



SERTLEŞMİŞ BETON BASINÇ DAYANIMININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN TS-10465 VE TS EN 12504-1 ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

(AN EVALUATION ON TS-10465 AND TS EN 12504/1 FOR THE
DETERMINATION OF COMPRESSIVE STRENGTH OF HARDENED
CONCRETE)

Şemsi YAZICI*, A. Burak GÖKTEPE*, Selim ALTUN*, Volkan KARAMAN**

ÖZET/ABSTRACT

İmalatı tamamlanmış betonarme yapılara ait yapı elemanlarının basınç dayanımlarının tayin edilmesi için, tahribatlı bir deney yöntemi olan karot numunesi alınması ve tahribatsız bir deney yöntemi olan yüzey sertliği metodu, yaygın olarak ayrı ayrı veya birlikte kullanılmaktadır. Ülkemizde, sertleşmiş betondan karot alınması ve test edilmesi ile ilgili temel hususlar, TS 10465 ve TS EN 12504/1 standartları ile belirlenmiştir. Halen yürürlükte olan bu standartlarda belirtilen numune alma yöntemi ve hesap esasları ile ilgili önemli tereddütler mevcuttur. Bu çalışmada, ilgili standartlar irdelenerek, bu standardın eksiklikleri ve çelişkileri ortaya konulmuş ve çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır. Yapı stoğunun çoğunu betonarme yapıların oluşturduğu ve mevcut yapıların yapısal dayanımları ile ilgili ciddi şüphelerin var olduğu ülkemizde, bu standartça önerilen yöntemler ile yapılan analizler çok büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla bu standart ile ilgili oluşan tereddütlerin ortadan kaldırılması, bu konu ile ilgili çalışan mühendislerimizin daha doğru değerlendirme yapabilmesini sağlayacaktır.

In order to determine the compressive strength in structures components of finished reinforced concrete systems, the destructive method of obtaining core samples and the non-destructive method of surface hardness method are widely used separately or together. In Turkey, basic principles about obtaining samples in hardened concrete in structures and the tests applied are based on TS 10465 and TS EN 12504-1 standards. However, there seems to be serious conflicts in these standards about the method for obtaining samples and their calculation principles. In this study, considering these standards, existing drawbacks and uncertainties were emphasized and related solution proposals were presented. Accounting the percentage of reinforced concrete structures in our country, these standards become more crucial; thus, it is essential to remove these serious doubts about considered strength analyzing methods for helping our engineers to evaluate in a better way.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Tahribatlı yöntem, Karot, Yüzey sertliği yöntemi, TS-10465, TS EN 12504-1
Core sample, Hardened concrete, Method of surface hardness, TS-10465, TS EN 12504-1

* Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir
* İNTEK Yapı Kalite Kontrol Laboratuvarı, 07100, Lara, Antalya

1. GİRİŞ

Herhangi bir kompozit sistemin yapısal davranışının belirlenebilmesi için ihtiyaç duyulan en temel veri, bu kompozit sistemi oluşturan yapı elemanlarının sahip olduğu malzeme özellikleridir. Diğer bir deyişle, kompozit bir sistemin genel dayanımı ve stabilitesi, bileşenleri olan malzemelerin sahip oldukları dayanımlar (basınç ve çekme) ile malzeme parametrelerinin (elastisite modülü, Poisson oranı, v.b.) değerleri ile doğrudan ilişkilidir. Buna ek olarak, sistemi oluşturan malzemelerin birbirleri arasındaki etkileşim ve aderans da kompozit sistemin davranışı açısından belirleyici olmaktadır. Ayrıca, malzeme davranışı; ortama, zamana, sıcaklığa, yükleme durumuna ve maruz kaldığı kimyasal etkilere göre büyük değişimler göstermektedir (Neville, 1975; Ersoy, 1987; Akman, 1990; Erdoğan, 2003).

Betonarme, genel anlamda, betonun basınç ve çeliğin çekme dayanım özelliklerinin uygun yerlerde birlikte kullanıldığı kompozit bir sistemdir. Betonarme yapılar, sisteme etkileyen statik ve dinamik yüklerin meydana getirdikleri kesit tesirlerini belirli bir güvenlikle karşılayacak şekilde boyutlandırılırlar. Betonun basınç dayanımı betonarme sistemin yapısal bütünlüğü açısından hayati önem taşımaktadır. Bu yüzden, gerek inşaat aşamasında gerekse inşaat tamamlandıktan sonra, farklı yapı elemanlarındaki basınç dayanımlarının bilinmesi, kontrol ve değerlendirme yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir (Ersoy, 1987).

