

# BETON BASINÇ DAYANIMINI ETKİLEYEN DIŞ ETKENLER

- Numune alımı ve saklama koşulları
- Basınç dayanımı testi yükleme hızı
- Numune kalıplarının kalibrasyonu
- Numune şekli
- Kür koşulları ve numune rutubeti
- Numune boyutları



## Beton Basınç Dayanımını Etkileyen Dış Etkenler

### 1. Numune alımı ve saklama koşulları

Taze beton numunesi şantiye ya da laboratuvar koşullarında TS EN 12390-2 Standardı'na uygun olarak alınmalı ve saklanmalıdır. Numune alımında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Transmikserden bir miktar beton boşaldıktan sonra numune alınmalıdır. Tahliye edilen betonun başından ve sonundan numune alınmamalıdır. Numune yere değil temiz bir el arabasına ya da bir tepsiye dökülmelidir. Test için gerekli olan miktardan daha fazla ( 1,5 kat) taze beton numunesi temin edilmelidir. Eğer şantiyede redoz uygulaması yapılıyorsa katkının en az 5 dakika transmikserde yüksek devirde karışması beklenmeli ve sonrasında numune alınmalıdır. Yağışlı havada numune alınıyorsa numunenin etkilenmesi sağlanmalıdır.
- Alınan taze beton numunesi kürek vasıtasıyla iyice karıştırıldıktan sonra kalıplara en az iki tabaka halinde koyulmalıdır. Her tabaka en az 25 kez şiş vasıtası ile sıkıştırılmalı ve kalıp dış yüzeyine hafifçe tokmak ile vurulmalıdır. Tabaka kalınlığı en fazla 10 cm olmalıdır. Eğer sarsma (titreşim) tablası kullanılacaksa aşırı titreştirmeden sakınılmalıdır.

- Tüm numuneler eşit sürede sıkıştırılmalı ve kalıpların tabla üzerinde sabit kalmaları sağlanmalıdır. Aşırı titreştirme sonucu betonun hava içeriği düşebilmektedir.
- Numune kalıpları önceden temizlenmeli ve iç yüzeyi çimento ile etkileşime geçmeyen bir malzeme ile yağlanmalıdır.
- Kalıplar beton ile doldurulduktan sonra beton yüzeyi kalıp yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde düzeltilmelidir. Etiketleme esnasında beton yüzeyinin bozulmamasına dikkat edilmelidir.
- Numuneler şantiye ya da laboratuvar ortamında  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 16-72 saat arası muhafaza edilmelidir. Numune kalıplarının düz bir sath üzerinde olması gerekmektedir. Özellikle numuneler şantiye ortamında hava koşullarından ve dış etkilere etkilenmeyecek şekilde saklanması sağlanmalıdır. Şantiye ortamında uygun koşullarda saklanan numunelere nakliye esnasında da dikkat edilmelidir.

### 2. Numune kalıplarının kalibrasyonu

Numune kalıpları TS EN 12390-1 Standardı'na uygun olmalıdır. Günümüzde piyasada farklı kalitelerde numune kalıpları bulunmaktadır. Özellikle poliüretan malzeme ile yapılmış olan kalıplar tercih edilmelidir. Bu kalıplar yalıtım özellikleri nedeniyle ortam sıcaklığını betona daha az iletmektedir. Numune kalıplarının periyodik olarak kalibrasyonu yapılmalı ve eskiyen kalıplar bertaraf edilmelidir.

### 3. Kür koşulları ve numunenin dayanım testi esnasında rutubet durumu

Betonun basınç dayanımını tespit etmek ve uygunluğunu kontrol etmek için TS EN 12390-1 Standardı'na göre alınan numuneler 28 güne kadar su ile dolu kür havuzunda muhafaza edilir. 28 gün kür havuzunda bekleyen numuneler TS 12390-3 Standardı'na göre yüzeyleri kurularak suya doymuş şekilde basınç dayanım testine tabi tutulur.

#### Kür esnasında dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Kür havuzu suyu sıcaklığının  $20 \pm 2$  °C'de olması sağlanmalıdır.
- Su sıcaklığının havuzun farklı yerlerinde sapma göstermemesi için su devir daim edilmelidir.
- Havuz suyu kirece doymuş su ile yenilenmelidir.

