

TAZE BETON VE ÖZELLİKLERİ

İngilizce’de beton anlamına gelen “concrete” kelimesi “grow together-birlikte büyümek” anlamında olup Latince “concretus” kelimesinden türetilmiştir. “Beton” kelimesi Fransızca’dan Türkçe’ye girdi. Tanım olarak beton, agrega, çimento, su ve gerektiğinde bazı katkı maddelerinin birlikte karılmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir. Ne agrega ne de çimento tek başına yapı malzemesi olarak kullanıma uygun olmamasına rağmen ikisi birlikte kullanıldığında İnşaat mühendisliği açısından en yararlı yapı malzemesi olan betonu oluşturur.

Genel anlamda beton, hidrate olmuş çimento hamuru içine serpiştirilmiş agregaların birlikte oluşturduğu bir kompozit olarak değerlendirilir. Hidrate olmuş çimento hamuru hidratasyon ürünleri olarak bilinen tobermorit, portlandit ve etrenjit kristallerinden oluşmaktadır. Bu kompozit yapı kuru ya da su ile dolu kapiler boşluklar yanında, hidrate olmamış çimento taneleri de bulunur.

Diğer taraftan agregalar da farklı mineralojik yapıda ve belli bir poroziteye sahip kompozitler olarak düşünülebilir. Bu bakımdan beton karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle betonun yapısı ile fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemeye dayalı bazı basitleştirici kabuller yapılarak bazı matematiksel modeller gerçekleştirilmiştir.

Bu anlamda yapılan temel varsayım betonda agrega ve çimento hamuru fazlarının homojen ve izotrop olduğudur. Bu iki fazın özelliklerinin iyi bilinmesi halinde kurulacak matematiksel modellerin betonun mekanik davranışını açıklamada esas oluşturacağı farz edilmektedir.

Bileşim itibariyle beton için 10:20:30:40 diye genel bir kural vardır. Bu, hacimsel olarak betonun %10 çimento, %20 su ve hava, %30 ince agrega ve %40 iri agregadan oluştuğu anlamındadır. Bu nedenle bu kural yalnızca geleneksel beton için geçerlidir. Hava sürüklenmiş betonlar ile özel betonlar için geçerli değildir. Hava sürüklenmiş ve hava sürüklenmemiş betonlar için kabaca karışım oranları şematik olarak aşağıda verilmektedir.

	Çimento	Su	Hava	İnce agrega	İri agrega	
1	%15	%18	%8	%28	%31	1 ve 3 nolu çubuklar az agregalı zengin karışımlar; 2 ve 4 nolu çubuklar fazla agregalı zayıf karışımlardır. Hava sürüklenmiş beton
2	%7	%14	%4	%24	%51	
3	%15	%21	%3	%30	%31	Hava sürüklenmemiş beton
4	%7	%16	%0.5	%25.5	%51	

Mutlak hacim itibariyle beton bileşenlerinin şematik gösterimi

Sertleşmiş betonun hacim olarak yaklaşık %70’i agrega, geri kalan kısmı çimento hamuru ve havadan oluşmaktadır. Agrega betonun iskeletini oluşturduğu kabul edilmektedir.

Betonda agrega kullanımını zorunlu kılan etmenler şunlardır:

- Agrega çimentoya kıyasla daha ucuzdur.
- Çimento hamurunda priz ve sertleşme sırasında oluşan rötre ve şişme gibi hacimsel değişimler agregada olmaz. Hatta agrega betonda hacimsel değişimi fazlasıyla sınırlar.
- Agrega atmosferik etkilere, kimyasal etkilere, aşınma etkisine karşı çimento hamuruna kıyasla daha dayanıklıdır.

Beton tasarımında öncelikli amaç olabildiğince dayanımı yüksek ve dayanıklı beton üretmektir. Ne var ki en iyi koşullarda üretilen betonlarda dahi malzeme ve işçilik hataları nedeniyle betonda arzu edilmeyen kusurlar ve boşluklar oluşabilir. Amaca uygun beton üretmek için karışıma giren agrega, çimento, su ve gerekli hallerde kullanılan kimyasal ve mineral katkı maddeleri oranları iyi ayarlanmalı, beton üniform hale gelinceye kadar iyice karıştırılmalı, uygun biçimde kalıba yerleştirilmeli, sıkılanmalı ve döküm sonrası belirli bir süre küre tabi tutulmalıdır.

Taze ve sertleşmiş betonda aranan temel özellikler şunlardır:

- Taze halde beton kalıba kolay yerleştirilmeli ve sıkılanmalı ve bu işlemler sırasında ayrılmamalıdır. Kısaca işlenebilir olmalıdır.
- Sertleşmiş halde betonun dayanımı yeterince yüksek ve dayanıklı olmalıdır. Yani, dış yükleri taşımali ve çeşitli fiziksel ve kimyasal etkilere dayanıklı olmalıdır.
- Beton ekonomik olmalıdır. Yani, malzeme, üretim, döküm, yerleştirme ve sıkılama masrafları olabildiğince az olmalıdır.

Bütün bu kriterleri sağlamak için aşağıdaki süreçlerin harfiyen yerine getirilmesi gerekir:

- Malzeme seçimi doğru yapılmalı ve karışım oranları hassas bir biçimde hesaplanmalıdır.
- Beton harmanının hazırlanması, betonun karılması, yerleştirilmesi ve sıkılanmasında uygun yöntemler ve güvenilir araçlar kullanılmalıdır.
- Beton uygun şekilde kür edilmelidir.

Aranan bu hususların sağlanıp sağlanmadığı laboratuvar da ve şantiyede gerçekleştirilecek deneylerle kontrol edilmelidir.

Taze beton, karıştırma işlemi tamamlanmış ancak henüz priz yaparak plastikliğini kaybetmemiş betondur. Taze betonun taşınması, yerleştirilmesi ve sıkılanması sırasında sağlanan özellikler betonun sertleşmiş haldeki özelliklerine de yansır. Bu aşamada arzu edilen en önemli özellik işlenebilirlik ve üniformalıktır.

