazı özelliklerini değiştirmek üzere, karışıma işlemi esnasında betona, çimento kütlesine oranla az miktarlarda ilâve edilen malzeme.

#### **Mineral katkı**

Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek veya betona özel nitelikler kazandırmak amacıyla kullanılan ince öğütülmüş malzeme. İki tip mineral katkı tarif edilmiştir, bunlar ;

- İnert kabul edilebilir mineral katkıları (Tip I),
- Pozzolanik veya gizli hidrolik (çimento benzeri etki gösteren) mineral katkıları (Tip II).

#### **Toplam su içeriği**

Karma suyu, agreganın bünyesinde ve yüzeyinde bulunan su, hamur şeklinde kullanılan mineral katkı ve kimyasal katkı içerisinde bulunan su, betona buz ilave edilmesi veya buharla ısıtma yoluyla giren suların toplamı.

#### **Etkili su içeriği**

Taze beton bünyesinde mevcut toplam su miktarı ile agrega tarafından emilen su miktarı arasındaki fark.

#### **Su / çimento oranı**

Taze betonda etkili su içeriğinin, çimento kütlesine oranı (kütlece).

#### **Karakteristik dayanım**

Dikkate alınan hacimdeki betonda belirlenecek bütün dayanım değerlerinden, bu dayanım altına düşmesi beklenen oranın %5 olduğu dayanım düzeyi.

### **Sürüklenmiş hava**

Genellikle yüzey aktif katkı maddesi kullanılarak, karışım esnasında taze beton içerisinde tasarlanarak oluşturulan, 10 µm-300 µm arasında çapa sahip küre veya küreye yakın şekilli mikroskopik hava kabarcıkları.

### **Hapsolmuş hava**

Betonda, plânlanarak oluşturulanlar (sürüklenen) dışında oluşan hava boşlukları.

### **Başlangıç deneyi**

Betonun, taze ve sertleşmiş durumda belirlenmiş şartları sağlaması için, seri imalâtın başlangıcından önce, yeni beton veya beton grubu karışım oranlarının belirlenmesi için yapılan deney veya deneyler.

### **Uygunluk deneyi**

Betonun uygunluğunu belirlemek için imalâtçı tarafından yapılan deneyler.

### **Çevre etkileri**

Betonun maruz kaldığı kimyasal ve fiziksel etkilerdir.

### **1.2 Semboller ve kısaltmalar**

|               |                                                                                       |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| XO            | Korozyon veya zararlı etki tehlikesi olmayan etki sınıfları.                          |
| XC...         | Karbonatlaşmanın sebep olduğu korozyon tehlikesi olan etki sınıfları.                 |
| XD...         | Deniz suyu dışındaki klorürlerin sebep olduğu korozyon tehlikesi olan etki sınıfları. |
| XS...         | Deniz suyundaki klorürlerin sebep olduğu korozyon tehlikesi olan etki sınıfları.      |
| XF...         | Donma çözülme etkisine sahip etki sınıfları.                                          |
| XA...         | Kimyasal zararlı etkiye sahip olan etki sınıfları.                                    |
| S1-S5         | Çökme (Slump) ile ifade edilen kıvam sınıfları.                                       |
| V0-V4         | Vebe süresi ile ifade edilen kıvam sınıfları.                                         |
| C0-C3         | Sıkıştırılabilirlik derecesi ile ifade edilen kıvam sınıfları.                        |
| F1-F6         | Yayılma çapı ile ifade edilen kıvam sınıfları.                                        |
| C.../...      | Normal ve ağır beton için basınç dayanımı sınıfları.                                  |
| LC.../...     | Hafif beton için basınç dayanımı sınıfları.                                           |
| $f_{ck,sil}$  | Betonun, silindir numune kullanılarak tayin edilen karakteristik basınç dayanımı. .   |
| $f_{c,sil}$   | Betonun, silindir numune kullanılarak tayin edilen basınç dayanımı.                   |
| $f_{ck,küp}$  | Betonun, küp numune kullanılarak tayin edilen karakteristik basınç dayanımı.          |
| $f_{c,küp}$   | Betonun, küp numune kullanılarak tayin edilen basınç dayanımı.                        |
| $f_{cm}$      | Betonun, ortalama basınç dayanımı.                                                    |
| $f_{ci}$      | Tek deney sonucu beton basınç dayanımı.                                               |
| $f_{tk}$      | Betonun, karakteristik yarmada çekme dayanımı.                                        |
| $f_{tm}$      | Betonun, ortalama yarmada çekme dayanımı.                                             |
| $f_{ti}$      | Tek deney sonucu beton yarmada çekme dayanımı.                                        |
| D...          | Hafif betonun birim hacim kütlesi sınıfı.                                             |
| $D_{en\ çok}$ | Agrega en büyük tane anma büyüklüğü.                                                  |
| CEM...        | TS EN 197 standard serisine göre çimento tipi.                                        |
| $\sigma$      | Bir grubun tahmini standard sapması.                                                  |
| $S_n$         | n adet ardarda deney sonucunun standard sapması.                                      |
| w/c           | Su/çimento oranı.                                                                     |
| k             | Tip II katkısının aktivitesini dikkate almak için katsayı.                            |

### 1.3 Çevre etkileriyle ilgili etki sınıfları

Çevreden kaynaklanan etkiler, Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1 - Etki sınıfları**

| Sınıf gösterimi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Çevrenin tanımı                                                                                                                                                             | Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1 Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                      |
| X0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Donatı veya gömülü metal bulunmayan beton : Donma / çözülme etkisi, aşınma veya kimyasal etki haricindeki bütün etkiler<br>Donatı veya gömülü metal içeren beton : Çok kuru | Çok düşük rutubetli havaya sahip binaların iç kısımlarındaki beton                                                                   |
| <b>2 Karbonatlaşmanın sebep olduğu korozyon</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                      |
| Donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden betonun hava ve nem etkisine maruz kalması halinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                      |
| <b>Not -</b> Burada bahse konu olan nem şartları, donatı veya diğer gömülü metali saran beton örtü tabakası içerisindeki şartlardır. Ancak çoğu durumda beton örtü tabakası şartlarının betonun içerisinde bulunduğu çevre şartlarını yansıttığı kabul edilir. Bu durumda çevre şartlarının sınıflandırılması yeterli olabilir. Beton ve içerisinde bulunduğu çevre (ortam) arasında geçirimsiz tabaka varsa bu şartlar geçerli olmayabilir. |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                      |
| XC 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kuru veya sürekli ıslak                                                                                                                                                     | Çok düşük rutubetli havaya sahip binaların iç kısımlarındaki beton.<br>Sürekli şekilde su içerisindeki beton.                        |
| XC 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Islak, arasıra kuru                                                                                                                                                         | Su ile uzun süreli temas eden beton yüzeyler temellerin çoğu                                                                         |
| XC 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Orta derecede rutubetli                                                                                                                                                     | Orta derecede veya yüksek rutubetli havaya sahip binaların iç kısımlarındaki betonlar<br>Yağmurdan korunmuş, açıkta bulunan betonlar |
| XC 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Döngülü ıslak ve kuru                                                                                                                                                       | XC 2 etki sınıfı dışındaki, su temasına maruz beton yüzeyler                                                                         |

| Sınıf gösterimi                                                                                                                                                                                                  | Çevrenin tanımı                                                             | Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3 Deniz suyu haricindeki klorürlerin sebep olduğu korozyon</b>                                                                                                                                                |                                                                             |                                                                                                      |
| Donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden betonun, buz çözücü tuzları da ihtiva eden, deniz suyu haricindeki kaynaklardan gelen klorürleri ihtiva etmesi halinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır. |                                                                             |                                                                                                      |
| <b>Not-</b> Rutubet şartları hakkında bilgi, bu çizelgenin 2. bölümünde verilmiştir.                                                                                                                             |                                                                             |                                                                                                      |
| XD 1                                                                                                                                                                                                             | Orta derecede rutubetli                                                     | Hava ile taşınan klorürlere maruz beton yüzeyleri                                                    |
| XD 2                                                                                                                                                                                                             | Islak, arasıra kuru                                                         | Yüzme havuzları<br>Klorür içeren endüstriyel sulara maruz betonlar                                   |
| XD 3                                                                                                                                                                                                             | Döngülü ıslak ve kuru                                                       | Klorür ihtiva eden serpintilere maruz köprü kısımları<br>Yer döşemeleri<br>Araç park yeri döşemeleri |
| <b>4 Deniz suyundan kaynaklanan klorürlerin sebep olduğu korozyon</b>                                                                                                                                            |                                                                             |                                                                                                      |
| Donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden betonun deniz suyunda bulunan klorürlere veya deniz suyundan kaynaklanan tuz taşıyan hava ile temas etmesi halinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.     |                                                                             |                                                                                                      |
| XS 1                                                                                                                                                                                                             | Hava ile taşınan tuzlara maruz, fakat deniz suyu ile doğrudan temas etmeyen | Sahilde veya sahile yakın yerde bulunan yapılar                                                      |
| XS 2                                                                                                                                                                                                             | Sürekli olarak su içerisinde                                                | Deniz yapılarının bölümleri                                                                          |
| XS 3                                                                                                                                                                                                             | Gelgit, dalga ve serpinti bölgeleri                                         | Deniz yapılarının bölümleri                                                                          |
| <b>5 Buz çözücü maddenin de bulunduğu veya bulunmadığı donma/çözülme etkisi</b>                                                                                                                                  |                                                                             |                                                                                                      |
| Betonun, etkili donma/çözülme döngülerine, ıslak durumda maruz kalması halinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.                                                                                    |                                                                             |                                                                                                      |
| XF 1                                                                                                                                                                                                             | Buz çözücü madde içermeyen suyla orta derecede doygun                       | Yağmura ve donmaya maruz düşey beton yüzeyler                                                        |
| XF 2                                                                                                                                                                                                             | Buz çözücü madde içeren suyla orta derecede doygun                          | Donma ve hava ile taşınan buz çözücü madde etkisine maruz yol yapılarının düşey beton yüzeyleri      |
| XF 3                                                                                                                                                                                                             | Buz çözücü madde içermeyen suyla yüksek derecede doygun                     | Yağmur ve donmaya maruz yatay beton yüzeyler.                                                        |

| Sınıf gösterimi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Çevrenin tanımı                                                       | Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XF 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Buz çözücü madde içeren su veya deniz suyu ile yüksek derecede doymuş | Buz çözücü maddelere maruz yol ve köprü kaplamaları<br>Buz çözücü tuz ihtiva eden su serpintisine doğrudan ve donma etkisine maruz beton yüzeyler<br>Deniz yapılarının dalga etkisi altındaki donmaya maruz bölgeleri. |
| <p><b>Kimyasal etkiler</b></p> <p>Betonun, Çizelge 2'de verilen tabii zeminler ve yer altı sularından kaynaklanan zararlı kimyasal etkilere maruz kalması durumunda etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır. Deniz suyu, coğrafik bölgeye göre sınıflandırılır, bu nedenle betonun kullanılacağı yerde geçerli sınıflandırma uygulanır.</p> <p><b>Not -</b> Aşağıda verilenlerin bulunması halinde, geçerli etki sınıfının tayini için özel çalışma yapılmasına gerek duyulabilir:</p> <p>Çizelge 2'de verilen sınır değerlerin dışındaki değerler<br/>Diğer zararlı kimyasal maddeler,<br/>Kimyasal maddelerle kirlenmiş zemin veya su,<br/>Çizelge 2'de verilen kimyasallarla birlikte yüksek hızda akan su bulunması.</p> |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                        |
| XA 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Çizelge 2'ye göre az zararlı kimyasal ortam                           |                                                                                                                                                                                                                        |
| XA 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Çizelge 2'ye göre orta zararlı kimyasal ortam                         |                                                                                                                                                                                                                        |
| XA 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Çizelge 2'ye göre çok zararlı kimyasal ortam                          |                                                                                                                                                                                                                        |

**Çizelge 2** - Doğal zeminler ve yer altı sularından kaynaklanan kimyasal etkiler için etki sınıflarının sınır değerleri

| Zararlı kimyasal ortamların aşağıda verilen sınıflaması, doğal zemin ve yer altı suyunun 5°C ilâ 25°C arasında sıcaklığa sahip olması ve su akış hızının durguna yakın derecede yavaş olması esas alınarak yapılmıştır.                                                         |                               |                                  |                                   |                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| Kimyasal özelliğe ait en baskın herhangi tek değer, sınıfı belirler.                                                                                                                                                                                                            |                               |                                  |                                   |                                              |
| İki veya daha fazla zararlı kimyasal özelliğin aynı sınıfı belirtmesi durumunda çevre, bir sonraki daha yüksek sınıfa dahil olarak alınmalıdır. Ancak bu özel durum için yapılan çalışmanın bir üst sınıf seçmenin gerekli olmadığını göstermesi durumunda bu işlem uygulanmaz. |                               |                                  |                                   |                                              |
| Kimyasal özellik                                                                                                                                                                                                                                                                | Referans deney metodu         | XA 1                             | XA 2                              | XA 3                                         |
| Yeraltı suyu                                                                                                                                                                                                                                                                    |                               |                                  |                                   |                                              |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L                                                                                                                                                                                                                                              | EN 196-2                      | ≥ 200 ve<br>≤ 600                | > 600 ve<br>≤ 3000                | > 3000 ve<br>≤ 6000                          |
| pH                                                                                                                                                                                                                                                                              | ISO 4316                      | ≤ 6,5 ve ≥ 5,5                   | < 5,5 ve<br>≥ 4,5                 | < 4,5 ve<br>≥ 4,0                            |
| CO <sub>2</sub> mg/L (zararlı etkiye sahip)                                                                                                                                                                                                                                     | prEN 13577 : 1999             | ≥ 15 ve ≤ 40                     | > 40 ve<br>≤ 100                  | > 100 den<br>doymun hale<br>gelinceye kadar  |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/L                                                                                                                                                                                                                                               | ISO 7150-1 veya<br>ISO 7150-2 | ≥ 15 ve ≤ 30                     | > 30 ve<br>≤ 60                   | > 60 ve<br>≤ 100                             |
| Mg <sup>2+</sup> mg/L                                                                                                                                                                                                                                                           | ISO 7980                      | ≥ 300 ve<br>≤ 1000               | > 1000 ve<br>≤ 3000               | > 3000 den<br>doymun hale<br>gelinceye kadar |
| Zemin                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |                                  |                                   |                                              |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg <sup>a</sup><br>(toplam)                                                                                                                                                                                                                    | EN 196-2 <sup>b</sup>         | ≥ 2000 ve<br>≤ 3000 <sup>c</sup> | > 3000 <sup>c</sup> ve<br>≤ 12000 | > 12000 ve<br>≤ 24000                        |
| Asitlik mL/kg                                                                                                                                                                                                                                                                   | DIN 4030-2                    | > 200<br>Baumann Gully           | Uygulamada dikkate alınmaz        |                                              |
| a Geçirgenliği (permeabilitesi) 10 <sup>-5</sup> m/s'den daha düşük olan kil zeminler bir aşağı sınıfa geçirilebilirler.                                                                                                                                                        |                               |                                  |                                   |                                              |
| b Deney metodunda, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 'ün hidroklorik asitle ekstraksiyonu tarif edilmiştir; Alternatif olarak, betonun kullanılacağı yerde yapılıyorsa, su ile açığa çıkarma metodu da kullanılabilir.                                                              |                               |                                  |                                   |                                              |
| c Islanma kuruma döngüleri veya kapiler emme nedeniyle, betonda sülfat iyonu birikimi tehlikesi olan yerlerde 3000 mg/kg olan sınır 2000 mg/kg'a indirilir.                                                                                                                     |                               |                                  |                                   |                                              |

#### 1.4 Beton ve Bileşen malzemeler için temel özellikler

##### 1.4.1. Çimento

Çimento TS EN 197-1'e uygun olmalıdır.

Çimento seçiminde, aşağıda verilenler dikkate alınmalıdır.

- Yapım (inşaat) yöntemi,
- Beton yapının kullanım amacı,
- Kür şartları (ısı işlem gibi),
- Yapı boyutları (ısı gelişimi)
- Yapının maruz kalacağı çevre şartları
- Bileşenlerden kaynaklanan alkaliler ile agrega arasında etkileşme olması ihtimali.

##### 1.4.2. Agregalar

Agregalar TS 706 EN 12620'e uygun olmalıdır.

Agrega özellikleri, aşağıda verilenler dikkate alınarak seçilmelidir :

- Yapım (inşaat) yöntemi,
- Betonun yapıda kullanım amacı,
- Betonun maruz kalacağı çevre şartları,
- Görünür agrega yüzeyi veya yüzey bitirme işlemlerinin gerektirdiği diğer özellikler.

Agrega en büyük anma tane büyüklüğü (D<sub>en çok</sub>), donatının beton örtü tabakası (paspayı) ve beton eleman kesitinin en küçük boyutu dikkate alınarak belirlenmelidir.

#### 1.4.2.1 Tuvenan agregası

TS 706 EN 12620'e uygun tuvenan agregası, sadece C 12/15 veya daha düşük basınç dayanım sınıfındaki betonlarda kullanılabilir.

#### 1.4.2.2 Alkali- silika reaksiyonuna direnç

Agreganın, alkaliler (çimento veya diğer kaynaklardan gelen  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$ ) ile reaksiyona girmesinden şüphe duyulan silika türlerini ihtiva etmesi ve betonun rutubetli ortamda bulunması halinde, zararlı alkali- silika reaksiyonunu önlemek üzere uygunluğu kanıtlanmış işlemler kullanılarak önlemler alınmalıdır.

#### 1.4.3 Karma suyu

Karma suyu ve beton imalatından ortaya çıkan atık sudan tekrar geri kazanılan suyun TS EN 1008'e uygunluğu kanıtlanmalıdır.

#### 1.4.4 Kimyasal katkı maddeleri

Kimyasal katkı maddelerinin, TS EN 934-2' ye genel uygunluğu kanıtlanmalıdır.

#### 1.4.5 Mineral katkılar kullanımı

Tip I mineral katkılarının,

– Filler agregaların, TS 706 EN 12620'e uygunluğu kanıtlanmalıdır.

Tip II mineral katkılarının,

– Uçucu külün, TS EN 450'ye uygunluğu,

– Silis dumanının, TS EN 13263 'e uygunluğu kanıtlanmalıdır. .

Tip I ve Tip II mineral katkılarının betonda kullanım miktarı başlangıç deneyleriyle belirlenmelidir

##### 1.4.5.1. k- değeri kavramı

k - değeri kavramı, Tip II mineral katkılarının aşağıda verilen şartlarda değerlendirilmesine imkân sağlar.

– "Su/Çimento oranı" yerine " Su / (Çimento + k x mineral katkı)" oranının kullanılması,

##### TS EN 450 ye uygun uçucu kül için k- değeri kavramı

k - değeri için dikkate alınacak en fazla uçucu kül miktarı aşağıda verilen şartı sağlamalıdır :

(Uçucu kül / çimento)  $\leq 0,33$  (kütlece)

Daha fazla miktarda uçucu kül kullanılması durumunda, yukarıda verilenden daha fazla olan kısım Su / (çimento + k x uçucu kül) oranı ve en az çimento miktarı hesaplamasında dikkate alınmaz.

Aşağıda verilen k-değerleri, CEM I tip çimento ihtiva eden betonlar için kullanımına izin verilen değerlerdir.

CEM I 32,5 için k = 0,2

CEM I 42,5 ve daha yüksek sınıf için k = 0,4

Etki sınıfları için gerekli en az çimento miktarı, k'nın en yüksek değeri x (en az çimento miktarı 200)  $\text{kg/m}^3$  kadar azaltılabilir ve ilâve olarak (Çimento + uçucu kül) miktarı gerekli olan en az çimento miktarından daha az olmamalıdır.

##### TS EN 13263 'e uygun silis dumanı için k- değeri kavramı

Su/ çimento oranı ve çimento miktarı için dikkate alınacak en fazla silis dumanı miktarı aşağıda verilen şartı sağlamalıdır.

(Silis dumanı /çimento)  $\leq 0,11$  (kütlece).

Daha fazla miktarda silis dumanı kullanılması durumunda, yukarıda verilenden daha fazla olan kısmı k-değeri kavramında dikkate alınmaz.

CEM I tipi çimento ihtiva eden betonlara aşağıda verilen k- değerlerinin uygulanmasına izin verilir :

– Su/çimento oranı  $\leq 0,45$  olarak belirlenmiş beton için k = 2,0

– Su/çimento oranı  $> 0,45$  olarak belirlenmiş beton için k = 2,0 alınır, ancak XC ve XF etki sınıfları için bu değer kullanılmaz ve k=1,0 alınır.

(Çimento + k x silis dumanı) miktarı, ilgili etki sınıfı için gerekli olan en az çimento miktarından daha az olmamalıdır. En az çimento miktarı  $\leq 300 \text{ kg/m}^3$  olan etki sınıflarında kullanılacak betonlarda, bu en az çimento miktarı,  $30 \text{ kg/m}^3$  den daha fazla eksiltilemez.

#### 1.4.6 Kimyasal katkıların kullanımı

Kimyasal katkıların toplam miktarı, katkı imalatçısı tarafından önerilen en fazla miktarı ve daha yüksek miktarlarda kullanımının betonun performans ve dayanıklılığı üzerinde olumsuz etkisi olmadığı belirlenmemişse 1 kg çimento için 50 g'ı geçmemelidir.

Sıvı katkıların toplam miktarı, 1m<sup>3</sup> beton için 3 litreden daha fazla ise, betonun su/çimento oranının hesaplanmasında katkıda bulunan su miktarı dikkate alınır.

Birden fazla katkının aynı beton harmanında kullanılması durumunda, bu katkıların birbiriyle uyumluluğu başlangıç deneyleriyle kontrol edilmelidir.

Taze beton kıvamı  $\geq S 4$ ,  $V 4$ ,  $C 3$  veya  $\geq F4$  olan betonlar, yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkılarla imal edilmelidir.

#### 1.4.7 Beton sıcaklığı

Taze beton sıcaklığı döküm anında 5°C'den daha düşük olmamalıdır.

#### 1.4.8 Beton bileşimi için temel özellikler

Betonun bileşim oranları ve bileşen malzemeleri, kıvam, yoğunluk, dayanım, dayanıklılık, betona gömülü çelik donatının korozyondan korunmasına ilişkin taze ve sertleşmiş beton için belirlenmiş özellikleri sağlamak üzere, imalat işlemi ve beton yapının öngörülen yapım yöntemi de dikkate alınarak seçilmelidir.

Yapıda, betonun gerekli özelliklerinin sağlanması ancak taze betonun, kullanım yerinde belirli uygulama kurallarına göre işleme tâbi tutulmasıyla gerçekleştirilebilir. Bu nedenle betonun taşınması, yerleştirilmesi, sıkıştırılması, kuru ve daha sonraki işlemler, dikkate alınmalıdır.

#### 1.5 Taze beton özellikleri

##### 1.5.1. Kıvam

Taze beton kıvamı, aşağıda verilenlerden herhangi birisiyle ölçülmelidir.

- Çökme deneyi, TS EN 12350-2'ye göre,
- Vebe deneyi, TS EN 12350-3'e göre,
- Sıkıştırılabilme derecesi, TS EN 12350-4'e göre,
- Yayılma tablası deneyi, TS EN 12350-5'e göre,

Deney metodlarının belirli kıvam sınırları dışında hassas olmaması nedeniyle, belirtilen kıvam tayini deneyleri aşağıda verilen sınırlar içerisinde kullanılmalıdır.

- Çökme  $\geq 10$  mm ve  $\leq 210$  mm,
- Vebe süresi  $\leq 30$  saniye ve  $> 5$  saniye,
- Sıkıştırılabilme derecesi  $\geq 1,04$  ve  $< 1,46$ ,
- Yayılma çapı  $> 340$  mm ve  $\leq 620$  mm

**Beton kıvamı betonun kullanım anında veya hazır beton için teslim anında belirlenmelidir.**

##### 1.5.1.1 Kıvam sınıfları

Beton kıvamı, Çizelge 3, Çizelge 4, Çizelge 5 veya Çizelge 6'da verilen şekilde sınıflandırılır.

**Çizelge 3 - Çökme sınıfları**

| Sınıf             | Çökme, mm  |
|-------------------|------------|
| S 1               | 10 - 40    |
| S 2               | 50 - 90    |
| S 3               | 100 - 150  |
| S 4               | 160 - 210  |
| S 5 <sup>1)</sup> | $\geq 220$ |

**Çizelge 4 - Vebe sınıfları**

| Sınıf             | Vebe süresi, saniye |
|-------------------|---------------------|
| V 0 <sup>1)</sup> | $\geq 31$           |
| V 1               | 30 - 21             |
| V 2               | 20 - 11             |
| V 3               | 10 - 6              |
| V 4 <sup>1)</sup> | 5 - 3               |

**Çizelge 5 - Sıkıştırılabilirlik sınıfları**

| Sınıf             | Sıkıştırılabilirlik derecesi |
|-------------------|------------------------------|
| C 0 <sup>1)</sup> | $\geq 1,46$                  |
| C 1               | 1,45 - 1,26                  |
| C 2               | 1,25 - 1,11                  |
| C 3               | 1,10 - 1,04                  |

**Çizelge 6 - Yayılma sınıfları**

| Sınıf             | Yayılma çapı, mm |
|-------------------|------------------|
| F 1 <sup>1)</sup> | $\leq 340$       |
| F 2               | 350 - 410        |
| F 3               | 420 - 480        |
| F 4               | 490 - 550        |
| F 5               | 560 - 620        |
| F 6 <sup>1)</sup> | $\geq 630$       |

**Çizelge 7 - Hedef kıvam değerleri için toleranslar**

|                              |                |             |             |
|------------------------------|----------------|-------------|-------------|
| Slamp                        |                |             |             |
| Hedef değer,mm               | $\leq 40$      | 50 - 90     | $\geq 100$  |
| Tolerans,mm                  | $\pm 10$       | $\pm 20$    | $\pm 30$    |
| Vebe süresi                  |                |             |             |
| Hedef değer,saniye           | $\geq 11$      | 10 - 6      | $\leq 5$    |
| Tolerans,saniye              | $\pm 3$        | $\pm 2$     | $\pm 1$     |
| Sıkıştırılabilirlik derecesi |                |             |             |
| Hedef değer                  | $\geq 1,26$    | 1,25 - 1,11 | $\leq 1,10$ |
| Tolerans                     | $\pm 0,10$     | $\pm 0,08$  | $\pm 0,05$  |
| Yayılma çapı                 |                |             |             |
| Hedef değer,mm               | Bütün değerler |             |             |
| Tolerans,mm                  | $\pm 30$       |             |             |

**1.5.2 Çimento miktarı ve su/çimento oranı**

Betonun su/çimento oranı, tayin edilen çimento miktarı ve etkili su miktarı (1.4.6.kimyasal katkıların kullanımı maddesi) esas alınarak yapılan hesaplamayla belirlenmelidir. Normal ve ağır agregaların su emmesi TS EN 1097- 6'ya uygun olarak tayin edilmelidir.

En az çimento miktarı yerine en az (Çimento+ mineral katkı) miktarının veya su/çimento oranı yerine su/(çimento + k x mineral katkı) oranı veya su/(çimento + mineral katkı) oranının (mineral katkıların kullanımı maddesi)geçmesi halinde metot uygun değişiklikler yapılarak uygulanmalıdır. Belirlenen su/çimento oranlarından hiçbirisi sınır değer 0,02 fazlasını geçmemelidir.

**1.5.3 Hava miktarı**

Betonun hava miktarı, normal ve ağır betonda TS EN 12350 - 7'ye, uygun olarak tayin edilmelidir. Hava miktarı, en küçük değerle tarif edilir. Hava miktarının üst sınırı, en küçük değere % 4 sabit sayı ilave edilmesiyle bulunur.

## 1.6 Sertleşmiş beton özellikleri

### 1.6.1 Genel

Beton dayanımı, TS EN 12350-1'e uygun şekilde alınan taze beton numunelerle oluşturulan ve TS EN 12390-2'ye uygun olarak hazırlanıp bakım uygulanan, TS EN 12390-1'e uygun 150 mm kenar uzunluğuna sahip küp veya 150/300 mm ebatlarında silindir numunelerde yapılan deneylerle belirlenir.

### 1.6.2 Basınç dayanımı

Beton basınç dayanımı, TS EN 12390-3'e uygun küp şekilli numunede tayin edilmişse  $f_{c,küp}$ , silindir şekilli numunede tayin edilmişse  $f_{c,sil}$  şeklinde ifade edilir.

Betonun, basınç dayanımına göre sınıflandırılmasında, normal beton ve ağır beton için Çizelge 8'de verilen sınıflar uygulanır. Sınıflandırmada, çapı 150 mm ve yüksekliği 300 mm olan silindir şekilli numunenin 28 günlük karakteristik basınç dayanımı ( $f_{ck,sil}$ ) veya kenar uzunluğu 150 mm olan küp şekilli numunenin 28 günlük karakteristik basınç dayanımı ( $f_{ck,küp}$ ) kullanılabilir. Basınç dayanımı, aksi belirtilmedikçe 28 günlük numunelerde tayin edilir.

Betonun karakteristik basınç dayanımı, belirlenmiş basınç dayanımı sınıfı için Çizelge 8 'de verilen en düşük karakteristik basınç dayanımından daha büyük veya eşit olmalıdır.

**Çizelge 8-** Normal ve ağır beton için basınç dayanımı sınıflar

| Basınç dayanımı sınıfı | En düşük karakteristik<br>silindir dayanımı<br>$f_{ck,sil}$<br>N/mm <sup>2</sup> | En düşük karakteristik<br>küp dayanımı<br>$f_{ck,küp}$<br>N/mm <sup>2</sup> |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| C 8/10                 | 8                                                                                | 10                                                                          |
| C 12/15                | 12                                                                               | 15                                                                          |
| C 16/20                | 16                                                                               | 20                                                                          |
| C 20/25                | 20                                                                               | 25                                                                          |
| C 25/30                | 25                                                                               | 30                                                                          |
| C 30/37                | 30                                                                               | 37                                                                          |
| C 35/45                | 35                                                                               | 45                                                                          |
| C 40/50                | 40                                                                               | 50                                                                          |
| C 45/55                | 45                                                                               | 55                                                                          |
| C 50/60                | 50                                                                               | 60                                                                          |
| C 55/67                | 55                                                                               | 67                                                                          |
| C 60/75                | 60                                                                               | 75                                                                          |
| C 70/85                | 70                                                                               | 85                                                                          |
| C 80/95                | 80                                                                               | 95                                                                          |
| C 90/105               | 90                                                                               | 105                                                                         |
| C 100/115              | 100                                                                              | 115                                                                         |

### 1.6.3 Yarmada çekme dayanımı

Betonun çekme dayanımı, yarma deneyi ile tayin edilecekse deney işlemi, TS EN 12390-6'ya uygun olarak yapılmalıdır. Aksi belirtilmemişse yarmada çekme dayanımı 28 günlük numunede tayin edilmelidir.

Betonun karakteristik yarmada çekme dayanımı, o beton için belirlenmiş karakteristik yarmada çekme dayanımından daha büyük veya eşit olmalıdır.

### 1.6.4 Yoğunluk

Beton, etüv kuru yoğunluğuna göre, normal beton, hafif beton veya ağır beton olarak tarif edilir. Betonun etüv kuru yoğunluğu, TS EN 12390 -7'ye uygun olarak tayin edilmelidir.

Normal betonun etüv kuru yoğunluğu 2000 kg/m<sup>3</sup> 'den büyük olmalı ancak 2600 kg/m<sup>3</sup>'ü geçmemelidir. Hafif betonun etüv kuru yoğunluğu, beton için belirlenmiş yoğunluk sınıfı için Çizelge

9'da verilen sınır değerler arasında olmalıdır. Ağır betonun yoğunluğu ise 2600 kg/m<sup>3</sup>'ten büyük olmalıdır. Yoğunluğun hedef değer olarak belirlenmesi durumunda  $\pm 100$  kg/m<sup>3</sup> tolerans tanınır.

#### 1.6.5 Su işlemesine (nüfuzuna) karşı direnç

Betonun, su işlemesine karşı direnci deney numuneleri kullanılarak belirlenecekse, deney metodu ve uygunluk kriterlerine, şartname hazırlayıcı ve imalâtçı ortaklaşa karar vermelidir. Üzerinde mutabakata varılmış deney metodunun mevcut olmaması halinde, su işlemesine karşı direnç, beton karışım oranlarının sınırlandırılması yoluyla dolaylı olarak belirlenebilir.

#### 1.6.6 Yangına direnç

TS 706 EN 12620'e uygun doğal agregalar, TS EN 197-1'e uygun çimento, TS EN 934-2'e uygun kimyasal katkıları, TS EN 450/TS EN 13263'e uygun mineral katkılardan meydana gelen beton Euro sınıfı A olarak sınıflandırılır ve deneye gerek duyulmaz.

### 1.7 Basınç dayanımı için uygunluk kriterleri

#### 1.7.1 İmalât kontrol belgeli imal edilen beton

**Çizelge 9** - Basınç dayanımı ile tanımlama kriterleri

| Belirli hacimdeki betondan elde edilen deney adedi "n" | 1. Kriter                                                          | 2. Kriter                                                   |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                                        | "n" adet deney sonucu ortalaması ( $f_{cm}$ )<br>N/mm <sup>2</sup> | Herhangi tek deney sonucu ( $f_{ci}$ )<br>N/mm <sup>2</sup> |
| 1                                                      | Uygulanamaz                                                        | $\geq f_{ck} - 4$                                           |
| 2 - 4                                                  | $\geq f_{ck} + 1$                                                  | $\geq f_{ck} - 4$                                           |
| 5 - 6                                                  | $\geq f_{ck} + 2$                                                  | $\geq f_{ck} - 4$                                           |

#### 1.7.2 İmalât kontrol belgesiz imal edilen beton

**Çizelge 10** - Basınç dayanımı için uygunluk kriterleri

| İmalât    | Grupa elde edilen basınç dayanımı deney sonucu adedi "n" | 1. Kriter                                                             | 2. Kriter                                                   |
|-----------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|           |                                                          | "n" adet deney sonucunun ortalaması ( $f_{cm}$ )<br>N/mm <sup>2</sup> | Herhangi tek deney sonucu ( $f_{ci}$ )<br>N/mm <sup>2</sup> |
| Başlangıç | 3                                                        | $\geq f_{ck} + 4$                                                     | $\geq f_{ck} - 4$                                           |
| Sürekli   | 15                                                       | $\geq f_{ck} + 1,48\sigma$                                            | $\geq f_{ck} - 4$                                           |

### 1.8 Yarmada çekme dayanımı için uygunluk kriterleri

Betonun yarmada çekme dayanımının uygunluğu, 28 günlük olarak deneye tâbi tutulan numunelerde bulunan sonuçlar kullanılarak değerlendirilir.

**Çizelge 11 - Yarmada çekme dayanımı için uygunluk kriterleri**

| İmalât    | Grupta elde edilen deney sonucu adedi "n" | 1. Kriter                                                             | 2. Kriter                                                   |
|-----------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|           |                                           | "n" adet deney sonucunun ortalaması ( $f_{tm}$ )<br>N/mm <sup>2</sup> | Herhangi tek deney sonucu ( $f_{ti}$ )<br>N/mm <sup>2</sup> |
| Başlangıç | 3                                         | $\geq f_{tk} + 0,5$                                                   | $\geq f_{tk} - 0,5$                                         |
| Sürekli   | 15                                        | $\geq f_{tk} + 1,48 \sigma$                                           | $\geq f_{tk} - 0,5$                                         |

**1.9 Beton karışımı için sınır değerlerle ilgili öneriler**

Burada, beton karışımında, etki sınıfı ile ilgili özellikler için sınır değerlerin seçimi hakkında öneriler verilmiştir. Çizelge 12'de verilen değerler, yapının 50 yıl kullanım ömrüne sahip olacağı esas alınarak belirlenmiştir. Çizelge 12'de verilen değerler TS EN 197-1'e uygun CEM I tipi çimento ve 20 mm - 32mm arasında agrega en büyük anma tane büyüklüğüne sahip agrega ile yapılmış betonlarda geçerlidir. En küçük dayanım sınıfları, su/çimento oranı ile 32,5 sınıfı dayanıma sahip çimento ile yapılmış betonun dayanım sınıfı arasındaki ilişki kullanılarak belirlenmiştir. En yüksek su/çimento oranı ve en az çimento miktarı sınır değerleri, her durumda uygulanabilir. Aynı zamanda beton dayanım sınıfı da ilâve olarak belirtilebilir.

**Çizelge 12 - Beton karışımı ve özellikleri için önerilen sınır değerler**

|                                           | Etki sınıfları                           |                         |        |        |        |                                |        |        |        |        |                                                                      |                      |                  |                  |                                            |                        |        |        |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------------------------------------|------------------------|--------|--------|
|                                           | Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok | Karbonatlaşma nedeniyle |        |        |        | Klorürün sebep olduğu korozyon |        |        |        |        |                                                                      | Donma/çözülme etkisi |                  |                  |                                            | Zararlı kimyasal ortam |        |        |
|                                           |                                          | Deniz suyu              |        |        |        | Deniz suyu haricinde           |        |        |        |        |                                                                      |                      |                  |                  |                                            |                        |        |        |
|                                           | X0                                       | XC1                     | XC2    | XC3    | XC4    | XS1                            | XS2    | XS3    | XD1    | XD2    | XD3                                                                  | XF1                  | XF2              | XF3              | XF4                                        | XA1                    | XA2    | XA3    |
| En büyük su/çimento oranı                 | -                                        | 0,65                    | 0,60   | 0,55   | 0,50   | 0,50                           | 0,45   | 0,45   | 0,55   | 0,55   | 0,45                                                                 | 0,55                 | 0,55             | 0,50             | 0,45                                       | 0,55                   | 0,50   | 0,45   |
| En küçük dayanım sınıfı                   | C12/25                                   | C20/25                  | C25/30 | C30/37 | C30/37 | C30/37                         | C35/45 | C35/45 | C30/37 | C30/37 | C35/45                                                               | C30/37               | C25/30           | C30/37           | C30/37                                     | C30/37                 | C30/37 | C35/45 |
| En az çimento içeriği(kg/m <sup>3</sup> ) | -                                        | 260                     | 280    | 280    | 300    | 300                            | 320    | 340    | 300    | 300    | 320                                                                  | 300                  | 300              | 320              | 340                                        | 300                    | 320    | 360    |
| En az hava içeriği (%)                    | -                                        | -                       | -      | -      | -      | -                              | -      | -      | -      | -      | -                                                                    | -                    | 4,0 <sup>a</sup> | 4,0 <sup>a</sup> | 4,0 <sup>a</sup>                           | -                      | -      | -      |
| Diğer şartlar                             |                                          |                         |        |        |        |                                |        |        |        |        | prEN 12620 : 2000'e uygun donma/çözülme dayanıklılığına sahip agrega |                      |                  |                  | Sülfatlara dayanıklı çimento <sup>b)</sup> |                        |        |        |

a Hava sürüklenmemiş betonda, beton performansı, ilgili etki sınıfı için donma/çözülme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonla mukayese edilerek uygun deney metoduna göre belirlenmelidir.

b XA2 ve XA3 etki sınıfında baskın etkinin SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>'den kaynaklanması halinde sülfatlara dayanıklı çimento kullanılması zorunludur. Sülfatlara dayanıklılık bakımından çimentonun sınıflandırılması halinde orta ve yüksek dayanıklı olarak sınıflandırılan çimento X A2 etki sınıfında (uygulanabiliyorsa X A1 etki sınıfında) ve yüksek dayanıklı çimento ise XA3 etki sınıfında kullanılmalıdır.

# **BÖLÜM 2**

**BETON AGREGALARI**  
**(TS 706 EN12620)**



## **BETON AGREGALARI (TS 706 EN 12620)**

Betonun yaklaşık olarak hacmen %75'ini oluşturan agregaların nitelik ve nicelikleri, betonun kalitesini ve ekonomisini büyük ölçüde etkiler. Agregada betonun iskeletini oluşturduğundan özelliklerinin kullanılmalarından önce deneylerle belirlenmesi gerekir. Ülkemizde beton agregalarında aranan özellikler **TS 706 EN 12620** standardında belirlenmiştir.

### **2.1 Tanımlar:**

#### **Agrega:**

Yapılarda kullanılan taneli malzeme. Agregada, doğal, yapay veya geri kazanılmış tipte olabilir.

#### **İri agrega:**

"D" değerinin 4 mm'den büyük veya 4 mm'ye, "d" değerinin ise 2 mm'den büyük veya 2 mm'ye eşit olduğu tane büyüklüklerindeki agregaya verilen isim.

#### **İnce agrega:**

"D" değerinin 4 mm'den küçük veya 4 mm'ye eşit olduğu tane büyüklüğündeki agregaya verilen isim.

#### **Çok ince malzeme:**

0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen agrega tane sınıfı.

#### **Normal agrega**

TS EN 1097-6'ya uygun olarak tayin edilen etüv kurusu tane yoğunluğu  $2000 \text{ kg/m}^3$  -  $3000 \text{ kg/m}^3$  arasında olan agrega.

#### **Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agrega:**

"D" değerinin 8 mm'den küçük veya 8 mm'ye eşit olduğu nehir kökenli doğal agregalara verilen isim.

#### **Karışık (tuvenan) agrega:**

İri ve ince agregaların karışımından oluşan agrega.

#### **Dolgu agregası:**

Çoğunluğu, 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen ve yapı malzemelerine belirli özellikler kazandırmak amacıyla ilave edilen malzeme.

#### **Doğal agrega:**

Mekanik işlem dışında herhangi bir işleme tabi tutulmamış olan mineral kaynaklardan elde edilen agrega.

#### **Agrega tane sınıfı (büyüklüğü):**

Agreganın, alt (d) ve üst (D) elek göz açıklıkları cinsinden ifade edilen d/D olarak gösterilişi.

#### **d/D<sub>i</sub> Tane büyüklüğü aralığı**

İki eleğin büyüğünden (D) geçen ve küçüğünde (d) tutulan agrega aralığıdır.

#### **Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu:**

Bir agrega numunesinin etüvde kurutulmuş haldeki kütlesinin, taneler içindeki kapalı boşluklar ve suyun girebildiği boşluklar da dahil, suda işgal ettiği hacme oranı.

#### **Görünür tane yoğunluğu:**

Bir agrega numunesinin etüvde kurutulmuş haldeki kütlesinin, taneler içindeki kapalı boşluklar dahil, ancak suyun girebildiği boşluklar hariç olmak üzere, suda işgal ettiği hacme oranı.

**Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu:**

Suyun girebildiği boşluklarda bulunan su ile agreganın toplam kütlesinin, taneler içindeki kapalı boşluklar ve suyun girebildiği boşluklar da dahil (eğer varsa), suda işgal ettiği hacme oranı.

**Su emme:**

Suyun, tanelerdeki boşluklara nüfuz ederek emilmesi sebebiyle, etüvde kurutulmuş agreganın kütlesinde meydana gelen artış.

**Sabit kütle:**

En az 1 saatlik ( $110 \pm 5$ ) °C'de yapılan kurutma aralıklarında birbirlerini takip eden iki tartım arasındaki farkın, %0,1'den daha büyük farklılık göstermemesi durumudur.

**2.2 Geometrik özellikler****2.2.1 Agreganın tane sınıfları**

Dolgu malzemesi olarak kullanılan agregaların dışındaki bütün agregalar, d/D gösterilişi kullanılarak agreganın tane sınıfı cinsinden belirtilmelidir. Agreganın tane sınıfları, Çizelge 13'de belirtilen temel elek serisi veya temel elek serisi + seri 1 veya temel elek serisi + seri 2 sütunlarından seçilen bir elek göz açıklığı çifti kullanılarak belirtilmelidir. Seri 1 ve seri 2'den seçilen elek göz açıklık kombinasyonlarının kullanılmasına izin verilmez. Agreganın tane sınıfları, 1,4'ten daha küçük bir D/d oranına sahip olmalıdır.

**Çizelge 13 - Agreganın tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları**

| Temel elek serisi<br>mm                                                                                                                        | Temel elek serisi + seri 1<br>mm | Temel elek serisi + seri 2<br>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, agreganın tane büyüklüklerinin basitleştirilmiş gösterilişi olarak kullanılabilir. |                                  |                                  |

**2.2.2 Tane büyüklüğü dağılımı (granülometri)****2.2.2.1 İri agregalar**

Bütün iri agregalar, d/D tane sınıfı gösterilişine ve Çizelge 14'den seçilen kategorilere uygun olarak Çizelge 13'de belirtilen genel tane büyüklüğü dağılımı özelliklerine uygun olmalıdır.

**Çizelge 14 - Tane büyüklüğü dağılımı için genel şartlar**

| Agrega                            | Tane büyüklüğü           | Elekten geçen kütlece yüzde |                      |                |                |                    | Kategori,<br>G <sup>d</sup> |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------------------|
|                                   |                          | 2 D                         | 1,4 D <sup>a,b</sup> | D <sup>c</sup> | d <sup>b</sup> | d/2 <sup>a,b</sup> |                             |
| İri                               | D/d ≤ 2 veya D ≤ 11,2 mm | 100                         | 98 - 100             | 85 - 99        | 0 - 20         | 0 - 5              | G <sub>C</sub> 85/20        |
|                                   |                          | 100                         | 98 - 100             | 80 - 99        | 0 - 20         | 0 - 5              | G <sub>C</sub> 80/20        |
|                                   | D/d > 2 ve D > 11,2 mm   | 100                         | 98 - 100             | 90 - 99        | 0 - 15         | 0 - 5              | G <sub>C</sub> 90/15        |
| İnce                              | D ≤ 4 mm ve d = 0        | 100                         | 95 - 100             | 85 - 99        | -              | -                  | G <sub>F</sub> 85           |
| Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 | D = 8 mm ve d = 0        | 100                         | 98 - 100             | 90 - 99        | -              | -                  | G <sub>NG</sub> 90          |
| Karışık                           | D ≤ 45 ve d = 0          | 100                         | 98 - 100             | 90 - 99        | -              | -                  | G <sub>A</sub> 90           |
|                                   |                          | 100                         | 98 - 100             | 85 - 99        | -              | -                  | G <sub>A</sub> 85           |

<sup>a)</sup> Hesaplanan elek numaralarının, ISO 565:1990 R 20 serisindeki tam numaralar olmaması durumunda, bir sonraki en yakın elek göz açıklığı kullanılmalıdır.

<sup>b)</sup> Kesikli granülometriye sahip agregadan yapılan beton veya diğer özel kullanımlar için ilâve özellikler belirtilebilir.

<sup>c)</sup> Elekten geçen yüzde (D), kütlece % 99'dan daha büyük olabilir, ancak bu gibi durumlarda üretici, D, d, d/2 göz açıklıklı elekleri ile temel elek serisi + seri 1'deki veya d ile D arasında yer alan temel elek serisi + seri 2'deki elekler de dahil olmak üzere tipik tane büyüklüğü dağılımını belgelendirmeli ve beyan etmelidir. Bir önceki alt elek göz açıklığının 1,4 katından daha küçük orana sahip elekler kullanılmayabilir.

<sup>d)</sup> Diğer agrega ürün standartları, kategoriler için farklı özelliklere sahiptir.

a) D > 11,2 mm ve D/d > 2 veya

b) D ≤ 11,2 mm ve D/d > 4 olan tane büyüklük dağılımı yapılmış iri agregalarda, orta göz açıklıklı elekten geçen yüzde, ilave olarak Çizelge 2.3'de verilen genel sınırlara uymalıdır.

**Çizelge 15 - Orta göz açıklıklı eleklerle yapılan iri agrega tane büyüklüğü dağılımı için genel sınırlar ve toleranslar**

| D/d | Orta göz açıklıklı elek<br>mm | Orta göz açıklıklı eleklerdeki genel sınırlar ve toleranslar<br>(Elekten geçen kütlece yüzde) |                                                                                 | Kategori<br>G <sub>T</sub> |
|-----|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|     |                               | Genel sınırlar                                                                                | Üreticinin beyan ettiği tipik tane büyüklüğü dağılımına uygulanacak toleranslar |                            |
| < 4 | D/1,4                         | 25 - 70                                                                                       | ± 15                                                                            | G <sub>T</sub> 15          |
| ≥ 4 | D/2                           | 25 - 70                                                                                       | ± 17,5                                                                          | G <sub>T</sub> 17,5        |

Yukarıda gösterildiği gibi hesaplanan orta göz açıklıklı elek, ISO 565:1990/R 20 serisinde verilen tam elek göz açıklığına sahip olmaması durumunda, serideki en yakın elek kullanılmalıdır.

**Not -** Yaygın olarak kullanılan ürün tane büyüklükleriyle ilgili genel sınırlar ve toleranslar, Ek A'da verilmiştir.

### 2.2.2.2 İnce agregalar

İnce agregalar, üst elek göz açıklığına (D) uygun olarak Çizelge 15'de belirtilen genel tane büyüklüğü dağılımı şartlarını sağlamalıdır.

Tipik tane büyüklüğü dağılımı, Çizelge 16'da belirtilen elek göz açıklıklarından geçen kütlece agrega yüzdesi olarak ifade edilir ve burada belirtilen özelliklere uygun olmalıdır.

**Çizelge 16** - Genel kullanım amaçlı ince agregalar için üreticinin beyan ettiği tipik tane büyüklüğü dağılımı ile ilgili toleranslar

| Elek göz açıklığı<br>mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Elekten geçen kütlece yüzdelerin toleransları |                   |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0/4                                           | 0/2               | 0/1               |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ± 5 <sup>a)</sup>                             | -                 | -                 |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | -                                             | ± 5 <sup>a)</sup> | -                 |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ± 20                                          | ± 20              | ± 5 <sup>a)</sup> |
| 0,250                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ± 20                                          | ± 25              | ± 25              |
| 0,063 <sup>b)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ± 3                                           | ± 5               | ± 5               |
| <sup>a)</sup> ± 5'lik toleranslar, Çizelge 2'de elekten geçen yüzde (D) değerleriyle daha da sınırlı hale gelir.<br><sup>b)</sup> Belirtilen toleranslara ilâve olarak, Çizelge 11'den seçilen kategori için çok ince malzemenin miktarının en büyük değeri, 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen yüzde değerlerine uygulanır. |                                               |                   |                   |

#### İnce agregaların irilik sınıflaması:

İnce agregaların irilik sınıflamasıyla ilgili tavsiyeler, Çizelge 17 ve Çizelge 18 'de verilmiştir. Ancak, bu amaçla çizelgelerin her ikisi birlikte kullanılamaz.

Çizelge 17 ve Çizelge 18'de, iri olarak sınıflandırılmış olan ince agregalar C harfi, orta olarak sınıflandırılanlar M harfi ve ince olarak sınıflandırılanlar ise F harfi ile gösterilir.

İlave olarak, Çizelge 17 seçildiğinde, 0,500 mm göz açıklıklı elekten geçen yüzde için; C, M veya F harflerinden sonra P harfi ilave edilir (mesela, orta tane büyüklüğü dağılımı için MP kullanılır).

Benzer şekilde, Çizelge 18 seçildiğinde, incelik modülü için; C, M veya F harflerinden sonra F harfi ilave edilir (mesela, ince tane büyüklüğü dağılımı için FF kullanılır).

**Çizelge 17** - 0,500 mm göz açıklıklı elekten geçen yüzdeye bağlı olarak irilik veya incelik

| Elekten geçen kütlece yüzde |         |          |
|-----------------------------|---------|----------|
| CP                          | MP      | FP       |
| 5 - 45                      | 30 - 70 | 55 - 100 |

**Çizelge 18** - İncelik modülüne bağlı olarak irilik veya incelik

| İncelik modülü |           |           |
|----------------|-----------|-----------|
| CF             | MF        | FF        |
| 4,0 - 2,4      | 2,8 - 1,5 | 2,1 - 0,6 |

İncelik modülü (FM), kararlılığın kontrol edilmesi amacıyla kullanılır. İlave olarak istendiği durumlarda, bir sevkiyata ait FM değeri, beyan edilen FM ± 0,50 sınırları dahilinde veya belirtilen diğer bir sınır dahilinde olmalıdır.

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

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

İncelik Modülü hiçbir zaman granülometriyi ifade etmez. Zira çeşitli agregaların granülometrelerinden elde edilecek incelik modülleri aynı değeri verebilir.

### 2.2.3 Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar

Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar, Çizelge 14'de belirtilen genel tane büyüklüğü dağılımı şartlarını sağlamalıdır.

**Çizelge 19** - Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar için üreticinin beyan ettiği tipik tane büyüklüğü dağılımı ile ilgili toleranslar

| Elek göz açıklığı<br>mm | Toleranslar<br>(Elekten geçen kütlece yüzde) |
|-------------------------|----------------------------------------------|
| 8                       | ± 5                                          |
| 2                       | ± 10                                         |
| 1                       | ± 10                                         |
| 0,250                   | ± 10                                         |
| 0,125                   | ± 3                                          |
| 0,063                   | ± 2                                          |

### 2.2.4 Karışık agregalar

Karışık agregalar,  $D \leq 45$  mm ve  $d = 0$  olan iri ve ince agregaların bir karışımından oluşmalı ve Çizelge 14'den seçilen kategori için genel tane büyüklüğü dağılımı özelliklerine uygun olmalıdır.

Karışık agregalar ayrıca, agrega tane büyüklüğüne uygun olarak Çizelge 20'de belirtilen iki ara elekten geçen yüzde kısmı için öngörülen özelliklere uygun olmalıdır.

**Çizelge 20** - Karışık agregaların tane büyüklüğü dağılımı özellikleri

| Agrega tane büyüklüğü<br>mm                                                                                                    |                            | Aşağıda gösterilen eleklerin genel sınırları<br>(Elekten geçen kütlece yüzde) |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Temel elek serisi + seri 1                                                                                                     | Temel elek serisi + seri 2 | 40 ± 20                                                                       | 70 ± 20   |
|                                                                                                                                |                            | Elek için<br>mm                                                               |           |
| -                                                                                                                              | 0/6,3                      | 1                                                                             | 4         |
| 0/8                                                                                                                            | 0/8                        | 1                                                                             | 4         |
| -                                                                                                                              | 0/10                       | 1                                                                             | 4         |
| 0/11,2 (11)                                                                                                                    | -                          | 2                                                                             | 5,6 (5)   |
| -                                                                                                                              | 0/12,5 (12)                | 2                                                                             | 6,3 (6)   |
| -                                                                                                                              | 0/14                       | 2                                                                             | 8         |
| 0/16                                                                                                                           | 0/16                       | 2                                                                             | 8         |
| -                                                                                                                              | 0/20                       | 2                                                                             | 10        |
| 0/22,4 (22)                                                                                                                    | -                          | 2                                                                             | 11,2 (11) |
| 0/31,5 (32)                                                                                                                    | 0/31,5 (32)                | 4                                                                             | 16        |
| -                                                                                                                              | 0/40                       | 4                                                                             | 20        |
| 0/45                                                                                                                           | -                          | 4                                                                             | 22,4 (22) |
| <b>Not</b> - Parantez içinde verilen rakamlar, agrega tane büyüklüklerinin basitleştirilmiş gösterilişi olarak kullanılabilir. |                            |                                                                               |           |

### 2.2.5 Dolgu agregaları

TS EN 933-10'a uygun olarak tayin edilen dolgu agregası tane büyüklüğü dağılımı, Çizelge 21'de belirtilen sınırlara uygun olmalıdır.

**Çizelge 21** - Dolgu agregalarının tane büyüklüğü dağılım özellikleri

| Elek göz açıklığı<br>mm                                                                                                                                                                                                                                     | Elekten geçen kütlece yüzde         |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                             | Münferit sonuçlar için genel aralık | Üretici tarafından beyan edilen en büyük aralık <sup>a)</sup> |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                           | 100                                 | -                                                             |
| 0,125                                                                                                                                                                                                                                                       | 85 -100                             | 10                                                            |
| 0,063                                                                                                                                                                                                                                                       | 70 - 100                            | 10                                                            |
| <sup>a)</sup> Beyan edilen tane büyüklüğü dağılım aralığı, en az 20 değeri esas alır (Çizelge H.1, satır 1). Sonuçların %90'ı, bu aralığın içerisinde olmalı, ancak sonuçların tümü, genel tane büyüklüğü dağılım aralığı dahilinde bulunmalıdır (Sütun 2). |                                     |                                                               |

### 2.3 İri agregaların tane şekli

İri agregaların şekli, TS EN 933-3'te belirtilen yassılık indeksi cinsinden tayin edilmelidir. Yassılık indeksi, iri agregaların tane şeklinin tayininde referans deney olarak kullanılmalıdır. Yassılık indeksi, Çizelge 22'de belirtilen değerlere göre sınıflandırılır.

**Çizelge 22** - En büyük yassılık indeks değerlerine göre kategoriler

| Yassılık indeksi | Kategori<br>FI      |
|------------------|---------------------|
| ≤ 15             | FI <sub>15</sub>    |
| ≤ 20             | FI <sub>20</sub>    |
| ≤ 35             | FI <sub>35</sub>    |
| ≤ 50             | FI <sub>50</sub>    |
| > 50             | FI <sub>beyan</sub> |
| Serbest          | FI <sub>NR</sub>    |

İstendiğinde, TS EN 933-4'e uygun olarak tayin edilmiş olan şekil indeksi, Çizelge 23'de belirtilen ilgili kategoriye göre beyan edilir.

**Çizelge 23** - En büyük şekil indeksi değerlerine göre kategoriler

| Şekil indeksi | Kategori<br>SI      |
|---------------|---------------------|
| ≤ 15          | SI <sub>15</sub>    |
| ≤ 20          | SI <sub>20</sub>    |
| ≤ 40          | SI <sub>40</sub>    |
| ≤ 55          | SI <sub>55</sub>    |
| > 55          | SI <sub>beyan</sub> |
| Serbest       | SI <sub>NR</sub>    |

### 2.4 İri agregaların kavkı (kabuk) muhtevası

**Kavkı** : İstiridye veya midyenin sert dış kabuğudur.

TS EN 933-7'ye uygun olarak tayin edilmiş olan iri agregaların kavkı (kabuk) muhtevası, Çizelge 24'de belirtilen ilgili kategoriye uygun olarak beyan edilir.

**Çizelge 24** - İri agregaların en büyük kavkı muhtevası değerlerine göre kategori

| Kavkı muhtevası, % | Kategori, SC        |
|--------------------|---------------------|
| $\leq 10$          | SC <sub>10</sub>    |
| $> 10$             | SC <sub>beyan</sub> |
| Serbest            | SC <sub>NR</sub>    |

## 2.5 Çok ince malzemenin muhtevası

TS EN 933-1'e uygun olarak tayin edilmiş olan çok ince malzemenin muhtevası, Çizelge 25'de belirtilen ilgili kategoriye uygun olarak beyan edilir. Dolgu agregasındaki çok ince malzemenin muhtevası, Çizelge 21'de belirtilen şartları sağlamalıdır.

**Çizelge 25** - Çok ince malzeme muhtevasının en yüksek değerlerine göre belirlenmiş kategoriler

| Agrega                                             | 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen kütlece yüzde | Kategori f         |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------|
| İri agregalar                                      | $\leq 1,5$                                         | f <sub>1,5</sub>   |
|                                                    | $\leq 4$                                           | f <sub>4</sub>     |
|                                                    | $> 4$                                              | f <sub>beyan</sub> |
|                                                    | Serbest                                            | f <sub>NR</sub>    |
| Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar | $\leq 3$                                           | f <sub>3</sub>     |
|                                                    | $\leq 10$                                          | f <sub>10</sub>    |
|                                                    | $\leq 16$                                          | f <sub>16</sub>    |
|                                                    | $> 16$                                             | f <sub>beyan</sub> |
| Karışık agregalar                                  | Serbest                                            | f <sub>NR</sub>    |
|                                                    | $\leq 3$                                           | f <sub>3</sub>     |
|                                                    | $\leq 11$                                          | f <sub>11</sub>    |
|                                                    | $> 11$                                             | f <sub>beyan</sub> |
| İnce agregalar                                     | Serbest                                            | f <sub>NR</sub>    |
|                                                    | $\leq 3$                                           | f <sub>3</sub>     |
|                                                    | $\leq 10$                                          | f <sub>10</sub>    |
|                                                    | $\leq 16$                                          | f <sub>16</sub>    |
|                                                    | $\leq 22$                                          | f <sub>22</sub>    |
|                                                    | $> 22$                                             | f <sub>beyan</sub> |
| İnce agregalar                                     | Serbest                                            | f <sub>NR</sub>    |

## 2.6. Çok ince malzemenin kalitesi

Dolgu agregaları da dahil ince agregalardaki çok ince malzemenin kalitesi, değerlendirilmeli ve zararlı olup olmadığına karar verilmelidir.

Çok ince malzeme, aşağıda belirtilen dört durumdan birinin söz konusu olması halinde zararsız olarak kabul edilmelidir.

- İnce agreganın toplam çok ince malzeme muhtevasının, % 3'ten veya agreganın kullanıldığı yerde geçerli olan mevzuata göre belirtilmiş olan başka bir değerden daha az olması.
- TS EN 933-8'e uygun olarak deneye tabi tutulduğunda, kum eş değerinin (SE), belirtilen alt sınırı aşması.
- TS EN 933-9'a uygun olarak deneye tabi tutulduğunda, metilen mavisi deneyinin (MB), belirtilen alt sınır değerinden daha küçük bir değer vermesi.
- Bilinen bir performans yeterliliğine sahip agreganın kine eşit performansın elde edilmesi veya herhangi bir problemle karşılaşmadan kullanım performans yeterliliğinin kanıtlanması.

0/2 mm aralığı ile yapılan kum eş değeri ve metilen mavisi deneyleriyle ilgili uygunluk özellikleri, normal olarak % 90 ihtimal seviyesinde ifade edilmelidir.

## 2.7 Fiziksel özellikler

### 2.7.1 İri agregaların parçalanmaya karşı direnci

Parçalanmaya karşı direnç, TS EN 1097-2'de belirtilen Los Angeles katsayısı cinsinden tayin edilmelidir. Los Angeles katsayısı, Çizelge 26'da belirtilen ilgili kategoriye uygun olarak beyan edilir.

**Çizelge 26** - En büyük Los Angeles katsayısı değerlerine göre kategoriler

| Los Angeles katsayısı | Kategori, LA        |
|-----------------------|---------------------|
| $\leq 15$             | LA <sub>15</sub>    |
| $\leq 20$             | LA <sub>20</sub>    |
| $\leq 25$             | LA <sub>25</sub>    |
| $\leq 30$             | LA <sub>30</sub>    |
| $\leq 35$             | LA <sub>35</sub>    |
| $\leq 40$             | LA <sub>40</sub>    |
| $\leq 50$             | LA <sub>50</sub>    |
| $> 50$                | LA <sub>beyan</sub> |
| Serbest               | LA <sub>NR</sub>    |

### 2.7.2 İri agregaların aşınmaya karşı direnci

İri agregaların aşınmaya karşı direnci (Mikro-Deval katsayısı, M<sub>DE</sub>), TS EN 1097-1'e uygun olarak tayin edilmelidir. Mikro-Deval katsayısı, Çizelge 27'de belirtilen ilgili kategoriye göre beyan edilir.

**Çizelge 27** - En yüksek aşınmaya karşı direnç değerlerine göre kategoriler

| Mikro-Deval katsayısı | Kategori, M <sub>DE</sub> |
|-----------------------|---------------------------|
| $\leq 10$             | M <sub>DE</sub> 10        |
| $\leq 15$             | M <sub>DE</sub> 15        |
| $\leq 20$             | M <sub>DE</sub> 20        |
| $\leq 25$             | M <sub>DE</sub> 25        |
| $\leq 35$             | M <sub>DE</sub> 35        |
| $> 35$                | M <sub>DE</sub> beyan     |
| Serbest               | M <sub>DE</sub> NR        |

### 2.7.3 Yüzey tabakalarında kullanılan iri agregaların parlatmaya ve aşınmaya karşı direnci

#### 2.7.3.1 Parlatmaya karşı direnç (parlatma değeri - PSV)

Yüzey işlemlerinde kullanılan iri agregaların parlatmaya karşı direnci (parlatma değeri -PSV), TS EN 1097-8'e uygun olarak tayin edilmelidir. Parlatmaya karşı direnç, Çizelge 28'de belirtilen ilgili kategoriye göre beyan edilir.

**Çizelge 28** - En yüksek parlatmaya karşı direnç değerlerine göre kategoriler

| Parlatma değeri                       | Kategori, PSV        |
|---------------------------------------|----------------------|
| $\geq 68$                             | PSV <sub>68</sub>    |
| $\geq 62$                             | PSV <sub>62</sub>    |
| $\geq 56$                             | PSV <sub>56</sub>    |
| $\geq 50$                             | PSV <sub>50</sub>    |
| $\geq 44$                             | PSV <sub>44</sub>    |
| Ara değerler ve 44'ten küçük değerler | PSV <sub>beyan</sub> |
| Serbest                               | PSV <sub>NR</sub>    |

#### 2.7.3.2 Yüzey aşınmasına karşı direnç (agrega aşınma değeri - AAV)

Yüzey aşınmasına karşı direnç (agrega aşınma değeri - AAV), TS EN 1097-8:1999 Ek A'ya uygun olarak tayin edilmelidir.

Yüzey aşınmasına karşı direnç, Çizelge 2.9'da belirtilen ilgili kategoriye uygun olarak beyan edilir.

**Çizelge 29** - En yüksek yüzey aşınmasına karşı direnç değerlerine göre kategoriler

| Agrega aşınma değeri                  | Kategori, AAV        |
|---------------------------------------|----------------------|
| $\leq 10$                             | AAV <sub>10</sub>    |
| $\leq 15$                             | AAV <sub>15</sub>    |
| $\leq 20$                             | AAV <sub>20</sub>    |
| Ara değerler ve 20'den büyük değerler | AAV <sub>beyan</sub> |
| Serbest                               | AAV <sub>NR</sub>    |

#### 2.7.3.3 Çivili lastiklerden kaynaklanan aşınmaya karşı direnç

Çivili lastiklerden kaynaklanan aşınmaya karşı direnç (Nordik aşınma değeri - A<sub>N</sub>), TS EN 1097-9'a göre tayin edilmelidir. Çivili lastiklerden kaynaklanan aşınmaya karşı direnç, Çizelge 30'da belirtilen ilgili kategoriye göre beyan edilir.

**Çizelge 30** - Çivili lastiklerden kaynaklanan en yüksek aşınmaya karşı direnç değerleri için kategoriler

| Nordik aşınma değeri                  | Kategori, A <sub>N</sub> |
|---------------------------------------|--------------------------|
| $\leq 7$                              | A <sub>N7</sub>          |
| $\leq 10$                             | A <sub>N10</sub>         |
| $\leq 14$                             | A <sub>N14</sub>         |
| $\leq 19$                             | A <sub>N19</sub>         |
| $\leq 30$                             | A <sub>N30</sub>         |
| Ara değerler ve 30'dan büyük değerler | A <sub>Nbeyan</sub>      |
| Serbest                               | A <sub>NR</sub>          |

#### 2.7.4 Tane yoğunluğu ve su emme oranı

Tane yoğunluğu ve su emme oranı, TS EN 1097-6'ya göre tayin edilmeli ve sonuçlar, istenmesi halinde beyan edilmelidir.

##### 2.7.4.1 Yığın yoğunluğu

Yığın yoğunluğu, TS EN 1097-3'e uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar, istenmesi halinde beyan edilmelidir.

#### 2.7.4.2 Dayanıklılık

##### İri agregaların donma/çözülme etkisine karşı direnci

Donma ve çözölmeye maruz kalan bir ortamda kullanılacak betonlar için donmaya dirençli agregaya ihtiyaç duyulması durumunda, TS EN 1367-1 veya TS EN 1367-2'ye uygun olarak tayin edilmiş olan donma direnci, Çizelge 31 veya Çizelge 32'de belirtilen ilgili kategoriye göre beyan edilir.

**Çizelge 31** - En yüksek donma-çözölme direnç değelerine göre kategoriler

| Donma-çözölme<br>(Kütlece yüzde kaybı <sup>a)</sup> )                                                                                                                                                                                                                          | Kategori           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| $\leq 1$                                                                                                                                                                                                                                                                       | F <sub>1</sub>     |
| $\leq 2$                                                                                                                                                                                                                                                                       | F <sub>2</sub>     |
| $\leq 4$                                                                                                                                                                                                                                                                       | F <sub>4</sub>     |
| $> 4$                                                                                                                                                                                                                                                                          | F <sub>beyan</sub> |
| Serbest                                                                                                                                                                                                                                                                        | F <sub>NR</sub>    |
| <sup>a)</sup> Aşırı soğuk hava ve/veya tuzluluk veya buz çözücü tuz doygunluğu durumlarında, EN 1367-1:1999 Ek B'de ayrıntısı verilen ve bir tuz çözeltisi veya üre kullanılan deneylerin yapılması daha uygun olabilir. Bu durumda, bu çizelgede verilen sınırlar uygulanmaz. |                    |

**Çizelge 32** - Magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don dayanıklılığı değelerine göre kategoriler

| Magnezyum sülfat değeri<br>(Kütlece yüzde kaybı) | Kategori            |
|--------------------------------------------------|---------------------|
| $\leq 18$                                        | MS <sub>18</sub>    |
| $\leq 25$                                        | MS <sub>25</sub>    |
| $\leq 35$                                        | MS <sub>35</sub>    |
| $> 35$                                           | MS <sub>beyan</sub> |
| Serbest                                          | MS <sub>NR</sub>    |

##### Agregaların donma ve çözölmeye karşı direnci ile ilgili yol gösterici bilgiler

Agreganın, donma ve çözölme işleminden kaynaklanan hasar görme hassasiyeti, öncelikle iklime, nihaî kullanıma, petrografik tipine ve agregata taneleri içindeki gözeneklerin boyut dağılımına bağlıdır.

##### İklim:

Herhangi bir hasarın etkisi; donma-çözölme döngülerinin sıklığı, donma ve çözölmenin derecesi ve agregata tanelerinin doygunluk derecesi ile ilişkilidir.

##### Nihaî kullanım:

Agregaların, kısmen veya tamamen doygun çevre şartları altında veya yüksek nem şartlarında, donma veya çözölme olaylarından hasar görmesi muhtemeldir. Hasar riski, agreganın deniz suyuna veya buz giderme tuzlarına maruz kalması halinde önemli oranda artar.

##### Petrografik yapı

Donma ve çözölmeye karşı direnç, agregata tanelerinin dayanımı ve taneler dahilindeki gözeneklerin boyut ve dağılımının yanı sıra diğer süreksizliklerle de ilişkilidir.

##### Gösterge deneyleri

Donma-çözölme hassasiyeti için bir gösterge oluşturabilen deneyler, petrografik analizi veya aşağıda belirtilen fiziksel deneylerden birini ihtiva eder. Bu deneylerden herhangi biriyle ilgili şartları sağlayan agregalar, donma-çözölmeye karşı dirençli olarak kabul edilebilir.

Agreganın, TS EN 932-3'te belirtilen işleme göre petrografik analize tabi tutulması, donma-çözölme olayından hasar görme ihtimali olan zayıf ve/veya yüksek oranda su emen tanelerin varlığıyla ilgili bir gösterge ortaya koyabilir. Bu tür tanelerin varlığının gözlenmesi veya varlığından şüphelenilmesi halinde, TS EN 1367-1'e uygun olarak tayin edilen donma-çözölme değeri veya TS EN 1367-2'ye uygun olarak tayin edilen magnezyum sülfat etkisine dayanıklılık değeri, agreganın donma-çözölmeye karşı direncinin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Magnezyum sülfat deneyi, agreganın deniz suyuna veya buz giderme tuzlarına maruz kalması durumları için en uygun olarak kabul edilir.

**Not** - Aşırı soğuk hava ve/veya tuzluluk veya buz çözücü tuz doygunluğu durumlarında, TS EN 1367-1 Ek B'de ayrıntısı verilen ve bir tuz çözeltisi veya üre kullanılan deneylerin yapılması daha uygun olabilir.

Ayrıca, beton üzerinde deney yapmak suretiyle agreganın donma-çözölmeye karşı direncinin tahkik edilmesi mümkündür.

### **Su emme oranı**

TS EN 1097-6'ya uygun olarak tayin edilmiş olan su emme oranı, % 1'den daha büyük değilse, agreganın donma-çözülme etkisine dirençli olduğu kabul edilebilir. Ancak, donma-çözülme dayanıklılık için yeterli olan birçok agrega, daha yüksek su emme değerlerine sahiptir. Bu malzemeler, su emme oranları % 2'den daha yüksek olmasına rağmen, yeterli donma-çözülme direncine sahip olabilir.

### **2.7.5 Hacim kararlılığı - kuruma büzülmesi**

Agrega özellikleri sebebiyle betonda hasara yol açan büzülme çatlakları oluşması halinde, gerektiğinde yapı betonunda kullanılacak agregaların kuruma büzülmesi, TS EN 1367-4'e uygun olarak deneye tabi tutulduğunda % 0,075'i aşmamalı ve sonuçlar beyan edilmelidir.

**Not** - Bu özellik, kurumanın hiç meydana gelmediği yerlere, hava sürüklenmiş beton ile kaplanmış kütle betonuna veya simetrik veya yoğun donatılı ve açık havaya maruz kalmayan yapı elemanlarına uygulanmaz.

### **2.7.6 Alkali-silika reaktifliği**

Agregaların alkali-silika reaktifliği, kullanım yerinde geçerli olan mevzuata uygun olarak (Karayollarında CANADA CSA 23.2-25A Standardı uygulanmaktadır.) tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

Belirli agregalar, betondaki gözenekler içerisindeki sıvılarda mevcut bulunan alkali hidroksitler ile reaksiyona girebilir. Olumsuz şartlar altında ve rutubet mevcudiyeti söz konusu olduğunda, bu olay betonda jel oluşumuna, şişmeye ve takiben çatlamaya veya parçalanmaya yol açabilir. En yaygın reaksiyon şekli, alkaliler ve belirli silis formları arasında meydana gelir (alkali-silika reaksiyonu). Daha az yaygın diğer bir reaksiyon şekli, alkali-karbonat reaksiyonudur.

Belirli bir çimento-agrega kombinasyonunun bozulmaya yol açan reaktifliğinin bulunmadığını gösteren geçmiş uzun dönemli bir tecrübe olmaması halinde, aşağıda verilen tedbirlerden birinin alınması gerekli olabilir:

- Beton karışımının toplam alkali muhtevasının sınırlandırılması,
- Etkin alkali muhtevası düşük olan çimento kullanılması,
- Reaktif olmayan bir agrega kombinasyonunun kullanılması,
- Betonun suya doygunluk derecesinin sınırlandırılması.

Agrega-çimento kombinasyonuna, yukarıda belirtilen işlemlerden herhangi birinin uygulanamadığı hallerde, agreganın kullanıldığı yerde geçerli olan mevzuata göre değerlendirilebilir.

## **2.8 Kimyasal özellikler**

### **2.8.1 Klorürler**

Gerektiğinde, beton agregalarının suda çözünebilir klorür iyon muhtevası, TS EN 1744-1'e uygun olarak tayin edilmeli ve istenmesi halinde üretici tarafından beyan edilmelidir.

**Not** - Birleştirilmiş agreganın suda çözünebilir klorür iyon muhtevasının % 0,01'den daha fazla olmadığı biliniyorsa (mesela, ülke içindeki ocaklardan çıkarılan agregalar için), bu değer, betonun klorür muhtevasının hesabında kullanılabilir.

### **2.8.2 Kükürtlü bileşikler**

#### **2.8.2.1 Asitte çözünebilir sülfat**

Gerektiğinde, TS EN 1744-1'e uygun olarak tayin edilmiş olan beton agregalarının ve dolgu agregalarının asitte çözünebilir sülfat muhtevası, Çizelge 33'de belirtilen ilgili kategoriye uygun olarak beyan edilmelidir.

