

# Yerinde Beton Basınç Dayanımlarının Ölçülmesinde Karot Numunesi Kullanımı\*

Barlas Akdağ,  
Mehmet Mutlu\*\*

## Özet

Ülkemizde son yıllarda hızla artış gösteren yapılaşmaya paralel olarak hazır beton kullanımı da önemli ölçüde yaygınlaşmış ve 2011 yılında 90 milyon m<sup>3</sup> beton hacmi ile Avrupa birinciliğine ulaşılmıştır. Özellikle gökdelen gibi yüksek yapılarda yüksek kalitede (C 35/45 ve üstü) sınıf beton kullanılması, kaliteli ve hacimli dökülen betonun kalite kontrolünün de büyük yatırım gerektiren ve zor bir iş olacağı malumdur. Fakat, günümüz rekabet koşullarında beton kalitesi denetimine yeterli yatırım yapılamaması nedeniyle, bu yoğun çalışma ortamında, standartlara uygun, özellikle silindirik-küp numune kalıbı kullanılmaması, kalitesiz ucuz kalıplar, ekipman ve işçiliklerin tercih edilmesi, cihaz kalibrasyonlarının yeterli sıklıkta yapılmaması, numunelerin özensiz alınması-saklanması-taşınması-kırılması ve özellikle şantiyede beklediği süre boyunca uygun korunamaması sonucu beton basınç dayanımlarında şüphe duyulan durumlar oluşabilmektedir.

## Taking Core Samples for Compressive Strength Measurements In-Situ Tests

Construction has increased rapidly in recent years in our country, in parallel with a significant widespread use of ready-mixed concrete and the European championship in 2011, with the volume of 90 million m<sup>3</sup> of concrete has been reached. Especially high-quality high-rise buildings such as skyscrapers (C 35/45 and higher) class of concrete are used, high quality and volume of concrete poured requires major investment in quality control, and is known to be a difficult task. However, owing to adequate investment in today's competitive environment, the control of the quality of concrete, this busy working environment, according to the standards used in the especially cylinder-cube mold sampling, poor quality cheap molds, equipment and workmanship of choice, the device is not made often enough calibration samples to be sloppy-storage-transport-breaking Negligence of the appropriate site waits for the time, especially as a result of suspected cases may occur in concrete compressive strengths.

Yapılan çalışmada; yıkımsız deneylere piyasada hak ettiği değer verilmediği için, İstanbul'daki çeşitli şantiyelerde (sınıfları farklı) elde edilen, farklı yükseklik-çap oranındaki karot numunelerinin ne şekilde alınıp, deneye nasıl hazır hale getirildiğine ve deney sonuçlarının taze beton numunesinden alınan küp veya silindirik numuneler ile arasındaki ilişkilere ve sonuçlarının nasıl değerlendirildiğine yer verilmiştir.

## 1. Giriş

Betonun basınç dayanımı ve çeliğin çekme dayanımı özelliklerinin bir araya getirilerek oluşturulan betonarme sistemin davranışı, malzemelerin özelliklerini sağlayabilmeleri ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla betonun basınç dayanımı (sınıfı) betondan istenilen en önemli beklenti olmaktadır.

Betonun kalite denetimi, taze beton numunesinden alınan küp veya silindirik numunelerin 28 günlük süre sonunda laboratuvar ortamında basınç altında kırılarak

\*1) Beton 2013 Hazır Beton Kongresi'nde sunulmuştur.  
\*\*Nuh Beton A.Ş., İstanbul

