

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONUN YARMA DAYANIMINDA GEOMETRİK
DEĞİŞİMLERDE
BOYUT ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Erkan ARSLAN

Danışman:
Yrd.Doç.Dr. Mehmet TUĞAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ-2006

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONUN YARMA DAYANIMINDA GEOMETRİK
DEĞİŞİMLERDE
BOYUT ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Erkan ARSLAN

Yüksek Lisans Tezi
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Bu tez, 28.09.2006 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet TUĞAL

Üye : Doç. Dr. Z. Çınar ULUCAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erdiñç ARICI

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŐEKKÖR

Bu çalıőmaya baőlamamda ve çalıőmalarım esnasında bana her tÖrlÖ konuda yardımcı olan danıőman hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet TUĐAL, ayrıca bÖlÖm hocalarımdan Yrd. Doç. Dr. Erdiń ARICI'ya teőekkÖrlerimi sunarım.

Erkan ARSLAN

Elazığ-2006

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	III
TABLoların LİSTESİ	IV
SİMGELER	V
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
1. GİRİŞ	1
2. BETON DAYANIMI	3
2.1. Basınç Dayanımı	3
2.2. Çekme Dayanımı	6
2.2.1. Yarmada Çekme Dayanımı Tayini	6
2.2.2. Yarma Deneylerinde Veri Analizlerinin Kullanılması	10
2.2.3. Kırılma Mekanizması	11
2.2.3.1. Birincil Kırılma Mekanizması	12
2.2.3.2. İkincil Kırılma Mekanizması	12
2.3. Eğilmede Çekme Dayanım Tayini	13
2.4. Betonda Statik Elastisite Modülü	15
2.4.1. Betonun Elastisite Modülü Tayini	16
3. LİTERARÜRLERDEKİ MEVCUT ÇALIŞMALAR	17
3.1. Brezilya Yarma Deneyinde Farklı Malzemeler İçin Boyut Etkisi	17
3.2. Brezilya Deneyinde Boyut Etkisi	17
3.3. Betonda Malzeme Özelliklerinin Kırılma Parametreleriyle İncelenmesi	18
3.4. Beton Numunesi Şekil ve Boyutunun Basınç Ve Çekme Dayanımına Etkisi	18

4. DENEYSEL ÇALIŞMA	19
4.1. Malzeme	20
4.1.1. Çimento	20
4.1.2. Agregat	20
4.2. Beton Karışım Hesabı	21
5. DENEY SONUÇLARI	22
5.1. Basınç Dayanım Deneyi	22
5.2. Eğilmede Çekme Deneyi	23
5.3. Yarmada Çekme Dayanım Deneyi	24
5.4. Elastisite Modülü Basınç Deneyi	29
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	32
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ	37

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Küp numunelerin tatmin edici kırılma şekli	3
Şekil 2.2. Küp numunelerin tatmin edici olmayan bazı kırılma şekilleri	4
Şekil 2.3. Silindir numunelerin tatmin edici kırılma şekilleri	4
Şekil 2.4. Silindir numunelerin tatmin edici olmayan bazı kırılma şekilleri	5
Şekil 2.5. Yarma deneyi düzeneği	7
Şekil 2.6. Yarma deneyinde yüzeyde alınan bir kesitte oluşacak gerilmeler	7
Şekil 2.7. Silindir ve küp numune	8
Şekil 2.8. İdeal kırılma	10
Şekil 2.9. Farklı kırılma modları	11
Şekil 2.10. Asal çekme gerilmelerinin eleman boyunca dağılımı	11
Şekil 2.11. Asal çekme gerilmeleri	12
Şekil 2.12. Birincil kırılma mekanizması	12
Şekil 2.13. İkincil kırılma mekanizması	13
Şekil 2.14. İki noktadan yükleme	14
Şekil 2.15. Orta noktadan yükleme	14
Şekil 4.1. Agregat granülometri eğrisi	21
Şekil 5.1. Basınç dayanım düzeneği	22
Şekil 5.2 Basınç dayanımı uygulanmış numune resimleri	23
Şekil 5.3. Eğilmede çekme deneyi düzeneği	23
Şekil 5.4. Eğilme dayanımı deneyi sonucunda numune resmi	24
Şekil 5.5. Yarmada çekme deney düzeneği	25
Şekil 5.6. Kırılma sonrası 20X20X20 cm küp numune resimleri	25
Şekil 5.7. Kırılma sonrası 10X10X10 ve 5X5X5 cm küp numune resimleri	26
Şekil 5.8. Kırılma sonrası 10X10 ve 5X5 cm silindir numune resimleri	26
Şekil 5.9. Kırılma sonrası 20X20 cm silindir numune resimleri	26
Şekil 5.10. Küp numuneler için yarmada çekme dayanımı grafiği	27
Şekil 5.11. Silindir numuneler için yarmada çekme dayanımı grafiği	28
Şekil 5.12. Küp ve silindir numuneler için yarmada çekme dayanımı grafiği	28
Şekil 5.13. Elastisite modülü basınç deney düzeneği	29
Şekil 5.14. Elastisite modülü basınç deneyi sonrası numune resimleri	30
Şekil 5.15. Elastisite modülü grafiği (ölçme sayacı 1.tur)	30
Şekil 5.16. Elastisite modülü grafiği (ölçme sayacı 2.tur)	31
Şekil 5.17. Elastisite modülü grafiği (ölçme sayacı 3.tur)	31