Betonarme bir yapının inşaatı sırasındaki beton kalitesinin kontrolü, taze beton numunesi alınması ve bu alınan numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarının laboratuvarında ölçülmesi ile gerçekleştirilmektedir. Diğer yandan, yapıdaki betonun 28 günlük basınç dayanım sonuçlarında limit değerler sağlanmamışsa, beton döküm sırasında yeterli sayıda ya da hiç numune alınmamışsa veya yapının dayanımı ile ilgili bir şüphe mevcutsa; bu tür durumlarda, ya yüzey sertliğinden hareketle kabaca beton dayanımı tahmin edilebilir ya da daha gerçekçi olarak sertleşmiş betondan karot numunesi alınarak yapı elemanlarının basınç dayanımları ile ilgili nihai karar verilebilir.

Ülkemizdeki mevcut yapı stoğunun çok büyük bir çoğunluğunu betonarme yapılar oluşturmakta ve bu yapılarda deprem ve benzeri etkilerden dolayı oluşan sorunlara sık sık rastlanmaktadır. Ortaya çıkan yapısal problemlerin esas kaynağını beton kalitesindeki düşüklük oluşturmaktadır (Eren, 1999; Celep, 1999). Yapılardaki beton kalitesinin tespitinde; ülkemizde ve diğer ülkelerde önerilen değişik yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler arasında karot alma, beton tabancası ile yüzey sertliği okuma, çekip çıkarma, ultra ses hızı ölçme vb. sayılabilir (Malhotra, 1976; Neville, 1975; Erdoğan, 2003; Baradan, 1996). Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılanları, karot alma ve beton tabancası ile yüzey sertliği ölçümü yöntemleridir.

Ülkemizde, sertleşmiş betondan numune alınması ve beton kalitesinin ölçülmesi TS 10465 (1992) ve TS EN 12504-1 (2002) standartlarına göre yapılmaktadır. TS 10465 'de, sertleşmiş beton dayanımının belirlenmesi için; tahribatlı deney (karot alınarak) ve tahribatsız deney (yüzey sertliği metodu) metotlarının birlikte kullanılmasını, TS EN 12504-1 ise tahribatlı deney (karot alınarak) yöntemini önermektedir. Ancak, uygulamada ülkemizde yüzey sertliği metodu kolaylığı, ekonomikliği ve tahribatsız olması nedeniyle tek başına uygulanmakta ve tercih edilmektedir. Maalesef, bu yöntemden elde edilen basınç dayanımı sonuçlarının çok kaba olduğu göz ardı edilmektedir. Ancak, beton dayanımı gerçekçi olarak karot alma yöntemi ile belirlenebilmektedir. Bu yöntemin; tahribatlı, pahalı ve uygulanmasının zor olması bir dezavantajdır; ancak, tahribatlı ve tahribatsız deney yöntemlerini birlikte kullanarak, istenilen sayıda elemanın basınç dayanımlarını en az tahribatla hem ekonomik hem de yalnız tahribatsız yönetime kıyasla daha hassas olarak belirlemek mümkündür.

Bu çalışmanın amacı; ülkemizde yürürlükte olan sertleşmiş betonun basınç dayanımının tespitine yönelik standardı irdelemek ve eksikliklerini vurgulamaktır. Bu amaç kapsamında;

TS 10465 ve TS EN 12504-1 standartları değerlendirilerek, eksiklikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. STANDARDIN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Karot Çapı Konusunda

Basınç dayanımı belirlenecek betondan alınacak karotun çapının ne olacağı konusunda TS 10465 standardının 1.4.2. bölümünde yer alan aşağıdaki Çizelge 1 'deki açıklamalar yapılmıştır. Bu çizelgedeki veriler incelendiğinde betondan alınacak karotun çapının betonda kullanılan agreganın çapı ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Betonlardan agrega maksimum dane çapına bağlı olarak üç farklı çapta (150 mm, 100 mm ve 50 mm) karotlar alınabileceği ve alınacak karotun çapının betonda kullanılan iri agreganın en büyük çapının 3 katından büyük olması gerektiği ifade edilmiştir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde, betondaki en büyük agrega çapı 32 mm 'den küçük olan durumlarda (hatta 32 mm için bile sık donatılı durumlarda) alınacak karotun çapının 50 mm olmasının önerilmesi standardın kendisi ile çelişmektedir. Yine 10.04.2002 tarihinde yürürlüğe giren TS EN 12504-1 standardında; maksimum agrega çapının karot çapına oranının 1/3 'den büyük olması durumunda karotların dayanım değerlerinin önemli ölçüde etkilenebileceği ifade edilmektedir. Ayrıca, aynı standardın ekinde maksimum agrega çapı 20 mm veya 40 mm olan durumlarda karot çaplarının 100 mm, 50 mm ve 25 mm olabileceği de bilgi niteliğinde verilmiştir. Bilgi olarak sunulan bu bilgi notu da bu standardı kullanan kişilerce standardın kesin hükmü gibi değerlendirilebilir. Böylece, bu standartta da TS 10465 standardındaki çelişki aynen sürdürülmüştür. Çünkü alınacak karotun çapının, betondaki agrega en büyük çapından en az 3 kat daha büyük boyutta olması yani en azından 100 mm çaplı karotun alınması gereklidir. Ayrıca, literatürde; h/d oranı 1 olan 50 mm, 75 mm, 100 mm ve 150 mm çapa sahip karotlar üzerinde yapılan çalışmalarda, basınç dayanımı değerleri benzer bulunmakla beraber karot çapı küçüldükçe standart sapmanın arttığı bilinmektedir (Meininger, 1968; Henzel, 1969; Poljärvi, 1969; Erdoğan, 2003). Yani karot çapı küçüldükçe deneye tabi tutulacak örnek sayısının yükseltilmesi anlamlı istatistiksel sonuç elde edilebilmesi açısından önemlidir. Standartta karot çapı küçüldükçe deneye tabi tutulacak örnek sayısının artırılmasına yönelik herhangi bir ibare de yoktur. Eğer 25 mm ve 50 mm çaplı karotlar kullanılacaksa en azından örnek sayısının 100 mm 'lik karot sayısından daha fazla seçilmesi önerilmelidir. Dünyada yaygın olarak kullanılan ASTM C 42/C 42M ve BS 1881-120 standartları alınabilecek minimum karot çapını sırasıyla 95 mm ve 100 mm ile sınırlamaktadır. Ayrıca, yine ASTM C42/C 42M standardı sadece h/d oranının 1 veya daha büyük olmasının imkansız olduğu durumlarda 95 mm 'den daha küçük çaplı karotların alınabilmesine izin vermektedir. TS 10465 ve TS EN 12504-1 standartlarınca önerilen 50 mm 'lik ve 25 mm 'lik karot çapları, dünyada saygın olarak kabul edilen standartlarla da çelişmektedir.

