

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ÇİMENTO DENEYLERİ

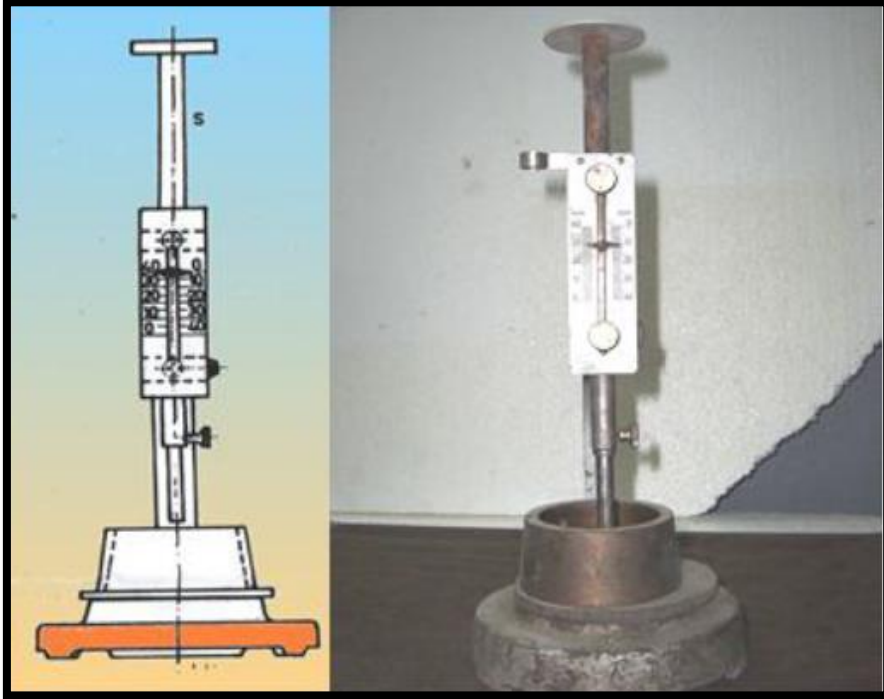
DENEYİN ADI: LABORATUVARDA NORMAL KIVAM TAYİNİ

DENEY STANDARTI: (TS 24, TS EN 196-3)

DENEYİN AMACI: Normal kıvam, vikat aletinin sondasının serbest bırakıldığı andan itibaren 30 sn içinde çimento hamuru içine, cam levhaya **5mm-7mm** uzaklık kalıncaya kadar batabilmesini sağlayan kıvamdır. Sonda ucu ile taban arası 5 mm den az ise sulu kıvam, 7 mm den daha fazla ise kuru kıvam diyebiliriz.

KULLANILAN ALETLER:

- a. Vikat aleti
- b. Silindir şeklinde sonda
- c. Vikat halkası
- d. 0,1 gr duyarlıkta terazi
- e. 25-30 cm çapında, 8-10 cm derinlikte metal kap
- f. Spatula



Vikat Aleti (Sondalı)

Laboratuvarda yapılacak çimento kıvam ve priz deneylerinin sağlıklı olabilmesi için vikat aletini meydana getiren parçaların belli ölçü ve ağırlıklarının olması gerektiği unutulmamalıdır. Aşağıdaki tabloda vikat aletinin, sondanın ve iğnesinin karakteristik değerleri verilmiştir. Bu değerler verilirken gerekli toleranslarda ayrıca bildirilmiştir. Bu değerler dışında yapılmış cihazlarla deneyin yapılması işlemi yanlış neticeler verir ve insanları yanıltmış olur. Bu açıdan cihazların verilen karakteristik değerlere göre üretilip üretilmedikleri araştırılmalıdır.

Vikat aleti karakteristik değerleri

Vikat aletinde isimlendirme	Değer (gr)	Yapılırken gözönüne alınacak sınır değerler	
		En Çok	En Az
Silindirik çubuk S baş kısmı parçaları	265	267	263
Silindirik Sonda (D)	35	36	34
İğne (İ)	7,5	8	7
Eklenecek ağırlık (Z)	27,5	28	27
Etken ağırlığın tümü	300	302	298
Sondada İsimlendirme	Değerler (mm)	Ençok (mm)	Enaz (mm)
Silindirik sonda çapı	10	10,02	9,98
Sondanın uzunluğu	50	-	-
İçeriye sokulan ucun çapı	5	-	-
İçeriye sokulan ucun uzunluğu	14	-	-
İğnede İsimlendirme	Değerler (mm)	Ençok (mm)	Enaz (mm)
İğnenin çapı	1,13	1,14	1,11
İğne uzunluğu	50	52	-
Gövdeye bağlanan ucun çapı	5	-	-
Gövdeye bağlanan ucun uzunluğu	14	16	-

Vikat halkası karakteristik değerleri

İsimlendirme	İşaretler	Değerler (mm)
Üst kısmın çapı	d_0	65 ± 2
Alt kısmın çapı	d_u	75 ± 2
Yükseklik	H	40 ± 2
Kalınlık	A	7 ± 2

DENEYİN YAPILIŞI:

- Bir miktar çimento yaklaşık yarım kilo, etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutularak içindeki su miktarının uçması sağlanır. Sabit ağırlığı anlayabilmek için belirli

sürelerde çimento çıkartılarak tartılır. Değişen ağırlıklar belli bir süre sonra değişmiyorsa artık çimento kurumuş ve içinde hiç su kalmamış demektir.

- b. 300 gr çimento, küre kesmesi şeklinde metal bir kaba konulur.
- c. Kabin içindeki çimentonun ortasına açılan çukura çimento kütlesinin %25-%30'u kadar içilebilir musluk suyu katılır. Su miktarının net ağırlığı için önce mezürün darısı alınır. İstenilen su doldurulduktan sonra tekrar tartılır. Su çimento içine döküldükten sonra mezür tekrar tartılarak ilk daradan fazla geliyorsa fazlalık miktar kadar çimentoya su ilave edilir.
- d. Uygun bir kaşıkla dikkatle karıştırılır. Hamurun yoğrulmasına, çimento ile suyun karıştırıldığı andan itibaren 3 dk devam edilir.
- e. Bundan en çok 1 dk içinde hamur Vikat halkası içine yerleştirilmelidir.
- f. Vikat halkası 12X12 cm'lik cam veya pleksiglas bir levha üzerine konulur. Çimento hamuru doldurulmadan evvel vikat halkası içi ve cam levha üstü ince bir yağ ile yağlanmalıdır.
- g. Vikat aletinin silindir şeklindeki sondası temizlenip kurutulduktan sonra, camın üzerine kadar indirilerek aletin göstergesi sıfıra getirilir.
- h. Vikat halkası içine konan hamurun yüzeyi bir spatula ile düzeltilir. Hamur halkanın üst kenarı seviyesine kadar doldurulur.
- i. Sondanın ucu hazırlanmış olan vikat halkasının ortasında hamur üst yüzeyine dokunacak kadar indirilir ve serbestçe bırakılır.
- j. Sonda kendi ağırlığı ile hamurun içine girer. Deney sırasında alet her türlü sarsıntıya karşı korunmalıdır. 30 sn beklenir ve okuma yapılır.