TABLÖLARIN LİSTESİ

Tablo 2.1. Standart numunelerin Brezilya deneyi	9
Tablo 4.1. Çimentonun fiziksel özellikleri	20
Tablo 4.2. Çimentonun basınç dayanım sonuçları	20
Tablo 4.3. 1m ³ beton üretiminde kullanılan malzeme miktarı ve sıkışık birim hacim ağırlıkları	21
Tablo 5.1. Basınç dayanım deney sonucu	23
Tablo 5.2. Eğilme dayanım deney sonucu	24
Tablo 5.3. Küp numuneler için yarmada çekme deney sonuçları	27
Tablo 5.4. Silindir numuneler için yarmada çekme deney sonuçları	27
Tablo 5.5. Elastisite modülü tayini	31

SİMGELER

A	: Çatlak merkezi
a	: Küp kenar uzunluğu
A_c	: Numunenin, üzerinde basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı
b	: Kılavuz yatağı en boyutu
D	: Silindir çapı
$d_{1,2}$	: Numunenin en kesit boyutları
E	: Elastisite modülü
F	: En büyük yük
f_c	: Basınç dayanımı
f_{cf}	: Eğilme dayanımı
f_{ct}	: Yarmada çekme dayanımı
L	: Numune boyu
L_m	: Mesnet silindirler arasındaki mesafe
r	: Numune yüzeyinde alınan kesitin yükleme levhalarına olan mesafesi
ε	: Birim kısalma
σ	: Ölçüm saati değeri birim kısalma
$\sigma_{\max.F}$	: Maksimum çekme gerilmesi
σ_t	: Çekme gerilmesi
$\sigma_{x,y}$	: Asal çekme gerilmeleri
İPM	: İki parametrelili model
K_{Ic}^s	: Kritik gerilme yığılma faktörü
$CTOD_c$	: Kritik çatlak ucu açılım deplasmanı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETONUN YARMA DAYANIMINDA GEOMETRİK DEĞİŞİMLERDE BOYUT ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Erkan ARSLAN

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

2006, Sayfa : 36

“Betonun Yarma Dayanımında Geometrik Değişimlerde Boyut Etkisinin İncelenmesi” çalışması için, öncelikle konu ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. 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 deneyleriyle ilgili çalışmalar incelenmiş ve varılan sonuçlar incelenmiştir. Yarmada çekme deneyine ek olarak betonun basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı ve elastisite modülü deneyleri etkileri üzerinde literatür taranmıştır.

Su/çimento oranı 0,53 olan betondan iki farklı şekil ve üç farklı boyutta küp ve silindir numunelerin 28 günlük yarmada çekme dayanımları incelenmiş ve boyutlar arasındaki dayanımları irdelenmiştir.

Sonuç olarak; numune boyutu küçüldükçe yarıma yükü azalmıştır, fakat buna karşın yarıma gerilmesi artmıştır. Silindir numunelerin küp numunelere göre dayanımı daha yüksektir. Betonun çekme dayanımının tayininde yarma deneylerinin daha sağlıklı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Beton, Yarmada Çekme Dayanımı, Brezilya Yarma Deneyi, Basınç Dayanımı, Eğilmede Çekme Dayanımı, Elastisite Modülü.

ABSTRACT

Masters Thesis

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

Erkan ARSLAN

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Construction Education

2006, Page : 36

At first general information is given about Investigate of Size Effect in Geometric Changes of Splitting Tensile Strength of Concrete. 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 and the work is examined dealing with the above experiment and results are evaluated. In addition to tensile splitting strength literature is scanned over the effects on tensile pressure concrete bending strength and elastic modul experiments.

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.

As a result, as the size of sample is shrunked splitting weight is decreased but inspite of that splitting strain is increased. Endurance of cylinder samples are more than endurance of cubic samples. It is seen that tensile experiments are healthier than endurance insplitting concrete.

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

1. GİRİŞ

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 üniformdur. 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 bir çok 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

alışmalarını 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].

Bu çalışmada betonun yarmada çekme dayanımının numune şekil ve boyut değişiminden nasıl etkilendiği araştırılmıştır.

Bu deneyler için su/imento oranı 0,53 olan beton karışımından küp ve silindir olmak üzere iki tipte ve üç farklı boyutta numuneler kullanılarak betonun geometrik şekline bağlı olarak yarmada çekme dayanımlarının değişimi araştırılmıştır. Yarma deneylerinde kullanılmak üzere boyut değişim aralığı 1/4 olan silindir ve küp numuneler ile birlikte basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı ve elastisite modüllerinin belirlenmesi için standart boyutlarda olmak üzere toplam 27 adet numune hazırlanmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve bunların arasındaki ilişkiler grafik ve tablolar yardımıyla sunulmuştur.

2. BETON DAYANIMI

Beton taşıyıcı sistemlerde kullanılmaya başlanmasından bu yana, araştırmacılar için beton dayanımının belirlenmesi amaçların başında gelmektedir. Bunun sonucu olarak yük taşıma kapasitesinin güvenilir bir şekilde kullanılması açısından betonda kalitenin çok önemli bir faktör olduğu açıktır. Betonun dayanımını saptamak üzere çok çeşitli metotlar geliştirilmiş ve araştırmacılar tarafından uygulamaya konulmuştur.

