

**YAPIDAKİ BETONUN
KARAKTERİSTİK BASINÇ DAYANIMININ
KAROT VERİLERİNE
DAYANARAK BELİRLENMESİ**

**Doç. Dr. Şemsi YAZICI
Ege Üni. Müh. Fakültesi
İnş. Müh. Bölümü**

Yapıdaki betonun basınç dayanımını belirleyebilmek için uygulamada değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler (2-4):

a. Hasarsız deney yöntemleri:

- Beton test çekici yöntemi
- Ultrasonik yöntem,
- Sonik (rezonans) yöntemi,
- Çekip-çıkarma yöntemi,
- Penetrasyon yöntemi,
- Manyetik yöntem,
- Radyoaktif yöntemdir.

b. Hasarlı (tahribatlı) deney yöntemi

- Karot yöntemidir.









Hasarsız deney yöntemleri ile betonun bazı fiziksel özellikleri (yüzey sertliği, elastiklik ve yoğunluk gibi) kullanılarak sayısal değerler elde edilmektedir. Bu sayısal değerlerle standart deney yöntemi uygulanarak elde edilecek olan beton basınç dayanımı arasındaki ilişki kullanılarak betonun basınç dayanımı yaklaşık olarak belirlenmeye çalışılmaktadır.

Hasarlı deney yönteminde ise; yapının taşıyıcı sistem betonlarından kesilerek çıkarılan karot ad verilen silindir numunelerden faydalanılmaktadır. Yapıdan alınan karotların basınç dayanımları belirlenerek yapıdaki betonun mevcut dayanımı saptanmaya çalışılır.

Mühendislik uygulamalarında yapıdaki betonarme betonundan karot alınmasını gerektiren durumlar aşağıda sıralanmıştır (1,2)

1. Mevcut yapının modifiye edilebileceği veya yeniden tasarımlanacağı durumlarda,
2. Yapıdaki beton dayanımı hakkında şüphe duyulması durumunda, (işçilik, yangın veya diğer etkilerle betondaki bozulmanın mertebesini tayinde),

3. İnşaat yapımı esnasında beton dayanımının yapıda değerlendirilmesine ihtiyaç duyulduğu hallerde,

4. Beton dökümü esnasında alınmış olan standart deney numunelerinden elde edilen basınç dayanımının uygun olmaması halinde,

5. Şartname veya mamul standardında belirtilmiş olması halinde, yapıdaki beton basınç dayanımının uygunluğunun değerlendirilmesinde bu yöntem sıklıkla başvurulur.

**Karot dayanımını etkileyen bazı önemli faktörler
aşağıda sıralanmıştır (2-3):**

1. Karot örneğinin çapı,

**2. Karot numunenin
boy/çap oranı,**

**3. Karot örneğinin nem
durumu,**

**4. Karot örnek alma
yönü,**

**5. Karot örnekte
donatı varlığı,**

**6. Başlık malzemesinin
kalitesi,**

**7. Deneyde uygulanan
yükün hızı,**

8. Örneğin sıcaklığı,

- Yapılardan çapı 50 mm ile 150 mm arasında karotlar alınabilir. Ancak betondaki agrega en büyük dane çapı göz önüne alındığında mümkün olduğunca küçük çaplı karot almaktan kaçınılmalıdır.
- ASTM , BS ve TS EN 13791 standartları 100 mm küçük çapa sahip karotların alınmamasını önermektedir.
- Literatürde, aynı boy/çap oranına sahip 100 mm çaplı karotların basınç dayanımlarının 150 mm çaplı karotların basınç dayanımlarına oranlarının 0.98 ile 1.05 arasında değiştiği ifade edilmiştir.
- Yine literatürde, daha küçük çaplı karotlardan elde edilen sonuçların büyük farklılıklar içerdiği, az sayıda küçük çaplı karotlardan elde edilen basınç dayanımı sonuçlarının güvenilirliğinin az olduğu da belirtilmektedir.

- Alınan karotlar boy/çap oranı (h/d oranı) 1 veya 2 olacak şekilde kesilmelidir.

TS EN 13791 standardına göre; çapı 100 mm olan ve boy/çap oranı (h/d oranı) 1 olan karotların basınç dayanımları 150 mm küp basınç dayanımına eşit kabul edilebilir.

Yine aynı standarda göre; çapı 100 mm olan ve boy/çap oranı (h/d oranı) 2 olan karotların basınç dayanımları ise çapı 150 mm yüksekliği 300mm silindir basınç dayanımına eşit kabul edilebilir.