SONUÇ:

- Bu işlem muhtelif miktarlarda su ile tekrar edilerek çimento için gereken su miktarı tayin edilir.
- Normal kıvamlı hamur için kullanılacak su yeterli ise, sonda 30 sn içinde cam levhaya, 5mm-7mm kalıncaya kadar iner.
- 5'den küçük çıkarsa sulu
- 7'den büyük çıkarsa kuru kıvamlıdır.

VİKAT SONDA DEĞERİ	
KIVAM	BATMA (mm)
AKICI KIVAM	0-5
NORMAL KIVAM	5-7
KOYU KIVAM	7-10
ÇOK KOYU KIVAM	10 dan büyük

YAPILABİLECEK HATALAR:

1. Laboratuvar şartlarının sağlanmaması $20^{\circ}\text{C}\pm 2$
2. Tartı hatası
3. Karışımında çimento ve su kayıpları
4. Uzun zaman karma
5. Gereğinden az karma, topaklar oluşturma
6. Sondayı geç indirme
7. Ayar hatası yapma (Sıfırlamada yanlışlık)

DENEYİN ADI: LABORATUVARDA PRİZ BAŞLANGIÇ VE BİTİŞ SÜRELERİNİN TAYİNİ

DENEY STANDARTI: (TS 24, TS EN 196-3)

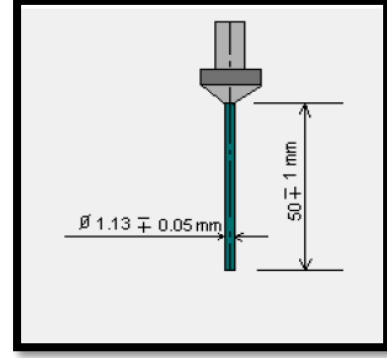
DENEYİN AMACI: Çimentoda priz başlama ve bitiş sürelerinin tespitinin yapılması, priz başlangıç zamanı beton dökümü için önemli bir zamandır. Betonun su ile karılıp yerine yerleştirilmesine kadar geçen zaman önemli bir zaman olup, genellikle en az 55-60 dk prize başlamamalıdır. Bu zaman sonrasında prize başlamalı ve 10 saatte tamamlanmalıdır. Bazı özel çimentolar için bu zamanlar değişebilir.

KULLANILAN ALETLER:

- a. Spatula
- b. 12X12 cm.'lik cam levha
- c. 0,1 gr. duyarlıkta terazi
- d. Vikat aleti
- e. İnce yağ



Vikat Halkası



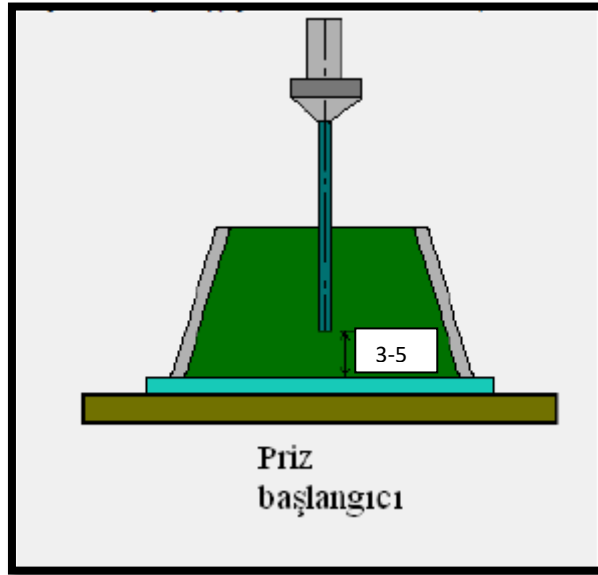
Vikat İğnesi

Deneyde kullanılan iğneler British Standart (BS) ye göre ayarlanmış olup Türkiye’de sadece tek iğne kullanılmaktadır.

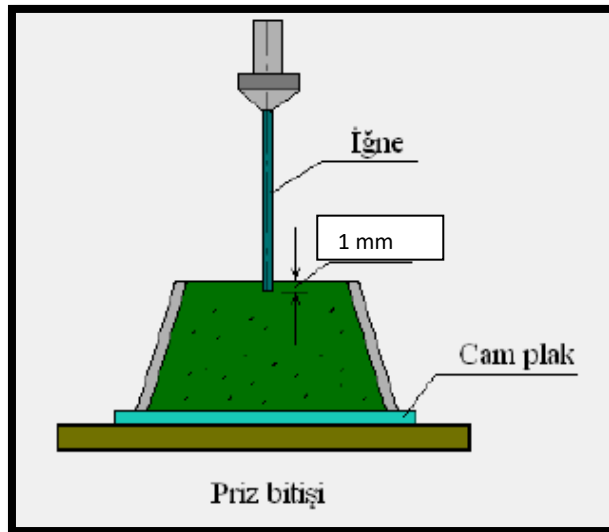
DENEYİN YAPILIŞI:

- Çimento hamuru 300 gr çimento ve % 30 kadar su miktarı ile hazırlanır veya normal kıvamda bulunan su miktarı direkt kullanılır.
- Priz sürelerinin tayini deneyi $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve nispi nemi %50-%60 olan bir oda içinde yapılmalıdır.
- Vikat aletine iğnesi takılır. Vikat iğnesi cam levhaya değdiği anda sıfırı gösterecek şekilde ayarlanır.
- Vikat halkası ve cam levha ince yağ ile yağlanır.
- 0,1 gr. duyarlı terazide 30 gr. çimento tartılır ve cam levha üzerine dökülür.
- Çimento kütlelerinin %25-%30’u kadar su, çimentonun ortasına açılan çukura dökülür ve spatula ile karıştırılır.
- Hamurun yoğrulmasına suyun katılmasından itibaren 3 dk. devam edilir.
- Bu süre sonunda en geç 1 dk. içerisinde yağlanmış olan vikat halkası içine yerleştirilir.
- Deney süresince vikat halkası asla sarsılmamalıdır.
- Vikat iğnesi halka içerisindeki hamurun üst yüzüne değecek kadar indirilir ve yan taraftaki vida ile sıkıştırılır.
- 55 dk. bekledikten sonra, vida gevşetilerek iğnenin hamur içine serbest olarak girmesi sağlanır.
- Başlangıçta hamur yumuşak olduğundan vida hafifçe gevşetilmeli ve iğnenin birden düşmesi önlenmelidir.

- m. Priz başlangıç süresinin tespiti için 55 dk. Sonra, iğne her 5 dk. da bir hamura batırılmalıdır.
- n. İğne bir defa batırılan yere tekrar batırılmamalı ve her batırılışından sonra bir bez veya süzgeç kağıdı ile silinmelidir.
- o. Priz sonu yaklaşık on saat olduğuna göre priz başlangıcından sonra ilk 8 saat batırma işlemi durdurulabilir. 8 saatten sonra her 15 dk. da bir batırmaya devam edilir.
- p. 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 aralıklarıyla tekrarlanır. İğne her seferinde hamurun değişik alanlarına batırılmalıdır.



Priz Başlangıç Ölçümü



Priz Bitiş Ölçümü

SONUÇ:

1. Çimento hamuruna batan iğne cam levhaya **3-5 mm** uzakta kaldığı an priz başlamış demektir. (55 dk. dan az olamaz, özel çimentolar hariç)
2. Priz başladıktan sonra priz sona erme süresinin tespiti için 8 saatten sonra iğne her 15 dk. da bir batırılmalıdır.
3. İğne en çok 1 mm girinceye kadar devam edilir ve en çok **1 mm** girince priz sonu olarak tespit edilir. Buda 10 saat sürer.