2.1. Basınç Dayanımı

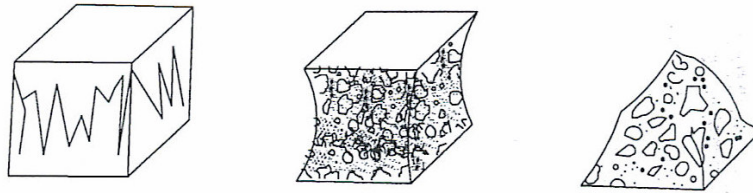
Beton, genellikle yapılarda taşıyıcı elaman üretiminde kullanılan kompozit bir yapı malzemesidir. Betonun taşıyıcılığının en belirgin ölçütü de basınç dayanımıdır.

Beton yapılar çeşitli zorlamaların etkisi altında bulunmaktadır. Bu zorlamaların türüne göre malzeme çeşitli özelliklere sahip olmalıdır. Ancak bu değişik özellikler birbirinden bağımsız olmayıp, aralarında yakın ilişkiler mevcuttur [10].

Betonun mekanik dayanımları arasında değeri en büyük olan basınç mukavemetidir. Bu durum göz önünde tutularak beton yapılar daha çok basınç gerilmelerine maruz bırakılır. Nitekim betonun çekmeye karşı dayanımının zayıf olmasından dolayı betonarme yapı sistemi ortaya çıkmıştır. Bu yapı sisteminde meydana gelen çekme gerilmeleri çelik donatılar tarafından karşılanmaktadır [10].

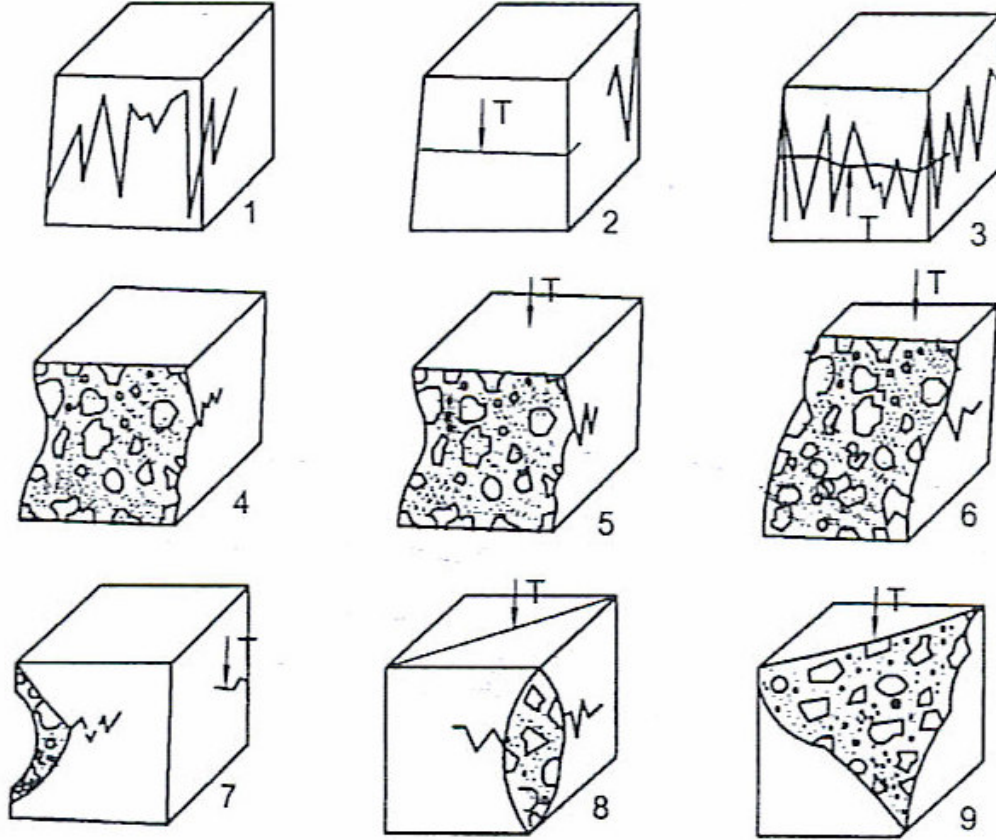
Sertleşmiş betonun özellikleri içerisinde, basınç dayanımı en kolay belirlenebilendir. Gerilme ve kesme mukavemetinin en önemli olduğu durumlarda, betonun bu özelliklerini değerlendirme amaçlı olarak ta, beton basınç dayanımı kullanılabilir. Beton basınç dayanımı, betonun genel anlamda kalitesini ölçmede kullanılan bir parametredir.

Basınç dayanım deneylerde tatmin edici doğrulukta yapıldığının göstergesi numune kırılma şekilleridir. Basınç dayanım deneylerinde uygun kırılma şekilleri küp numuneler için Şekil 2.1’de ve silindir numuneler için Şekil 2.3’deki gibidir. Tatmin etmeyen kırılma şekilleri ise Şekil 2.2 ve Şekil 2.4’de gösterildiği gibidir [11].

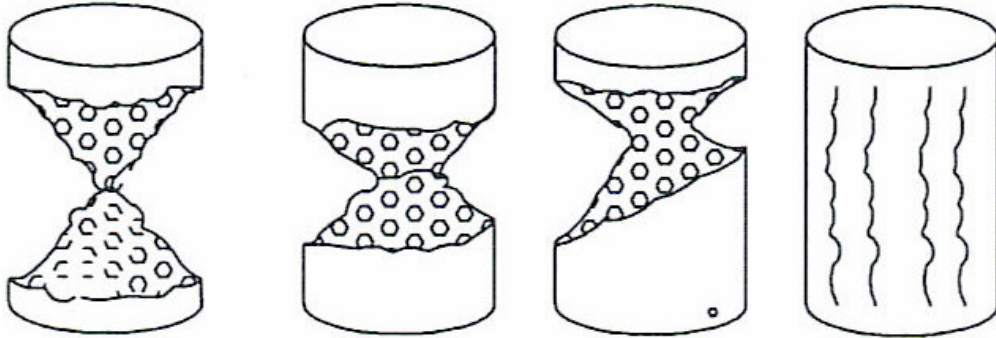


Şekil 2.1 Küp numunelerin tatmin edici kırılma şekli.