Çapı 50 ile 150 mm arasında ve h/d oranı 1 ile 2 arasında olan karotların basınç dayanımları uygunluğu kabul edilmiş dönüştürme kat sayıları ile küp veya silindir dayanımına dönüştürülmelidir.

ASTM C42 ve BS 1881 standartları farklı boy/çap oranındaki karotların basınç dayanımlarının küp veya silindir dayanımına dönüştürmek için aşağıdaki tabloda verilen düzeltme faktörlerini önermektedir.

	Düzeltilme faktörü
Boy/çap oranı	ASTM C42
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Beton dökümü doğrultusunda yani düşey olarak alınan karotların basınç dayanımları yatay yönde alınanlardan daha yüksek olmaktadır. Basınç dayanımındaki fark %9 a kadar çıkabilmektedir.

Yapıdan karot çıkarılması esnasında mümkün ise donatı kesilmemelidir. Karot içerisinde donatının varlığı donatının pozisyonuna bağlı olarak karot basınç dayanımını düşürmektedir. (örneğin literatürde 100/150 mm lik karotlarda hacimce %3.4 ve altındaki donatı varlığının karot basınç dayanımı %3 e varan oranlarda düşürdüğü rapor edilmiştir.

Karotlar TS EN 12504-1 e göre alınmalı, incelenmeli ve hazırlandıktan sonra TS EN 12390-3 e göre basınç deneyine tutulmalıdır.

Karot alımı için en ideal yerler perde ve kolonlardır. Zorunlu durumlarda kiriş ve döşemelerden de karot alınabilir.

Karotlar perde ve kolonların orta bölgelerinden (momentin sıfır olduğu kısımlardan) alınmalıdır.

Karot alırken mümkün olduğunca donatı kesmemeye özen gösterilmelidir.

Karotların alt ve üst uçlarına yapılan başlık malzemesi yeterince yüksek dayanımlı ise ve başlıklar örneğin eksenine dik durumda ve düzgün yapılmış ise karot basınç dayanımına kayda değer etkisinin olmadığı bilinmektedir. Ancak aksi özellikte ve düzgün yapılmamış başlıklama işlemleri %10 a varan dayanım düşüklüklerine neden olabilmektedir.





Suya doygun test edilen karotların basınç dayanımları kuru durumdakilere kıyasla daha düşük olmaktadır. Ancak suya doygun karotlardan elde edilen basınç dayanımı değerleri kuru duruma kıyasla daha uniformdur.

ASTM C42 standardı karotların deneye tabi tutulmadan önce 40 saat süre ile suda bekletilmelerini önermektedir. Benzer öneri TS EN 12504-1 de de bulunmaktadır. Buna karşın ACI ise test edilecek karotların yapıdaki ortama benzer koşullarda nem içeriğinde teste tabi tutulmalarını öngörmektedir.

Karotlara basınç testinde yükleme hızı $1.4-3.5 \text{ kgf/cm}^2$ arasında olacak şekilde yük uygulanmalıdır.

Yerine dökülmüş sertleşmiş betonun mevcut basınç dayanımı en doğru yaklaşımla karot deneyleri ile saptanabilmektedir. Karot deneyi tahribatlı deneydir. Bu nedenle karot deneyi yapılırken mümkün olduğunca yapıdan en az sayıda fakat istatistiki anlam taşıyacak sayıda karot alınmasını gerektirmektedir.

Karot alma işlemi tüm yapıyı temsil edecek şekilde rastgele seçilmiş yapı elemanlarından alınmalıdır.

Taşıyıcı sistemde çatlamış bölgelerden karot alınmalıdır. Alınan karotlarda anormal sayılabilecek özürler var ise veya karot alma işlemi esnasında karotlarda çatlaklar oluşmuş ise bu tür karotlar deneye tabi tutulmamalıdır. Karotlar, TS EN 12504-1'e göre alınmalı, incelenmeleri ve hazırlandıktan sonra TS EN 12390-3 'e göre deneye tabi tutulmalıdır.

Karot basınç deneyi sonuçlarının değerlendirmesi

1. Yapıdaki betonun karakteristik basınç dayanımının belirlenmesi:

TS EN 13791 standardına göre; yapıdaki betonun karakteristik basınç dayanımı alınan örnek sayısına bağlı olarak iki farklı şekilde yapılmaktadır.

Yapıdan alınan karotların sayısı 15 ve üzerinde ise A yaklaşımı, alınan karot sayısı 3 ile 14 arasında ise B yaklaşımı kullanılır.

A yaklaşımına göre değerlendirme

Deney bölgesinde yapıdaki betonun karakteristik basınç dayanımı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanan değerlerden küçük olanı dikkate alınır.

