



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0218

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2011
Accepted: October 2011
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Mehmet Tuğal

Erdinç Arıcı

Firat University
mtugal@firat.edu.tr
earicil@firat.edu.tr
Elazig-Turkey

BETONUN YARMA DAYANIMINDA GEOMETRİK ŞEKLİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada; betonun basınç altında çekme dayanımının şekil ve boyut değişimlerinden nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Brezilya yarma deneyi olarak adlandırılan Silindir yarma deneyinin silindir ve küp numuneler üzerinde yarmada çekme deneyi yapılmıştır. Yarmada çekme dayanımına ek olarak, ayrıca numunelerin basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı ve statik elastisite modülünün belirlenmesi içinde numuneler dökülmüştür. Su/çimento oranı 0,53 olan betondan iki farklı geometrik şekilde ve üç farklı boyutta küp ve silindir numunelerin 28 günlük yarmada çekme dayanımları belirlenmiş ve boyutlar arasındaki ilişki belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, Yarmada Çekme Dayanımı,
Basınç Dayanımı, Eğilmede Çekme Dayanımı,
Elastisite Modülü

INVESTIGATE OF SIZE EFFECT IN GEOMETRIC CHANGES OF SPLITTING TENSILE STRENGTH OF CONCRETE

ABSTRACT

In this study, it is examined how concrete is effected under pressure tensile strength of concrete as shape and size effect. Brazilian Split is known as Cylinder Split Experiment is used on cylinder and cubic samples upon Tensile Splitting Strength. In addition to tensile splitting strength, seperately, specimens has prepared to determine to compressive strength , flexural strength and Static Modulus of Elasticity. During 28 days tensile splitting strength of three different size and two different shapes of cubic and cylinder samples which are made on the rate of 0,53 water and cement concrete is examined and splitting between shapes are researched.

Keywords: Concrete, Tensile Splitting Strength,
Compressive Strength, Flexural Strength,
Static Modulus of Elasticity

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Betonarme yapı elemanlarının bünyelerinde, maruz kaldıkları yükler sonucunda değişik gerilmeler oluşur. Beton bu gerilmelerden en fazla basınç gerilmesini karşılar. Bilindiği gibi betonun çekme dayanımı basınç dayanımına oranla çok düşüktür.

Betonun çekme dayanımı değişik metotlarla belirlenmektedir. Bu metotlar genellikle direkt çekme ve endrekt çekme metotları olarak adlandırılır. Betonun heterojen bir yapıya sahip olması, ayrıca direkt çekmede numunenin bağlandığı çekme aparatlarının çevresinde gerilme yığılması oluşması betonda direkt çekme deneyinden güvenilir sonuçlar alınmasını engellemektedir [1]. Çekme dayanımı endrekt olarak genelde kirişte eğilme çekmesi ve Silindir yarma (Brezilya yarma deneyi) deneylerinden faydalanarak tayin edilebilir. Silindir yarma deneyinde numuneye uygulanan basınç sonucunda betonun yarılarak parçalanmasından faydalanılarak çekme dayanımı belirlenir. Betonun çekme dayanımının endrekt bir metot olan yarma deneyi ile belirlenmesi, Brezilyalı Fernando Carneiro tarafından ortaya atılmıştır. Bu deney her ne kadar Brezilyada bulunması sebebi ile Brezilya Yarma deneyi olarak adlandırılrsa da asıl olarak Japonlar tarafından geliştirilmiştir. Ayrıca yarma deneyleri Alman DIN 1048 [2] ve TS EN 12390-6'ya [3] göre de yapılmaktadır. Deneyde; test cihazının basınç levhaları arasına yatay vaziyette yerleştirilen beton silindir veya küp numuneye basınç uygulanır ve düşey çap doğrultusunda yarılmayla parçalanma oluncaya kadar yük artırılır. Yatay vaziyetteki numuneye basınç uygulandığında numune üzerinde iki gerilme oluşur. Bunlar; düşey yönde oluşan basınç gerilmesi ve bu eksene dik doğrultuda oluşacak olan yataydaki çekme gerilmesidir.