**Çizelge 33** - Asitte çözünebilen en yüksek sülfat muhtevası değerleri için kategoriler

| Agrega                                                       | Asitte çözünebilen sülfat muhtevası<br>(Kütlece yüzde) | Kategori<br>AS      |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|
| Havada soğutulmuş yüksek fırın<br>curufu dışındaki agregalar | $\leq 0,2$                                             | AS <sub>0,2</sub>   |
|                                                              | $\leq 0,8$                                             | AS <sub>0,8</sub>   |
|                                                              | $> 0,8$                                                | AS <sub>beyan</sub> |
|                                                              | Serbest                                                | AS <sub>NR</sub>    |
| Havada soğutulmuş yüksek fırın<br>curufu                     | $\leq 1,0$                                             | AS <sub>1,0</sub>   |
|                                                              | $> 1,0$                                                | AS <sub>beyan</sub> |
|                                                              | Serbest                                                | AS <sub>NR</sub>    |

### 2.8.2.2 Toplam kükürt

Gerektiğinde, agregaların ve dolgu agregalarının TS EN 1744-1'e uygun olarak tayin edilmiş olan toplam kükürt muhtevası, S cinsinden;

a) Havada soğutulmuş yüksek fırın curufu için kütlece % 2'yi,

b) Havada soğutulmuş yüksek fırın curufu dışındaki agregalar için % 1'i aşmamalıdır.

Agregada, pirotin [kararsız bir demir sülfür (FeS) bileşiği] mevcut ise, özel tedbirler alınmalıdır. Bu mineralin mevcut olduğu biliniyorsa, S cinsinden toplam kükürt muhtevası en çok % 0,1 olmalıdır.

### 2.8.3 Diğer bileşenler

#### 2.8.3.1 Betonun priz alma ve sertleşme hızını değiştiren bileşenler

Betonun priz alma ve sertleşme hızını değiştiren oranlarda organik maddeleri veya diğer maddeleri ihtiva eden agregalar ile dolgu agregaları, katılma süresi ve basınç dayanımı üzerindeki etkileri bakımından TS EN 1744-1: Madde 15.3'e uygun olarak değerlendirilmelidir.

Bu maddelerin oranları;

a) Harç deney numunelerinin katılma süresini, 120 dakikadan daha fazla artırmayacak ve

b) Harç deney numunelerinin basınç dayanımını, 28 günde % 20'den daha fazla azaltmayacak miktarlarda olmalıdır.

#### 2.8.3.2 Organik Madde Tayini

Organik madde mevcudiyeti, TS EN 1744-1: Madde 15.1'e uygun olarak tayin edilmelidir. Sonuçlar, yüksek bir organik madde muhtevasının varlığını gösterirse, fulvo asitlerin mevcudiyeti, TS EN 1744-1: Madde 15.2'ye uygun olarak tayin edilmelidir. Bu deneylerde kullanılan berrak sıvı, standard renklerden daha açık ise, agregaların organik madde ihtiva etmediği kabul edilmelidir.

**Not 1** - Organik madde muhtevası deneyindeki berrak sıvının rengini değiştiren bazı inorganik bileşikler, betonun priz almasını ve sertleşmesini olumsuz olarak etkilemez.

**Not 2** - Şekerler, organik madde muhtevası veya fulvo asit deneylerindeki berrak sıvının rengini etkilemez. Ancak Şekerlerin veya şeker türevi maddelerin mevcudiyetinden şüphelenilmesi halinde, agrega, harç deney numunesi kullanılarak deneye tabi tutulmalıdır (TS EN 1744-1: Madde 15.3). Bu durumda, yukarıda verilen katılma süresi ve basınç dayanımı özellikleri uygulanmalıdır.

Gerekli hallerde, hafif organik kirleticilerin bulunup bulunmadığı, TS EN 1744-1: Madde 14.2'ye göre yapılacak deneyle tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

# BÖLÜM 3

## ÇİMENTOLAR (TS EN 197-1)



## **ÇİMENTOLAR (TS EN 197-1)**

### **3.1 Kapsam**

TS EN 197-1 standardı, 27 farklı genel çimentonun ve bileşenlerinin tarifini ve özelliklerini kapsar. Her çimentonun tarifi, 6 dayanım sınıfının bulunduğu aralık içinde, o çimentonun üretimi için bileşenlerin katılma oranını ihtiva eder. Aynı zamanda bileşenlerin karşılaması gerekli özellikleri ve 27 farklı çimentoya ve dayanım sınıflarına ait mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerle, istenmesi hâlinde hidratasyon ısısı özelliklerini de ihtiva eder. Bu standard özelliklere uygunluğu değerlendirmek için uygunluk kriterleri ve ilgili kuralları da belirtir.

### **3.2 Çimento**

Çimento, su ile karıştırıldığında hidratasyon reaksiyonları ve prosesler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur (pasta) oluşturan ve sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını koruyan, inorganik ve ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır.

TS EN 197-1 standardına uygun çimento, CEM çimentosu diye adlandırılır. Agregası ve su ile uygun şekilde harmanlanıp karıştırıldığında, yeterli süre işlenebilirliğini muhafaza eden ve belirlenmiş periyotlarda belirli dayanım seviyelerini kazanan ve uzun süre hacim sabitliği gösteren, beton veya harç üretilen çimentodur.

### **3.3 Bileşim ve İşaret**

TS EN 197-1 standardı kapsamındaki 27 farklı genel çimento aşağıdaki beş ana tipte olmak üzere gruplandırılmıştır. Bunlar;

- CEM I Portland çimentosu
- CEM II Portland-kompoze çimento
- CEM III Yüksek Fırın Curufu çimento
- CEM IV Puzolanlı çimento
- CEM V Kompoze çimento'dur.

27 farklı genel çimentodan herbirinin bileşimi Çizelge 34'e uygun olmalıdır.

Çizelge34

Çizelge 1 - Genel çimentolar grubuna ait 27 ürün

| Ana Tipler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 27 ürüne ait işaret<br><br>(Genel Çimento Tipleri) |             | Bileşim (kütülege <sup>a)</sup> % olarak) |                          |                                 |                       |                         |           |             |                  |        |        |     | Minör ilave Bileşen |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------|-------------|------------------|--------|--------|-----|---------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    |             | Ana Bileşenler                            |                          |                                 |                       |                         |           |             |                  |        |        |     |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    |             | Klinker<br>K                              | Yüksek Fırın Curufu<br>S | Silis Dumanı<br>D <sup>b)</sup> | Puzolan               |                         | Uçucu Kül |             | Pişmiş Şist<br>T | Kalker |        |     |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    |             |                                           |                          |                                 | Doğal P               | Doğal Kalsine Edilmiş Q | Silisel V | Kalkersel W |                  | L      | LL     |     |                     |
| CEM I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Portland Çimento                                   | CEM I       | 95-100                                    | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
| CEM II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Portland-Curufu Çimento                            | CEM II/A-S  | 80-94                                     | 6-20                     | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-S  | 65-79                                     | 21-35                    | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Portland-Silis Dumanlı Çimento                     | CEM II/A-D  | 90-94                                     | -                        | 6 - 10                          | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Portland-Puzolanlı Çimento                         | CEM II/A-P  | 80-94                                     | -                        | -                               | 6 - 20                | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-P  | 65-79                                     | -                        | -                               | 21- 35                | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/A-Q  | 80-94                                     | -                        | -                               | -                     | 6-20                    | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-Q  | 65-79                                     | -                        | -                               | -                     | 21-35                   | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Portland-Uçucu Küllü Çimento                       | CEM II/A-V  | 80-94                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | 6 - 20    | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-V  | 65-79                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | 21-35     | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/A-W  | 80-94                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | 6-20        | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-W  | 65-79                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | 21-35       | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Portland-Pişmiş Şistli Çimento                     | CEM II/A-T  | 80-94                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | -           | 6-20             | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-T  | 65-79                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | -           | 21-35            | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Portland-Kalkerli Çimento                          | CEM II/A-L  | 80-94                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | 6-20   | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-L  | 65-79                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | 21-35  | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/A-LL | 80-94                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | 6-20   | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-LL | 65-79                                     | -                        | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | 21 -35 | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Portland-Kompoze Çimento <sup>c)</sup>             | CEM II/A-M  | 80-94                                     | ←----- 6 – 20 -----→     |                                 |                       |                         |           |             |                  |        |        |     | 0-5                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM II/B-M  | 65-79                                     | ←----- 21 - 35 -----→    |                                 |                       |                         |           |             |                  |        |        |     | 0-5                 |
| CEM III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Yüksek fırın Curufu Çimento                        | CEM III/A   | 35-64                                     | 36-65                    | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM III/B   | 20-34                                     | 66-80                    | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM III/C   | 5-19                                      | 81-95                    | -                               | -                     | -                       | -         | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
| CEM IV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Puzolanik Çimento <sup>c)</sup>                    | CEM IV/A    | 65-89                                     | -                        | ←----- 11 - 35 -----→           |                       |                         |           |             | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM IV/B    | 45-64                                     | -                        | ←----- 36 - 55 -----→           |                       |                         |           |             | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
| CEM V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Kompoze Çimento <sup>c)</sup>                      | CEM V/A     | 40-64                                     | 18-30                    | -                               | ←----- 18 - 30 -----→ |                         |           | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    | CEM V/B     | 20-38                                     | 31-50                    | -                               | ←----- 31 - 50 -----→ |                         |           | -           | -                | -      | -      | 0-5 |                     |
| a Çizelgedeki değerler ana ve minör ilâve bileşenlerin toplamı ile ilgilidir.<br>b Silis dumanının oranı % 10'a sınırlanmıştır.<br>c Portland Kompoze çimento CEM II/A-M ve CEM II/B-M'de, Puzolanik Çimento CEM IV/A ve CEM IV/B'de, Kompoze Çimento CEM V/A ve CEM V/B'de klinkerin yanındaki diğer ana bileşenler çimentoya ait işaretle beyan edilmelidir ( Madde 8). |                                                    |             |                                           |                          |                                 |                       |                         |           |             |                  |        |        |     |                     |

### 3.4 Mekanik, fiziksel, kimyasal ve dayanıklılıkla ilgili özellikler

#### 3.4.1 Mekanik özellikler

##### 3.4.1.1. Standard dayanım

Çimentonun standard dayanımı TS EN 196-1'e göre tayin edilen 28 günlük basınç dayanımıdır. Çizelge 35'de verilen özelliklere uygun olmalıdır.

Üç standard dayanım sınıfı belirlenmiştir : 32,5 sınıfı; 42,5 sınıfı; 52,5 sınıfı.

##### 3.4.1.2 Erken dayanım

Çimentonun erken dayanımı TS EN 196-1'e göre tayin edilen 2 veya 7 günlük basınç dayanımıdır ve Çizelge 35'de verilen özelliklere uygun olmalıdır.

N ile belirtilen normal erken dayanım sınıfı ve R ile belirtilen yüksek erken dayanım sınıfı olmak üzere her bir standard dayanım sınıfı için iki erken dayanım sınıfı tanımlanır.

**Çizelge 35 - Karakteristik değerlerle verilen mekanik ve fiziksel özellikler**

| Dayanım Sınıfı | Basınç Dayanımı (MPa) |          |                  |        | Priz başlama süresi (dakika) | Genleşme (mm) |
|----------------|-----------------------|----------|------------------|--------|------------------------------|---------------|
|                | Erken Dayanım         |          | Standard Dayanım |        |                              |               |
|                | 2 günlük              | 7 günlük | 28 günlük        |        |                              |               |
| 32,5 N         | -                     | ≥ 16,0   | ≥ 32,5           | ≤ 52,5 | ≥ 75                         | ≤ 10          |
| 32,5 R         | ≥ 10,0                | -        |                  |        |                              |               |
| 42,5 N         | ≥ 10,0                | -        | ≥ 42,5           | ≤ 62,5 | ≥ 60                         |               |
| 42,5 R         | ≥ 20,0                | -        |                  |        |                              |               |
| 52,5 N         | ≥ 20,0                | -        | ≥ 52,5           | -      | ≥ 45                         |               |
| 52,5 R         | ≥ 30,0                | -        |                  |        |                              |               |

#### 3.4.2 Fiziksel Özellikler

##### 3.4.2.1. Priz Başlama Süresi

TS EN 196-3'e göre tayin edilen priz başlama süresi, Çizelge 35'deki gereklere uygun olmalıdır.

##### 3.4.2.2. Genleşme

TS EN 196-3'e göre tayin edilen hacim genleşmesi, Çizelge 2'deki gereğe uygun olmalıdır.

#### 3.4.3. Kimyasal Özellikler

Çizelge 36'nın 3 ve 4'cü kolonlarında gösterilen çimento tip ve dayanım sınıflarına ait çimentoların özellikleri, kolon 2'de belirtilen metotlara göre deneye tabi tutulduklarında kolon 5'deki gereklere uymalıdır.

**Çizelge 36 - Karakteristik değer olarak tanımlanan gerekli kimyasal özellikler**

| 1                                                      | 2                     | 3                                                | 4                                                        | 5                        |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|
| Özellik                                                | Deney Kaynağı         | Çimento Tipi                                     | Dayanım Sınıfı                                           | Özellikler <sup>a)</sup> |
| Kızdırma Kaybı                                         | EN 196-2              | CEM I<br>CEM III                                 | hepsi için                                               | ≤ % 5,0                  |
| Çözünmeyen Kalıntı                                     | EN196-2 <sup>b)</sup> | CEM I<br>CEM III                                 | hepsi için                                               | ≤ % 5,0                  |
| Sülfat miktarı (SO <sub>3</sub> olarak)<br><br>EN196-2 |                       | CEM I<br>CEM II <sup>c)</sup><br>CEM IV<br>CEM V | 32,5 N<br>32,5 R<br>42,5 N<br>42,5 R<br>52,5 N<br>52,5 R | ≤ % 3,5                  |
|                                                        |                       | CEM III <sup>d)</sup>                            | hepsi için                                               | ≤ % 4,0                  |
|                                                        |                       |                                                  |                                                          |                          |
| Klorür muhtevası                                       | EN 196-21             | Hepsi için <sup>e)</sup>                         | hepsi için                                               | ≤ % 0,10 <sup>f)</sup>   |
| Puzolanik özellik                                      | EN 196-5              | CEM IV                                           | hepsi için                                               | Deneyi sağlar            |

a) Özellikler çimento kütlesinin yüzdesi cinsinden verilir.  
b) Hidroklorik asit ve sodyum karbonatla çözünmeyen kalıntı tayini.  
c) Bütün dayanım sınıfları için çimento tipi CEM II/B-T % 4,5'e kadar sülfat ihtiva edebilir.  
d) CEM III/C tipi çimento, % 4,5'e kadar sülfat ihtiva edebilir  
e) CEM III tipi çimento, % 0,10'dan fazla klorür ihtiva edebilir, bu takdirde gerçek klorür muhtevası ambalaj ve/veya teslim belgesinde belirtilmelidir.  
f) Ön germeli uygulamalar için çimento düşük özellik değerine göre üretilebilir. Böyle durumda, teslim belgesinde % 0,10 değerinin yerine bu düşük değer yazılır.

#### 3.4.4. Dayanıklılık Özellikleri

Birçok uygulamalarda, özellikle şiddetli çevresel şartlarda, çimentonun seçimi, beton, harç ve şerbetlerin dona dayanıklılık, kimyasal direnç ve donatının korunması gibi dayanıklılık özelliklerine etkisi vardır. Bu standarttan uygun çimentonun seçimi, farklı uygulamalar ve çevre şartları için özellikle tip ve dayanım sınıfı açısından, kullanım yerindeki beton ve harç için yürürlükte olan uygun standard ve yönetmeliklere (şartname) göre yapılır.

#### 3.5 Standard İşaretleme

CEM çimentoları en azından Çizelge 1'de verilen çimento tipi ve dayanım sınıfını belirten 32,5; 42,5 veya 52,5 rakamları ile tanımlanmalıdır. Çimentonun yüksek erken dayanım sınıfında olduğunu göstermek için, uygun olan N veya R harfi ilâve edilir

##### Örnek 1

Bu standardın yüksek erken dayanımlı, 42,5 dayanım sınıfına uyan portland çimentosu aşağıdaki şekilde gösterilir.

Portland çimento TS EN 197-1 - CEM I 42,5 R

##### Örnek 2

Kütlece % 6 - % 20 arasında TOC muhtevası % 0,50'den fazla olmayan, kalker (L) içeren, 32,5 dayanım sınıfına uyan portland kalkerli çimento aşağıdaki şekilde gösterilir.

Portland Kalkerli Çimento TS EN 197- 1 - CEM II/A - L 32,5 N

##### Örnek 3

Toplam olarak kütlece % 6 - 20 arasında granüle yüksek fırın curufu (S) , silissi uçucu kül (V) ve kalker (L) içeren ve yüksek erken dayanımlı, dayanım sınıfı 32,5'a uyan Portland Kompoze Çimento aşağıdaki şekilde gösterilir.

Portland - Kompoze Çimento TS EN 197- 1 -CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R

##### Örnek 4

Kütlece % 18- % 30 arasında granüle yüksek fırın curufu (S) ve kütlece % 18-30 arasında silissi uçucu kül (V) içeren normal erken dayanımlı, dayanım sınıfı 32,5'a uyan Kompoze Çimento aşağıdaki şekilde gösterilir.

Kompoze Çimento TS EN 197-1- CEM V/A (S-V) 32,5 N

# **BÖLÜM 4**

## **BETON AGREGASI DENEYLERİ**



## BETON AGREGASI DENEYLERİ:

### -AGREGALARIN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ İÇİN DENEYLER-

#### 4.1 ELEME METODU İLE TANE BÜYÜKLÜĞÜ DAĞILIMI TAYİNİ (TS 3530 EN 933-1)

##### 4.1.1 Kapsam

Bu deney, elek analizi ile agregaların tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için yapılıp ve fillerler (taş unu) hariç 63 mm'ye kadar anma boyutlu hafif agregalar da dahil, doğal veya yapay orijinli agregalara uygulanır. Fillerler (taş unu) tane büyüklüğü dağılımının tayini, TS EN 933-10'de verilmiştir.

##### 4.1.2 Prensip

Deney, malzemenin bir seri eleme işlemi yardımıyla azalan büyüklüğe sahip farklı tane boyutları halinde bölünmesi ve ayrılmasından oluşur. Elek göz açıklıklarının büyüklüğü ve eleklerin sayısı, talep edilen hassasiyet derecesine ve numunenin cinsine uygun olarak seçilir. Metot, yıkama ve kuru elemekten oluşur. Farklı elekler üzerinde kalan tanelerin kütlesi, malzemenin ilk kütlesi ile ilişkilidir. Her bir eleği geçen kümülatif yüzdeler sayısal formda ve istendiğinde grafik olarak rapor edilir

##### 4.1.3 Cihazlar

**4.1.3.1. Deney Eleklere,** göz açıklıkları TS EN 933-2'ye uygun olmalı ve TS 1227 ISO 3310-1 ve TS 1226 ISO 3310-2'deki özellikleri sağlamalıdır.

**4.1.3.2. Tava ve Kapak,** eleklerle sıkı geçmelidir.

**4.1.3.3. Hava Dolaşım Etüvü,** agreganın tane büyüklüğünde değişikliğe sebep olmadan kurutulmasını sağlayacak,  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ayarlanabilen, termostatlı.

**4.1.3.4. Teraziler,** deney kısmının kütlesini  $\pm \% 0,1$  doğrulukla tartabilen.

**4.1.3.5. Eleme Makinası** (Tercihli).

##### 4.1.4 Deney numunelerinin hazırlanması

Gerekli sayıda deney kısmının hazırlanması için numuneler, TS EN 932-2'ye göre bölme işlemine tabi tutulmalıdır.

Agregalarda her deney kısmının kütlesi Çizelge 37'de verilenlere uygun olmalıdır.

**Çizelge 37 - Normal Agregalar İçin Deney Numunelerinin Kütlesi**

| Agrega tane büyüklüğü D<br>(en çok)<br>mm                                                                                  | Deney kısmının kütlesi<br>(en az)<br>(kg) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 63                                                                                                                         | 40                                        |
| 32                                                                                                                         | 10                                        |
| 16                                                                                                                         | 2.6                                       |
| 8                                                                                                                          | 0.6                                       |
| $\leq 4$                                                                                                                   | 0.2                                       |
| NOT 1 - Diğer büyüklüklerdeki agregalar için deney kısmının minimum kütlesi, Çizelge 1'de verilen kütlelerden bulunabilir. |                                           |

Deney kısmı,  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'de sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulur. Soğumaya bırakılır, tartılır ve kütlesi  $M_1$  olarak kayıt edilir.

##### 4.1.5 İşlem

###### 4.1.5.1 Yıkama

Deney kısmı bir kaba yerleştirilir ve üzeri örtülünceye kadar yeterli miktarda su ilave edilir. Topakların ayrılması için su altında 24 saat bırakılması yararlı olur. Dağıtıcı bir reaktif kullanılabilir. Numunelerin yeterli şiddette çalkalanması ile ince tanelerin tamamen ayrılması ve süspansiyonu sağlanır. Sadece bu deney için 63 mikrometre göz açıklıklı eleğin üzerine 1 veya 2 mm göz açıklıklı koruma eleği takılır.

Deney elekleri, eleklerden geçen süspansiyonun düzenli akışının sağlanacağı ve gerekirse uygun bir kapta toplanacak şekilde monte edilmelidir. Numunenin bulunduğu kap alınır ve numune koruma eleğinin üzerine dökülür, 63 mikrometre göz açıklıklı deney eleğinden geçen su tamamen berraklaşınca kadar yıkamaya devam edilir.

63 µm göz açıklıklı eleğin üzerinde kalan malzeme 1 saat'lik aralıklarla birbirini takip eden iki tartım arasındaki kütle farkı  $\pm \% 0,1$ 'de toleransla sabit oluncaya kadar  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulur, daha sonra soğutulur, tartılır ve kütlesi  $M_2$  olarak kaydedilir.

#### 4.1.5.2 Eleme

Yıkılmış ve kurutulmuş malzeme elek takımına dökülür. Elek takımı, yukarıdan aşağıya elek göz açıklıkları düzenli bir biçimde azalacak şekilde birbirine geçirilmiş ve düzenlenmiş elekler, tava ve kapaktan ibarettir.

Tecrübeler sonucunda, tüm ince tanelerin yıkama ile uzaklaştırılamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle 63 µm göz açıklıklı deney eleği de elek takımına ilave edilmelidir.

Tava ve kapak kullanılarak malzeme kaybına meydan vermeden elek takımı el veya makina ile sarsılır. Daha sonra sırayla büyük göz açıklıklı elekten başlamak üzere altına tava ve üzerine kapak konularak her biri elek takımından ayrılarak, elle tek tek eleme işlemine devam edilir. Her eleği geçen malzeme elek setinde bulunan bir sonraki elek üzerine konularak işleme devam edilir.

Eleme işlemi esnasında, bir dakika süre içerisinde elek üstü malzemede kütlece  $\% 1$ 'den daha fazla değişiklik olmuyorsa eleme işleminin tamamlandığı kabul edilebilir.

Eleklerin aşırı yüklenmesinden kaçınmak için eleme işlemi sonucunda elek üzerinde kalan malzeme (gram cinsinden);

$$\frac{A \cdot \sqrt{d}}{200} \text{ formülüyle bulunacak değerden daha büyük olmamalıdır.}$$

Burada;

A : Eleğin alanı, mm<sup>2</sup>

d : Elek göz açıklığı, mm 'dir.

Şayet elek üstü malzemelerden birisi bu değeri aşıyorsa aşağıdaki işlemlerin biri uygulanır.

a) Fraksiyon belirtilen max değerler elde edilecek şekilde daha küçük parçalara bölünür ve sırası ile elenir.

b) Bir sonraki büyüklükteki elekten geçmeyen numunenin bir kısmı numune bölücü veya çeyrekleme yolu ile bölünür ve azaltılmış deney kısmı ile elek analizine devam edilir. Daha sonraki hesaplamalarda bu bölmeler dikkate alınmalıdır.

#### 4.1.5.3 Tartım

En büyük göz açıklığına sahip elek üzerinde kalan fraksiyon tartılır, kütlesi  $\% 1$  hassasiyette  $R_1$  olarak kayıt edilir. Altındaki elekte kalan fraksiyon için aynı işleme devam edilir. Bu fraksiyon kütlesi  $R_2$  olarak kayıt edilir. Elek takımındaki bütün eleklerde aynı işleme devam edilerek her bir elek fraksiyonunun kütlesini  $R_3, R_4 \dots R_i$  olarak tartma işlemine devam edilir. Tavada elenmiş fraksiyon varsa tartılır ve kütlesi P olarak kayıt edilir.

#### 4.1.6 Hesapların ve sonuçların gösterilmesi

##### 4.1.6.1. Hesaplama

Değişik kütleler eleme deney formuna kayıt edilir.

Her bir elek fraksiyonunun kütlesi ( $R_i$ ), orijinal kuru kütlenin ( $M_1$ ) yüzdesi olarak hesaplanır.

63 mikrometreye kadar her bir elekten geçen orijinal kuru kütlenin kümülatif yüzdesi hesaplanır.

Aşağıdaki eşitlikten 63 mikron elekten geçen ince tanelerin yüzdesi hesaplanır.

63 mikron elekten geçen ince tanelerin kütlesi  $\% f = [(M_1 - M_2) + P / M_1] \times 100$

Burada ;

$M_1$  : Deney kısmının kuru kütlesi,kg.

$M_2$  : 63 mikrometre göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi,kg.

P : Tavadaki malzeme kütlesi,kg. dir.

### Örnek Deney Formu

|                                                                               |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Tane büyüklüğü dağılımı tayini - Eleme metodu<br>TS 3530 EN 933-1             | Laboratuvar:               |
| Numunenin tanımı                                                              | Tarih:<br>Deneyi<br>Yapan: |
| Kullanılan metot : Yıkama ve eleme/ Kuru eleme<br>(uygun olmayanları çiziniz) |                            |

Toplam kuru kütle:  $M_1 =$  (veya  $M_1'$  Ek B'ye bakınız)

Yıkamadan sonra kuru kütle  $M_2 =$

Yıkama ile atılan ince tanenelerin kütlesi  $M_1 - M_2 =$

| Elek<br>göz<br>açıklığı<br>mm         | Elek üstü<br>fraksiyon<br>kütlesi<br>( $R_i$ ) g | Elek üstü<br>fraksiyon<br>yüzdesi (%)<br>( $R_i/M_1$ ) 100 | Elek altı<br>kümülatif<br>yüzdesi (%)<br>$100-(R_i/M_1 \times 100)$ |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                       | $R_1$<br>$R_2$                                   |                                                            | (En yakın tam sayı)                                                 |
| Tavadaki<br>fraksiyon<br>kütlesi<br>P |                                                  |                                                            |                                                                     |

|                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 63 mikron elekten geçen ince taneli malzemenin kütlesi(f)(%) $\left[ \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \right] \times 100 =$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                         |      |         |
|---------------------------------------------------------|------|---------|
| $\Sigma R_i + P =$                                      |      | NOTLAR: |
| $100 \left[ \frac{M_2 (\Sigma R_i + P)}{M_2} \right] =$ | < 1% |         |

## 4.2 TANE ŞEKLİ TAYİNİ - YASSILIK ENDEKSİ (TS 9582 EN 933-3)

### 4.2.1 - Kapsam

Bu standardda belirtilen deney metodu, tane büyüklüğü 4 mm den küçük veya 80 mm den büyük olan agregalara uygulanmaz.

### 4.2.2 - Prensip

Deney iki eleme işleminden oluşmaktadır. Deney elekleri ile ilk elemde numune Çizelge 38'de verilen tane büyüklüğü fraksiyonlarına  $d_i/D_i$  ayrılır. Her tane büyüklüğü fraksiyonu  $d_i/D_i$ , çubuklar arası açıklığı  $D_i/2$  olan paralel çubuklu eleklerden elenir.

Toplam yassılık endeksi, çubuklu eleğin arasından geçen tanelerin toplam kütlesi deneye tâbi tutulan tanelerin toplam kuru kütlelerinin %'si olarak hesaplanır.

İstendiğinde her bir tane büyüklüğü fraksiyonunun  $d_i/D_i$ , yassılık endeksi, ait olduğu çubuklu elekten geçen tanelerin kütlelerinden hesaplanır ve bu tane büyüklüğü fraksiyonunun kütlece %'si olarak ifade edilir.

### 4.2.3 - Cihazlar

**4.2.3.1** - Aşağıdaki göz açıklıklarına sahip TS EN 933-2 'e uygun kare göz açıklıklı deney elekleri; 80-63-50-40-31,5-25-20-16-12,5-10-8-6,3 -5 ve 4 mm.dir.

**4.2.3.2** - Şekil 1'e uygun ve Çizelge 38'de verilen toleranslara sahip paralel silindirik çubuklu elekler; Çubuklar arası açıklığının toleransları, toplam açıklık boyunca aynı olmalıdır.

**Çizelge 38** - Silindirik Çubuklu elekler

| $d_i/D_i$ Tane büyüklüğü fraksiyonu (mm) | Silindirik çubuklu eleklerde çubuklar arası açıklık (mm) |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 63 / 80                                  | 40±0,3                                                   |
| 50 / 63                                  | 31,5±0,3                                                 |
| 40 / 50                                  | 25±0,2                                                   |
| 31,5 / 40                                | 20±0,2                                                   |
| 25 / 31,5                                | 16±0,2                                                   |
| 20 / 25                                  | 12,5±0,2                                                 |
| 16 / 20                                  | 10±0,1                                                   |
| 12,5 / 16                                | 8±0,1                                                    |
| 10 / 12,5                                | 6,3±0,1                                                  |
| 8 / 10                                   | 5±0,1                                                    |
| 6,3 / 8                                  | 4±0,1                                                    |
| 5 / 6,3                                  | 3,15±0,1                                                 |
| 4 / 5                                    | 2,5±0,1                                                  |

**4.2.3.3 - Terazî**, deney kısmının kütlelerini,  $\% \pm 0,1$  doğrulukla belirleyebilen

**4.2.3.4 - Hava dolaşimli etüv**, sıcaklığı  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'de tutulabilen, termostatlı bir cihaz.

### 4.2.4- Deney Kısmının Hazırlanması

Numuneler TS EN 932-1'e uygun olarak alınmalı ve azaltılmalıdır.

**Not** - Deney kısmının kütlesi en büyük bileşenlerinin boyut ve yüzdesine bağlıdır.

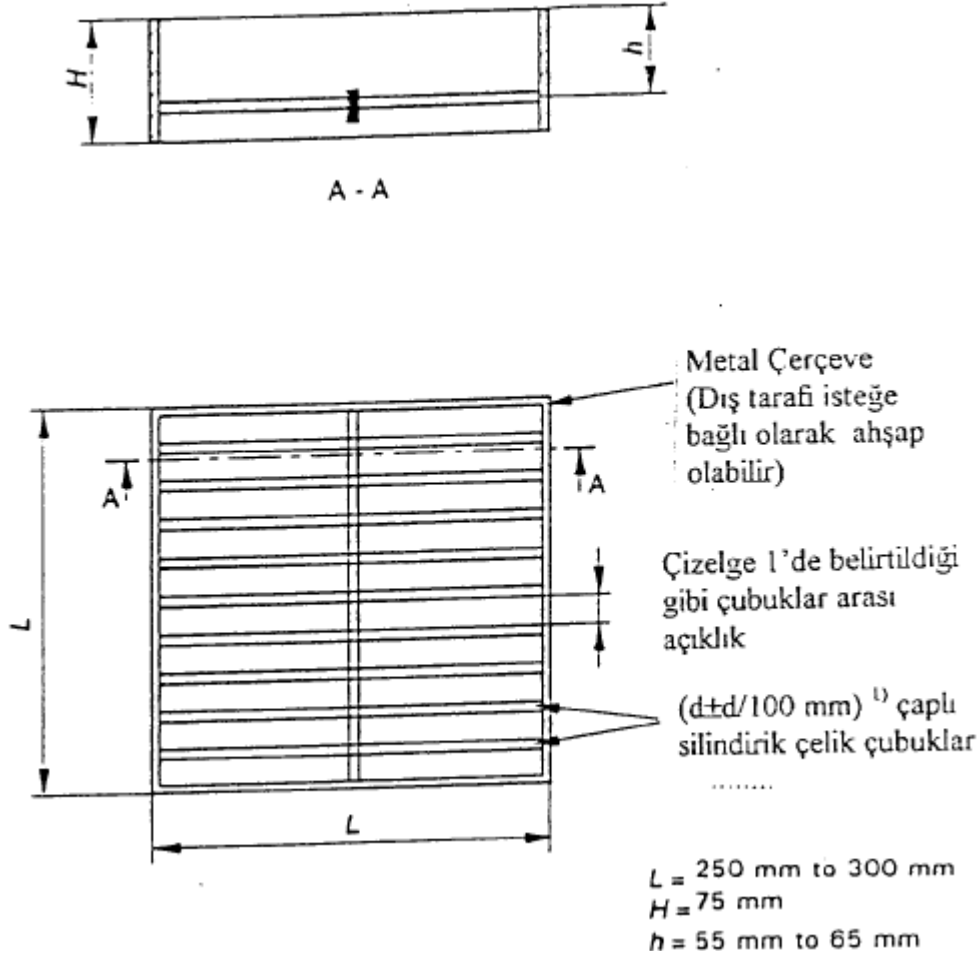
Deney kısmının kütlesi TS 3530 EN 933-1 'e uygun olmalıdır.

Deney kısmı  $(110\pm 5)^\circ\text{C}$ 'da sabit kütleyle gelinceye kadar kurutulur, soğutulur, tartılır ve kütlesi  $M_0$  olarak kayıt edilir.

#### 4.2.5 - İşlem

##### 4.2.5.1 – Deney

Deney kısmı Madde 4.2.3.1’de belirtilen elekler kullanılarak TS 3530 EN 933-1’e uygun olarak elenir. 4 mm’lik elekten geçen ve 80 mm’lik elekte kalan taneler tartılır ve işlem dışı bırakılır.



1) Çubuklar arası açıklığa bağlı olarak normal çap aralığı 5 mm- 15 mm dir.

**Şekil 1 - Çubuk Elekler**

4 mm ve 80 mm arasındaki her tane büyüklüğü fraksiyonu  $d_i/D_i$  deki bütün taneler tartılır ve ayrı ayrı muhafaza edilir.

##### 4.2.5.2 – Çubuklu Eleklerle Eleme

Madde 4.2.5.1’e uygun olarak elde edilen her tane büyüklüğü fraksiyonu  $d_i/D_i$  Çizelge 38’de verilen uygun çubuklu elekten elenir. Bu eleme işlemi elle gerçekleştirilmeli ve elek üzerinde kalan malzemenin kütlesi 1 dakikalık eleme işlemi sonrasında % 1’den daha fazla değişmiyorsa işlem tamamlanmış olarak kabul edilmelidir. Çubuklu elekten geçen her tane büyüklüğü fraksiyonundaki malzeme tartılır.

##### 4.2.6 – Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

Sonuçlar ( Ek ‘de örneği verilen) deney formlarına kayıt edilmelidir. Bütün  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü fraksiyonu kütleleri toplamı hesaplanır ve  $M_1$  olarak kaydedilir. Çubuklar arası açıklığı  $D_i/2$  olan elekten geçen  $d_i/D_i$  tane büyüklüğü fraksiyonlarının her birindeki tanelerin kütlelerinin toplamı hesaplanır ve  $M_2$  olarak kaydedilir. Toplam yassılık endeksi FI aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$FI = \frac{M_2}{M_1} \times 100$$

Burada;

M<sub>1</sub> : Her tane büyüklüğü fraksiyonundaki tanelerin toplam kütlesi, g

M<sub>2</sub> : Her tane büyüklüğü fraksiyonunun çubuklar arası açıklığı D<sub>i</sub>/2 olan çubuklu eleklerden geçen tanelerin toplam kütlesi, g

Toplam yassılık endeksi (FI), en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kayıt edilir.

**Yassılık Endeksinin Belirlenmesinde Kullanılacak Örnek Deney Formu**

|                                                                                            |                                                                           |                                                                                                                                                                       |                                                           |                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| YASSILIK ENDEKSİ                                                                           |                                                                           | Lâboratuvar :                                                                                                                                                         |                                                           |                                                       |
| EN 933-3.....                                                                              |                                                                           | Tarih :                                                                                                                                                               |                                                           |                                                       |
| Numunenin tanımı :                                                                         |                                                                           | Deneyi Yapan :                                                                                                                                                        |                                                           |                                                       |
| Deney kısmının kütlesi M <sub>0</sub> = g                                                  |                                                                           | 80 mm lik elek üzerinde kalan tanelerin kütlesi= g<br>4 mm lik elek altına geçen tanelerin kütlesi= + g<br>İşlem dışı bırakılan malzemelerin kütlelerinin toplamı = g |                                                           |                                                       |
| Deney elekleriyle eleme                                                                    |                                                                           | Silindirik Çubuklu eleklerle eleme                                                                                                                                    |                                                           |                                                       |
| Tane büyüklüğü fraksiyonu                                                                  | d <sub>i</sub> /D <sub>i</sub> Tane büyüklüğü fraksiyonu(R <sub>i</sub> ) | Çubuklu eleklerin anma açıklığı                                                                                                                                       | Çubuklu elekten geçen malzemenin kütlesi(m <sub>i</sub> ) | F <sub>i</sub><br>m <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> ×100 |
| d <sub>i</sub> /D <sub>i</sub> (mm)                                                        | (g)                                                                       | (mm)                                                                                                                                                                  | (g)                                                       |                                                       |
| 63 / 80                                                                                    |                                                                           | 40                                                                                                                                                                    |                                                           |                                                       |
| 50 / 63                                                                                    |                                                                           | 31,5                                                                                                                                                                  |                                                           |                                                       |
| 40 / 50                                                                                    |                                                                           | 25                                                                                                                                                                    |                                                           |                                                       |
| 31,5 / 40                                                                                  |                                                                           | 20                                                                                                                                                                    |                                                           |                                                       |
| 25 / 31,5                                                                                  |                                                                           | 16                                                                                                                                                                    |                                                           |                                                       |
| 20 / 25                                                                                    |                                                                           | 12,5                                                                                                                                                                  |                                                           |                                                       |
| 16 / 20                                                                                    |                                                                           | 10                                                                                                                                                                    |                                                           |                                                       |
| 12,5 / 16                                                                                  |                                                                           | 8                                                                                                                                                                     |                                                           |                                                       |
| 10 / 12,5                                                                                  |                                                                           | 6,3                                                                                                                                                                   |                                                           |                                                       |
| 8 / 10                                                                                     |                                                                           | 5                                                                                                                                                                     |                                                           |                                                       |
| 6,3 / 8                                                                                    |                                                                           | 4                                                                                                                                                                     |                                                           |                                                       |
| 5 / 6,3                                                                                    |                                                                           | 3,15                                                                                                                                                                  |                                                           |                                                       |
| 4 / 5                                                                                      |                                                                           | 2,5                                                                                                                                                                   |                                                           |                                                       |
| M <sub>1</sub> = ΣR <sub>i</sub> =                                                         |                                                                           | M <sub>2</sub> = Σ m <sub>i</sub>                                                                                                                                     |                                                           |                                                       |
| FI = $\frac{M_2}{M_1} \times 100 =$                                                        |                                                                           |                                                                                                                                                                       |                                                           |                                                       |
| 100x (M <sub>0</sub> - ΣR <sub>i</sub> + Σ(İşlem dışı kütlelerin) )/ M <sub>0</sub> = < %1 |                                                                           |                                                                                                                                                                       |                                                           |                                                       |

### 4.3. İRİ AGREGALARDA KAVKI İÇERİĞİNİN TAYİNİ – KAVKI YÜZDESİ (TS EN 933-7)

#### 4.3.1 - Kapsam

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

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

#### 4.3.2 - Prensi

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

#### 4.3.3 - Cihazlar

4.3.3.1 - Deney elekleri, TS EN 933-2'ye uygun elek göz açıklığı anma büyüklüğüne sahip.

4.3.3.2 - Tava ve kapak, eleklerle sıkı olarak yerleştirilebilen.

4.3.3.3 - Havalandırmalı etüv,  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'lik bir sıcaklığı sağlayacak şekilde termostat kontrollü cihaz.

4.3.3.4 - Terazî, tartılacak kütleyi  $\pm 0,1$  doğruluğâ kadar tartabilen ve uygun kapasitede.

4.3.3.5 - Tepsiler,

4.3.3.6 - Eleme makinası (isteğâ bağılı).

#### 4.3.4 – Deney numunesinin hazırlanması

Numune, TS EN 932-2'deki şartlara uygun olarak azaltılmalıdır.

Numune, sabit kütleyi elde etmek için,  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'de 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 eleklerinde elenir. 63 mm'lik elekte kalan ve 4 mm'lik elekten geçen taneler atılır. Deney numunesini elde etmek için gerekirse numune TS EN 932-2'ye göre tekrar azaltılır. Deney numunesinin kütlesi  $M_1$  olarak kaydedilir. Deney numunesinin kütlesi, Çizelge 39'da belirtildiği gibi olmalıdır.

Çizelge 39 - Deney Numunelerinin Kütlesi

| Üst Agrega Büyüklüğü, D<br>mm | Deney Numunesi Kütlesi<br>(en az) kg |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 63                            | 45                                   |
| 32                            | 6                                    |
| 16                            | 1                                    |
| 8                             | 0,1                                  |

Diğer D agrega büyüklükleri için, uygun deney numunesi kütleleri, Çizelge 39'da verilen kütlelerden faydalanılarak bulunabilir.

Numune azaltma, minimum değerden daha büyük olan ancak önceden tayin edilen tam değere eşit olmayan bir deney numunesi kütlesi vermelidir.

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

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

#### 4.3.5 - İşlem

##### 4.3.5.1 - $D \leq 2d$ olan deney numunesi

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

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

##### 4.3.5.2 - $D > 2d$ olan deney numunesi

Deney numunesi, TS 3530 EN 933-1'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 kütlesinin, 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.

**Not 1** - Gerekli görülürse, geriye kalan ve 100'den daha az tane içeren herhangi bir  $d_i/D_i$  büyüklüğü aralığı, deney raporuna kaydedilmelidir.

**Not 2** - Aşırı sayıda tane içeren d<sub>i</sub>/D<sub>i</sub> büyüklük aralıkları, TS EN 932-2'ye göre tekrar azaltma işlemine tâbi tutulabilir.

**Not 3** – 200'den çok daha fazla sayıda tane içermeleri halinde, büyüklük aralıkları daha da azaltılabilir. Geriye kalan her bir d<sub>i</sub>/D<sub>i</sub> tane büyüklüğü aralığında deneye tâbi tutulacak tanelerin kütlesi M<sub>1i</sub> olarak ayrılır ve bunlar Madde 4.3.5.1'de belirtildiği gibi sınıflandırılır.

Bu d<sub>i</sub>/D<sub>i</sub> büyüklük aralıklarının her birindeki kavkı ve kavkı parçalarının kütlesi M<sub>2i</sub> olarak kaydedilir.

#### **4.3.6 – Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi**

##### **4.3.6.1 - D ≤ 2d olan deney numuneleri**

Kavkı içeriği SC, aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

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

Burada;

M<sub>1</sub> : Deney numunesinin kütlesi, g,

M<sub>2</sub> : Kavkılar ve kavkı parçalarının kütlesi, g'dir.

SC değeri, en yakın tam sayı olarak kaydedilir.

##### **4.3.6.2 - D > 2d olan deney numuneleri**

###### **4.3.6.2.1 - 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,

SC değeri, en yakın tam sayı olarak kaydedilir.

###### **4.3.6.2.2 - 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<sub>i</sub> : Deneye tâbi tutulan numunedeki i tane büyüklüğü aralığının kütesinin yüzdesi.

SC<sub>i</sub> : i tane büyüklüğü aralığındaki kavkılar ve kavkı parçalarının kütesinin yüzdesi.

dir.

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

### Kavkı İçeriği Tayininde Kullanılacak rnek Deney Formu

|                                         |                                            |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| TS EN 933-7<br>Numune Tanıtım Bilgileri | Lâboratuvar :<br>Tarih :<br>Deneyi Yapan : |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|

$$M_o = g$$

| $D \leq 2d_i$ Olan $d_i/D_i$ Tane<br>Büyüklüğü Aralığı<br>mm | $M_1$ Kütlesi<br>g | $M_2$ Kütlesi<br>g | SC Kavkı İçeriği =<br>$(M_2/M_1) \times 100$<br>(En yakın tam sayı olarak)<br>% |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                                                              |                    |                    |                                                                                 |

## **4.4 İNCE TANELERİN TAYİNİ - METİLEN MAVİSİ DENEYİ (TS EN 933-9)**

### **4.4.1 - Kapsam**

Bu deney, ince agregalarda veya gruplandırılmamış agregalarda (0-2) mm aralığının metilen mavisi değerinin (MB) tayini için yapılır.

(0-0,125) mm aralığının metilen mavisi değerinin (MB<sub>F</sub>) tayinine ilişkin bir işlem, ayrıca verilmektedir.

### **4.4.2 - Prensiptir**

Metilen mavisi çözeltisi, su içerisindeki deney numunesi kısmından oluşan süspansiyonuna arka arkaya ilâve edilir. Boya çözeltisinin deney numunesi kısmı tarafından adsorpsiyonu, çözeltinin her ilâvesinden sonra süzgeç kâğıdında bir leke deneyi yapılarak serbest boyanın varlığının belirlenmesi suretiyle kontrol edilir.

Serbest boyanın varlığı teyit edildiğinde, metilen mavisi değeri (MB veya MB<sub>F</sub>) hesaplanır ve deneye tâbi tutulan agreganın beher kilogramı başına adsorplanan boya, gram cinsinden ifade edilir.

### **4.4.3 - Reaktifler**

**4.4.3.1 - Boya çözeltisi**, standard veya teknik kalitedeki metilen mavisi, (10,0 ±0,1) g/L .

Çözeltinin kullanım süresi en fazla 28 gün olmalıdır. Çözelti, ışık almayacak şekilde muhafaza edilmelidir.

**4.4.3.2 - Damıtık veya demineralize su.**

**4.4.3.3 - Kaolinit**, metilen mavisi değeri (MBK) bilinen. Aşırı miktarda boya kullanımını önlemek için, 100 g kaolinit için 1 g ilâ 2 g arasında MBK değerine sahip kaolinit tercih edilir.

### **4.4.4 – Cihaz ve malzemeler**

**4.4.4.1 - Büret**, 100 mL veya 50 mL kapasiteli, 1/10 mL veya 1/5 mL olarak derecelendirilmiş, veya bunların yerine bir adet 5 mL'lik ve 1 adet de 2 mL'lik mikro-pipet.

**4.4.4.2 - Süzgeç kâğıdı**, üzeri bölümlü, kül ihtiva etmeyen (kül muhtevası < %0,010), 95 g/m<sup>2</sup>, kalınlığı 0,20 mm, süzme hızı 75 saniye; gözenek büyüklüğü 8 µm olan.

**4.4.4.3 - Cam çubuk**, uzunluğu 300 mm, çapı 8 mm olan.

**4.4.4.4 - Pervaneli karıştırıcı**, dakikada (600±60) devire kadar değişik hızlarda kontrol edilebilen ve (75 ±10) mm çapında üç veya dört pervane kanadına sahip.

**4.4.4.5 - Terazî**, tartılacak kütleyi, %0,1 yaklaşımla tartabilen.

**4.4.4.6 - Kronometre**, 1 saniye yaklaşımla okuma yapabilen.

**4.4.4.7 - Deney eleği**, 2 mm göz açıklıklı.

**4.4.4.8 - Beher**, cam veya plâstik, 1 L veya 2 L kapasiteli.

**4.4.4.9 - Ölçülü balon**, cam, 1 L kapasiteli.

**4.4.4.10 - Havalandırmalı etüv**, sıcaklığı, (110 ±5) °C'de tutulabilen.

**4.4.4.11 - Desikatör.**

### **4.4.5 – Deney numunesi kısımlarının hazırlanması**

Lâboratuvar 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 ±5) °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 elekten 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<sub>1</sub> olarak kaydedilir.

### **4.4.6 - İşlem**

#### **4.4.6.1 – Leke deneyinin açıklanması**

Leke deneyi, her boya ilâvesinden sonra, cam çubuk ile süspansiyondan bir damla alınması ve damlanın süzgeç kâğıdı üzerine bırakılmasından ibarettir. Meydana gelen leke, renksiz ıslak bir bölge ile çevrelenen ve genellikle homojen mavi renkli bir merkezî malzeme birikintisinden oluşur. Alınan damlanın miktarı, birikinti çapı 8 mm ilâ 12 mm arasında kalacak şekilde olmalıdır. ıslak bölgede, yaklaşık 1 mm'lik açık mavi bir halka ihtiva eden bir hâlenin, merkezî birikinti etrafında meydana gelmesi durumunda, deney, pozitif olarak mütalâa edilir.

Dönüm noktasına yaklaşıldıkça, hâle belirir, ancak kil minerallerinin boya adsorpsiyonunu tamamlamaları biraz zaman alacağından, bu hâle daha sonra kaybolabilir. Bu nedenle, leke deneyi

daha fazla boya çözeltisi ilâve edilmeksizin 1 dakika aralıklarla 5 dakika süreyle tekrarlanmak suretiyle, dönüm noktası tayin edilir.

#### 4.4.6.2 – Süspansiyonun hazırlanması

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

Boya çözeltisi (Madde 4.4.3.1) çalkalanır veya iyice karıştırılır. Büret, boya çözeltisi ile doldurulur ve boya çözeltisi şişesi, karanlık bir yerde muhafaza edilir.

Karıştırıcı, 600 devir/dakika hıza ayarlanır ve pervane, beher tabanından yaklaşık 10 mm yüksekte olacak şekilde yerleştirilir.

Karıştırıcı çalıştırılır ve kronometreye basılarak beherdeki malzeme önce 5 dakika süreyle (600±60) devir/dakika, takiben deneyin geriye kalan kısmında sürekli olarak (400 ± 40) devir/dakika hızda karıştırılır.

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

(110 ±5)°C'de sabit kütleye kadar kurutulmuş olan kaolinitten (30,0 ±0,1) g, behere ilâve edilir. Daha sonra, V' mL boya çözeltisi, behere ilâve edilir.

Burada V' = 30 MB<sub>k</sub> olup, 30 g kaolinit tarafından adsorplanan boya çözeltisinin hacmidir.

#### 4.4.6.3 – Adsorplanan boya miktarının tayini

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

(600 ± 60) devir/dakika hızda 5 dakika süreyle karıştırmadan sonra behere 5 mL boya çözeltisi ilâve edilir; beherdeki malzeme, (400 ± 40) devir/dakika hızda en az 1 dakika karıştırılır ve süzgeç kâğıdı üzerinde leke deneyi yapılır. 5 mL'lik bu ilk boya çözeltisi ilâvesinden sonra hâle belirmezse, 5 mL daha boya çözeltisi ilâve edilir, 1 dakika süreyle karıştırmaya devam edilir ve bir leke deneyi daha yapılır. Hâlenin yine görülmemesi durumunda, görülünceye kadar karıştırmaya, boya ilâvesine ve aynı şekilde leke deneyleri yapılmasına devam edilir. Hâle görülmesi aşamasına ulaşıldığında, daha fazla boya çözeltisi ilâvesi yapılmaksızın karıştırmaya devam edilir ve 1 dakika aralıklarla leke deneyleri yapılır.

Hâle, ilk 4 dakikada kaybolursa, 5 mL daha boya çözeltisi ilâve edilir. Hâle, beşinci dakikada kaybolursa, sadece 2 mL boya çözeltisi ilâve edilir. Her iki durumda da hâle, 5 dakika süreyle varlığını sürdürünceye kadar karıştırmaya ve leke deneyleri yapılmasına devam edilir. 5 dakika süreyle varlığını sürdüren bir hâle meydana getirmek için ilâve edilen boya çözeltisinin toplam hacmi (V<sub>1</sub>), 1 mL yaklaşımla kaydedilir.

#### 4.4.7 – Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

(0-2) mm tane büyüklüğü aralığının beher kilogramı başına tüketilen boyanın gram cinsinden ifadesi olan metilen mavisi değeri (MB), aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$MB = \frac{V_1}{M_1} \times 10$$

Burada;

M<sub>1</sub> : Deney numunesi kısmının kütlesi, g,

V<sub>1</sub> : İlâve edilen boya çözeltisinin toplam hacmi, mL, dir.

MB değeri, (0-2) mm aralığının beher kilogramı için kullanılan boya miktarı, 0,1 g yaklaşımla kaydedilir.

Deney, kaolinit ilâve edilerek yapılıyorsa, yukarıdaki eşitlik,

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

Olur.

Burada;

V' : Kaolinit tarafından adsorplanan boya çözeltisinin hacmi, mL'dir.

## EK-A

### (0-0,125) mm Tane Büyüklük Aralığının Metilen Mavisi Değerinin (MB<sub>F</sub>) Tayinine İlişkin İşlem

**A.1** Deney numunesi kısımları, Madde 4.4.5'de belirtildiği gibi hazırlanır ve Madde 4.4.6'daki deney işlemleri uygulanır. Ancak burada, (0-0,125) mm büyüklük aralığındaki agregaya ait deney numunesi kısmının kütlesi (M<sub>1</sub>), (30,0 ± 0,1) g.dır.

**A.2** Metilen mavisi değeri (MB<sub>F</sub>), (0-0,125) mm tane büyüklük aralığının beher kilogramı başına boya miktarı olarak gram cinsinden aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır :

$$MB_F = \frac{V_1}{M_1} \times 10$$

Burada;

M<sub>1</sub> : Deney numunesi kısmının kütlesi, g,

V<sub>1</sub> : İlâve edilen boya çözeltisinin toplam hacmi, mL,dir.

**A.3** MB<sub>F</sub> değeri, (0-0,125) mm aralığının beher kilogramı başına boya miktarı olarak, 0,1 g yaklaşımla kaydedilir.

## EK-B

### Belirtilen bir MB değeri ile uygunluk deneyi

Belirtilen bir MB değeri ile ilgili uygunluğun kontrolü, tek bir boya çözeltisi ilâvesiyle aşağıdaki şekilde yapılabilir:

(0-2) mm aralığının beher kilogramı başına boya miktarı olarak gram cinsinden ifade edilen sözkonusu MB değeri, "MB<sub>1</sub>" ise, bu durumda, bir defada ilâve edilecek boya çözeltisinin hacmi (V<sub>2</sub>), aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır :

$$V_2 = \frac{MB_1 \times M_1}{10} + V'$$

Burada;

M<sub>1</sub> : Deney numunesi kısmının kütlesi, g,

MB<sub>1</sub>: (0-2) mm aralığındaki agreganın beher kilogramı başına boya miktarı olarak belirtilmiş olan MB değeri, g,

V' : İlâve edilen kaolinit tarafından adsorplanan boya çözeltisinin hacmi, mL'dir.

Madde 4.4.5'e uygun olarak bir deney numunesi kısmının hazırlanmasından sonra, süspansiyon, deney numunesi kısmı, su ve gerekirse kaolinit kullanılarak, V<sub>2</sub> mL boya çözeltisi ihtiva edecek şekilde Madde 4.4.6.2'ye uygun olarak hazırlanmalıdır.

Leke deneyi, bu süspansiyonun (400± 40) devir/dakika hızda, 8 dakika süreyle karıştırılmasından sonra yapılmalıdır. Leke deneyi (Madde 4.4.6.1) pozitif ise, kumun, şartnameye uygun olduğu varsayılabilir. Ancak leke deneyi negatif ise, Madde 4.4.6.3'de açıklanan tayin işleminin tamamı yapılmalıdır.

## EK-C

### 10 G/L.lik Metilen Mavisi çözeltisinin hazırlanması

**C.1** C.1.1 ilâ C.1.7 arasında açıklanan işlemler takip edilerek 10 g/L.lik boya çözeltisi hazırlanır.

**C.1.1** Çözeltinin hazırlanmasında, metilen mavisi [(C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>ClN<sub>3</sub>S, nH<sub>2</sub>O (n = 2 - 3), saflık ≥ %98,5] kullanılır.

**C.1.2** Metilen mavisi tozunun su muhtevası (W) şöyle tayin edilir:

Yaklaşık 5 g metilen mavisi tozu tartılır ve kütle, en yakın 0,01 grama yuvarlatılarak M<sub>h</sub> olarak kaydedilir.

Bu toz (100± 5)°C'de sabit kütleyle kurutulur. Desikatörde soğutulur ve desikatörden dışarıya çıkartılır çıkartılmaz tartılır. Kuru kütle 0.01 g yaklaşımla M<sub>g</sub> olarak kaydedilir.

**Not** - 105°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, metilen mavisi tozu değişikliğe uğrayabilir.

Su muhtevası (W), en yakın ondallığı verecek şekilde aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır ve kaydedilir:

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

Burada ;

M<sub>h</sub> : Metilen mavisi tozunun kütlesi, g,

M<sub>g</sub> : Kurutulmuş metilen mavisi tozunun kütlesi, g.'dır.

Su muhtevası, her yeni boya çözeltisi hazırlanmasında yeniden tayin edilmelidir.

**C.1.3** ((100 + W)/10) g ± 0,01 g, (10 g kuru toza eşit) metilen mavisi tozu alınır.

**C.1.4** 500 mL ilâ 700 mL arasında damıtık veya demineralize su, bir beherde 40°C'yi aşmayacak şekilde ısıtılır.

**C.1.5** Beher muhtevası, metilen mavisini tozu behere ilâve edilirken, yavaşça karıştırılır. Tozun tamamen çözülmesini sağlamak için karıştırmaya 45 dakika devam edilir ve çözelti 20°C'ye soğutulur.

**C.1.6** Beherdeki çözelti, 1 L'lik bir ölçülü balona boşaltılır ve boyanın tümünün şişeye aktarılmasını temin etmek için beher, damıtık veya demineralize su ile çalkalanır. Ölçülü balonun kalibrasyonu ile uyumun sağlanması için, ölçülü balon ve suyun (20 ± 1) °C'lik sıcaklığa sahip olduğundan emin olunmalıdır. Ölçülü balon, 1 L işaretine kadar damıtık veya demineralize su ile tamamlanır.

**C.1.7** Tozun tamamen çözülmesini teminen, ölçülü balon çalkalanır ve ölçülü balon içindeki çözelti, hafif renkli bir cam muhafaza şişesine boşaltılır.

**C.2** Muhafaza şişesi üzerinde aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır :

a) Metilen mavisini çözeltisi, 10 g/L'lik,

b) Hazırlama tarihi,

c) Son kullanma tarihi.

**C.3** Metilen mavisini çözeltisi, hazırlandıktan itibaren 28 günden fazla kullanılmamalıdır. Stok boya çözeltisi, karanlık bir yerde muhafaza edilmelidir.

## EK D

### Kaolinitin Metilen Mavisini Değerinin (MBK) Tayini ile ilgili işlem

**D.1** Kaolinit, (110 ± 5)°C'de, sabit kütleye ulaşınca kadar kurutulur.

**D.2** Kuru kaolinitten (30,0 ± 0,1) g tartılır.

**D.3** (30 ± 0,1) g kaolinit, 500 mL demineralize veya damıtık su ile birlikte behere ilâve edilir.

**D.4** Beher içindeki malzeme, beher tabanından 10 mm yükseğe yerleştirilen pervane ile, (600 ± 60) devir/dakika hızda 5 dakika karıştırılır. Tayinin geri kalan kısmında, (400 ± 40) devir/dakika hızda sürekli olarak karıştırmaya devam edilir.

**D.5** Behere, 10 g/L'lik boya çözeltisinden 5 mL ilâve edilir ve (400 ± 40) devir/dakika hızda en az 1 dakika karıştırıldıktan sonra süzgeç kâğıdı üzerinde leke deneyi yapılır.

**D.6** Gerekirse, pozitif sonuç alınınca kadar 5 mL'lik dozlar halinde boya çözeltisi ilâvesine devam edilir. Her dakika sonunda leke deneyi yapılır ve kalıcı boya adsorpsiyonu elde edilinceye kadar işleme devam edilir.

Beşinci leke deneyinde açık mavi halka kaybolursa, 2 mL'lik hacimler halinde boya çözeltisi ilâve edilmelidir.

Her çözelti ilâvesini, 1 dakika aralıklarla yapılan leke deneyleri takip etmelidir.

Bu işlemler, deneyin birbirini izleyen 1 dakika aralıklarla toplam 5 dakika süreyle pozitif sonuç vermesine kadar tekrarlanmalıdır. Bu durumda, tayin tamamlanmış olur.

**D.7** Adsorplanan boya çözeltisinin toplam hacmi V', mililitre cinsinden kaydedilir.

**D.8** Kaolinitin metilen mavisini değeri, 100 g kaolinit için gerekli boya miktarı olarak, aşağıdaki eşitlikten hesaplanır ve 0,1 g yaklaşımla kaydedilir:

$$MB_K = V'/30$$

Burada;

V': Adsorplanan boya çözeltisinin toplam hacmi, mL'dir.

Sonuçların değişmediğini kontrol etmek için, bilinen MB<sub>K</sub> değerine sahip kaolinit üzerinde, düzenli aralıklarla deney yapılmalıdır. Bu işlem, yeni boya çözeltisinin kontrol edilmesi için yapılmalıdır.

### Deney veri çizelgesi örneği

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| TS EN 933-9                | Laboratuvar : |
| Numune Tanıtım Bilgileri : | Tarih :       |
|                            | Deney Yapan : |

### E.1 (0-2) mm.lik deney numunesi kısmının kuru kütlesi

|           |
|-----------|
| $M_1 =$ g |
|-----------|

(en yakın gram olarak), M<sub>1</sub>

**E.2** Kaolinit tarafından (eğer kullanılmışsa) adsorplanan çözeltinin

$V' = \quad \text{mL}$

hacmi,  $V'$

**E.3** İlâve edilen boya çözeltisinin toplam miktarı,  $V_1$

$V_1 = \quad \text{mL}$

$MB =$

**E.4** (0-2) mm aralığının beher kilogramı başına gram cinsinden boya miktarı olarak ifade edilen MB değeri.

## **-AGREGALARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ İÇİN DENEYLER-**

### **4.5 AGREGALARIN TANE YOĞUNLUĞU VE SU EMME ORANININ TAYİNİ (TS EN 1097-6)**

#### **4.5.1- Kapsam**

Bu deney, agregalarda tane yoğunluğu (birim hacim kütlesi) ve su emme (absorpsiyon) oranının tayini için yapılır. Metotlar aşağıda verilmiştir.

a) Tel sepet metodu: 63 mm göz açıklıklı elekten geçen, ancak 31,5 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregalar için.

b) Piknometre metotları: 31,5 mm göz açıklıklı elekten geçen, ancak 0,063 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregalar için.

Tel sepet metodu, 4 mm ila 31,5 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalar için, piknometre metoduna alternatif olarak kullanılabilir. Anlaşmazlık durumunda, piknometre metodu, referans metot olarak kullanılmalıdır.

#### **4.5.2- Prensip**

Tane yoğunluğu, kütlenin, hacme oranından hesaplanır. Kütle, deney numunesi kısmını, doymuş ve yüzeyi kurutulmuş halde ve tekrar etüvde kurutulmuş halde tartmak suretiyle tayin edilir. Hacim ise, tel sepet metodundaki kütle indirilmesi veya piknometre metodundaki tartımlar yoluyla, yer değiştiren suyun kütlesinden tayin edilir.

#### **4.5.3- Malzemeler**

**Su**, Taze çeşme suyu ve demineralize su uygundur.

#### **4.5.4- Cihazlar**

**4.5.4.1 Hava dolaşimli etüv**, sıcaklığın  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'ta tutulabilmesi için termostat ihtiva eden.

**4.5.4.2 Terazî**, deney numunesi kısmının kütlesini, kütlenin % 0,1'ine tekabül eden doğrulukla tartabilen.

Terazi, numuneyi ihtiva eden tel sepetin suda asılmasına ve tartılmasına uygun olmalıdır.

**4.5.4.3 Su banyosu**, termostat kontrollü ve sıcaklığı  $(22 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 'de tutulabilen.

**4.5.4.4 Termometre**, doğruluğu  $0,1^{\circ}\text{C}$  olan.

**4.5.4.5 Deney elekleri**, TS EN 933-2'de belirtilen göz açıklık şekline ve 0,063 mm, 4 mm, 31,5 mm ve 63 mm göz açıklık büyüklüğüne sahip.

**4.5.4.6 Tepsiler**, uygun büyüklükte olan ve kütlesinde değişme olmadan hava dolaşimli etüvde ısıtılabilen.

#### **4.5.5 Yıkama donanımı**

##### **4.5.5.1 Kronometre**

**4.5.5.2 Tel sepet metodu için özel cihazlar (Madde 7, Madde A.3 ve Madde B.2)**

**4.5.5.3 Tel sepet veya delikli kap**, terazi koluna asılacak şekilde uygun büyüklükte olan. Sepet veya kap, korozyona dayanıklı olmalıdır.

**4.5.5.4 Su sızdırmaz tank**, sepet ile tankın kenarları arasında en az 50 mm açıklık olacak şekilde, içerisinde sepetin serbestçe asılabildiği  $(22 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 'de su ihtiva eden.

**4.5.5.5 Piknometre**, 250 mL ilâ 5000 mL arasında hacme sahip ve deney süresi boyunca, hacmi 0,5 mL mertebesinde kararlı olan bir cam şişe.

**Not** - Piknometrenin hacmi, deney numunesi kısmının büyüklüğüne uygun olarak seçilmelidir.

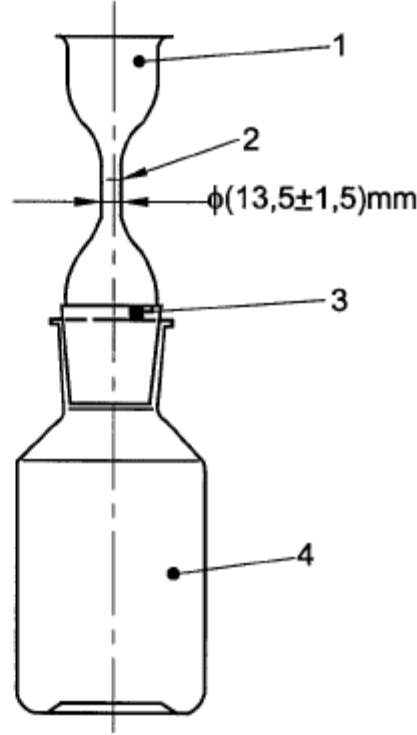
**4.5.5.6 Metal kalıp**, üst kısmının çapı  $(40 \pm 3)$  mm, alt kısmının çapı  $(90 \pm 3)$  mm ve yüksekliği  $(75 \pm 3)$  mm kesik koni şeklinde olan. Metal kalıbın et kalınlığı en az 0,8 mm olmalıdır.

**4.5.5.7 Metal sıkıştırıcı**,  $(340 \pm 15)$  g kütleli, çapı  $(25 \pm 3)$  mm olan dairesel kesitli bir karıştırma yüzeyi ihtiva eden ve metal kalıp ile birlikte kullanılan.

**4.5.5.8 Huni**, cam mamul (metal kalıp ve sıkıştırıcı kullanımına alternatif olarak).

**4.5.5.9 Tepsi**, alanı  $0,1 \text{ m}^2$ 'den daha küçük olmayan düz tabanlı, kenar yüksekliği 50 mm'den daha az olmayan ve suyu emmeyen bir malzemeden imâl edilmiş olan.

**4.5.5.10 Sıcak hava kaynağı**, saç kurutma makinesi gibi.



**Açıklama:**

- 1 - Cam huni
- 2 - İşaret çizgisi
- 3 - Geniş boğazlı, düz tabanlı şişeye uygun huninin alt kısmı
- 4 - Geniş boğazlı, düz tabanlı şişe

**Şekil 1.** Uygun bir piknometre örneği

**4.5.6 Tel sepet metodu: 31,5 mm ilâ 63 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalar için.**

Tel sepet metodu, 31,5 mm ilâ 63 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalarda kullanılmalıdır.

**4.5.6.1 Deney numunesi kısmının hazırlanması**

Agregalardan numune alma TS EN 932-1'e, numune azaltma ise TS EN 932-2'ye uygun olmalıdır. Agregada deney numunesi kısmının kütlesi, Çizelge 40'da verilen kütle değerlerinden daha küçük olmamalıdır.

**Çizelge 40** - Deney numunesi kısımlarının ez az kütlesi (tel sepet metodu)

| En büyük agrega büyüklüğü<br>mm | Deney numunesi kısımlarının<br>kütlesi, en az<br>kg |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 63                              | 15                                                  |
| 45                              | 7                                                   |

**Not** - Diğer büyüklükler için, deney numunesi kısmının ez az kütlesi, Çizelge 40'da belirtilen kütle değerlerinden enterpolasyon yardımıyla elde edilebilir.

Deney numunesi kısmı, ince tanelerin uzaklaştırılması amacıyla, 63 mm ve 31,5 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır ve daha sonra kurumaya bırakılır. 63 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır.

**4.5.6.2 İşlem**

Hazırlanan deney numunesi kısmı, tel sepete yerleştirilir ve tel sepet, suyun seviyesi, sepetin üst kısmından en az 50 mm yukarıda olacak şekilde  $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$  sıcaklıkta su ihtiva eden tanka daldırılır. Daldırmadan hemen sonra sepet, tankın tabanından yaklaşık 25 mm yukarıya kaldırılarak ve saniyede bir kez olmak üzere 25 defa bu yükseklikten düşürülerek, hapsolmuş hava deney numunesi kısmından

uzaklaştırılır.

Sepet ve agregası, (24±0,5) saat süreyle (22±3) °C sıcaklıktaki suya tamamen daldırılmış hâlde bekletilir.

Sepet ve deney numunesi kısmı sallanır ve (22±3) °C sıcaklıktaki suda tartılır (M<sub>2</sub>) olarak kaydedilir. Kütlenin (M<sub>2</sub>) tayin edildiği andaki suyun sıcaklığı kaydedilir.

**Not** - Deney numunesi kısmının, tartım için farklı bir tanka aktarılması gerekiyorsa, sepet ve deney numunesi kısmı, yeni tankta tartım (M<sub>2</sub>) öncesi 25 defa sallanır.

Sepet ve agregası, sudan çıkarılır ve suyun uzaklaşması için birkaç dakika beklenir. Agregası, sepetten, kuru bezlerden birinin üzerine dikkatlice boşaltılır. Boş sepet, tekrar suya daldırılır, 25 defa sallanır ve suda tartılır (M<sub>3</sub>) olarak kaydedilir.

Agregası tanelerinin yüzeyi dikkatlice kurutulur ve bez rutubet ememeyecek hâle 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 direk güneş ışığından veya herhangi bir ısı kaynağından korunur. Ancak bu durumda agregası taneleri, hâlâ rutubetli bir görünüm arz eder. Agregası taneleri tartılır (M<sub>1</sub>).

Agregası taneleri, bir tepsiye aktarılır ve etüvde, (110±5) °C sıcaklıkta, sabit kütleye (M<sub>4</sub>) kadar kurutulur.

Bütün tartımlar, deney numunesi kısmının kütesinin (M<sub>4</sub>) % 0,1'i veya daha iyi olan bir doğrulukla yapılır ve kaydedilir.

#### 4.5.6.3 Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

Tane yoğunlukları (ρ<sub>a</sub>, ρ<sub>rd</sub> ve ρ<sub>ssd</sub>), megagram/metreküp cinsinden, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

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

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

$$\text{Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu} : \rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

Su emme oranı (WA<sub>24</sub>), 24 saatlik daldırmadan sonra, kuru kütenin yüzdesi olarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

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

Burada;

M<sub>1</sub> : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, g,

M<sub>2</sub> : Doygun agregası numunesini ihtiva eden sepetin sudaki görünür kütlesi, g,

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

M<sub>4</sub> : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi, g,

ρ<sub>w</sub> : M<sub>2</sub> tayin edildiğinde kaydedilen sıcaklıktaki su yoğunluğu megagram/metreküptür.

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

Hesaplamalar, aşağıdaki eşitlik kullanılarak kontrol edilebilir:

$$\rho_{ssd} = 1 + \rho_{rd} - \frac{\rho_{rd}}{\rho_a}$$

#### 4.5.7. Piknometre metodu, 4 mm ilâ 31,5 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalar için.

Bu maddede açıklanan piknometre metodu, 4 mm ilâ 31,5 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalarda kullanılmalıdır.

#### 4.5.7.1 Deney numunesi kısmının hazırlanması

Agregalardan numune alma, TS EN 932-1'e, numune azaltma ise, TS EN 932-2'e uygun olmalıdır. Agregada deney numunesi kısmının kütlesi, Çizelge 41.'de verilen kütle değerlerinden daha az olmamalıdır.

**Çizelge 41** - Deney numunesi kısımlarının ez az kütlesi (piknometre metodu)

| En büyük agregada büyüklüğü<br>mm | Deney numunesi kısmının kütlesi, en az<br>kg |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| 31,5                              | 5                                            |
| 16                                | 2                                            |
| 8                                 | 1                                            |

**Not** - Diğer büyüklükler için deney numunesi kısmının ez az kütlesi, Çizelge 41.'de belirtilen kütle değerlerinden enterpolasyon yardımıyla elde edilebilir.

Deney numunesi kısmı, ince tanelerin uzaklaştırılması amacıyla, 31,5 mm ve 4 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır. 31,5 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır. Daha sonra numune kurumaya bırakılır.

#### 4.5.7.2 İşlem

Hazırlanan deney numunesi kısmı, piknometrede bulunan,  $(22 \pm 3)$  °C sıcaklıktaki suya daldırılır ve hapsedilmiş hava, piknometre, eğik konumda hafifçe yuvarlanarak ve sallanarak uzaklaştırılır.

Piknometre, su banyosu içerisinde düşey hâle getirilir ve deney numunesi kısmı,  $(22 \pm 3)$  °C'da  $(24 \pm 0,5)$  saat süreyle tutulur. Islatma süresinin sonunda, piknometre su banyosundan çıkarılır ve varsa geriye kalan hapsedilmiş hava, piknometreyi hafifçe yuvarlamak ve sallamak suretiyle uzaklaştırılır.

Hapsedilmiş hava, vakum uygulamak suretiyle de uzaklaştırılabilir.

Piknometre, su ilâve edilerek taşacak şekilde doldurulur ve kap içerisinde hiç bir hava hapsedilmeden tepe kısmına bir kapak yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır ( $M_2$ ). 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 ( $M_3$ ). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

$M_2$  ve  $M_3$  tartımları esnasında, piknometredeki su sıcaklıkları arasındaki fark, 2°C'i geçmemelidir.

Her bir deneyde piknometrenin hacmini ölçmek yerine, piknometre tekrar kalibre edilebilir. Bu durumda piknometre termostatlı bir banyoda, (kalibrasyon sıcaklığı  $\pm 0,5$ ) °C sıcaklığa getirilir.

Suyu süzülmüş deney numunesi kısmı, kuru bezlerden birinin üzerine alınır. Bez üzerine yerleştirilen agregada tanelerinin yüzeyi dikkatlice kurutulur ve bez rutubet ememeyecek hâle geldiğinde, taneler, ikinci bir kuru, yumuşak emici bez üzerine aktarılır. Agregada taneleri, kalınlığı bir agregada tanesinden daha fazla olmayacak şekilde, bu ikinci bez üzerine yayılır ve görülebilir bütün su filmleri uzaklaştırılana kadar direk güneş ışığından veya herhangi bir ısı kaynağından korunur. Ancak bu durumda agregada taneleri, hâlâ rutubetli bir görünüm arz eder. Doygun ve yüzeyi kuru deney numunesi kısmı, bir tepsiye aktarılır ve tartılır ( $M_1$ ). Agregada taneleri, hava dolaşımına bir etüvde,  $(110 \pm 5)$  °C'de, sabit kütleye ( $M_4$ ) kadar kurutulur.

Bütün kütle değerleri, deney numunesi kısmının kütlesinin ( $M_4$ ) % 0,1'i veya daha iyi olan bir doğrulukla kaydedilir.

#### 4.5.7.3 Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

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

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

$$\text{Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu} \quad : \rho_{rd} = \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

$$\text{Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu} \quad : \rho_{ssd} = \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

Su emme oranı ( $WA_{24}$ ), 24 saatlik daldırmadan sonra, kuru kütlenin bir yüzdesi olarak, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

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

Burada;

- $M_1$  : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, g,
- $M_2$  : Doygun agrega numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesi, g,
- $M_3$  : Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, g,
- $M_4$  : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi, g

dır.

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

**Not 1** - Hesaplamalar, aşağıdaki eşitlik kullanılarak kontrol edilebilir:

$$\rho_{ssd} = 1 + \rho_{rd} - \frac{\rho_{rd}}{\rho_a}$$

#### 4.5.8. Piknometre metodu, 0,063 mm ilâ 4 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalar için

Bu maddede açıklanan piknometre metodu, 0,063 mm ilâ 4 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalarda kullanılmalıdır.