KIVAM VE İŞLENEBİLİRLİK

“İşlenebilirlik” terimi taze betonun birkaç özelliğini içinde barındıran bir kavram olup alacağı değeri çeşitli faktörlere bağlıdır. İşlenebilir beton, kalıba kolayca yerleştirilen, kolayca ve tam olarak sıkılanabilen betondur. İşlenebilirliğin iyi olması yerleştirme ve sıkılama işlemlerinin hızlıca yürütülmesini ve haliyle maliyetin düşmesini sağladığı gibi sertleşmiş betonun

özelliklerine önemli ölçüde olumlu yönde etkir. İşlenebilirliğe etkiyen faktörler aşağıdaki gibi verilebilir:

- Beton bileşimi ve betonu oluşturan bileşenlerin özellikleri
- Kalıbın özellikleri
- Donatı miktarı ve sıklığı
- Kullanılan yerleştirme ve sıkılama yöntemleri

Kalıp ve donatı özellikleri çok değişken olduğundan pratikte betonun işlenebilirliği dendiğinde daha çok betonun bileşimine bağlı özellikler yani betonun sıkılanabilirliği, kalıp içinde harekete geçme kolaylığı ile stabilitesi anlaşılmaktadır. Bu nedenle, işlenebilirlik taze betonla ilgili en az beş ayrı özellik hakkında bilgi veren bir kavramdır. Bu özellikler şunlardır:

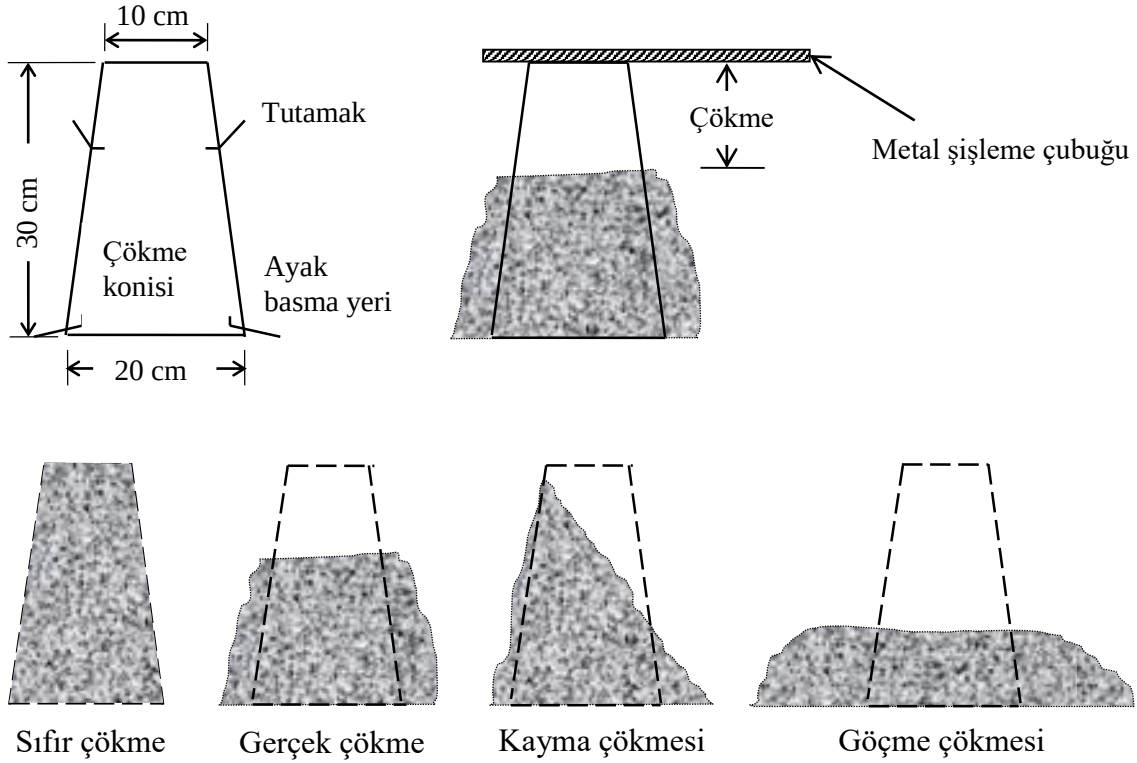
- Stabilite: Betonun taşınması, yerleştirilmesi ve sıkılanması sırasında ayrışma olmaksızın homojen ve üniform yapısını koruyabilme özelliğidir.
- Harekete geçme kolaylığı: Betonun kalıp içinde kolayca harekete geçmesi ile ilgili özelliktir.
- Sıkıştırılabilirlik: Taze betonun kolay sıkılanabilmesi ile ilgili özelliktir.
- Yerleştirilebilirlik: Taze betonun ayrışma olmaksızın kolayca sıkıştırılabilmek özelliğidir.
- Bitirilebilirlik: Betonun kolayca yerleştirilebilmesi, sıkıştırılabilmesi ve yüzeyinin düzeltilebilmesi özelliğidir.

Taze betonun işlenebilirliği genellikle “kıvam” ile ifade edilir. Ancak bu çok gerçekçi bir yaklaşım değildir. Çünkü aynı kıvama sahip betonların işlenebilirlikleri pekâlâ farklı olabilir. Taze betonun kıvamını belirlemede yaygın olarak çökme deneyi, Ve-Be deneyi, sıkıştırma faktörü deneyi ve yayılma tablası deneyi kullanılmaktadır. Bu deneylerden en basit olanı ve hem laboratuvarında ve de arazide en yaygın olarak kullanılanı çökme deneyidir. Çökme arttıkça betonun akıcılığı artar, aksine çökme azaldıkça betonun akıcılığı azalır.