dayanım değerinin ölçülmesiyle yapılmaktadır. Yapıdaki betonun kalite denetimi ise birkaç yöntem ile belirlenebilmektedir. Çekiç okuma, ultrases hızı ile ölçüm, çekip çıkarma ve karot alma bunlardan bazılarıdır. Şayet projede öngörülen beton sınıfının hedef değerinin 28 günlük süresinde sağlanamaması veya bitmiş bir yapının dayanım değerlendirilmesine ihtiyaç duyulduğu hallerde genellikle karot numunesine başvurulmaktadır. Çıkan sonuçlara göre de dökülen beton kalitesi hakkında karar verilmektedir. Halbuki yerindeki beton kalitesinde, üreticinin yanında kullanıcısının da bakım ve yerleştirme gibi etkileri göz ardı edilemez. Yerine yerleştirilen betonun iyi sıkıştırılmaması veya iyi kür edilmemesi halinde hedef dayanım elde edilmeyebilir. Bu nedenle, sadece karot alıp, taze beton dan numune almamak da doğru değildir. TS EN 13791'de 'EN 206-1'e göre yapılan beton deneylerinin yerini alamaz' hükmü açıkça belirtilmektedir[1].

Yazın kavurucu sıcakların, kışın ise don olaylarının sıkça yaşandığı ülkemizde, beton sınıflarının da yükselmesi ile beraber taze beton numunesinin ne şekilde alındığı, taşındığı ve deneyinin nasıl yapıldığı konuları önemlidir. Yapılan bir çalışma, hepsi birer ana başlık olan bu konuların haricinde

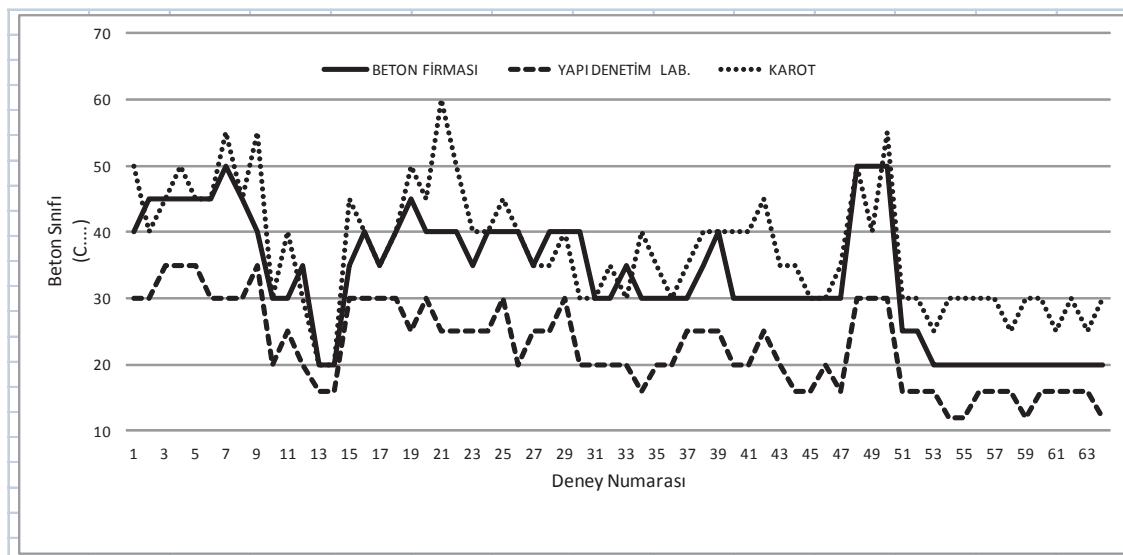
sadece standart dışı kalıp kullanımı ile mevcut dayanımın ancak %85'ine ulaşılabilirdiğini işaret etmektedir[2]. Bu çalışma gösteriyor ki, standarda uygun küp kalıp kullanıldığına bile beton cezalandırılmaktadır. Özellikle C 35/45 üzeri yüksek sınıflı betonlarda silindir yerine küp kalıp kullanımı ile bir-iki alt sınıf elde edilebilmektedir. Bu gibi sebepler nedeniyle karot numune kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır.