##### 4.5.8.1 Deney numunesi kısmının hazırlanması

Agregalardan numune alma, TS EN 932-1'e, numune azaltma ise, TS EN 932-2'ye uygun olmalıdır. Agregada deney numunesi kısmının kütlesi, 1 kg'dan daha az olmamalıdır.

Deney numunesi kısmı ince tanelerin uzaklaştırılması amacıyla, 4 mm ve 0,063 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır. 4 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır.

##### 4.5.8.2 İşlem

Hazırlanan deney numunesi kısmı, piknometrede bulunan, (22±3)°C sıcaklıktaki suya daldırılır ve hapsolmuş hava, piknometre eğik konumda hafifçe yuvarlanmak ve sallanmak suretiyle uzaklaştırılır. Piknometre, su banyosu içerisinde düşey hâle getirilir ve deney numunesi kısmı, (22±3) °C'de, (24±0,5) saat süreyle tutulur. Islatma süresinin sonunda, piknometre su banyosundan çıkarılır ve varsa geriye kalan hapsolmuş hava, piknometre, hafifçe yuvarlanmak ve sallanmak suretiyle uzaklaştırılır.

Hapsolmuş hava, vakum uygulamak suretiyle de uzaklaştırılabilir.

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

Deney numunesi kısmını kaplayan suyun büyük bir kısmı süzülür ve piknometre bir tepsiye boşaltılır. 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,  $2^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmemelidir.

Her bir deneyde piknometrenin hacmini ölçmek yerine, piknometre tekrar kalibre edilebilir. Bu durumda piknometre, termostatlı bir banyoda, (kalibrasyon sıcaklığı  $\pm 0,5$ )  $^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa getirilir.

Islak deney numunesi kısmı, tepsinin tabanına üniform bir tabaka hâlinde yayılır. Yüzey rutubetini buharlaştırmak amacıyla, agregâ taneleri, hafif bir sıcak hava akımına maruz bırakılır. Agregâ taneleri, üniform bir kurumanın elde edilmesi amacıyla, hiçbir yüzey nemi görülmeyinceye 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 geçirilen bir sıkıştırıcı kullanmak suretiyle agregâ yüzeyi 25 defa hafifçe vurularak sıkıştırılır. Sıkıştırma işleminden sonra, kalıp tekrar doldurulmaz. Kalıp, üzerinde hiçbir agregâ tanesi olmayacak şekilde, dikkatlice kaldırılır. Elde edilen agregâ konisi çökmezse, kalıp kaldırıldığında çökme olayı meydana gelene kadar kurutmaya devam edilir ve koni deneyi tekrarlanır.

Bu işlemle ilgili yol gösterici bilgiler, aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

Doygun ve yüzeyi kurutulmuş deney numunesi kısmı tartılır ( $M_1$ ). Agregâ taneleri, hava dolaşımı etüvde,  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'da sabit kütleye ( $M_4$ ) kadar kurutulur.

Bütün kütle değerleri, deney numunesi kısmının kütlelerinin ( $M_4$ ) % 0,1'i veya daha iyi olan bir doğrulukla kaydedilir.

#### 4.5.9 Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

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

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

$$\text{Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu} \quad : \rho_{rd} = \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

$$\text{Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu} \quad : \rho_{ssd} = \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

Su emme oranı ( $WA_{24}$ ), 24 saatlik daldırmadan sonra, kuru kütlenin bir yüzdesi olarak, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

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

Burada;

- $M_1$  : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, g,
- $M_2$  : Doygun agrega numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesi, g,
- $M_3$  : Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, g,
- $M_4$  : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi, g

dir.

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

**Not 1** - Hesaplamalar, aşağıdaki eşitlik kullanılarak kontrol edilebilir:

$$\rho_{ssd} = 1 + \rho_{rd} - \frac{\rho_{rd}}{\rho_a}$$

**Suyun yoğunluğu:****Çizelge 42 - Suyun yoğunluğu**

| Sıcaklık<br>°C | Yoğunluk<br>Mg/m <sup>3</sup> |
|----------------|-------------------------------|
| 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                        |

**İnce agregaların doymun ve yüzeylerinin kuru olmasıyla ilgili kılavuz**



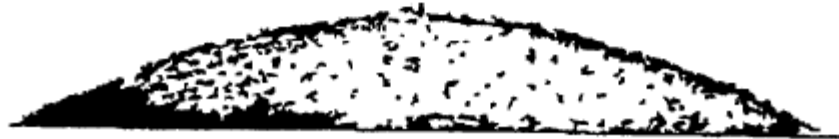
a) Nemli agregas: Metal kalıbın şeklini hemen hemen tamamen korur.



b) Hafif nemli agregas: Dikkate değer bir çökme söz konusudur.



c) Doymun ve yüzeyi kuru agregas: Hemen hemen tamamen çökme söz konusudur; fakat tepe, hâlen görülebilir durumdadır ve şevler belirli bir açığa sahiptir.



d) Etüvde kurutulmuşa yakın olan agregas: Tepe, belirgin değildir ve yüzey çizgisi, yaklaşık olarak eğrisel bir yapı arz eder.

## Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler -

### 4.6 PARÇALANMA DİRENCİNİN TAYİNİ: LOS ANGELES DENEYİ (TS EN 1097-2)

#### 4.6.1-Kapsam

Bu standard, yapı ve inşaat mühendisliğinde kullanılan yapay ve tabii iri agregaların parçalanma direncinin tayini için işlemleri kapsar.

#### 4.6.2 - Cihazlar

##### 4.6.2.1 - Deney Elekləri

1,6; 10; 11,2 (veya 12,5); 14 mm göz açıklıklarına sahip ve TS EN 932-2'ye uygun.

##### 4.6.2.2 - Terazı

Deney kısmının kütlesini % 0,1 doğrulukla tartabilen.

##### 4.6.2.3 - Hava Dolaşımı Etüv

(110 ±5)°C sıcaklığı sağlayabilen.

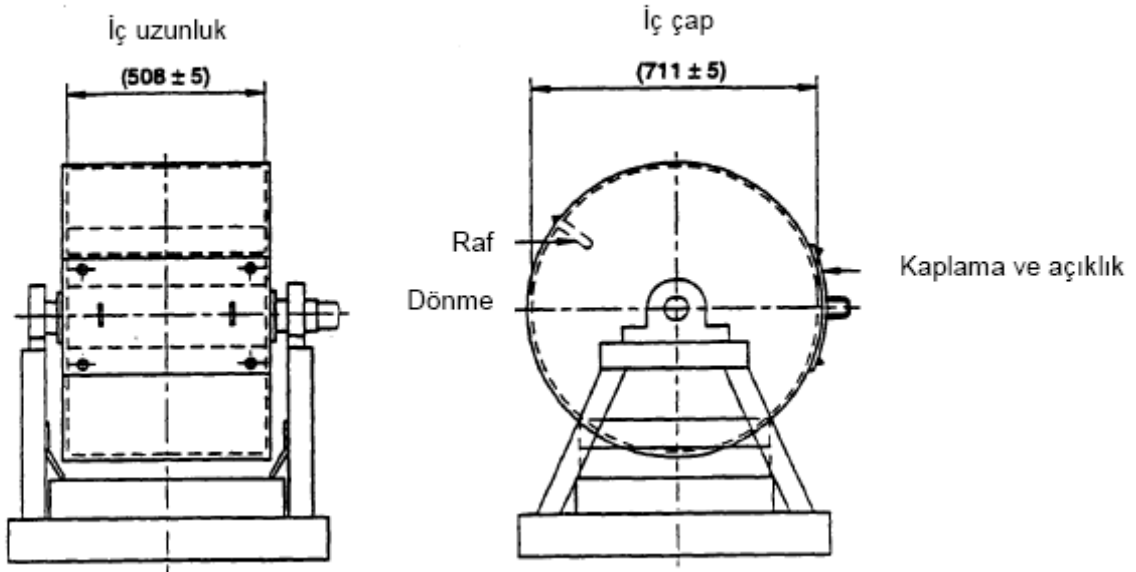
4.6.2.4 - Lâboratuvar numunesini TS EN 932-2'de tarif edilen deney kısmına azaltmak için ekipman.

##### 4.6.2.5 - Los Angeles Deney Cihazı

Aşağıda belirtilen kısımları kapsayan.

**Not** - Uygun bir makina için örnek Şekil 1'de verilmiştir.

Ölçüler mm'dir.



**Şekil 1** - Tipik Los Angeles Deney Makinası

4.6.2.5.1 - TS 2162 EN 10025'de belirtilen S 275 tipine uygun,  $(12^{+1}_{-0,5})$  mm kalınlıklı çelik levhadan aşırı gerilme uygulanmadan şekillendirilmiş ve önemli bir deformasyon olmadan kaynaklanmış boş tambur.

Tamburun her iki ucu kapalı olmalıdır. Tamburun, iç çapı (711 ± 5) mm ve iç uzunluğu (508 ± 5) mm olmalıdır. Tambur, tamburun içine girmeyecek şekilde kenarına tutturulmuş iki paralel destek üzerine

yerleştirilmeli ve yatay bir eksen etrafında dönecek şekilde monte edilmelidir. Tercihan tamburun bütün uzunluğu boyunca, numunenin yerleştirilmesini ve deneyden sonra alınmasını sağlayacak,  $(150 \pm 3)$  mm genişliğinde bir açıklık olmalıdır.

Deney sırasında, tamburun iç yüzeyinin silindirik kalmasını sağlayacak seyyar bir kapak kullanılarak delik toz sızdırmaz şekilde kapatılmalıdır.

Açıklığın en yakın kenarından 380 mm ve 820 mm uzaklıkta bir yere raf yerleştirilmelidir. Mesafe, tamburun iç yüzü boyunca dönme yönünde ölçülmelidir. Raf, dikdörtgen kesitli olmalı (uzunluğu, tamburun uzunluğuna eşit, genişliği  $(90 \pm 2)$  mm, kalınlığı  $(25 \pm 1)$  mm ve çap düzlemini ve dik gelişen bir hat üzerinde tambura sabitlenmelidir.

Raf, herhangi bir noktasında genişliği 86 mm'den daha az olacak şekilde aşındığında ve kalınlığı ön kenarı boyunca herhangi bir noktada 23 mm'den daha az olacak şekilde aşındığında değiştirilmelidir. Deney makinasının tabanı, düzgün beton veya blok taşlarla yapılmış yatay bir zemin üzerine yerleştirilmelidir.

Seyyar kapak, tamburla aynı kalitede çelikten, raf ise aynı veya daha sert çelikten yapılmış olmalıdır

**4.6.2.5.2 - Bilya yükü,** her biri 45 mm ile 49 mm arasında çapa sahip, 11 adet küresel çelik bilyadan oluşan; her bilya, 400 g ilâ 445 g kütleye sahip ve toplam yük 4690 g ile 4860 g arasında olan.

Yeni bilyaların yükünün anma kütlesi, 4860 g olmalıdır. İmalât değişimleri için 20 g pozitif toleransa ve kullanımda aşınan bilya için 150 g negatif toleransa müsaade edilebilir.

**4.6.2.5.3 - Motor,** tambura 31 devir/dakika ile 33 devir/dakika arasında dönme hızı uygulayabilen.

**4.6.2.5.4 - Tepsi,** deneyden sonra malzeme ve bilya yükünü toplamak için.

#### **4.6.2.5.5 - Devir Sayacı**

Gerekli devir sayısından sonra motoru otomatik olarak durdurabilen.

### **4.6.3 - Los Angeles Deney Metodu İle Parçalanma Direncinin Tayini**

#### **4.6.3.1 - Prensip**

Agrega numunesi, dönen tamburda çelik bilyalar ile birlikte döndürülür. Dönme işlemi tamamlandıktan sonra 1,6 mm açıklıklı elekte kalan malzemenin miktarı belirlenir.

#### **4.6.3.2 – Deney Numunesinin Hazırlanması**

Lâboratuvara gönderilen numunede malzemenin tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında, kütlesi en az 15 kg olmalıdır.

Deney, 14 mm deney eleğinden geçen ve 10 mm deney eleğinde kalan agregalara uygulanır. İlave olarak, deney kısmının tane büyüklüğü dağılımı aşağıdaki şartlardan birine uygun olmalıdır:

- a) 12,5 mm deney eleğinden geçen agrega miktarı, % 60 ile % 70 arasında veya,
- b) 11,2 mm deney eleğinden geçen agrega miktarı, % 30 ile % 40 arasında.

Tane büyüklüğü dağılımındaki ilâve özellikler, deney kısmının 10/14 mm'den farklı üründen oluşturulmasına izin verir (Çizelge 43).

Lâboratuvar numunesi 10 mm 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 11,2 mm (veya 12,5 mm) - 14 mm arasındaki fraksiyonları elde etmek için 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 14 mm'lik deney elekleriyle elenir. Her bir fraksiyon TS 3530 EN 933-1'in şartlarına uygun olarak yıkanır ve sabit kütleye ulaşıncaya kadar  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$  'de etüvde kurutulur.

Fraksiyonlar oda sıcaklığına soğutulur. Yukarıda verilen tane büyüklüğü dağılımı ilâve özelliklere uygun 10 mm - 14 mm aralığında lâboratuvar numunesi elde etmek için her iki fraksiyon karıştırılır. Karıştırılmış fraksiyonlardan hazırlanmış lâboratuvar numuneleri TS EN 932-2'ye uygun miktarda deney numunesi parçasına azaltılır. Deney kısmının kütlesi  $(5000 \pm 5)$  g olmalıdır.

#### **4.6.3.3 - İşlem**

Numuneyi yüklemeyen önce tamburun temiz olup olmadığı kontrol edilir. Makinaya önce dikkatlice bilyalar , sonra deney kısmı konulur.

Kapak kapatılır ve makina 31 devir/dakika ilâ 33 devir/dakika arasında sabit hızda 500 devir döndürülür.

Agrega kaybını önlemek için açıklık tepsinin tam üstüne getirilerek, agregalar tepsiye dökülür. Tambur temizlenir, ince tanelerin raf etrafında kalmamasına dikkat edilir. Agregaya kaybının olmamasına dikkat edilerek bilyalar tepside alınır.

Tepsideki malzeme, 1,6 mm.lik elek kullanılarak TS 3530 EN 933-1'e göre yıkanır ve elenir. 1,6 mm elekte kalan kısım, (110±5) °C'deki etüvde sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur.

#### 4.6.3.4 – Hesaplama ve sonuçların gösterimi

Los Angeles kat sayısı LA aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

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

Burada;

m: 1,6 mm.lik elek üzerinde kalan fraksiyon, g.'dir.

Sonuç en yakın tam sayıya yuvarlatılarak verilir.

#### 4.6.4- Los Angeles deney metodu için alternatif dar aralıklı sınıflar

Referans deney için aşağıdaki değişimler, belirli kullanım amaçları için ilâve bilgileri sağlayabilir.

Çizelge 43'de verilen dar tane büyüklüğü aralığı sınıfları kullanılabilir.

Alternatif dar tane büyüklüğü aralığı sınıflarını elde etmek için, aşağıdaki uygun göz açıklıklı elekler kullanılır.

**Çizelge 43-** Alternatif Dar Aralık Sınıfları

| Aralık Sınıfları<br>mm | Bilyaların Sayısı | Bilya Yüğü Kütlesi<br>g |
|------------------------|-------------------|-------------------------|
| 4 - 8                  | 8                 | 3410 - 3540             |
| 6,3 - 10               | 9                 | 3840 - 3980             |
| 8 - 12                 | 10                | 4260 - 4420             |
| 11,2 - 16,0            | 12                | 5120 - 5300             |

## 4.7 AŞINMAYA KARŞI DİRENCİN TAYİNİ (MİKRO-DEVAL) (TS EN 1097-1)

### 4.7.1 Kapsam

Bu deney, agregaların aşınmaya karşı direncinin ölçülmesiyle ilgili işlemi kapsar. Numune, yaş olarak deneye tâbi tutulur.

### 4.7.2 Prensip

Deney, dönme işlemi tamamlandığında, orijinal numunenin 1,6 mm'den daha küçük tane büyüklüğüne indirilen kısmının yüzdesini ifade eden mikro-Deval katsayısını tayin eder.

Deney, belirtilen şartlar altında döner bir tambur içerisinde bulunan agregalar ile aşındırıcı malzeme arasındaki sürtünmenin neden olduğu aşınmanın ölçülmesinden ibarettir.

Dönme tamamlandığında, 1,6 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregaya yüzdesi belirlenir ve bulunan değer, mikro-Deval katsayısının hesaplanmasında kullanılır.

### 4.7.3 Cihaz ve malzemeler

#### 4.7.3.1 Standard cihaz ve malzemeler

**4.7.3.1.1 Terazî,** deney kısmı kütlesinin %0,1'ine tekabül eden doğrulukla tartabilen.

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

**4.7.3.1.3 Hava dolaşımı etüv,** sıcaklığı (110±5) °C'de tutulabilen.

**4.7.3.1.4 Ölçülü cam silindir (veya silindirler),** ISO 4788'e uygun olan veya (2,5 ±0,05) L suyu ölçebilen.

#### 4.7.3.2 Mikro-Deval Cihazı:

Tipik bir mikro-Deval cihazı, Şekil 1'de gösterilmektedir. Mikro-Deval cihazı, aşağıda belirtilen zorunlu özelliklere sahip olmalıdır.

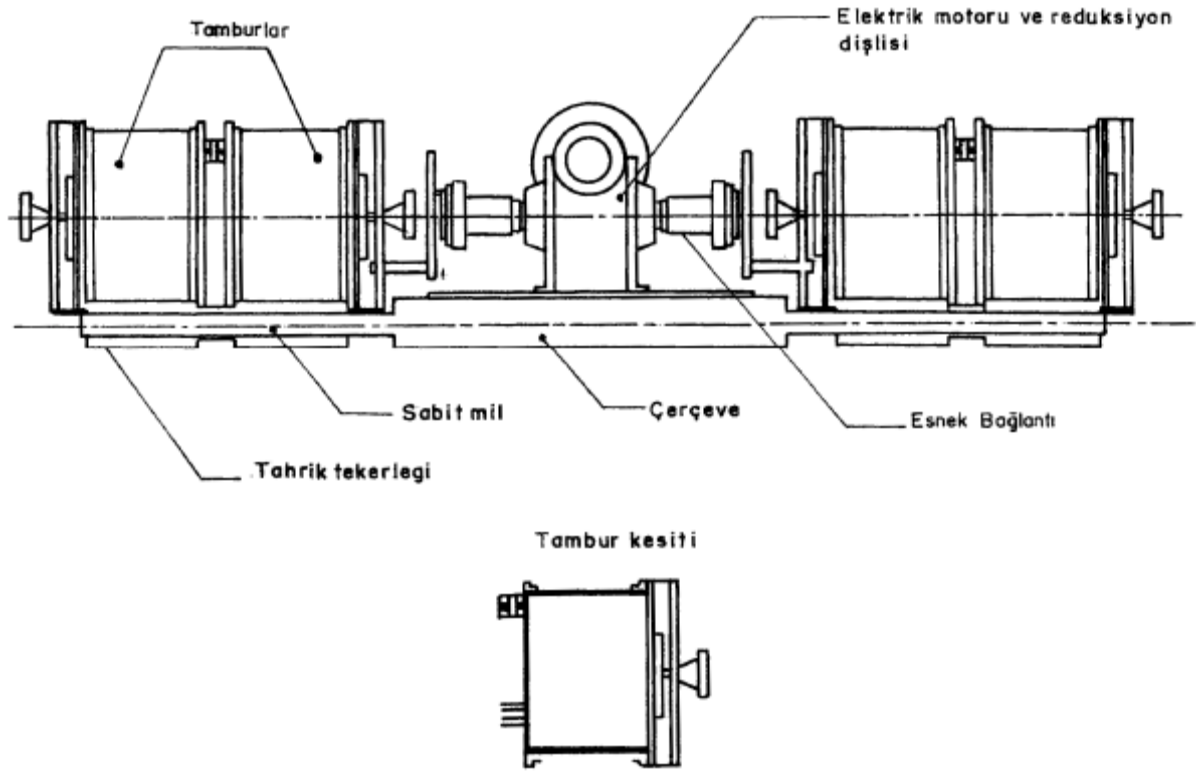
**4.7.3.2.1** Deney cihazı, bir ucu kapalı, iç çapı (200 ±1) mm, taban ile kapağın iç yüzeyi arasındaki iç uzunluğu (154 ±1) mm olan 1 ilâ 4 adet tambur ihtiva etmelidir. Tamburlar, yatay ekseninde dönen iki adet mil üzerine yerleştirilen en az 3 mm et kalınlığına sahip paslanmaz çelikten imâl edilmiş olmalıdır.

**4.7.3.2.2** 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.

**4.7.3.2.3** Aşındırıcı malzeme, ISO 3290'a uygun (10 ±0,5) mm çapındaki çelik bilyalardan oluşmalıdır. Bilya çapları, aralarındaki mesafe 9,5 mm olan paralel iki çubuk üzerinde bilyaları hareket ettirmek suretiyle hemen kontrol edilebilir.

**4.7.3.2.4** Deney cihazı, tamburları (100 ±5) devir/dak. sabit dönme hızında döndüren uygun bir motor ihtiva etmelidir (yaklaşık 1 Kw'lık motor gücü uygundur).

**4.7.3.2.5** Deney cihazı, motoru, belirtilen bir devir sayısından sonra otomatik olarak durduran bir sayaç veya başka uygun bir donanıma sahip olmalıdır.



**Şekil 1** - Tipik deney cihazı

#### 4.7.4- Deney numunelerinin hazırlanması

Lâboratuvara gönderilen numunenin kütlesi, 10 mm ilâ 14 mm aralığındaki tane büyüklüğüne 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 ilâve olarak, deney kısmı aşağıda belirtilen iki sınıf malzemeden birine uygun olmalıdır:

- a) Tanelerin % 30 - % 40'ı, 11,2 mm göz açıklıklı elekten geçmeli veya
- b) Tanelerin % 60 - % 70'i, 12,5 mm göz açıklıklı elekten geçmeli.

Lâboratuvar numunesi, 10 mm ilâ 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 11,2 mm (veya 12,5 mm) ilâ 14 mm aralıklarında ayrı fraksiyonlar elde etmek amacıyla 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 14,0 mm göz açıklıklı eleklerle elenir. Her bir fraksiyon, TS 3530 EN 933-1 'e uygun olarak ayrı ayrı yıkanır ve etüvde  $(110 \pm 5)$  C'ta sabit kütleye kadar kurutulur.

Fraksiyonlar, ortam sıcaklığına erişilinceye kadar soğumaya bırakılır. İki fraksiyon, bu maddenin ikinci paragrafında verilen sınıflardan birine uyan ve 10 mm ilâ 14 mm arasında tane büyüklüğüne sahip yeni bir lâboratuvar numunesi elde etmek amacıyla karıştırılır.

İki fraksiyonun karıştırılması ile elde edilen yeni lâboratuvar numunesi, TS EN 932-2'ye uygun olarak deney kısmı büyüklüğüne kadar azaltılır. Deney kısmı, her biri  $(500 \pm 2)$  g kütleye sahip iki deney numunesinden oluşmalıdır.

#### 4.7.5- Deney işlemi

Her bir deney numunesi, ayrı bir tamburun içine yerleştirilir. Her bir tambura,  $(5000 \pm 5)$  g'lık çelik bilya ve  $(2,5 \pm 0,05)$  L su ilâve edilir.

Kapağı kapatılan her bir tambur, iki adet mil üzerine yerleştirilir. Tamburlar,  $(100 \pm 5)$  devir/dak. hızda  $(12000 \pm 10)$  devir tamamlanıncaya kadar döndürülür. Deneyden sonra, olabilecek herhangi bir agrega kaybını önlemeye dikkat edilerek, agrega ve çelik bilyalar bir kapta toplanır. Bir yıkama şişesi kullanılarak tamburun içi ve kapağı dikkatlice yıkanır ve yıkanan malzeme toplanır. Tüm malzeme ve yıkama suları, 8 mm göz açıklıklı koruyucu bir elek ile korunan 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerine dökülür. Dökülen malzeme, temiz su ile yıkanır. Herhangi bir tane kaybına yol açmadan, 8 mm göz açıklıklı koruyucu elekte tutulan agrega taneleri dikkatlice çelik bilyalardan ayrılır. Agregataneleri elle veya elek üzerindeki bilyalar mıknatıs kullanılarak agregadan ayıklanır.

8 mm göz açıklıklı koruyucu elekte tutulan agrega taneleri, bir tepsi içerisine dökülür. 1,6 mm göz açıklıklı elekte tutulan agrega taneleri de aynı tepsi içerisine dökülür. Tepsi ve içerisindeki malzeme, etüvde, (110±5) °C'de kurutulur. 1,6 mm göz açıklıklı elekte tutulan agrega kütlesinin tayini, TS 3530 EN 933-1'e uygun olarak yapılır. 1,6 mm göz açıklıklı elekte tutulan kütle miktarı (m), en yakın grama yuvarlatılarak kaydedilir.

#### 4.7.6 Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

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 (yaş olarak),

m : 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerinde tutulan fraksiyonun kütlesi, g

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.

## 4.8 ÇİVİLİ LÂSTİKLERDEN KAYNAKLANAN AŞINMAYA KARŞI DİRENCİN TAYİNİ - NORDİK DENEYİ (TS EN 1097-9)

### 4.8.1 - Kapsam

Bu deney, çivili lâstiklerin, yol vb. yüzey kaplamalarında kullanılan iri agregalar üzerindeki aşındırma etkisinin simülasyonu için yapılan işlemleri kapsar.

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

### 4.8.2 - Prensi

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.

### 4.8.3 – Cihaz ve malzemeler

#### 4.8.3.1 – Standart cihaz ve malzemeler

**4.8.3.1.1 - Terazî,** deney numunesi ve şarj malzemesini, deney numunesi kütlesinin %0,1'ine tekabül eden doğrulukla tartabilen.

**4.8.3.1.2 - Elek seti,** TS EN 933-2'ye uygun ve 2,0 mm-8,0 mm-11,2 mm-14,0 mm-16,0 mm göz açıklıklı.

**4.8.3.1.3 - Havalandırmalı etüv,** sıcaklığı (110 ±5) C'de tutulabilen.

**4.8.3.1.4 - Ölçülü cam silindir (veya silindirler),** (2,00 ±0,01) L suyu ölçebilen diğer uygun gereçler.

#### 4.8.3.2 – Özel cihaz ve malzemeler

**4.8.3.2.1 - Deney cihazı:** Tipik bir deney cihazı, Şekil 1'de gösterilmiş olup, cihazın temel parçaları ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

**4.8.3.2.2 - Su geçirmez tambur,** bir ucu kapalı, iç çapı (206,5 ±2,0) mm, tabanın iç yüzeyi ile kapağın iç yüzeyi arasındaki mesafe (335 ±1) mm olan. Tambur, en az 6,0 mm et kalınlığına sahip dikişsiz çelik tüpten imâl edilmiş olmalıdır.

Tambur, su ve toz geçirmez bir contaya sahip en az 8 mm kalınlığındaki düz bir kapak ile kapatılmalı, Şekil 1'de gösterildiği gibi, 2 mil üzerine oturtularak yatay eksen etrafında döndürülmelidir.

**4.8.3.2.3 - Kanatçıklar:** Her biri (333 ±1) mm uzunlukta olan 3 adet kanatçık, tamburun iç çemberi üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmelidir. Bu kanatçıklar, yerlerinden çıkarılabilmeli ve sert ve sağlam çelikten Şekil 2'de gösterilen orijinal kesite göre imâl edilmiş olmalıdır.

Her bir kanatçık, en az üç adet M4 gömme başlı civata kullanılarak tambura sıkıca monte edilmelidir.

Kanatçıklar, ilk kullanımdan önce, 6,0'dan daha büyük Nordik aşınma değerine sahip olmayan agrega kullanılarak tambur içerisinde (25±1) saat süreyle aşındırmaya tâbi tutulmalıdır. Kanatçıklardan herhangi birinin kütlesinin, aşındırma işleminden önceki kütlesine göre 15,0 g azalması durumunda, sözkonusu kanatçık yenilenmelidir.

**4.8.3.2.4 - Aşındırıcı şarj**  $(15,0^{+0,1}_{-0,5})$  mm çapında ve ISO 3290'da belirtilen 62 HRC ve 65HRC arasında sertliğe sahip bilyalardan oluşan.

Bilya çapları, aralarındaki mesafe 14,5 mm olan paralel iki çubuk üzerinde bilyaları hareket ettirmek suretiyle kısa sürede kontrol edilebilir.

**4.8.3.2.5 - Motor,** tamburu, (90± 3) devir/dakika sabit dönme hızında döndürebilen.

**4.8.3.2.6 - Sayaç veya başka uygun bir cihaz,** tamburun dönüşünü, dönme sayısı (5400 ±10) devire ulaştığında otomatik olarak durdurabilen.

**4.8.3.2.7 - Mastar,** en küçük bilya büyüklüğünün kontrolü için. Bu amaçla, aralarındaki mesafe (14,6 ±0,1) mm olan paralel iki çubuk kullanılabilir.

**4.8.3.2.8 - Miknatis,** aşınan demir aksamın, agrega deney numunesinden ayıklanması için.

### 4.8.4 – Deney numunesinin hazırlanması

Lâboratuvara gönderilen numune, en az 4 adet deney numunesinin hazırlanmasına yetecek miktarda olmalıdır.

Deney numunesinin %(65 ±1)'i, 14,0 mm göz açıklıklı elekten geçmiş olmalıdır. Başka bir deyişle, deney numunesinin %(35±1)'i, 14,0 mm ilâ 16,0 mm arasında büyüklüğe sahip tanelerden oluşmalıdır.

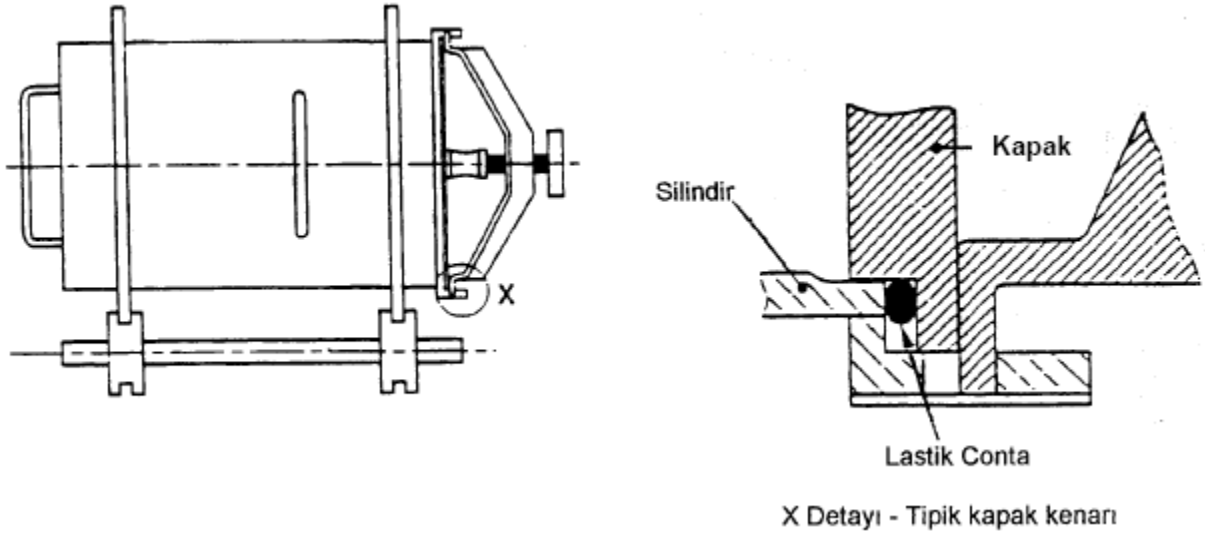
Lâboratuvar numunesi, 11,2 mm ilâ 14,0 mm ve 14,0 mm ilâ 16,0 mm aralıklarında iki ayrı fraksiyon elde etmek amacıyla 11,2 mm, 14,0 mm ve 16,0 mm göz açıklıklı elekler kullanılarak elenir. Her bir fraksiyon, TS 3530 EN 933-1'e uygun olarak ayrı ayrı yıkanır ve etüvde (110 ±5) °C'de sabit kütleye kadar kurutulur. Fraksiyonlar, ortam sıcaklığına erişilinceye kadar soğumaya bırakılır. Her iki fraksiyon, %(65±1)'i 14,0 mm göz açıklıklı elekten geçen 11,2 mm ilâ 16,0 mm arasında tane büyüklüğüne sahip yeni bir lâboratuvar numunesi elde etmek amacıyla karıştırılır. İki fraksiyonun karıştırılması ile elde edilen yeni lâboratuvar numunesi, TS EN 932-2'ye uygun olarak deney numunesi büyüklüğüne kadar azaltılır.

Deney numunesi, aşağıdaki eşitlik ile ifade edilen gram cinsinden bir kütleye sahip olmalıdır: Burada;

$$m_i = \frac{1000\rho_s}{2,66} \pm 5$$

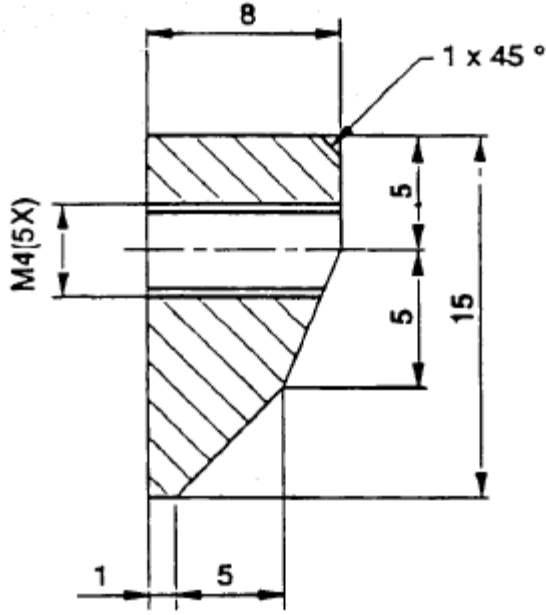
$m_i$ : Deney numunesinin ilk kuru kütlesi, g,

$\rho_s$ : TS EN 1097-6'ya uygun olarak ön kurutulmuş tane yoğunluğu, Mg/m<sup>3</sup>

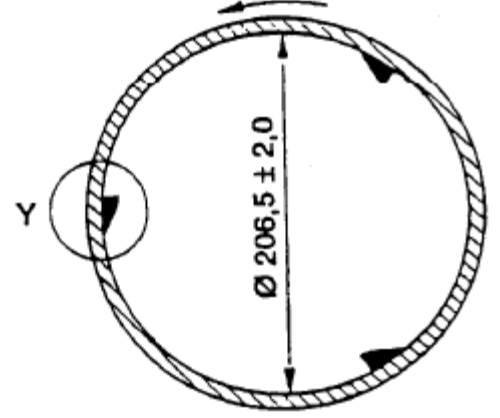


**Şekil 1** - Tipik deney cihazı

Boyutlar,  
milimetredir.



Y Detayı - Ön aşındırma öncesi kanatçık detayı



Tamburun üç kanatçıkla birlikte kesiti

Tolerans=  $\pm 0,5$  mm

#### Şekil 2 - Kanatçıklar

##### 4.8.5 - İşlem

Deney numunesi, tamburun içine konur.  $(7000 \pm 10)$  g'lık bir şarj oluşturmak için tamburun içine yeterli miktarda çelik bilya ve  $(2,00 \pm 0,01)$  L su ilâve edilir.

Tamburun kapağı kapatılır ve tambur,  $(90 \pm 3)$  devir/dakika hızda  $(5400 \pm 10)$  devir yapılıncaya kadar döndürülür.

Deneyden sonra, olabilecek herhangi bir agregaya kaybını önlemeye dikkat edilerek, agregaya ve çelik bilyalar bir tavada toplanır. Bir yıkama şişesi kullanılarak tamburun içi ve kapağı dikkatlice yıkanır ve yıkanan malzeme toplanır.

Tüm malzeme, yukarıdan aşağı göz açıklıkları 14,0 mm, 8,0 mm ve 2,0 mm olan bir elek seti üzerine boşaltılır. Boşaltılan malzeme, temiz su ile yıkanır.

14,0 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregaya taneleri, herhangi bir tane kaybına yol açılmadan, dikkatlice çelik bilyalardan ayrılır. Agregaya taneleri elle ayıklanır veya mıknatıs kullanılarak elek üzerindeki bilyalar agregadan ayıklanır.

14,0 mm göz açıklıklı elek, 8,0 mm göz açıklıklı koruyucu elek ve 2,0 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregaya taneleri, bir tepsi içine boşaltılır.

Tepsi ve içerisindeki malzeme, etüvde  $(110 \pm 5)$  C'de kurutulur. 14,0 mm, 8,0 mm ve 2,0 mm göz açıklıklı eleklerde tutulan agregaya kütlesi, TS 3530 EN 933-1'e uygun olarak tayin edilir. Her bir elekte tutulan kütle miktarı, en yakın gram olarak kaydedilir.

Yukarıda açıklanan işlemler, ikinci deney numunesi için aynen tekrarlanır.

#### 4.8.6 – Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

Nordik aşınma değeri ( $A_N$ ), aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$A_N = 100 (m_i - m_2)/m_i$$

Burada;

$m_i$  : Deney numunesinin ilk kuru kütlesi, g,

$m_2$  : Deneyden sonra 3 elekte (14,0 mm, 8,0 mm ve 2,0 mm) tutulan üç fraksiyonun kuru kütleleri toplamı, g'dır.

Nordik aşınma değeri, en yakın ondalıkla verilir.

Nordik aşınma değeri ( $A_N$ ) için yapılan iki adet tayinin sonuçları, bu sonuçlar arasındaki fark, sonuçların ortalama değerinin %7'sine eşit veya küçük ise, kabul edilir.

Fark daha büyükse, iki adet numune daha deneye tâbi tutulur. Bu durumda, dört adet  $A_N$  değerinin standard sapması hesaplanır. Standard sapma %6'dan büyükse, %5'lik bölgedeki uç değerler, ISO 5725'te belirtilen Dixon testine uygun olarak atılır. Kabul edilen tüm değerlerin ortalaması hesaplanır.

## **-Agregaların Termal Ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler -**

### **4.9 DONMAYA VE ÇÖZÜLMEME KARŞI DİRENCİN TAYİNİ (TS EN 1367-1)**

#### **4.9.1- Kapsam**

Bu deney, agreganın arka arkaya donma ve çözülme etkisine maruz bırakılması halinde gösterdiği davranış biçimi hususunda bilgi sağlar.

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

#### **4.9.2 Prensi**

Atmosfer basıncında suya batırılarak su altında tutulan ve belirli tane büyüklüğüne sahip agregalardan oluşan deney numunesi kısımları, 10 defa donma-çözülme döngüsüne tâbi tutulur. Burada, su altında -17,5 °C'ye soğutma ve daha sonra da yaklaşık 20 °C'deki su banyosunda çözme işlemi gerçekleştirilir. Donma-çözülme döngülerinin tamamlanmasından sonra agregalar, çatlak oluşumu, kütle kaybı ve varsa mukavemet değişiklikleri gibi herhangi bir değişiklik olup olmadığı hususunda kontrol edilir.

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

#### **4.9.3 Cihazlar**

**4.9.3.1 Havalandırılmalı etüv**, sıcaklığı (110 ± 5) °C'de tutulabilen.

**4.9.3.2 Teraz**i, ±0,1 g doğrulukla tartabilen.

**4.9.3.3 Düşük sıcaklık dolabı**, düşey veya yatay, hava dolaşımı. Şekil 1'de gösterildiği gibi, doğru soğutma eğrisinin elde edilmesi şartıyla elle kontrol metodu kullanılabilir. Uyuşmazlık halinde, otomatik kontrol kullanılmalıdır.

**4.9.3.4 Metal kutular**, dikişsiz çekilmiş veya kaynaklı, 0,6 mm et kalınlığına sahip korozyona dayanıklı metalden imâl edilmiş, 2000 mL kapasiteli, 120 mm ilâ 140 mm'lik iç çap ve 170 mm ilâ 220 mm'lik iç yüksekliğe sahip. Metal kutular, uygun kapaklarla kapatılmalıdır.

**4.9.3.5 Deney elektrileri**, TS EN 933-2'ye uygun.

#### **4.9.4 Numune alma**

Numune alma işlemi, TS EN 932-1'e uygun olarak yapılmalıdır.

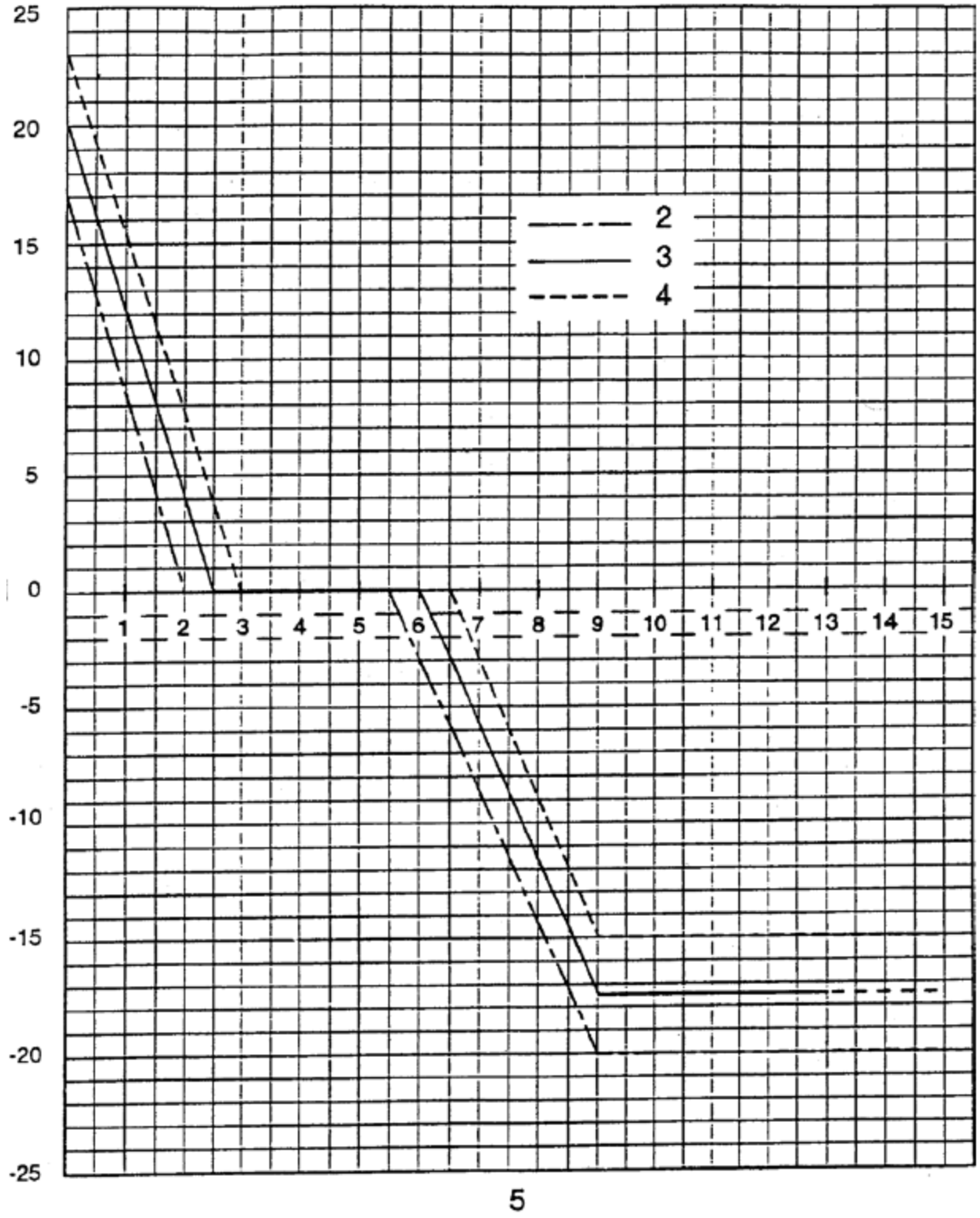
#### **4.9.5 Deney numuneleri**

##### **4.9.5.1 Genel**

Üç adet deney numunesi kullanılmalıdır.

Direnç deneyinin, donma-çözülme döngüsel yüklemesinden sonra yapılması düşünülüyorsa, bu deney, lâboratuvar numunesinden elenerek elde edilen uygun bir agrega büyüklük sınıfı üzerinde TS EN 1097-2'ye uygun olarak yapılmalıdır.

Bu amaçla, yedek dahil, direnç deneyi için gerekli olan kütlenin iki katı miktarda lâboratuvar numunesi alınmalıdır. Alınan bu lâboratuvar numunesi, iki eşit kısma ayrılmalıdır. Birinci kısım, donma-çözülme döngüsüne tâbi tutulmaksızın parçalanma ve yoğunluk deneyleri, ikinci kısım ise, donma-çözülme döngü deneyleri için kullanılmalıdır.



- 1 - Sıcaklık, °C  
 2 - Alt Sınır  
 3 - Kontrol Eğrisi  
 4 - Üst Sınır  
 5 - Zaman, saat

**Şekil 1** - Dolabın ortasına yerleştirilen dolu metal kutunun merkezindeki sıcaklık eğrisi (referans ölçme noktası)

#### 4.9.5.2 Deney numunelerinin büyüklüğü

Deney numunelerinin tane büyüklüğü, 8 mm ilâ 16 mm aralığında olmalıdır, ancak gerek duyulması halinde, Çizelge 1'de verilen tane büyüklüklerinden herhangi biri kullanılabilir.

Üç deney numunesi kısmının her birine ait miktarlar, Çizelge 44'de belirtildiği gibi olup, izin verilebilir sapma  $\pm 5\%$ 'tir.

**Çizelge 44 - Donma-Çözülme döngü deneyi için gereken deney numunesi kısımlarının miktarları**

| En Büyük Agregat Tane<br>Büyüklüğü<br>(mm) | Agregat Kütlesi veya Hacmi |                                        |
|--------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
|                                            | Normal Agregat<br>(g)      | Hafif Agregat<br>(Yığın Hacmi)<br>(mL) |
| 4 - 8                                      | 1000                       | 500                                    |
| 8 - 16                                     | 2000                       | 1000                                   |
| 16 - 32                                    | 4000 <sup>1)</sup>         | 1500                                   |
| 32 - 63                                    | 6000 <sup>1)</sup>         | -                                      |

1) İlâve metal kutulara ihtiyaç olacaktır.

#### 4.9.6 Deney numunelerinin hazırlanması

Deney numuneleri yıkanmalıdır. Numuneler,  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'ta sabit kütleye kurutulmalı, ortam sıcaklığına kadar soğumaya bırakılmalı ve hemen tartılmalıdır ( $M_1$ ).

Tartma işlemi, aşağıda belirtilen doğruluk seviyelerinde yapılmalıdır:

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

#### 4.9.7 İşlem

##### 4.9.7.1 Suda ıslatma

Hazırlanan deney numuneleri, içerisinde damıtık veya demineralize su bulunan metal kutularda  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$  'de,  $(24 \pm 1)$  saat süreyle atmosfer basıncında tutulur. Su seviyesi, 24 saatlik tüm ıslatma süresi boyunca deney numunesi kısımlarının en az 10 mm üstünde olmalıdır.

##### 4.9.7.2 Su altında dondurma işlemi

Her bir metal kutudaki su seviyesinin, deney numunesinin en az 10 mm üzerine olup olmadığı kontrol edilir ve kutu kapakları kapatılır. Isının mümkün mertebe 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, deney numunelerini ihtiva eden metal kutular dolaba yerleştirilir.

Soğutulan alanın ortasında bulunan kapalı metal kutunun merkezindeki sıcaklık, referans sıcaklık ölçme noktası olarak kullanılır ve sıcaklığın Şekil 1'de gösterilen soğutma eğrisinin sınırları içerisinde kalması sağlanacak şekilde dolap ayarı yapılır.

Dolaptaki numuneler, aşağıda belirtilen şekilde, 10 defa donma-çözülme döngüsüne tâbi tutulur:

a) Sıcaklık,  $(150 \pm 30)$  dakikada  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 'den 0 (sıfır)  $^\circ\text{C}$ 'e düşürülür ve  $(210 \pm 30)$  dakika süreyle 0 (sıfır)  $^\circ\text{C}$ 'de tutulur.

b) Sıcaklık,  $(180 \pm 30)$  dakikada 0 (sıfır)  $^\circ\text{C}$ 'den  $(-17,5 \pm 2,5) ^\circ\text{C}$ 'e düşürülür ve en az 240 dakika süreyle  $(-17,5 \pm 2,5) ^\circ\text{C}$ 'de tutulur.

Tatil gibi nedenlerle, donma döngüsü sırasında veya elle kontrol sırasında deneye ara verilmesi gerekirse, metal kutular  $(-17,5 \pm 2,5) ^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilmelidir. Deneye ara verilebilecek azami süre 72 saattir.

c) Hiç bir aşamada, hava sıcaklığının,  $-22 ^\circ\text{C}$ 'in altına düşmesine izin verilmemelidir.

d) Her bir donma döngüsü tamamlandıktan sonra, kutu muhtevası, yaklaşık  $20 ^\circ\text{C}$ 'deki suya batırılmak suretiyle çözülür. Sıcaklık,  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 'e ulaştığında, çözme işlemi tamamlanmış sayılmalıdır.

e) Her bir çözme aşaması tamamlandıktan sonra, kutular  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 'deki suda en fazla 10 saat süreyle tutulur. Her bir donma-çözülme döngüsü, 24 saat içinde tamamlanmalıdır.

10. döngünün tamamlanmasından sonra her iki kutunun içindeki malzeme, deney numunesini hazırlamak için kullanılan alt elek büyüklüğünün yarısı kadar göz açıklığına sahip bir deney eleğinin üzerine boşaltılır (meselâ, 8 mm ilâ 16 mm aralığı için 4 mm göz açıklıklı bir deney eleği üzerine boşaltma yapılır). Deney numunesi, belirtilen elek üzerinde elle yıkanır ve elenir. Elek üzerinde kalan agregat  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'de sabit kütleye kurutulur, daha sonra ortam sıcaklığına kadar soğutulur ve hemen tartılır ( $M_2$ ).

#### 4.9.8 Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

##### 4.9.8.1 Kütlece yüzde madde kaybının tayini

Üç deney numunesinin elek üstü kısımları birleştirilir ve buradan elek altı miktarı hesaplanır, tartılır ve elde edilen kütle, birleştirilen deney numunelerinin kütlece yüzdesi olarak ifade edilir.

Donma-çözülme deneyi sonucundaki kütle yüzde kaybı (F), aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

Burada;

M<sub>1</sub> : Üç deney numunesinin toplam ilk kuru kütlesi, g,

M<sub>2</sub> : Belirtilen elekte tutulan üç deney numunesinin toplam nihai kuru kütlesi, g,

F : Donma-çözülme döngüsünden sonra üç deney numunesinin kütlece yüzde kaybıdır.

##### 4.9.8.2 Donma-çözülme döngüsünden sonra direnç kaybının tayini

Deney numunesi kısımları için, donma-çözülme döngülü ve donma-çözülme döngüsüz olarak elde edilen direnç deneyi sonuçları arasındaki yüzdece fark, TS EN 1097-2'de belirtilen aşağıdaki işlemler takip edilerek hesaplanır.

Yüzdece direnç kaybı, %0,1 doğrulukla, aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanır:

$$\Delta S_{LA} = \frac{S_{LA_1} - S_{LA_0}}{S_{LA_0}} \times 100$$

Burada;

$\Delta S_{LA}$  : Yüzdece direnç kaybı,

S<sub>LA0</sub> : Donma-çözülme döngüsü olmaksızın deney numunesi kısmının Los Angeles katsayısı,

S<sub>LA1</sub> : Donma-çözülme döngüsünden sonra deney numunesi kısmının Los Angeles katsayısı'dır.

#### Çok ağır donma-çözülme şartları için bilgi notu

Bu deney metodunun, agregaları dayanıklılık bakımından birbirlerinden yeterince ayıramadığı gösterildiğinde, su yerine aşağıdaki maddelerin kullanılması gerekebilir:

a) %1'lik sodyum klorür (NaCl) çözeltisi veya

b) Doygun üre çözeltisi.

Bu durumda, Şekil 1'de verilen soğutma eğrisi için donma noktasının ayarlanması dışında, bu standarddaki diğer tüm parametreler aynen geçerlidir.

## **Agregaların Termal Ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler**

### **4.10 MAGNEZYUM SÜLFAT DENEYİ (TS EN 1367-2 )**

#### **4.10.1 - Kapsam**

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

#### **4.10.2 - Prensiy**

Tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında olan agregalardan oluşan deney numunesi doymuş magnezyum sülfat çözeltisine 5 kere daldırılır ve takiben  $(110\pm5)^{\circ}\text{C}$  'de etüvde kurutulur. Magnezyum sülfatın tekrar su alması ve agregada numunesinde tekrarlanan kristalizasyon ile agregada boşluklarında zararlı etkiler ortaya çıkar. Tane büyüklüğü 10mm'den daha küçük malzemelerin oluşmasına neden olan zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma ölçülür.

#### **4.10.3 – Numune alma**

Deney için kullanılacak lâboratuvar numunesi TS EN 932-1'e uygun olarak alınmalıdır.

#### **4.10.4 - Cihazlar**

**4.10.4.1 – Deney Elekleri,** Elek göz  ıklıklı 10mm ve 14 mm arasında, TS EN 933-2'e uygun olmalı.

**4.10.4.2 – Terazı,** 2 kg kapasiteli ve 0,1 gram doğrulukla ölüm yapabilen.

#### **4.10.4.3 – Piri  ve Paslanmaz  elik Telden Sepetler**

Laboratuvar numunelerini  zeltiye daldırmak için en az iki tane. Uygun bir tasarım  ekil 1' de verilmiştir.

#### **4.10.4.4 - Kaplar,**

 zeltiye daldırılan agregada hacminin en az be  katı hacme sahip sepetlerin kolayca içeriye yerleştirilmesi ve dışarı alınması için kullanılacaktır,

#### **4.10.4.5 – Su Banyosu ve  limlendirme Odası**

Kaplardaki  zeltilerin sıcaklığını  $(20\pm2)^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edebilen.

#### **4.10.4.6 – Etüv Hava Dola ımlı Sıcaklığı $(110\pm5)^{\circ}\text{C}$ 'de tutabilen.**

#### **4.10.4.7 - Hidrometre**

Ortalama yüzey gerilimi 55 mN/m olan 1,284 g/ml.den 1,300 g/ml'ye; 0.001 g/ml doğrulukta  $20^{\circ}\text{C}$ 'de yoğunluk tayini için kalibre edilmiş.

#### **4.10.4.8 - Desikatör,**

Sepetlerin en az ikisini alabilecek

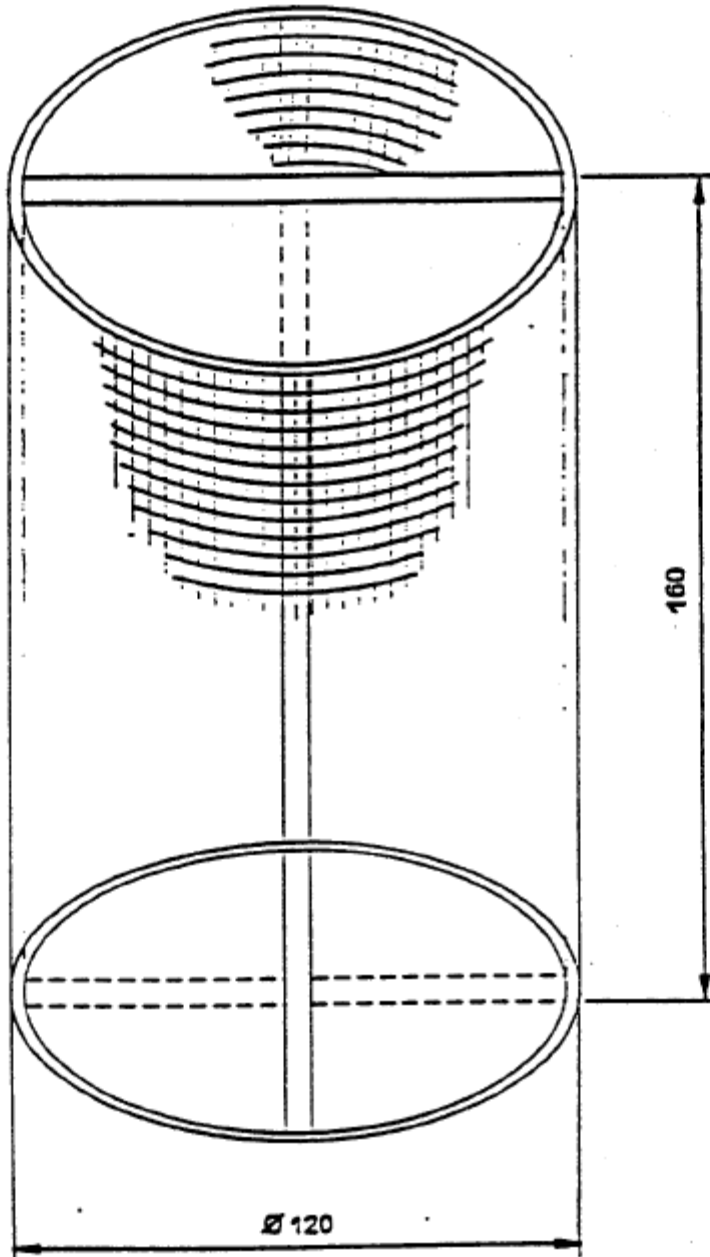
#### **4.10.4.9 - Termometre**

$0^{\circ}\text{C}$  ile  $120^{\circ}\text{C}$  arasında  $1^{\circ}\text{C}$  doğrulukla ölüm yapabilen.

#### **4.10.4.10 - Kronometre**

Kronometre, zaman bölümlerinin toplam serisini  $\pm 1$  dakika doğrulukla ölçebilen.

Ölçüler mm'dir.



Şekil 1. 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 olmalıdır. Bu sepetin ağı, agregayı taşıyacak yeterli sağlamlıkta olmalı, fakat deneyin başlangıcında parçacıkların geçebilecekleri kadar iri olmamalıdır.

#### 4.10.5 - Reaktifler

4.10.5.1 - Damıtık veya deionize su

4.10.5.2 - % 5'lik baryum klorür çözeltisi, 5 gram baryum klorür 100 ml damıtık suda çözülmesiyle elde edilir.

4.10.5.3 - Doygun magnezyum sülfat çözeltisi, magnezyum sülfat heptahidratın damıtık veya deionize su içerisinde çözülmesi ile elde edilir.

4.10.5.3.1 - Çözelti 1 litre su için 1500 gram kristal tuzun yavaş yavaş ilâve edilmesi ile hazırlanır. Her deney için en az 3 litre gereklidir.

Çözeltinin hazırlanması sırasında sıcaklık 25°C ile 30°C arasında tutulur ve kristalin ilâve edilmesi esnasında çözelti iyice karıştırılır. Çözelti hazırlandıktan sonra sıcaklık (20±2) °C'e düşürülür ve (48±1) saat boyunca bu sıcaklık muhafaza edilir.

**4.10.5.3.2** - Çözeltinin bir kısmı cam kavonoza süzülerek yoğunluğunun(1,292±0,008)g/ml'ye ulaşip ulaşmadığı kullanımdan önce kontrol edilmeli yoğunluk hidrometreyle ölçülmeli ve çözelti tekrar kaba dökülmelidir.

#### **4.10.6 – Deney Numunesinin Hazırlanması**

**4.10.6.1** - Yeterli miktarda iki deney numunesi elde etmek için lâboratuvar numunesi TS EN 932-2'e göre azaltılır ve 10 mm-14 mm tane büyüklüklerinde en az 500 gram kütleli deney numunesi elde edilir.

Diğer tane büyüklüğü aralıklarındaki deneyler için bilgiler Ek A'de verilmiştir.

**4.10.6.2** - Her deney numunesi (110±5)°C'lik etüvde (24±1)saat boyunca kurutulur ve desikatörde lâboratuvar sıcaklığına getirilir.

**4.10.6.3** - Her deney numunesi 10 mm ve 14 mm göz açıklıklı eleklerle elenir, elek altı ve elek üstü atılarak yaklaşık 500 gramlık bir kütlede numune elde edinceye kadar elenir.

**4.10.6.4.** Her bir deney numunesi damıtık suyla tozlarından arıncaya kadar yıkanır, süzülür ve etüvde kurutulur.

**4.10.6.5** - Sadece tane büyüklüğü aralığı 10 mm ve 14 mm olan malzemenin kullanılmasını sağlamak için eleme işlemi tekrarlanır.

**4.10.6.6** - Her deney numunesinden (420±0,1) gram (430±0,1) gram aralığında deney numuneleri tartılır ve kütleleri kayıt edilir (M<sub>1</sub>). Deney numuneleri işaretlenmiş iki tel sepete aktarılır.Takip eden bütün çalışma safhalarında ortaya çıkabilecek malzeme sıçramalarını en aza indirmek için sepetlerin sallanmasından sakınılmalıdır.

#### **4.10.7 - İşlem**

**4.10.7.1** - Her sepetteki agreganın 20 mm lik çözelti ile kaplanacak şekilde (17±0,5) saat boyunca doygun magnezyum sülfat çözeltisi kap içerisine daldırılır. Her sepet ile yığılmış tuz depolanmaları ve kap kenarları arasında en azından 20 mm açıklık bulunmalıdır. Deneyin her aşamasında sepetlerden herhangi bir tanenin kaybolmamasına özel dikkat gösterilmelidir. Buharlaşıma ve kirlenmeden sakınmak için kabın kapağı kapatılmalıdır.

**4.10.7.2** - Daldırma işleminden sonra her sepet çözeltiden çıkartılarak (2±0,25)saat boyunca suyu süzülür. Takiben her bir sepet (110±5)°C'lik etüvde (24±1)saat boyunca kurutulur ve (5±0,25)saat boyunca lâboratuvar sıcaklığına erişmesi için soğutulur.

**4.10.7.3** - Bir sonraki daldırma işleminde, kabın tabanında toplanan tuz çökeltileri önce çözülür ve çözelti iyice karıştırılarak 30 dakika süre ile beklemeye bırakılır.Kaptaki çözeltinin yoğunluğu kontrol edilir.Yoğunluk belirlenmiş aralığın dışında ise çözelti hazırlanmış doygun taze MgSO<sub>4</sub> çözeltiyle değiştirilir.

Daldırma işlemi esnasında kayaç tanelerinin aşırı şekilde etrafa sıçraması durumunda çözeltinin ölçülen yoğunluğu, süspansiyon halindeki ince taneler veya iyon değiştirme etkilerinden dolayı tam olmayabilir. Bu şartlar altında çözelti taze bir çözelti ile değiştirilir.

**4.10.7.4** - Çalışma periyodu ( 48±2 ) saat süre ile 5 defa uygulanmalıdır.

**4.10.7.5** - İşlemlerin 5 defa tekrar edilmesinden sonra agrega soğutulur,her bir sepetteki agrega magnezyum sülfattan temizlenene kadar musluk suyuyla yıkanır.

Bu durum 10 ml yıkama (alikit) çözelti bir kaç damla baryum klorür çözeltisi kullanılmak sureti ile bulanıklık kontrol edilerek ve aynı şekilde işleme tâbi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırmak sureti ile ispatlanabilir.

**7.6** - Her deney numunesi kurutulur. Deney numunesi 10 mm lik eleklerle elle elenir ve agrega elek üstü kütlesi ( M<sub>2</sub> ) 0,1 gram doğrulukla kaydedilir.

#### **4.10.8 – Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi**

**4.10.8.1** - Her deney numunesinin magnezyum sülfat değeri kütlece yüzde olarak (MS) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır ve her değer 0,1 doğrulukla kaydedilir :

$$MS = \frac{100 (M_1 - M_2)}{M_1}$$

Burada ;

M<sub>1</sub> : Deney numunesinin ilk kütlesi,  $\pm 0.1$  gram doğrulukla.

M<sub>2</sub> : Deneyden sonra 10 mm.lik elekte kalan agreganın nihai kütlesi,  $\pm 0,1$  gram doğrulukla.

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

EK-A

Tane büyüklüğü aralığı 10 mm - 14 mm dışında olan agregada deneyleri için edilen tavsiye kütleleri ve deney elekleri,tel sepetleri.

| Tane<br>Büyüklüğü<br>(mm) | Deney kısmının<br>kütlesi<br>(g) | Deney Eleği          |                      | Tel sepetler            |                   |             |
|---------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|-------------|
|                           |                                  | Elek<br>altı<br>(mm) | Elek<br>üstü<br>(mm) | Göz<br>açıklığı<br>(mm) | Yükseklik<br>(mm) | Çap<br>(mm) |
| 14.00'ten<br>büyükler     | 800'den 830'a                    | 28.00                | 20.00                | 3.35                    | 160               | 120         |
|                           | 600'den 630'a                    | 20.00                | 14.00                | 3.35                    |                   | 120         |
| 10.00'dan<br>küçükler     | 300'den 310'a                    | 10.0                 | 6.30                 | 1.18                    | 120               | 95          |
|                           | 200'den 210'a                    | 6.30                 | 5.00                 | 1.18                    | 120               | 95          |
|                           | 200'den 210'a                    | 5.00                 | 3.35                 | 0.60                    | 120               | 95          |
|                           | 200'den 210'a                    | 3.35                 | 2.36                 | 0.60                    | 120               | 95          |
|                           | 100'den 110'a                    | 2.36                 | 1.18                 | 0.15                    | 80                | 65          |
|                           | 100'den 110'a                    | 1.18                 | 0.60                 | 0.15                    | 80                | 65          |
|                           | 100'den 110'a                    | 0.60                 | 0.30                 | 0.15                    | 80                | 65          |

## **Agregaların Termal Ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler -**

### **4.11 KURUMA ÇEKMESİ TAYİNİ (TS EN 1367-4)**

#### **4.11.1 - Kapsam**

Bu deney, betonun kuruma çekmesi üzerinde agregaların etkisinin tayinini tespit için yapılır. Maksimum agregata tane büyüklüğü 20 mm olan sabit karışım oranlı betonların deneylerini esas alır.

#### **4.11.2 - Prensipte**

Deneye tâbi tutulacak agregata, çimento ve su ile karıştırılır ve belirlenmiş boyutlardaki prizmalara dökülür. Prizmalar ıslatılır ve bunu takiben  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'da kurutulur ve daha sonra ıslak hal ile kuru hal arasındaki boy değişimi belirlenir. Betonun kuruma çekmesi, agregadan kaynaklanır ve prizmalardaki ortalama boy değişimi, nihaî kuru uzunluğun yüzdesi olarak ifade edilir.

#### **4.11.3 - Numune Alma**

Deneyde kullanılacak lâboratuvar numunesi, TS EN 932-1'e göre alınmalıdır.

#### **4.11.4 - Cihazlar**

##### **4.11.4.1 - Numune Bölücü**

İşleme tâbi tutulan en büyük tane büyüklüğüne uygun numune bölücü (bölgeç) veya alternatif olarak düz bir kürek ve sağlam, temiz yatay bir yüzey, meselâ çeyrekleme için bir metal tepsi.

##### **4.11.4.2 - Deney Elekleri**

TS EN 932-2'ye göre, deneye tâbi tutulacak agreganın tane büyüklüğüne uygun olmalıdır.

##### **4.11.4.3 - Terazî**

En az, % 0,1 doğrulukta tartım yapabilen ve en az 5 kg kapasiteli bir terazî.

##### **4.11.4.4 - Tek veya çok parçalı kalıplar**

$(200\pm 2)$  mm x  $(50\pm 2)$  mm x  $(50\pm 2)$  mm boyutlarında üç beton prizmanın elde edilmesi için, gerekli olan kalıplarda 8 mm çapında paslanmaz çelik bilyalar, yarım küre başlıklar veya bölmeler, kalıbın iç tarafının ortasında köşelerden 50 x 50 mm mesafeye emniyetli tutturulmuş halde olmalıdır.

##### **4.11.4.5 - Titreşim Masası**

Kalıplardaki betonu tamamen sıkıştırabilecek kapasitede bir titreşim masası.

##### **4.11.4.6 - Ölçme Cihazları**

0,002 mm bölümlü göstergeli sayaçtan oluşan ve yarım dönmede en fazla + 0,002 mm doğrulukta okuma yapabilen ölçme cihazları. Bu göstergeli sayaç bir çerçeve içerisine sabit olarak bağlanmış ve prizma içerisinde çimentolanmış 8 mm çaplı paslanmaz çelik bilya veya yarım küre başlıklar veya bölmelerle girinti oluşturacak uçlara sahip olmalıdır. Çerçevenin diğer bir ucunda, prizmanın karşı ucundan bilyaların alınabileceği benzer bir girinti olmalıdır. Düşük ısı genleşmeli  $(205 \pm 1)$  mm uzunlukta, 6 mm yarımküre uçlu alaşımlı çelik bir çubuk, standard çubuk olarak kullanılır.

**4.11.4.7 - Hava Dolaşımli Etüv**  $(50\pm 2)^{\circ}\text{C}$  -  $(105\pm 2)^{\circ}\text{C}$  arasında sıcaklıkları sağlayan etüv.(Her sıcaklık aralığı için farklı etüvler kullanılabilir.)

##### **4.11.4.8 - Termometre**

$50^{\circ}\text{C}$ - $105^{\circ}\text{C}$  arasında etüv sıcaklığını  $0,5^{\circ}\text{C}$  doğrulukla ölçebilen bir termometre

##### **4.11.4.9 - Desikatörler**

200 mm x 50 mm x 50 mm boyutlarında üç beton prizmayı alacak yeterli büyüklükte olan ve desikant olarak susuz silika jeli kullanılan.

##### **4.11.4.10 - Tepsiler**

Hava dolaşımli etüvde zarar görmeden ve kütle değişimi olmadan ısıtılabilen tepsiler.

##### **4.11.4.11 - Kronometre**

Zaman periyodlarının toplam aralığını  $\pm 1$  dakika doğrulukla ölçebilen zaman ölçme cihazı.

##### **4.11.4.12 - Mekanik Karıştırıcı**

Belirlenmiş zaman sınırları içinde bütün bileşenleri iyice karıştırabilen bir mekanik karıştırıcı.

#### **4.11.5 - Malzemeler**

##### **4.11.5.1 - Çimento**

TS EN 197-1'nin 42,5 kalite sınıfının CEMI tipine uygun çimento.

##### **4.11.5.2 - 8 mm Çapında, Paslanmaz Çelik Bilya veya Yarım Küre Başlıklar veya Bölmeler**

#### 4.11.6 - Kismî Numunenin Hazırlanması

4.11.6.1 - Kısmî numuneyi elde etmek için, iri ve ince taneli agregaların (kum) lâboratuvar numuneleri, TS EN 932-2'de belirtilen metoda göre azaltılır.

Numuneler etüvde kurutulduktan sonra yaklaşık 10 mm- 20 mm tane büyüklüğünde 1600 g., 4 mm - 10 mm tane büyüklüğünde 800 g. ve 0 mm - 4 mm tane büyüklüğünde, 1300 g.'lık kısmî numuneler elde edilir.

4.11.6.2 - Kısmî numune, düz bir tepsiye yayılır ve (50±2)°C'a ayarlanmış etüvde en az 16 saat süreyle kurutulur.

4.11.6.3 - İnce taneli agregaların (kum) toplam elek üstü ve iri taneli agregaların her iki kısmî numunesinin elek altı ve elek üstü malzemesinin tamamı atılır.

#### 4.11.7- Deney Prizmalarının Hazırlanması

##### 4.11.7.1 Bileşim (Dozaj)

Çizelge 45'de verilen, çimento,agrega ve su için gerekli miktarlar kullanılarak 3 tane deney prizması hazırlanır.

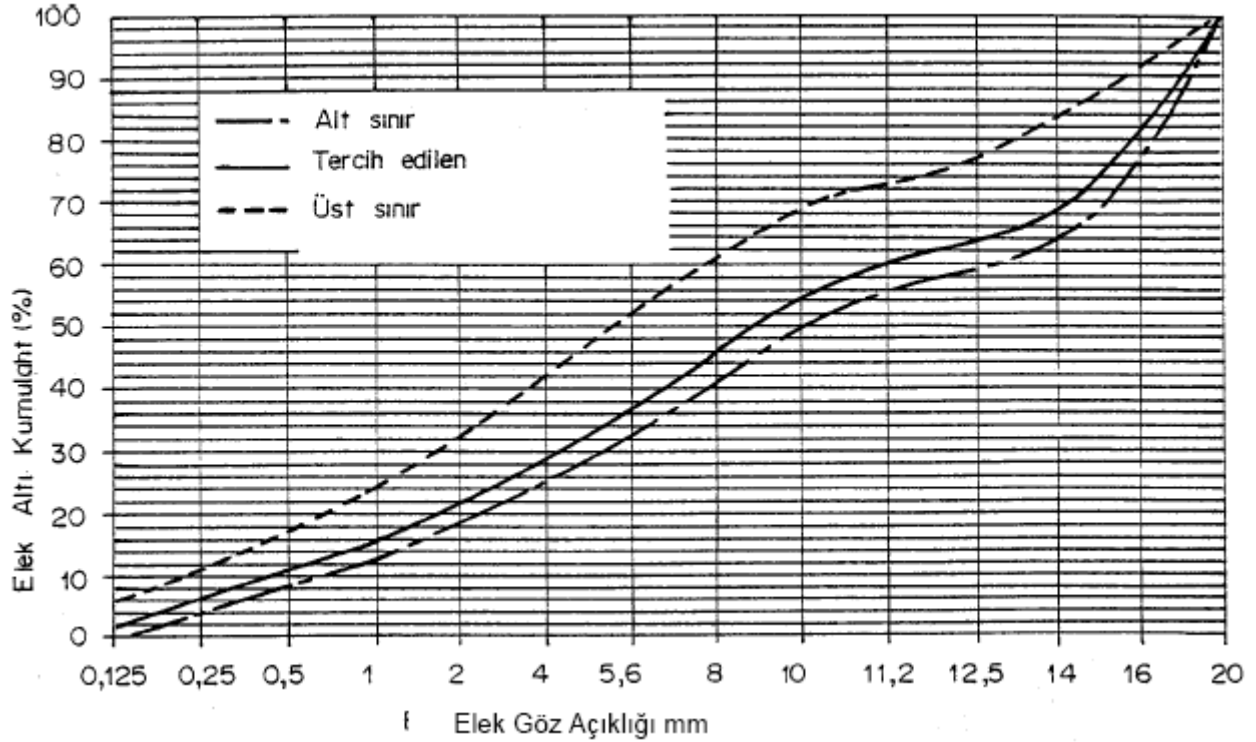
Çizelge 45 - Deney Prizmalarının Bileşenlerinin Kütleleri.

| Bileşenler                                                             | Kütle(g) |
|------------------------------------------------------------------------|----------|
| Çimento                                                                | 550±5    |
| İri taneli agregası (4 mm - 20 mm)<br>ve<br>İnce taneli agregası (kum) | 3300±5   |
| Su                                                                     | 300 ± 5  |

İri taneli agregası ve ince taneli agregalar (kum) Çizelge 46'da belirtilen sınırlara ve Şekil 1'de gösterilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine uygun olmalıdır.

Çizelge 46 - Beton Prizmalarda Agregaların Tane Büyüklüğü Dağılımı Sınırları.

| Elek göz açıklığı<br>mm | Elek altı alt<br>sınırı,% | Tercih edilen<br>elek altı,% | Elek altı üst<br>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                         |



#### 4.11.7.2-Karıştırma Ve Dökme

**4.11.7.2.1** - Beton, küçük, uygun bir laboratuvar mekanik karıştırıcısı kullanılarak üç prizma elde edecek şekilde karıştırılır. Başlangıçta, çimento ve ince taneli agrega(kum) en az 2 dakika karıştırılır. Karışıma, iri taneli agrega ilave edilir ve karışım, homojen oluncaya kadar, kuru halde karıştırılır. Daha sonra, su ilâve edilir ve (2-3) dakika karıştırılır.