Yarma deneyi yapılan diğer deneylere göre daha basittir, ayrıca elde edilen sonuçlar diğerlerine göre daha çok uniformdur. Yarma deneyindeki dayanım değişimi, betonun gerçek çekme dayanımına kırılma modundan daha yakındır, yarıma dayanımı direk çekme dayanımından %5-12 arasında daha fazladır. Yarma deneyinde kullanılan numunenin hem çekme ve hem de basınç deneylerinde kullanılabilmesi de bir avantajdır [1]. Genel olarak yapılan deneyler sonucunda görülmüştür ki betonun diğer temel mukavemet hallerinde olduğu gibi çekme mukavemeti de boyuta bağlı olarak değişmektedir [4].

Boyutun dayanıma etkisi üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Bazant [5], beton yapılarda kullanılabilecek Boyut Etkisi Kanununu (BEK) geliştirmiştir. BEK Bazant - Pheppier [6] tarafından basit mukavemet halleri olan aksenal basınç, eğilme, kesme, burulma ve çekme deneylerinde uygulanmıştır. Fakat yapılan deneylerin tamamında boyutu numune boyutu ile orantı olarak değişen çentikli numuneler kullanılmıştır. Bazant BEK'nu geliştirirken çalışmalarını yine çentikli numuneler üzerinde yapmıştır. Kim v.d. [7] Brezilya yarma deneyinden elde ettikleri sonuçlardan yararlanarak BEK'da değişiklik yaparak Değiştirilmiş Boyut Etkisi Kanunu'nu (DBEK) elde etmişlerdir. Carpinteri [8] Fraktal geometriyi kullanarak boyut etkisine geometrik olarak yaklaşmış ve Fraktal Boyut Etkisi Kanunu'nu (FBEK) geliştirmiştir. FBK temelde numunenin homojenlik derecesini esas almaktadır. Yapılan çalışmalardan elde edilen deneysel veriler sonucunda Fraktal geometriden faydalanarak uygulanan boyut etkisi kanunu daha doğru ve verimli sonuçlar verdiği görülmüştür [9].

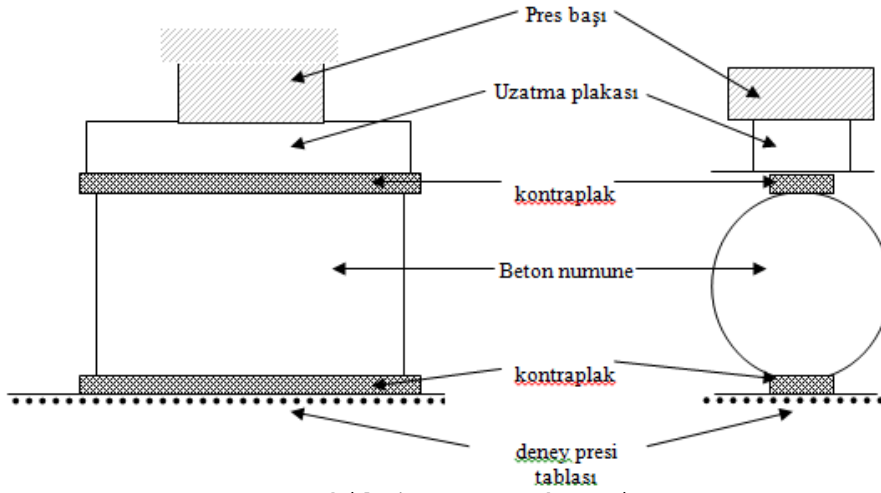
2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, betonun yarmada çekme dayanımında boyutun ve numune şeklinin etkisinin belirlenebilmesi için deneyler yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda; basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı ve

elastisite modülleri aynı olan küp ve silindirlere altı seri numune hazırlanarak sonuca gidilmiştir.

3. YARMADA ÇEKME DAYANIM (TENSILE SPLITTING STRENGTH)

Betonun çekme dayanımının indirek bir metot olan yarma deneyi ile belirlenmesi, Brezilyalı Fernando Carneiro tarafından ortaya atılmıştır. Bu deney her ne kadar Brezilyada bulunması sebebi ile Brezilya Yarma Deneyi olarak adlandırılrsa da asıl olarak Japonlar tarafından geliştirilmiştir. Deneyde; Şekil 1'deki gibi test cihazının basınç levhaları arasına yatay vaziyette yerleştirilen beton silindire basınç uygulanır ve düşey çap doğrultusunda yarılmaya parçalanma oluncaya kadar yük artırılır.