YAPILABİLECEK HATALAR:

1. Tartı hatası
2. Karışım da çimento ve su kayıpları
3. Gereğinden fazla veya az karma, topaklar oluşturma
4. İğnenin düzgün olmaması
5. Batırılan yere tekrar yakın batırılması
6. Ayar hatası yapma (sıfırlamada yanlışlık yapma)

DENEY ADI: ÇİMENTONUN ÖZGÜL AĞIRLIK TAYİNİ

DENEY STANDARDI: (TS 24, TS EN 196-3)

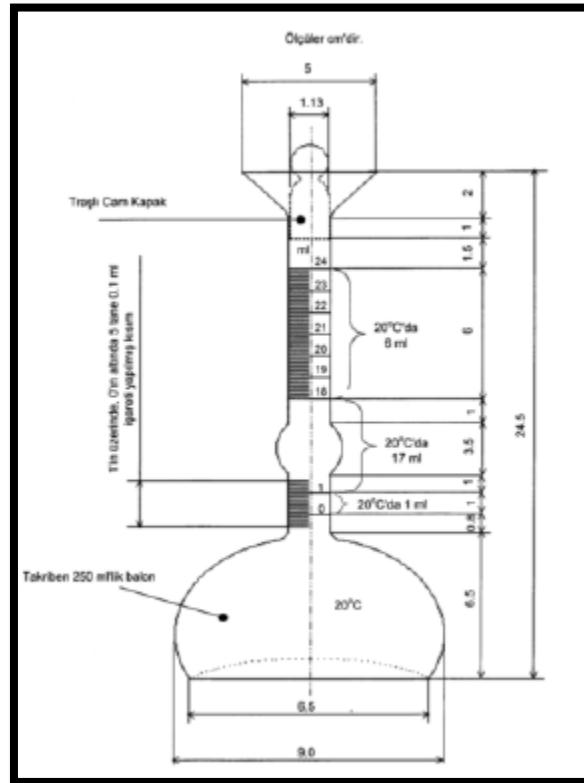
DENEYİN AMACI: 1 cm³ hacmindeki boşluksuz çimentonun gr. olarak ağırlığının bulunması. Çimentonun gereğinden ağır olması birim hacim agregaya konacak çimento miktarını azaltır. Bu da bağlayıcı olarak kullanılacak olan çimentonun azalmasına neden olur. Çünkü çimentolar betona katılırken hacim olarak değil ağırlık olarak katılmalıdır. Özgül ağırlığı fazla olan çimentonun hacmi az olacağından beton için uygun olmaz.

KULLANILAN ALETLER:

- a. Le chatelier balonu
- b. Gaz yağı veya petrol
- c. Su banyosu
- d. Hassas terazi
- e. Cam huni



Le Chatelier Balonu



Le Chatelier Balonu Karakteristik Değerleri

DENEYİN YAPILIŞI:

- Le chatelier cam balonu içi boş ve kuru olarak tartılarak darası alınır. (g_1) İçerisinde su bulunmayan gazyağı, mazot veya petrol Le chatelier balonu haznesine doldurulur. Hazne bitiminden sonra taksimat başlar (-2+10) mm arası taksimatlandırılmıştır. Taksimattan sonra küçük bir baloncuk daha bulunmaktadır. Ve bu balondan sonra 18

cm taksimatı başlamaktadır, bu taksimatlar direkt hacmi vermektedir. Yani 18 cm aslında 18 cm³ değerindedir. Gaz yağı hazne üzerinde bulunan taksimatın tam sıfırına gelmek zorunda değildir. 0-10 mm arasına gelinceye kadar doldurulabilir. Sonra tekrar tartılır. (g₂)

- b. Cam Balon, oda sıcaklığında yani 20±2°C olan ve sıcaklığı deney süresince 0,2°C'den fazla değişmeyen bir su banyosuna daldırılır.
- c. Balon ve içerisindekiler banyo sıcaklığına gelene kadar beklenir. Bu beklemenin süresi yoktur. Yalnız, balon içindeki gazyağı seviyesinin sabitlendiği zamana kadar bekletilmelidir. Sabit seviyeyi bulunca değişen hacim okunur. Hacim değişmesi sıfırın altına düşerse pipet ile gazyağı ilave edilir ve hacmi okunur. (V₁) Su banyosundan çıkarılan balonun dış çevresi kuru bir bez ile iyice kurulanır ve sonra tekrar tartılır. (g₂)
- d. Etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulan çimentodan 0,001 mg. hassas terazide tartılan 64 gr. çimento numunesi, kuru bir cam huni yardımıyla yavaş yavaş ve dikkatle balon içine akıtılır.



Balona Gaz veya Mazot Doldurulması

- e. Balonun iç kısmı, taksimatlardan yukarısı mutlaka çok kuru olmalı ve çimento balonunun üst yüzeyine yapışmamalıdır. Kullanılacak hunide çok iyi kurulanmalı gerekirse etüvde kurutulmalıdır. Huni ile çimento aktarılırken huniye çimento yapışmamalıdır.
- f. Numune doldurulurken balon hafifçe çalkalanarak ve yerinde döndürülerek çimento balonunun boynuna yapışması önlenir. Kesinlikle çimento kaşığı cam balona vurulmamalıdır. Darbe neticesinde cam balon kırılabilir.

- g. Çimento bittikten sonra cam balonun kapağı kapatılarak balon kendi ekseninde döndürülerek hava kabarcıklarının sıvı yüzüne çıkması sağlanır. Sonra tekrar tartılır. (g₃) Son tartıdan ikinci tartı (g₂) çıkarıldığında sonuç 64 gr gelmelidir.
- h. Bundan az gelirse çimento doldurulurken kayıplar oluşmuştur. Çıkan fark kadar çimento ilave edilmelidir. Eğer 64 gr dan fazla gelirse gereğinden fazla çimento konmuştur. Deney yapılır. Sonuçta çıkan hacim doldurulan çimento hacmi olduğuna göre formülde 64 yerine çıkan değer yazılmalıdır.



Balona Çimento Doldurulması Ve Doldurma Kaşığı

- i. Hava kabarcıkları çıktıktan sonra cam balon tekrar su banyosuna konarak aynı sıcaklığa gelmesi beklenir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus gazyağının seviyesinin sabitlenmesine kadar beklemektir. Su banyosu içinde bekleyen balonda hacim değişmesi olacak ve azalacak veya çoğalacaktır. Sabit seviyeyi bulana kadar her 10 dakikada bir seviyeye bakarak değişim gözlenmelidir.
- j. Sabit seviye bulunduktan sonra hacim tekrar okunarak (V₂) kaydedilir.

HESAPLAMALAR:

İlk ve son okumalar arasındaki fark, deneyde kullanılan çimento ile yer değiştiren sıvının hacmini gösterir.