**4.11.7.2.2** - Beton, tek veya çok parçalı kalıba dökülür ve kalıptaki beton yaklaşık iki eşit kalınlıkta tabakaya ayrılır ve tam bir sıkışma temin edilinceye kadar, titreşimli masada sıkıştırılır. Tam bir sıkışma elde edilemezse, deney iptal edilir.

**4.11.7.2.3** - Sıkıştırılması tamamlandıktan sonra prizma üst yüzeyleri malayla düzeltilir.

#### 4.11.7.3 - Prizmanın Depolanması

**4.11.7.3.1** - Sıkıştırmadan hemen sonra prizmalar kalıplarının üst kenarlarını kaplayacak şekilde düz su geçirmez bir örtü ile (mesela ince plâstik, polietilen veya çelik) kapatılır. Prizmalar, oda sıcaklığında,  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,  $(24 \pm 2)$  saat süre ile saklanır.

**4.11.7.3.2** -  $(24 \pm 2)$  saat sonra, prizmalar numaralanır ve takip eden ölçümler esnasında prizmanın üst tarafı belirgin olacak şekilde işaretlenir.

**4.11.7.3.3** - Prizmalar kalıptan çıkarılır. Hiç bir bölme kullanılmadıysa prizmanın uçlarındaki oyuklara, çapı 8 mm olan paslanmaz çelikten bilyalar çimentolanır.

Güvenli bir prizlenme sağlamak için her çelik bilyanın yarısından fazlası şerbetin içerisine batırılmalıdır.

**4.11.7.3.4** - Prizmalar, daha sonraki  $(24 \pm 2)$  saat süre için  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  sıcaklığında, %95'den daha fazla bağıl neme sahip bir nemlendirme ortamında bekletilir veya prizmaların üzerine, nemli ve kaba bir kendir kumaş örtülür ve polietilen örtü ile kaplanır. Daha sonra, çelik bilya, yarım küre başlıklar veya bölmelerin üst yüzeyleri temiz bir şekilde yıkanır.

#### 4.11.8- İşlem

**4.11.8.1** - Bütün ölçmeler  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 'da yapılmalıdır. Belirlenmiş sürelerden sonra her prizma ölçme cihazı yardımı ile, prizmalar (üst kısmı işaretlenmiş) çerçeve içerisine yerleştirilerek ve prizmanın yavaş yavaş döndürülmesi esnasında en küçük gösterge değerine ayarlanmak sureti ile ölçülmelidir. Her ölçmeden önce ve sonra ölçme cihazlarının uzunlukları referans çelik çubukla karşılaştırılmalıdır. Göstergedeki fark, 0,002 mm'den daha fazla ise prizmalar yeniden ölçülmelidir. Prizma ve referans çelik çubuk arasında ölçülen uzunluk farkı, 0,002mm hassasiyetle kaydedilmelidir.

**4.11.8.2** -  $(48 \pm 2)$  saat içinde sıkıştırmalar tamamlandıktan sonra, prizmalar  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 'deki suda,  $(120 \pm 2)$  saat süre ile bırakılır. Daha sonra prizmalar sudan alınır ve çelik bilyalar, yarı küresel başlıklar veya bölmeler temiz, kuru bir bezle temizlenir. Prizmalar  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 'daki etüv içerisine, yerleştirilmeden önce her prizmanın uzunluğu ölçülmeli ve referans çubuk arasındaki uzunluk farkı (w) kaydedilmelidir. Prizmanın bütün yüzlerinin hava ile temasta olması sağlanmalıdır.

**4.11.8.3** - (72 ± 2) saat sonra prizmalar etüvden çıkarılır ve (24 ± 2)saat süreyle desikatörde soğutulur ve uzunluk, ölçülür ve her prizma ve referans çubuklar arasındaki uzunluk farkı (d) kaydedilir.

**4.11.8.4** - Kuru durumda ölçmeden sonra çelik bilyalar, yarım küre başlıklar veya bölmeler arasındaki prizmaların gerçek uzunlukları, mm doğrulukla ölçülmeli ve kuru haldeki uzunluk (l) kaydedilmelidir.

#### **4.11.9-Hesaplama Ve Sonuçların Gösterilmesi**

**4.11.9.1** - Prizmanın kuruma çekmesi (S) aşağıdaki eşitlikten yüzde olarak hesaplanır:

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

Burada, w: Islak durumda ilk uzunluk, mm

d: Kuru durumda ilk uzunluk, mm

l: Kuru uzunluk, mm

**4.11.9.2** - Agreganın kuruma çekmesi üç sonucun ortalama değeri olarak % 0,001 doğrulukla verilmelidir.

**4.11.9.3** - Tek tek prizmaların kuruma çekmesi değerleri 0,006 mm ve ortalama kuruma çekmesi değerinin %12'si arasında bir dağılım gösterdiğinde, deney yetersiz kabul edilir ve yeni prizmalar kullanılarak yeni bir deney daha yapılır.

## **Agregaların Termal Ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler -**

### **4.12 ALKALİ-SİLİKA REAKSİYONU DENEYİ (CANADA CSA A23.2 – 25A )**

#### **4.12.1 Kapsam :**

Bu test metodu agregaların alkali silika yönünden reaktif olup olmadığını, tayin etmek için yapılır. Harç çubuklarının, yüksek sıcaklıkta 1 Normal NaOH çözeltisi içindeki genleşmelerine dayanarak hızlı bir şekilde tespitini hedeflemektedir.

#### **4.12.2 Prensip:**

Bu metotta, farklı karışımlara ait harç çubukları hazırlanır. Numuneler 24±2 saat sonra kalıptan çıkarılır, Lab.No.ları verilir ve ilk boyları ölçülür. Numuneler sonra 80±2 °C de saf suya daldırılıp 24±2 saat sonra çıkarılır ve sıfır ölçümleri alınır. Numuneler daha sonra 80±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.

#### **4.12.3 Cihazlar :**

##### **4.12.3.1 Elek Seti**

5,0mm  
2,5 mm  
1,25 mm  
0,63 mm  
0,315 mm  
0,160 mm

**4.12.3.2 Terazı :** 1000 gr kapasiteli ve 1 gr hassasiyetli terazı.

**4.12.3.3 Mezür:** 200 ml 'lik ml ölçekli mezur.

**4.12.3.4 Mikser:** Plastik kıvamdaki çimento harcını karıştırabilecek bir mikser.

**4.12.3.5 Harç çubuk kalıpları :** 25x25 mm kesitli 250-300 mm uzunluklu ( tercihen 285 mm) , uçlarında 6 mm çaplı, 20 mm uzunluklu ölçme pimleri monte edilebilen nitelikte olacak.

**4.12.3.6 Sarsma Tablası:** Kalıba dökülen betonu yerleştirecek bir sarsma tablası.

##### **4.12.3.7 Referans ölçme çubuğu:**

Boy ölçüm cihazının kalibrasyonu için gerekli olan ve her ölçüm öncesinde ve sonrasında ölçme cihazının doğru ölçme yaptığını saptamak için kullanılacak olan bu çubuk yaklaşık numune boylarında olmalıdır.

##### **4.12.3.8 Alkali Tankı :**

80 °C sıcaklıktaki 1 Normal NaOH çözeltisine karşı (sıcaklık ve korozyona karşı) uzun süre dayanıklı kap. Bu kap, harç çubuklarının birbirine temas etmeyecek ve tamamen NaOH çözeltisine daldırılmış şekilde ve çözeltinin buharlaşmayıp normalitesinin değişmesine engel olacak şekilde sızdırmaz ve sıkı bir şekilde kapatılabilen nitelikte olmalıdır. Eğer numuneler düşey konumda tutulacaksa numune uçlarındaki çelik ölçme pimleri kaba temas etmemelidir.

##### **4.12.3.9 Konkasör ve / veya Öğütücü :**

İstenilen boyutta malzeme temin edebilecek şekilde ayarlanabilen laboratuvar tipi kırıcı ve/veya öğütücü.

##### **4.12.3.10 Saf Su Banyosu Cihazı :**

İçerisine konan saf suyu 80 °C sıcaklığa çıkarabilen ve bu sıcaklıkta suyun sıcaklığını sabit tutabilen cihaz (sıcaklık ve korozyona karşı dayanıklı)

**4.12.3.11 Ölçüm ünitesi :** 0.002 mm hassasiyeti olan komparatör.

#### 4.12.3.12 Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar :

- 1 Normal NaOH çözeltisi : ( 1 Litre NaOH çözeltisi; 40 gr NaOH, 900 ml saf su içinde çözündükten sonra, çözeltiye saf su ilave edilerek 1000 ml'ye tamamlanarak elde edilmelidir.
- Çimento :  $\text{Na}_2\text{O}+0,658 \text{ K}_2\text{O}$  ilişkisi ile hesaplanan sodyum oksit eşdeğeri %' si  $0,9\pm0,1$  olan standarda uygun çimento.
- Alkali-Silika Reaksiyonu yönünden zararsız olduğu bilinen agregası.  
(Sıcak karışım binder ve aşınma tabakalarında kullanılabilecek kalitedeki kalkerler uygun olacaktır. Ancak harç çubukları dökülerek 14 günlük genleşme değerlerinin % 0.005'ten küçük olduğu kontrol edilmelidir.)
- Saf su.

#### 4.12.4.İşlem:

- Ocaktan temsili olarak alınan agregası numunesinden deney için yetecek miktarda alınıp, konkasörde kırılıp öğütücü değirmende öğütülerek 5mm –0,160 mm arası malzeme elde edilir. 5mm, 2,5mm, 1,25mm, 0,63mm, 0,315mm, 0,160mm eleklerden elenir. Elekler üzerinde kalan malzeme yıkanır ve kurutulur. Her elek üstü malzemeler ayrı ayrı torbalanır.
- Bu işlem deneyde kullanılacak zararsız agregaya da aynen uygulanır.
- Ocak malzemesinin hangi oranlarda zararsız olduğunu belirleyebilmek için farklı oranlarda çalışmalar yapılır.  
1.Grup: %100 orijinal ocak malzemesi.  
2.Grup: % 60 orijinal ocak malzemesi ve % 40 zararsız olduğu bilinen malzeme karışımı.  
3.Grup: % 45 orijinal ocak malzemesi ve % 55 zararsız olduğu bilinen malzeme karışımı.  
4.Grup: % 30 orijinal ocak malzemesi ve % 70 zararsız olduğu bilinen malzeme karışımı.  
5.Grup: % 15 orijinal ocak malzemesi ve % 85 zararsız olduğu bilinen malzeme karışımı.
- Dökümde kullanılacak agregası, çimento ve su miktarları ekte verilen Tabloda ki verilen miktarlarda tartılır.  
W/C : 0,44  
Su miktarı (W) : 194 gr  
Çimento miktarı (C) : 441 gr  
Herbir grup karışım agregası miktarı : 1000 gr

Çizelge 47. Agregası gradasyonu

| Elek Boyutları |          |           |
|----------------|----------|-----------|
| Geçen          | Kalan    | Ağırlık % |
| 5 mm           | 2,5 mm   | 10        |
| 2,5 mm         | 1,25 mm  | 25        |
| 1,25 mm        | 0,63 mm  | 25        |
| 0,63 mm        | 0,315 mm | 25        |
| 0,315 mm       | 0.16 mm  | 15        |

- Herbir grup için 25x25x285 mm boyutlarında 3 adet harç çubuğu dökülür. Yani bir ocak numunesi 15 harç çubuğu ile test edilir.
- Kalıplama odası sıcaklığı 20 °C den düşük, 26 °C den fazla olmamalıdır, odanın nemi de % 50' den az olmamalıdır.
- Karışım suyu, kalıplama odası, kür odasının sıcaklığı  $23\pm2^\circ\text{C}$  olmalıdır.
- Mikserde karıştırılan harç numunesi kalıplara iki tabaka halinde dökülür ve her tabaka sıkıştırılır. Karıştırma işlemini takiben 2dak 15sn içerisinde kalıba yerleştirme işlemi tamamlanmalıdır.
- Kalıplara yerleştirilen harç numuneleri  $24\pm2$  saat kür odasında bekletilir.
- Bu süre sonunda kalıplardan çıkarılan harç çubukları numaralandırılır, kumpas ve 0,002 hassasiyeti olan komparatörle ilk okumaları yapıldıktan sonra su banyosuna konur.
- $80\pm2^\circ\text{C}$  saf su bulunan, su banyosunda  $24\pm2$  saat bekletilir.

- Bu süre sonunda su banyosundan çıkarılan harç çubuklarının 15±5 sn içinde sıfır okumaları aynı hassasiyetle okunarak içinde 80±2 °C'de 1 Normal NaOH çözeltisi bulunan alkali tankına konur.
- Alkali tankında bekletilen harç çubuklarının periyodik olarak 3 gün, 7 gün ve 14 gün sonunda okumaları alınır. (15±5 sn içinde)
- Bu okuma değerleri ile sıfır okuma değeri kıyaslanarak % genleşme değerleri hesaplanır.

**Not:** Deney süresince Alkali Tankındaki 1Normal NaOH çözeltisinin normalitesi kontrol edilmelidir.

#### 4.12.5 Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi:

Harç çubuklarının uzama miktarı (G) aşağıdaki eşitlikten % olarak hesaplanır.

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

Burada;  $L_{3,7,14}$  : Alkali tankında 80±2 °C 'de, 1 Normal NaOH içersinde bekletilen 3.,7. ve 14. günde okunan

Uzama değerleri.

$L_0$  : 80±2 °C saf su bulunan, su banyosunda 24±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.

#### 4.12.6 NaOH Çözeltisinin Normalitesinin Ölçülmesi :

- Büret içine 5N HCl konur. ( İlk 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 çözeltimizin normalitesi 1 değildir. Çözelti 1 Normal durumuna getirmek için aşağıdaki eşitlikten yararlanılır.

$N_1 * V_1 = N_2 * V_2$  eşitliğinden NaOH çözeltisinin normalitesi hesaplanır.  
( 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 miktar 3 ml olsun

$$N_2 = (5*3) / 20 = 0,75$$

(Çözeltiye NaOH ilave edilerek normalite 1'e çıkarılmalıdır.)

Örnek : Büretten eksilen miktar 5 ml olsun

$$N_2 = (5*5) / 20 = 1,25$$

(Çözeltiye su ilave edilerek normalite 1'e düşürülmelidir.)

Çizelge 48 Karışım Miktarları

| Elek                                                                            | 3'lü Kalıp için malzeme miktarları (g) |           |       |           |         |           |       |           |         |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------|-------|-----------|---------|-----------|-------|-----------|---------|
|                                                                                 | 1.karışım                              | 2.karışım |       | 3.karışım |         | 4.karışım |       | 5.karışım |         |
|                                                                                 | %100                                   | %60       | %40   | %45       | %55     | %30       | %70   | %15       | %85     |
| 5,0mm - 2,5mm                                                                   | *100                                   | *60       | **40  | *45       | **55    | *30       | **70  | *15       | **85    |
| 2,5mm - 1,25mm                                                                  | *250                                   | *150      | **100 | *112,5    | **137,5 | *75       | **175 | *37,5     | **212,5 |
| 1,25mm- 0,63mm                                                                  | *250                                   | *150      | **100 | *112,5    | **137,5 | *75       | **175 | *37,5     | **212,5 |
| 0,63mm- 0,315mm                                                                 | *250                                   | *150      | **100 | *112,5    | **137,5 | *75       | **175 | *37,5     | **212,5 |
| 0,315- 0,160mm                                                                  | *150                                   | *90       | **60  | *67,5     | **82,5  | *45       | **105 | *22,5     | **127,5 |
| *Maviler:Orijinal malzeme (deney numunesi), **Kırmızı: Zararsız malzeme         |                                        |           |       |           |         |           |       |           |         |
| Her bir karışımdaki Agrega miktarı:1000g, Çimento miktarı:441g, Su miktarı:194g |                                        |           |       |           |         |           |       |           |         |

## Agregaların Kimyasal Deneyleri

### 4.13-ORGANİK MADDE TAYİNİ DENEYİ (TS EN 1744-1)

**4.13.1- Kapsam:** Bu deney agregaların humus muhtevası yönünden değerlendirilmesi amacıyla yapılır.

#### 4.13.2-Humus muhtevasının tayini için gerekli Reaktifler ve Cihazlar

Sadece analitik saflıktaki reaktifler ve damıtık su veya buna eşdeğer saflıkta su kullanılır.

**4.13.2.1 - Sodyum hidroksit çözeltisi,** %3'lük NaOH çözeltisi, 30 g sodyum hidroksit peletleri suda çözülerek elde edilir, oda sıcaklığına soğutulur ve ölçülü bir balonda 1 litreye seyreltilir.

**4.13.2.2 - Standard renk çözeltisi,** 45 g  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ve 5,50 g  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 279,5 g su içinde, 1 mL derişik HCl ile çözülerek hazırlanır. Bu çözelti bir cam şişede saklanır ve en azından 2 hafta bozulmadan kalır.

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

**4.13.2.4 - Silindirik cam şişe,** mantar tapalı, saydam, şişenin kapasitesi yaklaşık olarak 450 mL ve dış çapı yaklaşık 70 mm, olan.

#### 4.13.3 - Humus Muhtevasının Tayini

##### 4.13.3.1 - Prensip

Humus, hayvansal ve bitkisel atıkların toprakta çürümesiyle oluşmuş organik bir maddedir. Humus muhtevası, bir deney numunesi parçası sodyum hidroksit çözeltisinde çalkalandığında oluşan renkten tayin edilir.

Metodda, humusun NaOH ile reaksiyona girmesiyle gelişen koyu renk esas alınır. Rengin yoğunluğu humus muhtevasına bağlıdır. Çözeltide hiç ya da çok hafif renklenme varsa, agregaya kayda değer miktarda humus ihtiva etmiyordur. Güçlü bir renk değişimi, genellikle humus muhtevasının yüksek olmasından kaynaklanır, fakat başka şeylere de bağlı olabilir. Onun için bu metod, kesin sonuç çıkarmaya uygun değildir.

##### 4.13.3.2 - Numune Alma

Lâboratuvar numunesi, TS EN 932-1'de belirtilen işlemlere göre alınmalıdır. Lâboratuvar numunesi, katıları temsil ettiği gibi nem muhtevasını da temsil etmelidir.

##### 4.13.3.3 - Deney Numunesi Parçasının Hazırlanması

TS EN 932-2'de belirtilen işlemlere göre alınan lâboratuvar numunesi Çizelge 49'da anma agregası büyüklüğü için verilen değerlerden daha az olmayacak miktara azaltılır.

**Çizelge 49 - Başlangıçtaki Alt Numunenin minimum kütlesi**

| Agreganın maksimum anma tane büyüklüğü, mm | Alt numunenin minimum kütlesi, kg |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| 63                                         | 50                                |
| 45                                         | 35                                |
| 22,4                                       | 15                                |
| daha küçük                                 | 5                                 |

Tepsiye yayılan alt-numune etüvde  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  yerine  $(55 \pm 5)^\circ\text{C}$ 'da kurutulur. Numune 4 mm göz açıklıklı elekten elenir ve elek üstünde kalan kısım alınarak, eleğin altına geçecek şekilde kırılır ve elek altına geçen önceki malzemeye birleştirilir.

##### 4.13.3.4 - İşlem

Bir cam şişeye, 80 mm yüksekliğe kadar %3'lük NaOH çözeltisi konulur.

Takiben çözelti ve agregası yüksekliği 120 mm oluncaya kadar deney numunesi parçası eklenir. Hava kabarcıklarının çıkması için şişe çalkalanır. Şişenin tapası kapatılır ve 1 dakika kuvvetli çalkalanır ve beklemeye bırakılır. 24 saat sonra, benzer şişeyede bulunan standard renk çözeltisi ile çözeltinin rengi mukayese edilir.

##### 4.13.3.5 - Sonuçların Gösterilmesi

Deney sonucu, çözeltinin renginin standard renkten açık veya koyu olması şeklinde belirtilir.

## 4.14 HARÇ METODUYLA ORGANİK KİRLETİCİLERİN TAYİNİ (TS EN 1744-1)

### 4.14.1 - Prensip

Harç metodu, agreganın içinde bulunan, harcın sertleşmesine ve katılaşmasına herhangi bir etkisi olabilen, organik kirleticilerin miktarını saptamayı ve göstermeyi amaçlayan bir deney metodudur. Bu metodun prensibi, iki adet aynı olduğu bilinen harçların hazırlanması ve bunları sertleşme hızı ile basınç dayanımları için deneye tâbi tutmaktır. Harcın biri teslim alındığı gibi kullanılan deney agregasını ihtiva ederken, diğer karışım organik maddeleri ısıtılarak yok edilmiş bir çift deney numunesi parçasından hazırlanır. Isıtılmış agrega, orjinal agrega ile kıyaslandığında etkili bir kontrol görevi yapar.

Sertleşme deneyi, harcın prizlenmesinin hızlanmasını veya gecikmesini tayin ederken, 28 günlük dayanım ise uzun süreli herhangi bir etkiyi belirtir.

### 4.14.2- Gerekli Cihazlar

**4.14.2.1 - Lâboratuvar saati**, 1 saniyeyi okuyabilen.

**4.14.2.2 - Porselen veya silika kapsül**, refrakter muffle fırın içine koymak için uygun ölçülerde.

**4.14.2.3 - Plunger deney cihazı**, TS EN 1015-4 şartlarına uygun.

**4.14.2.4 - Mikser**, TS EN 196-3 şartlarına uygun.

**4.14.2.5 - Sertlik ölçme cihazları**, TS EN 1015-9'a uygun.

**4.14.2.6 - Eğilme ve basınç dayanımı cihazları**, TS EN 1015-11 şartlarına uygun.

**4.14.2.7 - Elektrikli muffle fırın**, 2 kg agreganın kalsinasyonunu sağlayacak kapasitede, sıcaklığı  $(480 \pm 25)^\circ\text{C}$ 'a ayarlanabilen.

### 4.14.3 - Numune Alma

Lâboratuvar numunesi TS EN 932-1 'de belirtilen işlemlere göre alınmalıdır. Laboratuvar örneğindeki agreganın en az miktarı Çizelge 49'de verilen değerlerden az olmamak üzere 15 kg olmalıdır.

#### 4.14.3.1 - Deney Numunesi Parçasının Hazırlanması

Lâboratuvar numunesi tepsilere yayılarak, laboratuvar ortamının sıcaklığında doğal şartlarda kurumaya bırakılır. TS EN 932-2'de belirtilen işlemler kullanılarak, her bir deney numunesi parçası  $(1900 \pm 100)$  g olacak şekilde, kuru lâboratuvar numunesinden azaltılarak elde edilir.

Harç metodu için, kuru lâboratuvar numunesinden deney parçası numunesini elde etmek amacıyla azaltmada, her biri 1,8 kg'dan daha az kütleye sahip, iki deney numunesi parçasının elde edilmesi, numune bölme işlemiyle yapılmalıdır. Sonra alt - numune elde etmek için deney numunesi parçasının biri, bir kez veya iki kez gerekirse üç kez bölünmelidir. Alt numune birinciye eklendiğinde oluşan kütle, 2 kg'dan fazla olmamalıdır.

### 4.14.4 - Agreganın İşlemi

Elde edilen dört deney numunesi parçasından ikisi orjinal durumlarında bir yere ayrılırlar ve diğer ikisi aşağıdaki işlemler kullanılarak ısıtılır.

a) Deney numunesi parçası, tartılmış porselen veya silika kapsüle konulur ve tartıldıktan sonra ortam sıcaklığındaki bir muffle fırına yerleştirilir.

b) Fırın sıcaklığı,  $(4 \pm 0,25)$  saat içinde  $(480 \pm 25)^\circ\text{C}$ 'a yükseltilir.

c)  $(4 \pm 0,25)$  saat süreyle  $(480 \pm 25)^\circ\text{C}$ 'da tutulan fırın bir gece soğumaya bırakılır. Kapsül ve agrega ortam sıcaklığında tartılır ve kütle kaybı kaydedilir.

İkinci deney numunesi parçası da aynı şekilde işlem görür.

### 4.14.5 - Bileşenler

Çimento, TS EN 197-1 şartlarına uygun CEM I çimentosu olmalıdır.

### 4.14.6 - Karışım Miktarları

#### 4.14.6.1 - Genel Şartlar ve Deneme Karışımları

Her bir harç karışımı, ya ısıtılmamış agreganın deney numunesi parçasını ya da önceden ısıtılan agreganın deney numunesi parçasını ihtiva eder. Her bir harç karışımı, karışımındaki agreganın kütlesinin dörtte biri kütledeki CEM I çimentosunu da ihtiva eder. Çimento  $\pm 1$  g'a kadar tartılmalıdır. Isıtılmamış agregalar, ihtiva eden harçların su muhtevası, TS EN 1015-4'de verilen metotla tayin edildiğinde, harcın  $(23 \pm 0,5)$  mm'lik ortalama plunger penetrasyonuyla tarif edilen standard bir kıvama gelmesini sağlayacak miktarda olmalıdır.

İhtiyaç duyulan su muhtevasını tespit etmek için, ısıtılmış agrega kullanılarak, bir seri deneme karışımı

hazırlanır. Her bir kıvam, doğru kıvam değerine ulaşana kadar su muhtevası ardışık olarak değiştirilerek ölçülür. En son karışımın ihtiva ettiği suyun kütlesi kaydedilir ve karışımın su – çimento oranı hesaplanır. Deneme karışımı atılır.

Isıtılmamış deney agregası, aynı zamanda ısıtılmadan önce tartılan kontrol agregası gibi, aynı nemli şartlarını gerektirir. Bu yüzden, deneme karışımları hazırlanır ve aynı gün kontrol agregası ısıtmaya başlanarak, deney agregasıyla harç deney numunesi hazırlanır.

Kontrol karışımları deney karışımlarından bir gün sonra hazırlanmalıdır. Lâboratuvar şartları mümkün olduğunca bu iki gün boyunca benzer olmalıdır.

#### **4.14.6.2 - Deney Karışımları**

Isıtılmamış agreganın her bir deney numunesi parçası için uygun çimento kütlesi hesaplanarak bulunur. Sonra, Madde 4.14.6.1'den elde edilen su çimento oranından her bir karışım için gereken su miktarı hesaplanır,  $\pm 0,5$  g'a kadar tartılır.

#### **4.14.6.3 - Kontrol Karışımları**

Madde 4.14.6.2'deki gibi her bir karışım için gerekli suyun kütlesi hesaplanarak ısıtılmış agreganın kontrol harçlarının su-çimento oranı, ısıtılmamış agreganın deney harçlarınıninkine aynı olması sağlanır. Sonra ısıtma işlemi sırasında agreganın parçasına tekabül eden kütle kaybı, hesaplanan her bir kütleyle eklenir. Her bir karışım için  $\pm 0,5$  g'a kadar su tartılır.

#### **4.14.7 - Karıştırma İşlemi**

Dört karışım gerekir; ikisi orjinal (teslim alındığı gibi) agregadan fakat havada kurutularak, diğer ikisi ısıtılmış agregadan hazırlanır. Harcı karıştırmaya başlamadan önce bütün malzemeler  $(20 \pm 2)$  °C sıcaklığa getirilir. Karışım bir odada veya  $(20 \pm 2)$  °C sıcaklığa sahip kontrollü bir çevrede, bağıl nem % 50'den az olmamak üzere hazırlanır.

Agreganın hepsi, sonra çimento kuru mikser kasesine konarak 30 saniye karıştırılır. Karıştırmaya devam edilir ve sonraki 30 saniye boyunca su ilâve edilir. Bütün su ilâve edildikten sonra 60 saniye daha karıştırmaya devam edilir. Mikser durdurulur. Çark ve kenarlarına yapışan bütün malzeme kasesinin tabanında karışmamış malzeme kalmadığından emin olunarak kazıyıcıyla kasesinin içine temizlenir. Bu işlemler 60 saniye içinde tamamlanır. Kase ıslak bez ile örtülerek, bu şekilde 5 dakika tutulur. Kase miksera tekrar yerleştirilir ve harç 60 saniye daha karıştırılır.

#### **4.14.8 - Sertleşme Zamanının Ölçülmesi**

Her bir harcın karıştırılması tamamlandıktan hemen sonra, TS EN 1015-9'a göre sertleşme oranı tayin edilir. Isıtılmış ve ısıtılmamış agregaların deney numunesi parçaları için iki kere tekrarlanarak sertleşme zamanı tayin edilir.

#### **4.14.9 - Katılaşmış Harcın Basınç Dayanımı**

Her bir harç karışımından TS EN 1015-11'de belirtilen işlemlerle üç adet 160 mm x 40 mm x 40 mm boyutlarında prizma hazırlanır. Prizmaların 28 günlük basınç dayanımı ölçülür. Isıtılmış ve ısıtılmamış agregaların iki kere tekrarlanmış deney numunesi parçaları için toplam 12 adet baskı dayanımı kaydedilir. Kalıptan çıkarılan her bir prizmanın yoğunluğu tayin edilir.

#### **4.14.10 - Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi**

##### **4.14.10.1 - Sertleşme Zamanı**

Sertleşme zamanındaki değişim ısıtılmış agreganın harçlarının ortalama sertleşme zamanı, ısıtılmamış agreganın harçlarının ortalama sertleşme zamanından çıkarılarak 15 dakika yaklaşımla hesaplanır. Negatif sonuç, kirleticilerin harcın sertleşme zamanını hızlandırdığını gösterir.

##### **4.14.10.2 - Basınç Dayanımı**

Isıtılmamış agreganın harcının bağıl basınç dayanımı, %5, %1 yaklaşımla aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:  
 $S = A/B \times 100 (\%)$

Burada;

A : 6 adet ısıtılmamış agreganın prizmasının  $N/mm^2$  cinsinden ortalama basınç dayanımı,

B : 6 adet ısıtılmış agreganın prizmasının  $N/mm^2$  cinsinden ortalama basınç dayanımı

Organik kirleticiler, harç karışımlarında havayı tutabilir veya çıkarabilirler. Tutulmuş hava basınç dayanımını, çimento hidrasyonu üzerinde herhangi bir kimyasal etki yapabilen kirleticilerden daha farklı etkiler. Tutulmuş havanın varlığı ısıtılmamış agreganın harç prizmalarının kütlelerinin ısıtılmış agreganın harç prizmalarından anlamlı şekilde az olmasıyla gösterilebilir.



# BÖLÜM 5

## ÇİMENTO DENEY METOTLARI



## ÇİMENTO DENEY METOTLARI :

### 5.1 DAYANIM TAYİNİ (TS EN 196-1)

#### 5.1.1 Kapsam

Bu deney, çimento harcının basınç ve eğilme dayanımı tayini metodunu kapsar.

#### 5.1.2 Prensi

Bu metot (40 mm x 40 mm x 160 mm) olan prizmatik deney numunelerinin, basınç dayanımlarını ve isteğe bağlı olarak eğilme dayanımlarını tayin eder.

Numuneler, kütlece 1 kısım çimento, 3 kısım CEN standard kum ile 0,50 su/çimento oranındaki taze harçtan hazırlanır.

Referans işlemde mekanik karıştırma ile hazırlanan harç, standard bir sarsma makinası kullanılarak, kalıp içinde sıkıştırılır.

Kalıptaki numuneler, 24 saat rutubetli bir atmosferde muhafaza edilir, sonra kalıptan çıkarılan numuneler dayanım deneyine kadar su içinde bekletilir.

İstenilen süre sonunda numuneler muhafaza edildikleri sudan çıkarılır ve eğilme deneyinde kırılarak ikiye ayrılan her parçaya basınç dayanımı deneyi uygulanır.

#### 5.1.3 Lâboratuvar ve ekipman

##### 5.1.3.1 Lâboratuvar

Deney numunelerinin hazırlandığı lâboratuvarın sıcaklığı (20 ±2) °C' de tutulmalı ve bağıl nemi en az % 50 olmalıdır.

Kalıptaki numunelerin bekletildiği rutubet odaları veya kabinlerin sıcaklığı sürekli olarak (20 ±1) °C' de tutulmalı ve bağıl nemi en az % 90 olmalıdır.

Kür suyunun sıcaklığı (20 ±1 ) °C' de tutulmalıdır.

Lâboratuvar sıcaklığı ile bağıl nemi ve kür suyunun sıcaklığı çalışma saatleri içinde günde en az 1 defa kayıt edilmelidir.

Rutubet odası veya kabinin sıcaklığı ve bağıl nemi en az 4 saatte bir kayıt edilmelidir. Sıcaklık aralığı verildiğinde kontrolların yapıldığı istenen sıcaklık, verilen aralığın ortasındaki değerdir.

##### 5.1.3.2 Ekipman için genel kurallar

Çizimlerde gösterilen toleranslar (Şekil 1) deney sırasında ekipmanın doğru çalıştırılabilmesi için önemlidir. Düzenli olarak yapılan kontrol ölçümlerinde toleransların dışına çıkıldığında ekipman kullanılmamalı, ayarlanmalı veya tamir edilmelidir. Kontrol ölçüm kayıtları muhafaza edilmelidir.

##### 5.1.3.3 Deney elekları

Aşağıda verilen ebatlarda olmalıdır.

| Kare göz açıklığı mm |
|----------------------|
| 2,00                 |
| 1,60                 |
| 1,00                 |
| 0,50                 |
| 0,16                 |
| 0,08                 |

##### 5.1.3.4 Karıştırıcı

Karıştırıcı başlıca aşağıdaki kısımlardan meydana gelmelidir.

a) Genel olarak şekli boyutları ve toleransları Şekil 1'de gösterilen, kapasitesi yaklaşık 5 L olan, paletle göre kabın yüksekliğinin ve bir dereceye kadar paletle arasındaki boşluğun ince bir şekilde ayarlandığı paslanmaz çelikten yapılmış karıştırıcı kabı.

b) Genel olarak şekli, boyutları ve toleransları Şekil 1'de gösterilen, hızı elektrik motoru ile kontrol edilebilen karıştırıcı kabının eksenini etrafında yörüngesel dönerken kendi eksenini etrafında dönebilen paslanmaz çelikten yapılmış bir palet. Dönme yönleri zıt olmalı ve her iki hız arasındaki oran tam sayı olmamalıdır.

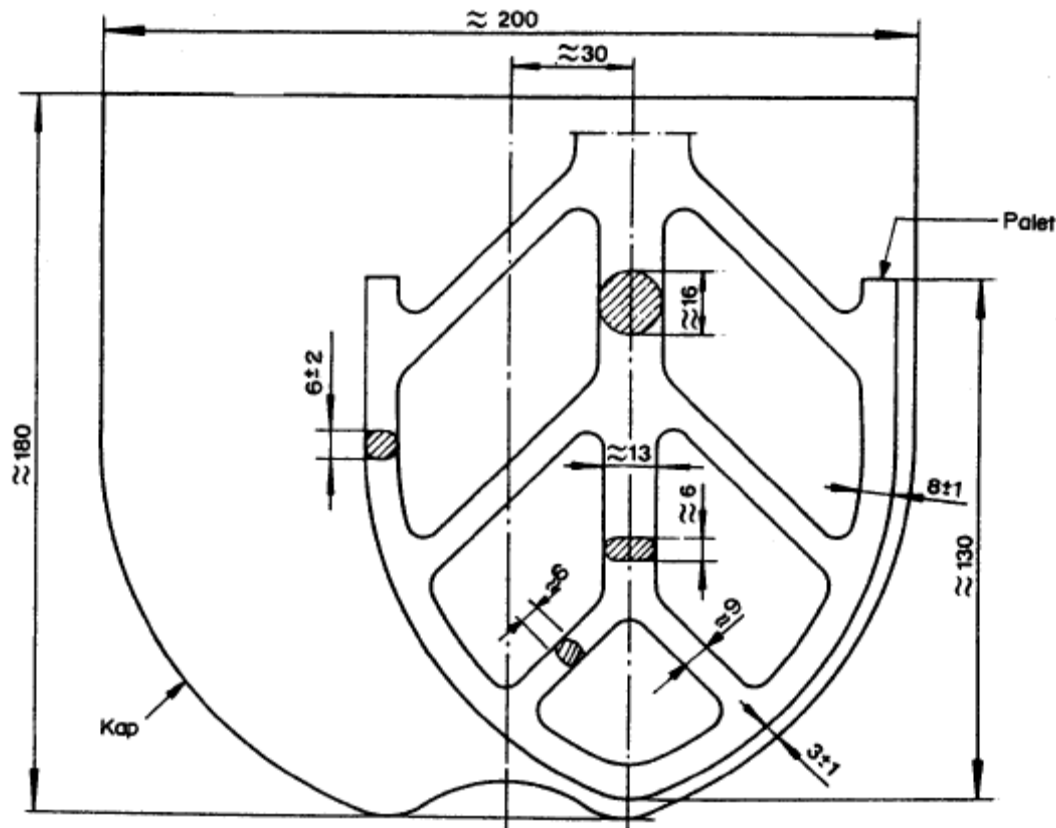
Şekil 1'de görülen karıştırma kabı ve palet arasındaki boşluk düzenli olarak her ay kontrol edilmelidir. (3 ±1) mm olarak verilen boşluk paletin boş kaba en yakın durumdaki halidir. Doğrudan ölçümlerin zor olduğu durumlarda basit tolerans ölçüm cihazları (kalınlık ölçer) kullanılır.

Karıştırıcı, harç karıştırılırken Çizelge50'de verilen hızlarda çalıştırılmalıdır.

**Çizelge 50 - Paletin hızları**

|            | Kendi ekseninde<br>dönme hızı dakika <sup>-1</sup> | Yörüngesel<br>dönme hızı dakika <sup>-1</sup> |
|------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Düşük hız  | 140 ± 5                                            | 62 ± 5                                        |
| Yüksek hız | 285 ± 10                                           | 125 ± 10                                      |

Ölçüler mm.dir



**Şekil 1 - Kap ve palet**

#### 5.1.3.5 Kalıplar

Kalıp, üç adet prizma biçimli numunenin aynı anda hazırlanabilmesi için, en kesiti 40 mm x 40 mm ve uzunluğu 160 mm olan üç yatay bölümden oluşmalıdır.

Uygun kalıp boyut ve şekilleri, Şekil 2'de gösterilmiştir.

Kalıp, et kalınlığı en az 10 mm olan çelik levhadan yapılmalıdır. İç yüzeyler en az 200 HV sertliğinde olmalıdır. En az 400 Vickers sertliği tavsiye edilir.

Kalıp, kalıplanmış numunelerin hasar görmeden sökülmesini sağlayacak şekilde imal edilmelidir. Her kalıbın dökme çelikten veya işlenmiş çelikten yapılmış bir kalıp tabanı olmalıdır. Kalıp birleştirildiğinde, parçalar birbirine ve kalıp tabanına sağlam şekilde tutturulmuş, şekil değişikliğine uğramayacak ve sızıntıya meydan vermiyecek şekilde olmalıdır. Kalıp tabanı sıkıştırma cihazının tablasına iyice temas etmeli ve ikincil titreşim oluşturmamak için yeterince sağlam olmalıdır.

Kalıbın doğru şekilde birleştirilmesini ve toleranslara uygunluğunu sağlamak için kalıbın her parçasına tanıtıcı bir işaret basılmalıdır. Ayrı kalıpların benzer parçaları birbirine karıştırılmamalıdır. boyutları ve kütlelerinin birbirlerine uyumluluğu alıcı tarafından sağlanmalıdır.

Birleştirilmiş kalıp aşağıdaki şartları sağlamalıdır.

a) Kalıbın her bölümünün iç boyutları ve toleransları, simetrik olarak yerleştirilmiş dört ölçüm esas alınarak, aşağıda belirtilen şekilde olmalıdır.

- Uzunluk: (160±0,8) mm
- Genişlik: (40,0±0,2) mm

- Derinlik :  $(40,1 \pm 0,1)$  mm

b) İç yan yüzeylerin düzgünlük toleransı 0,03 mm olmalıdır.

c) Yüzeylerin taban yüzeyine ve bitişik iç yüzeylerin birbirine göre diklik toleransı 0,2 mm olmalıdır.

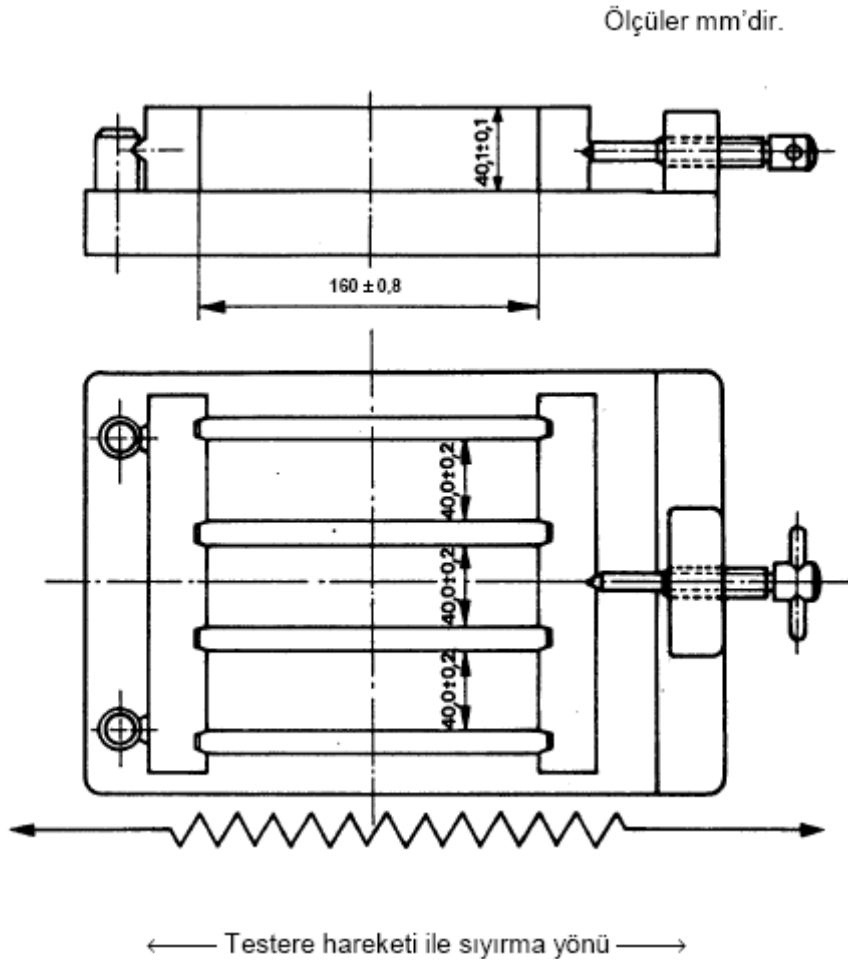
d) İç yüzeylerin yüzey dokusu N8'den daha pürüzlü olmamalıdır.

Belirtilen toleransların herhangi biri aşıldığında kalıplar değiştirilmelidir. Kalıpların kütlesi Madde 5.1.3.6'da verilen toplam kütle şartını karşılamalıdır.

Kullanıma hazır temizlenmiş ve birleştirilmiş kalıp dış birleşim derzlerine sızdırmazlığı sağlayacak madde kullanılmalıdır. Kalıbın iç yüzeylerine ince film tabakası halinde kalıp yağı uygulanmalıdır.

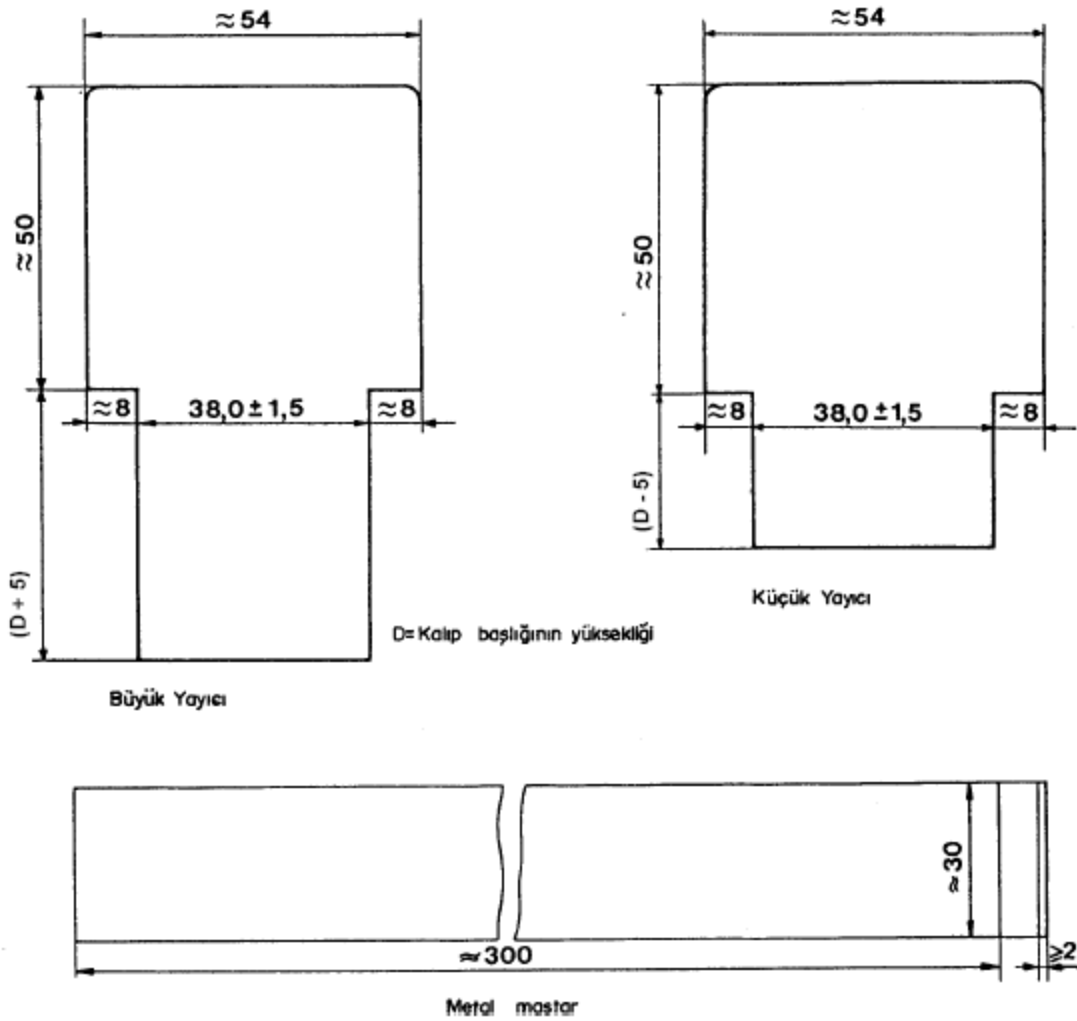
Kalıpların doldurulmasını kolaylaştırmak için sıkıca yerleştirilen ve dik kenarları 20 ile 40 mm yüksekliğinde olan, metal kalıp başlığı takılır.

Harcın yayılması ve sıyırılması için Şekil 3'te görüldüğü gibi 2 adet yayıcı ve 1 adet metal sıyrıcı kullanılmalıdır.



**Şekil 2 - Tipik kalıp**

Ölçüler mm'dir.



Şekil 3 - Tipik yayıcı ve sıyırıcı

#### 5.1.3.6 Sarsma cihazı

Sarsma cihazı (tipik tasarımı Şekil 4'de gösterilen) aşağıdaki şartları taşımalıdır. Cihaz, tablanın merkezinden yaklaşık 800 mm uzaklıktaki mile, iki adet hafif kolla sağlam şekilde bağlanmış olan dikdörtgen bir tabladan ibarettir. Tablanın alt yüzünün merkezinde dış bükey yüzeyli bir uç bulunur. Dış bükey ucun altında düz yüzeyli küçük bir durdurucu bulunmalıdır. Durma pozisyonunda uç ve durdurucunun temas noktasından geçen ortak eksen düşey olmalıdır. Dış bükey yüzey, durdurucunun üzerinde dururken, sarsma aletinin tablasının üst yüzeyi yatay olmalıdır, böylece 4 köşeden her birinin seviyesi, ortalama seviyeden 1 mm'den fazla sapma göstermez. Tablanın boyutları, kalıp taban plâkasına eşit veya daha büyük olmalı, üst yüzeyi taşlanmış olmalıdır. Kalıp, sarsma tablasına bir bağlantı vidası ile sıkı şekilde tutturulmalıdır. Tablanın toplam kütlesi, kollar, boş kalıplar, kalıp başlığı ve bağlantı vidaları ile birlikte  $(20,0 \pm 0,5)$  kg olmalıdır.

Tablayı mile bağlayan kollar sağlam olmalı ve dış çapı 17 ile 22 mm aralığında seçilmiş olan yuvarlak borudan imal edilmelidir. Kollar arasındaki ara bağlantı parçası da dahil olmak üzere, iki kolun toplam kütlesi  $(2,25 \pm 0,25)$  kg olmalıdır. Mil yatağı bilya veya silindir tipinde olmalı, kum ve tozun içeriye girmesine karşı korunmalıdır. Milin hareketinden kaynaklanan tablanın merkezinin yatay yer değiştirmesi, 1,0 mm'den fazla olmamalıdır. Dış bükey yüzeyli uç ve durdurucu en az 500 HV Vickers sertliğinde sertleştirilmiş çelikten imal edilmiş olmalıdır. Dış bükey ucun kavis yaklaşık  $0,01 \text{ mm}^{-1}$  olmalıdır. Çalışma durumunda tabla eksantirik bir mil vasıtası ile yukarıya kaldırılır ve dış bükey uç durdurucuya çarpmadan önce tablanın  $(15,0 \pm 0,3)$  mm yükseklikten serbest düşmesi sağlanır. Eksantirik mil en az 400 HV Vickers sertliğine sahip çelikten imal edilmeli ve serbest düşmesi daima  $(15,0 \pm 0,3)$  mm olacak şekilde imal edilmiş olan bilyalı yatağa bağlanmalıdır. Eksantirik mil kılavuzu,

eksantirik milde en az aşınma olacak şekilde imal edilmelidir. Eksantirik mil 250 W'lık bir elektrik motoru ile dişli redüktör üzerinde saniyede bir devir olmak üzere sabit hızda çalıştırılır. Bir sarsma periyodunda tam olarak 60 vuruş yapacak şekilde kontrol mekanizması ve sayaç bulunmalıdır. Kalıplar, kollara göre kalıp bölmeleri uzunlamasına olacak şekilde ve eksantirik milin dönme eksenine dik olacak şekilde yerleştirilmelidir. Kalıbın pozisyonu uygun referans işaretler koymak suretiyle, ortadaki bölmenin merkezi çarpma noktasının tam üzerinde olacak şekilde ayarlanmalıdır.

Cihaz, kütlesi yaklaşık 600 kg, hacmi yaklaşık 0,25 m<sup>3</sup> ve boyutları kalıp için çalışma yüksekliğine göre verilen bir beton blok üzerine sağlam şekilde monte edilmelidir. Beton blokun tabanının tamamı sarsma etkisinden doğacak harici titreşimleri önleyen, uygun izolasyon verimine sahip elâstik bir tabaka (meselâ, doğal kauçuk) üzerinde durmalıdır.

Cihaz, beton bloğa çelik civatalarla sabitleştirilmeli ve cihazla beton arasına ince bir harç tabakası dökülerek titreşimin etkisi önlenmelidir.

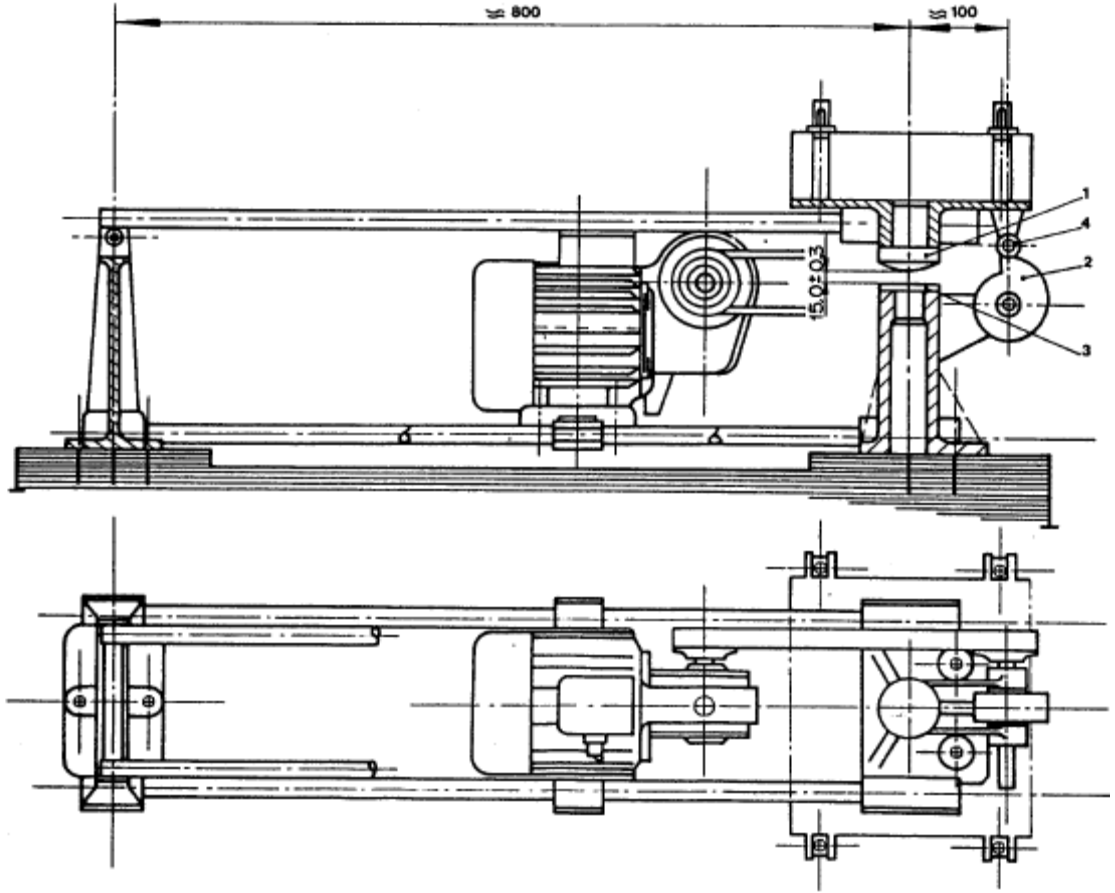
#### **5.1.3.7 Eğilme dayanımı cihazı**

Eğilme dayanımı cihazı 10 kN yükleme kapasitesinde, (50 ±10) N/s yükleme hızında kullanılan ölçüm aralığının üstteki beşte dörtlük kısmında kaydedilen yük ±%1,0 doğrulukta olmalıdır. Cihaz, birbirinden uzaklığı (100,0 ±0,5) mm olan, (10,0±0,5) mm çapında iki adet çelik mesnet silindiri ile her ikisi arasına merkezî olarak yerleştirilen, aynı çaptaki bir üçüncü çelik yükleme silindirin oluşturduğu eğilme düzeneğinden ibarettir. Bu silindirlerin uzunluğu “a” 45 mm - 50 mm olmalıdır. Yükleme düzeneği Şekil 5'te gösterilmiştir.

Bu üç silindirin eksenlerinden geçen üç düşey düzlem birbirine paralel olmalı, deney süresince paralel kalmalı, deneye tâbi tutulan numunenin yönüne dik ve eşit uzaklıkta olmalıdır. Mesnet silindirlerinin bir tanesi ve yükleme silindiri prizma üzerinde yükün düzgün şekilde dağılımını sağlayacak ve burulma gerilmesi meydana getirmeyecek şekilde hafifçe oynak olmalıdır.

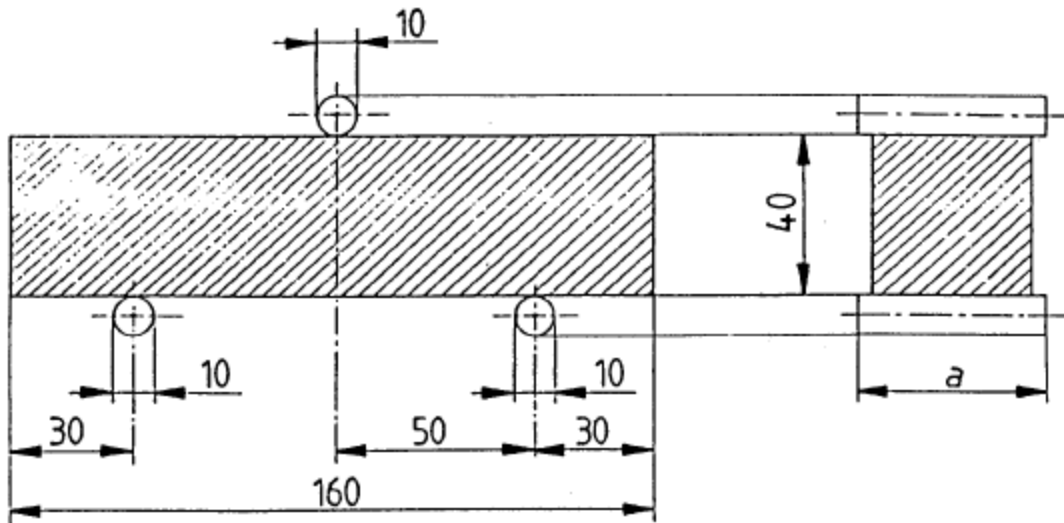
Eğilme dayanımı, basınç dayanımı cihazı ile de ölçülebilir. Bu durumda da cihaz yukarıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

Ölçüler mm'dir.



- 1 Uç
- 2 Eksantrik mil
- 3 Durdurucu
- 4 Eksantrik mil kılavuzu

Şekil 4 - Tipik sarsma cihazı



Şekil 5 - Eğilme dayanımı tayini için yükleme düzeneği

#### 5.1.3.8 Basınç dayanımı cihazı

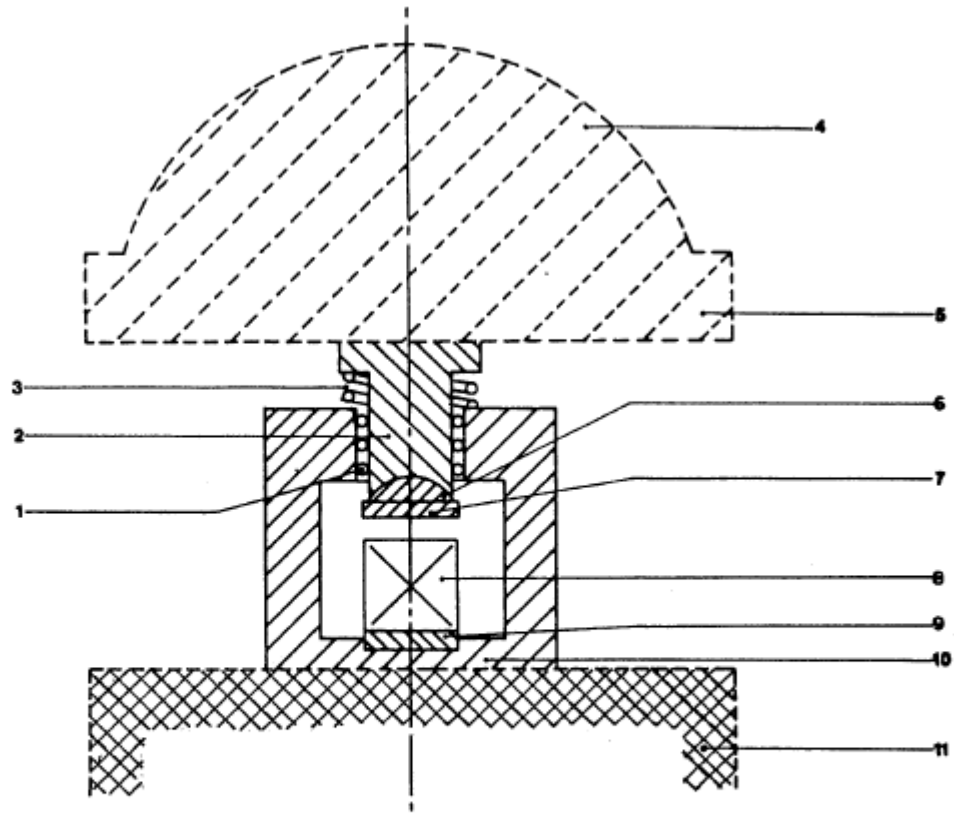
Deney cihazı deney için uygun kapasitede,  $(2400 \pm 200)$  N/s yükleme hızında kullanılan ölçüm aralığının üst beşte dörtlük kısmında kaydedilen yük  $\pm 1,0$  doğrulukta olmalıdır. Numunenin kırılma anındaki değerini makine boşaltıldıktan sonra da gösterebilen cihazı olmalıdır. Yükleme tablasının 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 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 Madde 5.1.3.9'da anlatılan kırma başlığı kullanılmalıdır.

#### 5.1.3.9 Basınç dayanım cihazı için kırma başlığı

Madde 5.1.3.8'e göre kırma başlığı (jig) kullanmak gerektiğinde Şekil 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 Madde 5.1.3.8'de belirlenen tüm özellikler uygulanmalıdır.



- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 Rulman yatakları                | 7 Kırma başlığının üst yatağı   |
| 2 Kayabilen parça                 | 8 Numune                        |
| 3 Geri dönüş yayı                 | 9 Alt plâka                     |
| 4 Cihazın geri dönüş yatağı       | 10 Kırma başlığının alt plâkası |
| 5 Cihazın üst plâkası             | 11 Cihazın alt plâkası          |
| 6 Kırma başlığının küresel yatağı |                                 |

**Şekil 6 - Basınç dayanımı için tipik kırma başlığı**

#### 5.1.4 Harç bileşenleri

##### 5.1.4.1 Kum

##### 5.1.4.2 CEN standard kumu

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

Tanecik büyüklük dağılımı Çizelge 51’de verilen limitler arasında olmalıdır.

**Çizelge 51 - CEN Referans kumunun tanecik büyüklüğü dağılımı**

| Kare göz açıklığı mm | Kümülatif elekte kalan % |
|----------------------|--------------------------|
| 2,00                 | 0                        |
| 1,60                 | 7 ± 5                    |
| 1,00                 | 33 ± 5                   |
| 0,50                 | 67 ± 5                   |
| 0,16                 | 87 ± 5                   |
| 0,08                 | 99 ± 1                   |

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

Temsili kum numunesinin, 105 °C – 110 °C’de 2 saat kurutulduktan sonra tayin edilen rutubet oranı % 0,2’den az olmalı ve kurutulmuş numunenin kütlesinin yüzdesi cinsinden belirtilmelidir.

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 imalatında kullanılan malzeme dayanım deneyi sonuçlarını etkilememelidir.

#### 5.1.4.3 Çimento

Deneye tâbi tutulacak çimento numunesi alınmasından sonra deney için 24 saatten fazla bekletilecekse, tamamıyla dolu olarak, hava geçirimsiz ve çimento ile reaksiyona girmeyecek malzemeden yapılmış bir kapta saklanmalıdır.

#### 5.1.4.4 Su

Deneyler için içme suyu kullanılabilir.

#### 5.1.5 -Harç hazırlama

##### 5.1.5.1- Harcın bileşimi

Oranlar kütlece bir kısım çimento, üç kısım standard kum, 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 sudan ibaret olmalıdır.

##### 5.1.5.2 Harcın oluşturulması

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

Su, 225 ml'lik otomatik pipet ile eklenirse, pipet ± 1 mL doğrulukta olmalıdır.

##### 5.1.5.3 Harcın karıştırılması

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

- a) Karıştırma kabına su konulur ve çimento eklenir,
- b) 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,
- c) Karıştırıcı, 1 dakika 30 saniye sonra durdurulur. İlk 15 s lastik sıyrıcı ile kabin çeperlerine ve tabanına yapışan harç sıyrılır ve kabin ortasına toplanır,
- d) Karıştırmaya yüksek hızda 60 s daha devam edilir.

Farklı karıştırma aşamalarının ayarlanması ± 1 s içerisinde olmalıdır.

#### 5.1.6 Deney numunelerinin hazırlanması

##### 5.1.6.1 Numunelerin boyutu

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

##### 5.1.6.2 Kalıpların doldurulması

Harcın hazırlanmasını müteakip kalıplar hemen 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. Harç tabakası , büyük yayıcı ile, kenarlarından dik pozisyonda tutularak ve kalıp başlığıyla temas halinde olmak üzere, kalıbın her bölümünde 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 küçük 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. Prizmaları ve sarsma tablasına göre konumlarını tanımlamak amacıyla kalıplar etiketlenir veya işaretlenir.

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

##### 5.1.7.1 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.

##### 5.1.7.2 Kalıpların sökülmesi

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.

#### 5.1.7.3 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. Prizma saklanması sırasında, suyun tamamı değiştirilmez.

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.

#### 5.1.7.4 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  $\pm$  15 dakika

48 saat  $\pm$  30 dakika

72 saat  $\pm$  45 dakika

7 gün  $\pm$  2 saat

$\geq$  28 gün  $\pm$  8 saat

#### 5.1.8 Numunelerin deneye tâbi tutulması

##### 5.1.8.1 Deney işlemi

Eğilme dayanımını bulmak için tek noktadan (merkezi) yükleme metodu kullanılır.

Eğilme dayanımı deneyi sonucunda elde edilen 40 mm  $\times$  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.

##### 5.1.8.2 Eğilme dayanımı

Prizma, deney cihazına yan yüzeylerden biri üzerine ve uzunluğuna eksenini mesnet silindirlerinin eksenine dik olacak şekilde mesnet silindirleri üzerine yerleştirilir. Yük, yükleyici silindir vasıtası ile prizmanın karşı yan yüzünden dik olarak uygulanır ve düzgün olarak  $(50 \pm 10)$  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  $R_f$ , N/mm<sup>2</sup> olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

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

Burada;

$R_f$  : Eğilme dayanımı, (Newton/mm<sup>2</sup>)

$b$  : Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (mm ),

$F_f$  : Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet (Newton),

$l$  : Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık ( mm )

##### 5.1.8.3 Basınç dayanımı

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  $R_c$  , aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

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

Burada;

$R_c$  : Basınç dayanımı ( $N/mm^2$ ),

$F_c$  : Kırılmadaki en büyük yük (N),

1600 : Plâkaların veya yardımcı plâkaların ( 40 mm × 40 mm ) alanı (  $mm^2$  )

#### **5.1.9 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.

#### **5.1.10 Deney sonuçlarının hesaplanması**

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

#### **5.1.11 Sonuç raporu**

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

## ÇİMENTO DENEY METOTLARI

### 5.2 KIVAM SUYU, PRİZ SÜRESİ VE GENLEŞME TAYİNİ (TS EN 196-3)

#### 5.2.1 Kapsam

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

#### 5.2.2 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 bağıl 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.

#### 5.2.3 Deney için genel şartlar

##### 5.2.3.1 Lâboratuvar

Numunenin hazırlandığı ve deneye tâbi tutulduğu lâboratuvarın sıcaklığının  $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$ 'de tutulması ve bağıl nemin %65'den az olmaması sağlanmalıdır.

##### 5.2.3.2 Cihazlar

**5.2.3.2.1 Terazî,** 1 g doğrulukta tartım yapabilen,

**5.2.3.2.2 Dereceli mezûr veya büret,** hacmi % 1 doğrulukta ölçebilen,

**5.2.3.2.3 Karıştırıcı,** TS EN 196-1'e uygun.

##### 5.2.3.3 Malzemeler

**5.2.3.3.1** Numunelerin hazırlanması, bekletilmesi ve kaynatılması için damıtık veya deiyonize su kullanılmalıdır.

**Not -** Aynı sonuçları verdiğinin gösterilmesi halinde başka su kullanılabilir.

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

#### 5.2.4 Standard kıvam tayini

##### 5.2.4.1 Cihazlar

Şekil 1 (a) ve Şekil 1 (b)'de gösterilen Vicat aleti Şekil 1 c'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.

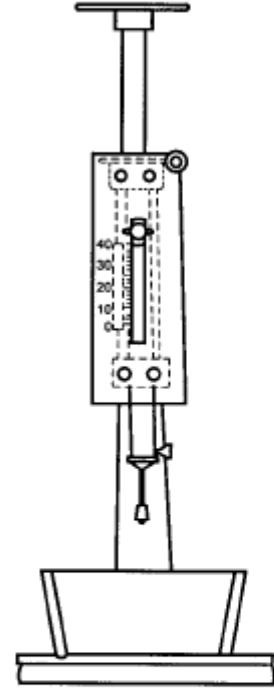
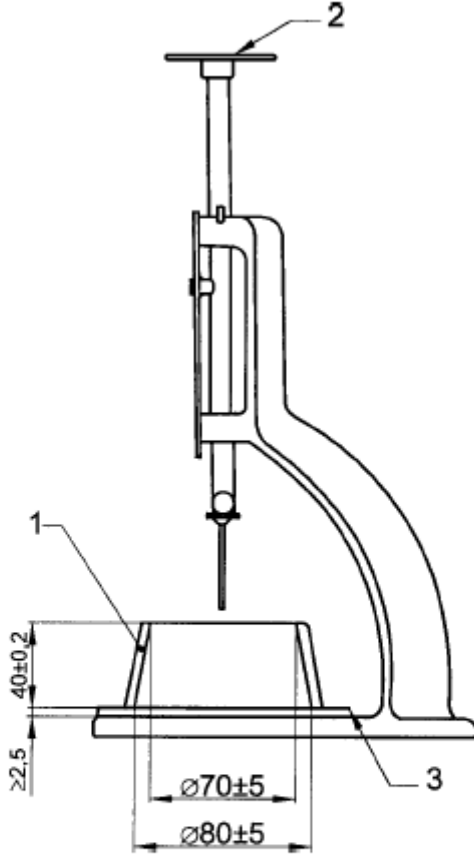
Deneye tâbi tutulan çimento pastasının içine konduğu Vicat kalıbı sert lastikten yapılmış olmalıdır. Vicat kalıbı, derinliği  $(40,0 \pm 0,2)$  mm; üst iç çapı  $(70 \pm 5)$  mm ve alt iç çapı  $(80 \pm 5)$  mm olan kesik koni şeklindedir. Vicat kalıbı aynı zamanda yeterince sağlam olmalı ve vicat kalıbından daha geniş olmak üzere, en az 2,5 mm kalınlığında düz cam taban plâkası bulunmalıdır.

##### 5.2.4.2 İşlem

###### 5.2.4.2.1 Çimento pastasının karıştırılması

1 g doğrulukla 500 g çimento tartılır. Bir miktar su, meselâ 125 g, karıştırıcı kabına tartılır veya dereceli mezûrle veya büretle ölçülerek karıştırıcı kabına konur. Çimento suya koyulur. İlave etme 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 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 çalışma süresi 3 dakika olmalıdır.

Ölçüler mm'dir.

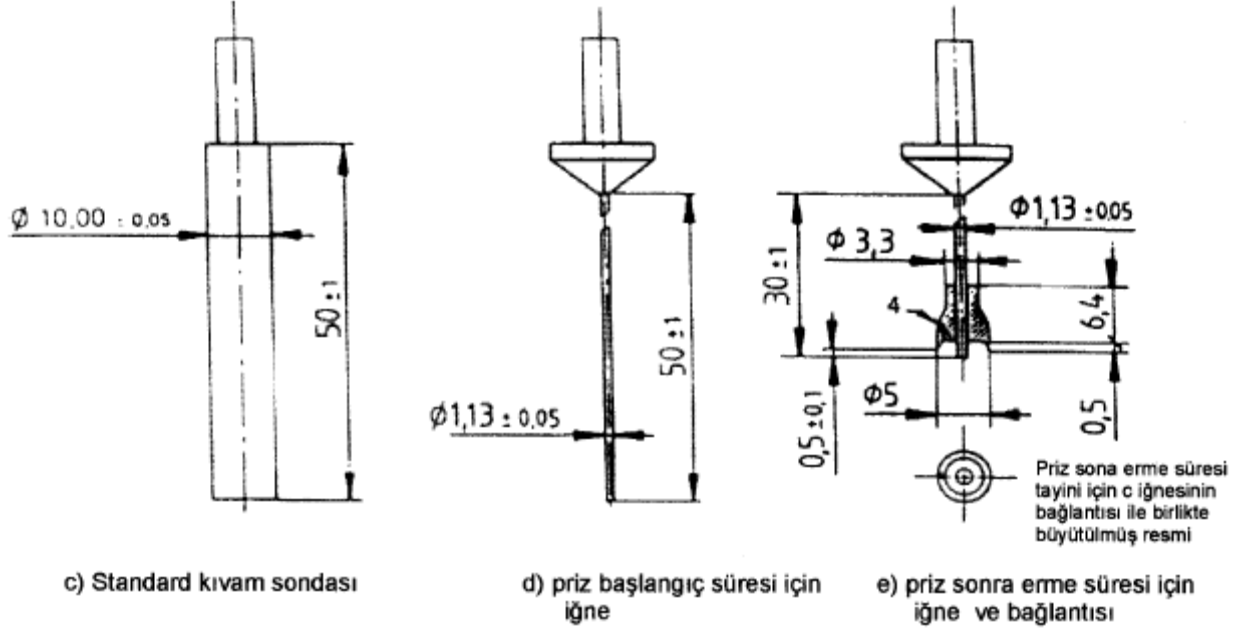


A) Priz başlama süresi tayini için dik  
Pozisyonadaki kalıp yandan görünümü

B) Priz sona erme süresi tayini için  
tersine çevrilmiş kalıpla önden görünüm

1. Sert lastik kalıp
2. Düzeltici ağırlıklar için platform
3. Cam plâka

**Şekil 1** - Çimentonun standard kıvam ve priz süresi tayini için Vicat cihazları.



Şekil 1 Devamı

#### 5.2.4.2.2 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.

#### 5.2.4.2.3 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 dakika 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  $(6 \pm 1)$  mm oluncaya kadar tekrar edilir. Standard kıvama gelen pastanın su miktarı % 0,5'lik doğrulukla Standard kıvam için gerekli su miktarı olarak kaydedilir.

#### 5.2.5 Priz süresi tayini deneyi

##### 5.2.5.1 Cihazlar

##### 5.2.5.1.1 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.

##### 5.2.5.1.2 Priz başlama süresi için Vicat cihazı

Sonda çıkarılır ve yerine çelikten yapılmış silindir şeklinde etkili uzunluğu  $(50 \pm 1)$  mm ve çapı  $(1,13 \pm 0,05)$  mm olan iğne (Şekil 1d) takılır. Hareket eden bu parçaların toplam kütlesi  $(300 \pm 1)$  g olmalıdır.

### 5.2.5.2 Priz başlama 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 10 mm mesafe olacak şekilde 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 ( $4 \pm 1$ ) 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.

### 5.2.5.3 Priz sonu 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 şekilde gözlemlenmesini kolaylaştırmak için iğne bağlantı halkası (Şekil 1 e) ile cihaza tutturulur. Madde 5.2.5.2'deki 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 0,05 mm kadar battığı an ile sıfır olarak kabul edilen zaman, en yakın 15 dakikaya yuvarlatılarak priz sonu süresi olarak kaydedilir. Gereken doğruluk bağlantı halkasının pasta üzerinde ilk işaret bıraktığı andan itibaren priz sonu yaklaştıkça zaman aralıklarının azaltılması ile sağlanabilir ve başarılı deney sonuçlarında aşırı farklılık gözlenmez.

## 5.2.6 Genleşme deneyi

### 5.2.6.1 Cihazlar

#### 5.2.6.1.1 Le Chatelier cihazı

Kalıp, Şekil 2 (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 ( $17,5 \pm 2,5$ ) mm olmalıdır.

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.

#### 5.2.6.1.2 Su banyosu

İçine Le Chatelier numunelerinin doldurulacağı, su sıcaklığını ( $20 \pm 2$ )° C'den ( $30 \pm 5$ ) dakikada kaynama sıcaklığına ulaştıracak tertibatlı, ısıtıcılı su kabı.

#### 5.2.6.1.3 Rutubet dolabı

Uygun boyutlu ve sıcaklığı ( $20 \pm 1$ )° C'de tutulan ve bağıl nemi %98'den az olmayan.

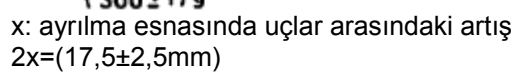
#### 5.2.6.2 İşlem

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 ( $20 \pm 1$ )° C'de ve % 98'den 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 ( $20 \pm 1$ )° C'de muhafaza edilir. Ancak bu işlemin referans metoda göre doğrulanmış olması gerekir.

Kalıbın  $(20 \pm 2)^{\circ}$  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.