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1.48 * s$$

veya

$$f_{ck,is} = f_{is,en\ düşük} + 4$$

Bu bağıntılarda;

- $f_{ck, is}$: Yapıdaki betonun karakteristik basınç dayanımı,
 $f_{m(n), is}$: n adet numunenin basınç dayanımı ortalaması,
 $f_{is, en düşük}$: Yapıda tespit edilen en düşük basınç dayanımı,
 s : Deney sonuçlarının standart sapması, (bu değer eğer 2 N/mm² den küçük ise 2,0 N/mm² alınır),

Bu bağıntılardan elde edilen en küçük değer ile yapının taşıyıcı sistemini oluşturmada kullanılan betonun karakteristik basınç dayanımınının 0.85 katı karşılaştırılarak yapıdaki betonun hangi sınıfta olduğu tahmin edilir.

B yaklaşımına göre değerlendirme

Deney bölgesinde yapıdaki betonun karakteristik basınç dayanımı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanan değerlerden küçük olanı dikkate alınır.

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k$$

veya

$$f_{ck,is} = f_{is,en\ düşük} + 4$$

Bu bağıntılarda;

- $f_{ck,is}$: Yapıdaki betonun karakteristik basınç dayanımı,
 $f_{m(n),is}$: n adet numunenin basınç dayanımı ortalaması,
 $f_{is,en\ düşük}$: Yapıda tespit edilen en düşük basınç dayanımı,
 k : örnek sayısına bağlı olarak aşağıdaki tablodan alınan sabit değer,

Bu bağıntılardan elde edilen en küçük değer ile yapının taşıyıcı sistemini oluşturmada kullanılan betonun karakteristik basınç dayanımınının 0.85 katı karşılaştırılarak yapıdaki betonun hangi sınıfta olduğu tahmin edilir.

Tablo 1. Örnek sayısına bağlı olarak alınması gereken k değerleri

n (karot sayısı)	k
10-14	5
7-9	6
3-6	7

2. Yapıdaki betonun uygunluğunun değerlendirilmesi

TS EN 13791 'e göre: en az 15 adet karot alınan deney bölgesinde aşağıdaki 2 şartın sağlanması halinde, test yerindeki betonun yeterli dayanıma sahip olduğu ve TS EN 206-1 'e uygun olduğu kabul edilir.

$$f_{m(n),is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48s) \quad \text{ve} \quad f_{is,en \text{ düşük}} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$$

f_{ck} : Standart numune karakteristik basınç dayanımı (Tablo 2 den beton sınıfına bağlı olarak alınır.)

$f_{m(n),is}$: n adet numunenin yerinde basınç dayanımı ortalaması

$f_{is,en \text{ düşük}}$: Yapıda tespit edilen en düşük basınç dayanımı,

s : Deney sonuçlarının standart sapması, (bu değer eğer 2 N/mm² den küçük ise 2,0 N/mm² alınır),

Alternatif olarak, iki taraf arasında mutabakat sağlanması koşuluyla, en az 15 adet dolaylı deney sonucunun ve deney alanlarından alınmış, en düşük dayanımı sağlayan iki adet karot sonucunun bulunması ve aşağıdaki şartın sağlanması şartıyla, bölgedeki betonun yeterli dayanıma sahip olduğu kabul edilir.

$$f_{,is,en\ düşük} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$$

Bir veya birkaç beton harmanının kullanıldığı küçük bir bölgede, şartname hazırlayıcı, deneyimlerine dayanarak karot alınacak iki bölgeyi belirler ve alınan bu karotlardan elde edilen dayanımın, aşağıda verilen şartı sağlaması halinde, bölgedeki betonun yeterli dayanıma sahip olduğu kabul edilir.

$$f_{,is,en\ düşük} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$$

Beton dayanımının $0,85 (f_{ck} - 4)$ 'den daha düşük olması halinde, tasarım kabulleri değişmiş olur ve bu durumda yapı, yapısal değişiklik bakımından tahkik edilmelidir.

Yapıdaki beton dayanımından düşük çıkmasının çok sayıda sebebi vardır: Betonun, şartname gereklerini sağlamaması, yetersiz sıkışma veya şantiyede betona kontrolsüz su ilavesi bu sebepler arasında sayılabilir. Beton imalatçısı ve kullanıcısı, beton dayanımının yetersizliğine sebep olan unsurlardan önemli olanların tanımlanmasına ihtiyaç duyulabilir. Ancak, betondaki boşluklar, karot içerisinde donatı bulunması ve betonun, deney esnasındaki olgunluğu da bu unsurlar arasında dikkate alınmalıdır.