2.2. Karot Narinliği Konusunda

TS 10465 standardı, karot h/d oranı (narinliği) konusunda bu oranın kesin olarak 1 alınmasını (yani h=d olmasını) önermektedir. TS EN 12504-1 ise karot h/d oranının 1 veya 2 olarak alınabileceğini belirtmiştir. Bunun dışındaki oranlarda nasıl davranılacağına ilişkin herhangi bir hüküm her iki standartta da yer almamaktadır. ASTM C 42/C 42M ise bu oranın 1.9 ile 2.1 arasında olmasını önermekle birlikte, bu oranın 1 ile 1.75 arasında olması durumlarında, karotun basınç dayanımını h/d= 2 olan örneğin basınç dayanımına

dönüştürmek için bir düzeltme faktörü kullanımını da öngörmektedir. Bu düzeltme faktörünün değerleri; h/d oranının 1.75, 1.50, 1.25, 1.00 olması durumları için sırası ile 0.98, 0.96, 0.93 ve 0.87'dir.

Çizelge 1. En büyük agrega tane büyüklüğüne karşılık gelen karot çapları

En büyük agrega tane büyüklüğü, mm	Karot çapı, mm
63	150
32	100*
16	50
8	50

* Özel durumlarda, mesela ince yapı elemanlarında veya sık teçhizatlı yapı bileşenlerinde çapı 50 mm olan küçük karotlarda kullanılabilir.

Diğer yandan, BS 1881-120 (1983) standardı, bu oranın 1 ile 1.2 arasında alınmasını istemektedir. Ancak, bu sınırlamanın dışında kalan karotların basınç mukavemetlerinin belirlenmesinde h/d=1 olan örneğin basınç dayanımına dönüştürme işleminde Eşitlik 1 de verilen bağıntıyı ilave olarak önermektedir.

$$f_{ck,küp} = f_{ck,karot} \times \frac{D}{1,5 + \frac{h}{d}} \quad (1)$$

Burada, $f_{ck, küp}$: 150 mm ayrıtlı küp karakteristik basınç dayanımı, f_{ck} : karot basınç dayanımı, h: karot yüksekliği, d: karot çapı ve D: karotlar yatay yönde alınmışsa 2.5, düşey yönde alınmışsa 3 olarak seçilen bir parametredir. Yukarıdaki açıklamalarda görüldüğü gibi, TS 10465' in h/d oranı için kesin olarak 1 alınması görüşünün uluslararası normlara göre çok geçerli bir uygulama olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum hiç olmazsa TS EN 12504-1 de biraz yumuşatılarak en azından h/d oranı 1 olan örneklerin yanı sıra 2 olan örneklerin de kullanılabileceğini belirtmiştir. Ancak, her iki standartta da en azından h/d oranı 1 ile 2 arasında değişen karotlar için Amerikan (ASTM C42/C 42M) ve İngiliz (BS 1881-120) standartlarına benzer düzeltme faktörlerinin önerilmesi gerekmektedir.