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.



**Şekil 2- Çimentoların genleşme tayini için Le Chatelier cihazı**

## 5.3 İNCELİK TAYİNİ (TS EN 196-6)

### 5.3.1 - Kapsam

Bu deney, çimento inceliğini tayin etmek için yapılır. Eleme metodu yalnız iri çimento taneciklerinin varlığını göstermek için kullanılır, öncelikle imalat prosesinin kontrolü için uygundur. Hava geçirgenlik metodu (Blaine) ile özgül yüzey (kütleyle ilgili yüzey) bir referans çimento numunesi ile mukayese edilerek ölçülür. Özgül yüzeyin tayini özellikle tek ve aynı fabrikanın öğütme prosesinin uyumluluğunu kontrol etmekte kullanılır. Bu metod kullanılan çimentonun özelliklerinin yalnız sınırlı bir değerlendirmesine yarar.

Bu metodlar TS EN197-1'de tarif edilen bütün çimentolara uygulanır.

Burada yalnızca eleme metodundan bahsedilecektir.

### 5.3.2 – Eleme Metodu

#### 5.3.2.1 - 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.

#### 5.3.2.2 - Cihazlar

##### 5.3.2.2.1 - 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 dokumadan oluşur. Elek dokuması TS 1225 (ISO 565/1983) Çizelge 1 ve TS 1227 ISO 3310-1'deki gereklere uymalıdır. Eleme esnasında malzeme kaybını önlemek için elek çerçevesinin altına tutturulan toplama tavası ve üstünde de kapağı olmalıdır.

**5.3.2.2.2 - Terazî,** 10 mg hassasiyette, 10 grama kadar tartma kapasitesinde,

##### 5.3.2.3 – Elek kontrolünde kullanılan 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.

#### 5.3.2.4 - İşlem

##### 5.3.2.4.1 - Çimento Kalıntısının Tayini

Topaklanmaların dağılması için deneye tâbi tutulacak çimento numunesi kapaklı bir kavanozda 2dakika 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 10 g çimento tartılır ve sıçramamasına 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 (R1) ifade edilir. Eleğin tabanındaki ince malzemeler tava içine hafifçe fırçalanır. Bütün işlem yeni bir 10 g numune ile tekrarlanarak (R2) elde edilir. Çimento kalıntısı R, R1 ve R2'nin ortalaması olarak % 0,1 yaklaşımla yüzde olarak hesaplanır. Sonuçlar mutlak değer olarak %1'den fazla fark gösterdiği zaman üçüncü bir eleme yapılır ve üç değer sonucunun ortalaması alınır.

##### 5.3.2.5 – Sonuçların gösterilmesi

R değeri deneye tâbi tutulan çimento için, % 0,1 yaklaşımla 90 mikrometre TS 1225 (ISO 565) elek kalıntısı olarak rapor edilir.



# BÖLÜM 6

## TAZE BETON DENEYLERİ



# TAZE BETON DENEYLERİ

## 6.1 ÇÖKME (SLAMP) DENEYİ (TS EN 12350-2)

### 6.1.1 Kapsam

Çökme (slamp) deneyi, taze beton kıvamını tayin etmek amacıyla yapılır. Çökme deneyi, 10 mm ile 200 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. Agregada en büyük tane büyüklüğü 40 mm'den daha fazla olan betonlarda çökme deneyi uygun değildir.

### 6.1.2 Prensip

Taze beton, kesik huni şekilli kalıp içerisine sıkıştırılarak doldurulur. Kalıbın yukarı doğru çekilerek alınmasından sonra, taze beton kütesindeki çökme mesafesi, betonun kıvam ölçüsü olarak kullanılır.

### 6.1.3 Cihazlar

**6.1.3.1 Kalıp**, deney numunesi oluşturmak üzere, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen ve 1,5 mm veya daha kalın 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 şeklinde olmalıdır :

– Taban çapı :  $(200 \pm 2)$  mm ,

– Üst yüz çapı :  $(100 \pm 2)$  mm ,

– Yükseklik :  $(300 \pm 2)$  mm.

Kalıbın alt ve üst yüzü, açık, birbirine paralel ve kalıp boyuna eksenine dik olmalıdır. Deney esnasında kalıbı oynamaz şekilde tutmak için, kalıbın üst yüzüne yakın iki adet tutma parçası ve tabana yakın tespit kelepçeleri veya ayakla basma parçaları bulunmalıdır. Tabana tespit kelepçeleriyle tutturulmuş kalıp kullanımına, kelepçelerin, gevşetilerek kalıbı serbest bırakması esnasında, kalıbı oynatmaması veya beton çökmesine etki etmemesi şartıyla izin verilir.

**6.1.3.2 Sıkıştırma (şişleme) çubuğu**,  $(600 \pm 5)$  mm uzunlukta ve  $(16 \pm 1)$  mm çapında, ucu yuvarlatılmış, daire kesitli düz çelikten yapılmış olan.

**6.1.3.3 Huni doldurma başlığı** (tercihe bağlı), su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış, kalıp üzerine yerleştirilebilmesi için geçme bileziği olan.

**6.1.3.4 Cetvel**, 5 mm'den daha büyük olmayan aralıklarla, 0 mm'den 300 mm'ye kadar bölümlenmiş olan. Sıfır çizgisi cetvelin en ucunda bulunmalıdır.

**6.1.3.5 Taban plâkası/yüzeyi**, kalıbın üzerine yerleştirileceği, su emmeyen, esnemeyen düz plâka veya diğer yüzey.

**6.1.3.6 Tekrar karıştırma kabı**, 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.

**6.1.3.7 Kürek**, kare ağızlı olan.

Kare ağız, tekrar karıştırma kabı içerisindeki betonun uygun şekilde karıştırılabilmesi için gereklidir.

**6.1.3.8 Kepçe**, yaklaşık 100 mm genişlikte olan.

**6.1.3.9 Kronometre veya saat**, süreyi 1 saniye doğrulukla ölçebilen.

### 6.1.4 Deney numunesi

Beton deney numunesi, TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır.

Deney uygulanmadan önce, beton deney numunesi, tekrar karıştırma kabı içerisinde, kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.

### 6.1.5 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 tespit edilir. 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 (master 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.

Kalıbın çekilme işlemi 5 saniye - 10 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.

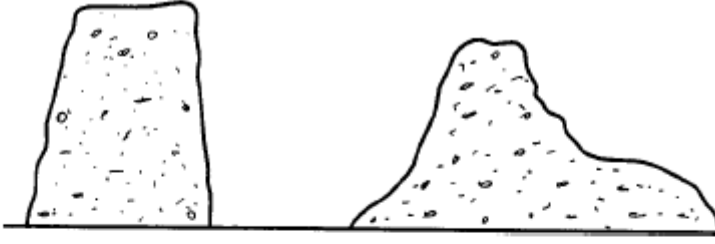
Kalıbın alınmasından hemen sonra, kalıp üst yüzey seviyesi ile çöken beton kütesinin en yüksek noktası arasındaki çökme mesafesi (h) ölçülerek kaydedilmelidir.

**Not** - Taze beton kıvamı, olabilecek rutubet kaybı veya çimento hidratasyonu nedeniyle zamanla değişir. Bu nedenle birbiriyle kıyaslanabilecek sonuçlar alınabilmesi için farklı numuneler üzerinde yapılacak deneylerin, karışımından sonra sabit bir süre içerisinde yapılması gereklidir.

#### 6.1.6 Deney sonuçları

Deney, ancak taze beton çökmesinin düzgün şekilde gerçekleşmesi halinde geçerli olur. Düzgün çökme, Şekil 1 (a)'da gösterildiği gibi, beton kütesinin deney sonunda, bütün olarak ve simetrik şekilde kalmasını ifade eder. Numunenin Şekil 1 (b)'de gösterildiği gibi kayması halinde, 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 plâstiklik ve kohezyona sahip olmadığını gösterir. Düzgün çökme meydana gelen deneyde, çökme değeri (h), Şekil 2'de gösterildiği gibi ölçülüp, en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.



a) Düzgün çökme

(b) Kayma meydana gelmiş çökme

Şekil 1 - Çökme şekilleri



Şekil 2 - Çökmenin ölçülmesi

## 6.2 VEBE DENEYİ (TS EN 12350-3)

### 6.2.1 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.

### 6.2.2 Prensiptir

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.

### 6.2.3 Cihazlar

#### 6.2.3.1 Vebe Ölçer (konsistometre)

**6.2.3.1.1 Silindir şekilli kap**, çimento hamurundan olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış, iç çapı  $(240 \pm 5)$  mm, ve yüksekliği  $(200 \pm 2)$  mm olan silindir şekilli (A). Kabin 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. Kaptaki el tutamakları ve tabanında, titreşim masasına (G) emniyetli şekilde, kebek başlı civatayla (H) bağlantı sağlayacak kulaklar (çıkıntılar) bulunmalıdır.

**6.2.3.1.2 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.

Kalibin alt ve üst yüzü açık, birbirine paralel ve yüzler kalıp boyuna eksenine dik olmalıdır. Kalibin üst kısmında, yaklaşık olarak kalıp yüksekliğinin 2/3'ünde, deney esnasında kalıbı, içerisine sıkıştırılarak doldurulmuş betondan, düşey yönde yukarı doğru çekebilmek için gerekli iki el tutamağı bulunmalıdır.

**6.2.3.1.3 Disk**, saydam ve yatay (C) konumda, kılavuz yuva (E) içerisinde düşey olarak kayan ve vida (Q) ile sıkıştırılarak konumu sabitlenebilen çubuğa (J) monte edilmiş olan. Kılavuz 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.

**6.2.3.1.4 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 oluşturunca ünitesi (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.

**6.2.3.1.5 Sıkıştırma (şişleme) çubuğu**, yaklaşık 600 mm uzunlukta ve 16 mm çapında, ucu yuvarlatılmış, daire kesitli düz, çelikten yapılmış olan.

**6.2.3.1.6 Kronometre veya saat**, süreyi 0,5 saniye doğrulukla ölçmeye uygun özellikte olan.

**6.2.3.1.7 Tekrar karıştırma kabı**, 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.

**6.2.3.1.8 Kürek**, kare ağızlı.

Kare ağız, tekrar karıştırma kabı içerisindeki betonun uygun şekilde karıştırılabilmesi için gereklidir.

**6.2.3.1.9 Kepçe**, yaklaşık 100 mm genişlikte.

#### 6.2.4 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.

#### 6.2.5 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 kalıbına, eşit kalınlıkta üç tabaka halinde ve her tabakanın sıkıştırılmış durumundaki 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 saniye . 10 saniye arasındaki sürede tamamlanmalı, kalıp sabit hızda çekilmeli, bu esnada beton kütleline yanal hareket veya burulma hareketi yaptırılmamalıdır.

Betonun Şekil 2b'de gösterildiği gibi kayması, Şekil 2c'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 Şekil 2a' da gösterilen çökmenin oluşması halinde bu durum kaydedilmelidir.

Kol çevrilerek saydam disk (C) beton kütleli üzerine getirilir, vida (Q) gevşetilir ve disk betona temas edinceye kadar dikkatlice indirilir.

Betonda düzgün çökme olması şartıyla, disk (C), beton kütleli 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 kütleli üzerine tam oturmasını temin etmek üzere gevşetilir.

Çökmenin düzgün olmaması halinde, vida (Q), saydam diskin (C), silindirik kap içerisindeki betona oturacak kadar kaymasını sağlayacak şekilde gevşetilmelidir.

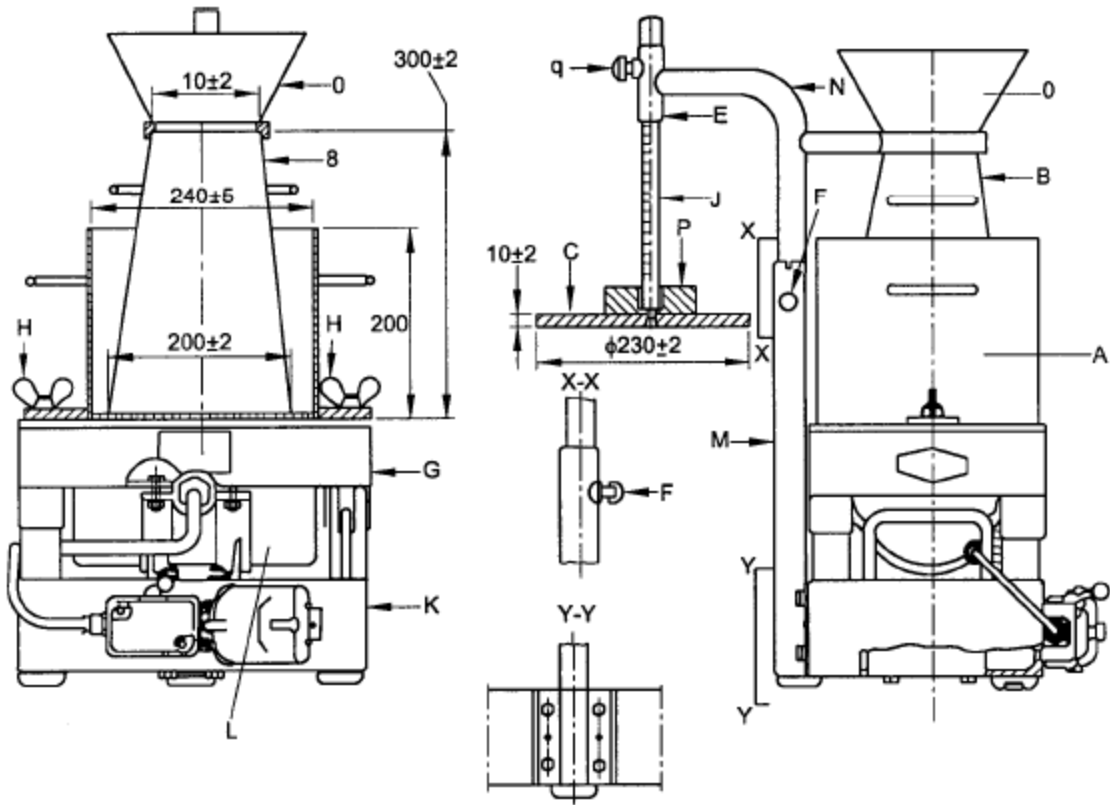
Titreşim masası çalıştırılır ve aynı anda kronometre başlatılır. Bu işlem yapılırken taze betonun nasıl sıkıştığı saydam diskten gözlenir. Diskin (C) alt yüzeyi, çimento hamuru ile tamamen kaplandığı an kronometre ve titreşim durdurulur. Geçen süre bir saniye doğrulukla kaydedilir.

Deney işlemi, betonun kalıba doldurulmaya başlanılmasından itibaren herhangi kesinti olmaksızın 5 dakika içerisinde tamamlanmalıdır.

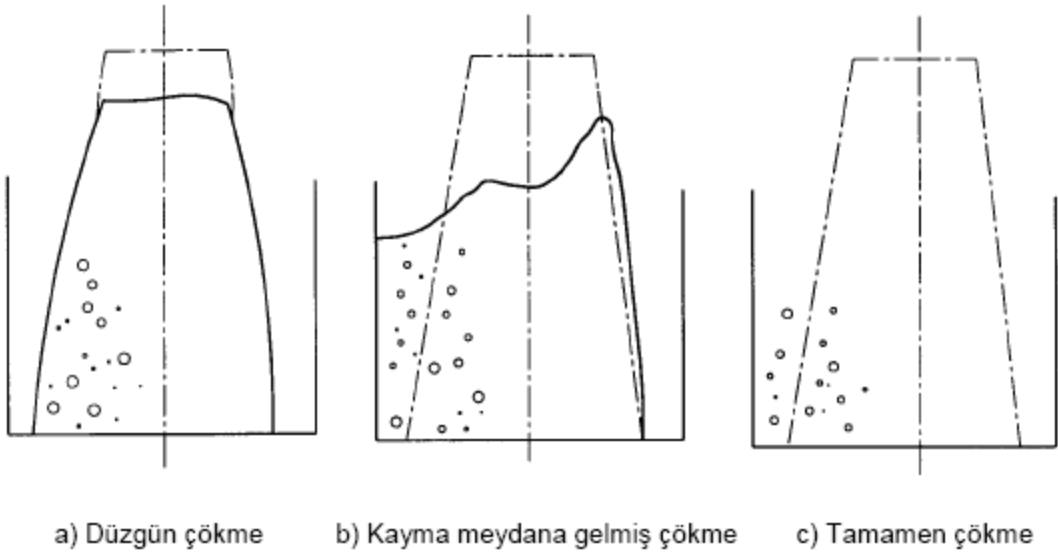
Taze beton kıvamı, olabilecek rutubet kaybı veya çimento hidratasyonu nedeniyle zamanla değişir. Bu nedenle birbiriyle kıyaslanabilecek sonuçlar alınabilmesi için farklı numuneler üzerinde yapılacak deneylerin, karışımdan sonra sabit bir süre içerisinde yapılması gereklidir.

#### 6.2.6 Deney sonuçları

Kronometreden okunan süre, en yakın saniyeye yuvarlatılarak kaydedilir. Bu değer, deneye tâbi tutulan taze betonun kıvamını ifade eden Vebe süresidir.



Şekil 1 - Vebe ölçer (Konsistometre kıvam ölçer)



a) Düzgün çökme

b) Kayma meydana gelmiş çökme

c) Tamamen çökme

Şekil 2 - Çökme şekilleri

## 6.3 SIKIŞTIRILABİLME DERECESESİ (TS EN 12350-4)

### 6.3.1 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.

### 6.3.2 Prensip

Taze beton, mala kullanılarak, doldurma esnasında herhangi sıkıştırma etkisi oluşturmada, kap 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.

### 6.3.3 Cihazlar

**6.3.3.1 Kap,** çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış ve aşağıda verilen ölçülere sahip prizma şekilli olan:

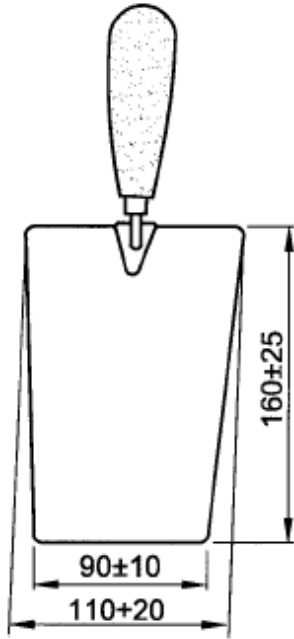
Taban :  $(200 \pm 2)$  mm x  $(200 \pm 2)$  mm

Yükseklik :  $(400 \pm 2)$  mm

Taban ve duvar (yan yüz) plâkalarının kalınlıkları en az 1,5 mm olmalıdır.

**6.3.3.2 Mala,** düz kenarlı olan (Şekil 1).

Ölçüler mm'dir



Şekil 1 – Mala

**6.3.3.3 Betonu sıkıştırma cihazı,** aşağıda verilenlerden herhangi birisi olmalıdır:

– İç (daldırma tipi) vibratör : En düşük frekansı yaklaşık olarak 120 Hz (dakikada 7200 devir) olmalıdır. Vibratör daldırma ucunun çapı, en küçük kap boyutunun 1/4'ünü geçmemelidir.

– Titreşim masası : En düşük frekansı yaklaşık olarak 40 Hz (dakikada 2400 devir) olmalıdır.

Titreşim masası kullanımı referans metottur.

**6.3.3.4 Tekrar karıştırma kabı,** su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikte malzemeden yapılmış, rijit yapılı, düz tepsi. Tepsi ölçüleri betonun, kare ağızlı kürek kullanılarak, tamamiyle tekrar karıştırılmasına uygun olmalıdır.

**6.3.3.5 Kürek,** kare ağızlı olan.

Kare ağız, tekrar karıştırma kabı içerisindeki betonun uygun şekilde karıştırılabilmesi için gereklidir.

**6.3.3.6 Düz kenarlı master,** 200 mm.den daha uzun olan.

**6.3.3.7 Cetvel**

### 6.3.4 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.

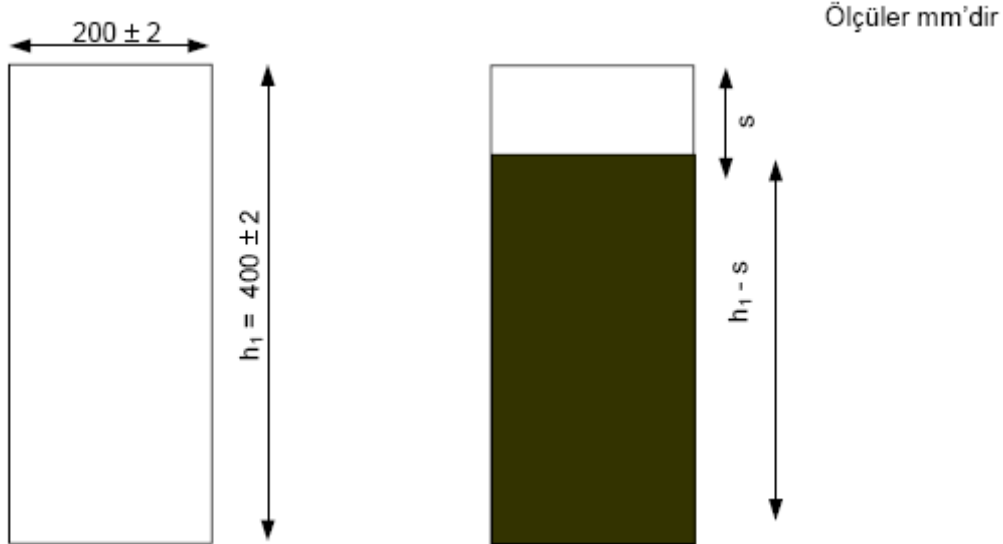
### 6.3.5 İşlem

Kap temizlenir ve kabın iç yüzeyleri nemli bezle rutubetlendirilir. Beton, prizma şekilli kaba, 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 taşıncaya kadar devam edilir. Kap doldurulduktan sonra, betonun kaptan taşan kısmı düz kenarlı mastara kesme hareketleri yaptırılarak sıyrılıp üst yüzey düzeltilir. Bu esnada, betonda herhangi sıkıştırma etkisi oluşturulmamasına özen gösterilmelidir.

Kap içerisine 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 kütlesinde eksilme olmamasına dikkat edilmelidir.

Hava sürüklenmiş betonlarda, daldırma tipi vibratör kullanımında sürüklenmiş havanın kaybolmaması için özel itina gösterilmelidir.

Sıkıştırma işlemi sonrası, sıkışmış beton yüzeyi ile prizmatik kabın üst yüzey kenarı arasındaki ortalama mesafe 1 milimetre yaklaşımla ölçülerek  $s$  değeri (Şekil 2) belirlenir. Bu değer, kabın her kenarının orta noktasında ölçülen mesafelerin ortalaması alınarak hesaplanır.



Şekil 2 - Sıkıştırma öncesi ve sonrasında kap içerisindeki betonun görünümü

### 6.3.6 Sonuçların gösterilmesi

Sıkıştırılabilirlik derecesi,  $c$ , aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır :

$$c = \frac{h_1}{h_1 - s}$$

Burada ;

$h_1$  : Prizmatik kabın iç yüksekliği, mm,

$s$  : Sıkıştırılmış beton yüzeyi ile kap üst yüzey kenarı arasında, dört ayrı yerden 1 mm yaklaşımla ölçülen mesafelerin ortalaması

Deney sonucu, 0,01 (yüzde bir) hanesine yuvarlatılarak verilmelidir.

## 6.4 YAYILMA TABLASI DENEYİ (TS EN 12350-5)

### 6.4.1 Kapsam

Bu deney, taze betonun yayılmasını tayin etmek amacıyla yapılır. Metot, agrega en büyük tane büyüklüğü 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.

### 6.4.2 Prensip

Bu deneyde, düşme hareketi yaptırılan bir levha üzerindeki betonun yayılmasını ölçme yoluyla taze beton kıvamı belirlenir.

### 6.4.3 Cihazlar

**6.4.3.1 Yayılma tablası** ( Şekil 1 ), üzerine betonun konulabileceği, (700 ±2) mm x (700 ±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. Metal üst yüzey çimento hamurundan olumsuz şekilde etkilenerek veya paslanarak bozulmamalıdır. Yayılma tablasının üst plâkası (16 ± 0,5) kg kütleye sahip olmalı ve tartılabilmesi için takılıp çıkarılabilir menteşeli olmalıdır. Plâkanın yapısı, plâka üst yüzeyinin bükülmesini engelleyecek tarzda olmalıdır.

Tabla üst plâkasının sert alt tabakaya menteşelenmesinde, menteşeli (birbirine temas eden) plâkalar arasına agrega sıkışmasını önlemek için tedbirler alınmalıdır.

Tabla ortası, tablanın orta noktasından geçen birbirine dik ve kenarlara paralel iki çizgi ve merkez etrafında (210 ± 1) mm çaplı daire şeklin metal üzerine kazınmasıyla belirtilir.

Plâka ön köşelerinin alt kısmına, iki sert blok sıkıca tespit edilmelidir. Bu bloklar ıslanınca şekillerinde bozulma meydana gelmeyen ve su emmeyen özellikte olmalıdır. Bu durdurucu bloklar, üst plâka yükünü alt plakaya, plâkada herhangi eğilme veya bozulma meydana gelmeden aktaracak özellikte olmalıdır. Alt çerçeve, bu yükü, cihazın üzerine yerleştirildiği zemine doğrudan aktaracak şekilde tertip edilmiş olmalıdır. Alt çerçevenin bu şekilde tertip edilmesi, serbestçe düşmesi esnasında, üst plakânın sıçrama eğilimini en aza indirir.

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± ) 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.

**6.4.3.2 Kalıp**, deney numunesi oluşturmak üzere çimento hamurundan olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış ve 1,5 mm'den daha kalın olan. Kalıp iç yüzeyinde perçin başlığı benzeri çıkıntı olmamalı, iç yüzey düz olmalı ve yüzeyde oyuk, çentik bulunmamalıdır. 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.

Kalıp alt ve üst yüzü açık, birbirine paralel ve koni boyuna eksenine dik olmalıdır. Koniyi oynamaz şekilde tutmak için, koninin üst bölümünde iki adet tutma parçası ve alt kısmında tespit kelepçeleri veya ayakla basma parçaları bulunmalıdır. Tabana tespit kelepçeleriyle tutturulmuş kalıp kullanımına, kelepçenin gevşetilerek kalıbı serbest bırakması esnasında kalıbı oynatmaması veya beton çökmesine etki etmemesi şartıyla izin verilir.

**6.4.3.3 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.

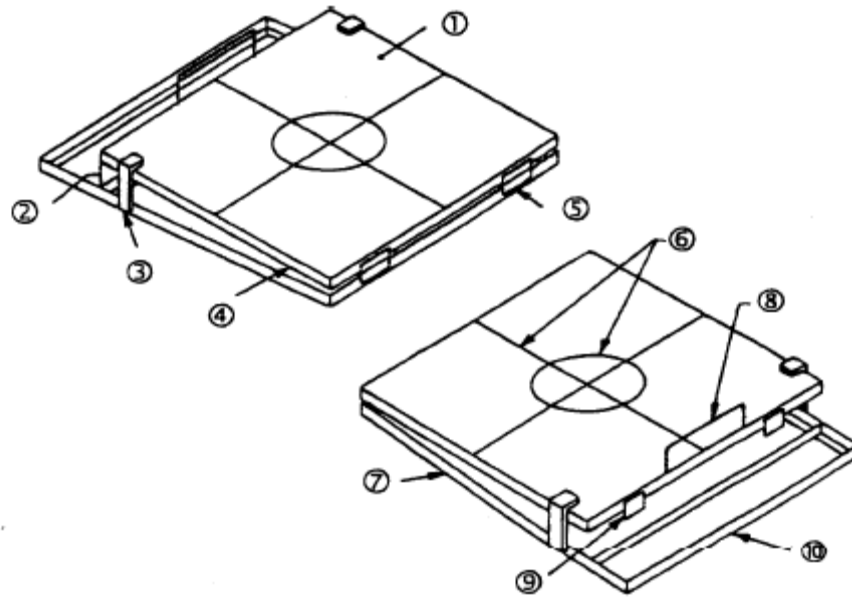
**6.4.3.4 Cetvel**, en az 700 mm uzunlukta ve tüm uzunluğunca 5 mm aralıklı bölümlenmiş olan.

**6.4.3.5 Tekrar karıştırma kabı**, su emmez ve çimento hamurundan olumsuz etkilenmeyen özellikte malzemeden yapılmış, sert, düz tepsi. Tepsi boyutları, kare ağızlı kürek kullanılarak, deneyde kullanılacak tüm betonun bir defada tamamıyla tekrar karıştırılmasına uygun olmalıdır.

**6.4.3.6 Kürek**, kare ağızlı olan.

**6.4.3.7 Kepçe**, yaklaşık 100 mm genişlikte olan.

**6.4.3.8 Kronometre veya saat**, zamanı 1 saniye doğrulukla ölçmeye uygun özellikte olan.

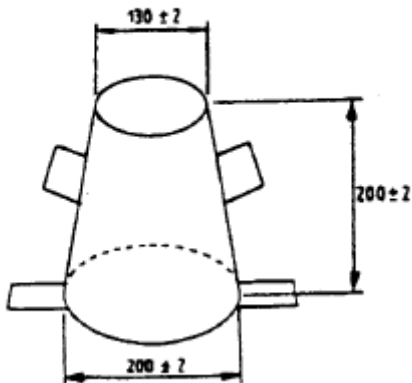


Anahtar :

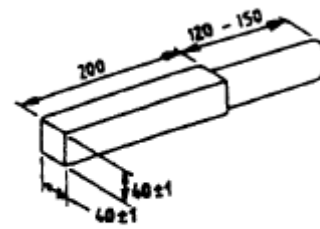
- |                                            |                      |
|--------------------------------------------|----------------------|
| 1) Metal plâka                             | 6) İşaretler         |
| 2) $40 \pm 1$ mm ile sınırlanmış yükseklik | 7) Taban çerçevesi   |
| 3) Üst durdurucu                           | 8) Kaldırma tutamağı |
| 4) Üst tabla                               | 9) Alt durdurucu     |
| 5) Dış menteşeler                          | 10) Uç levhası       |

Şekil 1 - Tipik yayılma tablası

Ölçüler mm'dir



Şekil 2 - Beton kalıbı



Şekil 3 - Sıkıştırma çubuğu

#### 6.4.4 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.

#### 6.4.5 İşlem

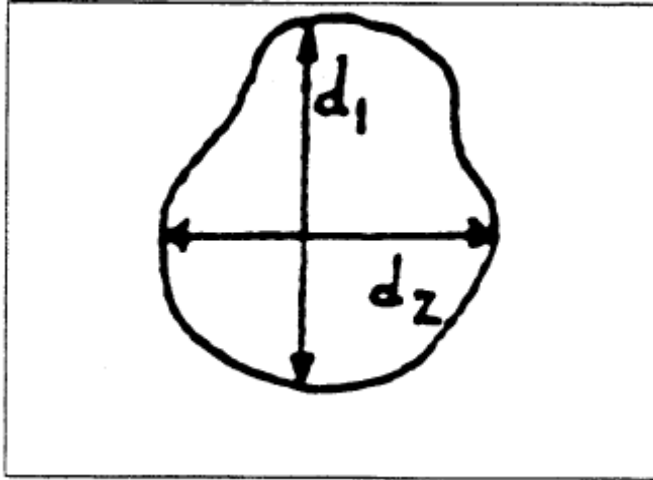
Yayılma tablası, düz, yatay, titreşim veya darbe tesiri olmayan bir zemine yerleştirilir. Tablanın menteşeli üst plâkasının belirlenen yüksekliğe kadar kalkıp, alt durdurucular üzerine serbestçe düşmesi yerinde kontrol edilir. Üst plâkanın alt durdurucular üzerine düştüğü anda sıçrama eğilimini en aza 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.

Tablanın ön tarafında bulunan uç levhasına basılarak yayılma tablası sabitlenir ve üst plâka, durdurma parçasına kadar yavaşça kaldırılır, kaldırma esnasında üst plâka, durdurma parçasına sert çarpmamalıdır. Üst plâka, alt durdurucular üzerine serbestçe düşürülür. Bu işlem toplam 15 düşürme yaptırılacak şekilde tekrarlanır. Her kaldırıp düşürme işlemi, 2 saniyeden az, 5 saniyeden daha fazla olmayan sürede tamamlanmalıdır. Düşürme işlemleri tamamlandıktan sonra üst plâkaya yayılan beton tabakasının en büyük boyutları, plâka kenarlarına paralel iki doğrultuda cetvelle  $d_1$  ve  $d_2$  olarak ölçülür (Şekil 4 ). İki doğrultuda alınan ölçüm sonuçları en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.



Şekil 4 - Yayılma boyutlarının ölçümü

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 kaydedilmeli ve bu deney geçersiz kabul edilmelidir.

#### 6.4.6 Deney sonuçları

Yayılma değeri,  $(d_1 + d_2) / 2$  olarak belirlenir ve en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.

## 6.5 YOĞUNLUK (TS EN 12350-6)

### 6.5.1 Kapsam

Bu deney, lâboratuvar ve şantiyede, sıkı tırılmı  taze betonun yoğunluğunun tayini amacıyla yapılır.

### 6.5.2 Prensip

Taze beton, hacmi ve kütlesi bilinen, rijit ve sızdırmaz bir kap içerisine sıkıştırılarak yerleştirilir ve daha sonra tartılır.

### 6.5.3 Cihazlar

**6.5.3.1 Kap,** sızdırmaz ve deney esnasında şeklini koruyabilecek rijitlikte,  imento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış, i  yüzeyi pürüzsüz ve ağız kısmı tornalanarak d zle tirilmi  olan. Kabın ağzı ve tabanı birbirine paralel olmalıdır. Kabın en küçük boyutu, betonda kullanılan iri agreganın en büyük tane anma büyüklüğünün en az dört katı kadar olmalı ancak 150 mm'den de küçük olmamalıdır. Kabın hacmi en az 5 litre olmalıdır.

### 6.5.3.2 Doldurma ba lı ı

Kabın betonla doldurma işlemi, kap üzerine sıkıca geçen doldurma ba lı ı kullanılarak kolayla tırılabilir.

**6.5.3.3 Betonun sıkıştırma cihazları,** aşağıda verilenlerden herhangi birisi olabilir

– i  (daldırma tipi) vibratör : En düşük frekansı, yaklaşık olarak 120 Hz (dakikada 7200 devir) olmalıdır. Vibratör ucunun çapı, kabın en küçük boyutunun 1/4'ini geçmemelidir.

– Titreşim masası : En düşük frekansı yaklaşık olarak 40 Hz (dakikada 2400 devir) olmalıdır.

– Daire kesitli sıkıştırma çubuğu :  elikten yapılma, yaklaşık olarak çapı 16 mm, uzunluğu 600 mm olan ve ucu yuvarlatılmış düz  ubuk.

– Prizmatik (kare kesitli) sıkıştırma çubuğu:  elikten yapılma, yaklaşık olarak en kesiti 25 mm x 25 mm ve uzunluğu 380 mm olan düz  ubuk.

**6.5.3.4 Kollu veya göstergeli terazi,** sıkı tırılmı  beton kütlesini, kütlenin % 0,1'i kadar doğrulukla tayin etmeye uygun olan.

**6.5.3.5 Düz kenarlı master,**  elikten yapılmış, deneyde kullanılan kabın üst yüzünün en büyük i  ölçüsünden en az 100 mm daha uzun olan.

**6.5.3.6 Kepçe,** yaklaşık olarak 100 mm genişlikte olan.

**6.5.3.7  elik mala veya perdah malası,** ikişer adet.

**6.5.3.8 Tekrar karıştırma kabı,** su emmeyen ve  imento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikte malzemeden yapılmış, rijit yapılı, düz tepsi. Tepsi  l  leri, kare a ızlı kürek kullanılarak, betonun tamamıyla tekrar karı tırılmasına uygun olmalıdır.

**6.5.3.9 Kürek,** kare a ızlı olan.

**6.5.3.10 Tokmak**

**6.5.3.11 Cam levha**

### 6.5.4 Numune alma

Beton numunesi TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır. Deney uygulanmadan önce beton numune, tekrar karıştırma kabı içerisinde kare a ızlı kürek kullanılarak yeniden karı tırılmalıdır.

### 6.5.5 işlem

#### 6.5.5.1 Kap hacminin belirlenmesi

Kap hacmi(V), aşağıda tarif edilen şekilde belirlenmelidir.

Boş kap ve cam levha % 0,1 doğrulukla tartılır ve ölçülen kütleleri kaydedilir.

Kap yatay bir yüzeye yerleştirilir ve (20 ± 5)  C sıcaklıktaki su ile su, kabın üst kenarlarından ta ıncaya kadar doldurulur. Cam levha, altında herhangi hava bo lu u kalmayacak şekilde sürülerek kap üzerine yerleştirilir.

Kap, içerisindeki su ve üzerindeki cam levha ile birlikte %0,1 doğrulukla tartılır ve ölçülen kütlesi kaydedilir.

Kabı doldurmak için gerekli su kütlesi (kg), 998 kg / m<sup>3</sup> 'e bölünerek kap hacmi hesaplanır.

Kabın hacmi (V), m<sup>3</sup> olarak % 0,1 yaklaşımla gösterilir.

#### 6.5.5.2 Kap kütlesi

Kütlesini ( $m_1$ ) belirlemek üzere, kap tartılır ve elde edilen değer kaydedilir.

#### 6.5.5.3 Kabın doldurulması ve betonun sıkıştırılması

Doldurma ba lı ı kullanılıyorsa, kaba doldurulacak beton miktarı, betonun sıkı tırılmasından sonra başlık içerisinde belirli kalınlıkta beton tabakası kalacak kadar olmalıdır. Bu beton tabakasının

kalınlığı, kap yüksekliğinin % 10 - % 20 arasında olmalıdır. Beton en az iki tabaka halinde yerleştirilerek sıkıştırılır.

#### 6.5.5.4 Betonun sıkıştırılması

##### 6.5.5.4.1 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.

##### 6.5.5.4.2 Mekanik titreşim

###### 6.5.5.4.2.1 iç 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.

###### 6.5.5.4.2.2 Titreşim masası ile sıkıştırma

Titreşim, betonda tam sıkıştırma sağlamaya yeterli olacak en az süre kadar uygulanmalıdır. Tercihen, kap masaya kelepçelenmeli veya sıkıca bastırılarak oynaması önlenmelidir. Sürüklenmiş havanın tahliyesine yol açacak şekilde aşırı vibrasyondan kaçınılmalıdır.

**6.5.5.4.3 El ile sıkıştırma**, daire kesitli çubuk veya prizmatik çubuk ile. Sıkıştırma çubuğu darbeleri, kap 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 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.

##### 6.5.5.5 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.

##### 6.5.5.6 Tartma

Kap, içindkilerle birlikte tartılarak kütlesi belirlenir ( $m_2$ ) ve belirlenen kütle kaydedilir.

#### 6.5.6 Yoğunluğun hesaplanması

Yoğunluk, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır :

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

Burada ;

D : Taze betonun yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$ ,

$m_1$  : Kabin kütlesi, kg,

$m_2$  : Kabin, içerisindeki beton numune ile birlikte toplam kütlesi, kg,

V : Kabin hacmi,  $\text{m}^3$

Taze betonun yoğunluğu, en yakın  $10 \text{ kg/m}^3$  e yuvarlatılarak gösterilmelidir.

## 6.6 HAVA MUHTEVASININ TAYİNİ (TS EN 12350-7)

### 6.6.1 Kapsam

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

### 6.6.2 Prensipler

#### 6.6.2.1 Genel

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.

#### 6.6.2.2 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.

#### 6.6.2.3 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 edilmiştir.

### 6.6.3 Su sütunu metodu

#### 6.6.3.1 Cihazlar

**6.6.3.1.1 Su sütunu ölçer,** Örneği Şekil 1'de gösterilen ve aşağıda verilen kısımlardan meydana gelen:

**a) Kap,** 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. Kabin çevresinde oluşturulan flânşın dış kenarı ve üst yüzü ile silindirik kabin iç yüzü, pürüzsüz olması için tormalanmış olmalıdır. Kap, su sızdırmaz olmalı, ek olarak, kap ve kapak sistemi, yaklaşık 0,1 MPa ( $N/mm^2$ ) deney basıncına uygun olmalı ve basınç genişleme sabiti,  $e'$  nin, bu deney basıncında, hava miktarının % 0,1'ini geçmemesini sağlayacak rijitlikte olmalıdır.

**b) Kapak düzeneği,** flânşlı, rijit, konik ve üst kısmına düşey gözlem borusu eklenmiş olan. Kapak, çelik veya çimento hamurundan kısa sürede etkilenmeyen diğer sert metalden yapılmış olmalı ve kapak iç yüzeylerinin, flânş yüzeyine göre eğimi  $10^\circ$ 'den fazla olmamalıdır. Flânşın dış kenarı ve alt yüzü ile kapağın eğimli iç yüzü, pürüzsüz olması için tormalanmış olmalıdır. Kapakta, silindirik kaba kilitlenebilmesi için kelepçe sistemi bulunmalı, sistem, kilitleme sonrasında kap ve kapak flânşları arasında hava kalmaksızın basınç sızdırmazlık temin etmelidir.

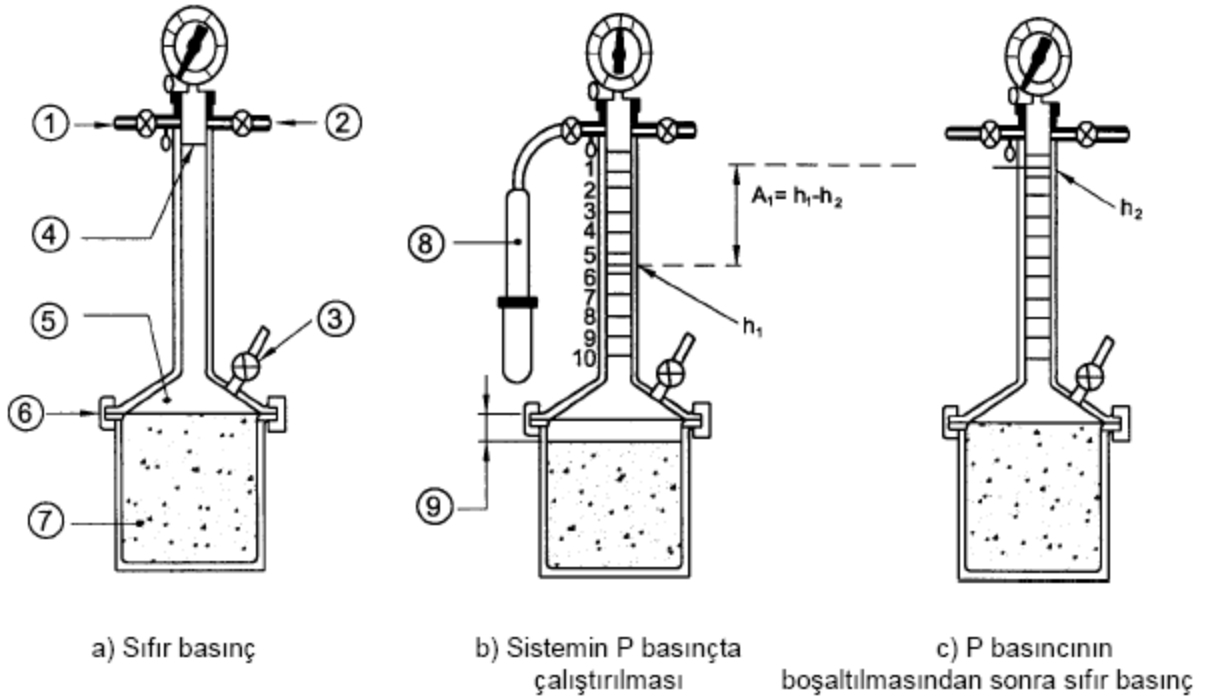
**c) Düşey gözlem borusu,** bölümlenmiş ve iç boşluğu sabit kesitli cam boru veya iç boşluğu sabit kesitli ve cam gösterge monte edilmiş metal boru ihtiva eden. Bölümlenmiş ölçek, % 0' dan, en az % 8'e kadar, tercihan %10'a kadar olan hava miktarını göstermelidir. Ölçek, % 0,1 aralıklarla bölümlenmiş olmalı ve bölüm çizgisi aralıkları 2 mm'den daha küçük olmamalıdır. Ölçekte, 25 mm'lik kısmın %1 hava miktarına tekabül etmesi uygundur.

**d) 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 hücresine bağlanmış basınç göstergesinden (manometre) görülebilmelidir. Basınç göstergesi, 0,005 MPa ( $N/mm^2$ ) aralıklı bölümlenmiş olmalı ve bölüm aralıkları 2 mm'den fazla olmamalıdır. Basınç göstergesinin en yüksek değeri 0,2 MPa ( $N/mm^2$ ) olmalıdır.

**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. Alternatif olarak, kapak düzeneğine sabit şekilde monte edilmiş veya ayrı parça olarak, uygun çaplı, pirinç dağıtma borusu da bu amaçla kullanılabilir. Dağıtma borusu, kaba su ilâve edilmesi esnasında suyun, kapağın kenarlarına doğru püskürtülmesini ve beton numunesini fazla bozmadan aşağı süzülmesini sağlayacak yapıya sahip olmalıdır.

**f) Hava pompası,** kapak düzeneği üzerindeki selenoid hava giriş vanasına kurşun manşonla bağlanmış olan.

Hava ölçer cihaz, deney esnasında, kalibre edilmiş olmalıdır. Cihaz, en son kalibre edildiği yerden, 200 m'den daha fazla yüksekte olan başka bir yere götürülmesi halinde, yeniden kalibre edilmelidir.



Açıklama :

- 1) Selenoid vana
- 2) Hava giriş deliği veya vanası
- 3) Su tahliye vanası
- 4) İşaret
- 5) Su
- 6) Kelepçe
- 7) Beton
- 8) Hava pompası
- 9) Basınç etkisiyle düşmüş seviye

$h_1$  (P basıncında okuma değeri)  
 $h_2$  (P basıncının boşaltılmasından sonra sıfır basınçta okuma değeri)

**Şekil 1** - Su sütunu metodunda kullanılan cihaz

**Not** -  $h_1 - h_2 = A_1$  Şekil 1'de gösterildiği gibi, hava ölçer kabının sadece betonla doldurulması halinde,  $h_1 - h_2 = G$  (Agrega düzeltme kat sayısı), hava ölçer kabının sadece agreg ve su ile doldurulması halinde,  $A_1 - G = A_c$  (Betonun hava miktarı)

**6.6.3.1.2 Beton sıkıştırma cihazları**, aşağıda verilenlerden herhangi birisi olabilir :

- a) İç (daldırma tipi) vibratör, en düşük frekansı yaklaşık olarak 120 Hz (dakikada 7200 devir) olan. Vibratör ucunun çapı, deney numunesinin en küçük boyutunun 1/4 'ünü geçmemelidir.
- b) Titreşim masası, en düşük frekansı yaklaşık olarak 40 Hz (dakikada 2400 devir) olan.
- c) Daire kesitli sıkıştırma çubuğu, çelikten yapılmış, düz, yaklaşık olarak çapı 16 mm, uzunluğu 600 mm olan ve ucu yuvarlatılmış.
- d) Prizmatik (kare kesitli) sıkıştırma çubuğu, çelikten yapılmış, düz, yaklaşık olarak kesit ölçüleri 25 mm X 25 mm ve uzunluğu 380 mm olan.

**6.6.3.1.3 Kepçe**, yaklaşık 100 mm genişlikte olan.

**6.6.3.1.4 Mala veya perdah malası**, iki adet.

**6.6.3.1.5 Tekrar karıştırma kabı**, su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikle malzemeden yapılmış, sert, düz tepsi. Tepsi ölçüleri, kare ağızlı kürek kullanılarak, betonun tamamıyla tekrar karıştırılmasına uygun olmalıdır.

**6.6.3.1.6 Kürek**, kare ağızlı.

**6.6.3.1.7 Akıtma ağızlı kap**, hava ölçer kabını suyla doldurmak için, kapasitesi 2 L ilâ 5 L arasında olan.

**6.6.3.1.8 Tokmak**, kütlesi yaklaşık olarak 250 g ve yüzeyi yumuşak tabakayla kaplanmış olan.

### 6.6.3.2 İşlem

#### 6.6.3.2.1 Numune alma

Beton numunesi, TS EN 12350 -1'a uygun olarak alınmalıdır. Deney uygulanmadan önce beton numune, tekrar karıştırma kabı içerisinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır.

#### 6.6.3.2.2 Kabin doldurulması ve betonun sıkıştırılması

Beton, hava ölçer kabına, mümkün olduğu kadar içerisinde hapsolmuş hava kalmayacak şekilde kepçe ile doldurulmalıdır. Beton, kap içerisinde, yaklaşık eşit kalınlıkta üç tabaka halinde yerleştirilmelidir. Her beton tabakası, kap içerisinde konulduktan hemen sonra, ayrışma ve yüzeyde aşırı miktarda şerbet toplanmaması şartıyla tam sıkışma elde edilinceye kadar sıkıştırılmalıdır. Tabakalar, aşağıda tarif edilen metotlardan herhangi birisi kullanılarak sıkıştırılmalıdır.

**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.

#### 6.6.3.2.3 Mekanik vibrasyon

##### 6.6.3.2.3.1 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 1** - Hava ölçer kabına zarar verilmemesi için gerekli itina gösterilmelidir. Vibratör ucu beton içerisinde düşey konumda bulunmalı ve kabin tabanı ile yan yüzlerine temas etmesine izin verilmemelidir. Doldurma başlığı kullanılması önerilir.

**Not 2** - Lâboratuvarda yapılan deneyler, hava sürüklenmiş betonlara iç vibrasyon uygulanırken, sürüklenmiş hava miktarında kayba yol açılmaması için özel itina gösterilmesi gerektiğini göstermiştir.

##### 6.6.3.2.3.2 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.

##### 6.6.3.2.3.3 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 kabin dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulmalıdır.

##### 6.6.3.2.3.4 Hava muhtevasının 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 ağızı açık tutularak, fazla su, küçük vanadan tahliye edilmek suretiyle sıfıra getirilir. Hava giriş ağızı kapatılır ve deney (işletme) 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.

#### 6.6.4 Sonuçların hesaplanması ve gösterilmesi

Deney uygulanan taze beton numunesinin hava muhtevası,  $A_c$  , aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$A_c = A_1 - G$$

Burada ;

$A_1$  : Deney uygulanan taze beton numunesinin görünür hava miktarı,

$G$  : Agregada düzeltme kat sayısı

Hava muhtevası yüzde olarak, % 0,1 yaklaşımla gösterilmelidir.

#### EK-A

#### Agregada düzeltme katsayısı - Su sütunu metodu

##### A.1 Genel

Agregada düzeltme katsayısı, her farklı agregada için farklıdır ve belirli bir agregada için katsayı, makul biçimde sabit olmasına rağmen, zaman zaman kontrol edilmelidir. Agregada düzeltme katsayısı, sadece deneyle belirlenebilir. Katsayı, agregada tanelerinin su emme oranıyla doğrudan ilişkili değildir.

##### A.2 Agregada numune büyüklüğü

Agregada düzeltme katsayısı, beton içerisinde bulunduğu rutubet ve karışım oranlarına yaklaşık olarak sahip olan iri ve ince agregada karışımlarına, deney basıncı uygulanarak belirlenir. Agregada numunesi, hava miktarı tayini deneyinden çıkan taze betonun, 150 µm göz açıklıklı elek üzerinde yıkanması veya iri ve ince agreganın betonda kullanılan oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. İkinci işlemin uygulanması durumunda, kullanılacak ince ve iri agregada kütlesi,  $m_f$  ve  $m_c$  aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanır :

$$m_f = V_0 D p_f$$

$$m_c = V_0 D p_c$$

Burada;

$p_f$  ve  $p_c$  : Sırasıyla, ince ve iri agregaların, betonun toplam kütlesine (agregalar, çimento ve su kütleleri toplamı) göre kütlece oranları,

$V_0$  : Kabın hacmi ( $m^3$ ) (Madde C.3),

$D$  : Deney uygulanan betonun yoğunluğu ( $kg/m^3$ ). Betonun yoğunluğu, TS EN 12350-6 ya göre deneyle belirlenebilir veya bilinen bileşen oranları ve yoğunluklar ile anma hava muhtevası kullanılarak hesaplanabilir.

##### A.3 Kabın doldurulması

Cihazın kap kısmı, kısmen su ile doldurulur ve karışık agregada numunesi, kap içerisine küçük bir kaşıkla doldurulur. Bu işlem, tane aralarında, mümkün olduğu kadar az hava kalması sağlanacak tarzda yapılır. Gerekli olması durumunda, tüm agregaların su ile kaplanması sağlanacak şekilde su ilâve edilir. Her kaşık agreganın ilâve edilmesinden sonra oluşan herhangi köpük dikkatlice alınır ve agregada şişleme çubuğu ile karıştırılır, ardından kabın dış yüzlerine tokmakla vurularak agregada içerisindeki hava kabarcıklarının tamamen çıkması sağlanır.

##### A.4 Agregada düzeltme katsayısının belirlenmesi

Agreganın tamamının kap içerisine yerleştirilmesinden sonra, kabın ve kapak düzeneğinin flâşları silinerek temizlenir ve kapak kelepçelenerek kapatılır. Cihaz su ile doldurulur ve cihazın dışına tokmak ile hafifçe vurularak, iç yüzeylerinde kalan hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. Hava vanası açık tutularak, küçük su tahliye vanası yardımıyla, düşey ölçme borusu içerisindeki su seviyesi sıfıra ayarlanır. Hava vanası kapatılır ve deney basıncı,  $P$ , hava pompası yardımıyla uygulanır. Ölçme borusunda okunan değer  $h_1$ , kaydedilir, basınç boşaltılır ve ikinci okuma değeri  $h_2$ , kaydedilir.

Aynı işlemler bir kez daha yapılır ve ikinci değer grubu  $h_3$  ve  $h_4$  elde edilir.  $(h_1 - h_2)$  ve  $(h_3 - h_4)$  değerlerinin ortalaması alınarak agregada düzeltme kat sayısı  $G$ , hesaplanır. Ancak  $(h_1 - h_2)$  ve  $(h_3 - h_4)$  değerlerinin, hava miktarının % 0,1'inden daha fazla sapma göstermesi halinde, birbiriyle uyumlu sonuçlar elde edilinceye kadar deney tekrarlanır.

## EK-C

### Cihazın kalibrasyonu - Su sütunu metodu

#### C.1 Genel

**C.1.1** Madde C.3, Madde C.4, Madde C.5 ve Madde C.6' da tarif edilen kalibrasyon deneyleri, cihazın kullanılmaya başlandığında yapılan ilk kalibrasyonda ve daha sonraki herhangi bir zamanda, ayarlanmış silindir veya kabın hacminde değişme meydana gelip gelmediğinin kontrolü için, gerektiği hallerde yapılır. Madde C.7 ve Madde C.8.de tarif edilen kalibrasyon deneyleri ise, kullanılan deney basıncının uygunluğunu kontrol için gerekli sıklıkta yapılmalıdır. Rakımı, son kalibre edildiği yerden 200 metreden daha fazla olan bir yere taşınması durumunda cihaz, yeniden kalibre edilmelidir.

#### C.2 Cihazlar

**C.2.1 Kalibrasyon silindiri**, pirinç veya korozyona dayanıklı diğer metalden yapılmış, hacmi yaklaşık olarak 0,3 litre olan. Silindirin uç kısmı, boyuna eksene dik ve tornalanarak pürüzsüzleştirilmiş olmalıdır.

**C.2.2 Mesnet**, kalibrasyon silindiri için, korozyona dayanıklı malzemeden yapılmış ve silindire ters konumda iken, su giriş ve çıkışı sağlamak için.

**C.2.3 Yay** veya benzeri parça, kalibrasyon silindirini yerinde tutabilmek için korozyona dayanıklı malzemeden yapılmış olan.

**C.2.4 Saydam plâkalar**, kalibrasyon silindirini kapamak için bir adet ve hava ölçer kabını kapamak için bir adet.

**C.2.5 Terazî**, bir kilogram kapasiteli ve deneyde kullanılan tartım aralığında  $\pm 0,5$  g yaklaşımla tartmaya uygun, 20 kilogram kapasiteli ve deneyde kullanılan tartım aralığında  $\pm 5$  g yaklaşımla tartmaya uygun olmak üzere iki adet.

#### C.3 Kalibrasyon silindirinin kapasitesi

Kalibrasyon silindirinin kapasitesi, silindiri doldurmak için gerekli su kütlesi, bir kilogram kapasiteli terazî ile ölçülerek belirlenir. Bu amaçla darası tartılmış silindir, ortam sıcaklığındaki ( $15^{\circ}\text{C}$  ilâ  $25^{\circ}\text{C}$  arasındaki) su ile doldurulur ve su dolu silindirin üzerine, kütlesi daha önce belirlenmiş saydam plâka, altında hava boşluğu kalmayacak şekilde sürülerek yerleştirilir. Silindirin içerisindeki su ve üzerindeki saydam plâka ile birlikte toplam kütlesi tartılmadan önce taşan fazla su silinerek temizlenmelidir. Bu işlem, silindir su ile dolu ve üzerinde saydam plâka bulunur durumda iken üç tartım sonucu elde edilinceye kadar tekrar edilir. Silindiri tam olarak dolduran ortalama su kütlesi  $m_1$ , hesaplanıp en yakın 0,5 g'a yuvarlatılarak kaydedilir.

#### C.4 Hava ölçer kabının kapasitesi

Hava ölçer kabının kapasitesi, kabı doldurmak için gerekli su kütlesi, 20 kilogram kapasiteli terazî ile ölçülerek belirlenir. Bu amaçla darası tartılmış kabın flânş üst yüzeyi hafifçe yağlanır ve kap, ortam sıcaklığındaki ( $15^{\circ}\text{C}$  ilâ  $25^{\circ}\text{C}$  arasındaki) su ile doldurulur. Su dolu kabın üzerine kütlesi daha önce belirlenmiş saydam plâka, altında hava boşluğu kalmayacak şekilde sürülerek yerleştirilir. Kabın, içerisindeki su ve üzerindeki saydam plâka ile birlikte toplam kütlesi tartılmadan önce taşan fazla su silinerek temizlenmelidir. Bu işlem, kap su ile dolu ve üzerinde saydam plâka bulunur durumda üç tartım sonucu elde edilinceye kadar tekrar edilir. Kabı tam olarak dolduran ortalama su kütlesi  $m_2$ , hesaplanıp en yakın 5 g'a yuvarlatılarak kaydedilir.

#### C.5 Basınç nedeniyle genleşme katsayısı, e

Cihazın, basınç nedeniyle genleşme katsayısı, hava boşluğu kalmayacak şekilde, sıfır göstergesine kadar su ile doldurulduktan sonra cihaza, 100 kPa hava basıncı uygulanması yoluyla belirlenir. Basınç uygulanmasından sonra, su sütunundan okunan değer (hava yüzdesi), cihazın basınç nedeniyle genleşme katsayısı, e'dir.

**Not** - Aslında bu işlemde, Madde C.8'e uygun olarak tayin edilen P deney basıncı uygulanmalıdır. Ancak, e değerinin, kalibrasyon kat sayısı K yoluyla belirlenecek P basıncına ihtiyaç duyması nedeniyle, uygun bir kapalı işlem döngüsü vardır. e'nin değerinde, P'deki değişim nedeniyle uygulamada meydana gelen farklılık ihmal edilebilir mertebededir. Yaygın kullanıldığı gibi P'nin 100 kPa seçilmesi, bu problemi ortadan kaldırmak içindir. Bu P değerinin kullanılması, e değerinin bu deney için yeterli doğrulukta olmasını sağlar.

#### C.6 Kalibrasyon katsayısı, K

Kap, rutin kalibrasyon işlemi esnasında, su ile tam dolu haldeyken, hava miktarı gösterge bölümlerinin, kalibrasyon silindiri ile kap içerisinde oluşturulan hava yüzdesine tam tekabül etmesi için gerekli olan ölçme basıncını elde etmek üzere, hava miktarı skalasından okunması gereken değerdir. K kat sayısı genellikle aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır :

$$K = 0,98 R + e$$

Burada;

e : Basınç genleşme kat sayısı (Madde C.5)

R : Kalibrasyon silindirinin, aşağıda verilen eşitlikle hesaplanan ve kap hacminin oranı olarak gösterilen kapasitesidir :

$$R = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (\%)$$

**Not** - Kalibrasyon kabı içerisindeki havanın, hava ölçer kabındaki su ile aynı derinlikteki su tarafından yapılan basınçla sıkışması sonucunda, hacmindeki azalma için düzeltme kat sayısı olarak 0,98 kullanılır. Bu kat sayısı, deniz seviyesinde ve 200 mm derinlikteki kap için yaklaşık olarak 0,98'dir. Kat sayısı değeri, deniz seviyesinden yaklaşık olarak 1500 m yükseklikte, 0,975 ve 4000 m yükseklikte 0,970'e düşer. Kat sayısı değeri, kap derinliğindeki her 100 mm artış için yaklaşık olarak 0,01 azalır. Bu nedenle 0,98 R terimi, kalibrasyon kabının, normal kullanım şartlarındaki etkili hacmini temsil eder ve kap hacminin oranı olarak gösterilir.

#### **C.7 Gerekli deney basıncı**

Kalibrasyon silindirinin mesneti, temizlenmiş kabın tabanına merkezlenerek konulur ve silindir, mesnet üzerine, ağız kısmı aşağıya gelecek şekilde yerleştirilir. Helezonik yay, silindirin üzerine yerleştirilir ve kapak düzeneği dikkatlice yerleştirilerek kaba kelepçelenir. Cihaz, ortam sıcaklığındaki su ile, hava miktarı göstergesindeki sıfır seviyesinin biraz üzerine kadar doldurulur. Hava vanası kapatılır ve cihaz içerisine, yaklaşık deney basıncına (yaklaşık 100 kPa) ulaşmaya kadar hava pompalanır. Cihazın iç yüzeylerinde kalan hava kabarcıklarını mümkün olduğu kadar çıkartmak için kapağın yan kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulur ve vana açılarak, basınç kademeli şekilde düşürülür.

Konik kapakta bulunan küçük su vanası kullanılarak, su seviyesi, tam sıfır çizgisine getirilir ve hava vanası kapatılır. Su seviyesi göstergesi, kalibrasyon kat sayısı K'ya (Madde C.6) gelinceye kadar pompa yardımıyla basınç uygulanır. Basınç göstergesinden okunan değer P, kaydedilir. Basınç, hava vanası yardımıyla gösterge sıfır'a düşüncüye kadar boşaltılır. Su seviyesi, % 0,05 hava miktarı değerinden daha küçük değere geri dönerse P, deney basıncı olarak belirlenir. Su seviyesi, % 0,05 hava miktarı değerinden daha küçük değere geri dönmezse, cihazda sızma olup olmadığı kontrol edilir ve işlem tekrarlanır.

#### **C.8 Alternatif deney basıncı**

Belirli bir cihaz kullanılarak ölçülen hava miktarının ölçüm aralığı, uygun alternatif deney basıncı belirlenerek genişletilebilir. Örnek olarak, ölçüm aralığının iki katına çıkartılması için, alternatif deney basıncı P1, cihazda , kalibrasyon okuması K 'nın (Madde C.6) yarısına tekabül eden değer olmalıdır. Hatasız kalibrasyon için, basınç genleşme kat sayısı, e'nin (Madde C.5), azaltılmış deney basıncı için belirlenmesi gereklidir. Ancak, normal şartlarda, basınç genleşme kat sayısındaki değişimin ihmal edilebilmesi nedeniyle, alternatif deney basıncı, normal deney basıncı tayini esnasında belirlenebilir.



# **BÖLÜM 7**

## **SERTLEŞMİŞ BETON DENEYLERİ**



## SERTLEŞMİŞ BETON DENEYLERİ:

### 7.1 SERTLEŞMİŞ BETON DENEY NUMUNELERİNDE BASINÇ DAYANIMININ TAYİNİ (TS EN 12390-3)

#### 7.1.1 Kapsam

Bu deney, sertleşmiş beton deney numunelerinde basınç dayanımı tayini için yapılır.

#### 7.1.2 Prensi

Numuneler, TS EN 12390-4'e uygun basınç deney makinasında kırılıncaya kadar yüklenir. Numunenin taşıyabildiği en büyük yük belirlenerek beton basınç dayanımı hesaplanır.

#### 7.1.3 Cihazlar

Basınç deney makinası, TS EN 12390-4'e uygun olan.

#### 7.1.4 Deney numuneleri

##### 7.1.4.1 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. Deney numunesi boyutlarının TS EN 12390-1'de verilen boyut toleranslarına uygun olmaması halinde, bu numuneler, Ek B'de verilen işleme göre deneye tâbi tutulabilirler.

Hasar görmüş veya şerbet sızmasından dolayı yüzü aşırı şekilde boşluklu (bal peteği görünümde) olan numuneler deneyde kullanılmamalıdır.

##### 7.1.4.2 Deney numunesinin şekil veya boyutlarının düzeltilmesi

Deney numunesinin şekil veya boyutlarının TS EN 12390-1'de verilenlere, toleransları aşması nedeniyle uygun olmaması halinde, bu numuneler rededilmeli, boyutları düzeltilmeli veya Ek B'ye uygun olarak deneye tâbi tutulmalıdır.

Numune boyutlarının düzeltilmesinde Ek A'da verilen metotlardan herhangi birisi kullanılmalıdır.

#### 7.1.5 İşlem

##### 7.1.5.1 Numunenin hazırlanması ve yerleştirilmesi

Numune, deney makinasına yerleştirilmeden önce, yüzeyindeki fazla su kurulanır.

Deney makinası yükleme başlıklarının yüzeyleri silinerek temizlenir ve numunenin başlıklarla temas edecek yüzeylerinde bulunan herhangi gevşek çıkıntı veya tane alınır.

Deney numunesi ve deney makinasının yükleme başlığı arasında, aralık ayarlama blokları (TS EN 12390-4) ve ilâve plâkalardan başka yerleştirme parçası kullanılmamalıdır.

Küp numuneler, yük uygulama yönü beton döküm yönüne dik olacak konumda yerleştirilmelidir.

Numuneler, makinanın alt yükleme başlığı üzerine merkezlenerek yerleştirilmelidir. Küp numuneler, belirtilmiş boyutunun veya silindir numuneler, belirtilmiş çapının  $\pm \%1$ 'i doğrulukla merkeze yerleştirilmelidir.

İlâve yükleme plâkaları kullanılıyorsa bunlar, numunenin alt ve üst yüzeylerine göre ayarlanmalıdır.

Kullanılan deney makinası iki kolonlu ise, küp numuneler, mastarlanmış yüzeyi kolona bakacak şekilde yerleştirilmelidir.

##### 7.1.5.2 Yükleme

0,2 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>.s) - 1,0 MPa /s (N/mm<sup>2</sup>.s) arasında sabit bir yükleme hızı seçilmelidir. Yük, numuneye, darbe tesiri olmaksızın, seçilen hızdan sapma,  $\pm \%10$ 'u geçmeyecek şekilde, en büyük yüke ulaşıncaya kadar sabit hızda uygulanmalıdır. Göstergeden okunan en büyük yük kaydedilmelidir.

##### 7.1.5.3 Kırılma tipinin belirlenmesi

Deneyin tatmin edici doğrulukta yapıldığının göstergesi olan numune kırılma tipine örnekler; küp numuneler için Şekil 1'de, silindir numuneler için ise Şekil 3'te gösterilmiştir.

Tatmin edici olmayan numune kırılma tiplerine ait örnekler ise, küp numuneler için Şekil 2'de ve silindir numuneler için Şekil 4'te gösterilmiştir.

Kırılma şeklinin tatmin edici olmaması halinde bu durum, kırılmış numunenin gözlenen durumu, Şekil 2 veya Şekil 4'te verilenlerden en fazla hangisine benziyorsa, o tipe atıfta bulunularak kaydedilmelidir.

Tatmin edici bulunmayan kırılma şekli, aşağıda verilenler nedeniyle meydana gelmiş olabilir:

- Deney işlemlerinde yeterli itina gösterilmemesi, özellikle numunenin yükleme başlığına merkezî şekilde yerleştirilmemesi,
- Deney makinasının kusurlu olması,
- Silindirik numunelerde, beton numune kırılmadan önce, başlıkta meydana gelen çatlama veya kırılma.

#### 7.1.6 Sonuçların gösterilmesi

Basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Burada;

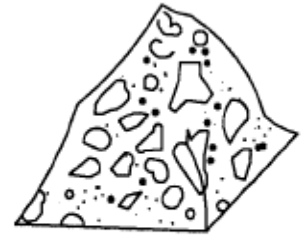
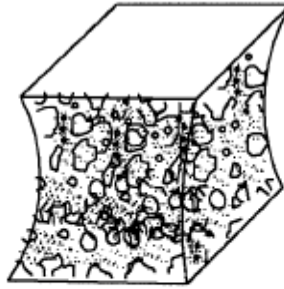
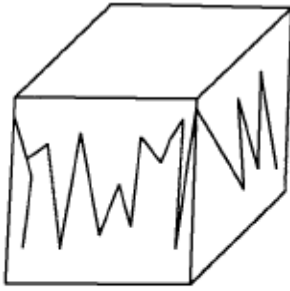
$f_c$  Basınç dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),

$F$  Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N,

$A_c$  Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm<sup>2</sup>.

Bu alan, numunenin belirtilen ölçüleri kullanılarak (TS EN 12390-1) veya Ek B'de verilen işlemlerle, numune üzerinde ölçülen gerçek boyutlar kullanılarak hesaplanır.

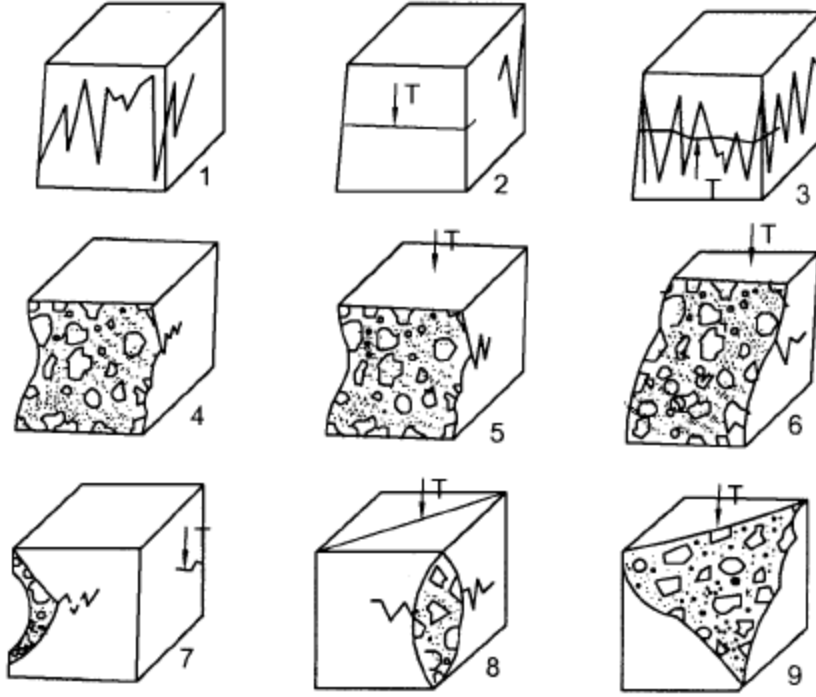
Basınç dayanımı, en yakın 0,5 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'ye yuvarlatılarak gösterilmelidir.



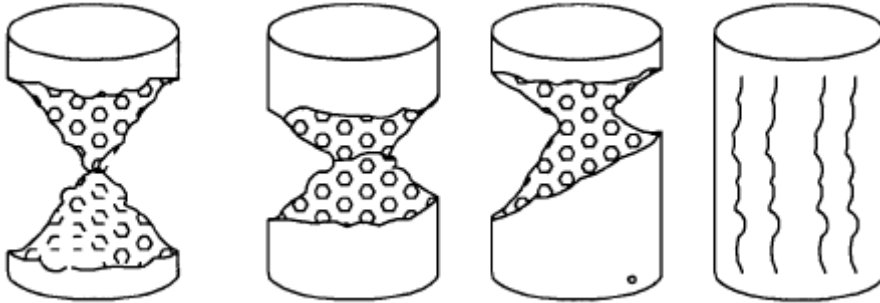
Patlayarak kırılma

**Not -** Numunenin açıktaki dört yüzü de yaklaşık olarak eşit şekilde çatlamış, yükleme başlıklarına temas eden yüzeylere doğru, genellikle çok küçük hasar oluşmuştur.

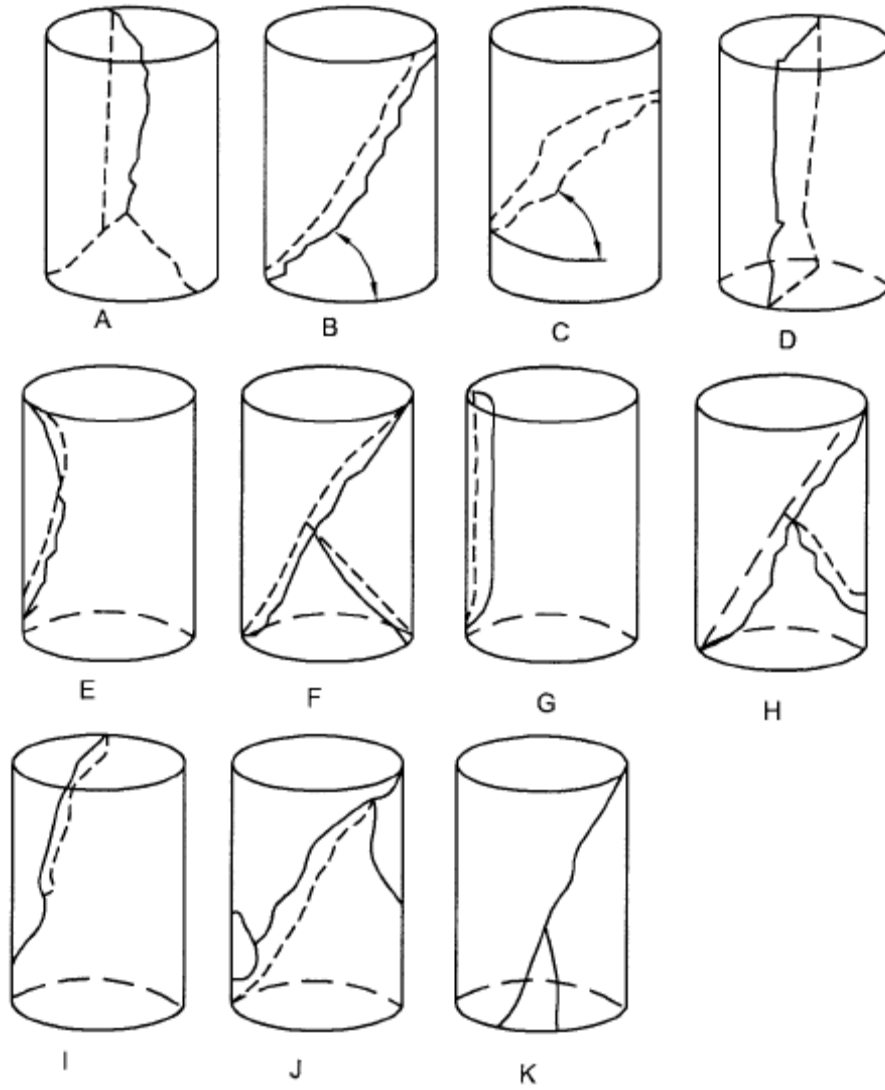
**Şekil 1** - Küp numunelerin tatmin edici kırılma şekilleri



**Not - T = Çekme gerilmesi nedeniyle çatlak**  
**Şekil 2 - Küp numunelerin tatmin edici olmayan bazı kırılma şekilleri**



**Şekil 3 - Silindir numunelerin tatmin edici kırılma şekilleri**



**Şekil 4** - Silindir numunelerin tatmin edici olmayan bazı kırılma şekilleri

#### **EK-A**

##### **Deney numunelerinin düzeltilmesi**

Deney numunesi boyutlarının küçültülmesi gerekiyorsa, numune aşındırılmalı veya kesilmelidir. Deney numunesinin yük uygulanacak yüzeyleri, aşındırma veya başlıklama yoluyla hazırlanmalıdır (Çizelge 52).