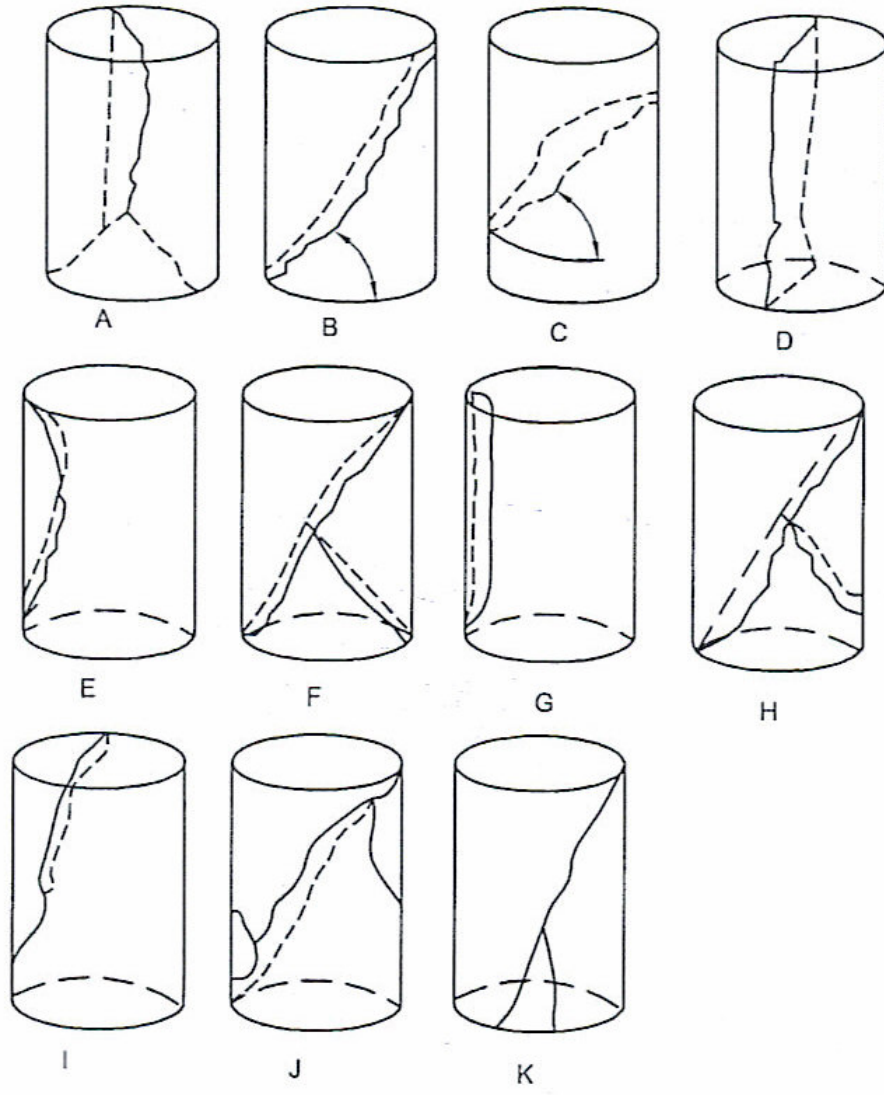
Şekil 2.1’de görüldüğü gibi numunelerin açığındaki dört yüzü de yaklaşık olarak eşit şekilde çatlamış, yükleme başlıklarına temas eden yüzeylere doğru, genellikle çok küçük hasar oluşmuştur. Ancak T =Çekme gerilmeleri nedeniyle oluşan çatlaklar Şekil 2.2’de görüldüğü gibi düzensiz ve tatmin edici olmayan çatlaklara sebep olmaktadır.



Şekil 2.2 Küp numunelerin tatmin edici olmayan bazı kırılma şekilleri.



Şekil 2.3 Silindir numunelerin tatmin edici kırılma şekilleri.



Şekil 2.4 Silindir numunelerin tatmin edici olmayan bazı kırılma şekilleri.

Basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır;

$$f_c = \frac{F}{A_c} \dots\dots\dots(2.1)$$

Burada;

f_c : Basınç dayanımı, MPa (N/mm²)

F : Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N

A_c : Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm²

2.2. Çekme Dayanımı

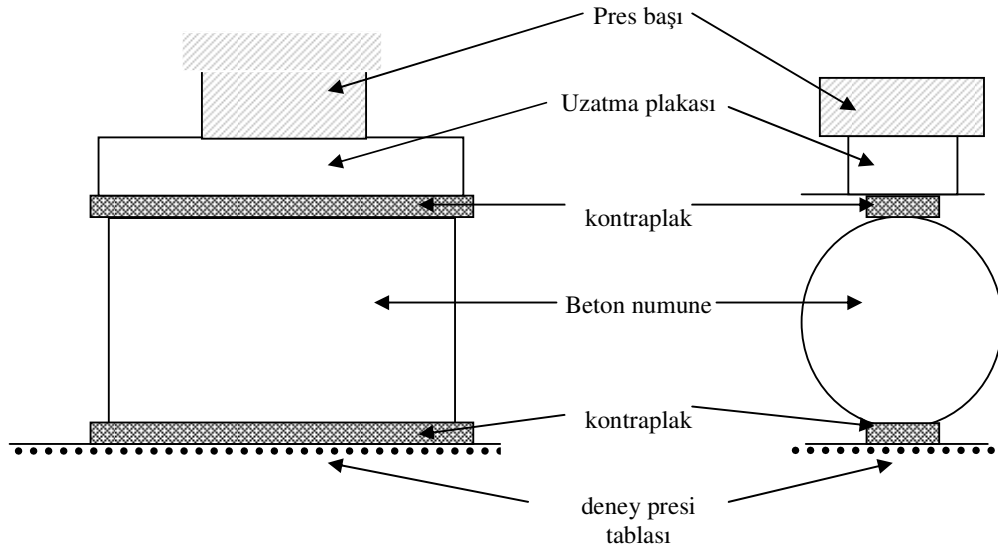
Betonun çekme dayanımı basınç dayanımından çok daha düşük olması çekme gerilmesi altında çatlakların kolay oluşması ve yayılmasından kaynaklanmaktadır. Dizaynlarda genellikle betonun çekme dayanımı ihmal edilse de betonun çekme kırılmasına yatkınlığından dolayı aslında oldukça önemli olduğu göz ardı edilmemelidir.

Çekme dayanımında kullanılan metotlar; Direkt çekme, eğilmede çekme ve yarmada çekme metotlarıdır. Çekme dayanımını tespit etmenin çok daha kolay yolu Brezilya deneyi olarak bilinen yarmada çekme deneyidir. Bu deneylerde standart silindir veya küp numunesi karşılıklı yanal yüzeylerinden metal ve kontroplaka şeritler yardımı ile yüklenir. Numune yükün etkisiyle düşey ekseninde yarılır [3]. Ayrıca prizmatik şekilli deney numunelerinin çekme dayanımını tespit ederken eğilmede çekme deneyleri uygulanmaktadır [12].

Kırılma mekaniği yarma çekme deneyleri (Brezilya deneyi) büyük bir deneyim gerektirir. Bu deneyler betonda çekme dayanımı için kullanılır. Deney esnasında yükleme başlığında kayıt yapılır. İki kırılma şekli yarma deneyleri sonuçları doğrulamaktadır. Birincisi merkezi kırık diğeri ise ikinci kırık kenardan ve şeritlerin olduğu yerden yayılır. İkinci kırık başladığı zaman gerilme dayanımı merkezi çatlağı uyarak merkez çatlağı büyümeye başlar. Yükleme doğrultusunda dik doğrultuda oluşan çekme kuvveti sonucunda, numunedeki çekme gerilmesi parçalanmaya yol açar [3]. Maksimum yük değeri numune boyutu ve malzeme çeşidine bağlıdır.

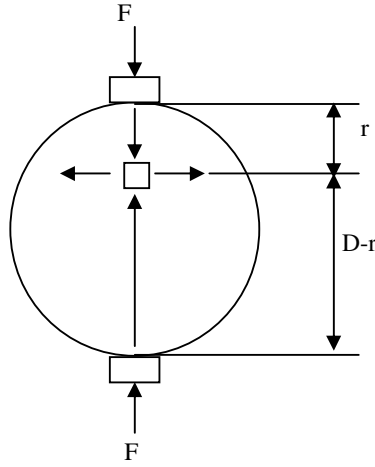
2.2.1. Yarmada Çekme Dayanım Tayini

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 2.5'deki gibi test cihazının basınç levhaları arasına yatay vaziyette yerleştirilen beton silindire basınç uygulanır ve düşey çap doğrultusunda yarılmayla parçalanma oluncaya kadar yük artırılır.



Şekil 2.5 Yarma deneyi düzeneği

Yatay vaziyetteki silindir numuneye basınç uygulandığında Şekil 2.6’da görüldüğü gibi numune üzerinde iki gerilme oluşur. Bunlar; düşey yönde oluşan basınç gerilmesi ve bu eksene dik doğrultuda oluşacak olan yataydaki çekme gerilmesidir.



Şekil 2.6 Yarma deneyinde yüzeyde alınan bir kesitte oluşacak gerilmeler.

Numune yüzeyinden alınan herhangi bir kesitte düşey basınç gerilmesi;

$$f_c = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times D} \left[\frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

ve yatay doğrultusundaki çekme gerilmesi ise;

$$\sigma_{\max.F} = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times D} \dots\dots\dots(2.3)$$

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

Burada;

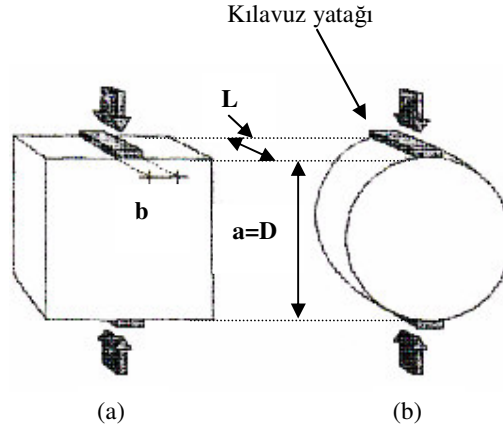
F : Numuneye gelen basınç yükü

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;



Şekil 2.7 Silindir ve küp numune.

$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{\pi \times a^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Burada; a : küp numunenin kenar uzunluğunu ifade eder.