2.3. Karotun Yatay veya Düşey Alınması Konusunda

TS 10465 ve TS EN 12504-1 standartlarında; karotun düşey ya da yatay alınmasının basınç dayanımına etkisi konusunda herhangi bir açıklama veya düzeltme katsayısı önerisi bulunmamaktadır. Yatay alınmış karotlarla düşey alınmış karotların benzer şekilde önerilmesi önemli bir sakıncadır. Çünkü, betonun heterojen bir yapıya sahip olması ve döküm yönü betonun basınç dayanımı etkilemektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalarda; düşey alınmış karotların yatay alınmış karotlardan genel olarak daha yüksek basınç dayanımına sahip oldukları ifade edilemekle birlikte, bu etkinin mertebesi konusunda bir kesinlik bulunmamaktadır. Ayrıca bu etkinin karot çapına bağlı olarak da değiştiği belirlenmiştir (Erdoğan, 2000; Arıoğlu, 1998; CS Report, 1988).

2.4. Örneklerin Basınç Dayanımlarının Değerlendirilmesi Konusunda

TS 10465 standardında, h/d oranı 1 olan 50 mm çaplı karotların kullanılması durumunda bu karotların basınç dayanımlarının %90 'nı 200 mm ayrıtlı küp basınç dayanımına eşit kabul ederek dönüştürmektedir. Ayrıca, h/d=1 olan ve çapı 100 mm veya 150 mm olan karotların

basınç dayanımlarını 200 mm ayrıtlı küp basınç dayanımına eşit kabul etmektedir. Burada 100 mm ve 150 mm çaplı karotların basınç dayanımlarının eşit kabul edilmesi önemli bir çelişkidir ve bilimsel geçerliliği yoktur. Böylece, örnek boyutu küçüldükçe basınç dayanımının büyüyeceği gerçeği göz ardı edilmiştir. Çünkü bu standartta belirtildiği gibi çapı 100 mm ve 150 mm olan silindir örneklerin basınç dayanımlarının özdeş kabul edilmesi boyut etkisi sebebiyle gerçekçi değildir. Literatürde h/d oranı 2 olan ve çapı 100 mm olan örneklerin basınç dayanımlarının 150 mm çaplı örneklerin basınç dayanımlarından %5 oranında daha fazla olduğu belirtilmektedir. Ayrıca standart silindir dayanımından küp (200 mm ayrıtlı) dayanımına geçiş için beton basınç dayanım düzeyine göre üç farklı dönüşüm katsayısı önerilmektedir. Bu katsayılar yüksek mukavemetli betonlarda 1.1, orta mukavemetteki betonlarda 1.18 ve düşük mukavemetli betonlarda ise 1.25 dir (Ersoy, 1987).

TS EN 12504-1 standardı karotların dayanımlarını h/d oranı 1 olan durumlarda küp basınç dayanımı ile, h/d oranı 2 olan durumlarda silindir basınç dayanımı ile kıyaslamayı önermektedir. Ayrıca aynı standart karotun alındığı betondaki agreganın maksimum çapının 20 mm olması durumunda; 100 mm 'lik karotların 50 mm 'lik karotlardan %7, 50 mm 'lik karotların ise 25 mm 'lik karotlardan % 20 ve betondaki agreganın maksimum çapının 40 mm olası durumunda; 100 mm 'lik karotların 50 mm 'lik karotlardan %17, 50 mm 'lik karotların ise 25 mm 'lik karotlardan % 19 daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğunu ifade etmektedir. Boyut etkisi konusunda, TS 10465 standardındaki çelişkiler TS EN 12504-1 'de silindir örnekler için giderilmiş fakat küp örnekler için herhangi bir açıklama yapılmamıştır.

2.5. Sertleşmiş Beton Dayanım Sonuçlarının Değerlendirilmesi Konusunda

Karotlardan elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için TS 10465 standardında iki yöntem esas alınmaktadır.

- İstatistiksel yöntem
- İstatistiksel olmayan yöntem

İstatistiksel yöntemde, Eşitlik 2'deki eşitsizliğin,

$$Z = f_{km200} - k_s * S \geq 0.85 * f_{ek} \quad (2)$$

İstatistiksel olmayan yöntemde, aşağıdaki iki eşitsizliğin sağlanması gerekir (TS-10465, 1992).

$$f_{km200} \geq 0.85 * f_{sk} \quad (3.a)$$

$$f_{kmin200} \geq 0.85 * f_{sk} \quad (3.b)$$

Bu bağıntılarda,

- Z : Deney büyüklüğü (belirli güvenilirlikle hesaplanmış basınç dayanımı), MPa,
f_{km200} : Ortalama küp basınç dayanımı değeri, MPa,
f_{kmin200} : Minimum basınç dayanımı değeri, MPa,
k_s : Örnek sayısına bağlı kabul faktörü değeri,
S : Standart sapma değeri, MPa,
f_{ek} : Betonun eşdeğer 200 mm ayrıtlı küp mukavemeti, MPa,
f_{sk} : Betonun seri mukavemeti, MPa, dir.

Yukarıdaki değerlendirmeleri yaparken kullanılan; eşdeğer küp mukavemeti (f_{ek}) ve seri mukavemeti (f_{sk}) değerleri değişik beton sınıfları için standartta tarif edilmiştir. Yapılan bu tarifte verilen mukavemet değerleri 200 mm ayrıtlı küp içindir. Halbuki güncellenen TS-500

(2000) standardında aynı değerler 150 mm küp için tanımlanmıştır. Burada hangi standardın daha gerçekçi olduğu belirsizdir. Bu farklılığın giderilmesi gereklidir.