**Çizelge-52** - Düzeltme metodunun kullanım sınırları

| Metot                             | Beklenen dayanım değerine göre sınırlama            |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Aşındırma                         | Sınırsız                                            |
| Kalsiyum alüminatlı çimento harcı | Yaklaşık 50 MPa (N/mm <sup>2</sup> ) dayanıma kadar |
| Kükürt karışımı                   | Yaklaşık 50 MPa (N/mm <sup>2</sup> ) dayanıma kadar |
| Kum kutusu                        | Sınırsız                                            |

Anlaşmazlık durumunda, aşındırma işlemi referans metot olarak kullanılmalıdır.

##### **A.1 Aşındırma**

Aşındırma işlemine tâbi tutulacak olan ve su içerisinde kür edilen numuneler, işlemten en fazla 1 saat önce sudan çıkartılmalı ve daha sonraki aşındırma işlemine veya deneye tâbi tutulmadan önce en az 1 saat süreyle tekrar su içerisinde tutulmuş olmalıdır.

## A.2 Başlıklama: Kükürt karışım metodu

Başlıklama öncesinde, numunenin başlık yapılacak yüzeyleri kuru ve temiz olmalı, yüzeylerdeki bütün gevşek parçacıklar uzaklaştırılmış olmalıdır.

Başlık, mümkün olduğu kadar ince olmalı, kalınlığı 5 mm'yi geçmemelidir. Ancak küçük mertebede bölgesel kalınlık sapmalarına izin verilebilir.

Hazır kükürt karışımlar genellikle uygundur. Alternatif olarak, başlık malzemesi, kütlece eşit oranda kükürt ve silisli ince kumun (çoğunluğu, ISO 3310-1'e uygun 250 µm göz açıklıklı örgülü elekten geçen ve 125 µm göz açıklıklı örgülü elekte kalan) karıştırılmasıyla hazırlanabilir. Karışıma, % 2'ye kadar küçük oranlarda karbon siyahı da ilâve edilebilir.

Karışım, tedarikçinin önerdiği veya gerekli kıvamın sağlandığı sıcaklığa kadar, sürekli karıştırılarak ısıtılır.

Gerekli sıcaklığa ulaştıktan sonra da karışım, homojenliğinin sağlanması ve eritme potasının tabanında katı birikiminin önlenmesi için sürekli olarak karıştırılmalıdır.

**Not 1-** Eritme potasındaki karışım seviyesinin çok aşağıya düşmesine izin verilmemelidir. Aksi takdirde, tutuşabilecek kükürt buharı oluşması tehlikesi vardır.

**UYARI** - Kükürt eritme işlemi esnasında, havadan daha ağır olan kükürt buharının tam olarak atılmasını sağlayacak aspiratör sistemi çalıştırılmalıdır. Çevre kirlenmesi tehlikesini azaltmak üzere, kükürt karışım sıcaklığının belirli sınırlar içerisinde tutulması için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Numunenin alt yüzeyi, yatay plâka/kalıp üzerindeki, erimiş kükürt karışımıyla dolu çukura , numune düşey konumda kalacak şekilde yerleştirilir. Aynı işlem karışım yeterli sertliğe ulaşmaya kadar bekletildikten sonra, üst yüzeye de uygulanmalıdır. Başlıklanmış her iki yüzeyin de birbirine paralel kalmasını sağlamak üzere, başlıklama çerçevesi kullanılmalı ve plâka/kalıp yüzeyine, kalıp ayırıcı olarak madenî yağ sürülmelidir.

**Not 2** - Numune kenarlarından taşan fazla başlık malzemesi tıraşlanarak temizlenmelidir.

Numunenin her iki uç yüzeyine yapılan başlıkların, numune yüzeyine tam olarak yapışıp yapışmadığı kontrol edilmelidir. Yapılan muayenede, başlıktan, başlık altında boşluk olduğunu belirten ses gelmişse, başlık sökülmeli ve numune yeniden başlıklanmalıdır.

En son başlık yapıldıktan sonra, basınç dayanımı deneyi yapılmaya kadar en az 30 dakika geçmiş olmalıdır.

## EK-B

**Ölçüleri, TS EN 12390-1'de verilen standard boyut toleransları dışında olan deney numunelerinin deneye tâbi tutulması için uygulanacak işlem**

### B.1 Prensip

Basınç dayanımı tayini deneyinden önce, deney numunesinin boyutları farklı yerlerden ölçülür ve ortalama değer hesaplanır. Bu ortalama değer kullanılarak, numunenin yükleme yönüne dik ortalama en kesit alanı hesaplanır.

### B.2 Cihazlar

Kumpas ve cetveller: Numune boyutlarını, boyutun % 0,5'i doğrulukla ölçmeye yeterli olan.

### B.3 İşlem

#### B.3.1 Küp numuneler

**B.3.1.1** Üç asal eksen (x,y,z) doğrultusundaki boyutların her birisi için, boyutun % 0,5 doğrulukla üç ölçüm yapılır (Şekil B.1 ve Şekil B.2). Herhangi bir boyutun, belirtilen standard boyuttan % 2 veya daha fazla sapma göstermesi (eksik veya fazla olması) halinde numune rededilir veya Ek A'da tarif edildiği şekilde düzeltilir.

**B.3.1.2** Yükleme yüzeylerinde, her bir doğrultuda ölçülen altı değerlerin ortaması ( $x_m$ ,  $y_m$ ) hesaplanır ve boyutun %0,5'ine yuvarlatılarak gösterilir.

**B.3.1.3** Küp numune yükleme yüzeyinin ortalama alanı,  $A_c = x_m \cdot y_m$  olarak hesaplanır ve alanın %1'ine kadar yuvarlatılarak gösterilir.

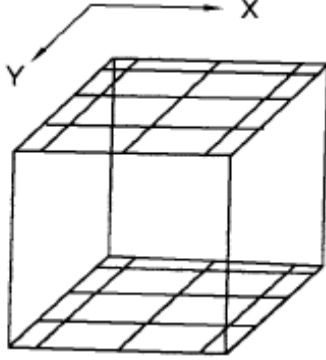
#### B.3.2 Silindir veya karot numuneler

**B.3.2.1** Silindir veya karotun her iki yükleme yüzeyinde, birbirine yaklaşık 60° açı teşkil eden üç doğrultudaki çap, % 0,5 doğrulukla ölçülür (Şekil B.3). Silindir veya karot numunenin yüksekliği, aralarında yaklaşık 120° olan üç yerden, % 0,5 doğrulukla ölçülür (Şekil B.4). Herhangi bir boyutun, belirtilen standard boyuttan % 2 veya daha fazla sapma göstermesi (eksik veya fazla olması) halinde numune rededilir veya Ek A'da tarif edildiği şekilde düzeltilir.

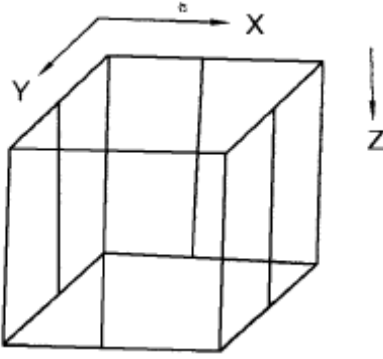
**B.3.2.2** Silindir veya karotun yükleme yüzeylerinin ortalama çapı,  $d_m$ , altı değerin ortalaması alınarak hesaplanır ve boyutun %0,5'ine yuvarlatılarak gösterilir.

**B.3.2.3** Silindir veya karotun yükleme yüzeyinin ortalama alanı,

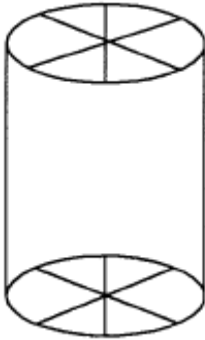
$A_c = \pi \cdot d_m^2 / 4$  olarak hesaplanır ve alanın %1'ine kadar yuvarlatılarak gösterilir.



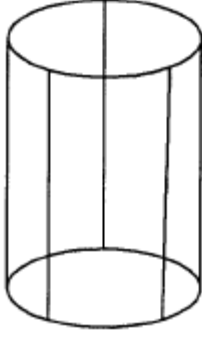
**Şekil B.1** - Noktalı çizgiler, küp numunenin yükleme yüzeylerindeki ölçme yapılacak yerleri göstermektedir.



**Şekil B.2** - Noktalı çizgiler, küp numunenin yükleme yapılmayacak yüzeylerindeki ölçme yapılacak yerleri göstermektedir.



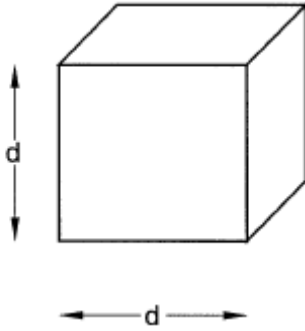
**Şekil B.3** - Noktalı çizgiler, silindir numunenin yükleme yapılacak uç yüzeylerinde ölçme yapılacak yerleri göstermektedir.



**Şekil B.4** - Noktalı çizgiler, silindir numune yüksekliğinin ölçüleceği yerleri göstermektedir.

#### EK-C

**TS EN 12390-1'e göre Sertleşmiş Beton Deney Numunelerin, şekil, boyut ve toleransları:**  
**Küpler:**

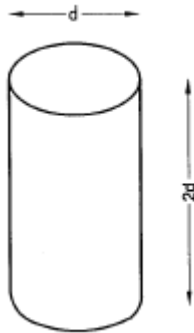


**Şekil 5-** Küp - Anma boyutları

Toleranslar (izin verilen sapmalar )

1. Kalıptan çıkan karşılıklı yüzeyler arasındaki, seçilmiş boyut (d) toleransı,  $\pm \% 0,5$ 'den daha düşük olmalıdır.
2. Perdahlanmış üst yüz ile kalıptan çıkan taban arasındaki, seçilmiş boyut (d) toleransı,  $\pm \%1$ 'den daha düşük olmalıdır.
3. Daha sonra yapılacak deneyde yük uygulanacak olan yüzeylerin düzlükten sapma toleransı,  $\pm 0,006$  d sınırları içerisinde olmalıdır. Burada, d, mm olarak kullanılır
4. Küp yan yüzlerinin, döküm esnasındaki tabana göre diklikten sapması,  $\pm 0,5$  mm'den daha düşük olmalıdır.

**Silindirler:**



**Şekil 6-** Silindir - Anma boyutları

#### Toleranslar

1. Seçilmiş çap (d) toleransı,  $\pm \% 0,5$ 'tir.
2. Daha sonra yapılacak deneyde yük uygulanacak olan yüzeylerin düzlükten sapma toleransı,  $\pm 0,0006 d$ 'dir. Burada, d, mm olarak kullanılır.
3. Yan yüzün, alt ve üst yüzeylere göre diklikten sapması,  $\pm 0,5$  mm'dir.
4. Yükseklik toleransı (2d),  $\pm \% 5$ 'dir.
5. Yarmada çekme dayanımı tayini için kullanılacak numunelerde, silindir doğrultman çizgisinin doğrultudan sapma toleransı,  $\pm 0,2$  mm'dir.

#### Toleransların uygulanması

1. Numunelerin kalıptan çıkan veya aşındırılarak düzeltilen alt ve üst yüzeyleri, toleranslara uygun olmalıdır.
2. Numunelerin, kükürt, yüksek alüminli çimento veya benzeri malzeme ile başlıklanarak düzeltilecek alt ve üst yüzeyleri, başlıklama öncesinde Madde 1'e ve başlıklanma sonrasında Madde 2, Madde 3 ve Madde 4'e uygun olmalıdır.

#### Numunelerde düzlükten sapmanın tayini

Düzlükten sapma, Şekil 7'de daire ve dörtgen şekilli yüzeylerde gösterildiği gibi dört farklı yerde, doğrultudan sapmanın ölçülmesi yoluyla belirlenir.



**Şekil 7** - Daire ve dörtgen şekilli yüzeylerde düzlükten sapma ölçüm yerlerinin gösterimi

## 7.2 SERTLEŞMİŞ BETON DENEY NUMUNELERİNİN EĞİLME DAYANIMININ TAYİNİ (TS EN 12390-5)

### 7.2.1 Kapsam

Bu deney, sertleşmiş beton deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini için yapılır.

### 7.2.2 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.

### 7.2.3 Cihazlar

#### 7.2.3.1 Deney makinası

Deney, TS EN 12390-4'e uygun deney makinası kullanılarak yapılmalıdır.

#### 7.2.3.2 Yük uygulama düzeneği

Yük uygulama düzeneği (Şekil 1) aşağıda verilen kısımlardan meydana gelir:

–İki mesnet silindiri,

–İki yükleme (üst) silindiri. Yükleme silindirleri, makina tarafından uygulanan yükün silindirler arasında eşit paylaştırılmasını sağlayan mafsalı kirişe bağlanmıştır.

Bütün silindirler, çelikten imâl edilmiş olmalı ve çapları 20 mm ilâ 40 mm arasında olmalıdır. Silindirlerin uzunlukları, deney numunesi genişliğinden 10 mm daha fazla olmalıdır. İki adet üst yükleme silindiri dahil olmak üzere, üç adet silindir, eksenleri etrafında serbestçe dönebilir olmalı ve deney numunesi boyuna eksenine dik düzlemde eğilebilir olmalıdır.

Dışta bulunan silindirler arasındaki mesafe (açıklık), L, 3 d'ye eşit olmalıdır. Burada d, numune genişliğidir. İçte bulunan silindirler arasındaki mesafe ise d'ye eşit olmalıdır. İçte bulunan silindirler, Şekil 1'de gösterildiği gibi, dıştaki silindirler arasındaki açıklık üç eşit parçaya bölünecek konumda yerleştirilmelidir. Bütün silindirlerin Şekil 1'de gösterilen konumları,  $\pm 2,0$  mm yaklaşımla ayarlanmalıdır.

### 7.2.4 Deney numuneleri

#### 7.2.4.1 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.

#### 7.2.4.2 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.

### 7.2.5 İşlemler

#### 7.2.5.1 Numunelerin hazırlanması ve yerleştirilmesi

Su içerisinde bekletilen numuneler, deney için sudan çıkartıldıktan sonra, yüzeylerindeki fazla su, deney makinasına yerleştirilmeden önce, silinerek temizlenmelidir. Deney makinesinin tüm yükleme yüzeyleri silinerek temizlenmeli, deney numunesinin, silindirlerin temas edeceği yüzeylerindeki herhangi gevşek tane veya diğer fazlalık malzeme alınmalıdır.

Deney numunesi, makinaya tam merkezlenerek ve numune boyuna eksenine, üst ve alt yükleme silindirleri boyuna eksenine dik açı teşkil eder şekilde yerleştirilmelidir.

#### 7.2.5.2 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. Yük, darbe etkisi oluşturulmadan, seçilen hız  $\pm 1\%$  sapma sınırları içerisinde sağlanarak, numune kırılıncaya kadar, sabit hızda arttırılmak suretiyle uygulanmalıdır.

**Not** - Deney makinası tarafından uygulanması gerekli yükleme hızı, aşağıda verilen eşitlikle bulunur:

$$R = \frac{s \cdot d_1 \cdot d_2^2}{L}$$

Burada;

- R Gerekli yükleme hızı, N/s,  
s Gerilme artış hızı, MPa/s (N/mm<sup>2</sup>/s),  
d<sub>1</sub> ve d<sub>2</sub> Numunenin enkesit boyutları, mm,  
L Mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm

### 7.2.6 Sonuçların gösterilmesi

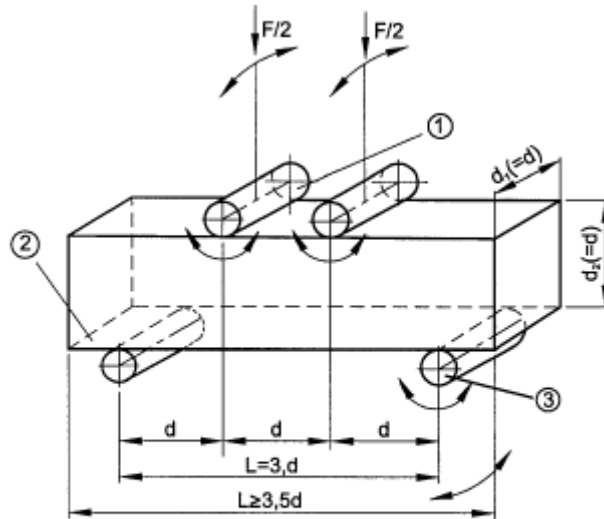
Eğilme dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$f_{cf} = \frac{F \cdot L}{d_1 \cdot d_2^2}$$

Burada;

- f<sub>cf</sub> Eğilme dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),  
F En büyük yük, N,  
L Mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm  
d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> Numunenin en kesit boyutları, mm (Şekil 1), dir

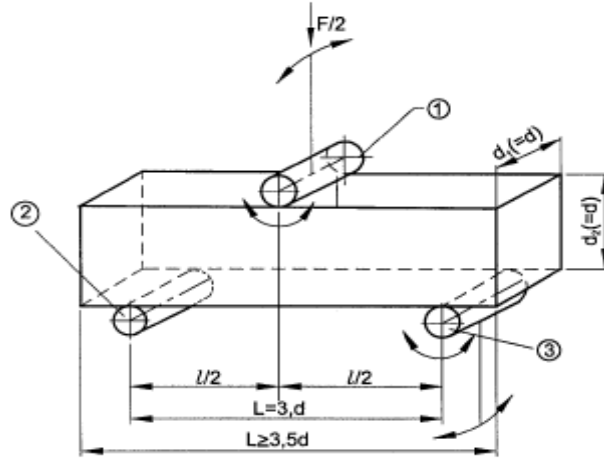
Eğilme dayanımı, en yakın 0,1 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'ya yuvarlatılarak gösterilmelidir.



Açıklama :

- 1 Yükleme silindiri (dönebilen ve yana eğilebilen)
- 2 Mesnet silindiri
- 3 Mesnet silindiri (dönebilen ve yana eğilebilen)

**Şekil 1** - Deney numunesini yükleme düzeneği (iki noktadan yükleme)



Açıklama :

- 1 Yükleme silindiri (dönebilen ve yana eğilebilen)
- 2 Mesnet silindiri
- 3 Mesnet silindiri (dönebilen ve yana eğilebilen)

**Şekil 2 - Deney numunesini yükleme düzeneği (orta noktadan yükleme)**

#### EK-A

##### Orta noktadan yük uygulanarak yükleme

**A.1** Deneyin, numuneye orta noktadan yük uygulanması yoluyla gerçekleştirilmesi durumunda, deney metodu, burada tarif edilen şekilde değiştirilerek uygulanmalıdır.

**Not** - Bu deney metodu, iki noktadan yükleme yoluyla gerçekleştirilen deney metoduna göre daha yüksek eğilme dayanımı değeri verir. EC Ölçme ve Deney Programı tarafından, MAT 1-CT-94-0043 ile bağlantılı şekilde yapılan kıyaslamalı çalışmada, orta noktadan yükleme deneyi ile bulunan sonuçlar, iki noktadan yükleme metoduyla bulunana göre % 13 daha yüksek değer vermiştir.

##### A.2 Yük uygulama düzeneği

Yükleme düzeneği, Şekil 2'de gösterildiği gibi, açıklık ortasına yerleştirilmiş bir adet yük uygulama silindirinden meydana gelir.

Yük uygulama silindiri, dönme serbestliğine sahip olmalıdır.

##### A.3 Yük uygulanması

Yük, iki noktadan yüklemede olduğu şekilde uygulanmalı, ancak yükleme hızı, aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmalıdır.

$$R = \frac{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2 \cdot s}{3 \cdot L}$$

Burada;

- R Gerekli yükleme hızı, N/s,  
s Gerilme artış hızı MPa/s (N/mm<sup>2</sup>/s)  
L Mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm,  
d<sub>1</sub> ve d<sub>2</sub> Numunenin en kesit boyutları, mm (Şekil

##### A.4 Sonuçların gösterilmesi

Eğilme dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$f_{\sigma} = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2}$$

Burada ;

- f<sub>σ</sub> Eğilme dayanımı, MPa ( N/mm<sup>2</sup>),  
F En büyük yük, N,  
L Mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm  
d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> Numunenin en kesit boyutları, mm,

Eğilme dayanımı, en yakın 0,1 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'ye yuvarlatılarak gösterilmelidir.

## 7.3 SERTLEŞMİŞ BETON DENEY NUMUNELERİNİN YARMADA ÇEKME DAYANIMININ TAYİNİ (TS EN 12390-6)

### 7.3.1 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.

### 7.3.2 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.

### 7.3.3 Cihazlar

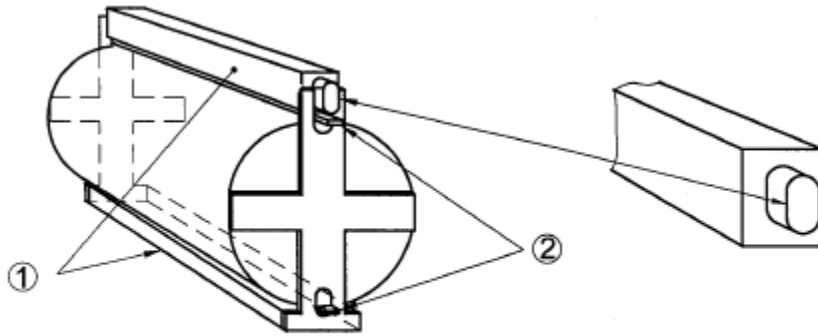
#### 7.3.3.1 Deney makinası, TS EN 12390-4'e uygun olan.

Küp veya prizma şekilli numunelere deney uygulanması esnasında, bilinen düz yükleme plâkaları yerine eğri (yarım daire kesitli) çelik yükleme parçaları kullanılabilir.

**7.3.3.2 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 1'de gösterilmiştir.

**7.3.3.3 Sıkıştırma şeridi,** TS EN 316'ya uygun, yoğunluğu  $\pm 900 \text{ kg/m}^3$  ve genişliği  $(a) = (10 \pm 1) \text{ mm}$ , 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.



Anahtar :

- 1 Çelik yükleme parçası
- 2 Sert mukavvadan sıkıştırma şeridi

**Şekil 1-** Silindir şekilli numunelerin deneyinde kullanılan sabitleme cihazı

### 7.3.4 Deney numuneleri

#### 7.3.4.1 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.

#### 7.3.4.2 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.

#### 7.3.4.3 İşaretleme

Sabitleme 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

### 7.3.5 İşlemler

#### 7.3.5.1 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.

#### 7.3.5.2 Deney numunelerinin yerleştirilmesi

Deney numunesi, tercihan sabitleme cihazı kullanılarak, makinaya 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.

#### 7.3.5.3 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. Yük, sabit hızda artırılarak, darbe etkisi oluşturulmadan, seçilen yükleme hızının  $\pm 1$  sapma sınırları içerisinde kalması sağlanarak, numune kırılıncaya kadar kesintisiz uygulanmalıdır.

**Not** - Deney makinasında uygulanması gerekli yükleme hızı, aşağıda verilen eşitlikle bulunur :

$$R = \frac{s \times \delta}{2 \times L \times d}$$

R Gerekli yükleme hızı, N/s,

L Numune boyu, (Şekil 2) mm,

D Numunenin seçilmiş en kesit boyutu, mm,

s Gerilme artış hızı, MPa/s (N/mm<sup>2</sup>/s), dir.

Deneyde, otomatik kontrollü deney makinesi kullanılması halinde, yükleme hızının sürekli sabit kalıp kalmadığı periyodik olarak kontrol edilmelidir.

Yük göstergesinde ulaşılan en büyük yük kaydedilir.

#### 7.3.6 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,

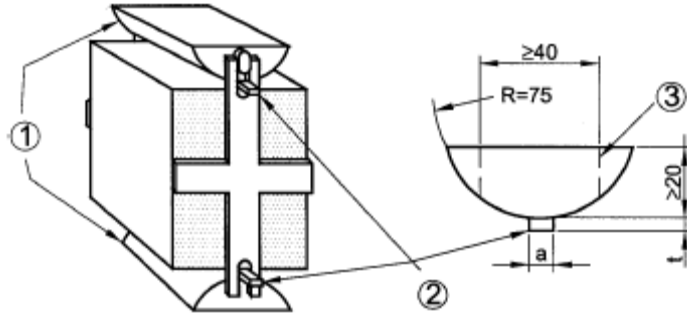
L Numunenin yükleme parçasına temas çizgisi uzunluğu, mm,

d Numunenin seçilen en kesit boyutu, mm

Yarmada çekme dayanımı en yakın 0,05 Mpa (N/mm<sup>2</sup>)'ye yuvarlatılarak gösterilmelidir.

#### Yarmada çekme dayanımının küp veya prizma şekilli numune kullanılarak tayini

Küp veya prizma numuneler, uzunluğu boyunca dar bir alana, basınç yükü uygulanarak yüklenir. Yükleme doğrultusuna dik doğrultuda oluşan çekme kuvveti sonucunda, numunedeki çekme gerilmesi parçalanmaya yol açar.



Açıklama:

- 1 Çelik yükleme parçası
- 2 Sert mukavvadan sıkıştırma şeridi
- 3 Kesilip çıkartılabilecek parça

**Şekil 2** - Eğri yükleme parçası

**Not** - Prizma şekilli beton numunelerde bulunan sonuç, aynı betondan hazırlanmış silindir şekilli numunelerde bulunan sonuçlara göre yaklaşık % 10 mertebesinde daha yüksektir. Deney raporunda, numunenin prizma veya küp şekilli mi olduğu ve numune boyutları raporda belirtilmelidir.

## 7.4 SERTLEŞMİŞ BETONUN YOĞUNLUĞUNUN TAYİNİ DENEYİ (TS EN 12390-7)

### 7.4.1 Kapsam

Bu deney, sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini için yapılır.

### 7.4.2 Prensip

Sertleşmiş beton numunesinin kütlesi ve hacmi tayin edilerek yoğunluğu hesaplanır.

### 7.4.3 Cihazlar

**7.4.3.1 Kumpas ve cetvel**, numune boyutlarını,  $\pm 0,5$  sapma sınırları içerisinde ölçmeye uygun olan.

**7.4.3.2 Terazı**, numuneyi, hem havada ve hem de su içerisinde tartmak için üzengi şekilli numune kefesi olan ve kütleyi, % 0,1 doğrulukla tartabilen.

**7.4.3.3 Su deposu**, depo içerisindeki suyu, sabit seviyede tutmak için düzeneği olan ve kefedeki numuneyi suya, sabit derinlikte, tam olarak batırmak için yeterli büyüklükte olan.

**7.4.3.3 Havalandırılmalı etüv**, sıcaklığı  $(105 \pm 5)$  °C'de sabit tutabilen.

### 7.4.4 Deney numunesi

Deney numunesinin hacmi en az 1 litre olmalıdır. Kalıba dökülerek hazırlanmış numunede, agreganın en büyük anma tane büyüklüğünün 25 mm'den daha büyük olması halinde, numune hacmi 50 D<sup>3</sup>'den daha küçük olmamalıdır. Burada ; D, iri agreganın en büyük anma tane büyüklüğüdür.

Normal şartlardaki yoğunluk 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.

### 7.4.5 Deney işlemleri

#### 7.4.5.1 Genel

##### 7.4.5.1.1 Kütle tayini

Bu standardda, kütlenin belirlenmesi esnasında numunenin bulunabileceği, aşağıda verilen üç durum kabul edilmiştir:

- a) Teslim alındığı (tabii) durum,
- b) Suyu doygun durum,
- c) Etüv kurusu durum.

##### 7.4.5.1.2 Hacim tayini

Bu standardda, numune hacminin tayini için aşağıda verilen üç metot belirlenmiştir:

- a) Su ile yer değiştirme (referans metot),
- b) Numunenin gerçek ölçüleri kullanılarak hesaplama,
- c) 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.

**Not 2** - Belirtilmiş boyutların kontrol edilerek kullanılmasıyla hesaplama metodunun sadece küp numune ile sınırlandırılması, TS EN 12390-1'e göre diğer şekilli numune boylarındaki toleransın daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

##### 7.4.5.2 Teslim alındığı (tabii) durumdaki numune kütlesi

Numune, teslim alındığı durumda, kütlesinin % 0,1'i doğrulukla tartılır ( $m_r$ ). Okunan kütle değeri, kilogram olarak kaydedilir.

##### 7.4.5.3 Suyu doygun durumdaki numune kütlesi

Numune,  $(20 \pm 2)$  °C sıcaklıktaki su içerisine, 24 saat aralıkla yapılan tartımda kütle değişimi % 0,2'den daha az hale gelinceye kadar batırılır. Bu tartımlarda numune yüzeyindeki serbest su silinerek temizlenir. Suyu doygun numune kütlesi ( $m_s$ ), kilogram olarak kaydedilir.

**Not** - Deneyden önce, en az 72 saat süreyle su içerisinde tutularak küre tâbi tutulan numunenin, sabit doygun kütleyle ulaştığı kabul edilir.

##### 7.4.5.4 Etüv kurusu durumdaki numune kütlesi

Numune,  $(105 \pm 2)$  °C sıcaklıktaki hava dolaşımli etüvde, 24 saat aralıkla yapılan tartımdaki kütle değişimi % 0,2'den daha az hale gelinceye kadar tutulur. Daha sonra numuneler her tartımdan önce

oda sıcaklığına gelinceye kadar, kuru, hava sızdırmaz kapalı kap içerisinde veya desikatörde bekletilerek soğutulduktan sonra tartılır. Etüv kurusu numunenin okunan kütlesi ( $m_o$ ), kilogram olarak kaydedilir.

#### 7.4.5.5 Su ile yer değiştirme yoluyla tayin edilen hacim

##### 7.4.5.5.1 Genel

Numune, suya doymuş duruma getirilmelidir.

**Not 1** - Bu metot herhangi bir şekle sahip numunelerin hepsi için uygun olmakla birlikte, düzgün geometrik şekle sahip olmayan numuneler için kullanılacak tek metottur.

##### 7.4.5.5.2 Su içerisindeki kütle

Numunenin su içerisindeki kütlesi, aşağıda verilen işlem kullanılarak belirlenir.

Boş numune kefesini su içerisine tamamen batacak ancak depo tabanına değmeyecek şekilde su deposu, yukarıya kaldırılır. Numune kefesinin görünür kütlesi ( $m_{st}$ ), kilogram olarak kaydedilir.

**Not 1** - Alternatif olarak, kefe su içerisinde iken, terazinin sıfırlama ayarı daha sonra yapılarak kefenin görünür kütlesi dengelenmiş olur.

Numune, terazinin kefesine konur ve su deposu, numune tamamen suya batıncaya kadar yukarı kaldırılır. Numune üzerindeki su derinliği, kefe su içerisinde boş halde tartılırken, kefe üzerindeki su derinliği ile aynı olmalıdır.

**Not 2** - Numune ve terazi kefesinin yan yüzeylerinde hava kabarcıklarının bulunması engellenmelidir.

Suya batırılmış numune ve kefenin toplam görünür kütlesi ( $m_{st} + m_w$ ), kilogram olarak kaydedilir

##### 7.4.5.5.3 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.

##### 7.4.5.5.4 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 <sup>3</sup> ,                                             |
| $m_a$    | numunenin havadaki kütlesi, kg,                                               |
| $m_{st}$ | kefenin su içerisindeki görünür kütlesi, kg,                                  |
| $m_w$    | numunenin su içerisindeki görünür kütlesi, kg,                                |
| $\rho_w$ | suyun 998 kg/m <sup>3</sup> olarak kabul edilen, 20 °C sıcaklıktaki yoğunluğu |

##### 7.4.5.5.5 Ölçümle elde edilen hacim

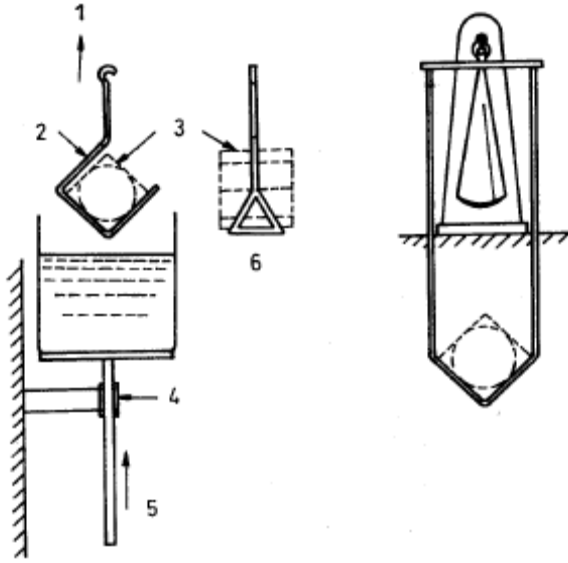
Numune hacmi, TS EN 12390-1'e göre, numunede yapılan boyut ölçümleri kullanılarak, m<sup>3</sup> cinsinden hesaplanır. Sonuç, on binde bir hanesine yuvarlatılarak gösterilir.

##### 7.4.5.5.6 Belirtilmiş boyutlar kullanılarak elde edilen hacim (sadece küp numune 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, on binde bir hanesine yuvarlatılarak gösterilmelidir.



a) Terazi mekanizmasının altına asılmış kefe gösterimi.

b) Terazi mekanizmasının üstüne asılmış alternatif kefe gösterimi.

Açıklama :

- 1 Terazi
- 2 Kefe
- 3 Beton numune
- 4 Kılavuz
- 5 Düşey hareketli su deposu
- 6 Kefenin yandan görünüşü

**Şekil 1** - Beton numune hacminin su ile yer değiştirme metoduyla tayini için tipik kefe düzeneği

#### 7.4.6 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 metoduna bağlı olarak yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$ ,
- $m$  Numunenin, deney esnasındaki durumuna bağlı kütlesi, kg,
- $V$  Numunenin özel metotla tayin edilen hacmi,  $\text{m}^3$  dür.

Numunenin, deney anındaki durumu ve numune hacminin tayininde kullanılan deney metodu, deney sonuçları ile birlikte kaydedilmelidir.

Yoğunluk tayini deney sonuçları, en yakın  $10 \text{ kg/m}^3$ 'e yuvarlatılarak gösterilmelidir.

## **7.5 SERTLEŞMİŞ BETONDA BASINÇ ALTINDA SU İŞLEME DERİNLİĞİNİN TAYİNİ**

### **(TS EN 12390-8)**

#### **7.5.1 Kapsam**

Bu deney, su içerisinde kür uygunlaşmış sertleşmiş betonda, basınç altında su işleme (nüfuz etme) derinliğinin tayini için yapılır.

#### **7.5.2 Prensip**

Basıncılı su, sertleşmiş beton yüzeyine uygulanır. Daha sonra numune, ortasından yarılarak su işleme derinliği, alın kısmından ölçülmek suretiyle belirlenir.

#### **7.5.3 Cihazlar**

##### **7.5.3.1 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 Şekil 1'de gösterilmiştir.

**Not 1** - Deney cihazının, deney esnasında numunenin diğer yüzeylerinin de gözlemlenebilmesine imkân veren şekilde olması tercih edilir.

**Not 2** - 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.

#### **7.5.4 Deney numunesi**

Deney numunesi; küp, silindir veya prizma şeklinde olmalı, numunenin kenar uzunluğu veya çapı 150 mm'den daha küçük olmamalıdır.

#### **7.5.5 İşlem**

##### **7.5.5.1 Deney numunesinin hazırlanması**

Deney numunesinin su basıncı uygulanacak yüzeyi, numune kalıptan çıkartıldıktan hemen sonra, tel fırça ile pürüzlendirilmelidir.

##### **7.5.5.2 Su basıncının uygulanması**

Numune, deney başlangıcında en az 28 günlük olmalıdır. Su basıncı, numunenin masterlanmış yüzeyine uygulanmamalıdır. Numune, cihaza yerleştirilir ve  $(72 \pm 2)$  saat süreyle  $(500 \pm 50)$  kPa su basıncı uygulanır. Deney esnasında, deney numunesinin basınç uygulanmayan yüzeyleri, belirli aralıklarla gözlenmeli ve yüzeylerde su görülmesi durumu kayda geçirilmelidir. Su sızıntısı görülmesi halinde, deneyin sonuca ulaştığı kabul edilir ve durum kaydedilir.

Deney için, içilebilir nitelikteki şebeke suyu kullanılması yeterlidir.

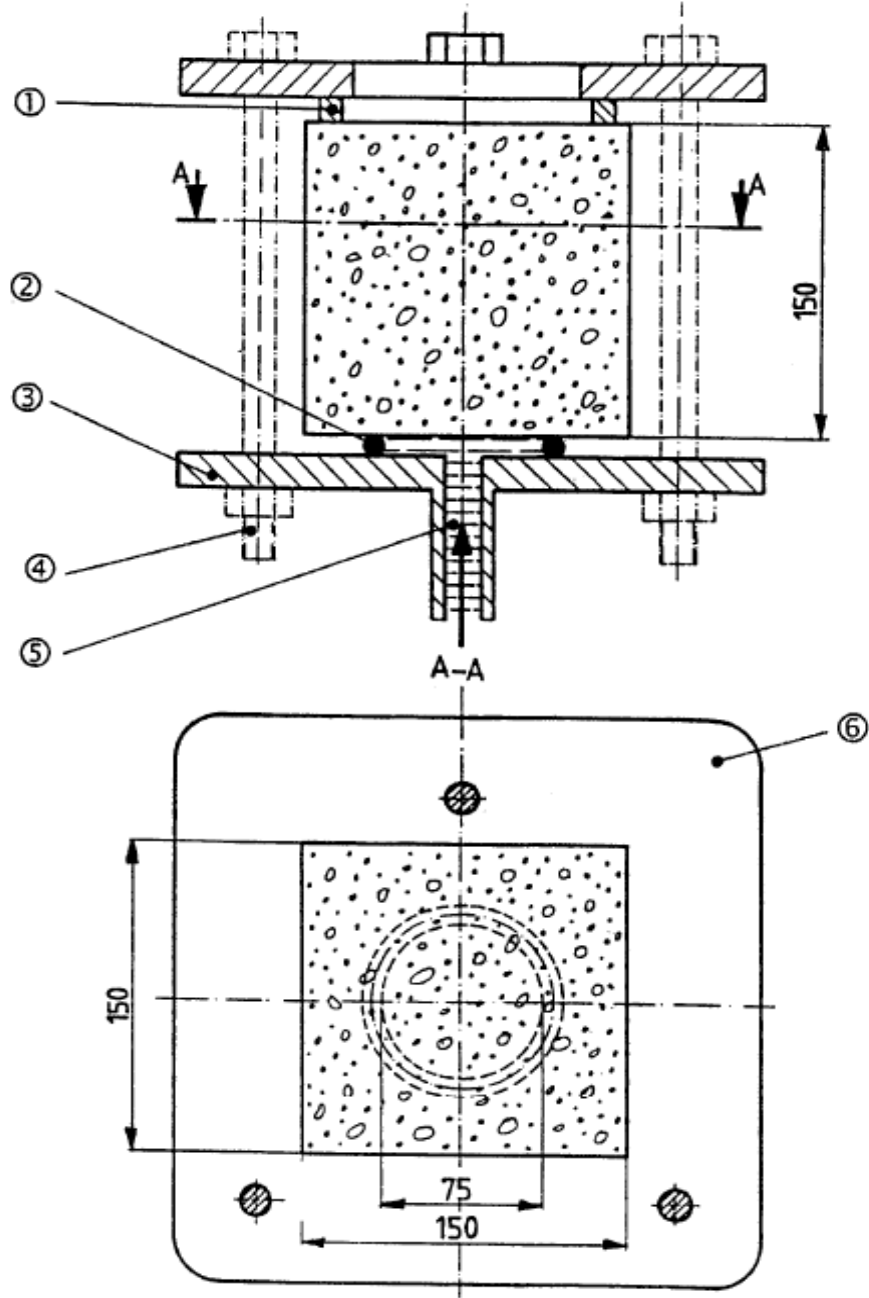
##### **7.5.5.3 Numunenin incelenmesi**

Basıncın, belirtilen süreyle uygulanmasından sonra deneye son verilir ve numune cihazdan çıkartılır. Basıncılı su uygulanan yüzeydeki fazla su silinerek temizlenir. Numune, basıncılı su uygulanan yüzeye dik şekilde, ortasından yarılarak (numunenin yarılama işleminde TS EN 12390-6'de tarif edilen metot uygulanabilir) ikiye bölünür. Numunenin bölünmesi ve incelenmesi esnasında, basıncılı 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.

#### **7.5.6 Deney sonucu**

Deney sonucu, en yakın milimetreye yuvarlatılmak suretiyle gösterilen, en büyük su işleme derinliğidir.

Ölçüler mm' dir.



Anahtar :

- 1 Yerleştirme parçası
- 2 Sızdırmazlık contası
- 3 Sabitleme plâkası
- 4 Yivli sıkıştırma çubuğu,
- 5 Basınçlı su girişi
- 6 Sıkıştırma plâkası

Şekil 1 - Deney düzeneği örneği



# **BÖLÜM 8**

**KİMYASAL KATKILAR-TARİFLER,ÖZELLİKLER  
UYGUNLUK (TS EN 934-2)**



## KİMYASAL KATKILAR - BETON KATKILARI –

### 8.1 TARİFLER, ÖZELLİKLER, UYGUNLUK, İŞARETLEME VE ETİKETLEME (TS EN 934-2)

#### 8.1.1 Kapsam

Bu standard, betonda kullanılan kimyasal katkıların tariflerini ve özelliklerini kapsar.

#### 8.1.2 Terimler ve tarifleri

##### 8.1.2.1 Performans

Bir kimyasal katkının amaçlanan kullanımında zararlı yan tesir göstermeksizin etkili olma yeteneğidir.

##### 8.1.2.1.2 Uygunluk miktarı

Bu standardın özelliklerini karşılamak üzere üretici tarafından, çimento kütlesine oranla yüzde olarak ifade edilen katkı miktarı. Uygunluk miktarı, üreticinin tavsiye ettiği aralık içinde olmalıdır.

##### 8.1.2.1.3 Tavsiye edilen miktar aralığı

Uygulama tecrübelerine dayanarak, üreticinin ürün için tavsiye ettiği, alt ve üst kullanım sınırları. Bu sınırlar, çimento kütlesinin yüzdesi olarak ifade edilir.

**Not** - Tavsiye edilen miktarın kullanımı, bu standarda uygunluğun tüm aralığı kapsayacağı anlamına gelmez. İstenen sonuca ulaşmak için gerekli miktarı bulmak amacıyla, şantiyede kullanılacak malzemelerle denemeler yapılmalıdır.

##### 8.1.2.1.4 Şahit beton ve harç

Kimyasal katkıların bu standarda uygun olup olmadıklarını tayin etmek için yapılan deneylerde kullanım amacıyla TS EN 480-1'de tarif edilen beton ve harç.

##### 8.1.2.1.5 Çok amaçlı katkı

Temel işlevlerin birden fazlasını göstererek taze ve/veya sertleşmiş betonun çeşitli özelliklerini etkileyen kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.6 Beton kimyasal katkısı

Betonun taze ve/veya sertleşmiş haldeki özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi sırasında betona, çimento kütlesinin % 5'ini geçmemek üzere, eklenen madde.

##### 8.1.2.1.7 Su azaltıcı/akışkanlaştırıcı katkı

Belirli bir beton bileşiminde kıvamı değiştirmeden su miktarının azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi/yayılmayı artıran veya her iki etkiyi birlikte yaratan kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.8 Yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı katkı

Belirli bir beton bileşiminde kıvamı değiştirmeden su miktarının yüksek oranda azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi/yayılmayı yüksek oranda artıran veya her iki etkiyi birlikte yaratan kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.9 Su tutucu katkı

Terlemeyi azaltarak su kaybını düşüren kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.10 Hava sürükleyici katkı

Karıştırma sırasında taze betona kontrollü miktarda küçük, düzgün dağılmış ve sertleşme sonrasında da kalıcı hava kabarcığı sürükleyen kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.11 Priz hızlandırıcı katkı

Karışımın, plâstik halden katı hale geçmeye (prizin) başlama süresini kısaltan kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.12 Sertleşmeyi hızlandırıcı katkı

Priz süresini etkileyerek veya etkilemeksizin betonun erken dayanım kazanma hızını artıran kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.13 Priz geciktirici katkı

Karışımın, plâstik halden katı hale geçmeye (prizin) başlama süresini uzatan kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.14 Su geçirimsizlik katkısı

Sertleşmiş betonun kılcal su emmesini azaltan kimyasal katkı.

##### 8.1.2.1.15 Priz geciktirici / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkı

Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl amaç) ve priz geciktirici katkının etkisini (tâli amaç) birlikte oluşturan etki.

##### 8.1.2.1.16 Priz geciktirici / yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkı

Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl amaç) ve priz geciktirici katkının etkisini (tâli amaç) birlikte oluşturan etki.

##### 8.1.2.1.17 Priz hızlandırıcı / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkı

Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl amaç) ve priz hızlandırıcı katkının etkisini (tâli amaç) birlikte oluşturan etki.

### 8.1.3 Özellikler

Yukarıda tarif edilen katkılar, aşağıda verilenlere karşılık gelen performans özelliklerine uygun olmalıdır.

|                                                                                |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkılar                                        | Çizelge 53               |
| Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkılar                    | Çizelge 54 ve Çizelge 55 |
| Su tutucu katkı                                                                | Çizelge 56               |
| Hava sürükleyici katkı                                                         | Çizelge 57               |
| Priz hızlandırıcı katkı                                                        | Çizelge 58               |
| Sertleşmeyi hızlandırıcı katkı                                                 | Çizelge 59               |
| Priz geciktirici katkı                                                         | Çizelge 60               |
| Su geçirimsizlik katkısı                                                       | Çizelge 61               |
| Priz geciktirici / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkılar                     | Çizelge 62               |
| Priz geciktirici / yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkılar | Çizelge 63 ve Çizelge 64 |
| Priz hızlandırıcı / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkılar                    | Çizelge 65               |

**Çizelge 53 - Genel özellikler**

| No | Özellik                                                  | Deney metodu                                                                                            | İstenen değerler                                                                                                                                                     |
|----|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Homojenlik <sup>a</sup>                                  | Gözle                                                                                                   | Kullanıldığında homojen. Ayrışma, üretici tarafından beyan edilen sınırı aşmamalıdır.                                                                                |
| 2  | Renk <sup>a</sup>                                        | Gözle                                                                                                   | Üniform ve üreticinin verdiği tarife uygun                                                                                                                           |
| 3  | Etkin bileşen <sup>a</sup>                               | EN 480-6 <sup>b</sup>                                                                                   | Üretici tarafından verilen referans kızıl ötesi spektrumu ile kıyaslandığında kızıl ötesi spektrumu etkin bileşen açısından değişiklik göstermemelidir.              |
| 4  | Bağıl yoğunluk <sup>a</sup><br>(Sadece sıvılar için)     | ISO 758                                                                                                 | $D > 1,10$ ise $D \pm 0,03$<br>$D \leq 1,10$ ise $D \pm 0,02$<br>( $D$ üreticinin beyan ettiği yoğunluk değeri)                                                      |
| 5  | Katı madde miktarı <sup>a</sup>                          | EN 480-8 <sup>c</sup>                                                                                   | $T \geq \% 20$ için $0,95T \leq X < 1,05T$<br>$T < \% 20$ için $0,90T \leq X < 1,10T$<br>$T$ üreticinin beyan ettiği değer, kütlece %<br>$X$ deney sonucu, kütlece % |
| 6  | pH değeri <sup>a</sup>                                   | ISO 4316                                                                                                | Üreticinin belirttiği değer $\pm 1$ , veya üreticinin beyan ettiği aralık içinde                                                                                     |
| 7  | Tavsiye edilen en yüksek miktarda prize etkisi           | EN 480-2<br>(EN 480-1'deki 4 farklı çimentolu şahit harçta tavsiye edilen en yüksek miktarı kullanarak) | Sonuçlar rapor edilir.                                                                                                                                               |
| 8  | Toplam klor <sup>a,d</sup>                               | ISO 1158 <sup>e</sup>                                                                                   | Kütlece <sup>h</sup> en çok % 0,10 veya üreticinin beyan ettiği değer altında                                                                                        |
| 9  | Suda çözünabilir klorür(Cl <sup>-</sup> ) <sup>a</sup>   | EN 480-10                                                                                               | Kütlece en çok % 0,10 veya üreticinin beyan ettiği değer altında                                                                                                     |
| 10 | Alkali miktarı (Na <sub>2</sub> O eşdeğeri) <sup>a</sup> | EN 480-12                                                                                               | Üreticinin beyan ettiği en yüksek değer altında                                                                                                                      |
| 11 | Korozyona etkisi                                         | f,g                                                                                                     | Beton içindeki çelikte korozyon yaratıcı etkileri olmamalı <sup>g</sup>                                                                                              |

<sup>a</sup> Üreticinin beyan ettiği değer, kullanıcıya yazılı olarak verilmelidir.

<sup>b</sup> EN 480-6'da verilen metot uygun değilse, üretici alternatif bir deney metodu önermelidir.

<sup>c</sup> EN 480-8'de verilen metot uygun değilse, üretici alternatif bir deney metodu önermelidir.

<sup>d</sup> Toplam klor miktarıyla suda çözünabilir klorür miktarı arasında önemli bir fark yoksa, söz konusu katkılara ilişkin sonraki deneylerde yalnızca suda çözünabilen klorür miktarı belirlenebilir.

<sup>e</sup> ISO 1158'de verilen işlem, aşağıda verilen şekilde değiştirilmelidir:

- Numune miktarı, 0,1 g kuru katkıya çıkarılır.
- Gümüş nitrat ve amonyum tiosüyanat çözeltisi 0,01 N kullanılır.

<sup>f</sup> Deneyde C<sub>3</sub>A miktarı, kütlece %5'ten daha az olan CEM I çimentosu kullanılmalıdır.

<sup>g</sup> EN standardı yayınlanıncaya kadar, gerekli hallerde kullanım yerinde geçerli millî standard ve şartnameler uygulanmalıdır<sup>2)</sup>.

<sup>h</sup> Klorür muhtevasının %0,10 veya daha az olması halinde katkı "klorürsüz" olarak tarif edilebilir.

**Çizelge 54 - Su azaltıcı/akışkanlaştırıcı katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)**

| No | Özellik                     | Şahit beton            | Deney metodu                                           | İstenen değerler                                                                                    |
|----|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Su azaltma                  | EN 480-1 Şahit beton I | EN 12350-2'ye göre çökme veya EN12350-5'e göre yayılma | Deneme betonunda şahit betona kıyasla en az % 5                                                     |
| 2  | Basınç dayanımı             | EN 480-1 Şahit beton I | prEN 12390-3:1999                                      | 7 ve 28 günde, deneme betonu, şahit betonun en az % 110'u                                           |
| 3  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1 Şahit beton I | EN 12350-7                                             | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun en çok % 2 (hacimce) üzerinde |

**Çizelge 55 - Yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)**

| No | Özellik                     | Şahit beton            | Deney metodu                                           | İstenen beğerler                                                                                             |
|----|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Su azaltma                  | EN 480-1 Şahit beton I | EN 12350-2'ye göre çökme veya EN12350-5'e göre yayılma | Deneme betonunda şahit betona kıyasla en az % 12                                                             |
| 2  | Basınç dayanımı             | EN 480-1 Şahit beton I | prEN 12390-3:1999                                      | 1 günde, deneme betonu, şahit betonun en az % 140'ı;<br>28 günde, deneme betonu, şahit betonun en az % 115'i |
| 3  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1 Şahit beton I | EN 12350-7                                             | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok % 2 üzerinde            |

**Çizelge 56 - Yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı katkıları için ek özellikler (eşitsu/çimento oranında)**

| No | Özellik                     | Şahit beton             | Deney metodu                                           | İstenen değerler                                                                                                             |
|----|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Kıvamdaki artış             | EN 480-1 Şahit beton IV | EN 12350-2'ye göre çökme veya EN12350-5'e göre yayılma | Başlangıç (30±10) mm olmak üzere, çökme artışı en az 120 mm, başlangıç (350±20) mm olmak üzere, yayılma artışı en az 160 mm, |
| 2  | Kıvam koruma                | EN 480-1 Şahit beton IV | EN 12350-2'ye göre çökme veya EN12350-5'e göre yayılma | Deneme betonunun katkı katıldıktan 30 dakika sonraki kıvamı, şahit betonun ilk kıvamının altına düşmemelidir.                |
| 3  | Basınç dayanımı             | EN 480-1 Şahit beton IV | prEN 12390-3:1999                                      | 28 günde, deneme betonu, şahit betonun en az % 90'ı                                                                          |
| 4  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1 Şahit beton IV | EN 12350-7                                             | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun en çok % 2 (hacimce) üzerinde                          |

**Çizelge 57 - Su tutucu katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)**

| No | Özellik                     | Şahit beton             | Deney metodu      | İstenen değerler                                                                                    |
|----|-----------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Terleme                     | EN 480-1 Şahit beton II | EN 480-4          | Deneme betonu, şahit betonun en çok % 50'si                                                         |
| 2  | Basınç dayanımı             | EN 480-1 Şahit beton II | prEN 12390-3:1999 | 28 günde, deneme betonu , şahit betonun en az % 80'i                                                |
| 3  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1 Şahit beton II | EN 12350-7        | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun en çok % 2 (hacimce) üzerinde |

**Çizelge 58 - Hava sürükleyici katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)**

| No                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Özellik                                             | Şahit beton              | Deney metodu           | İstenen değerler <sup>a</sup>                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Taze betondaki hava miktarı (sürüklenmiş hava)      | EN 480-1 Şahit beton III | EN 12350-7             | Deneme betonu , şahit betonun hacimce en az % 2,5 üzerinde.<br>Toplam hava miktarı hacimce %4 - %6 <sup>b</sup> |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sertleşmiş betondaki hava boşluğu karakteristikleri | EN 480-1 Şahit beton III | EN 480-11 <sup>c</sup> | Deneme betonundaki aralık faktörü en çok 0,200 mm                                                               |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Basınç dayanımı                                     | EN 480-1 Şahit beton III | prEN 12390-3:1999      | 28 günde, deneme betonu , şahit betonun en az % 75'i                                                            |
| <sup>a</sup> Tüm özellikler aynı deneme betonu için geçerlidir.<br><sup>b</sup> Uygun miktar belirtilemez, miktar, istenen hava miktarını elde edecek şekilde ayarlanmalıdır.<br><sup>c</sup> EN 480-11 referans metottur. Aralık faktörü belirlenmesinde, EN 480-11'deki metotla aynı sonuçları verdiğinin gösterilebilmesi kaydıyla diğer metotlar (örneğin, değiştirilmiş nokta sayma metodu) da kullanılabilir. |                                                     |                          |                        |                                                                                                                 |

**Çizelge 59 - Priz hızlandırıcı katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)**

| No | Özellik                     | Şahit harç/beton       | Deney metodu      | İstenen değerler                                                                                      |
|----|-----------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Priz başlangıcı             | EN 480-1'e uygun harç  | EN 480-2          | 20°C'ta: deneme betonu için en az 30 dakika<br>5°C'ta: deneme betonu için şahit betonun en çok % 60'ı |
| 2  | Basınç dayanımı             | EN 480-1 Şahit beton I | prEN 12390-3:1999 | 28 günde, deneme betonu , şahit betonun en az % 80'i<br>90 günde, en az 28 günlük değer kadar         |
| 3  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1 Şahit beton I | EN 12350-7        | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok % 2 üzerinde     |

**Çizelge 60** - Sertleşmeyi hızlandırıcı katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)

| No | Özellik                     | Şahit beton               | Deney metodu      | İstenen değerler                                                                                                                                                                                          |
|----|-----------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Basınç dayanımı             | EN 480-1<br>Şahit beton I | prEN 12390-3:1999 | 20°C'ta ve 24 saatte: deneme betonu, şahit betonun en az % 120'si.<br>20°C'ta ve 28 günde: deneme betonu, şahit betonun en az % 90'ı.<br>5°C'de ve 48 saatte: deneme betonu, şahit betonun en az % 130'u. |
| 2  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-7        | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok % 2 üzerinde                                                                                                         |

**Çizelge 61** - Priz geciktirici katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)

| No | Özellik                     | Şahit harç/beton          | Deney metodu      | İstenen değerler                                                                                                                           |
|----|-----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Priz süresi                 | EN 480-1'e uygun harç     | EN 480-2          | Priz başlangıcı : deneme betonu, şahit betondan en az 90 dakika fazla<br>Priz sonu : deneme betonu, şahit betondan en çok 360 dakika sonra |
| 2  | Basınç dayanımı             | EN 480-1<br>Şahit beton I | prEN 12390-3:1999 | 7 günde: deneme betonu, şahit betonun en az % 80'i.<br>28 günde: deneme betonu, şahit betonun en az % 90'ı.                                |
| 3  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-7        | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok % 2 üzerinde                                          |

**Çizelge 62** - Su geçirimsizlik katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda veya eşit S/Ç oranında)<sup>a</sup>

| No | Özellik                     | Şahit harç/beton          | Deney metodu      | İstenen değerler                                                                                                                                                                  |
|----|-----------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Kılcal su emme              | EN 480-1'e uygun harç     | EN 480-5          | 7 günlük kürden sonra, 7 günlük deney için; deneme betonu, şahit betonun en çok % 50'si; 90 günlük kürden sonra, 28 günlük deney için; deneme betonu, şahit betonun en çok % 60'ı |
| 2  | Basınç dayanımı             | EN 480-1<br>Şahit beton I | prEN 12390-3:1999 | 28 günde, deneme betonu, şahit betonun en az % 85'i                                                                                                                               |
| 3  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-7        | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok % 2 üzerinde                                                                                 |

<sup>a</sup> Bütün deneyler eşit kıvam veya eşit S/Ç oranında yapılmalıdır.

**Çizelge 63** - Priz geciktirici / su azaltıcı / plâstikleştirici katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)

| No | Özellik                     | Şahit harç/beton          | Deney metodu                                            | İstenen değerler                                                                                                                             |
|----|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Basınç dayanımı             | EN 480-1<br>Şahit beton I | prEN 12390-3:1999                                       | 28 gün için deneme betonu , şahit betonun en az % 100'ü                                                                                      |
| 2  | Priz süresi                 | EN 480-1'e uygun harç     | En 480-2                                                | Priz başlangıcı : deneme betonu , şahit betondan en az 90 dakika fazla<br>Priz sonu : deneme betonu , şahit betondan en çok 360 dakika sonra |
| 3  | Su azaltma                  | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-2'ye göre çökme veya EN 12350-5'e göre yayılma | Deneme betonunda şahit betona kıyasla en az % 5                                                                                              |
| 4  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-7                                              | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok % 2 üzerinde                                            |

**Çizelge 64** - Priz geciktirici / yüksek oranda su azaltıcı / süper plâstikleştirici katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)

| No | Özellik                     | Şahit harç/beton          | Deney metodu                                            | İstenen değerler                                                                                                                             |
|----|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Basınç dayanımı             | EN 480-1<br>Şahit beton I | prEN 12390-3:1999                                       | 7 günlük deney için, deneme betonu, şahit betonun en az % 100'ü;<br>28 günlük deney için, deneme betonu, şahit betonun en az % 115'i         |
| 2  | Priz süresi                 | EN 480-1'e uygun harç     | En 480-2                                                | Priz başlangıcı : deneme betonu , şahit betondan en az 90 dakika fazla<br>Priz sonu : deneme betonu , şahit betondan en çok 360 dakika sonra |
| 3  | Su azaltma                  | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-2'ye göre çökme veya EN 12350-5'e göre yayılma | Deneme betonunda şahit betona kıyasla en az % 12                                                                                             |
| 4  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-7                                              | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok % 2 üzerinde                                            |

**Çizelge 65** - Priz geciktirici / su azaltıcı / plâstikleştirici katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)

| No | Özellik                     | Şahit harç/beton          | Deney metodu                                            | İstenen değerler                                                                                      |
|----|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Basınç dayanımı             | EN 480-1<br>Şahit beton I | prEN 12390-3:1999                                       | 28 gün için deneme betonu , şahit betonun en az % 100'ü                                               |
| 2  | Priz başlangıcı             | EN 480-1'e uygun harç     | EN 480-2                                                | 20°C'ta: deneme betonu için en az 30 dakika<br>5°C'ta: deneme betonu için şahit betonun en çok % 60'ı |
| 3  | Su azaltma                  | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-2'ye göre çökme veya EN 12350-5'e göre yayılma | Deneme betonunda şahit betona kıyasla en az % 5                                                       |
| 4  | Taze betondaki hava miktarı | EN 480-1<br>Şahit beton I | EN 12350-7                                              | Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok % 2 üzerinde     |

## Kimyasal Katkılar –

### 8.2 BETON, HARÇ VE ŞERBET İÇİN DENEY METOTLARI – DENEYLER İÇİN ŞAHİT BETON VE ŞAHİT HARÇ (TS EN 480-1)

#### 8.2.1 - Kapsam

Bu standard, katkı maddelerinin verimliliğinin ve uyumluluğunun TS EN 934-2'ye uygun olarak denenmesi amacıyla hazırlanacak şahit beton ve şahit harcın bileşimindeki malzemeler ve karıştırma metodunu kapsamaktadır.

#### 8.2.2 – Bileşen malzemeler

##### 8.2.2.1 - Çimento

Şahit betonlar ve harçlar, TS EN 197-1'e uygun olan 42,5 mukavemet sınıfındaki CEM I çimentosu ile yapılır.

Kullanılan çimento, TS EN 196-2'ye göre yapılan kimyasal analiz sonucu kütlece % 7 ila % 11 oranında C<sub>3</sub>A içermeli ve TS EN 196-6'ya göre tayin edilen özgül yüzeyi 3200 cm<sup>2</sup>/g ila 4000 cm<sup>2</sup>/g olmalıdır. TS EN 934-2, Çizelge 8.1'in gerektirdiği, tavsiye edilen en yüksek dozajda prize olan etkinin ölçümü için TS EN 197-1'de belirtildiği gibi CEM II, CEM III ve CEM IV türlerinden isteğe göre seçilen üç ilave çimento kullanılır. Seçilen çimentolar farklı türde ve/veya farklı kaynaklardan olmalıdır.

Yukarıdaki çimentoların özellikleri ile ilgili başka şart yoktur.

##### 8.2.2.2 - Agregalar

##### 8.2.2.2.1 - Şahit Beton İçin Agregalar

Agrega, TS 706 EN 12620 standardına uygun, su emmesi düşük (kütlece < = % 2), normal ağırlıkta, doğal agregadır. Şahit betonların hazırlanmasında kullanılacak agreganın tane büyüklüğü dağılımı Çizelge 66'da verilen sınırlar içinde olmalıdır.

##### Çizelge 66 - Şahit beton için agregalar

| Elek göz açıklığı (mm) | Elekten geçen (kütlece) (%) <sup>1,2)</sup> |
|------------------------|---------------------------------------------|
| 31,5                   | 100                                         |
| 16,0                   | 80 ila 95                                   |
| 8,0                    | 55 ila 70                                   |
| 4,0                    | 40 ila 50                                   |
| 2,0                    | 30 ila 40                                   |
| 1,0                    | 20 ila 30                                   |
| 0,5                    | 10 ila 20                                   |
| 0,25                   | 4 ila 8                                     |
| 0,125                  | 2 ila 4                                     |
| 0,075                  | < 2                                         |

<sup>1)</sup> Aralıklar hem kırma hem de doğal agregalar içindir.  
<sup>2)</sup> Her iki karışım (şahit ve deney karışımı) için seçilmiş sınıftaki eleği geçen miktardaki değişim, kütlece ± % 2,0'yi aşmamalıdır.

##### 8.2.2.2.2 - Şahit Harç İçin Agregalar

Şahit harç için agregalar olarak TS EN 196-1'e uygun standard kum kullanılır.

##### 8.2.2.3 – Karışım suyu

Karışım suyu olarak TS EN 1008'e uygun su kullanılır.

#### 8.2.3 - 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 agregalar/çimento oranı ve aynı partiden bileşenler kullanılarak hazırlanmış şahit beton (kontrol karışımı) ile karşılaştırılması suretiyle tayin edilir.

Şahit betonların taşınması gereken özellikler Çizelge 67'de verilmiştir. Taze beton tamamen yerleştirilmiş olmalıdır. Kontrol karışımındaki hava muhtevası hacimce % 2'yi aşmamalıdır.

**Çizelge 67 - Şahit beton özellikleri<sup>1)</sup>**

| Şahit beton                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Denenecek katkı Tipi                              | Çimento dozajı <sup>4)</sup> kg/m <sup>3</sup> | Deney sıcaklığındaki kıvam |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                   |                                                | Çökme <sup>2)</sup> (mm)   | Yayılma <sup>2)</sup> (mm) |
| I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı                    | 350 ± 5                                        | 70 ± 10                    | 400 ± 20                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Yüksek oranda su azaltıcı/ süper akışkanlaştırıcı |                                                |                            |                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Priz hızlandırıcı                                 |                                                |                            |                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Sertleşme hızlandırıcı                            |                                                |                            |                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Priz geciktirici                                  |                                                |                            |                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Su geçirimsizlik                                  |                                                |                            |                            |
| II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Su tutucu <sup>3)</sup>                           | 300 ± 5                                        | 120 ± 20                   | 450 ± 20                   |
| III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hava sürükleyici                                  | 350 ± 5                                        | 50 ± 10                    | 350 ± 10                   |
| IV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Yüksek oranda su azaltıcı/ süper akışkanlaştırıcı | 350 ± 5                                        | 30 ± 10                    | 350 ± 20                   |
| <sup>1)</sup> Deney su/çimento oranında yapılırken, kıvam şartları yalnızca kontrol karışımına uygulanır.<br><sup>2)</sup> Bu deneyler alternatiftir ve önceden seçilmelidir. Çökme, EN 12350-2 'ye, yayılma ise EN 12350-5 'e uygun olarak tayin edilir.<br><sup>3)</sup> Su miktarı EN 480-4'e uygun olarak kaydedilmelidir.<br><sup>4)</sup> Yalnızca kontrol karışımı; denenmekte olan katkı maddesinin su azaltma veya hava sürüklenme etkileri nedeniyle betonda meydana gelen hacim değişiminin sonucu olarak deney karışımının çimento muhtevası değişebilir. |                                                   |                                                |                            |                            |

**8.2.4 – Şahit Harç**

Aksi belirtilmedikçe şahit harç üzerinde karşılaştırma deneyleri yapılır. Yani, katkı maddesi içeren şahit harcın (deney karışımı) performansı, katkısız harcın (şahit karışımı) performansı ile karşılaştırılır. Şahit harç olarak TS EN 196-1'e uygun standard harç kullanılır.

**8.2.5 - Şahit Betonun Hazırlanması****8.2.5.1 – Karışım oranı**

Çimento dozajı Çizelge 8.14'ye uygun olmalıdır. Rutubet muhtevasındaki değişimler hakkındaki şüphelerin giderilmesi amacıyla etüv kurusu agrega kullanılmalıdır. Agrega, etüv kurusu değil ise rutubet muhtevası tayin edilir ve özgül ağırlığı buna göre düzeltilir. İhtilaf halinde, etüv kurusu agrega kullanılmalıdır.

Deney karışımı, şahit karışımıyla aynı agrega/çimento oranına sahip olmalı, su muhtevası, kontrol karışımı için Çizelge 8.14'de verilen sınırlar dahilinde bir kıvam verecek şekilde ayarlanmalıdır. Karışımın su muhtevası, agreganın rutubet muhtevasından, karışım suyundan ve katkı maddesinin su muhtevasından hesaplanmalıdır. Akışkanlaştırılmış veya süper-akışkanlaştırılmış akıcı beton karışımı olduğunda ve eşit su/çimento oranlarında su geçirimsizlik katkıları denenirken su azaltması yapılmamalıdır.

**8.2.5.2 – Karıştırma işlemi**

Karıştırmadan önce, bileşenlerden her biri (20±2)°C sıcaklıkta, veya deney yöntemine göre (5±1)°C sıcaklıkta şartlandırılır. Karıştırma işleminin tamamlanmasından hemen sonra, taze betonun sıcaklığı (20±2)°C veya deney yöntemine göre (5±1)°C olmalıdır.

Sonuçların tekrarlanabilirliğinin sağlanması ve kıvam üzerindeki ilk su emme etkilerinin giderilmesi için aşağıdaki karıştırma tekniğinden yararlanılır:

Karıştırma işlemi, kapasitesinin % 50-90'ına kadar kullanılan cebri karıştırıcı içinde yapılır.

Karıştırıcının içi kuruysa nemli bezle silinir.

Agreganın hepsi, karışım suyunun yarısıyla cebri karıştırıcıya ilave edilir. İki dakika boyunca karıştırılır, sonra iki dakika beklenir. Bekleme süresince buharlaşma etkilerinin en aza indirilmesi için cebri karıştırıcının üstü örtülür.

Çimento ilâvesinden sonra veya çimento ilâve edilirken karıştırıcı yeniden çalıştırılır. Otuz saniye içinde suyun diğer kısmı (artı deney karışımındaki katkı maddesi) ilâve edilir. İki dakika boyunca karıştırılır.

Katkı maddesinin toz halde olması durumunda, üretici tarafından aksi belirtilmemişse katkı maddesi betonun kuru bileşenlerine ilâve edilir.

Karıştırmanın tamamlanmasından sonra beş dakika içerisinde kıvam tayin edilir.

Kıvam, Çizelge 8.14'deki sınırın dışında ise, (eşit su/çimento oranındaki deney karışımları hariç) karışım dikkate alınmaz ve su muhtevası değiştirilerek tekrarlanır.

Karıştırmanın tamamlanmasından sonra 30 dakika içerisinde hava muhtevası ölçülüp numuneler hazırlanmalıdır.

## **8.2.6 – Şahit harcın hazırlanması**

### **8.2.6.1 – Karışım oranları**

Çimento ve kumun oranı TS EN 196-1'e uygun olmalıdır.

Şahit karışıma ilâve edilen su miktarı TS EN 196-1'e uygun olmalıdır. Deney karışımları için, eşit su/çimento oranında su geçirimsiz katkıların eşit su / çimento oranlı deneyleri dışında, ilâve edilen su miktarı, şahit karışımının kıvamına eşit kıvam vermeye yeterli olmalıdır.

### **8.2.6.2 – Karıştırma işlemi**

Karıştırmadan sonraki şartlandırma ve sıcaklık şartları Madde 8.2.5.2'ye uygun olmalıdır. Kuru kum ve çimento, karıştırıcıda 30 saniye boyunca düşük hızda TS EN 196-1'e uygun olarak karıştırılır. Sonraki 30 saniye boyunca suyun hepsi (artı deney karışımındaki katkı) düşük hızda ilâve edilir.

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe suda çözülmeyen ve dağılmayan toz katkı maddesi harcın kuru bileşenlerine ilâve edilir.

60 saniye boyunca düşük hızda karıştırmaya devam edilir. 30 saniye için karıştırma durdurulur ve kabın kenarlarındaki ve dibindeki tam karışmamış malzeme alınır. Karıştırmaya tekrar başlanır ve 60 saniye yüksek hızda karıştırılır. Toplam karıştırma süresi 3 dakika 30 saniye olmalıdır.

Karıştırmanın tamamlanmasından sonraki 5 dakika içinde TS EN 413-2'ye uygun yayılma veya işlenebilirlik yöntemi ile kıvam tayin edilir.

Deney karışımının yayılma değeri (eşit su/çimento oranındaki karışımlar hariç) şahit karışımının yayılma değerinden % 5'i üzerinde farklılık gösterirse karışım dikkate alınmaz ve su muhtevası değiştirilerek tekrarlanır. Kıvam ölçümü işlenebilirlik yöntemiyle yapıldığında, deney aşağıdaki şarta uymazsa dikkate alınmaz:

|                                           |                           |
|-------------------------------------------|---------------------------|
| $t_0 \leq 10 \text{ s}$                   | $t = t_0 \pm 1 \text{ s}$ |
| $10 \text{ s} \leq t_0 \leq 30 \text{ s}$ | $t = t_0 \pm 2 \text{ s}$ |
| $t_0 > 30 \text{ s}$                      | $t = t_0 \pm 0,08 t_0$    |

Burada:

$t_0$  : Şahit karışımının işlenebilirliği

$t$  : Deney karışımının işlenebilirliği

$s$  : saniye

## **-Kimyasal Katkılar –**

### **8.3 BETON, HARÇ VE ŞERBET İÇİN PRİZ SÜRESİNİN TAYİNİ İÇİN DENEY METOTLARI (TS EN 480-2)**

#### **8.3.1 - Kapsam**

Bu deney, katkılı ve katkısız harcın priz sürelerinin tespiti için yapılır. TS EN 196-3'de tanımlanan priz süresi deneyinin bir uyarlamasıdır.

#### **8.3.2 - Prensiptir**

Priz süresinin tespiti, şahit harç içine batırılan bir iğnenin belirli bir değere eriştiğinin gözlenmesi ile yapılmaktadır.

TS EN 480-1'e uygun olarak hazırlanan katkılı şahit harç (deney karışımı) ve katkısız şahit harcın (kontrol karışımı) kıvamları aynı olmalıdır. Bu nedenle karışım suyu gereksinimi TS EN 413-2'ye göre belirlenmelidir.

#### **8.3.3– Deney için gerekenler**

##### **8.3.3.1 - Laboratuvar**

Numunelerin hazırlandığı ve deneyin uygulanacağı laboratuvar ortamının sıcaklığı  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ , bağıl nemi % 65'den az olmayacak şekilde ayarlanmalı ve devamlılığı sağlanmalıdır. Numuneler, hazırlanmasını takiben ve deney uygulanıncaya kadar geçen süre içinde deney koşullarının gerektirdiği  $(5 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  veya  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve % 90'dan az olmayan bağıl neme sahip bir oda veya kabinde saklanmalıdır.

##### **8.3.3.2 - Cihazlar**

- a) Terazı, 1g doğrulukla ölçebilen,
- b) Mezür, hacmen % 1 doğrulukla derecelenmiş,
- c) Karıştırıcı, TS EN 196-1'e uygun

##### **8.3.3.3 - Malzemeler**

Harç, TS EN 196-1'de tarif edilen standard kum kullanılarak hazırlanacaktır. Su, TS EN 1008'de tarif edilen karma suyuna uygun olmalıdır. Çimento, kum, su, katkı ve cihazlar, harç numunesi hazırlanmadan en az 12 saat öncesinden deney koşullarının gerektirdiği  $(5 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  veya  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta bekletilmelidir.

#### **8.3.4 – Priz süresi tespiti**

##### **8.3.4.1 - Cihazlar**

Vicat cihazı, aşağıda gösterilmektedir. İğne korozyona uğramayan 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 tavsiye olunur.

Vicat aleti sondasının ortasına sabitlenen uygun bir durdurucu 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 dahil olmak üzere kayan kütlenin toplam ağırlığı  $(1000 \pm 2)$  g olmalıdır. Sondanın hareketi ihmal edilebilir sürtünmeli, tamamen düşey ve iğne ile aynı eksen üzerinde kalmalıdır.

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 kalınlıkta olmalıdır.

##### **8.3.4.2 – Harcın hazırlanması**

Harç, TS EN 480-1'e göre hazırlanmalıdır.

##### **8.3.4.3 – Kalıbın doldurulması**

Karışımın hazırlanması biter bitmez harç (öncelikle düzgün bir satıhta, hafifçe yağlı bir plâka üstüne konan) kalıba 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.

Kalıbına alınan numune, derhal Madde 8.3.1 'de belirtilen koşullarda saklanmalıdır.

#### **8.3.4.4 – Deney metodu**

##### **8.3.4.4.1 - Priz Başlama Süresinin Tespiti**

Öncelikle Vicat cihazının iğnesi plâka seviyesine indirilerek sıfırlanır. Vicat cihazı ve kalıp, rutubetli oda veya kabinde saklanır ve daha sonra uygun bir zaman içinde iğnesi ayarlanır. İğnenin ucu dikkatli şekilde harcın üst yüzüne gelinceye kadar indirilir. Sondada ani darbe ve çarpma etkisi olmaması için bu pozisyonda 1-2 saniye beklenir. Sonra sonda hızla düşürülür ve düşey olarak harca batırılır. Sondanın batışının sona ermesi veya 30 saniye sonra koşullarından hangisi erken olursa göstergeden okuma yapılır.