Çimentonun özgül ağırlığı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\gamma_{\text{cim}} = \frac{m}{V_2 - V_1}$$

$$\gamma_{\text{cim}} = \text{Özgöl ağırlık (gr/cm}^3\text{)}$$

$$m = \text{Çimento ağırlığı (gr.)}$$

$$V_1 = \text{İlk okunan hacim (cm}^3\text{)}$$

$$V_2 = \text{Son okunan hacim (cm}^3\text{)}$$

SONUÇ:

1. Çimentonun özgül ağırlık deneyi aynı şekilde bir veya iki kere daha yapılmalıdır.
2. Deneyler arasındaki fark %1'den büyük olmamalıdır.
3. Üç deneyden farklı bir sonuç çıkarsa birbirine yakın iki deneyin ortalaması alınır. İstenirse bir dördüncü deney yapılarak birbirine yakın üç deneyin sonucu hesaba alınarak ortalaması özgül ağırlığı verir.
4. Fark bu değere eşit veya büyük ise deney bu şartı sağlayana kadar yeni numunelerle tekrarlanır.

YAPILABİLECEK HATALAR:

- a. Çimentonun hassas tartılmaması
- b. Çimentoyu balon içine akıtırken malzeme kaybı olması
- c. Hava kabarcıklarının iyi çıkarılmaması
- d. Okumaların iyi yapılmaması

ÖRNEK:

Çimentonun özgül ağırlığı alınan 64 gr numune Le chatelier balonuna 0,4 cm seviyesine kadar mazot konularak su banyosunda sabit seviyeye gelene kadar bekletilip içine önceden tarttığımız 64 gr çimento dökülerek tamamlanmış olup mazot 22,5 cm seviyesine gelmiştir. Balon su banyosuna konularak sabit seviyeye gelmesi sağlanmış ve en son 22,7 cm de sabitlenmiştir. Buna göre çimentonun özgül ağırlığını bulunuz.

$$\gamma_{\text{çim}} = \frac{m}{V_2 - V_1}$$
$$\gamma_{\text{çim}} = \frac{64}{22,7 - 0,40} = 2,85 \text{ gr/cm}^3$$
$$\gamma_{\text{çim}} = 2,85 \text{ gr/cm}^3$$

YORUM:

Özgül ağırlığı bulunan çimentonun değeri 3,00 ten aşağı çıktığı için ağır olmayan çimento sınıfına girebilir. Genellikle çimentonun özgül ağırlığı 3,00 ten yukarıda olmalıdır.

ÖRNEK:

Çimentonun özgül ağırlığı alınan 64 gr numune Le chatelier balonuna konularak yapılan üç farklı deneyde aşağıdaki tablodaki değerler bulunmuştur. Bu verilere göre çimentonun özgül ağırlığını bulunuz.

DENEY	Kullanılan çimento (gr)	İlk Hacim (V ₁) cm ³	Son Hacim (V ₂) cm ³	Çimento Hacmi (V) cm ³	Çimento Özgül Ağırlığı $\gamma_{\text{çim}}$ gr/cm ³
1.DENEY		0,2	22,00		
2.DENEY		0,5	22,40		
3.DENEY		0,0	21,85		
ORTALAMA					

ÇÖZÜM: Çimento hacmi son hacminden ilk hacmin çıkarılması ile bulunarak özgül ağırlığa ise ağırlığın bulunan bu hacme bölünmesiyle elde edilir. Aşağıda ki tabloda üç deney sonucunda ortalama çimentonun özgül ağırlığı bulunmuştur.

DENEY	Kullanılan çimento (gr)	İlk Hacim (V ₁) cm ³	Son Hacim (V ₂) cm ³	Çimento Hacmi (V) cm ³	Çimento Özgül Ağırlığı $\gamma_{\text{çim}}$ gr/cm ³
1.DENEY	64	0,2	22,00	21,80	2,94
2.DENEY	64	0,5	22,40	21,90	2,92
3.DENEY	64	0,0	21,85	21,85	2,93
ORTALAMA	64				2,93

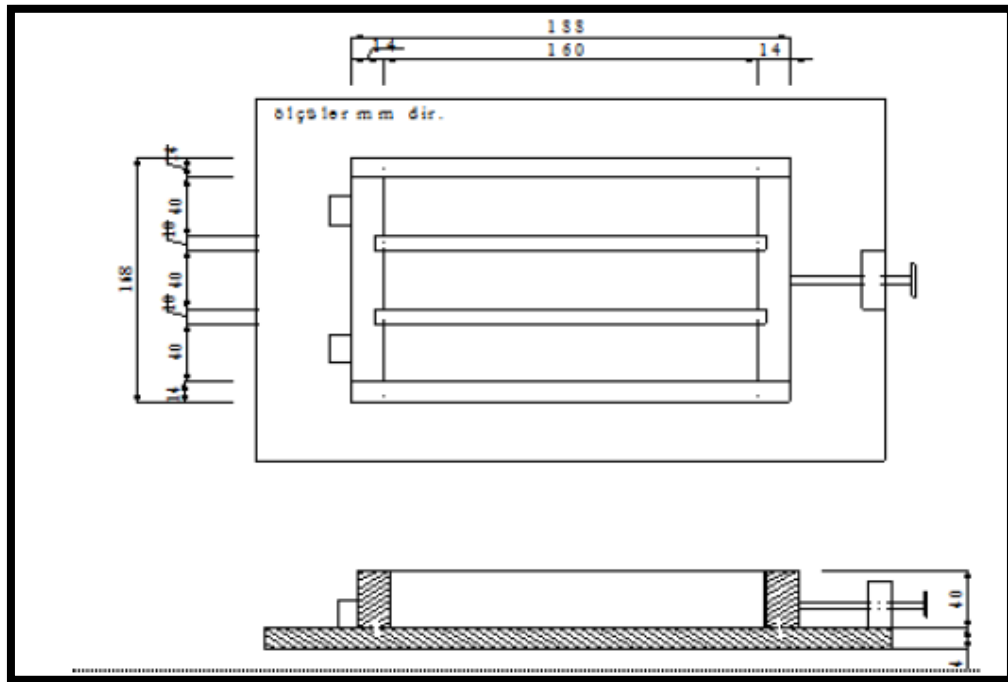
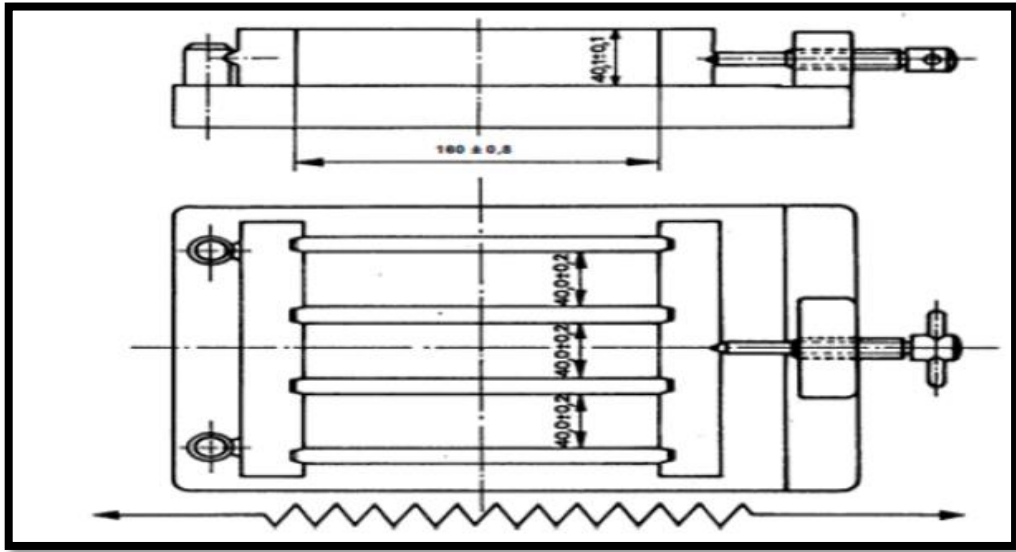
DENEY ADI: ÇİMENTO ÇEKME DAYANIM DENEYİ

DENEY STANDARTI: (TS24, TS EN 196-1)

DENEYİN AMACI: Çimentonun çekme dayanımının tespitidir. Çimento agregayı bir bütün olarak tutan ve genellikle basınca karşı dayanımı yüksek olan bir malzeme oluşturması bakımından önemlidir. Betonun, çekmeye ve eğilmeye karşı dayanımı düşüktür. Standartlarda belirtilen çekme dayanımını yakaladığımız zaman çimentonun kaliteli olduğunu söyleyebiliriz. Bu nedenle çekme dayanımının tespiti yapılmalıdır. Çimentoya katılacak kum da özel olarak imal edilir.