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 [13].

$$f_{ct} = 0.54 \times \frac{F}{a^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Neville’e göre diyagonal yükleme, düzgün olmayan gerilme dağılımları yaratacağından güvenilir değildir [14].

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 arasında 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 [15].

ASTM-C 496-71 standart şartlarına göre genişlik yaklaşık 25 mm. olmalıdır. Verilen şartlar altında çap ve kesite etki eden gerilmelerden anlaşılaacağı üzere silindir numune meydana gelen en büyük basınç gerilmesi yükün tatbik edildiği bölgenin çevresinde oluşmuştur. Bu kıyaslamaların önemi, düşey basınç gerilmesinin dikkate alınması ve basınçtan dolayı oluşacak göçmenin dikkate alınmamasının gerektiğidir.

Yarma deneyi yapılan diğer deneylere göre daha basittir, ayrıca elde edilen sonuçlar diğerlerine göre daha çok üniformdurlar. Yarma deneyindeki dayanım değişimi, betonun gerçek çekme dayanımına kırılma modundan daha yakındır, yarma dayanımı direkt çekme dayanımından %5-12 arasında daha fazladır. Yarma deneyinde kullanılan numunenin hem çekme ve hem de basınç deneylerinde kullanabilmesi de bir avantajdır [1].

Tablo 2.1 Standart numunelerin Brezilya deneyi

Standart	Numune				Kılavuz Yatağı (b(mm))
	No	Tip	D (mm)	L (mm)	
ASTM C496	ASTM150/16	silindirik	150	300	25
BS 1181-117	BS _c 150/10	silindirik	150	300	15±2
BS 1181-117	BS _q 100/4	küp	100	100	4±1
BS 1181-117	BS _q 100/15	küp	100	100	15±2
BS 1181-117	BS _q 150/4	küp	150	150	6±1
BS 1181-117	BS _q 150/10	küp	150	150	15±2

O zaman F uygulama yükü, numune derinliği ve kalınlığı da sırasıyla D ve L’dir. (Şekil 2.7) standartlarda belirtilen, maksimum çekme gerilmelerinde parçalanma hesaplarken teorideki esneklik materyal özelliğinden dolayı kırılma çekme mukavemeti f_{ct} . Eğer, taşmaları yeteri miktarda göz önünde bulundurursak yük altında parçalanması yükleme yoğunluğu ve

materyal davranışı doğrusal, esnek ve kırılmandır, f_{ct} sonucunda çekme mukavemet azmi yanında bir ideal tek eksenli çekme deneyidir.

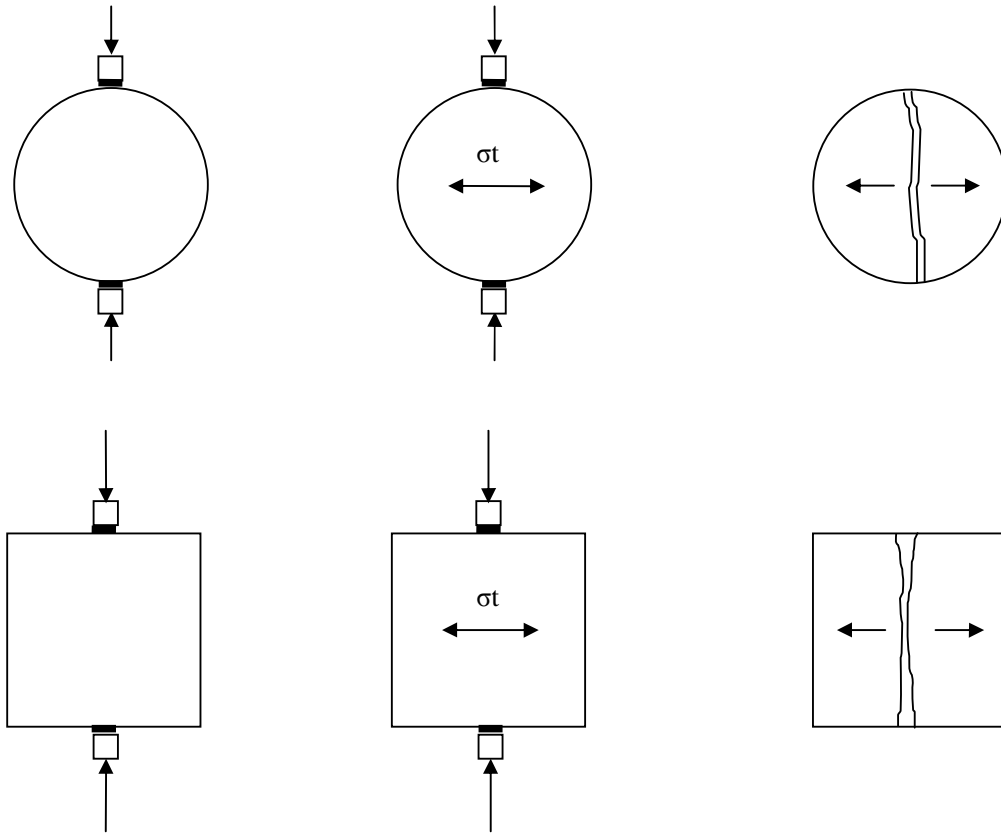
Denklem 2.3'ü, standartlara göre değerlendirirsek kırılma çekme mukavemeti f_{ct} ;

$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times D} \dots\dots\dots(2.6)$$

Bu durumu F'in deney de maksimum yük kaydı süresinceciir. O zaman varsayılanın yük altında parçalanmasının yük yoğunluğunu hesaplamak yanında kırılma çekme mukavemetidir.