ÇÖKME DENEYİ

Deneyde üst çapı 10 cm, alt çapı 20 cm ve yüksekliği 30 cm olan bir kesik koni biçiminde bir kap kullanılmaktadır. Beton bu kaba eşit hacimde üç tabaka halinde doldurulur ve her bir tabaka 16 mm çapında çelik bir çubuk ile 25 kez şişlenir ve üstü mala ile düzeltildikten sonra kap kontrollü bir biçimde yukarı çekilerek alınır ve çökme değeri ölçülür. Çökme miktarı taze betonun işlenebilirliğine ilişkin bir fikir verir. Aşağıda şematik olarak gösterildiği gibi çökme deneyi sonucunda betonun kıvamına bağlı olarak sıfır çökme, gerçek çökme, kayma ve göçme olmak üzere dört farklı durum oluşmaktadır.

Bu dört durumdan yalnızca “gerçek çökme” durumu beton için çökme olarak kabul edilir. Kayma durumu oluştuğunda deney tekrarlanır ve sonuç değişmiyorsa bu rapor edilir. Göçme durumu oluştuğunda deney tekrarlanır ve durum rapor edilir. Gerçek çökme dışındaki hallerde yapılan ölçümlere güvenmek gerçekçi olmaz.



TS EN 206 standardı ölçülen çökme değerine göre beş farklı kıvam sınıfı tanımlar.

Kıvam	Çökme (mm)	İşlenebilirlik sınıfı
S1	10-40	Çok kuru
S2	50-90	Kuru
S3	100-150	Plastik
S4	160-210	Akıcı
S5	≥ 220	Çok akıcı

Gerçek çökme daha çok bileşiminde yeterince kum ve çimento bulunan betonlarla çimento bakımından zengin betonlarda görülür. Bu tür betonlarda en büyük agrega tane boyutu 31.5 mm'yi aşmaması durumunda karışım suyunda ve iri/ince agrega oranında meydana gelen sapmalar çökmeye etki ettiği görülür. Bu özellikten dolayı çökme deneyi şantiyede beton bileşiminde bir değişikliğin olup olmadığını hızlıca saptayabilmek amacıyla kullanılan basit ve etkili bir yöntemdir. Kayma daha çok çimentosu ve kumu az betonlarda, göçme ise daha çok sulu betonlarda görülür. Suyu çok az betonlarda bu çökme türlerinden hiçbiri görülmeyebilir. Beton genellikle çökme konisinin şeklini aynen korur. Çökme deneyi sayesinde bileşimi aynı olan betonların su miktarı kolayca ayırt edilebilir.

Görüldüğü üzere çökme deneyi, çimentosu veya kumu ya da suyu az betonlarla çok sulu betonlar için anlamlı sonuç vermemektedir. Bunun yanı sıra deney sadece beton kıvamı hakkında bir fikir verdiği buna karşın betonun harekete geçme kolaylığı ve sıkılaşabilirliği hakkında bir bilgi vermediği unutulmamalıdır. Oysa çökme miktarı aynı olan iki betonu kalıba yerleştirirken ve sıkılaşırken sarf edilen enerji miktarı farklı olabilir. Çökme deneyinin yaygın olarak kullanılmasının nedeni, deneyin basit olması ve aparatın ucuz olmasıdır.

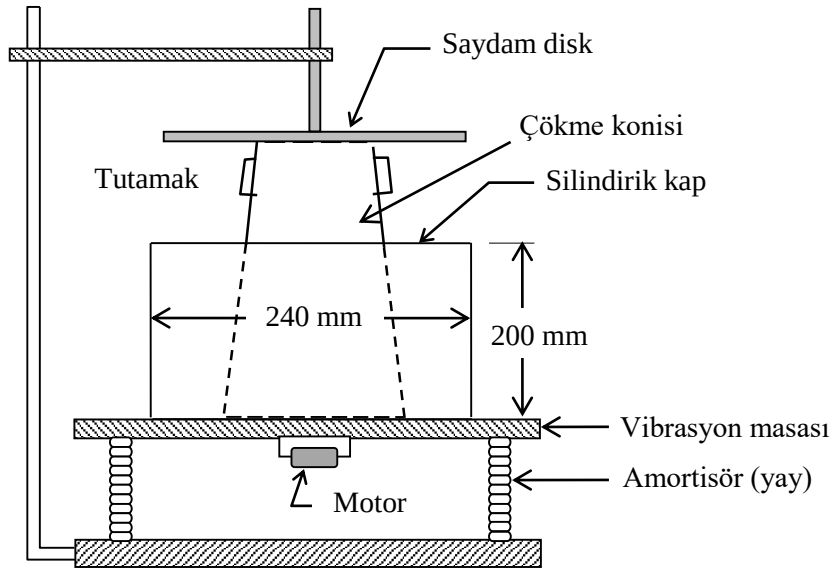
VE-BE DENEYİ

Bu deney için kullanılan düzenek, çökme deneyinde kullanılan konik kap ve şişleme çubuğu, 24 cm çapında ve 20 cm yüksekliğinde bir silindirik kap ile bu kabın tutturulduğu titreşimli platform, kap içinde düşey olarak hareket edecek şekilde yataklanmış saydam bir diskten oluşmaktadır. Deneyde, kesik koni silindirik kap içine yerleştirilerek çökme deneyindeki işlemler yürütülür. Kesik koni kap kontrollü bir şekilde alındıktan sonra silindirik kap titretilerek taze betonun kabın içine tam yayılması ve sıkılanması için geçen süre yarım saniye hassasiyetle ölçülür.

Ölçülen süre titreşimin başlatıldığı an ile çimento şerbetinin betonun yüzeyine çıktığı an arasında geçen süre olup betonun kıvamı, harekete geçme kolaylığı ve sıkılanabilme özellikleriyle doğrudan ilgili olduğundan işlenebilirlik hakkında oldukça iyi bir fikir vermektedir.