TS 10465’de önerilen istatistiksel yöntemde kullanılan kabul faktörü (k_s) katsayısı değerleri aşağıdaki Çizelge 2 ‘de görülmektedir. Çizelge 2 ‘deki değerler incelendiğinde kabul faktörlerinin numune sayısına bağlı olarak 1.64 ile 1.95 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Fakat, bu katsayıların hangi istatistiksel değerlendirme yöntemine göre belirlendiği ve ne gibi bir güven aralığında kullanılabileceği belirtilmemiştir. Ancak, bu tip istatistiksel analizlerde pek çok olasılık dağılım fonksiyonları kullanılabilir. Bu durumlar için en çok tercih edilen olasılık dağılımı fonksiyonu *t dağılımı* dır (Ünver ve Gamgam, 1999; Chapra ve Canale, 1998).

Çizelge 2. Kabul faktörü (k_s) ile *t* dağılımı katsayıları arasındaki farklılık

Numune Sayısı (Serbestlik Derecesi)	Kabul Faktörü, (k_s)	<i>t</i> Dağım Değeri, (%90 Güvenle)	Fark (%)	<i>t</i> Dağım Değeri, (%95 Güvenle)	Fark, (%)
12	1.95	1.356	-30.5	1.782	-8.6
15	1.88	1.341	-28.7	1.753	-6.8
20	1.84	1.325	-28.0	1.725	-6.3
25	1.75	1.316	-24.8	1.708	-2.4
30	1.70	1.310	-22.9	1.697	-0.2
35	1.64	1.307	-20.3	1.690	-3.1
∞	1.64	1.282	-21.8	1.645	-0.3

Bu dağılım %90-%95 güven aralıkları için dikkate alındığında, TS 10465’de önerilen örnek sayıları için k_s katsayılarının Çizelge 2’deki değerleri alması gerekmektedir. Bu çizelgedeki değerlerin standardın önerdiği değerlerden çok farklı olduğu görülmektedir. Ayrıca, TS-500’ de, beton karakteristik basınç dayanımı f_{ck} , tarif edilirken bu değerlerin gerçekleştirilmesindeki hata olasılığının en fazla %10 olabileceği belirtilmiştir. Bu durum da göz önüne alındığında, Çizelge 2’de standartça önerilen k_s katsayıları tutarsızdır.

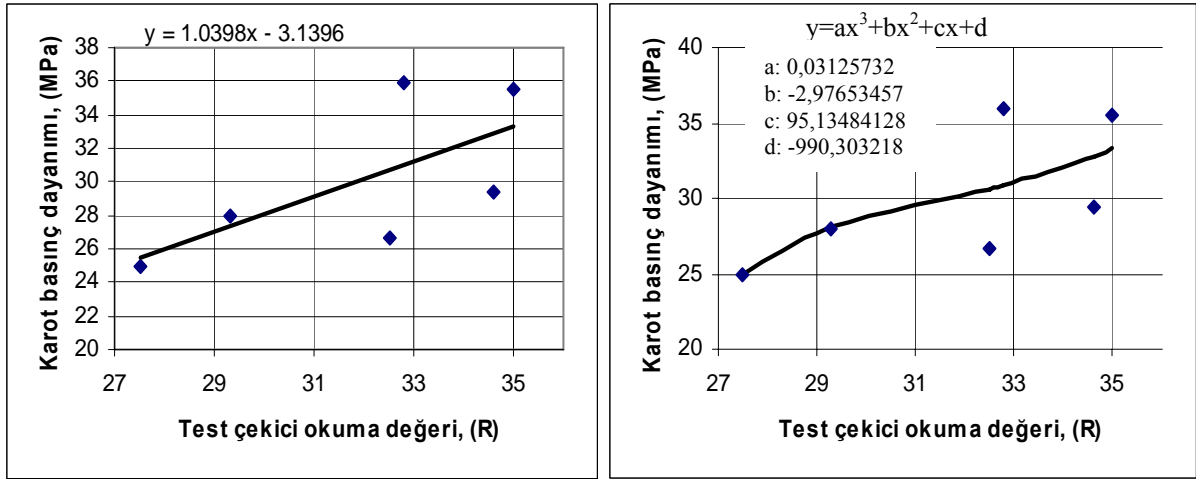
TS EN 12504-1 standardında karotlardan elde edilen dayanım sonuçlarının nasıl değerlendirileceğine ilişkin herhangi bir açıklama yoktur. Bu konuda en azından ASTM ‘nin önerdiği karot basınç dayanımının beton sınıf dayanımının % 85 ‘inden yüksek olma kriteri gibi bir öneri olmalıydı.