KULLANILAN ALETLER:

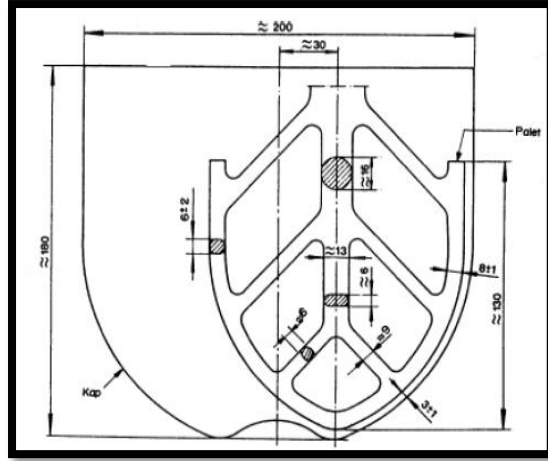
- a. Çekme dayanım aleti
- b. Çimento
- c. Çimento kalıbı
- d. Sarsma aleti
- e. Terazı
- f. Kum
- g. Mikser



Rilem- Cembureau Harç Kalıpları



Çimento Harcı Karıştırma Mikseri



Harç Karıştırıcı Boyutları

DENEYİN YAPILIŞI: Eğer standart kum yoksa laboratuvarında bu kum üretilmelidir. Laboratuvarında üretilen standart kum gerçekten standart kum olmadığından sonuç istenen şekilde çıkmayabilir veya sonucu bizi yanıltır. Mevcut kum önce yıkanarak içindeki yabancı maddelerin tamamen gitmesi sağlanır. Daha sonra etüvde 24 saat kurutularak içindeki su tamamen alınır. Etüvde kurutma işlemi sabit ağırlığa gelinceye kadar devam eder ve elek analizi yapılır. Elek analizi aşağıda verilen eleklerle gerçekleştirilir. Standart kum CEN referans kumu olarak adlandırılır. Herkes bu standart kumu yapamaz. Yuvarlak daneli ve içinde %98 silisyumdioksit bulunması gerekir. Bunun dışında olan kum standart kum olarak ifade edilmez. Deney sonucunda bulunan dayanımı da çimentonun dayanımı olarak kullanılmaz. Bu nedenle standart kum kullanılarak yapılan deney gerçek dayanımı verir.

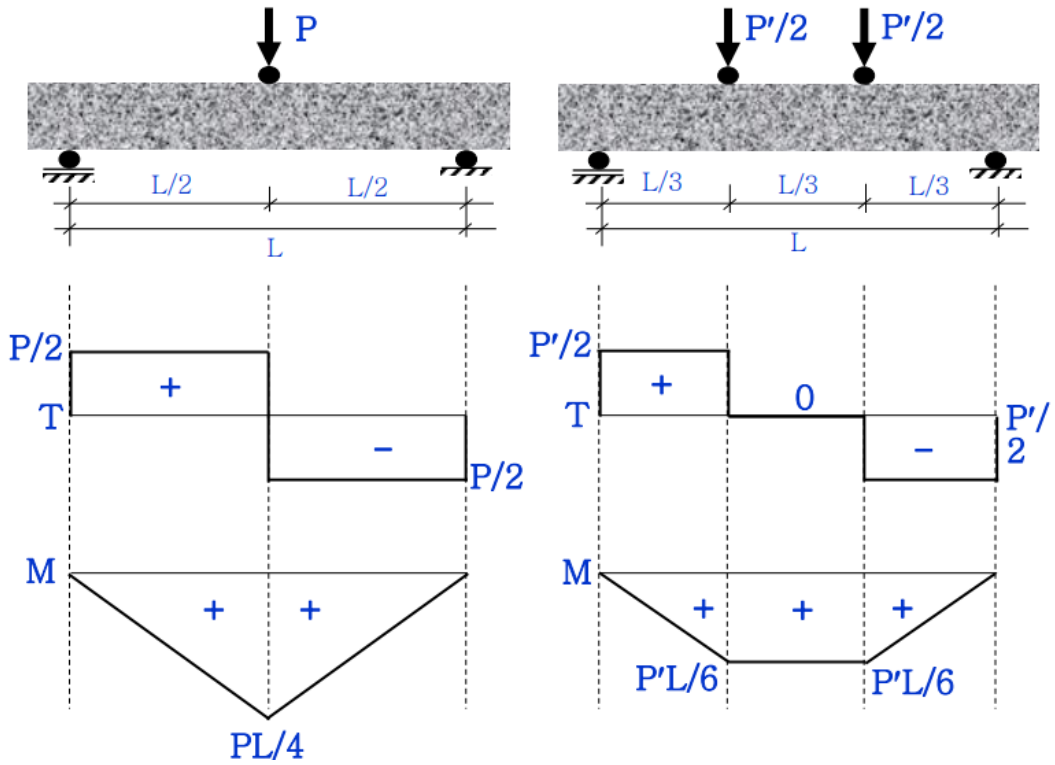
Çimentoda çekme dayanımı için CEN kum granülometrisi

Elek No	Her Elek Üzr. Kalan (gr)	Kümülatif Kalan (gr)	Her Elek Üzr. Kalan (%)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)
2.00	-	-	-	-	100
1.60	67.50	67.50	05	05	95
1.00	378	445.50	28	33	67
0.500	459	904.50	34	67	33
0.160	283.50	1188	21	88	12
0.800	135	1323	10	98	02
Geçen	27	1350	02	100	00
Toplam					

DENEYİN YAPILIŞI:

1. 450 gr çimento alınır. Bu çimentonun alımında esas her zaman olduğu gibi etüvde, içindeki suyu alınmış ve sabit ağırlığa gelene kadar bekletilmiş çimentodan alınmasıdır.
2. 1350 gr kum yukarıda tabloda belirtilen yıkanmış kurutulmuş kumdan olmalıdır.
3. 225 gr su, 0,1 hassasiyetinde tartılır. Su alınırken önce mezürün darası alınır. Sonra dara sıfırlanarak mezür içine 225 gr gelene kadar su doldurulur.
4. Bu su karıştırma kabına döküldüğünde mezür tekrar tartılır ilk daradan fazla geldiği takdirde farkı kadar su tekrar karıştırma kabına dökülür.
5. Karıştırma kabına 225 gr su konulur. Üzerine 450 gr çimento ilave edilir.
6. Karıştırıcı düşük hızda 30 sn çalıştırılır.
7. 30 sn sonunda 1350 gr kum karıştırma devam ederken, yavaş yavaş katılır.
8. 1 dk sonra karıştırıcı yüksek hızda ayarlanarak 30 sn daha karıştırılır.
9. Karıştırıcı durduktan sonra 15 sn içinde karıştırma kabının cidarlarına ve karıştırıcıya bulaşmış olan harç kauçuk başlı bir çubuk ile kabın içine kazınır.
10. Kabın üzeri örtülerek 75 sn bekletilir. Bu süre sonunda karıştırıcı yüksek hızda yeniden 1 dk daha çalıştırılır.
11. Böylece toplam olarak 4 dk sonunda harç kalıplarına konulmak üzere hazır hale gelir.
12. Kalıpların içi ince bir yağ ile yağlanır.
13. Kalıplar sarsma aletine yerleştirilir. Bağlama vidaları ile sıkıştırılır ve kalıp başlığı takılır.
14. Kalıplar ek yerlerinden, dış taraftan 3 kısım parafin ve 1 kısım reçine karışımı veya benzeri bir malzeme ile geçirimsiz hale getirilir.
15. Kalıp bölmelerine her biri içine yaklaşık olarak 320 gr harç (kalıp hacimlerinin yarısı) doldurulur. Bu işlem ölçüsü belli bir kaşık ile yapılır.
16. Kalıplara konan harç, kaşık ile ileri geri yayılarak, harcın kalıp içinde aynı kalınlıkta dağılması sağlanır.
17. Sarsma makinesi çalıştırılır ve 60 sn'de 60 sarsma yapılır.
18. Alet durduktan sonra harcın ikinci tabakası da aynı şekilde yerleştirilerek yeniden 60 sarsma yapılır.
19. Kalıp sarsma tablasından alındıktan sonra üzerindeki kalıp başlığı çıkarılır.
20. Harcın fazlası metal bir master ile sıyrılır. Kalıp üst yüzü ayrı master ile düzlenir. Kalıplar numaralandıktan sonra üzeri nemli bir bezle örtülüp 24 saat bekletilir.

21. 24 saat sonra kalıplar sökülür. Kalıptan çıkan harç prizmaları kontrol için tartılır ve alt yüzleri numaralanır.
22. Daha sonra harç prizmaları 20°C'lik, içilebilir musluk suyu içinde kırılacakları güne kadar bekletilir.
23. Döküm esnasında üste gelen yüzeyler, bekletilme esnasında da aynı şekilde bekletilmelidir.
24. Prizmalar su içerisinde bütün yüzeylerine su değecek şekilde ve birbirinden ayrı olarak durmalıdır.
25. Prizmalar kırılmaları, dökümden itibaren 2, 7, 28 gün sonra yapılır.
26. Bekletilme suyu her 14 günde bir değiştirilmelidir.
27. Prizmalar deneyden 15 dk önce sudan çıkarılarak bir bezle kurulandıktan sonra eğilmede çekme dayanımını ölçmek üzere alete yerleştirilir.
28. Eğilmede çekme aletinin duyarlılığı 10000 N'dan daha az yüklerde %0,8, daha büyüklerde ise %1 olmalıdır.
29. Prizma yan yüzleri üzerine ve uzunluğuna eksenine destek silindirler eksenine dik gelecek şekilde destek silindirleri üzerine konulur.
30. P yükü, yükleyici silindir vasıtası ile karşı yüzden dik olarak uygulanır.
31. Yükleme hızı saniyede 50 N olacak şekilde ayarlanır.



Üç (Tek) Noktadan Yükleme

Dört (İki) Noktadan Yükleme

HESAPLAMALAR:

Eğilmede çekme mukavemeti R üç (tek) noktadan aşağıdaki formülle hesaplanır.

Üç (Tek) noktadan yükleme için formüller;

$$R = \frac{6M}{b^3}$$

$$M = \frac{P * L}{4}$$

$$R = 1,5 * \frac{P * L}{b^3}$$

Dört (İki) noktadan yükleme için formüller;

$$R = \frac{6M}{b^3}$$

$$M = \frac{P * L}{6}$$

$$R = \frac{P * L}{b^3}$$

M: Eğilme Momenti

b: Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (mm)

P: Prizmanın ortasına uygulanan kuvvet (N), (1 kN = 1000 N)

L: Destek silindirinin eksenleri arasındaki uzaklık (mm)

R: Çekme dayanımı (N/mm²)

SONUÇ:

Deney neticesinde bulunan değer kg'a çevrilir ve mesnet aralıklarına göre bulunmuş katsayı ile çarpılıp eğilmede çekme miktarı kg/cm² olarak bulunur. Daha sonra ikiye ayrılan parçalar beton basınç makinesine getirilerek özel aparatına yerleştirilir. Gerekli ayarlar yapılarak kırılır. Bulunan değer kg/cm²'ye çevrilerek çimentonun basınç dayanımı bulunmuş olur.

ÇİMENTO ÇEKME VE BASINÇ DAYANIMI				
Numune Hazırlama Tarihi		Kırma Tarihi		
Agrega Ağırlığı	1350 gr.	Çekmede dayanımında alınan yükler		
Su Ağırlık	225 gr.	7 Günlük	Ortalama	
Çimento Ağırlık	450 gr.	1.Numune	2.Numune	3.Numune
Ortam Sıcaklık	21 °C			
Banyo Sıcaklık	21 °C	28 Günlük	Ortalama	
Bekleme Süresi	7 ve 28	1.Numune	2.Numune	3.Numune
Kırılacak Tarih				

BASINÇ DAYANIMI					
Numune Boyutlar		40*40*40 mm	Yüzey Alanı		16 cm
Yükleme Hızı		2,4 kN/sn	Numune Adedi		3 Ad.
7 Günlük	Ortalama		28 Günlük	Ortalama	
1.Numune	2.Numune	3.Numune	1.Numune	2.Numune	3.Numune
7 Günlük		Değerler	28 Günlük		Değerler
ÇEKME	4 N/mm ²	N/mm ² (MPa)	ÇEKME	5.5 N/mm ²	N/mm ² (MPa)
BASINÇ	21 N/mm ²	N/mm ² (MPa)	BASINÇ	32.5 N/mm ²	N/mm ² (MPa)

Aynı numunelerin kırılan iki parçası basınç dayanımı için test cihazındaki özel aparatına konarak basınca tabi tutulur.

YAPILABİLECEK HATALAR:

- Karışım hatası
- Sıkıştırma hatası
- Suda bekletme sıcaklık hatası
- Ortam sıcaklığı hatası
- Kırma esnasında aleti sıfırlama hatası
- Okuma hatası, hesaplama hatası

ÖRNEK:

Çimentonun çekme ve basınç dayanımı deneyini yaparak bulunan sonuçları yorumlayınız. Çekme deneyindeki mesnetler arasındaki mesafe 10,67 cm'dir.

ÇÖZÜM:

1350 gr standart CEN kumu, 450 gr çimento ve 225 gr su ile yukarıda anlatılan şekilde hazırlanan numuneler suda 7 ve 28 gün bekletilip çekme ve basınç dayanımları bulunmuştur. Bulunan değerler aşağıdaki tabloya yazılmıştır.