Deney bu özelliğiyle, plastik kıvamlı betonlar kadar kuru kıvamlı betonlar için de uygundur. Ancak kuru kıvamlı betonların sıkılanması çok zor olduğundan bu süre çok uzun çıkabilir. Hatta, bazen betonun tam olarak sıkılanması mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda Ve-Be süresinin saptanması çok güçleşir; sonuçlara tam güvenmemek gerekir. Akıcı kıvamlı betonlar çok hızlı yayıldığı için Ve-Be süresi 1-1.5 sn mertebesinde olabilir.

Kısa Ve-Be sürelerinin doğru bir biçimde belirlenmesi oldukça güçtür. En büyük agreg a tane boyutu 20 mm'den büyük olduğu durumlarda deneyin güvenilirliği azalmaktadır. Ve-Be deney aparatı şematik olarak aşağıda gösterilmiştir:



Ve-Be deney aparatı

Deney, beton bileşimindeki değişikliklere olduğu kadar agreg a özelliklerine karşı da hassastır. Ayrıca deney oldukça geniş bir kıvam aralığında kullanılabilir. Buna karşılık deney aparatı pahalı, yöntemse basit değildir. Bu nedenle şantiyede kullanımı önerilmemektedir. Şantiye yerine daha ziyade hazır beton santralleri, prefabrik beton eleman üreten iş yerleri, laboratuvarlar için tavsiye edilmektedir.

SIKIŞTIRMA FAKTÖRÜ DENEYİ

Bu deney vasıtasıyla, belirli bir yükseklikten serbest düşen betonun bir kabı hangi sıkılıkta doldurduğu ölçülmektedir. Deney aparatı, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bir dikmeye monte edilmiş iki kesik koni biçiminde altları kapaklı kap ve bunların altında yerleştirilen bir silindir kaptan oluşmaktadır. Deneyde üstteki konik kap taze betonla doldurulduktan sonra kabın alt kapağı açılarak ve betonun alttaki konik kaba aktarılması sağlanır. Bu kabın da alt kapağı açılarak betonun silindirik kaba aktarılması sağlanır.

Silindirik kabı dolduran beton miktarı belirlenir. Silindirik kap iyice sıkılanır ve tekrar tartılır. Böylece sıkılanmış halde silindirik kaba doldurulan beton miktarı belirlenmiş olur ve sıkıştırma faktörü aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Sıkıştırma Faktörü, SF} = \frac{\text{Serbestçe düşerek yerleşen beton ağırlığı}}{\text{Sıkılanarak yerleşen beton ağırlığı}}$$

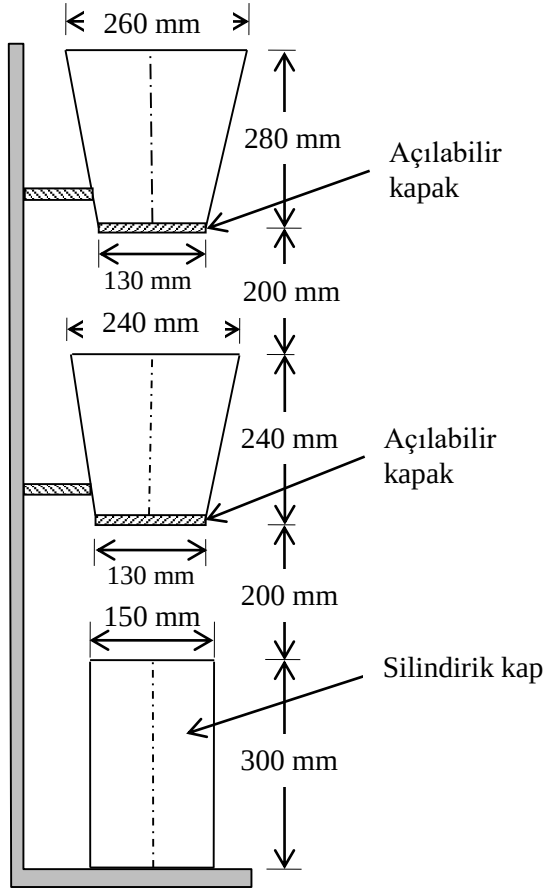
Sıkıştırma faktörü deneyi kuru ve plastik kıvamlı, yani sıkıştırma faktörü $0.78 \leq SF \leq 0.96$ arasında olan betonlar için uygundur. Çok akıcı kıvamlı betonların sıkıştırma faktörü 1'e yakın değerler aldığından betonun kıvamı hakkında fikir sahibi olmak zordur. Genellikle $SF \geq 0.92$ durumu kıvam değerlendirmesi için uygun değildir.

Sıkıştırma faktörü deneyi, sıkıştırılabilirlik hakkında çökme deneyine kıyasla daha fazla bilgi verir. İlişki doğrusal olmasa da sıkıştırma faktörü deneyi sonuçları çökme ile ilişkilendirilebilir. Aşağıda verilen tabloda sıkıştırma faktörü deneyi sonuçları çökme ve işlenebilirlik derecesi ile ilişkilendirilmektedir.

İşlenebilirlik derecesi	Çökme (mm)	Sıkıştırma faktörü, SF	Uygulamalar
Çok düşük	0-25	0.78	Yollarda veya diğer büyük kütle beton uygulamalarda vibrasyonlu beton.
Düşük	25-50	0.85	Vibrasyonsuz kütle beton temeller. Vibrasyonlu seyrek donatılı yapı elemanları.
Orta	50-100	0.92	Vibrasyonsuz beton normal donatılı işler ve vibrasyonlu yoğun donatılı elemanlar.
Yüksek	100-175	0.95	Yoğun donatılı yerler. Normalde vibrasyon için uygun olmayan.

Kesin konuşmak gerekirse, sıkıştırma faktörü deneyi işlenebilirliği dolaylı bir şekilde ölçer. Bu testin, özellikle "orta" ve "düşük" işlenebilirliğe sahip beton karışımları için (yani, 0.8 ila 0.9 sıkıştırma faktörü) çökme deneyinden daha kesin sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu bakımdan, laboratuvarında kullanımı daha yaygın olmaktadır.