Yapılan birçok araştırmada 28 günden daha az süre su kürüne tabi tutulan beton numunelerin dayanımının 28 gün kür havuzunda bekleyen numunelere oranla düşük olduğu tespit edilmiştir[1,2,3]. Ancak bu çalışmalarda kür havuzu dışında hava ortamında bekleyen numunelerin kuru ya da suya doymuş olarak dayanım testine tabi tutulup tutulmadığı ile ilgili yeterli bilgi mevcut değildir. Ayrıca hava ortamının sıcaklık ve bağıl nem değeri beton basınç dayanımı gelişimini etkiler. Oysa aynı karışıma ait hava kuru (hava ortamında bekletilmiş) ve suya doymuş beton numunelerinin basınç dayanımı farklı olmaktadır [4,5,6]. Hava kuru numunelerin basınç dayanımı %25'e kadar daha yüksek olabilmektedir[6].

Bu durumun sebepleri tam olarak anlaşılmış olmasa da kuruma esnasında C-S-H jellerinin yapısındaki değişiklik, nemin makro yapıda sürtünmeyi azaltan "kayganlaştırıcı" etkisi ve boşluklarda yüke maruz kalan suyun oluşturduğu hidrostatik basınç başlıca nedenler olarak sıralanabilir[4,5,7]. Bu konuda yapılan bir çalışmada yedi gün havuzda bekletilen ve daha sonra hava ortamında korunan beton numunelerin 28 gün havuzda bekleyen numunelerden % 6,5 daha fazla basınç dayanım değeri verdiği tespit edilmiştir[8].

Bilindiği gibi hem EN hem de ASTM standartlarında beton numunesinin suya doymuş olarak dayanım testine tabi tutulması şart koşulmuştur. Bunun nedeni ise numuneleri suya doymuş hale getirmenin kolay olması ve hava ortamında bekletilen numunelerin hava kuru olma derecesinin net olarak tespit edilememesidir[4]. Ayrıca ASTM C 42 Standardı, doymuş beton numunelerinin yerinde beton dayanımını daha iyi temsil ettiğini belirtmektedir[5].

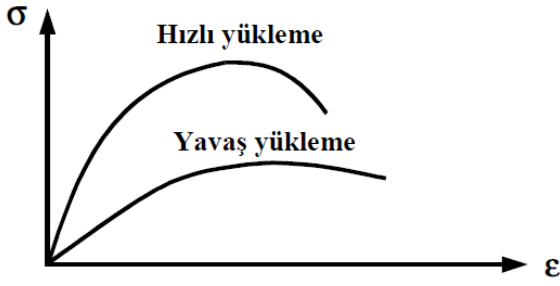
Tablo 1'de Akçansa Çimento laboratuvarında numunelerin rutubet durumunun basınç dayanımına etkisi hakkında yapılan bir çalışmanın sonuçları görülmektedir. Hava kuru numunelerin basınç dayanımı her yaşta yaklaşık %10 daha yüksek gelmiştir.

**Tablo 1**—Numune rutubetinin basınç dayanımına etkisi

Yaş	Basınç Dayanımı (MPa)		
	Suya Doymuş	Hava Kuru	Fark (%)
28 gün	41,5	45,8	10,4
45 gün	46,2	51,2	10,8
60 gün	48,1	52,7	9,5

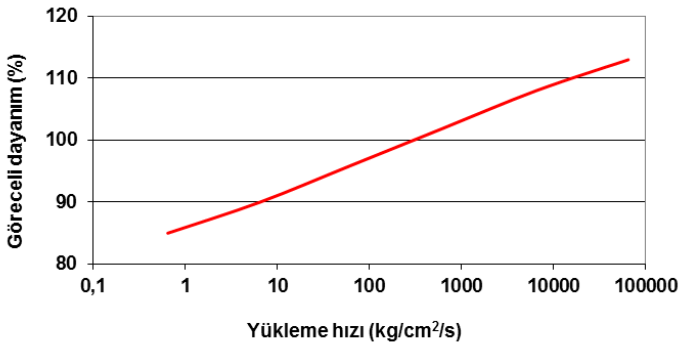
#### 4. Basınç dayanımı testi yükleme hızı

Betonun basınç dayanımı yükleme hızından etkilenmektedir. Yükleme hızı azaldıkça yani beton numunesi daha uzun süre yüke maruz kaldıkça beton numunelerin basınç dayanımı azalmaktadır. . Bu durum uzun süren yükleme sonucu oluşan sünmeden kaynaklanmaktadır. Sünme etkisinden dolayı şekil değiştirmede (deformasyonda) zaman bağlı artış meydana gelmektedir. Diğer bir ifade ile düşük kırım hızı çatlak ilerlemesine daha fazla müsaade etmektedir. Şekil 1’de farklı yükleme hızlarının gerilme-şekil değiştirme ilişkisi görülmektedir[9].