2.6. Karot ile Test Çekicinin Birlikte Kullanarak Değerlendirme Yapılması Konusunda

İlgili standart incelendiğinde betonun gerçek mukavemetinin sertleşmiş betondan alınan karot numunelerinin basınç deneyine tabi tutulmasıyla belirlenebileceği ve zorunlu durumlar haricinde beton basınç dayanımının beton test çekici ve karot uygulamasının birlikte kullanılarak tespit edilmesi önerilmektedir. Beton test çekicinin zorunlu durumlarda bile yalnız başına kullanılarak beton basınç dayanımının tahmin edilmesinde kullanılmasına izin verilmesi son derece sakıncalı bir yaklaşımdır. Çünkü, beton test çekici beton yüzeyindeki 1-2 mm kalınlığındaki kısmın sertliğini ölçmektedir ve beton yüzeyindeki elastisitenin tespitine esasına dayanır. Ancak bu belirlenen yüzey sertlik değerleri, çimento tipi ve oranı, betonun yüzey durumu, agrega tipi, betonun yaşı, karbonatlaşma, beton yüzeyinin nemi, beton yüzeyindeki iri agregaların durumu, darbenin uygulanma yönü, pas payı kalınlığı ve kür koşulları gibi pek çok faktörden etkilenmektedir (Amasaki,1991; Neville,1994; Teodoru, 1988; Hisham,2000). Bu faktörler göz önüne alındığında, elde edilen sonuçların oldukça

büyük hataları içereceği ortadadır (Erdoğan, 2003, Baradan, 1996, Malhotra, 1976; Arıoğlu, 1998).

Standartta karot ile beton test çekicinin birlikte kullanılarak beton dayanımının tespitine yönelik önerisi gerçekçidir. Fakat bu önerilen yöntemde yine bazı belirsizlikler ve sakıncalar bulunmaktadır. Bunların en önemlisi yüzey sertliği okumaları ile karot basınç dayanımları arasında oluşturulan korelasyon için 2/1 eğimine sahip bir doğru önerilmesidir. Bu yaklaşımda korelasyon için bir doğru önermek ve eğimini de 2/1 ile sınırlamak ciddi bir hatadır. Çünkü, eldeki test çekici ve karot verilerini en gerçekçi şekilde temsil edecek anlamlı regresyon doğrusunun veya eğrisinin bulunması problemin çözümü için esastır. Ancak, bu standartta önerilen eğimi 2/1 olan regresyon doğrusundan daha anlamlı başka bir eğrinin geçirilebilmesi (standartın Ek B bölümünde verilen örnekteki verilere dayanılarak) mümkün görünmektedir. Aşağıdaki Şekil 1. ve Şekil 2 'de, standartın EK B bölümünde verilen örnekteki verilerden geçirilen korelasyon doğrusunda korelasyon katsayısı $R^2=0,4537$ iken, tarafımızca geçirilen en anlamlı korelasyon eğrisinin ise korelasyon katsayısı $R^2=0,4616$ dır. Burada korelasyon kat sayıları benzer çıkmasına rağmen doğrusal yaklaşımın eğrisel yaklaşıma göre örnekleri temsil etme yeteneğinin daha az olduğu açıkça görülmektedir.