Şekil 1. Yarma deneyi
(Figure 1. Split experiment)

Numune yüzeyinden alınan herhangi bir kesitte düşey basınç gerilmesi;

$$f_c = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times D} \left[\frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \right] \dots \dots \dots (1)$$

ve yatay doğrultusundaki çekme gerilmesi ise;

$$\sigma_{\max.F} = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times D} \dots \dots \dots (2)$$

bulduğunda $\sigma_{\max.F}$ numune içindeki maksimum çekme gerilmelerini verir; Burada;

F : Numuneye gelen basınç yükü

L : Numune boyu

D : Numune çapı

r, (d-r) : Numune yüzeyinde alınan kesitin yükleme levhalarına olan mesafedir. Aynı formül küp numuneler üzerinde aşağıdaki formülle ile uygulanır;

$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{\pi \times a^2} \dots \dots \dots (3)$$

Küp numuneler üzerinde yarmada çekme deneyi, numunenin köşelerinden diagonal olarak yükleyerek de gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem daha çok Ruslar tarafından benimsenmiştir. Bu durumda çekme dayanımı aşağıdaki formülle belirlenir [10].

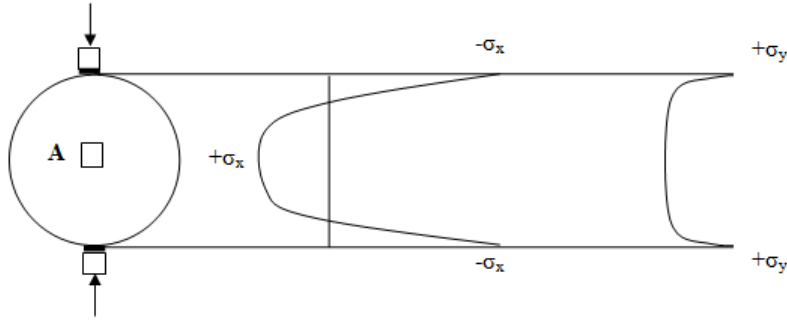
$$f_{ct} = 0.54 \times \frac{F}{a^2} \dots \dots \dots (4)$$

Neville'e göre diyagonal yükleme, düzgün olmayan gerilme dağılımları yaratacağından güvenilir değildir [11].

Yarma deneyinde her ne kadar direk yüklemeye nazaran daha fazla basınç gerilmesi çıksa da pratikte en fazla uygulanan metot budur. "Deneyde silindir ve baskı levhaları arasına kontra plak gibi bir dolgu malzemesi şerit şeklinde yerleştirilir (dolgu şeridinin dayanımı yaklaşık olarak %8 civarı daha düşüktür). Yerleştirilen bu malzeme genelde 3 mm. kalınlığında ve genişliği ise silindir çapının yaklaşık 1/12'si kadardır. Yükleme şeritleri civarında ise dengeleyici basınç gerilmeleri oluşur [12].

Bu deney de silindir ve küp numuneler üzerinde simetrik olarak yükleme yapılır. Kontrolsüz çatlaklar oluşmasın diye şeritler yerleştirilmiştir. Bu dar şeritlerle düzgün bir gerilme dağılımı elde edilir. İki şerit arasındaki çatlaklar merkeze doğru yayılarak numuneyi ikiye ayırır. En büyük gerilme merkez çatlağının olduğu yerde meydana gelir. İki tip kırılma modeli vardır birincisi kama şeklinde bir kırık merkeze doğru yayılır diğeri ise ikincil kırılma modelidir. Bazant'ta bu modelleri desteklemiştir.

Deney sırasında iki türlü kırılma ve çatlak yayılması gözlenir. Grafik kırılmayı özetler ve açıklayabilir.



Şekil 2. Gerilme dağılımları
(Figure 2. Stress distribution)

Kırılmaya neden olan asal çekme gerilmelerinin eleman çapı boyunca dağılımı Şekil 2.10'daki gibidir.

4. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada 2 farklı geometrik şekil ile 3 farklı boyuta sahip beton numunelerin 28 günlük yarmada çekme dayanımlarının değişimi tespit edilmiştir. Ayrıca basınç dayanımı,

Deneyisel çalışmalarda, yarmada çekme dayanımı deneyleri için 5X5 cm, 10X10 cm, 20X20 cm silindir ve küp numuneler için 5X5X5 cm, 10X10X10 cm, 20X20X20 cm olan numuneler kullanıldı. Ayrıca Basınç dayanımı için 15X15X15 cm küp numune ve elastisite modülü için 15x30 cm' lik silindir ile 10x10x50 cm'lik eğilme numuneleri hazırlandı.

Deneylerde kullanılan malzemelerin özellikler, karışıma giren malzeme miktarları ve deney sonuçları aşağıda tablo ve grafikler halinde verilmiştir.

Deneylerde Elazığ Çimento A.Ş. tarafından üretilen CEM II A tipi çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun özellikleri
(Table 1. Properties of cement)

Çimentonun Cinsi	CEM II A 42,5
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	3,09
Priz Süresi Başlangıcı (saat)	1,55
Priz Süresi Sonu (saat)	3,05
Blaine (cm ² /g)	3493

Bu çalışmada karışım oranı tespitinde TS 802 [14] standartlarına uygun karışım dizayn edilmiştir. Karışım oranı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Karışım için malzeme miktarları (kg/m³)
(Table 2. Amount of Material for Mixture (kg/m³))

Karışıma Giren Malzeme	Ağırlık (kg)
Su	214
Çimento	403
İnce agregası (0-4 mm) (%62)	1028
İri agregası (4-8 mm) (%38)	630
Hava	0
Toplam	2275

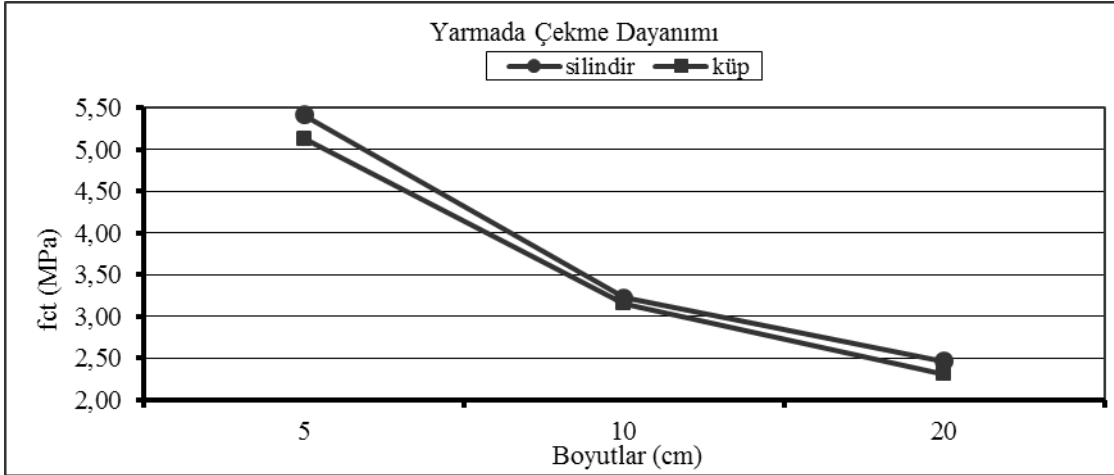
Yapılan deneylerde, numunelerin basınç dayanımı 41,65 MPa, Eğilmede çekme dayanımı 2,36 MPa ve Elastisite modülü 2415 MPa olarak bulunmuştur. Ayrıca yarmada çekme dayanım değerleri Tablo 3, Tablo 4 ve Şekil 3’ de verilmiştir.