Şekil 1—Yükleme hızı ve gerilme-şekil değiştirme ilişkisi

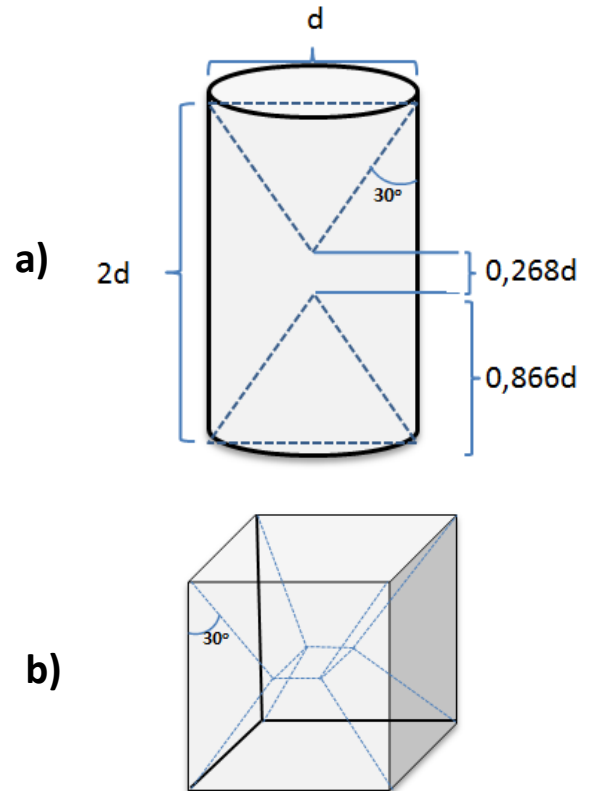
Şekil 2’de görüldüğü gibi düşük hızdaki yüklemelerde basınç dayanımı daha düşük gelmektedir. TS EN 12390-3 Standardı’na göre beton basınç dayanım testinde yükleme hızı **0.6±0.2 MPa/s** olmalıdır.



Şekil 2—Yükleme hızı-basınç dayanımı ilişkisi[10]

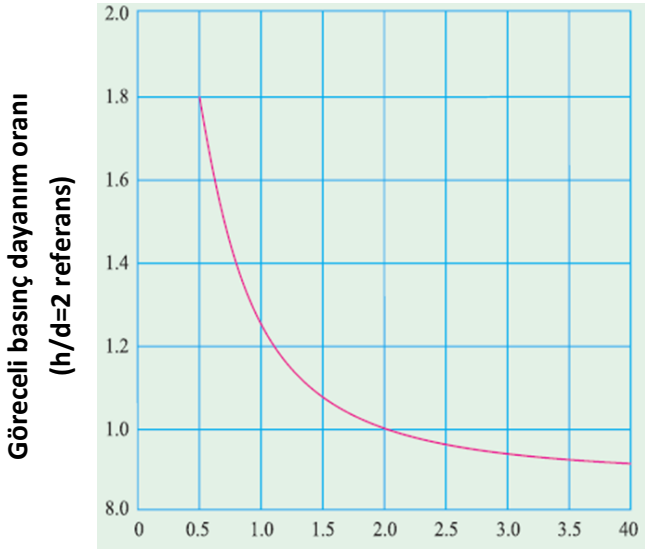
#### 5. Numune şekli ve boyutları

Numune şekli ve boyutları basınç dayanımı doğrudan etkiler. Genel olarak küp numunelerin basınç dayanımı silindir numunelerden yüksek olmaktadır. Buradaki en önemli etken numunelerin geometrik şekiller sonucu oluşan gerilme etki alanlarının farklı olmasıdır. Numune yüzeyi ve basınç makinası başlığı arasındaki sürtünmeden dolayı numunede yatay gerilme oluşur. Bu yatay gerilme basınç dayanımını arttırıcı çok eksenli gerilme etkisi meydana getirir. Konik veya piramit şeklindeki bir alanda bu etki meydana gelir. Şekil 3’te görüleceği gibi küp numune tamamen bu etki altındadır, ancak silindir numunede bu etkinin meydana gelmediği bir bölge mevcuttur. Boy/çap (h/d) oranı 1.7’den küçük değerlerde bu etkisiz alan oluşmaz[11].