Çok düşük işlenebilirliğe sahip beton için (yani, 0.70 ve altındaki sıkıştırma faktörü) bu deney uygun değildir. Bu deney, maksimum 20 mm agrega boyutuna kadar uygun sonuçlar verir.

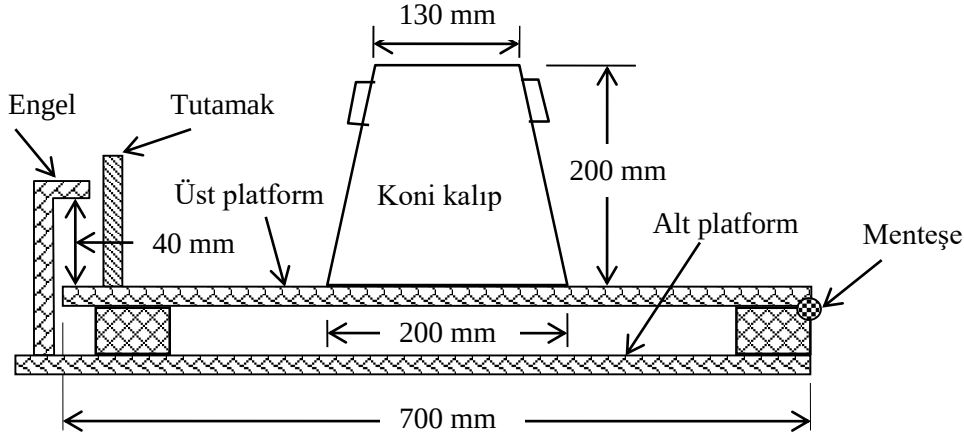


Sıkıştırma faktörü deney aparatı

Deney, daha çok prefabrikasyonda ve büyük inşaat şantiyelerinde uygulama alanı bulur. Çökme deneyi ile karşılaştırıldığında, aparat büyüktür ve ölçümleri gerçekleştirmek için düzgün bir yüz gereklidir. Bu dezavantajlara ek olarak, deney sonuçlarının doğruluğunu azaltan birkaç kusuru vardır. Bunlardan en önemlisi, sıkıştırma faktörü deneyinin gerçekleştirilmesinde sahada kullanılan asıl sıkıştırma yöntemi olan vibrasyonun kullanılmamasıdır.

YAYILMA TABLASI DENEYİ

Bu deney göçme çökmesi gösteren beton karışımlarının değerlendirilmesi için uygundur. Deney düzeneği, bir kenarı 700 mm olan kare şeklinde bir ahşap plaka ile bu plaka üzerine yerleştirilen bir metal plaka ve taban çapı 200 mm üst çapı 130 mm, yüksekliği 200 mm olan metalden yapılmış bir kesik koniden oluşmaktadır. Ayrıca bir kenarı 40 mm olan kare kesitli ve yaklaşık 200 mm uzunluğunda metal bir şişleme çubuğu kullanılır.



Yayılma tablası deney düzeneği

Deneyde plaka düzgün bir zemine oturtulur. Üzerine metal üst plaka konulur ve plakanın orta yerine kesik koni yerleştirilir. Taze beton iki tabaka halinde kesik koniye doldurulur. Her bir tabaka sıkıştırma çubuğu ile 10 kez şişlenerek sıkıştırılır ve koninin üst yüzeyi düzeltilir. Koni çökme deneyinde olduğu gibi tutamaklardan tutarak çekip çıkartılır. Daha sonra üst plakanın bir kenarı 40 mm yukarı kaldırılır ve serbestçe alt plaka üzerine düşürülür. Serbestçe düşürme işlemi 15 kez tekrarlanır.

Bu işlem tamamlandıktan sonra taze betonun yayılma çapı her iki doğrultuda ölçülerek ortalaması alınır. Bu değer yayılma çapı olarak belirlenir. Yayılma çapı esas alınarak yapılan değerlendirme TS EN 206'da çizelge halinde verilmektedir.

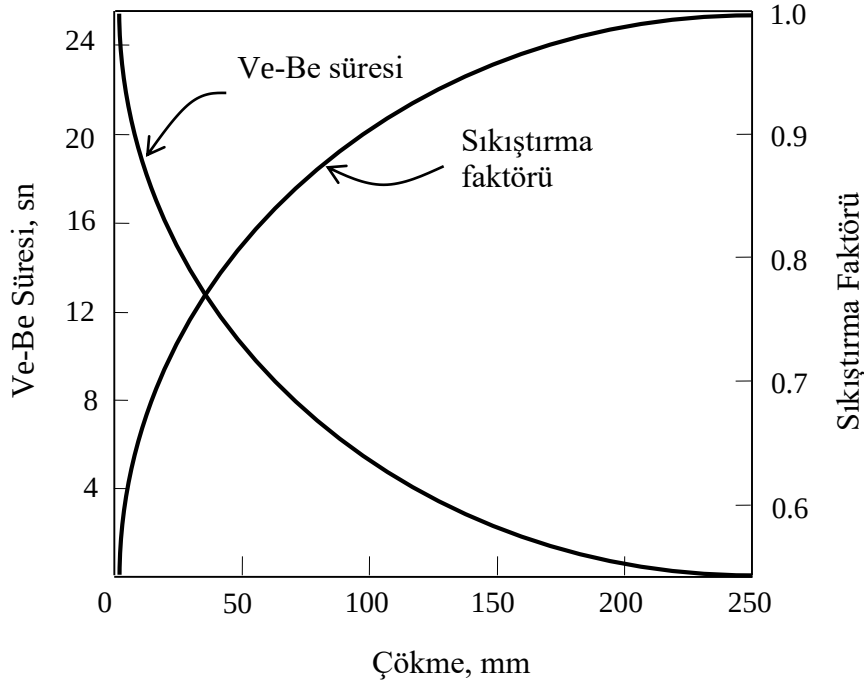
Sınıf	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Yayılma çapı, mm	≤ 340	350-410	420-480	490-550	560-620	≥ 630

Yayılma çapı etrafında bulunan su filmi, ortada agrega kümelenmesi gibi sonuçlar karışımın ayrışma eğilimi hakkında önemli ipuçları verir. Deney sonucunda elde edilen işlenebilirlik düzeyi şantiyede taze betonu tam olarak yansıtmayabilir.