Tablo 3. Küp numunelerin sonuçları
(Table 3. Result of cubic specimens)

Numune Boyutu (dXdXd) (cm)	Kırılma Yüğü F (kN)	Yarmada Çekme Dayanımı f _{ct} MPa (N/mm ²)
5 X 5 X 5	20,13	5,13
10 X 10 X 10	49,47	3,15
20 X 20 X 20	145,07	2,31

Tablo 4. Silindir numunelerin sonuçları
(Table 4. Result of cylinder specimens)

Numune Boyutu (RXh) (cm)	Kırılma Yüğü F (kN)	Yarmada Çekme Dayanımı f _{ct} MPa (N/mm ²)
5 X 5	21,23	5,41
10 X 10	50,63	3,22
20 X 20	154,40	2,46



Şekil 3. Küp ve silindir numunelerin sonuçları
(Figure 3. Results of cylinder and cubic specimens)

5. SONUÇLAR (CONCLUSION)

DeneySEL çalışmalar sonucunda; dökülen numunelerin elastisite modüllerine bakıldığında elde edilen basınç dayanımına göre beklenen sonuçlara ulaşılmıştır.

- Numune boyutu küçüldükçe yarıлма yükü de azalmıştır, fakat buna karşın yarıлма gerilmesi artmıştır. Bu durum 5 cm'lik numune ile 10 cm numune arasında karşılaştırıldığında kırılma yükünde ortalama %140 civarında artış gösterirken çekme dayanımı %40 civarında bir azalma kaydedilmiş olup 10 cm'lik numune ile 20 cm'lik numune arasında karşılaştırıldığında kırılma yükünde ortalama %200 civarında artış gösterirken çekme dayanımı %25 civarında bir azalma kaydedilmiştir. Buda şunu akla getirir numune boyutu büyüdükçe kırılma yükü büyüme oranı artarken çekme dayanım yükü azalma oranı düşmektedir.
- Yapılan deneyler sonucunda; Betonun çekme dayanımını endrek olarak tayin ettiğimiz eğilimde çekme ve yarmada çekme sonuçları karşılaştırıldığında yarmada çekme dayanımının eğilmeye göre daha büyük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca silindir yarma sonuçlarının da küp numunelere göre belli bir oranda fazla olduğu deneysel verilerden ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak şunu söyleye biliriz; betonun diğer temel mukavemet hallerinde olduğu gibi çekme mukavemeti de boyuta bağlı olarak değişmektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen verilere göre betonun endrek çekme dayanımın belirlenmesinde en uygun sonucu silindir yarma deneyinden elde edileceği görülmüştür.

NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Neville, A.H., (1993, Properties of Concrete. Pitmann Publishing, London.
2. DIN 1048 (1978)., Überwachung (Güteüberwachung) im Beton und Stahlbetonbau.
3. TS EN 12390-6, (Nisan 2002), Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.

4. Tang, T., Shah, S.P., and Ouyang, C., (1992), Fracture Mechanics and Size Effect of Concrete in Tension, Journal of Structural Engineering, V:118, No:11, 3169-3185.
5. Bazant, Z.P. and Kim J.K., (1984), Size Effect in Shear Failure of Longitudinally Reinforced Beams, ACI Journal, 579-583.
6. Bazant, Z.P. and Pheppier, P.A., (1987), Determination of Fracture Energy Properties From Size Effect and Brittleness Number, ACI Mater. J., 84, 463-480.
7. Kim, J.K. and Eo, S.H., (1990), Size Effect in Concrete Specimens with Dissimilar Initial Cracks, Magazine of Concrete Res., 42, 233-238.
8. Carpinteri, A., (1994), Scaling Laws and Renormalization Groups for the Strength and Toughness of Disordered Materials, Int. J. Solids Struct, 31, 291-302
9. Arıcı E., (2003), Tekil Temellerin Yatak Mukavemetinde Boyut Etkisinin İncelenmesi, Doktora Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bil. Ens., Elazığ
10. Nilsson, S., (Mart 1961), The Strength of Concrete Determined by Splitting Tests on Cubes., Bulletin RILEM No:11, sf 63-67.
11. Neville, A.M., (1973), Properties of Concrete., London Pres, London.
12. McNeely, D.J. and Lash, S.D., (Haziran 1963), Tensile Strength of Concrete, Journal of American Concrete Institute, sf.751-759.
13. Rocco, C., Guinea, G.V., Planas, J., and Elices, M., (1999), Mechanisms of Rupture in Splitting Test. ACI Materials Journal, V.96, No:1.
14. TS 802, (1985). Beton Karışım Hesap Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, Ankara.