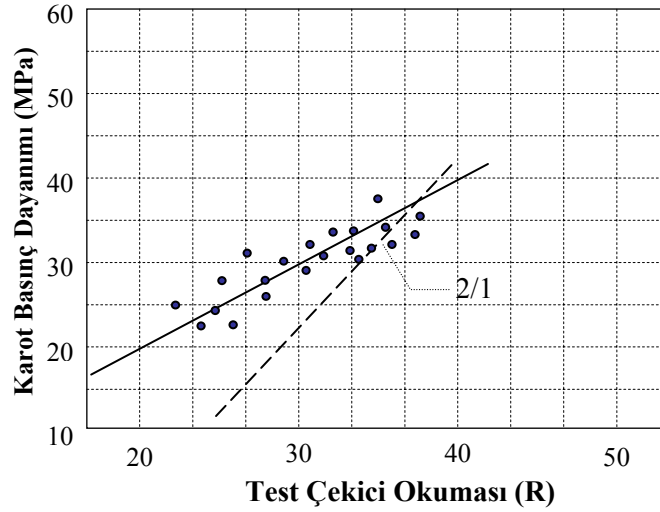


a) Doğrusal ilişki

b) Eğrisel ilişki

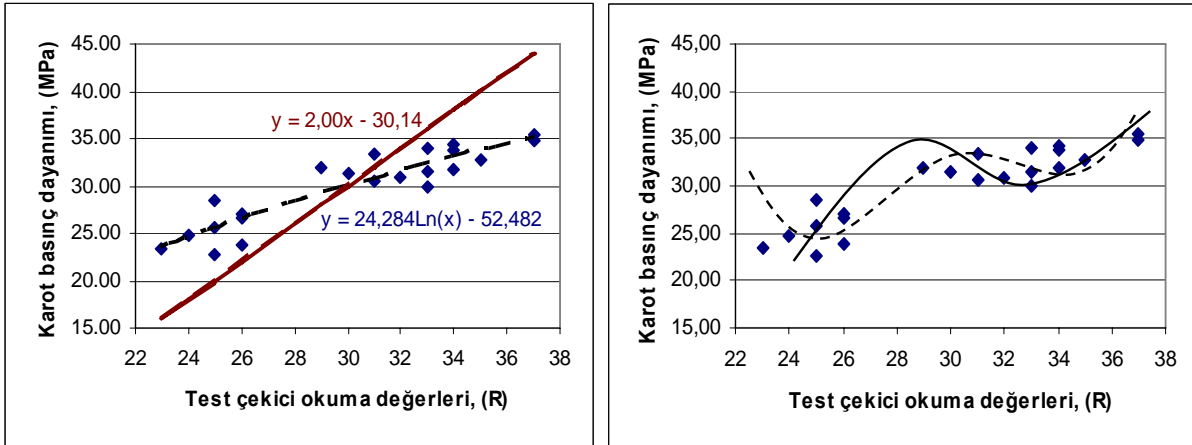
Şekil 1. Standarttaki örnek veriler için doğrusal ve eğrisel regresyon sonuçları

Aşağıda sunulan gerçek verilere dayanan başka bir örnekte aynı yaklaşımla elde edilen korelasyon sonuçlarının çok farklı olduğu da görülmektedir. Aşağıdaki örnek grubu için standartça önerilen eğimi 2:1 olan doğrunun örnekleri temsil etme açısından ne kadar anlamsız olduğu ortadadır.



Şekil 2. Karot basınç dayanımı ve test çekici okumaları arasındaki doğrusal ilişkiler

Yine aşağıdaki Şekil 3.a 'da gerçek verilere dayanılarak karot basınç dayanımı ile test çekici okumaları arasında doğrusal ilişki yerine eğrisel bir ilişki kurulsa nasıl bir sonuç elde edileceği gösterilmiştir. Bu örneklerden görüldüğü gibi karot basınç dayanımı ile test çekici okumaları arasında kurulacak ilişkiyi eğimi 2:1 olan bir doğru ile ifade etmenin doğru bir yaklaşım olmadığı bellidir. Bu ilişki örneklerin dağılımına göre doğrusal da olabilir eğrisel de, burada karar unsuru seçilen davranış fonksiyonunun malzeme davranışı açısından anlamlı ve örnekleri temsil edebilir olmasıdır. Şekil 3.b' de seçilmiş olan eğrisel ilişkiler, verileri temsil etmede daha başarılı, fakat beton davranışı açısından anlamsız bir durum ifade ettiğinden kullanılması uygun değildir.



a) Anlamlı eğrisel ilişki

b) Anlamsız eğrisel ilişkiler

Şekil 3. Karot basınç dayanımı ve test çekici okumaları arasında tanımlanan doğrusal (eğimi 2:1) ve eğrisel ilişkiler

Yine, TS EN 12504-1 standardında karot basınç dayanımları ile test çekici okumalarının birlikte değerlendirilmesi konusunda da herhangi bir açıklama yoktur.

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma neticesinde aşağıdaki sonuç ve önerilere varılmıştır.

- TS 10465 ve TS EN 12504-1 standartlarınca önerilen 50 mm ve 25 mm 'lik karot çap değerleri, dünyada yaygın olarak kullanılan standartlarla çelişmektedir. Bu karot çapın en az 100 mm olması gereklidir.
- Bu standartlar (TS 10465 ve TS EN 12504-1), zorunlu durumlarda 50 mm gibi düşük bir karot çapını öneriyorsa; istatistiksel anlam taşımaya açısından alınacak örnek sayısı her 50 m³ beton için 3 yerine en az 12 ya da daha fazla olması da önerilmelidir.
- Karot narinliğini TS 10465 standardının 1 ile, TS EN 12504-1 standardının ise 1 ya da 2 ile sınırlaması gerçekçi değildir. En azından dünyada yaygın olarak kullanılan diğer standartlarda olduğu gibi 1 ile 2 arasında narinlik değerlerinin de kullanımına izin verilmelidir. Ayrıca, narinliği bu ara değerlerde olan örneklerden elde edilen basınç dayanımlarını, narinliği 1 ya da 2 olan örneklerin basınç dayanımına dönüştürmek için düzeltme faktörleri de önerilmelidir.
- TS 10465 standardının h/d oranı 1 olan 100 mm ve 150 mm çaplı örneklerin basınç dayanımlarını eşit kabul etmesi, özellikle yüksek dayanımlı betonlar için hatalı bir yaklaşımdır.
- TS 10465 standardının karot sonuçlarının değerlendirilmesinde baz aldığı beton sınıf dayanımları TS-500 ile çelişmektedir. Başka bir ifade ile, standarda göre 200 mm lik küp dayanımının mı, yoksa TS-500' e göre 150 mm lik küp dayanımının mı dikkate alınacağı ile ilgili çelişkinin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Ayrıca TS EN 12504-1 standardında da bu konuda açıklamaların yer almaması bir eksikliklerdir.
- TS 10465 standardının karotlarla beton test çekici okumalarının birlikte değerlendirilmesinde önerdiği eğimi 2:1 olan doğrusal ilişki yaklaşımı da beton davranışının tabiatı gereği hatalıdır. İlave olarak, bu iki yöntem arasındaki ilişkiyi sadece doğrusal yaklaşımla modellemek de anlamlı değildir. Sonuç olarak, karot ve test çekici okumaları arasındaki ilişkiyi en iyi temsil eden doğrusal veya eğrisel korelasyonun beton davranışının da göz önüne alınarak belirlenmesi doğru olacaktır.
- Avrupa ile bütünleşme sürecinde olan ülkemizde standartlarımızı, Avrupa ile entegre ederken burada tartışılan ve daha başka öngörülememiş hususların da dikkate alınarak güncellenmesinin gerekli ve önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca entegrasyon sağlanırken standartların bire bir tercüme edilerek kabulü de kanımızca doğru değildir.