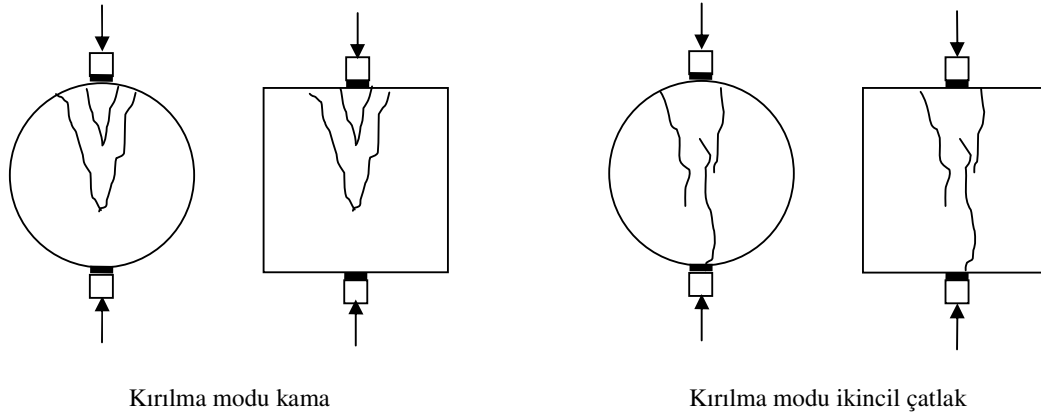
2.2.2 Yarma Deneylerinde Veri Analizlerinin Kullanılması

Bu deney de silindir ve küp numuneler üzerinde simetrik olarak yükleme yapılır. Kontrolsüz çatlaklar oluşmasın diye şeritleri Şekil 2.8'deki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 2.8 İdeal kırılma

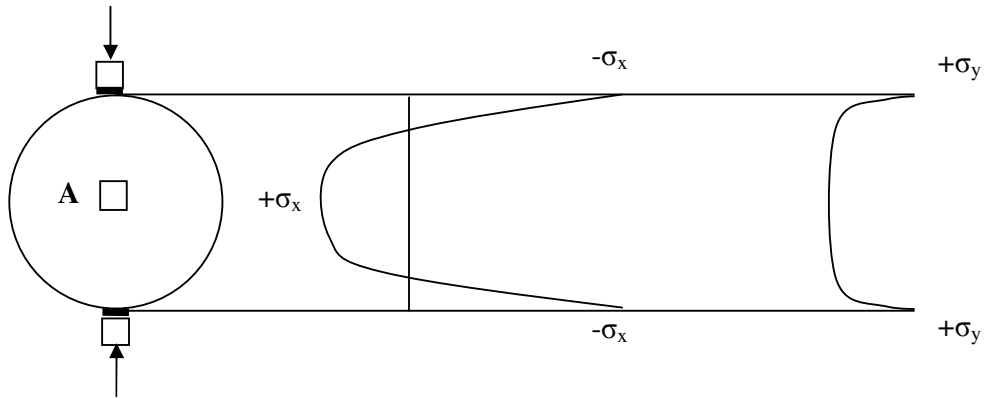
Bu dar şeritlerle düzgün bir gerilme dağılımı elde edilir. İki şerit arasındaki çatlaklar merkeze doğru yayılarak numuneyi ikiye ayırır. En büyük gerilme merkez çatlağının olduğu yerde meydana gelir. Şekil 2.9'da da gösterildiği gibi iki tip kırılma modeli vardır birincisi kama şeklinde bir kırık merkeze doğru yayılır diğeri ise ikincil kırılma modelidir. Bazant'ta bu modelleri desteklemiştir [16].



Şekil 2.9 Farklı kırılma modları

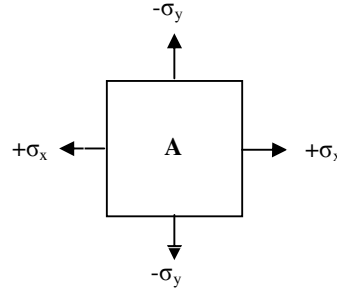
2.2.3 Kırılma Mekanizması

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



Şekil 2.10 Asal çekme gerilmelerin eleman boyunca dağılımı

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

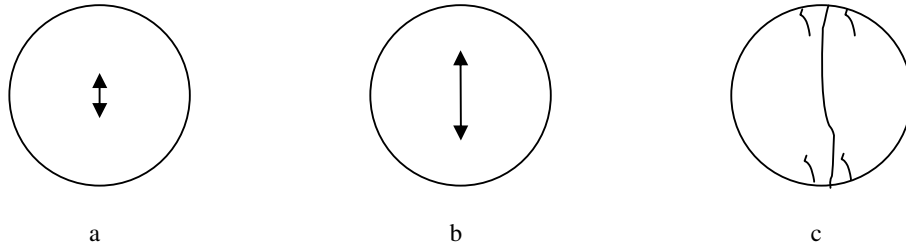


Şekil 2.11 Asal çekme gerilmeleri

Silindir ve küp yük eksenini doğrultusunda ki düzleminde, birbirine dik asal çekme ve basınç gerilmeleri Şekil 2.11’de gösterilmiştir [16].