## 2. AMAÇ

Yapılan çalışmalarda, beton üreticisinin ve beton kullanıcısının aldığı, sakladığı ve deneyini yaptığı küp ve silindir numunelerle ilişkisi ve dayanım anlaşmazlığı olan kısımlardan alınan karot numunelerinin ne şekilde alındığı, deneye nasıl hazırlandığı ve dayanım sonuçlarının değerlendirme yöntemleri ele alınmıştır. Alınan karotların dayanım sonuçları TS EN 13791'e göre değerlendirilmesi ve taze beton sonuçları ile ilişkilendirilmesi hedeflenmiştir.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

13 farklı şantiyeden toplam 63 set karot numunesi alınmış olup, taze beton numuneleri ile ilişkileri grafik ve tablolarla gösterilmiştir. Çalışmalarda, 100/200mm'lik silindir ve 150mm'lik küp numuneler ile yükseklik-çap oranları 1 ve 2 olan karot numuneleri kullanılmıştır.



Şekil 1

Taze Beton ve Karot Sonuçları

Şekil 1'deki projelere ait beton sınıfları C 20 ile C 40 aralığında değişmektedir. Beton firmasının almış olduğu, C 20 ve C 30 Sınıfı betondan alınan 150mm boyutundaki küp ve C 35 ve C 40 betondan alınan 100/200mm boyutundaki silindir numunelerin 28 günlük basınç dayanımı ortalamaları standart değerleri sağlamaktadır. Yapı denetim laboratuvarının aynı betondan almış olduğu 150mm boyutundaki küp numunelerin dayanım ortalamaları, numunelerin sahada tecrübesiz elemanlarca standarda uygun olmayan kalıplara alınması ve standarda uygun sıcaklıkta saklanamaması vb. nedenler ile hedef değerinin altında kalmıştır. Bunun sonucu olarak, TS EN 12504-1'e göre karot numuneleri alınmış ve yürürlükte olan karot standardı TS EN 13791'e göre sonuçlar değerlendirilmiş ve kabul edilebilir beton sınıfları belirlenmiştir. Şekil 1'e bakılacak olursa; silindir numuneler ile karot numunelerin beton sınıfları yakın olmalarına rağmen küp numuneler bunların çok gerisinde kalmıştır. Ancak, 53-63. serilerde, beton şirketinin küp sonuçları ile yapı denetiminin küp sonuçları arasında da neredeyse bir sınıf fark çıkmaktadır.

### 3.1. Karot Alınması

Tabliye ve temel gibi elemanların yüksekliklerinin fazla olmaması ve yüzey alanlarının çok geniş olması nedeniyle sıkışma ve kür bakımından zafiyetleri olabileceği bilinmektedir. TS EN 13791-EK C bölümünde de bu konuya değinilmiştir. Buradaki çalışmanın amacı beton kalitesini belirlemek olduğu için, yapılan deneysel çalışmalara ait karot numuneleri, sıkışmış ve kür görmüş olduğu kabul edilen kısımlardan alınmışlardır. Yani kolon, kiriş, perde, tabliyenin sarkan kirişleri gibi elemanlardan veya temelden alınması gerekiyorsa temelin en üstteki 25 cm'lik tabakasının daha altından alınmışlardır. Hataları minimize etmek adına numunelerin içinde donatı olmamasına da özen gösterilmiştir.

### 3.2. Karotun Deneye Hazırlanması

Karot numunesi alınmasının ardından çatlak, boşluk vb. kusurlar gözle muayene edilmiştir. Bu işlemten sonra numuneler havada ve suda tartılarak birim hacim ağırlıkları belirlenmiş ve taze beton birim hacim ağırlığından  $\pm$  %3 sapan değerlere ait karot numuneleri, yetersiz sıkıştığı nedeni ile, deneye alınmamışlardır. Ayrıca başlık yapılmadan önce numuneler, değerlendirme aşamasında rol oynayacak, uygun yükseklik-çap oranlarında kesilmiş ve

çapları 0,5mm hassasiyetle ölçülmüştür.