Uzun yıllar pek çok işlenebilirlik deneyleri önerilmesine rağmen, mevcut deneylerin hiçbiri tek başına betonun işlenebilirliğini ölçmek için yeterli değildir. Üstelik mevcut deneyler taze betonun farklı özellikleri hakkında bilgi sağladıkları için birbirleriyle karşılaştırılması bile çoğu zaman mümkün olmamaktadır.

Çimentonun hidratasyonu zamanla ilerlediğinden ve buna bağlı olarak taze betondaki su tükendiğinden işlenebilirlik de zamanla azalır. O nedenle işlenebilirlik deneylerinin betonun karılması tamamlandıktan hemen sonra yapılması gerekmektedir.

Çökme, Ve-Be süresi ve sıkıştırma faktörü arasındaki ilişki aşağıda grafik olarak verilmektedir.



İŞLENEBİLİRLİĞE ETKİYEN FAKTÖRLER

- Çimento hamurunun kıvamı ve miktarı: Çimento hamurunun kıvamı kullanılan su ve çimento miktarına bağlıdır. Su/çimento oranı (S/Ç) arttıkça işlenebilirlik artar. Bu, su miktarının artması ya da çimento miktarının azalması anlamına gelir. İşlenebilirlik, çimento miktarından ziyade su miktarındaki değişimlerden daha fazla etkilenir. Çimento miktarındaki değişimler yalnızca çimento bakımından zengin betonların işlenebilirliğinde bir fark yaratabilir.

Betona akıcılık kazandıran çimento hamurudur. Çimento hamuru aynı zamanda agrega tanelerini kaplamak suretiyle onların çimento hamuru içerisinde kolayca hareket etmelerini sağlamaktadır. Bu nedenle çimento hamuru miktarı arttıkça betonun işlenebilirliği iyileşir. Betonda çimento hamuru miktarı agrega/çimento oranıyla (A/Ç) ifade edilir. A/Ç oranı arttıkça betondaki çimento hamuru miktarı azalır; dolayısıyla, işlenebilirlik olumsuz etkilenir.

- Çimento özellikleri: Çimento inceliği arttıkça işlenebilirlik azalır. Çünkü artan özgül yüzey nedeniyle çimento hamurunun kohezyonu artar. Bu ise işlenebilirliğin azalmasıyla sonuçlanır.
- Agrega özellikleri: Agreg granülometrisi, en büyük agrega tane boyutu, agrega tane şekli ve yüzey dokusu ve ince agrega miktarı gibi parametreler işlenebilirlik açısından önemlidir. Agreg granülometrisi uygunlaştıkça, agrega taneleri yuvarlaklaştıkça ve yüzey dokusu düzgünleştikçe işlenebilirlik artar. En büyük agrega tane boyutu büyüdükçe beton karışımındaki tanelerin toplam yüzey alanı azalır. Bu durumda bunları

kaplamak için daha az miktarda çimento hamuru gerekeceğinden artan çimento hamuru karışımında yağlama etkisi yaparak işlenebilirliği olumlu etkiler.

- Zaman ve ortam koşulları: Taze betonun işlenebilirliği zamanla azalır. Bunun nedeni çimento hamurunda suyun tükenmesi ve dolayısıyla su/çimento oranının azalmasıdır. Beton karışımındaki suyun tükenişi bir taraftan hidrasyon nedeniyle olabileceği gibi diğer taraftan rüzgâr etkisiyle ve/veya yüksek sıcaklık etkisiyle de olabilir.
- Kimyasal ve mineral katkı maddeleri: Betonun işlenebilirliği katkı maddeleri kullanmak suretiyle bilinçli bir şekilde artırılabilir. Bunun yanı sıra üretimde kullanılan ince öğütülmüş mineral madde miktarı arttıkça işlenebilirlik artar.
- Hava miktarı: Taze betonda hava miktarı arttıkça işlenebilirlik artar. Bu durumda hava sürüklenmiş betonun işlenebilirliği hava sürüklenmemiş olana kıyasla daha iyi olacağı açıktır. Hava sürükleyici katkı sayesinde çimento hamurunda milyonlarca küresel minnacık hava kabarcığı oluşmaktadır. Bunun sonucunda betonun akışkanlığı artarak işlenebilirliği olumlu etkilenmektedir.

TAZE BETONUN HOMOJENLİK-ÜNİFORMLUK ÖZELLİĞİ

Homojenlik ya da uniformluk taze beton karışımının herhangi bir bölgesindeki özellikleriyle başka bir bölgesindeki özelliklerinin benzer olması demektir. Taze beton özelliklerinin her noktada aynı olması veya benzer olması sertleşmiş betonun kalitesi açısından hayli önemlidir. Kaliteli beton açısından uniformluğun harman içi sağlanmış olmasının gerekli olduğu kadar harmanlar arası da sağlanmasının önemli olduğu unutulmamalıdır.

Harman içi uniformluğu etkileyen faktörler şunlardır:

- Karıştırıcının (mikser) bıçaklarının aşınmış olması,
- Karıştırma işleminin gereğinden daha kısa veya daha uzun süreyle yapılmış olması,
- Karıştırıcının aşırı yüklenmiş olması.

Farklı zamanlarda üretilen ancak aynı kalitede olması istenen betonlar arasındaki farklılıklar (harmanlar arası uniformluğun olmaması) aşağıda sıralanan nedenlerden bir veya birkaçı tarafından kaynaklanıyor olabilir.