Şekil 3—Çok eksenli gerilmenin a) silindir ve b) küp numunede etki alanları[11]

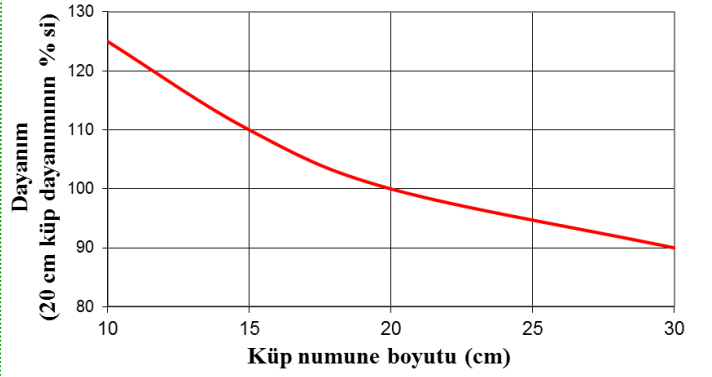
Şekil 4 incelendiğinde h/d narinlik oranı arttıkça basınç dayanımının göreceli olarak azaldığı görülmektedir. Özellikle h/d oranı 1.5 ve altı olduğunda basınç dayanımı çok daha fazla etkilenmektedir. Bu durum daha önce bahsedilen çok eksenli gerilme alanının ne kadar etkili olduğunu kanıtlamaktadır[11].



Silindir numune boy/çap (h/d) oranı

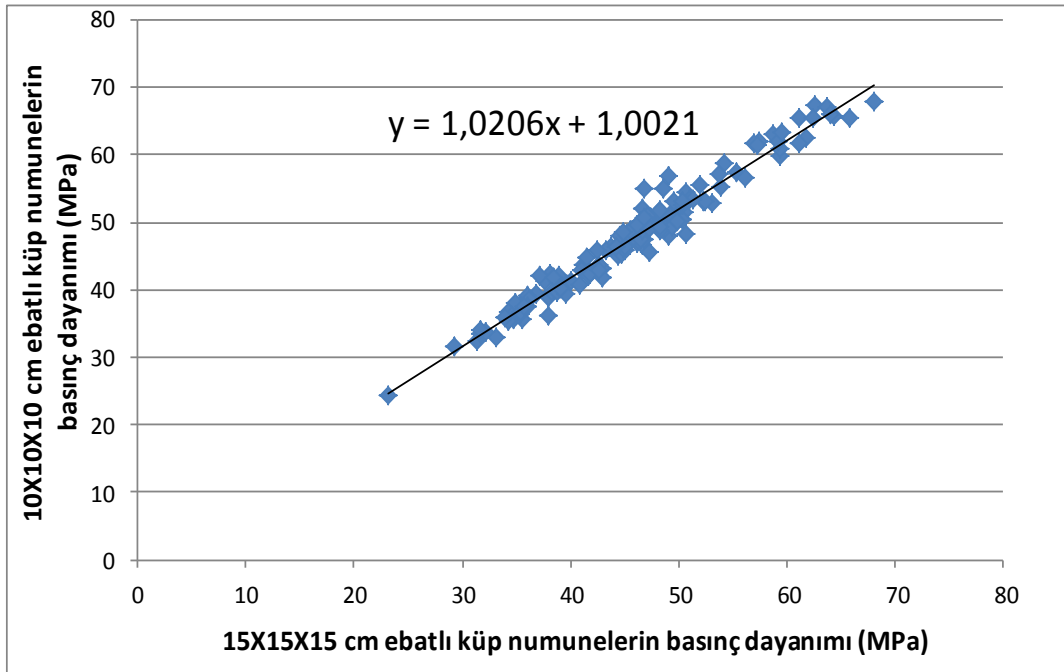
Şekil 4—Silindir numune narinliği-basınç dayanımı ilişkisi

Küp numunelerin boyutu küçüldükçe basınç dayanımı artmaktadır. Bu durumu en iyi izah edecek durum hacim arttıkça betondaki kusur ve zayıflıkların daha çok ve daha belirgin olmasıdır. Şekil 5'te numune boyutu ve basınç dayanımı ilişkisi görülmektedir.