Harcın karılması üzerinden belirli bir süre geçtikten sonra kaydedilen bu değer, plâkanın üst yüzü ile sondanın alt ucu arasındaki mesafeyi gösterir. Aynı numune üzerinde, birbirine veya kenara en az 10 mm mesafe bırakacak şekilde ve uygun zaman aralığında (örneğin, 10 dakika) batırma deneyleri tekrarlanır. Numune, batırma sırasında, Madde 8.3.4.1’ de belirtilen koşullara sahip odada veya rutubetli odada saklanmalıdır. Otomatik priz süresi tespiti cihazının kullanılması halinde karakteristik çizgi çizilerek priz başlangıcı tespit edilebilir.

Karışımın tamamlanmasından plâkanın üst yüzü ile iğnenin ucu arasındaki mesafenin 4,0 mm olduğu ana kadar geçen süre harcın priz başlangıcıdır. Ölçülen priz başlangıcı süresini % 5 hata ile bulmak için, elle ve otomatik yöntemlere göre batırma zaman aralıkları tespit edilir. Gerçek priz başlangıcı süresi, sonuçlardan enterpolasyon ile belirlenebilir.

**Not** - Karışımda kum bulunması halinde, çimento hamuruna göre batma derinliği daha değişken olacaktır.

##### **8.3.4.4.2 - Priz sonu süresinin tespiti**

Priz başlama süresinin tayininde kullanılan numune Vicat cihazı plâkasının üstüne getirilerek priz sonu tespitine başlanır.

Otomatik priz süresi tespiti yapan cihazların kullanılması halinde, daha önce batırılan yere tekrar batırmamaya dikkat ederek ve numune kalıbını çevirmeksizin sürekli ölçmeler yapılabilir. Karışımın tamamlanmasından iğnenin ucunun en çok 2,5 mm battığı ana kadar geçen süre harcın priz sonudur.

# **BÖLÜM 9**

## **KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLAR (KYB)**



## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLAR (KYB) (AVRUPA ŞARTNAMESİ/ 2005)

### 9.1.Kapsam

Kendinden Yerleşen Beton (KYB); beton dökümünde vibrasyon ve sıkıştırma gerektirmeyen kendi ağırlığı ile yoğun donatılı bölgelerde bile kalıbı tamamen doldurabilen, yerleşebilen, sertleşmiş haliyle yoğunluğu, homojenliği ve kalıcılığı vibrasyonla kalıba yerleştirilmiş beton özelliklerinde olan betondur. KYB çok kolay yerleşme özelliği sağlayarak inşaat sürelerini kısaltmakta ve yoğun donatılı bölgelerde bile kolaylıkla donatıları sarabilmektedir. Betonun akışkanlığı ve ayrışmaya karşı olan direnci sayesinde betonun homojenliği, minimum hava boşluğu ve buna bağlı olarak her nokyada aynı mukavemette olması sağlanmakta, artan dış yüzey özellikleri sayesinde yapılarda kalıcılık (dürabilite) artırılmaktadır.

### 9.2.Tanımlar:

**Mineral katkılar:** Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek veya betona özel nitelikler kazandırmak amacıyla kullanılan ince öğütülmüş malzemedir.

**Kimyasal katkılar:** Taze ve sertleşmiş betonun bazı özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi esnasında betona, çimento kütlesi oranla çok az miktarda ilave edilen malzemedir.

**Toz:** Tanecik boyutu 0,125 mm'den küçük olan çimento,mineral katkı ve agreganın bu tanıma uyan kısmını içeren malzemenin tümüdür.

**Viskosite:** KYB akmaya başladıktan sonra akmaya karşı olan direnci, KYB'de slump deneyinde bakılan  $T_{50}$  değeriyle veya V funnel deneyinde betonun boşalma süresi ilişkilendirilebilir.

**Doldurma yeteneği:** Taze betonun kendi ağırlığı ile kalıp içerisindeki tüm boşluklarda akma ve doldurma yeteneğidir.

**Geçebilirlik:** Taze betonun dar donatı aralıkları gibi dar aralıklardan tıkamadan ve ayrışmadan geçebilme yeteneğidir.

### 9.3.Kendinden yerleşen beton dizaynı:

Çizelge 68. Beton dizayn yaklaşımı

| Bileşen                      | Kütlece aralık (kg/m <sup>3</sup> )                                               | Hacimsel aralık (litre/m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Toz(filler,çimento,kül,vb.)  | 380-500                                                                           |                                         |
| Pasta                        |                                                                                   | 300-380                                 |
| Su                           | 150-210                                                                           | 150-210                                 |
| İri agrega(4 mm'den büyük)   | 750-1000                                                                          | 270-360                                 |
| İnce agrega (4 mm'den küçük) | 1 m <sup>3</sup> te geri kalan hacmi doldurulmalıdır.Toplam agreganın %48-55'dir. |                                         |
| Su/toz oranı                 |                                                                                   | 0,85-1,10                               |

KYB dizaynı, geleneksel vibratörle sıkışan betonla kıyaslandığında öncelikle gradasyonda iri ve ince agrega oranı azaltılmalı buna karşılık bağlayıcı miktarı artırılmalıdır.İri agreganın daha az oranda kullanılmasındaki amaç ince kesitlerin dökümünde veya donatı ile kalıp arasındaki dar geçişlerde veya yoğun donatı aralarından geçişlerde agreganın kilitletmesini ve köprülenmesini azaltmaktır.Çimento pastasının hacmi agreganın hacminden fazla olmalıdır, böylelikle her agrega tanesi pasta ile sarılır ve etrafındaki çimento pastası ile betonun kendi ağırlığı ile hareket ederek akıcılığı sağlanır. KYB'da yeni nesil süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkıları kullanılarak düşük su/ toz oranı sağlanmalıdır.

Hiçbir mineral katkı ve filler kullanılmadan 380 kg çimento ile KYB yapılabileceği gibi 600 kg toplam toz malzeme ile de yapılabileceği görülmektedir. Herhangi bir üst limit verilmemesine rağmen agrega max dane çapı 16 mm tutulmalı böylece betonun yerleşme ve geçme özellikleri artırılmalıdır. Betonda

ayrışmaya neden olmamak için toz miktarı yeterince artırılmalıdır. Eğer yapılan dizaynda su miktarı düşük seviyelerde olmasına rağmen ayrışmalar, yayılma esnasında su kasma etkisi görülüyorsa viskozite düzenleyici katkıları kullanılmalıdır.

#### 9.4 Kendinden yerleşen betonlar (KYB) için Deney Metotları:

Çizelge 69. KYB Değerlendirmesinde kullanılan test metotları ve değerlendirme sınıfları

| Özellik                        | Gerekli Test Metodu                         | Değerlendirme Sınıfı |
|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| Akıcılık                       | Çökme - yayılma                             | SF1,SF2,SF3          |
| Viskozite (Akma değerlendirme) | T <sub>500</sub> çökme-yayılma yada Vfunnel | VS1,VS2 veya VF1,VF2 |
| Geçme Yeteneği                 | L box testi                                 | PA1,PA2              |
| Segregasyon                    | Ayrışmaya karşı direnç                      | SR1,SR2              |

##### 9.4.1 Slump ve Akıcılık Deneyi:

Abrams hunisinde deney yapılarak elde edilen yayılmanın 550-850 mm arası olması gerekir. Bu deneyde TS EN 12350-2 standardındaki slump deneyinde kullanılan slump hunisi kullanılır. Slump hunisi üst seviyesi hizasından, hiçbir sıkıştırma ve vibrasyon uygulanmadan doldurulur. 30 saniye bekletilir ve huni kaldırılır. Betonun yayılma çapı ölçülür. En yakın 10 mm'ye tamamlanarak rapor edilir.

SF3 performansının elde edilebilmesi için max agrega çapının 16 mm olması gerekir. SF3 sınıfı yayılmayı veren betonların ayrışma riskinde yüksek olduğu unutulmamalıdır.

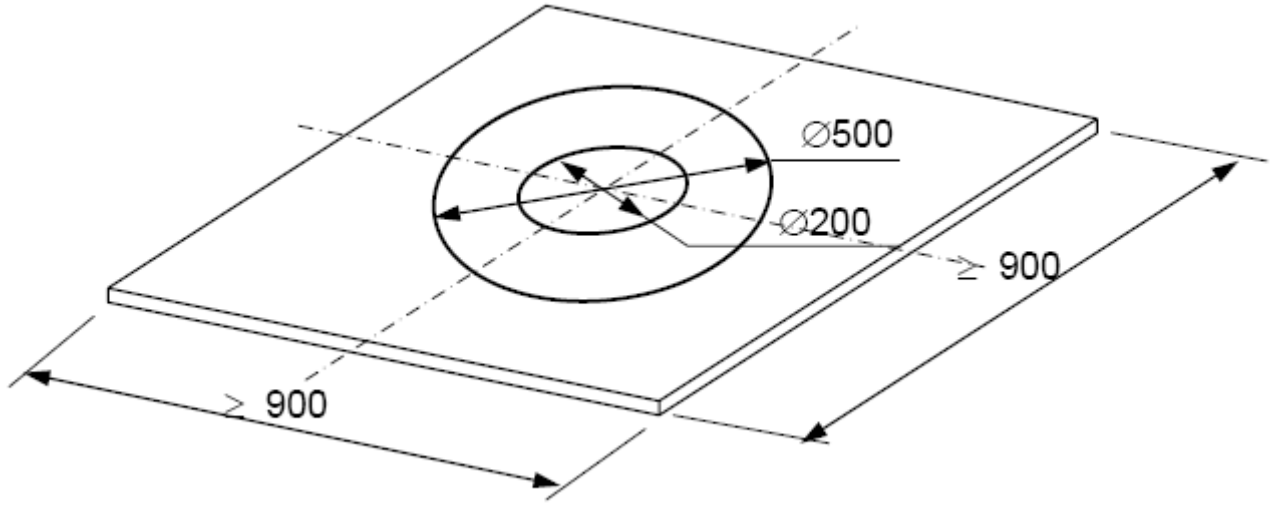
Çizelge 70. Çökme-Yayılma sınıfları

| Sınıf | Yayılma    | Kullanım yeri                                                      |
|-------|------------|--------------------------------------------------------------------|
| SF1   | 550-650 mm | Hafif donatılı sistemler,tünel enjeksiyonları, kazık dökümlerinde. |
| SF2   | 660-750 mm | Kolon, perde, döşeme betonları ve genel uygulamalarda.             |
| SF3   | 760-850 mm | Zor şekil ve kesitlerin dökümünde, aşırı donatılı kesitlerde.      |

Slump Konisi



Yayılma tablası



Şekil 1. Çökme –Yayılma deney düzeneği



Resim 1. Çökme-Yayılma testinde yayılmanın ölçülmesi.

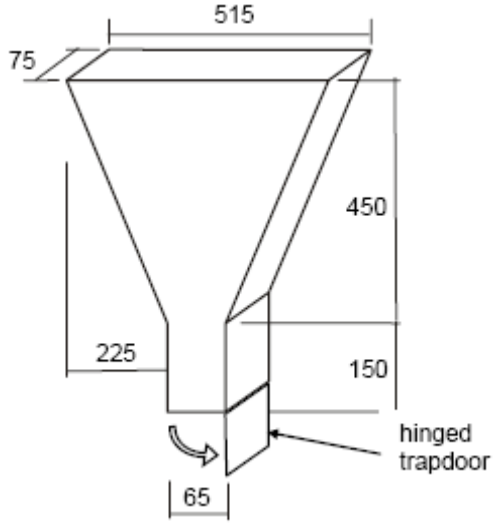
#### 9.4.2 Viskosite (Akma değerlendirme) Deneyleri:

V funnel ve  $T_{500}$  deneyleri KYB'nun akıcılık hızını değerlendiren deneylerdir. V funnel deneyinde yaklaşık 12 litrelik bir beton hiçbir sıkıştırma ve vibrasyon uygulanmadan funnel'ın üst seviyesi hizasından doldurulur. Doldurma işleminden  $(10 \pm 2)$  saniye sonra kabın altındaki kapak açılarak betonun akış (boşalma) süresi 0,1 saniye hassasiyetle kaydedilir.

$T_{500}$  deneyinde ise slump deneyinde kullanılan abrams hunisinin etrafında 500 mm.lik daire çizilir. Slump deneyinde abrams hunisi kaldırılıp 500 mm çapındaki daireye betonun ulaşma süresi kaydedilir. Betonun akış hızı ne kadar yüksek olursa betonun ayrışma riskinin de o kadar artacağı unutulmamalıdır.

Çizelge 71.Viskosite Sınıfları

| Sınıf   | $T_{500}$ yayılma zamanı (sn) | V funnel boşalma zamanı (sn) |
|---------|-------------------------------|------------------------------|
| VS1/VF1 | $\leq 2$                      | $\leq 8$                     |
| VS2/VF2 | $>2$                          | 9 - 25                       |



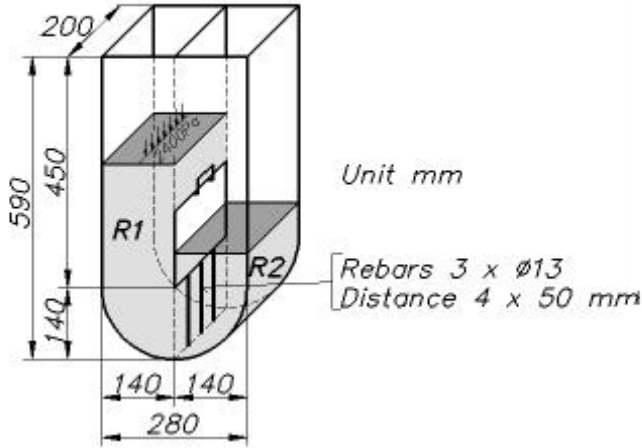
Şekil 2. V funnel deney cihazı

#### 9.4.3 Geçme Yeteneği Deneyleri:

##### 9.4.3.1. U box deneyi:

U box deneyindeki hazneye yaklaşık 20 dm<sup>3</sup> beton herhangi bir sıkıştırma ve vibrasyon uygulanmadan doldurularak yaklaşık 1 dak. beton dinlendirilir. Ekipmanın ortasındaki kapak yukarı kaldırılarak kapağın arkasındaki donatılar arasından betonun yükselmesi beklenir. Her iki haznedeki betonun yüksekliklerinin farkı betonun geçme yeteneğini gösteren bir göstergedir. Bütün deney 5 dak.içerisinde bitirilmelidir.

$$h_2 - h_1 = 30 \text{ mm (max)}$$



Şekil 3. U box deney cihazı

##### 9.4.3.2. L box deneyi :

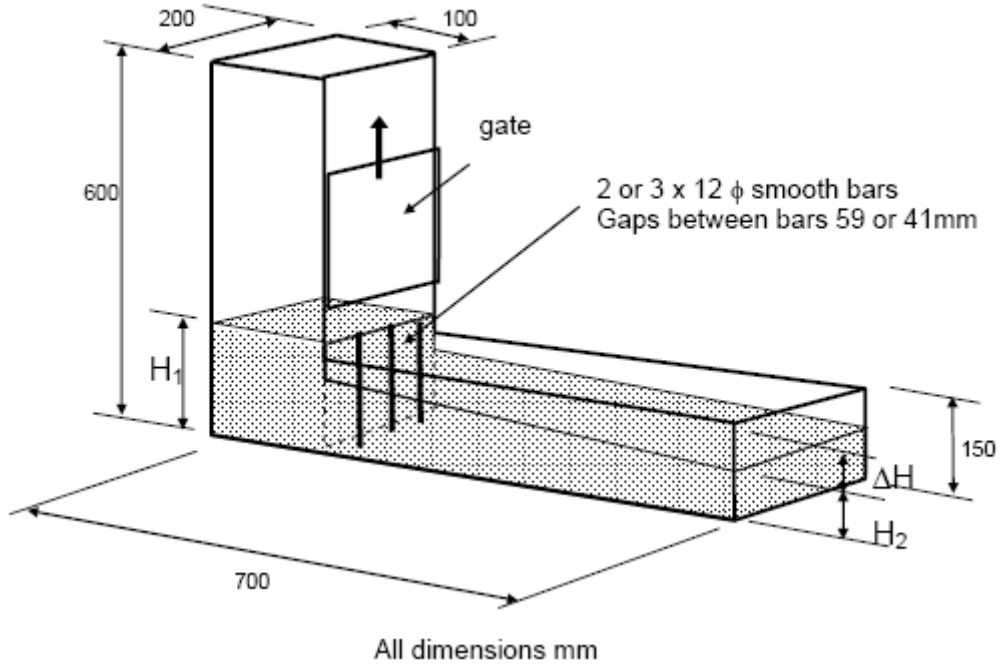
Geçme yeteneği deneyi için L box deneyi de yapılır.

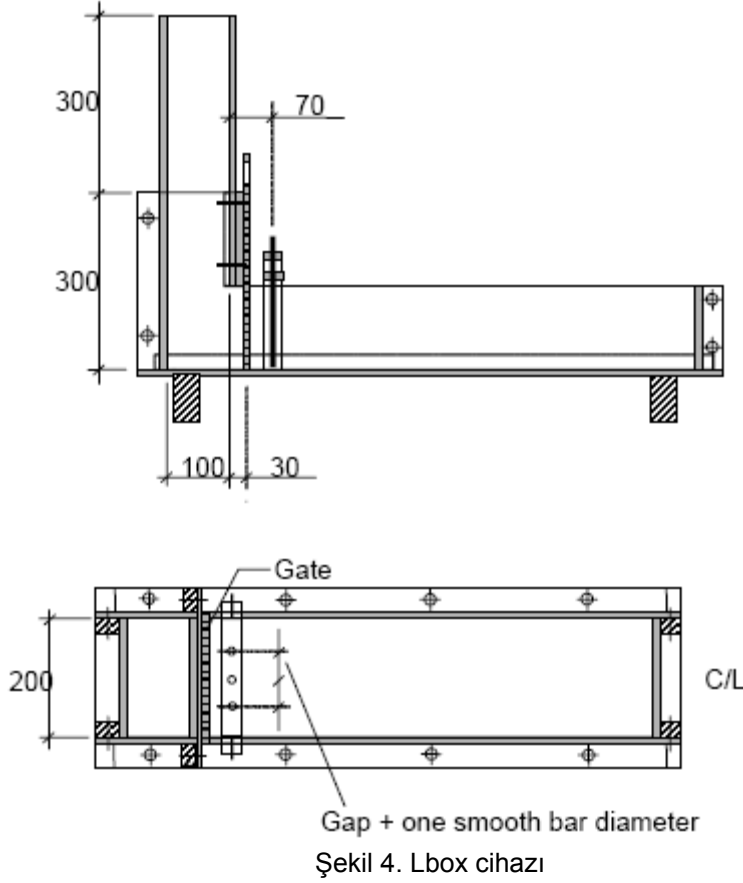
Beton Lbox'ın düşey kısmından herhangi bir sıkıştırma ve vibrasyon uygulanmadan doldurulur. (60±10) saniye bekletildikten sonra kapı açılır. Beton yatay olarak ilerler ve H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> yükseklikleri ölçülür. Aşağıda verilen eşitlikten geçme yeteneği değerlendirilir.

$$PA = H_2 / H_1$$

Çizelge 72. Geçme yeteneği sınıfları (Lbox ile)

| Sınıf | Geçme yeteneği        |
|-------|-----------------------|
| PA1   | $\geq 0,80$ (2 çubuk) |
| PA2   | $\geq 0,80$ (3 çubuk) |





#### 9.4.4 Ayırışma Deneyi:

KYB'nun ayrışmasının incelenmesi için 300mm çapında, 40 mm yüksekliğinde olan 5,0mm kare göz açıklığı olan ISO 3310-2'e uygun elek kullanılır.

(10±0,5) lt KYB, sarsıntısız bir şekilde, numune kovalarında kapağı kapatılmış olarak, (15±0,5) dak. bekletilir. Toz tavaşının ağırlığı tartılır Wp (g) olarak kaydedilir. Bekleme süresinin sonunda, terazinin üzerinde bulunan elek ve toz tavaşının üzerine elek üstünden (500±50) mm yükseklikten (4,8±0,2) kg beton (kusma suyu içermeyen) dökülür. Betonun gerçek ağırlığı kaydedilir. (Wc)(g). Hareket ettirmeden (120±5) saniye bekletilir. Sonra eleği düşey hareket ettirmeden kaldırılır ve toz tavaşı üzerindeki beton ağırlığını yani elekten geçen ağırlık tartılır. Wps (g) olarak kaydedilir. Aşağıdaki eşitlikten segregasyon direnci hesaplanır.

$$SR = (Wps - Wp) 100 / Wc \%$$

Çizelge 73. Segregasyon Direnci Sınıfları

| Sınıf | Segregasyon direnci (%) |
|-------|-------------------------|
| SR1   | ≤ 20                    |
| SR2   | ≤ 15                    |

# BÖLÜM 10

ZEMİN DÖŞEMESİ İÇİN BETON PARKELER  
(TS 2824 EN 1338)



## ZEMİN DÖŞEMESİ İÇİN

### 10.1 BETON KAPLAMA BLOKLARI – BETON PARKELER -GEREKLİ ŞARTLAR VE DENEY METOTLARI (TS 2824 EN 1338)

#### 10.1.1 Kapsam

Bu standard, zemin döşemesi için kullanılan, donatısız, çimento bağlayıcılı beton kaplama bloklarının malzemelerini, özelliklerini, sahip olması gerekli şartları ve deney metotlarını kapsar. Bu standard, kaldırım, bağlantı yolu, bisiklet yolu, otoparklar, yollar, otoyollar, endüstriyel alanlar (limanlar ve iskeleler), havaalanı kaplamaları, otobüs istasyonları, petrol dolum istasyonları gibi yaya kullanım alanları, taşıtlara açık alanlar ve çatı kaplamasında kullanılan öndökümlü beton kaplama bloklarına ve tamamlayıcı parçalarına uygulanır.

#### 10.1.2 Malzemelerle ilgili gerekli şartlar

Beton kaplama bloklarının imalatında, özellikler ve performans bakımından uygunlukları belirlenmiş malzemeler kullanılmalıdır.

#### 10.1.3 Mamullerle ilgili şartlar

##### 10.1.3.1 Biçim ve boyutlar

Çalışma boyutları imalatçı tarafından beyan edilmelidir. İmalatçı tarafından beyan edilen anma boyularından izin verilen sapmalar Çizelge 74, Çizelge 75 ve Çizelge 76'de verilmiştir.

#### Çizelge 74 - İzin verilen sapmalar

| Blok kalınlığı<br>mm                                                                  | Uzunluk<br>mm | Genişlik<br>mm | Kalınlık<br>mm |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|----------------|
| < 100                                                                                 | ± 2           | ± 2            | ± 3            |
| ≥ 100                                                                                 | ± 3           | ± 3            | ± 4            |
| Bir bloğun kalınlığındaki herhangi iki ölçme değeri arasındaki fark ≤ 3 mm olmalıdır. |               |                |                |

Köşegen uzunlukları 300 mm'den fazla olması hâlinde, dikdörtgenler prizması şeklinde olan bir blokta iki köşegen ölçüleri arasında izin verilen en büyük sapma Çizelge 74'de verilmiştir.

#### Çizelge 75 - İzin verilen en büyük farklar

| Sınıf | Sınıf gösterimi | En büyük fark<br>mm |
|-------|-----------------|---------------------|
| 1     | J               | 5                   |
| 2     | K               | 3                   |

Bloğun en büyük boyutunun 300 mm'den daha büyük olması hâlinde, düz olması tasarlanan üst yüzde düzlük ve bombeden sapma için uygulanacak sınırlar Çizelge 75'te verilmiştir.

#### Çizelge 76 - Düzlük ve bombe için sapmalar

| Mastar uzunluğu<br>mm | En büyük dış bükeylik<br>mm | En büyük iç bükeylik<br>mm |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 300                   | 1,5                         | 1,0                        |
| 400                   | 2,0                         | 1,5                        |

#### 10.1.3.2 Fiziksel ve mekanik özellikler

##### 10.1.3.2.1 Hava etkileri nedeniyle yıpranmaya karşı direnç

###### 10.1.3.2.1.1 Deney metodu

Hava etkileri nedeniyle yıpranmaya karşı direnç, donma çözülme bakımından veya su emme için yapılacak deneylerden elde edilen sonuçların uygunluk kriterlerine göre değerlendirilmesiyle tayin edilir.

#### 10.1.3.2.1.2 Performans ve sınıflar

Çizelge 77 - Su emme

| Sınıf | Sınıf gösterimi | Su emme<br>Kütlece %       |
|-------|-----------------|----------------------------|
| 1     | A               | Performans ölçülmez        |
| 2     | B               | $\leq 6$ (ortalama olarak) |

Çizelge 78 - Buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma çözülme etkisine direnç

| Sınıf | Sınıf gösterimi | Donma çözülme deneyinden sonra kütle kaybı<br>kg/m <sup>2</sup>            |
|-------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 3     | D               | $\leq 1,0$<br>Tek numune sonuçlarından hiçbirisi 1,5'ten büyük olmamalıdır |

#### 10.1.3.2.2 Yarmada çekme dayanımı

##### 10.1.3.2.2.1 Deney metodu

Karakteristik yarmada çekme dayanımı T, yapılacak deneylerden elde edilen sonuçların uygunluk kriterlerine göre değerlendirilmesiyle tayin edilir.

##### 10.1.3.3.2.2 Performans

Karakteristik yarmada çekme dayanımı T, 3,6 MPa'dan daha küçük olmamalıdır. Tek deney sonuçlarından hiçbirisi 2,9 MPa'dan daha küçük olmamalı ve numune kırılma yüklerinden hiçbirisi de 250 N/mm'den daha küçük olmamalıdır.

#### 10.1.3.2.3 Aşınmaya direnç

##### 10.1.3.2.3.1 Deney metodu

Aşınma direnci, geniş diskli aşınma deneyi yoluyla veya alternatif metot olarak Böhme deneyi ile tayin edilir. Geniş diskli aşınma deneyi referans deneyidir.

#### 10.1.3.2.3.2 Performans ve sınıflar

Çizelge 79 - Aşınmaya direnç sınıfları

| Sınıf | Sınıf gösterimi | Gerekli şartlar                                              |                                                                                |
|-------|-----------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|       |                 | Ek G'de tarif edilen deney metodu kullanılarak ölçülen değer | Alternatif olarak Ek H'da tarif edilen deney metodu kullanılarak ölçülen değer |
| 1     | F               | Performans ölçülmez                                          | Performans ölçülmez                                                            |
| 3     | H               | $\leq 23$ mm                                                 | $\leq 20\ 000$ mm <sup>3</sup> / 5 000 mm <sup>2</sup>                         |
| 4     | I               | $\leq 20$ mm                                                 | $\leq 18\ 000$ mm <sup>3</sup> / 5 000 mm <sup>2</sup>                         |

#### 10.1.3.2.4 Kaymaya/kızaklamaya karşı direnç

##### 10.1.3.2.4.1 Deney metodu

İstisnaî bir durumda, cilalanmamış kaymaya/kızaklamaya karşı direnç değerinin gerekli olması hâlinde, Ek I'da tarif edilen deney metodu kullanılmalı ve en küçük kaymaya/kızaklamaya karşı direnç değeri, beyan edilmelidir. Beton blok yüzeyinde çıkıntı, girinti veya pandüllü sürtünme ölçer cihaz kullanılarak deney yapmayı engelleyen bir başka yüzey biçimi olması hâlinde, deneye tâbi tutmaksızın mumulün bu standardın şartlarını sağladığı kabul edilir. Beton bloğun deney için gerekli alan temin edilemeyecek derecede küçük olması hâlinde imalâtçı, deneyde, deneye tâbi tutulacak blok ile aynı yüzey biçimine (yapısına) sahip daha geniş yüzeyli bir blok kullanabilir.

## 10.2 BETON BLOK BOYUTLARININ ÖLÇÜLMESİ METODU:

### 10.2.1. Hazırlık

Ölçülecek blok yüzeyindeki tüm çıkıntılar ve çapaklar temizlenmelidir.

### 10.2.2. Plân boyutları

İlgili çalışma boyutları, her bir boyut için en az iki farklı noktadan ölçülür ve elde edilen gerçek boyut ölçüleri, en yakın milimetreye yuvarlatılarak kaydedilir. En az 0,5 mm doğrulukla ölçme yapabilen bir uzunluk ölçme cihazı kullanılmalıdır.

Köşegen uzunluğu 300 mm'den daha fazla olan dikdörtgen şekilli bloklarda, köşegenler ölçülür ve her iki köşegen ölçme arasındaki fark kaydedilir.

### 10.2.3. Kalınlık

Blok kalınlığı bir milimetre doğrulukla ölçülür. En az 0,5 mm doğrulukla ölçme yapabilen bir uzunluk ölçme cihazı kullanılmalıdır. Ölçmeler, zıt kenarlarda dört noktadan, blok kenarından en az 20 mm içeriden alınır. Dört ölçme değeri kaydedilir ve ortalama kalınlık hesaplanarak en yakın mm'ye yuvarlatılır. Herhangi iki ölçme değeri arasındaki fark hesaplanır ve en yakın mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.

### 10.2.4 Düzlük ve bombe

$\pm 1$  mm toleransla belirlenmiş uzunlukta, 0,1 mm doğrulukla ölçme yapmaya uygun ölçme donanımı kullanılır. Örnek olarak, her ikisi de çelikten mamul şablon ve ölçü takozu, Şekil 1'de gösterilmiştir. Beton blok üst yüzündeki iki köşegen boyunca, en büyük dışbükey ve içbükey sapma, 0,1 mm yaklaşımla belirlenmelidir. Her iki sonuç da kaydedilmelidir.

### 10.2.5 Pah

En az 0,5 mm doğrulukla ölçme yapabilen bir uzunluk ölçme cihazı kullanılmalıdır. Şekil 2' de örneği verilmiştir.

Her blokta en fazla dört ölçme almak suretiyle bloğun her kenarında ölçme işlemi yapılmalıdır. Bombenin yatay ve düşey ortalama boyutları hesaplanmalı ve en yakın milimetreye yuvarlatılarak kaydedilmelidir.

### 10.2.6 Yüzey tabakasının kalınlığı

En az 0,5 mm doğrulukla ölçme yapabilen bir uzunluk ölçme cihazı kullanılmalıdır.

Ortasından ikiye ayrılmış bir beton blok alınır. Beton bloğun ayrılmış kesitinde, gözle muayene sonucunda yüzey tabakası kalınlığının en düşük olduğu herhangi bir noktada, yüzey tabakasının kalınlığı ölçülür. Ölçme değeri en yakın mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir. Yüzey tabakasının kalınlığı, pah kısmında ölçülmemelidir. Yüzey tabakasından dışarı doğru çıkan tek agrega taneleri ölçmede ihmal edilmelidir.

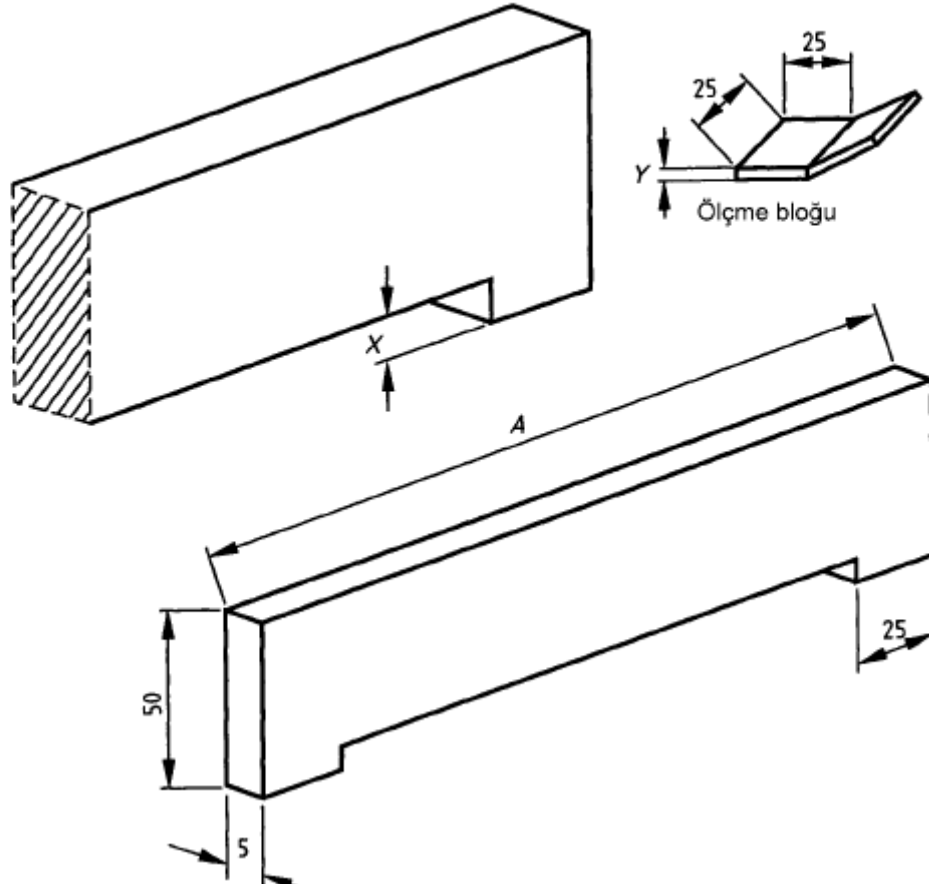
### 10.2.7 Ölçme donanımı örneği

#### 10.2.7.1 Dikdörtgenler prizması şekilli metal kutu

Beton bloğu içerisine almaya yeterli büyüklükte dikdörtgenler prizması şekilli metal bir kutu. Kutunun, birbirine komşu, düşey iki yan yüzeyi, yatay taban plâkasına sabitlenmiştir. Diğer düşey iki yan yüzey ise, sabit yan yüzeylere paralel şekilde yatay yönde hareket ettirilebilmektedir. Paralel kenar çiftleri arasındaki mesafe, bir cetvelden milimetre yaklaşımla okunabilmektedir. Metal kutu, milimetre yaklaşımla ölçme değeri elde edilebilecek yapıda imal edilmelidir.

### 10.2.7.2 Çentikli master ve ölçme bloğu

Ölçüler mm'dir

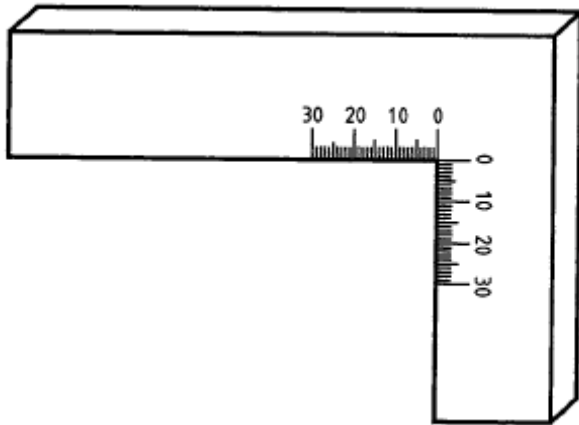


Şekil 1 - Çentikli master ve ölçme bloğu örneği

Çizelge 80 - Çentikli master ve ölçme bloğunun boyut ölçüleri

| A boyut ölçüsü<br>mm | X boyut ölçüsü<br>mm | Y boyut ölçüsü<br>mm |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| 300<br>400           | 1,5<br>2,0           | 2,5<br>3,5           |

### 10.2.7.3 İç kenarı milimetre aralıklarla bölümlenmiş gönye



Şekil 2 - Bölümlenmiş bir gönye örneği

## 10.3 BUZ ÇÖZÜCÜ TUZ ETKİSİYLE BİRLİKTE DONMA/ÇÖZÜLMEME KARŞI DİRENCİN TAYİNİ

### 10.3.1 Prensip

Numune ön şartlandırmaya tâbi tutulduktan sonra 28 gün süreyle, yüzeyi % 3'lük NaCl çözeltisi ile kaplanmış şekilde, donma-çözülme çevrimlerine maruz bırakılır. Donma-çözülme etkisiyle pullanma sonucu numuneden ayrılan parçalar toplanarak tartılır ve sonuç, numunenin metrekaresi başına kilogram cinsinden gösterilir.

### 10.3.2 Numune

Numune, donma çözülme 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.

### 10.3.3 Malzemeler

#### 10.3.3.1 İçilebilir su

**10.3.3.2 Donma ortamı**, kütlece % 97 oranında içilebilir özellikte su ve % 3 oranında Na Cl ihtiva eden sıvı.

**10.3.3.3 Yapıştırıcı**, plâstik tabakayı beton numuneye yapıştırmak için. Yapıştırıcı, maruz kalacağı çevre şartlarına dirençli olmalıdır.

**10.3.3.4 Silikon lâstik**, numune ile plâstik tabaka arasında yalıtım sağlamak ve beton numune kenarlarındaki pahı doldurmak için.

### 10.3.4 Cihazlar

**10.3.4.1 Elmas kesici**, beton numuneleri kesmek için.

**10.3.4.2 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 kapta ölçülmelidir. Kap, üst kenarına (10 ± 1)mm mesafeye kadar doldurulmalıdır.

**10.3.4.3 Plâstik tabaka**, kalınlığı (3,0 ± 0,5) mm, kullanılan tuz çözeltisine dayanıklı, -20 °C sıcaklıkta yeterli elâstikiyete sahip olmalıdır.

**10.3.4.4 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.

**10.3.4.5 Polietilen tabaka**, 0,1mm - 0,2mm kalınlıkta olan.

**10.3.4.6 Donma kabini**, soğutma ve ısıtma sistemi kontrol edilebilen. Kabin kapasitesi ve kabindeki hava dolaşımı, Şekil 4'de gösterilen süre - sıcaklık eğrisi sağlanabilecek şekilde olmalıdır.

**10.3.4.7 Isıl çiftler**, veya eşdeğeri sıcaklık ölçme cihazı. Bu cihaz donma ortamı ve deney numunesi yüzeyindeki sıcaklığı ± 0,5°C doğrulukla ölçmeye uygun olmalıdır.

**10.3.4.8 Kap**, beton blok numuneden kopan parçaları içerisinde toplamak için. Kap, 120°C sıcaklığa kadar kullanılmaya elverişli ve sodyum klorür etkisine dayanıklı olmalıdır.

**10.3.4.9 Süzgeç kağıdı**, numuneden kopan parçaları tutmak için

**10.3.4.10 Fırça**, genişliği 20 mm - 30 mm arasında olan. Beton blokta gevşeyen kısımları fırçalıyarak ayırmak için kolları yaklaşık 20 mm uzunlukta kesilmiş olmalıdır.

**10.3.4.11 Su püskürme şişesi**, gevşeyen malzemeleri yıkayarak çıkarmak ve bu malzemelerdeki tuzu uzaklaştırmak için içerisinde içilebilir su bulunan şişe.

**10.3.4.12 Kurutma kabini**, (105 ± 5)° C sıcaklıkta çalıştırılabilen

**10.3.4.13 Terazî**, ± 0,05 g doğrulukla tartı yapabilen.

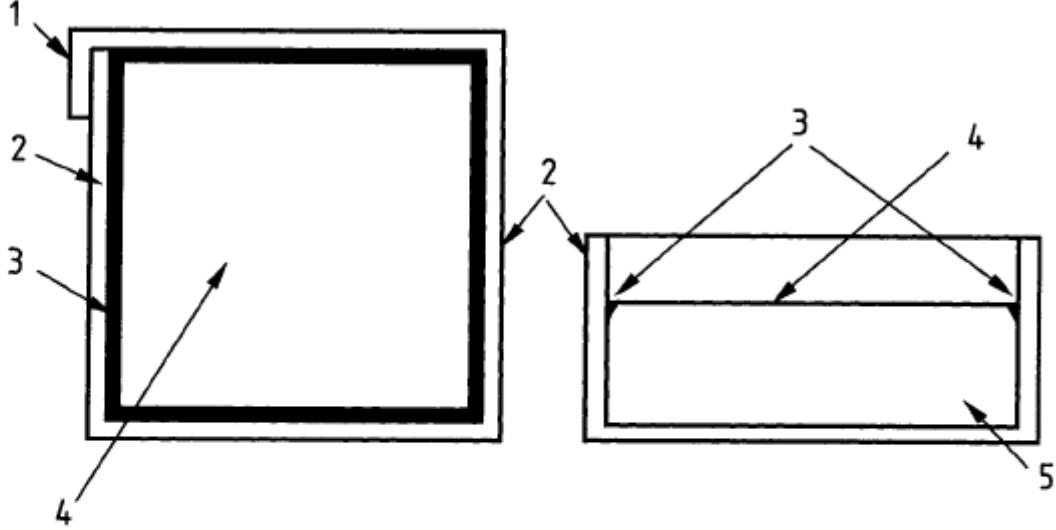
**10.3.4.14 Verniyeli kumpas**, ± 0,1 mm doğrulukla ölçme yapabilen.

### 10.3.5 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 ± 2)° C sıcaklık ve % (65 ± 10) bağıl neme sahip ve buharlaşma hızı, Madde 10.3.4.2'ye göre ölçüldüğünde ilk (240 ± 5) dakika sürede (200 ± 100) g/m<sup>2</sup> olan iklim kabini (168 ± 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 Şekil 3'de gösterilmiştir.



#### Açıklama

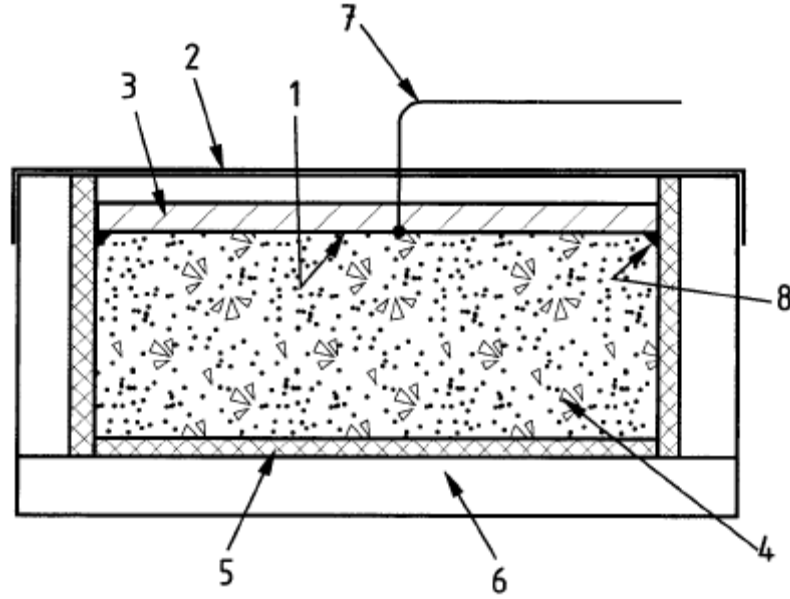
- 1 Bindirme
- 2 Plâstik tabaka
- 3 Sızdırmazlık fitili
- 4 Deney numunesi
- 5 Numune

**Şekil 3** - 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 in ortalaması alınarak belirlenir. İklim kabini nde bakıma tâbi tutulmasının ardından, deney numunesinin deneye tâbi tutulacak yüzeyine,  $(20 \pm 2)^{\circ}$  C sıcaklıktaki içilebilir özellikte su,  $(5 \pm 2)$  mm derinlikte doldurulur. Numune bu şekilde  $(72 \pm 2)$  saat süreyle  $(20 \pm 2)^{\circ}$  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. Isı yalıtım malzemesi Madde 10.3.4.4'de tarif edildiği gibi olmalıdır.

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. Çözelti derinliği numune yüzeyinden itibaren ölçülmelidir. Çözeltinin buharlaşması, bir polietilen levhanın numune üzerine Şekil 4'de gösterdiği gibi yatay şekilde yerleştirilmesi yoluyla önlenmelidir. Bu polietilen levha, deney boyunca mümkün olduğu kadar yatay kalmalı ve deney çözeltisine temas etmemelidir.



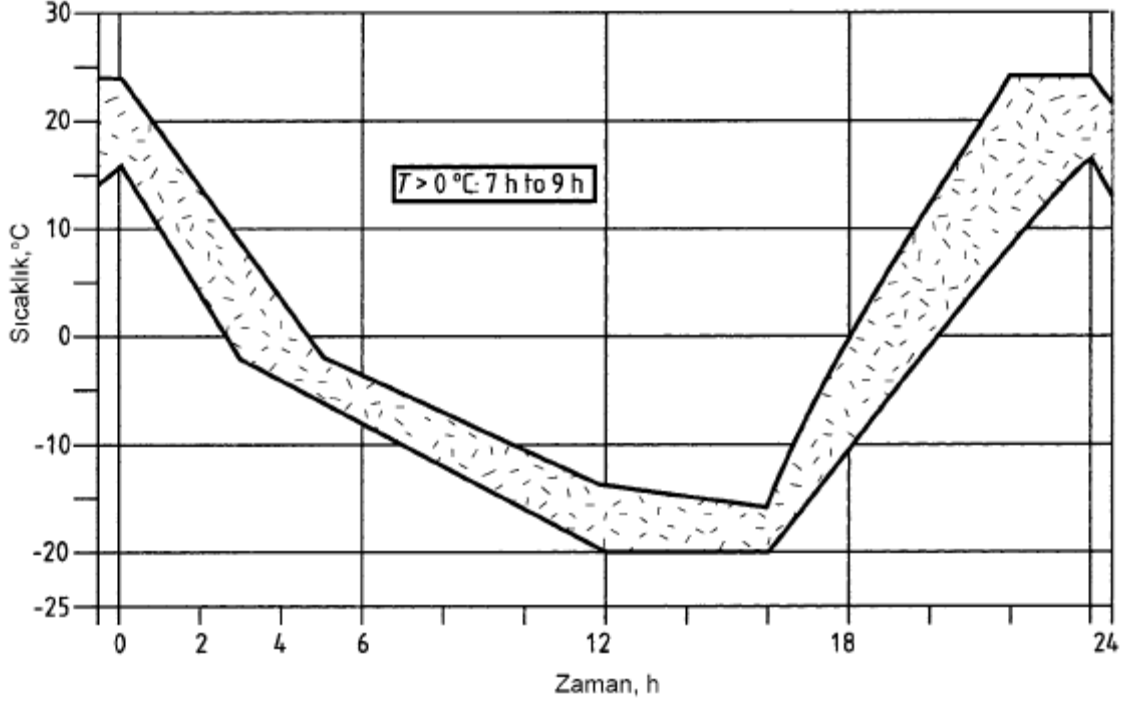
#### Açıklama

- |                                    |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| 1 Deney yüzeyi                     | 5 Plâstik levha         |
| 2 Polietilen levha                 | 6 Isı yalıtımı          |
| 3 Donma ortamı (sıvısı) (tuzlu su) | 7 Sıcaklık ölçme cihazı |
| 4 Deney numunesi                   | 8 Sızdırmazlık fitili   |

**Şekil .4 - Donma-çözülme deneyinde kullanılan düzenek prensibi**

#### 10.3.6 İşlem

Deney numuneleri donma kabinine, 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, Şekil 5'te gölgeli olarak gösterilen alan içerisinde kalmalıdır. Aynı zamanda, her bir çevrimde sıcaklık, 7 saatten az, 9 saatten fazla olmayan süreyle 0°C'u geçmelidir. Dondurma sıvısının sıcaklığı, donma kabininin 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 kabinine konulduktan (0±30) dakika sonra başlatılmalıdır. Deney esnasında çevrimin kesintiye uğraması hâlinde numune - 16 °C ve - 20 °C arasındaki sıcaklıkta donma evresinde tutulmalıdır. Bu kesintinin üç günden daha fazla devam etmesi hâlinde deney geçersiz sayılmalıdır.



**Şekil 5 - Süre - sıcaklık çevrimleri**

Grafikte gölgeli olarak gösterilen alanı belirten dönme noktalarının koordinatları Çizelge 81'de verilmiştir.

**Çizelge 81 - 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 kabin içerisine toplanır.

b) Kapta toplanan malzeme ve sıvı, süzgeç kağıdına dikkatlice dökülür. Süzgeç kağıdında toplanan malzeme, üzerinde kalan Na Cl'yi temizlemek üzere en az 1 litre içilebilir özellikte su ile yıkanır. Süzgeç kağıdı ve üzerinde toplanan malzeme, en az 24 saat süreyle ( $105 \pm 5$ )° C sıcaklıkta kurutulur. Kurutulan malzeme kütlesi, filtre kağıdı hariç üzere  $\pm 0,2$  g doğrulukla tartılmalıdır.

### 10.3.7 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, m<sup>2</sup>.

## 10.4 TOPLAM SU EMMENİN TAYİNİ

### 10.4.1 Prensip

Numune, (20 ± 5) °C sıcaklıktaki ortamda şartlandırıldıktan sonra, sabit kütleye ulaşınca kadar suya batırılır ve daha sonra da kurutularak değişmez kütleye ulaşması sağlanır. Küttele kayıp, numunenin kuru kütlesine oranla yüzde olarak gösterilir.

### 10.4.2 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.

### 10.4.3 Malzemeler

İçilebilir özellikte su.

### 10.4.4 Cihazlar

**10.4.4.1 Hava dolaşımli etüv,** hacminin (litre), havalandırma kanalları alanına (mm<sup>2</sup>) oranı 2000'den az olan kapasitede olan. Etüvün sıcaklığı, (105 ± 5)°C sıcaklıkta sabit tutulabilmelidir. Etüvün hacmi bir kerede kurutulacak numune hacminin en az 2,5 misli olmalıdır.

**10.4.4.2 Düz tabanlı kap,** içine konan numunelerin hacminin en az 2,5 katı hacminde ve numunelerden en az 50 mm daha fazla derinlikte, su sızdırmaz, düz tabanlı bir kap.

**10.4.4.3 Terazî,** gram cinsinden % 0,1 doğrulukla okuma yapabilen.

### 10.4.5 Deney numunelerinin hazırlanması

Deney numunelerindeki tozlar, gevşek kısımlar vs. fırça ile temizlenir ve numunelerin (20 ± 5) °C sıcaklıkta olması sağlanır.

### 10.4.6 İşlem

Numuneler kap içerisindeki (20 ± 5)° C sıcaklıkta suya batırılarak bu konumda sabit kütleye, M<sub>1</sub> ulaşınca kadar tutulur. Suyu batırma esnasında numuneler arasında en az 15 mm mesafe bulunmalı ve numunelerin üzerinde de en az 20 mm yükseklikte su tabakası bulunmalıdır. Suyu batırma süresi en az 3 gün olmalı ve 24 saat aryla art arda yapılan iki tartım arasındaki kütle farkı % 0,1'den daha düşük olunca sabit doygun 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 içersine aralarında en az 15 mm mesafe olacak şekilde yerleştirilir ve (105 ± 5) °C sıcaklıkta değişmez sabit kuru kütleye (M<sub>2</sub>) erişinceye kadar kurutulur.

Kurutma süresi, en az 3 gün olmalı ve 24 saat aryla art arda yapılan iki tartım arasındaki kütle farkı % 0,1'den daha düşük olunca sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmelidir. Tartım işleminden önce numuneler, oda sıcaklığına kadar soğuyuncaya kadar bekletilmelidir.

### 10.4.7 Deney sonuçlarının hesaplanması

Her bir numunenin su emmesi (W<sub>a</sub>), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak küttele 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,

## 10.5 DAYANIMIN ÖLÇÜLMESİ

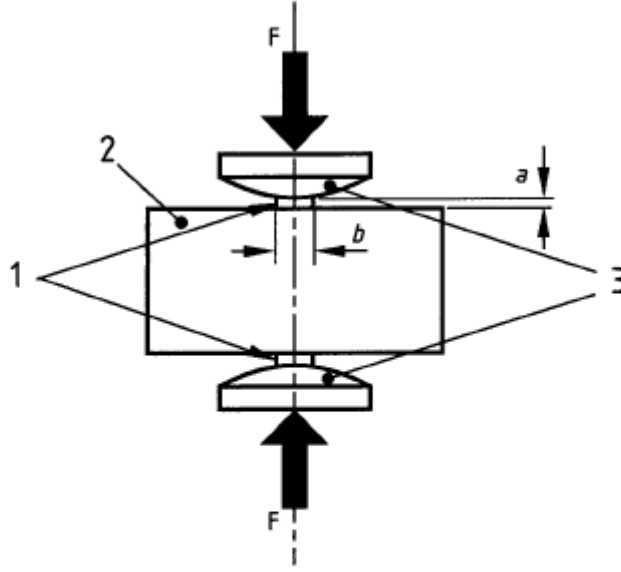
### 10.5.1 Cihazlar

Deney makinasının, tahmin edilen yükün  $\pm \% 3$ 'ünü doğrulukla gösterebilecek bir kadranı bulunmalı ve yükü belirlenen hızda arttırarak uygulayabilecek kapasitede olmalıdır.

Deney makinasına, temas ettiği yüzeylerin yarı çapı  $(75 \pm 5)$  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 eksen 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

Şekil 1 - Deney prensibi

Yerleştirme parçası, aşağıda verilen sertlik şartlarına sahip malzemeden yapılmış olmalıdır:  $(16,0 \pm 0,5)$  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.

### 10.5.2 Numunenin deneye hazırlanması

Çapak ve büyük çukurlukları giderilmiş tam beton blok kullanılır. Pürüzlü, desenli veya eğri olan yüz aşındırılarak veya başlıklarla 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.

### 10.5.3 İşlem

Beton blok, yerleştirme parçaları kullanılarak alt ve üst yükleme başlıklarına değecek şekilde deney makinasına yerleştirilir. Yerleştirme parçaları ve yükleme başlığı eksenlerinin beton bloğun yarıılma kesiti ile aynı çizgi üzerinde olduğundan emin olunmalıdır.

Yarıılma kesiti/kesitleri, aşağıdaki öncelik sırasına uygun olarak seçilmelidir:

a) Deney, beton bloğun kenarlarına paralel ve simetrik ve en uzun yarıılma 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, mesafa 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 ± 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 :

$$S = l \cdot t$$

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.

#### 10.5.4 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 :

$$T = 0,637 \cdot k \cdot P / S$$

Burada;

T: Dayanım, MPa

P: Kırılma yükü, N

k :Aşağıdaki eşitlikle hesaplanan veya Çizelge 10.8'den alınan parke taşı kalınlığı için düzeltme katsayısı'dır.

Beton blok kalınlığı; 140 mm < t ≤ 180 mm ise k =1,3-30 (0,18-t/1000)<sup>2</sup> eşitliği ile hesaplanır,  
Beton blok kalınlığı; t > 180 mm ise k=1,3 alınır veya t ≤ 140 mm ise k, Çizelge 82'den alınır.

**Çizelge 82** - 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 :

$$F = P / L$$

## 10.6 AŞINMAYA KARŞI DİRENCİN ÖLÇÜLMESİ

### 10.6.1 Geniş diskli aşınma deneyinin prensibi

Deney, kaplama elemanı üst yüzünün standard şartlar altında, aşındırıcı malzeme (zımpara tozu) kullanılarak aşındırılması yoluyla uygulanır.

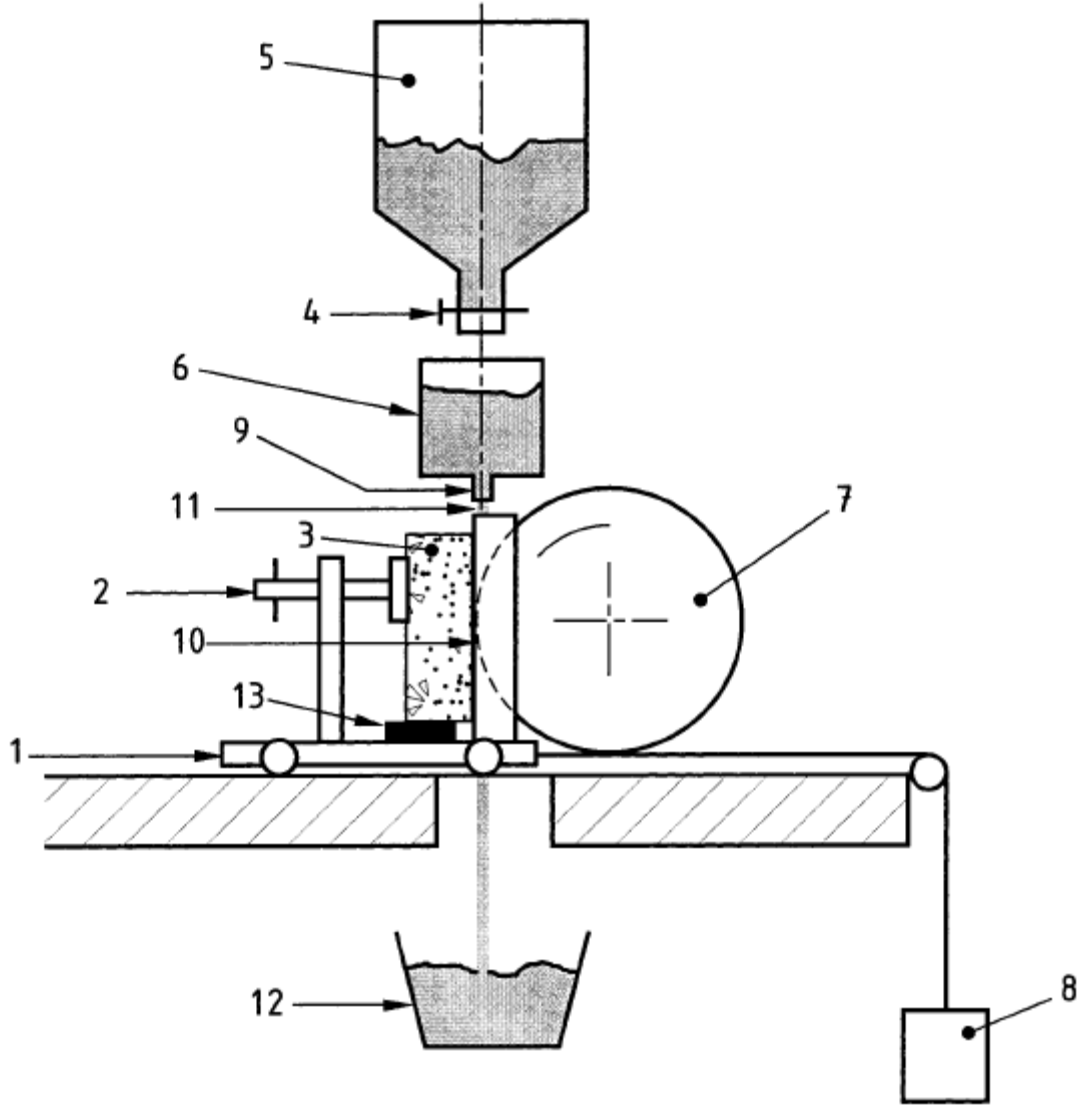
### 10.6.2 Aşındırıcı malzeme

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.

### 10.6.3 Cihazlar

**Aşındırma cihazı (Şekil 1)**, asıl parça olarak, büyük aşındırma diskli, 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.



#### Açıklama:

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Numune tutma kazağı        | 8 Karşı ağırlık                   |
| 2 Tespit vidası              | 9 Çıkış ağız                      |
| 3 Deney numunesi             | 10 Öyuk                           |
| 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      |                                   |

Şekil 1 - Aşındırma cihazı çalışma prensibi

**Geniş aşındırma diski**, EN 10083-2'ye uygun çelikten yapılmış olan. Çeliğin sertliği 203 HB ve 245 HB arasında olmalıdır (EN ISO 6506-1, EN ISO 6506-2 ve EN ISO 6506-3'te tarif edilmiştir). 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 kazağı**, mesnetler üzerine monte edilmiş olan. Bu numune tutma kazağı, 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 olan. 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. Dikdörtgen şekilli silo kullanılması ve silo ağzının en az bir kenarına, ağız boyunca eğim verilmiş olması hâlinde, silo boyutu için yukarıda verilen boyut sınırlandırılmasına gerek duyulmaz .

Akış yönlendirici silo çıkış ağız ile aşındırma diski merkez eksenini arasındaki, serbest düşüş mesafesi, (100±5) mm olmalı ve zımpara tozu akış kütlesi ile disk ön kenarı arasındaki mesafe, (1 ~ 5) mm olmalıdır.

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.

#### 10.6.4 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 ± 10) mm olan rijit bir kap içerisine, tozun yaklaşık 100 mm yükseklikten akıtılması yoluyla doğrulanmalıdır. Ağıza 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 ± 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, Madde 10.6.6'da tarif edilen işlem kullanılmak suretiyle kalibre edilmelidir. İşlem esnasında, karşı ağırlık aşındırma diskinin, (60 ± 3) saniye sürede 75 dönme yapmasından sonra, mermerde oluşan oyuk uzunluğu (20,0 ± 0,5) mm olacak şekilde ayarlanmalıdır. Karşı ağırlık, oluşan oyuğun gerekli olandan büyük veya küçük oluşuna göre azaltılmalı veya artırılmalıdır. Numune tutma kızıağı/ karşı ağırlık düzeneği, uygun olmayan sürtünme etkisine karşı kontrol edilmelidir.

Numunede oluşan oyuk, Madde 10.6.7'de tarif edilen işlem kullanılarak, 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.

'Boulonnasie mermeri' özellikleri:

Yarı saydam Lunel, kalınlık  $\geq 50$  mm, "contre-passe iki yüz" tane büyüklüğü 100/120 olan elmasla aşındırılmış, EN ISO 4288'e göre kalibre edilmiş rugotest ile ölçme yapıldığında pürüzlülük :  $R_a = (1,6 \pm 0,4) \mu m$ .

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. Gerekli olması hâlinde aşağıda verilenler kontrol edilmelidir:

- Numunenin, aşındırma diskinin dik açıyla tutulup tutulmadığı,
- Numune tutma kızıağı ve aşındırma tozu akış yönlendiricisi ağzının, disk eksenine paralel olup olmadığı,
- Aşındırma tozu akışının, tüm ağız boyunca düzgün dağılıp dağılmadığı,
- Numune tutma kızıağı/karşı ağırlık düzeneği sürtünmesinin uygun olup olmadığı.

#### 10.6.5 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, Madde 10.6.4'e göre, birbirine dik iki doğrultuda, 100 mm mesafede ölçülen tolerans,  $\pm 1$  mm olacak şekilde düz olmalıdır.

Deney numunesi yüzeyinin pürüzlü olması veya yüzeyin düzleminden 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.

#### 10.6.6 İşlem

Aşındırma tozu silosu, rutubeti en fazla % 1 olan kuru aşındırma tozu ile doldurulur. Numune tutma kazağı, 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 diskinde 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 numunede iki deney yapılmalıdır.

#### 10.6.7 Oyuk boyutlarının ölçülmesi

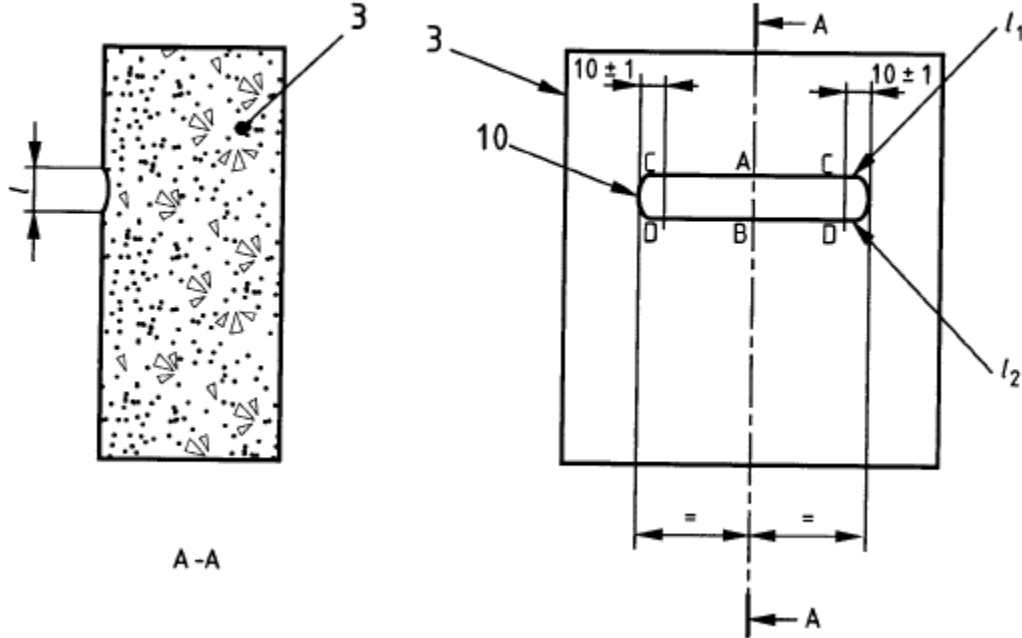
Numune, anma büyütmesi en az 2x olan büyük boyutlu büyüteç altına konulur ve tercihan, oyuk boyutlarının daha kolay ölçülebilmesini sağlamak üzere ışıklandırma donanımı bulundurulur.

Oyuğun her iki uzun kenarının ( $l_1$  ve  $l_2$ ) sınırları, uç kalınlığı 0,5 mm olan kurşun kalemle, cetvel kullanılarak çizilmelidir.

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.

Ölçüler mm'dir



Şekil 4 - Oyuk açılmış numune örneğinin deneyden sonraki görünüşü

#### 10.6.8 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.

## 10.7 Aşınmaya Karşı Direncin Böhme Deneyi İle Ölçülmesi

### 10.7.1 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.

### 10.7.2 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)<sup>1)</sup> kullanılmalıdır.

### 10.7.3 Cihazlar

**10.7.3.1 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.

**10.7.3.2 Aşındırıcı disk**, Böhme aşındırıcı diski, Şekilde gösterildiği gibi, esas olarak belirlenen bir izde aşındırıcıyı alarak dönen bir disk, bir numune tutucu ve yükleme cihazından meydana gelir.

**10.7.3.3 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.

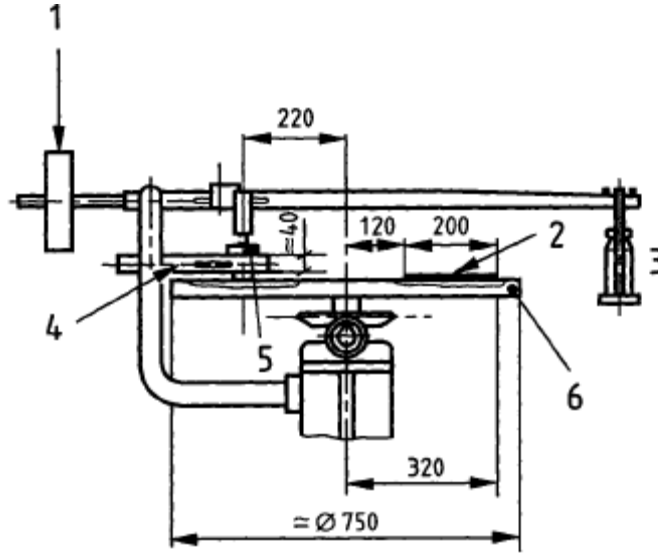
Diske, 22 dönüşten sonra dönüşü otomatik olarak durduran bir sayaç monte edilmiş olmalıdır.

**10.7.3.4 Deney izi**, iç yarıçapı 120 mm, dış yarıçapı 320 mm, (genişliği 200 mm) dairesel şekilli olmalı ve değiştirilebilmelidir. İz, fosfor muhtevası % 35 i geçmeyen, karbon muhtevası en az % 3 olan perlitik yapıli dökme demirden yapılmış olmalıdır. İz kenarı boyunca en az on noktada alınan ölçmelerin ortalaması alınarak (EN ISO 6506-1, EN ISO 6506-2 ve EN ISO 6506-3'de tarif edilen şekilde) hesaplanan Brinell sertliği 190-220 HB 2,5/187,5 olmalıdır.

İzin yüzeyi kullanım sırasında aşınmaya maruzdur, yüzeydeki kalınlık azalması 0,3 mm'yi geçmemeli, en derin oyuk 0,2 mm'den daha derin olmamalıdır. Bu değerler aşılabacak olursa, iz değiştirilmeli veya yüzeyi yeniden işlenmelidir.

**10.7.3.5 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 200mm 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.

**10.7.3.6 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 yükleme ağırlığı ve karşı ağırlıktan meydana gelir. Sistem, yükün, yükleme çubuğu vasıtasıyla numunenin merkezine dik olarak iletilebileceği biçimde tasarlanmıştır olmalıdır. Manivela kolunun kendi ağırlığı karşı yük ve yükleme ağırlığının konacağı kefe ile dengelendirilmelidir. Numuneye etkiyen yük, yükleme 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 Yükleme ağırlığı | 6 Döner disk      |

**Şekil 1 - Böhme aşındırma diskinin prensibi**

#### 10.7.4 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 Madde 10.7. 6'da tarif edildiği şekilde 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 ( $110 \pm 5$ ) °C'ta sabit kütleye kadar kurutulur.

İstisnai hâllerde, ıslak veya suya doymun şartlarda deney uygulamak amacıyla numuneler yedi günden az olmamak şartıyla suya daldırılmalı, her tartımdan önce nemli bir sünger ile kurularak her numune yaklaşık eşit nemli hâle getirilmelidir.

Aynı tipteki en az üç farklı numunenin veya çalışma parçasının her birinden bir deney numunesi alınmalıdır.

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.

#### 10.7.5 İşlem

Numuneler, deneye başlanmadan önce ve her dört devirden sonra (Madde 10.7. 4) 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° döndürülmeli ve ize, Madde 10.7.2'de tarif edildiği gibi yeni aşındırıcı konulmalıdır.

Islak veya suya doymun 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 (Madde 10.7.3).

#### 10.7.6 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, mm<sup>3</sup>,

$\Delta m$  16 çevrimden sonra kütle kaybı, g,

$\rho_R$  Numunenin yoğunluğu, çok katlı numunede aşınmaya maruz tabakanın yoğunluğu, mm<sup>3</sup>

# **BÖLÜM 11**

**BETON BORDÜR TAŞLARI-GEREKLİ ŞARTLAR  
VE DENEY METOTLARI (TS 436 EN 1340)**



## BETON BORDÜR TAŞLARI- GEREKLİ ŞARTLAR VE DENEY METOTLARI (TS 436 EN 1340)

### 11.1 Kapsam

Bu standard, donatısız, çimento bağlayıcılı ön dökümlü beton bordür taşlarının malzemelerini, özelliklerini, sahip olması gerekli şartları ve deney metotlarını kapsar.

### 11.2 Terimler ve tarifleri

#### Beton bordür taşı:

Aynı veya farklı seviyelerde bulunan yüzeyleri, aşağıda verilenleri sağlamak üzere ayırmak için kullanılan ön dökümlü beton birim.

- Fizikî veya görsel sınır meydana getirmek veya çevreleme,
- Tek olarak veya diğer bordür taşları ile birlikte drenaj kanalları,
- Farklı türde trafik için düzenlenen yüzeyleri birbirinden ayırma .

#### Kalınlık

Bordür taşı üst yüzü ile yataklama yüzü arasındaki mesafe.

#### Yataklama yüzü

Döşeme sonrasında zeminle temas eden alt yüz.

#### Yan yüz eğim açısı

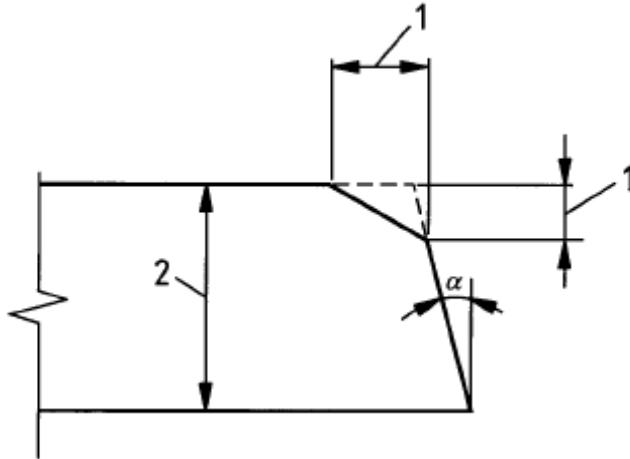
Şekil 1'de gösterildiği gibi, bordür taşı yan yüzünün, tüm yükseklik boyunca düşey düzlemle yaptığı açı.

#### Pah

Şekil 1'de görülen şekilde kesilmiş kenar.

#### Kenar

Bordür taşının, iki yüzünün birleştiği kısmı. Kenar, pahlı, yuvarlatılmış, oluklu, açılı kesilmiş veya aşındırılmış olabilir.



1 Pah 2 Kalınlık  $\alpha$  Yan yüz eğim açısı

Şekil 1 – Pah ve yan yüz eğim açısı

### 11.3 Biçim ve boyutlar

#### 11.3.1 İzin verilen sapma sınırları

İmalâtçı tarafından beyan edilen anma boyutlarında izin verilen sapmalar aşağıda verilmiştir.

Uzunluk : En yakın mm'ye yuvarlatıldığında, 10 mm'yi geçmemek ve en az 4 mm olmak şartıyla  $\pm \%1$ .

Diğer boyutlar, çaplar hariç olmak üzere:

Yüzeyler için : En yakın mm'ye yuvarlatıldığında, 5 mm'yi geçmemek ve en az 3 mm olmak şartıyla  $\pm \%3$ .

Diğer kısımlar için : En yakın mm'ye yuvarlatıldığında, 10 mm'yi geçmemek ve en az 3 mm olmak şartıyla  $\pm \%5$ .

Bordür taşının bir boyutu üzerinde yapılan herhangi iki ölçümün arasında 5 mm'den fazla fark olmamalıdır.

Yüzeyin düzgün, kenarın doğru olarak tanımlanabilmesi için, düzlemden ve doğrudan sapmaya uygulanacak

toleranslar, Çizelge 83'de verilen değerlere uygun olmalıdır.

**Çizelge 83 - Düzlemde ve doğrultuda izin verilen sapma sınırları**

| Ölçü uzunluğu | Düzlemde ve doğrultuda izin verilen sapma sınırları |
|---------------|-----------------------------------------------------|
| mm            | mm                                                  |
| 300           | ± 1,5                                               |
| 400           | ± 2,0                                               |
| 500           | ± 2,5                                               |
| 800           | ± 4,0                                               |

#### 11.4 Fiziksel ve mekanik özellikler

##### 11.4.1 Genel

Beton bordür taşları aşağıda verilen gereklere uygun olmalıdır.

##### 11.4.2 Hava etkileri nedeniyle yıpranmaya karşı direnç

###### 11.4.2.1 Deney metodu

Hava etkileri nedeniyle yıpranmaya karşı direnç, donma çözülme bakımından veya su emme'ye göre yapılacak deneylerden elde edilen sonuçların, uygunluk kriterlerine göre değerlendirilmesiyle tayin edilir.

###### Buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma/çözülme karşı direncin tayini

Numune ön şartlandırmaya tâbi tutulduktan sonra 28 gün süreyle, yüzeyi % 3'lük NaCl çözeltisi ile kaplanmış şekilde, donma-çözülme çevrimlerine maruz bırakılır. Donma-çözülme etkisiyle pullanma sonucu numuneden ayrılan parçalar toplanarak tartılır ve sonuç, numunenin metre karesi başına kilogram cinsinden gösterilir.

Numune, donma çözülme etkisine maruz bırakılacak üst yüzeyi 7500 mm<sup>2</sup>'den küçük, 25000 mm<sup>2</sup>'den daha büyük olmamalı ve kalınlığı en fazla 103 mm olmalıdır. Numune, bu ölçüler sağlanacak şekilde beton bordür taşı birimden alınacaksa, numune alınacak bordür taşı en az 20 günlük olmalıdır.

Kullanılan malzemeler, cihazlar, deney numunelerinin hazırlanması, deney işlemi, deney sonuçlarının hesaplanması TS 2824 EN 1338 "Beton Parkeler" standardındaki gibidir.

###### Toplam su emmenin tayini

Numune, (20 ± 5) °C sıcaklıktaki ortamda şartlandırıldıktan sonra, sabit kütleye ulaşıncaya kadar suya batırılır ve daha sonra da kurutularak değişmez kütleye ulaşması sağlanır. Kütle kaybı, numunenin kuru kütlesine oranla yüzde olarak gösterilir.