ÇİMENTO ÇEKME VE BASINÇ DAYANIMI				
Numune Hazırlama Tarihi		Kırma Tarihi		
Agrega Ağırlığı	1350 gr.	Çekmede dayanımında alınan yükler		
Su Ağırlık	225 gr.	7 Günlük	Ortalama	1,97
Çimento Ağırlık	450 gr.	1.Numune	2.Numune	3.Numune
Ortam Sıcaklık	21 °C	1,95 kN	1,90 kN	2,05 kN
Banyo Sıcaklık	21 °C	28 Günlük	Ortalama	2,20
Bekleme Süresi	7-----28	1.Numune	2.Numune	3.Numune
Kırılacak Tarih		2,10 kN	2,20 kN	2,30 kN

BASINÇ DAYANIMI					
Numune Boyutlar		40*40*40 mm	Yüzey Alanı		16 cm
Yükleme Hızı		2,4 kN/sn	Numune Adedi		3 Ad.
7 Günlük	Ortalama	335 kN	28 Günlük	Ortalama	521,67 kN
1.Numune	2.Numune	3.Numune	1.Numune	2.Numune	3.Numune
350 kN	355 kN	360 kN	515 kN	525 kN	530 kN
7 Günlük		Değerler	28 Günlük		Değerler
ÇEKME	4 N/mm ²	4,925 N/mm ²	ÇEKME	5,5 N/mm ²	5,125 N/mm ²
BASINÇ	21 N/mm ²	22,187 N/mm ²	BASINÇ	32,5 N/mm ²	32,60 N/mm ²

YORUM:

Yapılan deney sonucunda bulunan ortalama değerleri formülünde yerine koyarak kN olan sonucu kg'a çevirerek çekme ve basınç dayanımları bulunmuştur.

L= 10,67 cm ise

$$R_7 = 1,5 * \frac{P*L}{b^3} = 1,5*1,97*10,67/(4*4*4) = 0,4925 \text{ kN/cm}^2=4,925 \text{ N/mm}^2 \text{ 'dir.}$$

$$R_{28} = 1,5 * \frac{P*L}{b^3} = 1,5*2,05*10,67/(4*4*4) = 0,5125 \text{ kN/cm}^2=5,125 \text{ N/mm}^2 \text{ dir.}$$

Bulunan bu çekme dayanımlarından sonra kırılan parçalar basınç makinesinde özel aparatlarının içine yerleştirilerek kırılmış ve şu şekilde hesapları yapıp tabloya yazılmıştır.

7 günlük basınç dayanımı

Üç numunenin ortalama basınç dayanımı: 355 kN

Kırılma Alanı: 16 cm²

$$\sigma_k = 355*1000/1600 = 22,187 \text{ N/mm}^2$$

28 günlük basınç dayanımı

Üç numunenin ortalama basınç dayanımı: 521,67 kN

Kırılma Alanı: 16 cm²

$$\sigma_k = 521,67*1000/1600 = 32,60 \text{ N/mm}^2$$

Bulunan bu değerler yukarıdaki tabloda yerlerine konulmuştur. Bu verilere göre kullanılan çimentonun çekme ve basınç dayanımları belirtilen standart değerlerinden yüksek çıktıkları için kullanım için uygun olan çimentodur. Eğer standart değerlerin altında çıkmış olsaydı beton için kullanımının uygun olmadığını söyleyebilirdik.

DENEY ADI: ÖZGÜL YÜZEY DENEYİ

DENEY STANDARTI: (TS24, TS EN 196-6)

DENEYİN AMACI: Bir birim hacimdeki çimentonun içinde bulunan danelerin toplam yüzey alanını verir. Çimento danelerinin küçüklüğü arttıkça özgül yüzey alanı artar. Daneler büyüdükçe özgül yüzey alanı küçülür.

KULLANILAN ALETLER: Blaine Aleti

- a. Numune Hücresi: Korozyona dayanıklı sert metal veya camdan yapılmış olmalıdır. Hücre içi çapı 1,27±0,10 cm, boyu 5,0±1,5 cm olmalıdır. Üst kenar hücrenin eksenine dik olmalıdır. Hücre, alt tarafında bulunan bir yuva vasıtası ile manometreye bağlanmalıdır.

- b. Delikli Disk: Delikli disk numunenin üzerine oturan ve üzerinde 30-40 adet delik olan, kalınlığı ise 0,9 cm olan disk. Üzerine süzgeç kağıdı konarak bunun üzerine çimento numunesi yerleştirilir.
- c. Piston: Piston hücre içine rahatlıkla girecek şekilde olmalıdır. Piston tamamen hücre içine girdiğinde hücre altından 1,5 cm mesafe kalmalıdır. Pistonun üst tarafı düzgün başlıklı olmalıdır. Piston hücre içine girdiğinde hücredeki havanın dışarı çıkması için piston boyunca bir gedik olmalıdır.
- d. Süzgeç Kağıdı: Süzgeç kağıdı orta gözenekli (Whatman N.40 beyaz band) olmalıdır. Özel keski aleti ile kesilip hücre kesitine göre ayarlanmalıdır.
- e. Manometre: Yaklaşık 9 mm çapında U şeklinde bir borudan meydana gelir. Kollarından birisi üzerinde numune hücresinin oturacağı başlık bulunur. Başlığın altında bir emme borusu ve emme borusu üzerinde U borusundan 5 cm uzaklıkta bir musluk bulunur. Emme borusu ile U borusunun tabanı arasında yaklaşık $27,5 \pm 2,5$ cm mesafe bulunmalıdır. Numune hücresinin bulunduğu manometre borusu 12,5-14,5 ve 12,5-16,00 cm olmak üzere bir çizgi ile iki parçaya ayrılmıştır. Numune hücresinin altında bulunan birinci parça bu çizgiden itibaren 1,5 ; 7 ve 11 cm uzaklıklarda cam üzerinde uzaklıklarda işaretlenmiştir.
- f. Manometre Sıvısı: U borusunun en alt çizgisine kadar manometre sıvısı ile doldurulmalıdır. Bu sıvı uçucu olmayan ve su çekmeyen, zamanla bozulmayan düşük viskoziteli ve özgül ağırlığı küçük bir sıvı olmalıdır. Bu sıvı dübitilfitelat veya başka bir ince madeni yağ olabilir.
- g. Aletin K sabitinin Tayini: K sabiti özgül yüzeyi ve özgül ağırlığı bilinen bir ayar numunesi ile yapılır. Cam ampul içindeki ayar numunesi aşağı yukarı sallanarak homojen hale getirilir. Daha sonra ampul kesilerek aşağıdaki gibi K sabiti hesaplanır. Aletin kalibresi için gözenekliliği $0,5 \pm 0,005$ olan kalibrasyon numunesi hazırlanır. Bu numune için gerekli miktar şöyle bulunur.