Uç yüzeylerin düzeltilmesi konusunda; TS EN 12390-3'de belirtilen 4 yöntem bulunmaktadır. Bunlar; aşındırma, kalsiyum alüminatlı çimento harcı, kükürt karışımı ve kum kutusudur. Aşındırma yöntemi bunların arasında en iyisi olmakla beraber, ilk yatırım maliyeti yüksek olması en önemli zafiyeti olmaktadır. Aşındırma, daha zahmetsizdir, aşındırdıktan hemen sonra, beklemeksizin hemen kırım yapılabilir ve bütün beton sınıflarında kullanılabilir. Fakat kötü bir aşındırma ile dayanım kayıpları fazla olabilmektedir. Ayrıca kötü bir aşındırmayı düzeltmek için numune boyunu kısaltmak gerekebilir ve standardın emrettiği toleransın dışına çıkılabilir. Bu nedenlerle, yapılan çalışmalarda, kalsiyum alüminatlı çimento harcı ile başlıklama yöntemi kullanılmıştır.

Numunenin bir tarafı başlıklanıp, % 95 bağıl nemli ortamda, 22°C'da, 1 gün süre ile bekletildikten sonra diğer tarafı da aynı işlemler uygulanarak başlıklanmıştır. Yapılan başlıkların 3 günlük ortalama dayanımı 50 MPa civarındadır.

Başlıkları yapılmış numunelere TS 12390-1'deki yükseklik, düzlükten sapma, diklikten sapma gibi toleranslar uygulanmıştır.

### 3.3. Deneyin Yapılması

Yapılan bir araştırmada, 7 gün boyunca kurutulan numunelerin 2 gün boyunca su altında tutulan numunelere göre %14 daha fazla dayanım verdiği gözlenmiştir[3]. Başlıkların kür edilmesi sonucu ıslanan numuneler 5 gün boyunca oda koşullarında kurutulmuşlardır. Genel olarak ıslak karotların kuru karotlara göre daha düşük dayanım verdiği bilinmektedir[4].

Son kez, pürüzlülük ve eğimleri, gözle ve elle muayene edilen karot numuneleri, standart olan 0,6 MPa/s hızda 60 tonluk pres ile kırılmışlardır.

### 3.4. TS EN 13791'e Göre Değerlendirme

Standartta 2 tip değerlendirme yöntemi vardır, bu çalışmada az hacimli dökülen betonlarda sıkça kullanılan yön-

teme başvurulmuştur. “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 hâlinde, bölgedeki betonun yeterli dayanıma sahip olduğu kabul edilir.”

$$f_{is, en düşük} \geq 0,85 (f_{ck} - 4) \dots \dots \dots [1]$$

Bu formülde,

$f_{is, en düşük}$ : Yapıdaki basınç dayanımlarından en düşüğü

$f_{ck}$ : Standart numune karakteristik basınç dayanımı ifade etmektedir.

Formüldeki “ $f_{ck}$ ” değeri, TS EN 13791, Madde 7’ye göre seçilmiştir. Standart, yükseklik-çap oranı birbirine eşit olan karot numunelerinin dayanım değerlerinin, aynı şartlarda oluşturulan ve küre tabi tutulan küp numune dayanımına eşit olduğunu, yükseklik-çap oranı 2’ye eşit olan karot numunelerinin ise aynı şartlarda oluşturulan ve küre tabi tutulan silindir numune dayanımına eşit olduğunu belirtmektedir.