Tablo 2. Yapıda belirlenen karakteristik dayanım değerinin TS EN 206-1 e göre basınc dayanım sınıflarına uygun asgari değerleri

Beton Sınıfı	Yapıda tespit edilen karakteristik basınç dayanımın, standart deney numunesinin karakteristik dayanıma oranı	Yapıdaki asgari karakteristik dayanım (N/mm ²)	
		$f_{ck, is, silindir}$	$f_{ck, is, küp}$
C 8/10	0,85	7	9
C 12/15	0,85	10	13
C 16/20	0,85	14	17
C 20/25	0,85	17	21
C 25/30	0,85	21	26
C 30/37	0,85	26	31
C 35/45	0,85	30	38
C 40/50	0,85	34	43

ÖRNEK DEĞERLENDİRME

- 1. Yapıdaki betonun karakteristik dayanımının tahminine yönelik örnekler

Karot No	$f_{c150küp}$ (MPa)
1	34,5
2	41,8
3	40,9
4	32
5	27,4
6	37,2
7	33,3
8	37,3
9	29,2
10	29,7
11	31,9
12	30,3
13	31,8
14	28,5
15	26,8

C 25/30 sınıfı betonda

Karot çapı: 98 mm

$h/d = 1$

Örnek sayısı 15 olduğu için A yaklaşımı kullanılacaktır.

$$f_{m(n),is} = 32,8 \text{ MPa}$$

$$f_{isendüşük} = 26,8 \text{ MPa}$$

$$s = 4,6$$

$$f_{ckis} = 32,8 - 1,48 * 4,6 = 26 \text{ MPa}$$

$$f_{ckis} = 26,8 + 4 = 30,8 \text{ MPa}$$

Bu betonlar için karakteristik basınç dayanımı , $f_{ckis} = 26 \text{ MPa}$ olarak tahmin edilebilir.

C 25/30 sınıfı betonda

Karot No	$f_{c150küp}$ (MPa)
1	30,4
2	35,1
3	32,6
4	28,7
5	26,9
6	31,2

Karot çapı: 98 mm

$$h/d = 1$$

Örnek sayısı 6 olduğu için B yaklaşımı kullanılacaktır.

$$f_{m(n),is} = 30,8 \text{ Mpa}$$

$$f_{isendüşük} = 26,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ckis} = 30,8 - 4 = 26,8 \text{ Mpa}$$

$$f_{ckis} = 26,9 + 4 = 30,9 \text{ MPa}$$

Bu betonlar için karakteristik basınç dayanımı, $f_{ckis} = 26,8 \text{ MPa}$ olarak tahmin edilebilir.

2. Yapıdaki betonun karot deneyi ile uygunluğunun tayinine yönelik örnek

Bu örnekte 31 nolu slaytaki örnek verileri kullanılacaktır.

C 25/30 sınıfı betonda (Tablo 2 den $f_{ck}=30$ Mpa)

Karot çapı: 98 mm

$$h/d = 1$$

Örnek sayısı 15 olduğu için A yaklaşımı kullanılacaktır.

$$f_{m(n),is} = 32,8 \text{ MPa}$$

$$f_{isendüşük} = 26,8 \text{ MPa}$$

$$s = 4,6$$

$f_{m(n),is} \geq 0,85 * (f_{ck} + 1,48 * s)$ olmalıdır.

$$f_{m(n),is} = 32,8 \text{ MPa} \geq 0,85 * (30 + 1,48 * 4,6) = 31,3 \text{ MPa}$$

$f_{isendüşük} \geq 0,85 * (f_{ck} - 4)$ olmalıdır.

$$f_{isendüşük} = 26,8 \text{ MPa} \geq 0,85 * (30 - 4) = 22,1 \text{ MPa}$$

Her iki koşulda sağlandığından test edilen beton C25/30 sınıfında kabul edilebilir.

Referanslar

- 1. TS EN 13791, 2010, BASINÇ DAYANIMININ YAPILAR VE ÖNDÖKÜMLÜBETON BİLEŞENLERDE YERİNDE TAYİNİ, TSE Ankara.
- 2. Erdoğan, Y.T., “Beton”, METU Press,2003, Ankara.
- 3. Arılioğlu, E., Arılioğlu, N., Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi”, Evrim Kitapevi, İstanbul, 1998.
- 3. Malhotra, V.M.,”Testing Hardened Concrete: Nondestructive Methods, ACI, Detroit, Michigan, 1976.