$$m = d \cdot V(1 - e)$$

$$m = \text{Alınacak numune miktarı (gr)}$$

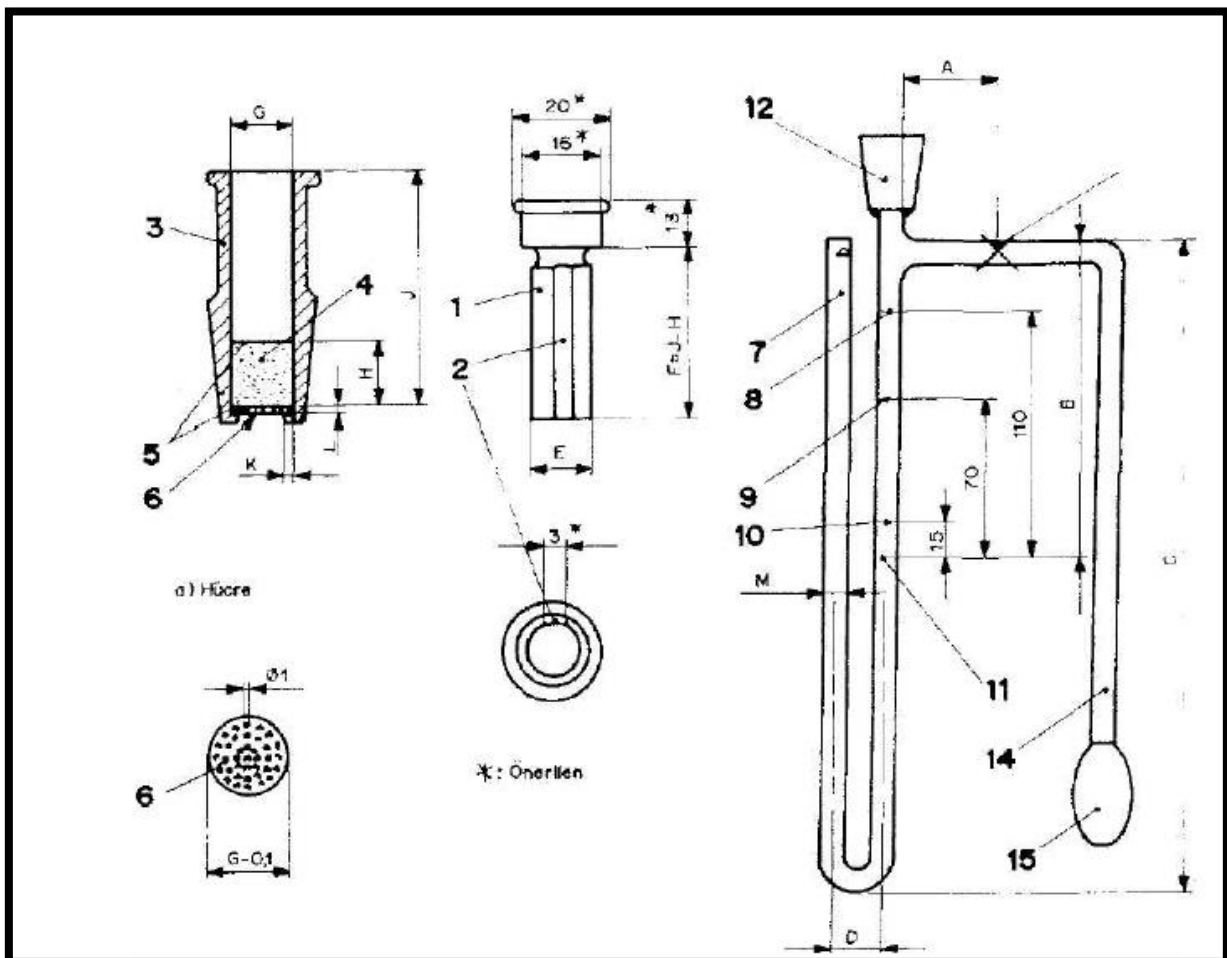
$$d = \text{Numunenin özgül ağırlığı (gr/cm}^3\text{)}$$

$$e = \text{Hücre içine yerleştirilen numunenin gözenekliliği (0,5)}$$

$$V = \text{Numune hacmi (cm}^3\text{)}$$



Blaine Aleti



Blaine Aleti

DENEYİN YAPILIŞI:

- 1- Numune hücreye yerleştirilir. Numune hücreye yerleřtirilmeden önce hücre altına disk yerleştirilir.



- 2- Onun üzerine süzgeç kağıdı konur.



- 3- Ağırlığı Sayfa 20'deki formül yardımıyla hesap edilen numune 0,1 gr duyarlı terazide tartılarak huni vasıtası ile hücreye boşaltılır. Hücre içine numunenin iyice yerleştirilmesi için hafif hafif sarsılır. Sonra pistonla yavaşça sıkıştırılır. Sıkıştırılan numunenin üstüne de bir süzgeç kağıdı yerleştirilir. Numunenin dışarı çıkmaması için piston başı, hücrenin üst kenarına değecek şekilde sıkıştırılır. Sonra piston çekilir.



- 4- Hücresinin kapağı kapatılarak cihaza yerleştirilir.
- 5- Cihazın arka kısmında bulunan ON/OFF anahtarı ON konumuna getirilir. Ekranda BLAIN TEST yazısı geçene kadar beklenir.
- 6- START tuşuna basılarak test başlatılır. Ekrandaki POMPA yazısı vakumun çalıştığını gösterir.
- 7- Ölçüm tamamlandıktan sonra K sabitine bağlı olarak Blaine değeri hesaplanır.

HESAPLAMALAR:

$$K = \frac{Sd(1 - e)\sqrt{\eta}}{\sqrt{e^3} * \sqrt{t}}$$

K: Alet Sabiti

S: Ayar numunesinin özgül yüzeyi (cm²/gr)

d: Ayar numunesinin özgül ağırlığı (gr/cm³)

e: Gözeneklilik (tablodan alınacak)

η: Deney sıcaklığında hava viskozitesi (tablodan alınacak)

t: Ölçülen zaman

SONUÇ:

Ölçüm tamamlandığında Blaine değeri cihaz tarafından SW olarak cm²/gr cinsinden otomatik olarak hesaplanır.

YAPILABİLECEK HATALAR:

- Sıcaklığın kontrolü
- Tartı hatası
- Manometre okuma hatası
- Hesap hatası
- Ölçüm hatası

Sıcaklığa bağlı olarak cıvanın özgül ağırlığı ve havanın viskozitesi

Sıcaklık (°C)	Cıvanın özgül ağırlığı	Havanın viskozitesi	Havanın viskozitesinin karekökü
16	10,56	0,0001788	0,01337
18	12,53	0,0001798	0,01341
20	13,53	0,0001806	0,01344
22	13,54	0,0001801	0,01342
24	13,54	0,0001828	0,01352
26	13,53	0,0001836	0,01355
28	13,53	0,0001847	0,01359
30	13,52	0,0001855	0,01362
32	13,52	0,0001866	0,01366
34	13,51	0,0001874	0,01369

Gözeneklilik (e) ile $\sqrt{e^3}$ arasındaki bağıntı

Gözeneklilik	$\sqrt{e^3}$	Gözeneklilik	$\sqrt{e^3}$
0,495	0,348	0,516	0,371
0,496	0,349	0,517	0,372
0,497	0,350	0,518	0,373
0,498	0,351	0,519	0,374
0,499	0,352	0,520	0,375
0,500	0,354	0,521	0,376
0,501	0,355	0,522	0,377
0,502	0,356	0,523	0,378
0,503	0,357	0,524	0,379
0,504	0,358	0,525	0,380
0,505	0,359	0,526	0,381
0,506	0,360	0,527	0,382
0,507	0,361	0,528	0,383
0,508	0,362	0,529	0,384
0,509	0,363	0,530	0,385
0,510	0,364	0,531	0,386
0,511	0,365	0,532	0,387
0,512	0,366	0,533	0,388
0,513	0,367	0,534	0,389
0,514	0,369	0,535	0,390
0,515	0,370	0,536	0,391