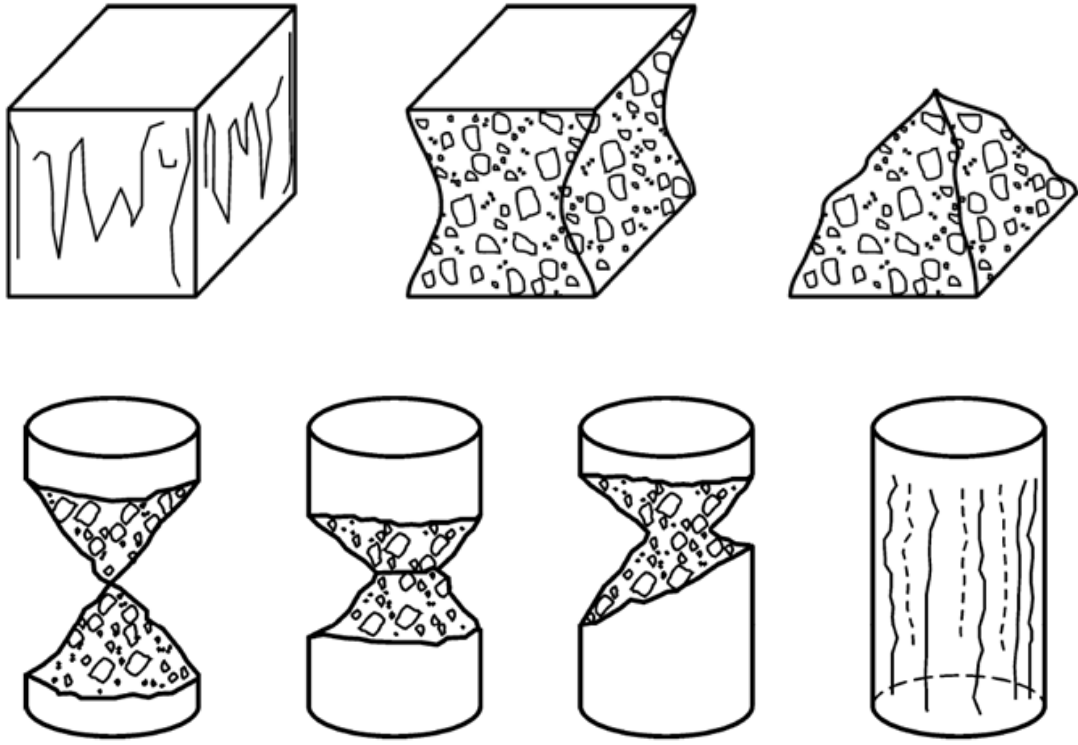
Şekil 5—Küp numune boyutu—basınç dayanımı ilişkisi[10]

Şekil 6'da Akçansa Çimento laboratuvarında yapılan ilgili bir çalışmanın sonuçları görülmektedir. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde numunelerin ebatları nedeniyle oluşan basınç dayanımı farkının Şekil 5'te görülen düzeyde olmadığı ve farkın oldukça düşük olduğu görülmektedir. Genel olarak 10x10x10 cm'lik küplerin dayanımı %5 daha yüksek gelmiştir.