- Herhangi bir nedenle karışım oranlarında yapılan değişim,
- Agregaların nem içeriğindeki değişiklik,
- Agrega granülometrisinin değişmiş olması,
- Agrega tipi ve tane şeklinin değişmiş olması,
- Çimento tipinin değişmiş olması,
- Aynı tipte ancak farklı fabrikadan çimento temini,
- Karıştırma işleminde uygulanan yöntemin değiştirilmiş olması,
- Karma işleminde kullanılan karıştırıcının değiştirilmiş olması,
- Üretim sırasında hava ve beton sıcaklığında değişikliğin yaşanması.

BETONDA AYRIŞMA (SEGREGASYON)

Taze betonda agrega ve çimento hamuru fazlarının gruplar halinde ayrılma eğilimi göstermesine “ayrışma” denir. Betonun kohezyonu azaldıkça bu eğilim artar. Kohezyon beton karışımında çimento dâhil tüm katı partiküllerin toplam yüzey alanına ve çimento hamuru miktarına bağlıdır. Çok sulu veya çok kuru betonlarla kumu ve ince malzemesi az betonlar kolay ayrışır. Ayrışmanın görüldüğü taze betonun yapısı heterojenleşir ve aynı beton karışımının bazı bölgelerinde iri agrega miktarı diğer bölgelerdekine kıyasla daha fazla olur. Bu durum, betonda dayanım ve dayanıklılıkta değişkenliğe neden olur.

Taze betonda ayrışmaya yol açan unsurlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kötü granülometriye sahip agrega, fazla miktarda iri agrega, en büyük agrega tane boyutunun >25 mm olması,
- İri ve ince agrega özgül ağırlıkları arasındaki farkın büyük olması,
- Karışımında çimento hamuru fazının gereğinden az olması,
- Agreganın fazlaca yassı ve uzun biçimli tanelerden oluşması,
- Uygun olmayan karıştırma işlemi,
- Aşırı sulu veya aşırı kuru karışım,
- Uygun olmayan karıştırma, yerleştirme ve sıkılama (uzun süreli vibrasyon) süreci.

BETONDA PETEKLENME

Peteklenme bir nevi ayrışma olup iri agrega arasındaki boşlukların ince agrega tarafından etkin bir şekilde doldurulamaması nedeniyle meydana gelmektedir. Peteklenme beton yüzeyinde arı peteği görünümlü kusurlar olarak göze çarpar.

Peteklenmenin başlıca nedenleri şunlardır:

- Donatının çok sık oluşu,
- Uygun olmayan ince/iri agrega oranı ve kötü granülometri,
- Aşırı kuru-kıvamlı beton,
- Uygun olmayan yerleştirme ve sıkılama yöntemleri,
- Çimento şerbetinin kalıp ek yerlerinden sızması.

BETONDA SU KUSMA (TERLEME)

Taze betonun sıkıştırılması esnasında ve katılaşması süresince karışımındaki agrega taneleri yerçekimi etkisiyle kalıp dibine oturur. Bu esnada taze betondaki fazla su üst tarafa sürüklenerek betonun yüzeyinde birikir. Bu olay “su kusma” veya “terleme” olarak adlandırılır. Bu durumda betonun üst yüzeyine yakın kısmında su/çimento oranı artar ve sonuçta bu kısmın dayanımı düşer.

Su kusma sonucu beton yüzeyine çıkan su miktarı betonun bileşimine, özellikle su/çimento oranına ve karışımındaki ince madde (çimento, mineral katkı maddesi, ince kum gibi) miktarına bağlıdır. Su/çimento oranının artması su kusmayı arttırırken, ince madde miktarının artması su kusmayı azaltıcı etki yapar. Kusulan su miktarı, yerleştirilen betonun kalınlığına da bağlıdır. Beton kalınlığı arttıkça kusulan su miktarı artar. Kusma sonucu bazen beton kesiti

boyunca suyun ilerlediği düşey su kanallarının olduğu görülür. Suyun bu kanallardan çimento ve ince kum gibi ince maddeleri taşıması sonucu beton yüzeyinde zayıf bir tabaka oluşur. Bu aslında bir tür ayrışma olarak görülebilir.

Su kusmanının başlıca sakıncaları:

- Betonun üst kısmında su/çimento oranının artması sonucu boşluklu, zayıf ve aşınma direnci düşük bir tabaka oluşur.
- Kusulan suyun agrega taneleri ve donatı altına birikmesi sonucu su cepleri oluşur ve sonuçta agrega-çimento hamuru ile beton-donatı arayüzeyinde aderans kaybı oluşur.

Su kusmayı azaltıcı tedbirler:

- İnceliği yüksek çimento kullanmak: Çimentonun inceliği arttıkça hidrasyon daha hızlı seyredeceğinden su hızlı tükenir dolayısıyla betonun su tutma kapasitesi atılmış olur.
- Çimento bileşimi ve miktarı: Ana bileşenlerden C_3A ve C_3S miktarlarının fazla olması erken yaşlarda hidrasyonu hızlandırır ve dolayısıyla suyun tükenmesi hızlanır. Çimento yönünden zengin karışımların su kusması çimentosu az olanlara nazaran daha az olur.
- Mineral katkı kullanımı: Mineral katkı maddelerinin kullanımıyla betonda katı tanelerin toplam yüzey alanı artmış olacağından karışımındaki suyun tükenişi hızlanmış olur.
- Karma suyu miktarı: Düşük su/çimento oranına sahip betonlar doğal olarak daha az su kuma yaparlar. Makul bir işlenebilirlik düzeyi sağlamak üzere su ayarlanmalıdır.
- Hava sürükleyici katkı kullanımı: Hava sürüklenmiş betonlarda işlenebilirlik arttığı için hedef işlenebilirliği yakalamak için gereksinim duyulan su miktarı azalır. Ayrıca çok sayıda küçük hava kabarcığı betonun kalıp dibine doğru oturmasını engellemektedir.
- Beton bileşimi ve yerleştirme: Su kusmayı engellemek veya minimize etmek için beton bileşimi iyi ayarlanmalı ve kalıba tabakalar halinde yerleştirilmelidir.