| Betón Sınıfı   | Döküldüğü Tarih | TAZE BETON NUMUNESİ (28 GÜN) |               |         |                 | YAPIDAKİ BETON (KAROT) |                       |               |      |      |                                  |             |      |
|--|-----------------|------------------------------|---------------|---------|-----------------|------------------------|-----------------------|---------------|------|------|----------------------------------|-------------|------|
|  |                 | Dayanım                      | SINIF         | Dayanım | SINIF           | Yaş (Gün)              | Yükseklik-Çap (mm-mm) | Dayanım       |      |      | Değerlendirme TS EN 13791’e göre | SINIF       |      |
|  |                 | (MPa)                        | Beton Firması | (MPa)   | Yapı Dent. Lab. |                        |                       | (MPa)         |      |      |                                  |             |      |
| 1  | C 35            | 15.06.2012                   | 36,4          | C 35    | 36,7            | C 25                   | 45                    | <b>146-73</b> | 35,7 | 32,7 | 30,9                             | 30,9 ≥ 30,6 | C 40 |
| 2  | C 35            | 14.06.2012                   | 40,9          | C 40    | 31,8            | C 25                   | 46                    | <b>146-73</b> | 46,3 | 35,8 | 34,6                             | 34,6 ≥ 26,4 | C 40 |
| 2  | C 35            | 06.06.2012                   | 42,0          | C 40    | 38,4            | C 30                   | 54                    | <b>146-73</b> | 39,1 | 36,3 | 37,1                             | 36,3 ≥ 34,9 | C 45 |
| 3  | C 35            | 10.06.2012                   | 40,3          | C 40    | 28,1            | C 20                   | 50                    | <b>146-73</b> | 36,0 | 33,4 | 36,1                             | 33,4 ≥ 30,6 | C 40 |
| 100/200 mm silindir      150 mm küp  |                 |                              |               |         |                 |                        |                       |               |      |      |                                  |             |      |
| 1  | C 35            | 15.06.2012                   | 36,4          | C 35    | 36,7            | C 25                   | 45                    | <b>73-73</b>  | 35,7 | 40,7 | 42,8                             | 35,7 ≥ 34,9 | C 35 |
| 2  | C 35            | 14.06.2012                   | 40,9          | C 40    | 31,8            | C 25                   | 46                    | <b>73-73</b>  | 40,5 | 38,8 | 53,2                             | 38,8 ≥ 34,9 | C 35 |
| 3  | C 35            | 06.06.2012                   | 42,0          | C 40    | 38,4            | C 30                   | 54                    | <b>73-73</b>  | 45,3 | 49,5 | 42,1                             | 42,1 ≥ 39,1 | C 40 |
| 4  | C 35            | 10.06.2012                   | 40,3          | C 40    | 28,1            | C 20                   | 50                    | <b>73-73</b>  | 36,3 | 32,3 | 36,8                             | 32,3 ≥ 28,1 | C 30 |
| ≥0,85 (f <sub>ck</sub> -4)   |                 |                              |               |         |                 |                        |                       |               |      |      |                                  |             |      |
| h-d oranı = 2      h-d oranı = 1   |                 |                              |               |         |                 |                        |                       |               |      |      |                                  |             |      |
| 1 Takım C 35<br>3 Takım C 40      1 Takım C 20<br>2 Takım C 25<br>1 Takım C 30      3 Takım C 40<br>1 Takım C 45         |                 |                              |               |         |                 |                        |                       |               |      |      |                                  |             |      |
| <b>NOT:</b> * Uygun olan numuneler düz yazı ile<br>* Uygun <u>olmayan</u> numuneler <b>italik</b> olarak yazılmışlardır. |                 |                              |               |         |                 |                        |                       |               |      |      |                                  |             |      |

**Tablo 1** Taze Beton ve Karot Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo-1’de, proje sınıfı C 35/45 olan şantiyeden, çapları 73 mm olan, uzunca alınan karot numunelerinin kesilmesi ile aynı numuneden hem 73 mm yüksekliğinde hem de 146 mm yüksekliğinde numuneler çıkarılmıştır. Bu karot numunelerinin değerlendirilmesinde kullanılan  $f_{ck}$  değeri, yükseklik-çap oranı 1 olan numuneler için 45 MPa, 2 olan numuneler için 35 MPa olarak seçilmiştir.

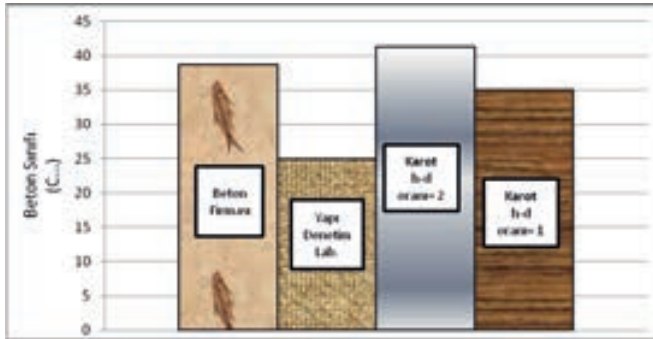
Örnek olarak Tablo 1’in ilk sütununa bakarsak beton fir-

masının almış olduğu 3 adet silindir numunenin (grup) 28 günlük dayanım ortalaması; TS 500 Şubat 2000, Madde; 3.4 - betonda nitelik denetimi ve kabul koşullarına göre,  $f_{ck-3}$ ’ü koşulunu[5];

36,4 > 32 (35-3) MPa olarak sağlarken, Yapı denetim laboratuvarının almış olduğu 3 adet küp numunenin 28 günlük dayanım ortalaması; 36,7 < 42 (45-3) MPa ile standartta belirtilen değer in altında kalmıştır.