KAYNAKLAR

- Akman M.S. (1990): "Yapı Malzemeleri", İTÜ İnşaat Fakültesi Yayını, Sayı.1408, İstanbul, 162 s.
- Arıoğlu E., Arıoğlu N. (1998): "Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi", Evrim Yayınevi, İstanbul, 132 s.
- ASTM C42/C 42M (2002): "Standard Test Method of Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete", Annual Book of ASTM Standards, PA, USA.
- Baradan B. (1996): "Yapı Malzemesi II", D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, No: 207, 150 s.
- Bayazit Ö.L. (1975): "Beton Deneyleri", DSİ Yayınları No: 820/10, Özel No: 80, DSİ Matbaası, Ankara, 230 s.
- BS 1881-120 (1983): "Determination of Compressive Strengths of Concrete Cores", British Standards 1881 No: 120, British Standards Institution, UK.

- BS-EN-12390 (2002): "Testing Hardened Concrete Series", British Standards Institution, UK.
- Chapra E., Canale E. (1998): "Numerical Methods for Engineers", Mc Graw Hill Co., New York.
- Celep Z. (1999): "Yapılarda Deprem Sonrası Hasarların Belirlenmesi", Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri", İSKİ yayınları, İstanbul, 63-108 s.
- CS Report (1988): "Concrete Strength, Permeability Testing of Site Concrete", A Review of Methods and Experience, Technical Report No: 31, The Concrete Society, London.
- Erdoğan T.Y. (2003): "Beton", METU Yayınları, 741 s, Ankara.
- Eren İ. (1999): "Deprem Hasarlarının Sebepleri ve Öneriler", İSKİ Yayınları, İstanbul.
- Ersoy U. (1987): "Betonarme I", Evrim Yayınevi, İstanbul, 643 s.
- Hisham Y.Q. (2000): "Concrete Strength by Combined Nondestructive Methods Simply and Reliable Prediction", Cement and Concrete Research, Vol. 30, 739-746 pp.
- Malhotra V.M. (1976): "Testing Hardened Concrete: Nondestructive Methods", ACI, Detroit, Michigan, 188 p.
- Mieininger R.C. (1968): "Effect of Core Diameter on Measured Concrete Strength", J. of Materials, Vol.3, No: 2, 320-336 pp.
- Henzel J., Freitag W. (1969): "The Determination of the Compressive Strength of Concrete in A Structure with the Aid of Test Cores of Small Diameter", Concrete, Vol.19, 151-155 pp.
- Neville A.M. (1981): "Properties of Concrete", Longman Scientific and Technical, England.
- Amasaki S. (1991): "Estimation of Strength of Concrete Structures by the Rebounded Hammer", CAJ Proc. Cement Concrete, Vol. 45, 345-351 pp.
- Poljarvi H., Syrjala A. (1969): "Evaluation of Concrete Strength in Thin Walled Structures by Means of Cores", The State Institute for Building Research, Helsinki, 31 pp.
- Teodoru G. (1988): "The Use of Simultaneous Nondestructive Tests to Predict the Compressive Strength of Concrete", H.S. Lew. (Ed.), Nondestructive Testing, ACI SP-112, ACI, Deteroit, 137-148 pp.
- TS 10465 (1992): "Beton Deney Metotları", Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini, Kasım 1992, TSE.
- TS 500 (2000): "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Şubat 2000, TSE.
- TS 3260 (1978): "Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı", Eylül 1978, TSE.
- TS EN 12504-1-1 (2002) "Yapıda Beton Deneyleri, Bölüm 1: Karot Numuneler-karot Alma, Mmuayene ve Basınç Dayanımının Tayini", Nisan 2002, TSE..
- Ünver Ö., Gamgam H. (1999): "Uygulamalı İstatistik Yöntemler", Siyasal Kitabevi, Ankara, 412 s.