İşlenebilirlik, homojenlik ve su kuma özelliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen deneylerin yanı sıra taze beton üzerinde sıklıkla gerçekleştirilen başlıca diğer deneyler şunlardır:

- Birim ağırlık: Farklı harmanlara ait örnekler üzerinde belirlenen birim ağırlıklar arasındaki fark 16 kg/m^3 'den büyük olması üniformluğun sağlanmadığı anlamına gelir.
- Hava içeriği: Gerek harman içi gerekse harmanlar arası örnekler üzerinde ölçülen hava içerikleri arasındaki farkın %1'den büyük olması üniformluğun sağlanmadığı anlamına gelmektedir.
- Basınç dayanımı: Laboratuvarında, aynı betondan alınan numunelerin basınç dayanımları arasındaki farkın %3-5'den büyük olması üniformluğun sağlanmadığını göstermektedir.

ANORMAL HAVA ŞARTLARINDA BETON DÖKÜMÜ

Günlük ortalama hava sıcaklığının artarda üç gün süre ile +5°C'nin altında olduğu hava durumu ile artarda üç gün süre ile +30°C'nin üstünde olduğu hava durumu, beton dökümü için sırasıyla “soğuk hava” ve “sıcak hava” olarak kabul edilir. Buna göre, beton dökümü esnasında 5 ila 30°C veya 32°C arasındaki hava sıcaklığı beton dökümü için “normal” kabul edilmektedir. Sıcaklığın +5°C altına düşmesi durumunda, çimento ile su arasındaki kimyasal reaksiyonlar önemli derecede yavaşlar.

Soğuk Hava Koşullarında Beton Dökümü

Hava sıcaklığı düşük olduğundan taze betonun sıcaklığı normal sıcaklığına göre daha düşük olur. Taze betonun sıcaklığının düşmesi betonun dayanım gelişimini olumsuz etkiler. Betonun sıcaklığı 0°C veya daha düşük olduğunda kapiler boşluklardaki su donmaya başlar. Bu gibi koşullara maruz kalacak betonların üretiminde mutlaka hava sürükleyici kimyasal katkı maddesi kullanılmalıdır.

Gereken önlemler alınmadığı hallerde, soğuk hava koşullarında dökülen betonlar için aşağıdaki sorunlar söz konusu olabilir:

- Taze betonun priz alma süresi normal koşullardaki betonun priz alma süresine göre daha uzundur ve dayanım kazanma hızı daha yavaş olur.
- Taze beton içerisindeki suyun bir kez dahi donması, beton dayanımını ve dayanıklılığını önemli ölçüde azaltır.
- Taze betonun sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farkın büyük olması halinde, betonda ısıl gerilmeler oluşabilir ve sonuçta beton çatlayabilir.

Soğuk hava koşullarının olumsuz etkisini azaltmak ve/veya bertaraf etmek amacıyla pratikte aşağıdaki tedbirler alınabilir:

- Betonun oluşturan malzemeler kullanılmadan önce ısıtılmalı.
- Betonun erken dayanımını arttırıcı özellikte çimento ve katkı maddesi kullanılmalı.
- Uygun kalıp, yalıtım malzemeleri ve uygun kür yöntemleri uygulanmalı.
- Beton dökümünden önce gerekli planlama ve hazırlıklar yapılmalı.
- Kür süresi normal koşullarda dökülen beton için uygulanan kür süresine kıyasla daha uzun tutulmalıdır.

Sıcak Hava Koşullarında Beton Dökümü

Sıcak ve kuru hava koşullarında beton dökülürken gerek betonun hazırlanması gerekse yerleştirilmesi ve kür edilmesi esnasında bazı sorunlar yaşanabilir. Hava sıcaklığının yüksek olması her şeyden önce çimentonun hidratasyonu üzerinde hızlandırıcı etki yapar ve betonun sıcaklığının artmasına neden olur. Diğer taraftan, sıcak havalarda buharlaşma yoluyla taze betonda oluşan su kaybı artar. Bunu önlemek için karma suyu miktarı gereğinden fazla kullanılır. Bu ise, betonun dayanımının düşmesine neden olur.

Sıcak ve kuru havanın sakıncaları şu şekilde özetlenebilir:

- Taze betonda çökme kaybı artar.
- Taze beton daha kısa sürede priz yapar.
- Plastik rötre çatlaması belirgin bir şekilde artar.
- Hedef kıvam için karma suyu miktarı arttırılır. Bu nedenle beton daha boşluklu olur ve performansı olumsuz etkilenir.
- Taze betona gereğinden fazla su katılmış olması nedeniyle kuruma rötresi sonucu betonda çatlama riski artar.
- Betonun erken dönemdeki dayanımı normal koşullarda dökülen betonun dayanımından biraz yüksek olmakla birlikte uzun dönem dayanımında belirgin bir düşme görülebilir.

Sıcak ve kuru hava şartlarının olumsuz etkilerini azaltmak ve/veya bertaraf etmek amacıyla pratikte aşağıdaki tedbirler alınabilir:

- Başta su olmak üzere betonu oluşturan malzemeleri mümkün olduğunca soğutmalı. Hatta suyun bir kısmı buz olarak kullanılmalı.
- Hidratasyon ısısı düşük bir çimento tipi kullanılmalı.
- Priz geciktirici katkı maddesi kullanılmalı.
- Karışım suyunun buharlaşmasını önleyici tedbirler alınmalı.
- Kür işlemi dökümden hemen sonra başlatılmalı ve beton yüzeyi devamlı ıslak tutulmalıdır. Bunun için özellikle ilk 24 saat çok önemlidir.