Yapı denetimin numune aldığı bölgeden alınan 3 adet karot numunesinin en küçük değeri,

$30,9 \text{ MPa} \geq 0,85 (40+4) = 30,6 \text{ MPa}$  olduğu için [1] bağıntısında verilen değeri sağladığı ve bu betonun C 40 olduğu kabul edilmiştir. Bu formülde karot numunelerinin yükseklik-çap oranı 2 olduğundan  $f_{ck}$  değeri silindir olarak seçilmiştir.



**Şekil 2** Taze Beton ve Karot Sonuçlarının Ortalamaları

Şekil 2, Tablo 1’de belirtilen beton sınıflarının ortalama değerlerine aittir. Buna göre, beton laboratuvarının yapmış olduğu taze beton numuneleri ile yükseklik-çap oranı 2 olan karot numunelere ait benzer sonuçlar elde edilirken, yükseklik-çap oranı 1 olan karot numuneleri taze beton numunelerinden düşük çıkabilmektedir. Yapı denetim laboratuvarının almış olduğu küp numuneler ise bunların 2-3 sınıf altında çıkmıştır.

Konu ile ilgili, [6] No.lu kaynakta karotların h-d oranı 2 ile 1 olması arasında, yüksek dayanımlarda, anlamlı farklılık görülmemekte olup, çalışmamızın sonuçları ile örtüşmektedir.

#### 4. SONUÇ

Karot numunesi alınırken proje sınıfı, beton yaşı, yapı adresi, karota ait boyutlar, deney verileri ve sonuçları vb. pek çok hususa dikkat edilmelidir. Basınç deneyinde kırılan karot numuneleri raporlanırken karota ait tüm özellikler raporda bulunmalıdır.

Karot numunesinin yaşattığı süreçler; pahalı, itibar sarsıcı

ve zahmetli bir iş olduğu gibi yapıya da zarar vermektedir. Bu sebeple, yapıdan silindirik karot numunesi almak yerine, beton dökümü sırasında alınan taze beton numunesini silindir olarak küp ve silindir farkı nedeniyle oluşan beton dayanımı anlaşmazlıkları ortadan kaldırılabilir. Özellikle yüksek sınıflı betonlarda bu fark fazla olduğu için anlaşmazlık kaçınılmaz hale gelmektedir. Ayrıca, beton sınıfı tarif edilirken ve kısaca yazılırken silindir kalıptan bahsedilmekte, ancak numune alınımına gelince küp kullanılmaktadır. Bu durumda ise, dayanımlar konuşulurken tekrardan silindire dönülmekte, yani iki kez dönüşüm yapılarak hatalara sebebiyet olunmaktadır.

#### Kaynaklar

- [1]. TS EN 13791 Nisan 2010 Basınç Dayanımının Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini
- [2]. FENERCİ, E., MUTLU, M., ÖZTEKİN, E., “Numune Tipinin Betonun Basınç Dayanımına Etkisi”, THBB - Beton 2011 Kongresi, Ekim 2011, İSTANBUL
- [3]. TS EN 12504-1 Ocak 2011 Beton-Yapıda Beton Deneyleri-Bölüm 1: Karot Numuneler - Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini
- [4]. AKAKIN, T. “Karot Standardı Hakkında”, İMO Seminerleri, İSTANBUL
- [5]. TS 500-Şubat 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
- [6]. MURDOCK, J.W., and KESLER, C.E., “Effect of Length to Diameter Ratio of Specimen on the Apparent Compressive Strength of Concrete”