Beton bordür taşının her iki ucundan birer numune alınır. Numuneler testere ile kesilerek veya karot almak suretiyle alınır. Alınan her bir numunenin kütlesi 2,5 kg'dan az, 5,0 kg'dan daha fazla olmamalıdır. Bordür taşının iki farklı beton karışımından meydana gelmesi hâlinde, bu karışımların beton bordür taşında kullanılan oranları, numuneye de aynen yansıtılmış olmalıdır.

Kullanılan malzemeler, cihazlar, deney numunelerinin hazırlanması, deney işlemi, deney sonuçlarının hesaplanması TS 2824 EN 1338 "Beton Parkeler" standardındaki gibidir.

###### 11.4.2.2 Performans ve sınıflar

Beton bloklar, Çizelge 84 veya Çizelge 85'de verilen gerekleri sağlamalıdır.

Mamulün o ülke şartlarında dayanıklılığını garanti altına almak üzere gerekli hava etkileri nedeniyle yıpranmaya karşı direnç sınıfı ile ilgili öneriler (şartnameler) o ülkeye mahsus olarak tesis edilebilir.

**Çizelge 84 – Su emme**

| Sınıf | İşaretleme | Su emme<br>Kütlece %  |
|-------|------------|-----------------------|
| 1     | A          | Performans ölçülmez   |
| 2     | B          | ≤ 6 (ortalama olarak) |

Donma şartlarıyla birlikte yüzeyin buz çözücü tuzlarla sık sık temas etmesi gibi özel şartların mevcut olduğu hâllerde, Çizelge 11.2.2'de tarif edilen gerekler sağlanmalıdır.

**Çizelge 85–** Buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma çözülme etkisine direnç

| Sınıf | İşaretleme | Donma Çözülme deneyinden sonra kütle kaybı kg/m <sup>2</sup>                           |
|-------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 3     | D          | ≤1,0 (ortalama olarak)<br>Tek numune sonuçlarının hiçbirisi 1,5'dan büyük olmamalıdır. |

#### 11.4.3 Aşınmaya direnç

##### Aşınmaya karşı direncin ölçülmesi

Aşınma direnci, geniş diskli aşınma deneyi yoluyla veya alternatif metot olarak Böhme deneyi ile tayin edilir. Geniş diskli aşınma deneyi referans deneydir.

Aşınma direnci için gerekli şartlar Çizelge 86'da verilmiştir.

Deney sonuçlarından hiçbirisi, gerekli değerden daha büyük olmamalıdır.

Deney için kullanılan malzemeler, cihazlar, deney numunelerinin hazırlanması, deneyin yapılması işlemi, deney sonuçlarının hesaplanması TS 2824 EN 1338 "Beton Parkeler" standardındaki gibidir.

**Çizelge 86 –** Aşınmaya direnç sınıfları

| Sınıf | İşaretleme | Gerekli şartlar                                              |                                                                                |
|-------|------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|       |            | Ek G'de tarif edilen deney metodu kullanılarak ölçülen değer | Alternatif olarak Ek H'da tarif edilen deney metodu kullanılarak ölçülen değer |
| 1     | F          | Performans ölçülmez                                          | Performans ölçülmez                                                            |
| 3     | H          | ≤ 23 mm                                                      | ≤ 20 000 mm <sup>3</sup> / 5 000 mm <sup>2</sup>                               |
| 4     | I          | ≤ 20 mm                                                      | ≤ 18 000 mm <sup>3</sup> / 5 000 mm <sup>2</sup>                               |

#### 11.4.4 Eğilme dayanımı

##### 11.4.4.1 Deney metodu

Karakteristik eğilme dayanımı, yapılacak deneyler ve verilen uygunluk kriterlerine göre değerlendirilmesiyle tayin edilmelidir.

##### 11.4.4.2 Performans ve sınıflar

Karakteristik eğilme dayanımı, Çizelge 87'de ilgili sınıf için verilen değerden daha küçük olmamalıdır.

Tek deney sonuçlarından hiçbirisi Çizelge 87'de ilgili sınıf için verilen en küçük değerden daha küçük olmamalıdır. Bordür taşlarının, biçimleri nedeniyle bu standarda göre deneye tâbi tutulamaması hâlinde, bu elemanlar, en az bu standarda uygun bordür taşında kullanılan betona eşdeğer kalitede betondan imal edilmiş olmaları hâlinde, bu standarda uygun kabul edilirler.

**Çizelge 87 –** Eğilme dayanımı sınıfları

| Sınıf | İşaretleme | Karakteristik eğilme dayanımı<br>MPa | En küçük eğilme dayanımı<br>MPa |
|-------|------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1     | S          | 3,5                                  | 2,8                             |
| 2     | T          | 5,0                                  | 4,0                             |
| 3     | U          | 6,0                                  | 4,8                             |

#### 11.4.4.3 Eğilme dayanımının ölçülmesi

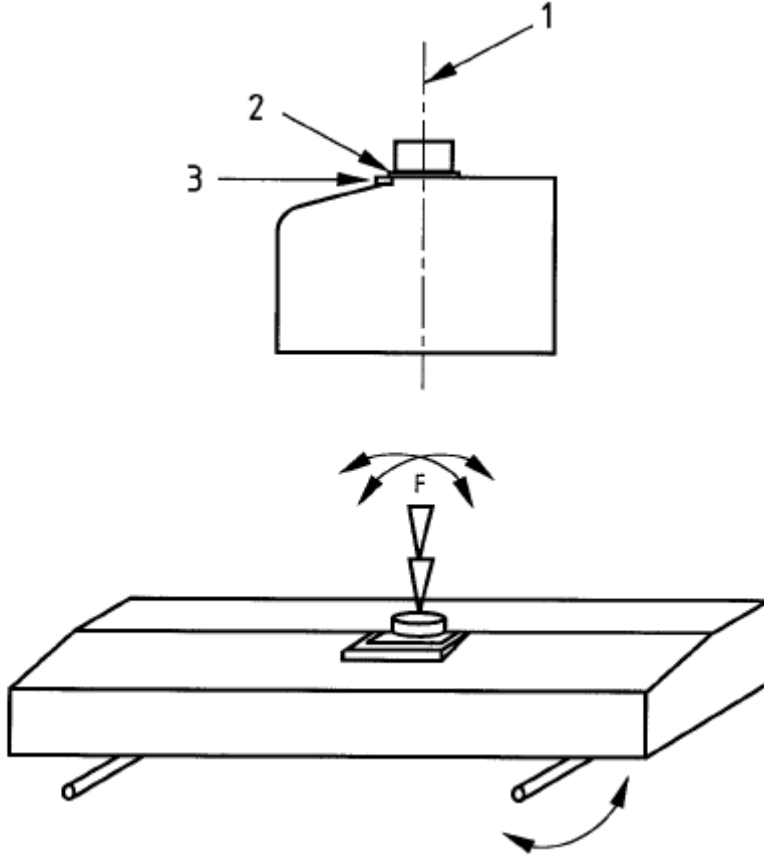
##### 11.4.4.1 Cihazlar

Enine yükleme deney makinasının, tahmin edilen yükün ± % 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 (Şekil 1).

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 (Şekil F.1) yastık üzerine küresel yataklanmış başlık vasıtasıyla uygulanmalıdır.

Mesnetler, rijit malzemeden yapılmış,  $(20 \pm 1)$  mm çapta, yuvarlak veya yuvarlatılmış olmalıdır.

(Şekil 1)



**Açıklama:**

1 Ağırlık merkezinden geçen hat

2 Yerleştirme parçası

3 Sert ahşaptan yapılmış kama veya harç dolgu kütlesi

**Şekil F.1 – Deney prensibi**

**11.4.4.2 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 kurulur ve hemen deneye tâbi tutulur.

Elde edilen deney sonuçları arasında bir bağıntı kurulmuş ve kanıtlanmışsa, rutin deneylerde, yukarıda tarif edilenden farklı diğer hazırlama metotları kullanılabilir.

**11.4.4.3 İşlem**

Beton bordür taşı numune, deney makinasına yerleştirilir. Numunenin uçları ile alt mesnetler arasındaki mesafe (numune uçlarının mesnetlerden taşan 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.

#### **11.4.4.4 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.

$$T = (PL_y) / 4I$$

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.

#### **11.4.4.5 Deney raporu**

Deney raporunda, bordür taşının eğilme dayanımı, T, yer almalıdır.

#### **11.4.4.6 Görünümle ilgili hususlar**

##### **11.4.4.7 Görünüm**

Beton bordür taşlarının üst yüzlerinde, çatlama veya pullanma gibi kusurlar görünmemelidir.



# **BÖLÜM 12**

**YAPIDA BETON DENEYLERİ-KAROT NUMUNELER,  
KAROT ALMA,MUAYENE VE BASINÇ  
DAYANIMININ TAYİNİ  
(TS EN 12504-1)**



## **YAPIDA BETON DENEYLERİ - KAROT NUMUNELER - KAROT ALMA, MUAYENE VE BASINÇ DAYANIMININ TAYİNİ (TS EN 12504-1)**

### **12.1 Kapsam**

Bu standard, sertleşmiş betondan karot numune alma, numunelerin muayenesi, deneye hazırlanması ve basınç dayanımının tayini için deney metodunu kapsar.

### **12.2 Prensip**

Karot alma cihazı kullanılarak alınan karotlar, dikkatlice incelenir, aşındırma veya başlık yapılması yoluyla deney için hazırlanır ve standard işlemler kullanılarak basınç dayanımı tayini deneyine tâbi tutulur.

### **12.3 Cihazlar**

**12.3.1 Karot alma cihazı**, sertleşmiş betondan, karot numuneler almaya uygun ekipman.

**12.3.2 Basınç deney makinası**, EN 12390-4'e uygun ve kapasitesi, numune boyutları ile numunenin tahmin edilen kırılma yüküne bağlı olarak seçilen.

**12.3.3 İbrelî veya kollu terazi**, deneye tâbi tutulacak karot numunenin kütlesini, % 0,1 doğrulukla tartabilen.

**12.3.4 Kumpas ve/veya cetvel**, karot ve çelik donatı boyutlarını,  $\pm$ % 1 toleransla ölçmeye uygun olan.

**12.3.5 Ölçü aleti**, numunenin alt ve üst yüzeylerindeki düzlükten sapmanın, verilen sınırlar içerisinde olup olmadığını kontrol etmek için.

**12.3.6 Gönyeler ve diğer ölçü aletleri (veya diğer alet)**, numunenin doğrultu ve diklikten sapmasının verilen sınırlar içerisinde olup olmadığını kontrol etmek için.

### **12.4 Karot alınması**

#### **12.4.1 Genel**

Betonda kullanılan agrega en büyük tane büyüklüğünün, karot çapına oranı, 1:3'den daha büyük değerler alması halinde, ölçülen dayanım değeri üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Agrega tane büyüklüğü ve karot çapının, karot numune dayanımı üzerindeki etkisi hakkında bilgi verilmiştir.

#### **12.4.2 Karot alma yeri**

Karot almadan önce, karot alınmasının yapı üzerinde oluşturacağı herhangi bir olumsuz etki dikkate alınmalıdır.

Karot, tercihan, beton elemanların kenarları veya herhangi bir birleşim yerinden uzaktaki ve donatının çok az olduğu veya hiç olmadığı noktalardan alınmalıdır.

#### **12.4.3 Karot alma**

Karot, aksi belirtilmemişse beton yüzeyine dik olarak alınmalı ve işlem esnasında karota hasar verilmemelidir. İşlem esnasında karot alma makinası hareket etmeyecek şekilde sıkıca sabitlenmiş olmalıdır.

#### **12.4.4 Karot uzunluğu**

Dayanım tayini deneyi için alınacak karot uzunluğunun kararlaştırılmasında aşağıda verilen parametreler dikkate alınmalıdır :

- a) Karotun çapı,
- b) Yapılması plânlanan yüzey düzeltme metodu,
- c) Elde edilecek dayanımın küp dayanımı veya silindir dayanımından hangisine dönüştürüleceği .

#### **12.4.5 İşaretleme ve tanımlama**

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 numune haline getirilecekse, her numunenin orijinal karot içerisindeki yeri ve yönü işaretlenmelidir.

#### **12.4.6 Donatı**

Karotun, içerisinde donatı bulunacak şekilde alınmasından mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. Basınç dayanımı tayini için kullanılacak karot numunelerde, boyuna eksen doğrultusunda veya bu eksene çok yakın doğrultuda donatı bulunmaması sağlanmalıdır.

### **12.5 Muayene**

#### **12.5.1 Gözle muayene**

Herhangi bir kusurun belirlenmesi için karot numune gözle muayene edilmelidir.

### 12.5.2 Ölçümler

Ölçümler aşağıda verilen şekilde yapılmalıdır :

- a) Karot çapı,  $dm$  ,  $\pm \% 1$  doğrulukla, karot uzunluğunun yarısı ve dörttebir noktalarından, birbirine dik iki doğrultuda ölçülmelidir.
- b) Karot uzunluğu, teslim alındığı haliyle en büyük ve en küçük uzunluk değerleri ve uçlarının düzeltilme işlemleri tamamlandıktan sonraki uzunluğu olarak  $\pm \% 1$  doğrulukla ölçülmelidir.
- c) Donatı, karot içerisinde bulunan herhangi donatının çapı, donatının merkezi ile karotun kenarı (ları) ve/veya karotun eksenini arasındaki mesafe, karotun teslim alındığı haliyle ve uçlarının düzeltilme işlemleri tamamlandıktan sonra ölçülmelidir. Ölçme işlemleri 1 mm doğrulukla yapılmalıdır.

### 12.6 Karotların hazırlanması

#### 12.6.1 Genel

Basınç dayanımı deneyi için karot numunenin uç yüzeyleri, TS EN 12390-3'e uygun şekilde hazırlanmalıdır.

#### 12.6.2 Boy / çap oranları

Tercih edilen boy / çap oranları aşağıda verilmiştir :

- a) Dayanım sonucu silindirik dayanımına dönüştürülecekse ; 2,0
- b) Dayanım sonucu küp dayanımına dönüştürülecekse ; 1,0

#### 12.6.3 Toleranslar

Numune aşağıda verilen toleranslar içerisinde kalınacak şekilde hazırlanmalıdır :

- a) Aşındırma, yüksek alüminli çimento veya kükürt kullanılarak başlık yapma suretiyle hazırlanan uç yüzeylerinde düzlükten sapma toleransı TS EN12390-1'e uygun olmalıdır.
- b) Hazırlanan uç yüzeylerinin yan yüze göre diklikten sapma toleransı TS EN12390-1'e uygun olmalıdır.
- c) Karot yan yüzeyinin, çizilen doğrultu çizgisinden sapma toleransı, ortalama karot çapının  $\%3$ 'ü olmalıdır.

### 12.7 Basınç deneyi

#### 12.7.1 Numunelerin saklanması

Suya doymun durumda deneye tâbi tutulması gerekiyorsa numune, deneyden önce en az 40 saat süreyle su içerisinde bekletilmelidir.

#### 12.7.2 Deney

Deney, TS EN 12390-4'e uygun basınç deney makinesi kullanılarak, TS EN 12390-3'e uygun şekilde yapılmalıdır.

Çatlak, boşluklu veya başlığı gevşek durumda olan karotlar deneye alınmamalıdır.

Numune yüzeyinde bulunan herhangi gevşek kum veya diğer malzeme temizlenmelidir.

Deneye başlarken numunenin halâ ıslak olması halinde yüzeydeki serbest su silinerek temizlenmelidir.

Numunenin, deney esnasındaki yüzey rutubet durumu (ıslak/kuru) kaydedilmelidir.

### 12.8 Deney sonuçlarının gösterilmesi

Her numunenin basınç dayanımı, en büyük kırılma yükünün, ortalama çap kullanılarak hesaplanan en kesit alanına bölünmesi yoluyla hesaplanır ve sonuç en yakın 0,5 MPa veya 0,5 N/mm<sup>2</sup> ye yuvarlatılarak gösterilir.

### 12.9 Agregatane büyüklüğü ve karot çapının karot numunenin basınç dayanımı üzerindeki etkisi

Betonda kullanılan agregatane en büyük tane büyüklüğü ; 20 mm ve 40 mm olan, 25 mm, 50 mm ve 100 mm çaplı karotlarda yapılan deneylerden aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir :

- a) Agregatane en büyük tane büyüklüğü 20 mm olan betonda ;  
Çapı 100 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımı, çapı 50 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık olarak  $\% 7$  daha yüksek,  
Çapı 50 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımı, çapı 25 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık olarak  $\% 20$  daha yüksek,
- b) Agregatane en büyük tane büyüklüğü 40 mm olan betonda ;  
Çapı 100 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımı, çapı 50 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık olarak  $\% 17$  daha yüksek,  
Çapı 50 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımı, çapı 25 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık olarak  $\% 19$  daha yüksek.

**Not** - Yukarıdaki verilerde, MAT 1 - CT 94 - 0043 sayılı anlaşımayla, AB sponsorluğunda yürütülen ölçüm ve deney programının bir parçası olan araştırma programı sonuçları esas alınmıştır.

# **BÖLÜM 13**

**BETON DENEY METOTLARI-YAPI VE YAPI  
BİLEŞENLERİNDE SERTLEŞMİŞ  
BETONDAN NUMUNE ALINMASI  
VE BASINÇ MUKAVEMETİNİN  
TAYİNİ (TAHRİBATLI METOT)  
(TS10465)**



## **BETON DENEY METOTLARI-YAPI VE YAPI BİLEŞENLERİNDE SERTLEŞMİŞ BETONDAN NUMUNE ALINMASI VE BASINÇ MUKAVEMETİNİN TAYİNİ (Tahribatlı Metot) (TS 10465)**

### **13.1 - Kapsam**

Bu standard, yapı ve yapı bileşenindeki sertleşmiş betondan, tahrip ederek, numune alınmasını ve alınan numune üzerinde basınç mukavemeti tayini deneyi yapılmasını kapsar.

### **13.2 - Tarifler**

#### **13.2.1 - Sertleşmiş Beton**

Sertleşmiş beton, yapı ve yapı bileşenlerindeki beton imal yaşı en az 28 gün olan veya sıkıştırıldıktan sonra sertleşerek yük taşıma özelliğini kazanmış betondur.

#### **13.2.2 - Deney Numunesi**

Deney numunesi, sertleşmiş betondan ıslak metotla kesilerek çıkarılan silindir (karot) veya küp şeklindeki numunelerdir.

#### **13.2.3 - Ölçüm Yeri**

Ölçüm yeri, deney yeri içinde numune alınan ve numune alınma öncesi deney çekici(vuruş deneyi) uygulanan yüzeydir.

### **13.3 - Uygulama Alanı**

Bu standard bir yapı veya yapı bileşeni betonuna ait kalite kontrol bazında taze beton deney sonuçları yoksa, varolan sonuçlar yetersiz ise veya yapıdaki beton mukavemetinde bir şüphe ortaya çıkmışsa (Örneğin ; gözle görülebilen önemli çatlaklar, tabii don hasarları, dayanım düşüklüğü izlenimi yaratacak boyuttaki yüzey bozuklukları ve herhangi bir tarihibatsız metotla yapılan kontrol sonuçlarının beton basınç dayanımına ilişkin kuşku doğurması ya da herhangi bir zarar veya kısmi yıkılma mevcutsa) uygulanır.

Yapı veya yapı bileşenlerinde sertleşmiş betonun basınç mukavemeti tayininde;

-Bu standardda verilen tahribatlı deney metodu, veya

-Tahribatlı deney metodu ile tahribatsız deney metodu (TS 3260) birlikte, uygulanır.

### **13.4 - Deney Metodu**

#### **13.4.1 - Prensi**

Betonun iç bünyesindeki gerçek mukavemetinin tespiti sertleşmiş betondan alınan karot numunelerinin basınç deneyi ile mümkündür. Sertleşmiş beton basınç mukavemeti tayininde, mecbur kalınmadıkça tahribatlı deney metodu ile tahribatsız deney metodu birlikte uygulanmalıdır.

Sertleşmiş betondan deney numunesi (karot) alınmadan önce numuneye ait ölçüm yerinde beton test çekici ile yüzey sertliği deneyleri yapılarak ( $R_m$ ) geri tepme değerleri, bilyalı test çekici ile de vuruş bilyesinin beton yüzeyinde bırakmış olduğu iz çapı (dm) tespit edilir. Her iki yüzey sertliği deney metodu betonun elastikiyetinin tespitine dayanan ve betonun birkaç milimetre derinliğindeki yüzeyi test ettiğinden sadece betonun üst yüzeyine yakın tabakalarının basınç mukavemeti hakkında bilgi verir. Yüzey sertliği deney sonuçları, kalıp vibrasyon karbonatlaşmış yüzey, agrega tanecikleri, teçhizat ve onarım gibi betonun yüzeyssel özelliklerinden oldukça etkilenir. Özellikle yangın, don ve kimyevi etkiler vasıtasıyla tahribata uğramış beton yüzeyinde yüzey sertliği deneyleri kullanışlı değildir. Betondan kesilen bir numune üzerinde yapılan basınç mukavemeti deneyi gibi ek bir bilgi olmadan yalnız yüzey sertliği deney sonucunun vereceği bilgi beton mukavemetinin belirlenmesi için yeterli değildir.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı bir yapı veya yapı bileşenleri üzerinde basınç mukavemeti değerlendirilmesi yapılırken, yüzey sertliği deney cihazları üzerinde ( $R_m$ , dm) değerlerine karşılık verilen grafik değerleriyle yapıya ait gerçek mukavemet değerleri arasında önemli farklılıklar bulunduğundan;

- yapının yapımı sırasında alınan 7 ve 28 günlük taze beton numunelerinin basınç mukavemet deneyinden önce yüzey sertlik deneyi yapılarak betona ait kalibrasyon eğrisi çıkarılmalı ve yapı betonu denetlenirken bu grafik kullanılmalı,

- veya karot alınan ölçüm yerlerindeki test çekici okumaları ile karot basınç mukavemeti değerleri eşlendirilerek bir grafiğe taşınmalı ve bu test çekici değerlerine ( $R_m$ ) karşılık verilen karot mukavemet değerleri vasıtasıyla karot alınmayan ama beton test çekici okuma değerleri bulunan yapı bileşenlerine ait gerçeğe yakın mukavemet değerleri bulunur. Böyle bir uygulama ile, sertleşmiş betondan daha az numune alınarak daha çok sayıda yapı bileşenini test etmek mümkündür. Korelasyon doğrusuna ait değerlendirme aşağıda verilmiştir.

### 13.4.2 - Cihaz Ve Malzemeler

#### 13.4.2.1 - Karot Makinası

13.4.2.2 - Karot Bıçağı; 50 mm-150 mm iç çaplı ve bu bıçaklara uygun bileziği olan

#### 13.4.2.3 - Su tankı

13.4.2.4 - Demir Ölçer; teçhizatın yerini, yönünü ve beton et kalınlığını belirleyen

#### 13.4.2.5 - Taşkesme Cihazı

#### 13.4.2.6 - Basınç Presi

#### 13.4.2.7 - Numune Başlıklama Cihazı

#### 13.4.2.8 - Beton Deney Çekici

### 13.4.3 - Deney Uygulama Yeri, Ölçüm Yeri ve Sayısı, Ölçüm Yerlerinin Durumu

#### 13.4.3.1 - Ölçüm Yerlerinin Sayısı

Ölçüm yerlerinin sayısı (n), TS 500'de öngörülen şekilde, nitelik kontrolü için gerekli olan deney numunesi sayısına (N) bağlıdır.

(N) sayısı, her 50m<sup>3</sup> lük beton imalatından alınması gereken numune sayısı olup en az 3 adettir. Bir yapının 50 m<sup>3</sup> den daha az beton ihtiva eden her katı için ise (N) sayısı yine en az 3 adettir. Bu sayı (N), BS 25'den daha yüksek mukavemetli betonlar için iki katına (6 adet) çıkarılmalıdır.

Beton imalatı miktarına göre tespit edilen ölçüm yerlerinin sayısı (n), alınan karot numunesi çapına veya küp şeklindeki numunenin kenar uzunluğu ile sertleşmiş betonda kullanılan agreganın maksimum dane çapı büyüklüğü ilişkisi ile karakteristik beton dayanım sınıfına bağlı olarak aşağıdaki Çizelge-88'de belirtilen şekilde artırılır.

#### Çizelge 88 - Sertleşmiş Betondaki Ölçüm Yeri Sayısı (n)

| Alınan Karot Çapı veya Küpün Kenar Uzunluğu (d) | Agregaya Ait Maksimum Tane Çapı D(max) | Ölçüm Yeri Sayısı (n) (En az)           |                                                                |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                                 |                                        | Normal Beton BS 14, BS 16, BS 20, BS 25 | Yüksek Dayanımlı Beton BS 30 ve daha yüksek dayanımlı betonlar |
| d ≥ 100 mm                                      | > 32 mm                                | n ≥ 3 (n > N) n ≥ 6                     | n ≥ 6 (n > 2N) n ≥ 12                                          |
| d < 100 mm                                      | ≤ 16 mm                                | n ≥ 6 (n > 2N) n ≥ 12                   | n ≥ 9 (n > 3N) n ≥ 18                                          |
| d < 100 mm                                      | > 16 mm                                | n ≥ 9 (n > 3N) n ≥ 18                   |                                                                |

Tahrip etmeden uygulanan geri tepmeli beton test çekici deneyindeki deney numunesi sayısı n ≥ 3.N olmalıdır.

#### 13.4.3.2 - Ölçme Yerlerinin Durumu

Ölçüm yerleri, denenen betonu karakterize etsin diye deney yerine eşit bir şekilde dağıtılmalıdır. Bununla birlikte ölçüm yerlerinin seçiminde, bir yapı bileşenindeki beton basınç mukavemetinin betonlama doğrultusunda yukarıdan aşağıya doğru artabileceği gözönüne alınmalıdır.

Kolonların alt ve üst kısımlarındaki beton mukavemetinde farklılıklar oluşabilir. Bu nedenle kolonlardaki ölçme ve karot alma yerleri belirlenirken bu durum gözönünde bulundurulmalıdır. Beton karot numuneleri alınırken, mümkün olduğunca bileşenlerin taşıma gücünü etkilemeyecek yerler seçilmeli ve teçhizatlar kesilmemelidir. Bunun için teçhizatın yeri ve özelliklerini belirleyen tarayıcı araçlar kullanılarak teçhizatın daha az ve seyrek olduğu yerler seçilmelidir.

Karot alımı sırasında, karotta hasar oluşturmamak ve sonuçların güvenilirliğini artırmak için, hızlandırılmış kür ya da buhar kürü uygulanmamış normal kurlu betonlardan 14 günden önce karot alınmamasına dikkat edilmelidir.

Numunelerin alınmasında yapı bileşeninin kenar bölgelerinde yapı tahribatları meydana gelmemesine dikkat edilmelidir. Bu nedenle numuneler kesilirken yapı elemanı kenar kısmından en az en büyük dane çapının iki misli uzaklıktaki bir yerden sulu kesme sistemiyle alınmalıdır.

Sertleşmiş betondan numune almadan önce uygulanan vuruş deneyi (geri tepmeli beton test çekici deneyi) 120 mm den daha ince yapı bileşenlerinde küçük konsol ve kolonlarda titreşimden dolayı ölçüm sonuçlarını olumsuz yönde değiştirebilir. Bu tür narin yapıli betonlarda vuruş deneyleri desteğe, köşelere yakın yerlere uygulanmalıdır.

### 13.5 - Deney Numunesi

#### 13.5.1 - Deney Numunelerinin Şekil ve Boyutları

Basınç mukavemeti deneyi uygulanacak deney numuneleri silindir veya küp şeklinde olmalıdır. Yapı ve yapı bileşeninden basınç mukavemetine tabi tutulmak üzere çıkarılan, kesme ve başlık yapma gibi gerekli düzeltme işlemi yapıldıktan sonraki deney numunesinin yüksekliği, silindir şeklindeki numunelerde (karotta) çapına ( $h=d$ ), küp şeklindeki numunelerde ise kenar uzunluğuna eşit olmalıdır. Karot numunesinin çapı betonda kullanılan iri agregata maksimum tane çapının en az 3 misli büyüklükte olmalıdır. Basınç yüzeyleri, düz ve paralel olmalı, deney uygulama eksenine göre dik açılı ( $90^\circ \pm 0,5^\circ$ ) olmalıdır. Karot numunelerinin çapları 100-150 mm olmalıdır. Özel durumlarda mesela; narin yapı bileşenlerinde veya teçhizatın fazla olduğu yapı ve yapı bileşenlerinde daha küçük çaplı karotlar alınabilir. Ancak en küçük çap 50 mm olmalıdır. Kesilerek alınan küp numunelerinin kenar uzunluğu 100 mm den az olmamalıdır.

#### 13.5.2 - Deney Numunesi Alınması

Sertleşmiş betondan denemek üzere beton numunesi alınmadan önce işaretlenen ölçüm yerleri teçhizat tarayıcı ile taranır. Teçhizatın en az bulunduğu nokta seçilip deney çekici uygulanır (TS 3260). İşaretlenip karot alımı kararlaştırılmış olan ölçüm yerleri numaralandırılır ve yapı bileşeninin adı, betonun yaşı karotların betonlama doğrultusunda ya da bu doğrultuya dik doğrultuda (yatay veya düşey) alındıkları ve yapı bileşeninin boyutları ile karot alma doğrultusuna paralel boyutu tespit edilir. Delici karot bıçaklarının çapı, donatı aralığı ve yapı bileşeni boyutları Çizelge-89'ye göre seçilir.

**Çizelge 89 - En büyük Agregata Tane Büyüklüğüne Karşılık Gelen Delici Karot Bıçağı İç Çapı Boyutları**

| En Büyük Agregata Tane Büyüklüğü (mm)                                                                                                                 | Delici Karot Bıçağı İç Çapı(mm) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 63                                                                                                                                                    | 150                             |
| 32                                                                                                                                                    | 100*                            |
| 16                                                                                                                                                    | 50                              |
| 8                                                                                                                                                     | 50                              |
| * Özel durumlarda, mesela ince yapı elemanlarında veya sık teçhizatlı yapı bileşenlerinde iç çapı 50 mm olan küçük karot bıçakları da kullanılabilir. |                                 |

Delici karot bıçağı iç çapı, yapı bileşeninin kalınlığından fazla olmamalıdır.

- Karot numune yüzeyleri düzgün olmalıdır. Bunun için karot alma cihazı mümkün olduğunca oynamayacak şekilde yan duvarlara veya tavana çeşitli avadanlıklarla, vakum veya pirinç dübel ile sabitleştirilir. Karot alıcı cihazın oturma yüzeyi eğri ise ayak vidaları vasıtasıyla dengelenir.

- Karot alıcı cihazın elektrik ve suyu bağlanır.

- Döşemeden bir karot alınacaksa, dökülecek parçaların ve karotun bir toplayıcı plaka vasıtası ile düşmeleri önlenir. Ayrıca su dökülmesine karşı toplayıcı bir kap kullanılır.

- Cihaz çalıştırılır su açılır ve delici uç (bıçak) yavaş yavaş betona sokulur. Karot numuneleri ıslak delme metodu ile alınmalıdır.

- Delici uç betona gerekli devir düşmeyecek şekilde bastırılır. Bu durum ampermetre göstergesi uygun sınırlar arasında tutularak sağlanır.

- Su şiddeti betonu kesme anında ortaya çıkan parçaları çabuk temizleyecek şekilde ayarlanır.

- Karot bıçağının betona ne kadar girdiğini tespit etmek için önce karot bıçağı boyu ölçülür. Bıçak beton içinden çıkarılmadan kesilen derinlik dışında kalan bıçak boyu toplam bıçak boyundan çıkarılarak kesilen karot boyu yaklaşık olarak belirlenir.

Karot numunesi yeterli boyda kesildikten sonra kesilen karota ince bir keski sokularak kırılır ve bir pens vasıtasıyla alınır.

- Karotlara ölçüm yerlerini belirten kalıcı işaretler verilir.

- Ayrıca karotun cinsi, yapısı ve hasarları kaydedilir (kılcal çatlaklar vb.) Deney numunesi alındıktan sonra yapı bileşeninde meydana gelen boşluk, düşük slamlı yüksek dozlu bir harç ile veya rötne yapmayan hazır paket harçların sıkıştırılması suretiyle doldurularak kapatılmalıdır.

Şayet, deney numunesinin herhangi bir beton yapı bileşeninden (kolon, kiriş, döşeme vb.) kopmuş olan beton yıkıntısından alınması gerekiyorsa, yıkıntı beton kütesinin sabit tutularak karot numunesi alınmasının güçlüğü nedeniyle taş kesme bıçağı ile 100 x 100x 100 mm veya 150 x 150 x 150 mm boyutlarında küp numuneleri kesilir. Küp numuneleri, kesmeden dolayı herhangi bir hasara

uğramamışsa, kür ve bakımı sonunda başlıklamaya gerek duyulmadan basınç mukavemeti deneyine alınır.

### 13.5.3 - Deney Numunesinin Durumu

Deney numunelerinin içinde, basınç doğrultusunda teçhizat çubuğu bulunmamalıdır. Basınç yükü doğrultusuna dik veya eğri teçhizat genellikle basınç mukavemetini azaltıcı etki yapar. Bu sebeple deney numunesinin toplam hacmindeki teçhizat oranı % 5'den daha büyük olduğunda veya deney numunesinin 1/3 yüksekliğinde bulunan demir teçhizatı hacmi toplam numune hacminin % 1'den daha büyük olması halinde deney numunesi deney sonuçlarının değerlendirilmesinde dikkate alınmaz.

Karot deney numunesindeki teçhizat hacmi, basınç mukavemet deneyinden sonra tartılarak hesaplanır. Teçhizat hacmi (V), aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$V = \frac{G}{\rho d}$$

Burada;

$\rho d$  = Teçhizat özgül kütlesi 7,85 g/cm<sup>3</sup>

V = Teçhizat (yapı çeliği) hacmi (cm<sup>3</sup>)

G = Teçhizat kütlesi (g)

### 13.5.4 - Deney Numunelerinin Hazırlanması

#### 13.5.4.1 - Deney Numunelerinin Kesilmesi

Yapı bileşenlerinden karot bıçağı vasıtasıyla alınan deney numunelerinin sıvalı veya karbonatlaşmış yüzeyleri ile yapı bileşeninden koparılmış düzgün olmayan yüzeyi laboratuvarlarda ıslak metotla numuneye zarar vermeden yüksekliği çapına eşit olacak şekilde (h=d) taş kesme bıçağı ile traşlanır.

Numunenin düzeltilmesinden sonraki yüksekliği karot çapından en fazla ±% 10 kadar sapabilir.

Numuneler üzerindeki işaretlemenin silinmemesine dikkat edilmeli çap ve yükseklik hassas bir şekilde ölçülüp kaydedilmelidir.

Deney numunesinin basınç presinde yük uygulanacak yüzeyleri birbirine paralel olmalı ve bu yüzeylerin düzlemden sapması en fazla 0,1 mm olmalıdır.

#### 13.5.4.2 - Numunelerin Kürü ve Bakımı

Laboratuvarda hazırlanan deney numuneleri deney anına kadar yaklaşık 23°C ±2°C sıcaklıkta ve doymuş rutubetli kür odasında saklanmalıdır (TS 3114) Deney numuneleri deney esnasında hava kurusu halde olmalıdır. Şayet deney numunesinin alındığı yapı veya yapı bileşeni hizmet şartlarında sürekli olarak su ile temasta ise deney numunelerinin kürü su içinde yapılmalıdır.

#### 13.5.4.3 - Başlıklama

Deney numunelerinin düzlemden sapması, 0,1 mm'yi aşması halinde eksenel sapmaları gidermek ve basınç yükünün homojen bir dağılımını sağlamak amacıyla başlıklama cihazında % 70 kükürt ve % 30 grafitten meydana gelen başlık yapılmalıdır. Deney numunesinin alt ve üst yüzeylerine ayrı ayrı yapılan başlık maksimum 5 mm kalınlığında olmalı ve bütün numune yüzeyini kaplamalıdır (TS 3068). Deney numuneleri (silindir ve küp) yapı bileşeni veya beton kütesinden alınırken kesmeden dolayı hasara uğraması durumunda, hasara uğramış kısımlar çimento harcıyla sıvanarak onarılır. Numuneler en az 24 saat sonra deneye tabi tutulmalıdır.

### 13.6 - İşlem

Deney numuneleri kür odasından çıkarıldıktan sonra deney şartları ortamında hava kurusu hale gelene kadar bekletilir. Başlıklama öncesi tartılarak yaklaşık birim kütleleri bulunur. Deney numuneleri TS EN 12390-3'e uygun olarak basınç mukavemeti deneyine tabi tutulur.

#### 13.6.1 - Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

Basınç deneyi sonucu bulunan yük, deney yüküne dik olan deney numunesi kesit alanına bölünerek basınç mukavemeti bulunur.

$$f_{sil}, f_{küp} = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2$$

Burada;

$f_{sil}$  veya  $f_{küp}$  : Beton deney numunesine ait basınç mukavemeti N/mm<sup>2</sup>,

P: Kırılma yükü N

A: Deney yüküne dik deney numunesi kesit ortalama alanı mm<sup>2</sup>

### 13.7 - Değerlendirme

#### 13.7.1 - Genel

Bu standarda göre karotlara ait bulunan basınç mukavemeti sonuçları denenen betonun sadece içinde bulunmuş olduğu deney yaşı için geçerlidir. Diğer bir yaşa dönüşüm genellikle mümkün değildir.

100 mm ve 150 mm çapında veya kenar uzunluğundaki deney numunelerine ait basınç mukavemeti değerleri kenar uzunluğu 200 mm olan standard küp basınç mukavemeti değerlerine eşit kabul edilebilir.

Karot yüksekliğinin çapına eşit olması durumunda;

Karot çapı (d) = 100 mm veya 150 mm ise  $f_{küp\ 200} = f_{sil\ 100}$  veya  $f_{sil\ 150}$ 'dir.

Karot çapı 50 mm olan bir numune için  $0,9 f_{sil\ 50} = f_{küp\ 200}$  eşitliği geçerlidir.

Burada;

$f_{küp\ 200}$  = kenar uzunluğu 200 mm'lik küp basınç mukavemeti

$f_{sil\ 100}$  = çapı 100 mm olan silindir basınç mukavemeti

$f_{sil\ 150}$  = çapı 150 mm olan silindir basınç mukavemeti

#### 13.7.1.2 - Sonuçların Değerlendirilmesi

Beton 28. ve 90. günler arasında denenmelidir. Ancak hukuki bir ihtilaf doğması halinde 90 günden daha yaşlı betonlardan da karot alınabilir. Tahribatlı deney sonucunda bulunan karot basınç mukavemetine ait en küçük tek değer ile ortalama değerler, Çizelge-90'daki eşdeğer küp mukavemeti ile seri mukavemetinin en az % 85 'ni sağlamalıdır.

Vuruş deneyi mukavemet değerleri ile betondan kesilerek çıkarılan karot numunelerine ait basınç dayanım değerleri arasında çeşitli farklılıklar ortaya çıktığında karot numunelerine ait dayanım değerleri dikkate alınmalıdır.

**Çizelge 90 - Beton Sınıfları ve Mukavemetleri**

| Beton Sınıfı | Silindir Basınç Mukavemeti N/mm <sup>2</sup> | EK Eş Değer Küp Basınç Mukavemeti N/mm <sup>2</sup> | $f_{SK} \geq f_{EK} + 3$ N/mm <sup>2</sup> Seri Mukavemeti Her Seri Küpün Ortalama Mukavemetinin En Düşük Değeri N/mm <sup>2</sup> |
|--------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BS 14        | 14                                           | 16                                                  | 19                                                                                                                                 |
| BS 16        | 16                                           | 20                                                  | 23                                                                                                                                 |
| BS 20        | 20                                           | 25                                                  | 28                                                                                                                                 |
| BS 25        | 25                                           | 30                                                  | 33                                                                                                                                 |
| BS 30        | 30                                           | 35                                                  | 38                                                                                                                                 |
| BS 35        | 35                                           | 40                                                  | 43                                                                                                                                 |
| BS 40        | 40                                           | 45                                                  | 48                                                                                                                                 |
| BS 45        | 45                                           | 50                                                  | 53                                                                                                                                 |
| BS 50        | 50                                           | 55                                                  | 58                                                                                                                                 |

#### 13.7.1.3 - İstatistiki Olmayan Değerlendirme

Bir yapı veya yapı bileşeninden alınan, uygun şekil ve boyuttaki 100 mm ve 150 mm çapındaki veya kenar uzunluğundaki deney numuneleri için bulunan basınç mukavemet değerleri kenar uzunluğu 200 mm olan standard küp basınç mukavemet değerlerine eşit kabul edilir.

Bu şekilde bulunan  $f_{küp\ 200}$  değerlerinin, aşağıdaki (a) ve (b) şartlarını aynı anda sağlaması gerekir.

a) Ortalama  $\bar{f}_{küp\ 200} \geq 0,85 f_{SK}$

b) En Küçük Tek Değer  $(f_{küçük\ 200}) \geq 0,85 f_{EK}$

Burada;

$f_{EK}$  = Betonun eşdeğer küp mukavemeti

(Örneğin BS14 için  $f_{EK} = 16$  N/mm<sup>2</sup> -Çizelge-90)

$f_{SK}$  = Betonun seri mukavemeti

(Örneğin BS14 için  $f_{SK} = 19 \text{ N/mm}^2$  -Çizelge-90) dir.

### Değerlendirme Örneği

#### 1 - İstatistiki Olmayan Değerlendirme

Yapı bileşeni adı: Çatı katı teçhizatlı beton döşeme

Ölçüm yerlerinin işaretleri ve durumu: şekilde verilmiştir.

Numune alma cihazı: Karot bıçağı tespit edilmiş karot alma cihazı

Karot numunesinin işaret ve boyutları ile teçhizat oranı Çizelge-91'de verilmiştir.

Yapılış sebeplerinden dolayı sadece 8 adet karot alındı. Alınan numune adedi 12 adetten daha az olduğu için hesaplamada istatistiki olmayan değerlendirme esas alındı. Beton döşemenin örtü kalınlığının yaklaşık yarısına kadar delindi.

Karot numunelerine ait basınç mukavemeti sonuçları Çizelge-92'de verilmiştir.

**Çizelge 91 - Karot Numunelerinin İşaret ve Boyutları**

| Karot Numarası No. | Kesilen Boşluklu Bloka (Asmolen)Ait |         | Karot Çapı d (mm) | Karot Yüksekliği h (mm) | Kesilen Teçhizat Çubuğu |                 |           |
|--------------------|-------------------------------------|---------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|
|                    | Boyutlar a(mm)                      | h' (mm) |                   |                         | Sayısı                  | Yüksekliği (mm) | Çapı (mm) |
| 1a                 | 30                                  | 50      | 98,6              | 102                     | 0                       | -               | 6,5       |
| 1b                 | 15                                  | 20      | 97,9              | 92                      | 1                       | 60              | 6,5       |
| 2a                 | 10                                  | 30      | 98,3              | 106                     | 0                       | -               | 6,5       |
| 2b                 | 5                                   | 30      | 98,4              | 92                      | 1                       | 75              | 6,5       |
| 3a                 | 25                                  | 60      | 98,5              | 105                     | 2                       | 10              | 6,5       |
| 3b                 | 20                                  | 60      | 98,1              | 108                     | 2                       | 90              | 12        |
|                    |                                     |         |                   |                         | 1                       | 35              | 6,5       |
| 4a                 | 20                                  | 35      | 98,4              | 108                     | 1                       | 70              | 6,5       |
| 4b                 | 0                                   | 0       | 98,5              | 108                     | 1                       | 70              | 6,5       |

**Çizelge 92 - Karotlara Ait Basınç Mukavemeti Sonuçları**

| Karot Numarası No. | Ortalama Karot Çapı d (mm) | Basınç Yüzeyi A (mm <sup>2</sup> ) | Başlıklama Sonrası Yükseklik (mm) | Basınç Yüğü P kN | Basınç Mukavemeti $f_{sil} = f_{küp\ 200} = F/A$ N/mm <sup>2</sup> |
|--------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1a                 | 98,6                       | 7636                               | 110,5                             | 143              | 19                                                                 |
| 1b                 | 97,9                       | 7528                               | 97,2                              | 214              | 28                                                                 |
| 2a                 | 98,3                       | 7589                               | 111,6                             | 211              | 28                                                                 |
| 2b                 | 98,4                       | 7605                               | 98,9                              | 180              | 24                                                                 |
| 3a                 | 98,5                       | 7620                               | 117,1                             | 174              | 23                                                                 |
| 3b                 | 98,1                       | 7558                               | 115,8                             | 191              | 25                                                                 |
| 4a                 | 98,4                       | 7605                               | 114,9                             | 155              | 20                                                                 |
| 4b                 | 98,5                       | 7620                               | 115,0                             | 164              | 22                                                                 |

#### 2 - Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çıkarılan karot numunelerinin çapı 100 mm'dir.  $h=d=100 \text{ mm}$  veya  $150 \text{ mm}$  ise karot basınç dayanımı  $f_{sil}100$  küp eşdeğer basınç dayanımı, ( $f_{küp\ 200}$ ) olarak kabul edilir.

Yukarıdaki örnekte;

Beton Mukavemeti Sınıfı : BS 14

BS 14 için Eşdeğer Küp Mukavemeti :  $f_{EK} = 16 \text{ N/mm}^2$

Seri Mukavemet Değeri :  $f_{küp} = 19 \text{ N/mm}^2$

İstatistiki olmayan değerlendirme için deney sonucu bulunan  $f_{sil}$  100 değerleri

( $f_{sil\ 100} = f_{küp\ 200}$ ) eşitliğinden elde edilen  $f_{küp200}$  basınç mukavemeti değerlerine dönüşür.  $f_{küp\ 200}$

basınç mukavemeti değerleri en az aşağıdaki (a) ve (b) şartlarını sağlaması gerekir.

**a) Ortalama**  $f_{küp\ 200} \geq 0,85.f_{SK}; \quad f_{küp\ 200} \geq 16,15 \text{ N/mm}^2 (0,85.19)$

**b) En Küçük Tek Değer**  $f_{küp\ 200} \geq 0,85 f_{EK}; \quad f_{küp\ 200} \geq 13,6 \text{ N/mm}^2 (0,85.16)$

Deney sonucu bulunan;

Ortalama  $f_{küp\ 200} = 24 \text{ N/mm}^2 > 16,15 \text{ N/mm}^2$  (a)

En küçük tek değer  $f_{küp\ 200} = 19 \text{ N/mm}^2 > 13,6 \text{ N/mm}^2$  (b)

olup BS 14 için (a) ve (b) şartlarını sağladığından denenen betonun BS 14 sınıfına uygun olduğu anlaşılr.

#### **Yapı veya Yapı Bileşeni Betonuna ait Korelasyon Doğrusunun Çıkarılması**

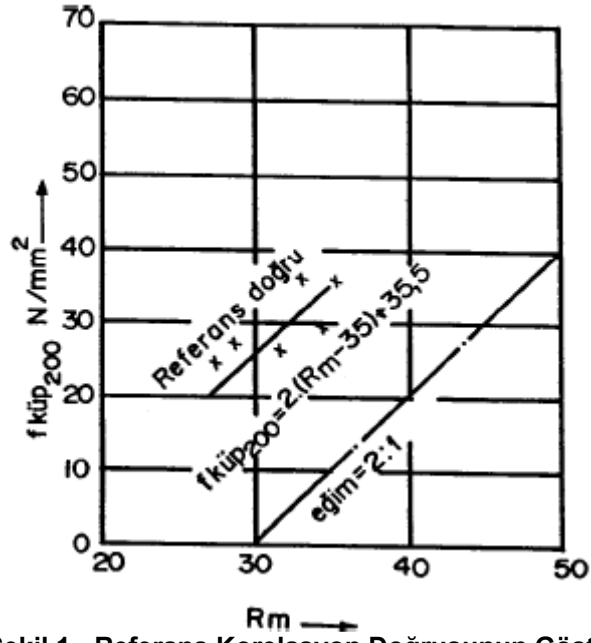
Herhangi bir yapı veya yapı bileşeni üzerinde 6 adet düşük ve yüksek mukavemet verebilecek değişik karakterlerde çapı,  $d = 100 \text{ mm}$  olan karot numuneleri alınmış olsun (Karot numuneleri alınmadan önce karot alınan yerlerde test çekici deneyi yapıldı). Deney yapılan ölçüm yerleri sayısının yeterliliği Çizelge-90 ile doğrulanmalıdır. Alınan karot numuneleri bir basınç presinde kuvvet uygulanarak kırılır. Silindirik karot numunelerine ait basınç mukavemeti değerleri küp basınç mukavemetine dönüştürülür

Karot numunesi alınması tahribatlı bir metot olarak düşürüldüğünde referans korelasyon doğrusunun belirlenmesinde karot numunesi yerine taze beton numunelerine ait sınır değerleri kullanılır. Bu yöntemle göre, beton üretimi aşamasında taze beton numunesi olarak alınıp 7. ve 28. gün sonunda basınç mukavemeti tespit edilmesi istenen beton silindir veya küp numuneleri üzerinde dayanım deneyi öncesinde beton test çekici ile ortalama R geri tepme değerleri bulunur, ve beton numuneleri mukavemetleri tespit edilmek üzere kırılır. Bulunan mukavemet değerlerine karşılık ortalama R geri tepme değerleri, Şekil-1'deki gibi grafiğe edilerek sözkonusu betonun denenmemiş diğer yapı bileşenleri hakkında bilgi sahibi olmak üzere kullanılabilecek referans korelasyon doğrusunu verir.

**Çizelge 93 - Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirme Örneği**

|                                         | Ölçüm Yeri No. | Deney Numunelerine Ait Silindir Basınç Mukavemeti $f_{sil100}$ N/mm <sup>2</sup> | Eşdeğer Küp Mukavemeti $f_{küp\ 200}$ N/mm <sup>2</sup> | Test Çekicine Ait (R <sub>m</sub> ) Geri Tepme Değerleri |
|-----------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Ölçüm Yerlerine Ait Mukavemet Değerleri | 1              | 25,0                                                                             | 25,0                                                    | 27,5                                                     |
|                                         | 2              | 28,0                                                                             | 28,0                                                    | 29,3                                                     |
|                                         | 3              | 26,7                                                                             | 26,7                                                    | 32,5                                                     |
|                                         | 4              | 35,9                                                                             | 35,9                                                    | 32,8                                                     |
|                                         | 5              | 29,4                                                                             | 29,4                                                    | 34,6                                                     |
|                                         | 6              | 35,5                                                                             | 35,5                                                    | 35,0                                                     |

Böylece eşdeğer küp mukavemet değerleri test çekici geri tepme değer çiftlerine ( $f_{küp\ 200} / R_m$ ) karşılık gelecek şekilde, ( $f_{küp\ 200}$ ) ordinatta, (R<sub>m</sub>) apsiste olmak üzere bir grafiğe taşınır. Eğimi  $f_{küp\ 200} : R_m = 2:1$  olan referans korelasyon doğrusu elde edilir (Şekil-1)



Şekil 1 - Referans Korelasyon Doğrusunun Gösterilmesi

# BÖLÜM 14

BETON ÇELİK ÇUBUKLAR (TS 708)



## **BETON ÇELİK ÇUBUKLARI (TS 708)**

### **14.1 - Kapsam**

Bu standard, dairesel kesitli ve düz yüzeyli, nervürlü veya yüzeyi profilili beton çelik çubuklarını kapsar. Ön gerilmeli betonda kullanılan yüksek dayanımlı beton çelik çubukları ve tellerini kapsamaz.

### **14.2- Tarifler**

#### **14.2.1 - Beton Çelik Çubuğu**

Beton çelik çubuğu, betonarme yapılarda beton teçhizatı olarak kullanılan, dairesel kesitli, düz yüzeyli veya yüzeyi nervürlü veya profilili olan çelik çubuklardır.

#### **14.2.2 - Düz Yüzeyli Çelik Çubuk**

Düz yüzeyli çelik çubuk, yüzeyinde betonla aderansı (kenetlemeyi) arttırıcı nervürler veya profiller bulunmayan yüzeyi düz, daire kesitli beton çelik çubuğudur (Föy-1).

#### **14.2.3 - Yüzeyi Profilili Çelik Çubuk**

Yüzeyi profilili çelik çubuk, haddelenme sırasında, yüzeyinde betonla aderansı arttırıcı çeşitli şekilli girintiler oluşturulmuş beton çelik çubuğudur (Föy -2).

#### **14.2.4 - Nervürlü Çelik Çubuk**

Nervürlü çelik çubuk, haddelenme sırasında, yüzeyinde betonla aderansını arttırıcı nervürler oluşturulmuş beton çelik çubuğudur (Föy-2).

#### **14.2.5 - Nervür**

Nervür, çubuğun betonla aderansını arttırmak amacıyla, çubuğun yüzeyinde oluşturulmuş, çubuk eksenine belirli bir açıyla (P)veya açılarla yer alan ve çubuk boyunca devam eden çıkıntılardır (Föy-2).

#### **14.2.6 - Fital (Boyuna nervür)**

Fital (boyuna nervür), nervürlü beton çelik çubuklarda çubuk eksenine paralel olarak kesintisiz çift taraflı devam eden çıkıntılardır (Föy-2).

#### **14.2.7 - Nervür Yüksekliği**

Nervür yüksekliği, nervür tepe noktasının çubuk gövdesine olan uzaklığıdır (Föy-2).

#### **14.2.8 - Nervür Genişliği**

Nervür genişliği, nervür kesitinin ortalama genişliğidir (Föy-2).

#### **14.2.9 - Nervürlü veya Yüzeyi Profilili Çelik Çubuğun Anma Çapı**

Nervürlü veya yüzeyi profilili çelik çubuğun anma çapı, aynı uzunluk ve kütledeki düz yüzeyli beton çelik çubuğunun anma çapına eşittir.

#### **14.2.10 - Nervür Aralığı**

Nervür aralığı, birbirini izleyen iki nervürün tepe noktalarının, çubuk eksenine paralel olarak ölçülen mesafesidir.

#### **14.2.11-Nervür Alanı**

Nervür alanı, birim uzunluktaki çubuk çekirdeği üzerinde çubuk eksenine dik bir düzlem üzerine izdüşümü alınmış olan nervürlerin alanıdır.

### **14.3 - Sınıflandırma ve Özellikleri**

#### **14.3.1 -Sınıflar**

Beton çelik çubukları imalat metoduna göre:

- Sıcak haddelenme işlemi ile üretilen (a).
- Sıcak haddelenme esnasında ısıtma işlemi uygulanarak imal edilen (a),
- Soğuk mekanik işlem (soğuk haddelenme, burma) uygulanarak imal edilen (b) olmak üzere üç sınıftır.

En küçük akma sınırı gerilmelerine göre:

- En küçük akma sınırı  $220 \text{ N/mm}^2$ , (I)
- En küçük akma sınırı  $420 \text{ N/mm}^2$ , (II)
- En küçük akma sınırı  $500 \text{ N/mm}^2$ , (IV) olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

#### **14.3.2 - Tipler**

Beton çelik çubukları yüzey özelliklerine göre:

- Düz yüzeyli (D)
- Nervürlü (N)
- Yüzeyi profilili (P) olmak üzere üç tiptir.

### **14.3.2 - Özellikler**

#### **14.3.2.1 - Görünüş Özellikleri**

Beton çelik çubuklarının yüzeylerinde, çatlak,fitil (düz yüzeyli çelik çubuklarda) çapak, çizik, katlama, çatlak, yüzeyden ayrılabilen oksit kabuğu,yüzey pürüzü gibi kusurlar, gözle görülebilir çap değişiklikleri, nervür bozuklukları ve eksiklikleri bulunmamalıdır. Nervürler hilal şeklinde olmalıdır.

#### **14.3.2.2 - Fiziksel ve Mekanik Özellikler**

##### **14.3.2.2.1 -Kütle**

Beton çelik çubuklarının yapılan kütle muayenesi sonucunda bulunacak kütle Föy-1 ve Föy- 2'de belirtilen anma kütlelerinin %6'sından daha küçük ve %4'ünden daha büyük olmamalıdır

##### **14.3.2.2.2 - Akma Mukavemeti, Çekme Mukavemeti ve Kopma Uzaması**

Çelik çubuklarda çekme deneyleri uygulandığında elde edilecek değerler Çizelge-94'ün 2,3,4 ve 6 satırlarında verilen değerlere uygun olmalıdır.

##### **14.3.2.2.3 - Eğilebilirlik (Katlanabilirlik)**

Çelik çubuk tipine bağlı olarak belirtilen eğme deneyi veya belirtilen ileri geri eğme deneyi uygulandığında, çelik çubuklarda çıplak gözle görülebilir kırılma veya çatlama olmamalıdır.

Çizelge 94- Beton Çelik Çubukları Mekanik Özellikleri

| Tipler                                                                        |         | Düz Yüzeyli (D)                            |       | Nervürlü (N) Profilli (P)                            |                                                 |           |                      |   |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|----------------------|---|
| Sınıflar                                                                      |         | Sıcak Haddeleme işlemi ile imal edilen (a) |       | Sıcak haddeleme esnasında ısıtıl işlem uygulanmış(a) | Soğuk mekanik işlem uygulanarak imal edilen (b) |           |                      |   |
| Sembol                                                                        |         | I-a                                        | III-a | IV-a                                                 | III-b                                           |           | IV-bs IV-bk          |   |
| 1. Anma çapı (d) (mm)                                                         |         | 6-50                                       | 6-50  | 6-50                                                 | 6-12                                            | 14-28     | 4-16                 |   |
| 2.Minimum (1)(3) akma mukavemeti Re veya Rp0,2 (N/mm <sup>2</sup> )           |         | 220                                        | 420   | 500                                                  | 420                                             |           | 500                  |   |
| 3.Minimum çekme mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )                               |         | 340                                        | 500   | 550                                                  | 500                                             |           | 550                  |   |
| 4.Çekme/Akma min. mukavemeti oranı Rm/Re                                      |         | 1,20                                       | 1,10  | 1,08                                                 | -                                               |           | -                    |   |
| 5.Kaynaklama(2) şekli                                                         |         | A                                          | A GP  | A,E<br>ND<br>MAG<br>GP                               | A<br>ND                                         | A,E<br>ND | -A(4)<br>ND (4)<br>- |   |
| 6.Minimum kopma uzaması 6≤d≤28(σ)%<br>32≤d≤50 Lo=10xd                         |         | 18                                         | 12    | 12                                                   | 10,8                                            |           | 8                    | 5 |
|                                                                               |         | 18                                         | 10    | 10                                                   |                                                 |           |                      |   |
| 7. Eğme deneyi için mandrel çapı (eğme açısı 180°)                            |         | 2d                                         | 5d    | 4d                                                   | -                                               |           | -                    |   |
| 8.İleri geri eğme deneyi de dmm anma çaplarına göre kullanılacak mandrel çapı | d≤12    | -                                          | 5d    | 5d                                                   | 5d                                              |           | 4d                   |   |
|                                                                               | 14≤d≤20 | -                                          | 6d    | 6d                                                   | 6d                                              |           | 6d                   |   |
|                                                                               | 20≤d≤50 | -                                          | 8d    | 8d                                                   | 8d                                              |           | -                    |   |

Not 1 - Akma mukavemeti, deney cihazında uzamanın sürmesine rağmen yükün artmadığı veya azaldığı ilk gerilme değeridir. (Re). Soğukta işlem görmüş çubuklarda, bu sınırın belirtilen şekilde belirlenme imkanı bulunmadığından, %0,2 kalıcı uzamaya karşılık olarak tespit edilecek gerilme değeri (Rp 0,2) olarak belirlenmesi yeterlidir. Çizelge-1’de belirtilen akma mukavemeti, akma üst noktasıdır,. Gerilmelerin hesaplanmasında, anma çapından hesap edilen ve Föy 1 ve Föy 2’de verilen kesit alanları kullanılmalıdır.

Not 2 - Çekme deneylerinde minimum kopma uzamasının tayini deney numunesi üzerinde TS 138’de belirtildiği şekilde yapılmalıdır. Akma sınırı belirgin olmayan soğukta işlem görmüş deney numunelerinde en az enine veya eğimli 10 nervür kapsayan serbest uzunluklar üzerinde deney yapılmalıdır.

Eğme deneyinde 60°'lik bir katlama açısına kadar, çubuklarda herhangi bir çatlak veya çatlak başlangıcı görülmemelidir.

### 14.3.3 - Boyut ve Toleranslar

#### 14.3.3.1 - Çaplar

Düz yüzeyli çelik çubukların çapları, çap toleransları ve ovallik toleransları Föy-1'de, nervürlü ve profilili çelik çubukların anma çapları ve nervür ölçüleri Föy-2'de verilen değerlere uygun olmalıdır.

#### 14.3.3.3 - Nervür Boyutları

- Nervürlü çubuklarda nervür boyutları ve nervür aralıkları ile nervürlerin çubuk eksenine ile yapacakları açı (p) Föy-2'de gösterilen değerlere uygun olmalıdır.

-16 mm çapa kadar olan nervürlü çubuklarda 600 mm, daha büyük çaptakiler için 1200 mm uzunlukta bir çubuk numunesi üzerinde her yüzdeki, bütün nervürlerin ölçülen yükseklikleri (as) ile bütün nervürlerin ölçülen (bs) genişliklerinin ortalaması Föy -2'de verilen sınırlara uygun olmalıdır.

- Nervürlerin boyutları ve birbirlerine olan mesafeleri (c), Föy-2'de belirtilmiştir. Çubuğun iki veya daha fazla yüzünde yer alan nervürlerin uç kısımları arasındaki mesafe (e) yaklaşık 0,3 x d olmalıdır.

- Fitillerin (boyuna nervür) her birinin yüksekliği (a1) 0,10 d' yi geçmemelidir.

- Fitol (boyuna nervür) kalınlığı (b1) 0,1 d±0,04d olmalıdır.

- Nervürlü çubuklarda çekirdeğin kesiti mümkün olduğu kadar dairesel olmalıdır.

### 14.3.4 . Özellik , Muayene ve Deney Madde Numaraları

#### 14.3.4.1 - Boyut Muayenesi

##### 14.3.4.1.1 - Düz Yüzeyli Çelik Çubuklarda Çap ve Ovallik Muayenesi

Numune olarak alınan çelik çubukların iki ucundan en az 150 cm uzaklıkta olmak üzere dört yerden ve 0,1 mm' ye duyarlı bir kumpasla çap ölçümü yapılır. Aynı şekilde çubuğun aynı kesitinde birbirine dik olarak ölçülen çap farklılığından ovallik ölçülür. Çap ve ovallik ölçümlerinin uygun olup olmadığına bakılır.

##### 14.3.4.1.2 - Nervürlü Çelik Çubuklarda Boyut Muayenesi

Nervürlü çelik çubuklarda nervürlerin birbirlerine olan mesafelerinin tayini için nervürlü çelik çubukların iki uçtan en az 150 mm içeride olan bir bölümünde en az 11 enine nervürün merkezleri arasındaki uzaklık, 0,1 mm' ye duyarlı bir kumpasla ölçülür ve elde edilen değerlerin ortalamasının uygun olup olmadığına bakılır.

Nervürlü çelik çubukların her iki uçtan en az 150 mm içeride olan bir bölümünde en az 7 nervürün ve 2 fitilin yükseklikleri ve tepe orta genişlikleri ( a ve b) 0,05 mm duyarlıklı bir kumpasla ölçüldüğünde, elde edilecek değerlerin ortalamasının uygun olup olmadığına bakılır.

Nervürlü veya profilili çelik çubukların çaplarını bulmak için numune olarak alınan çubuklardan yaklaşık 1000 mm uzunlukta kesilen parçalar en az 0,5 g duyarlılıkta tartıldıktan sonra aşağıdaki formülle çapları hesaplanır.

$$d_s = 12,74 \sqrt{G / \ell}$$

Burada.

ds = Çubuk anma çapı (mm),

l = Çubuk boyu (mm).

G = Çubuk kütlesi (g)'dir.

Sonucun Föy 1 ve Föy 2'ye uygun olması gereklidir.

Benzeri şekilde, tespit edilen kütle kullanılmak suretiyle, kesit alanı (A) da aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$A = 1,274 \frac{G}{\ell}$$

Sonucun Föy 1 ve Föy 2'ye uygun olması gereklidir

#### 14.3.4.2 - Nervür Alan Muayenesi

##### 14.3.4.3 - Nervür Açısı Muayenesi

Nervür açısı (p) açı ölçeği kullanılarak ölçülür. Sonucun Föy-2'ye uygun olup olmadığına bakılır.

#### 14.3.4.4 - Kütle Muayenesi

Çelik çubukların en az 1000 mm uzunluktaki boyları 1g duyarlılıkla tartıldıklarında bulunacak değerlerin ayrı ayrı, yapılan kütle muayenesi sonucunda bulunacak kütle Föy-1 ve Föy- 2'de belirtilen anma kütlelerinin %6'sından daha küçük ve %4'ünden daha büyük şartına uygun olup olmadığına bakılır.

#### 14.3.5 - Deneyler

Deneyler yapılmadan önce aksi belirtilmedikçe numuneler hiçbir ısıtıl işleminden geçirilmemeli, nervürlü numunelerde, nervürler örselenmeden, kesit biçimini ve kesit alanını değiştirecek tornalama, dövme veya haddeleme gibi işlemler uygulanmamalıdır.

##### 14.3.5.1 - Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deneyler, çelik çubuklara haddeleme işlemi sonrasında herhangi bir tornalama işlemi yapılmadan uygulanmalıdır. Yalnızca  $d = 32$  mm ve üzerindeki çaplarda, sıcak haddeleme işlemi yapılmış çubuklar için (IIIa, IVa) çekme cihazının kapasitesi yetersiz ise numuneler  $d = 28$  mm den daha küçük olmamak üzere cihaz kapasitesinin izin verdiği en büyük çapta tornalanarak deneye tabi tutulur. Tornalama işleminde malzemenin aşırı derecede ısınması önlenmelidir (Föy-2).

Deney numuneleri düz olmalıdır, kangal halindeki mamullerden alınacak numuneler düzeltildikten sonra kullanılmalıdır. Numune kangal halinde ise kangaldan 2 spiral kesildikten sonra numune alınmalıdır. Çekme numunesinin boyu 600 mm; ileri geri eğme ve katlama numunelerinin boyları ise  $d < 18$  mm için 500 mm;  $d > 18$  mm için 700 mm olmalıdır.

##### 14.3.5.2 - Çekme Deneyi

-Numunelerin akma ve çekme mukavemetleri ve kopma uzamaları TS 138 EN 10002-1'e göre yapılan deneylerle belirlenmelidir.

-Bütün mukavemetlerin hesaplanmasında Föy 1 ve Föy 2'de belirtilen kesitler kullanılmalıdır.

-Minimum kopma uzaması; çekme numunesinin ilk ölçme uzunluğu  $L_0=10$  d olan kısmı üzerinde, deneyden sonra ölçülen uzunluk artımının  $L_0$ 'a yüzde oranı olarak belirlenmelidir.

Minimum kopma uzamasının tespit edileceği numuneler, çubuk boyunca, 10 mm aralıklarla işaret çizgileri çizilir. Ölçme yapılacak bölge kırılmanın meydana geldiği bölgeye göre mümkün mertebe simetrik ve makinanın tutucu çenelerinden uzakta olmalıdır.

Deney uygulanan numune minimum kopma uzamasından düşük ise kopma uzamasının ölçüldüğü bölgenin, makinanın tutucu çenelerine olan mesafesinin 2 d veya daha yakın olması halinde o numune ile yapılan deney geçersiz sayılır. Yeni numune üzerinde deney tekrar edilir.

-Soğukta işlem görmüş çubuk numuneleri üzerinde yapılacak çekme deneylerinin "yaşlandırılmış" numuneler üzerinde yapılması istendiğinde deney numunesi,  $250^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta yarım saat süreyle tutularak, havada oda sıcaklığına getirildikten sonra deney yapılır. Deney raporunda, deneyin bu şekilde yaşlandırılmış deney numuneleri üzerinde yapıp yapılmadığı belirtilmelidir.

##### 14.2.3.3 - Düz Profilli ve Nervürlü Çelik Çubuklar İçin Eğme Deneyi

Düz, profilli ve nervürlü çelik çubuk numunelerinin eğme deneyi, TS 205'e göre belirtilen çaptaki mandreller kullanılarak oda sıcaklığında ( $15^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ ) yapılmalıdır. Numuneler mandrel çevresinde  $180^{\circ}\text{C}$  eğildikten sonra göz ile incelenir ve deney sonuçlarının belirtilenlere uygun olup olmadığına bakılır.

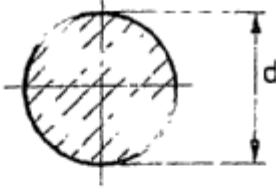
##### 14.2.3.4 - Nervürlü ve Profilli Çelik Çubuklar İçin İleri Geri Eğme Deneyi

Nervürlü veya profilli çubuk numuneleri üzerinde ileri geri eğme deneyi, TS 205'e göre ve Çizelge satır 8'de belirtilen çaptaki eğme silindirleri kullanılarak oda sıcaklığında. ( $15^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}$ ) yapılmalıdır.

Numuneler, belirtilen eğme silindirleri çevresinde  $90^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}$  açıda büküldükten sonra yarım saat süreyle kaynar suda tutulur. Kaynar sudan çıkarılan numuneler havada, oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra yeniden ileri geri eğme tezgahına bağlanarak daha önceki eğmeye aksi yönde  $20^{\circ}\text{C}$ ' lik bir açı kadar doğrultulur. Deneyden sonra incelenen numuneler üzerinde belirlenen deney sonuçlarının uygun olup olmadığına bakılır.

## Föy 1

## Düz Yüzeyle Çelik Çubuklar



| Anma Çapı d ve Toleransları (mm) |          | Anma Kütlesi(kg/m) | Kesit Alanı (mm <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|----------|--------------------|--------------------------------|
| çap(d)                           | Tolerans |                    |                                |
| 6                                | ±0,4     | 0,222              | 28,3                           |
| 8                                |          | 0,395              | 50,3                           |
| 10                               |          | 0,617              | 78,5                           |
| 12                               |          | 0,888              | 113,0                          |
| 14                               |          | 1,210              | 154,0                          |
| 16                               | ±0,5     | 1,580              | 201,0                          |
| 18                               |          | 2,000              | 254,4                          |
| 20                               |          | 2,470              | 314,0                          |
| 22                               |          | 2,985              | 380,0                          |
| 24                               |          | 3,550              | 452,3                          |
| 25                               | ±0,6     | 3,850              | 491,0                          |
| 26                               |          | 4,168              | 531,0                          |
| 28(3)                            |          | 4,830              | 616,0                          |

Çubuğun aynı kesitinde ölçülen en büyük çap ile en küçük çapın farkı olan ovallik, çap toplam toleransının (belirtilen toleransın mutlak değerinin iki katının) % 80'ini geçmemelidir.

Anma kütlesi toleransı -%6, +%4

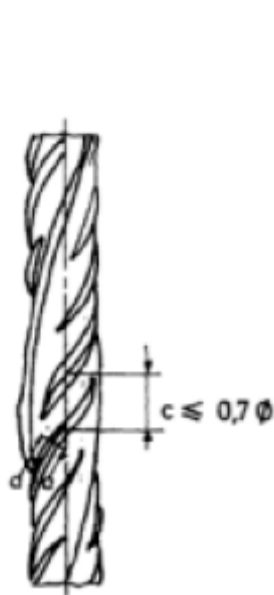
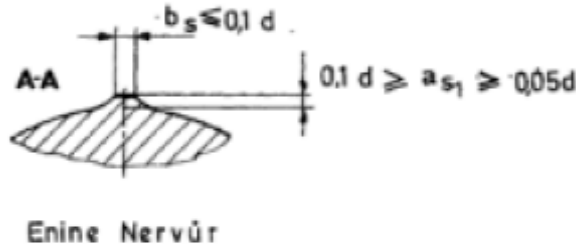
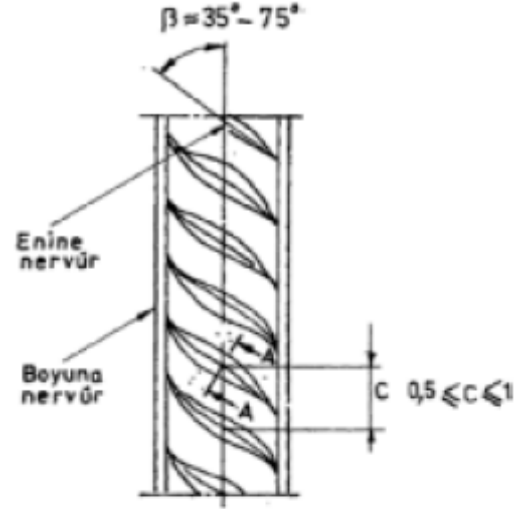
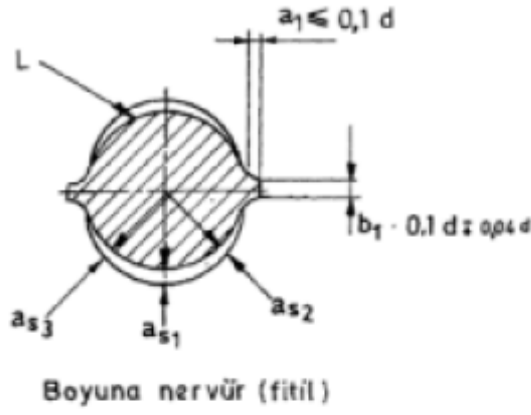
1 - Kütlev hesabında çeliğin özgül ağırlığı 7,85g/cm<sup>3</sup> olarak alınmıştır

2 - Kütlev ve kesit alanı toleranssız çapa göre hesaplanmıştır.

3 - Anma çapı toleransları sadece düz çubuklar için geçerlidir

Belirtilmeyen hususlarda ve biçimlendirmede yapımcı serbesttir.  
IV b çubukları ile ilgili boyutlar TS 4559'da verilmiştir.

Ölçüler mm'dir.



Soğukta işlem görmüş  
nervürlü çubuk örneği



III a - III b  
Nervür diziliş şekli

| Anma Çapı (d) | III-IVa a | IIIb | IVb | Anma kütlesi<br>kg/m | Kesit Alan<br>mm <sup>2</sup> |
|---------------|-----------|------|-----|----------------------|-------------------------------|
| 4,0           |           |      | X   | 0,099                | 12,6                          |
| 4,5           |           |      | X   | 0,125                | 15,9                          |
| 5,0           |           |      | X   | 0,154                | 19,6                          |
| 5,5           |           |      | X   | 0,187                | 23,8                          |
| 6,0           | X         | X    | X   | 0,222                | 28,3                          |
| 6,5           |           |      | X   | 0,260                | 33,2                          |
| 7,0           |           |      | X   | 0,302                | 38,5                          |
| 7,5           |           |      | X   | 0,347                | 44,2                          |
| 8,0           | X         | X    | X   | 0,395                | 50,3                          |
| 8,5           |           |      | X   | 0,445                | 56,7                          |
| 9,0           |           |      | X   | 0,499                | 63,3                          |
| 9,5           |           |      | X   | 0,556                | 70,9                          |
| 10,0          | X         | X    | X   | 0,617                | 78,5                          |
| 10,5          |           |      | X   | 0,680                | 86,6                          |
| 11,0          |           |      | X   | 0,746                | 95,0                          |
| 11,5          |           |      | X   | 0,815                | 103,0                         |
| 12,0          | X         | X    | X   | 0,888                | 113,0                         |
| 14,0          | X         | X    | X   | 1,210                | 154,0                         |
| 16,0          | X         | X    | X   | 1,580                | 201,0                         |
| 18,0          | X         | X    |     | 2,000                | 254,4                         |
| 20,0          | X         | X    |     | 2,470                | 314,0                         |
| 22,0          | X         | X    |     | 2,985                | 380,0                         |
| 24,0          | X         | X    |     | 3,550                | 452,3                         |
| 25,0          | X         | X    |     | 3,850                | 491,0                         |
| 26,0          | X         | X    |     | 4,168                | 531,0                         |
| 28,0          | X         | X    |     | 4,830                | 616,0                         |
| 30            | X         | X    |     | 5,550                | 706,5                         |
| 32            | X         | X    |     | 6,310                | 804,0                         |
| 40            | X         | X    |     | 9,860                | 1256,0                        |
| 50            | X         | X    |     | 15,410               | 1963,5                        |