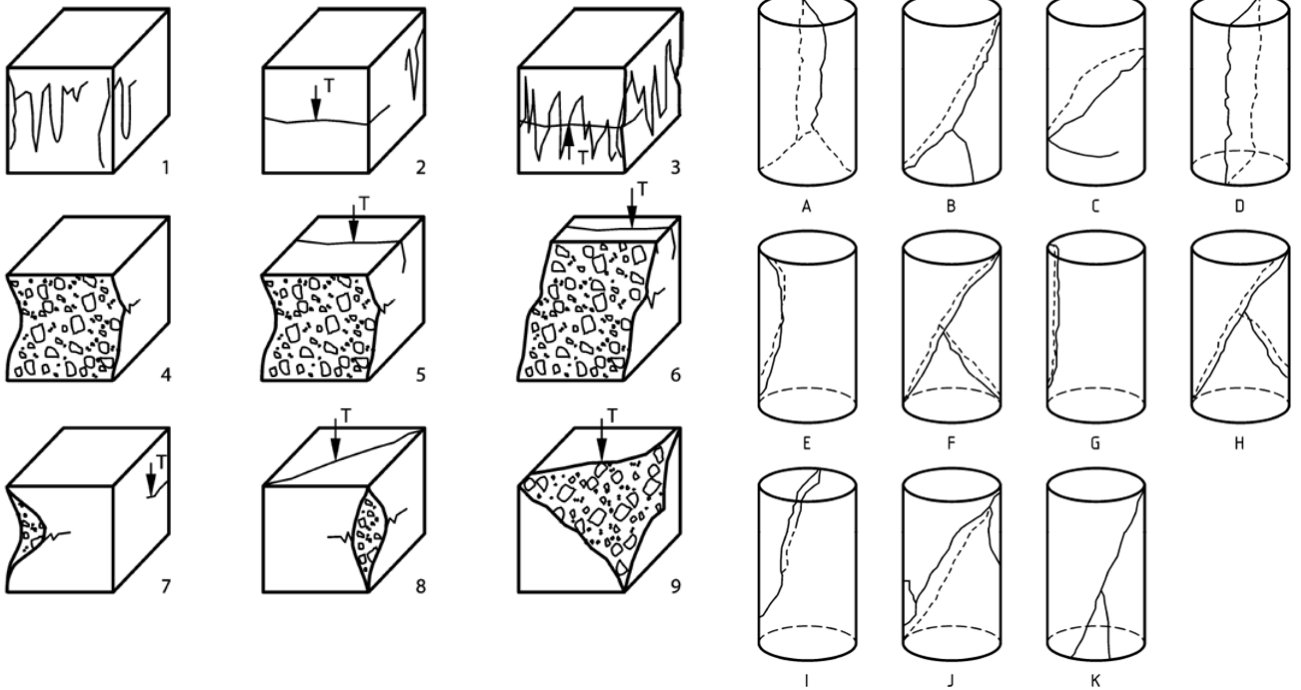


Şekil 6—15x15x15 cm'lik ve 10x10x10 cm'lik küp numuneleri dayanım ilişkisi

TS EN 12390-3'e göre uygun kırılma şekilleri



TS EN 12390-3'e göre uygun olmayan kırılma şekilleri



**Kaynaklar**

1. Alyamaç, K.E., İnce, R., “Kür Süresinin Betonun Kırılma Parametreleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, *Uluslar Arası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı*, s.600-609, 2007
  2. Safan, M., Kohoutkva, A., “Influence of Different Drying Conditions on High Strength Concrete Compressive Strength”, *Acta Polytechnica*, No.3, 2001
  3. Kosmatka, S.H., Kerkhoff, P., William, C., *Design and Control of Concrete Mixtures*, Portland Cement Association Publication, 2003
  4. Neville, A.M., *Properties of Concrete*, Prentice Hall, 2004
  5. Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D., *Concrete*, Prentice Hall, 2003
  6. Mehta, P.K., Monteiro, P., *Concrete*, McGraw-Hill, 2006
  7. Yazıcı, H., Yardımcı, M.Y., Şeker, F., “Yüklem Hızının ve Örnek Nem Durumunun Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi”, *THBB Hazır Beton Dergisi*, Sayı.Ocak-Şubat, 2008
  8. Rao M.C., Bhattacharrya S.K., Barai, S.V., “Influence of Field Recycled Coarse Aggregate on Properties of Concrete”, *Rilem Materials and Structure*, 2011
  9. Felekoğlu, B., Türkel, S., “Yüklem Hızının Beton Basınç Dayanımına ve Elastisite Modülüne Etkisi”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt:6, Sayı:1, s.65-75, 2004
  10. Özkul, H., Taşdemir, M.A., Tokyay, M., Uyan, M., *Her Yönüyle Beton*, THBB Yayını, 2006
  11. Elwell, J.D., Fu, G., “Compression Testing of Concrete: Cylinders vs. Cubes”, *Transportation Research and Development Bureau of Newyork*, 1995
-