2.2.3.1. Birincil kırılma mekanizması

Numunenin düzlemi boyunca gerilmeler mekanizmayı eyleme geçirir. Yükleme çapı boyunca zorlamalar meydana gelir ve merkezi çatlaklar oluşmaya başlar. Bu sırada sistemde maksimum yükte meydana gelmektedir. Çatlağın yayılması sırasında sistemde maksimuma ulaşır ve daralan kesit yük aktarımı yapılır. Standart deneyler esnasında oluşan maksimum yük göz önüne alınmalıdır bu aynı zamanda çekme gerilmesidir. Numune hafif agregalı beton veya yüksek mukavemetli beton gibi gevrek bir malzemeden oluşuyorsa kırılma yüküne ulaşan numune hızlı ve gevrek olarak kırılır.

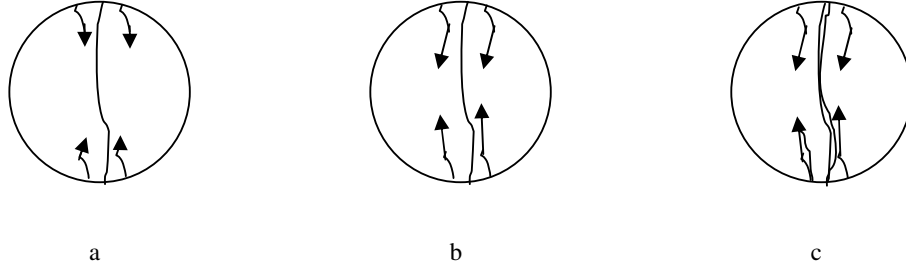


Şekil 2.12 a. Ana çatlağın başlaması, b. Ana çatlağın büyümesi, c. Ana çatlağın tamamlanması

2.2.3.2. İkincil kırılma mekanizması

Merkezi çatlak numunenin ikiye ayrılmasına neden olur. Yarma şeritleri tarafından aktarılan yük numunenin biraz daha yük almasını sağlayarak yükte ikinci bir tepe oluşturmaya neden olur. Yarma şeritlerinin altındaki bölge aynı zamanda çatlağın yayılma bölgesini de

tanımlar. Deneyler esnasında bulunan ikincil çatlakların bu bölgeyle çakıştığı da gözlenmiştir. [16].



Şekil 2.13 a. İkindil çatlağın başlaması, b. İkindil çatlağın büyümesi, c. Numunenin kırılması

Yarma deneylerinden sonra kırılan numunelerde çatlak şekilleri ve kırılma şekilleri incelendiğinde aynı boyuttaki numunelerde çatlaklar farklı şekilde meydana geldiği gözlenir. Oluşan çatlaklardan bazıları merkezi ve derin çatlaklar diğerleri ise kenarlar dan oluşan ikincil çatlaklar olabilir. Bu çatlakların genişliği, malzemenin şekli ve çeşidine bağlı olduğu, ayrıca numunelerde agregaları da kırarak gevrek bir kırılma meydana geldiği gözlemlenmiştir.

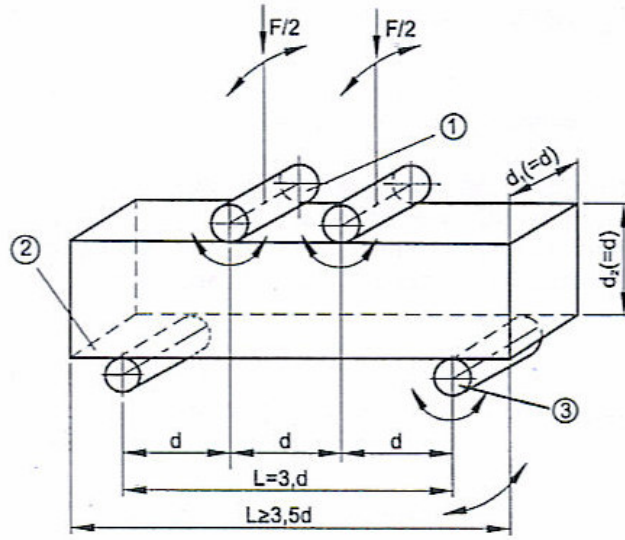
Numunenin gerçek boyut etkileri zorunlu olarak elamanın boyut etkilerinde ayırt edicidir. Numunenin boyutu yapısal bir davranış olmasına karşın eleman boyutu sadece matematiksel bir problemdir. Bir numunenin boyut etkisini araştırırken numune çapına, dışmerkezliğine ve elementin özelliklerine bakılmalıdır. Basit bir şekilde boyut etkisini tanımlayabilir basit bir eşlikle geometrik parametrelerle açıklanabilir.

2.3. Eğilmede Çekme Dayanım Tayini

Eğilmede çekme dayanım tayini prizmatik şekilli numunelerin alt mesnetlere oturtularak üstten yükleme uygulanarak eğilme momentine maruz tutulması sonucu ulaşılan en büyük kırılma yükü ile tayin edilen f_{cf} eğilme dayanımı hesaplanır. Eğilme dayanım tayinin de iki metot uygulanabilir. Bunlar Şekil 2.14’de gösterildiği gibi alt iki mesnet ile desteklenen numuneye üstten iki noktadan yük uygulanmak kaydıyla ve Şekil 2.15’de gösterildiği gibi yine alt iki mesnet ile desteklenen numuneye üstten orta noktadan yük uygulanarak yükleme yapılması kaydıyla gerçekleştirilebilir [12].

Orta noktadan yük uygulanarak yükleme metodu, iki noktadan yükleme yoluyla gerçekleştirilen deney metoduna göre daha yüksek eğilme dayanımı değeri verir.

Numune makinaya tam merkezlenerek ve numune boyuna eksenine, üst ve alt yükleme silindirleri boyuna eksenine dik açı teşkil eder şekilde yerleştirilerek yükleme yapılmalıdır.

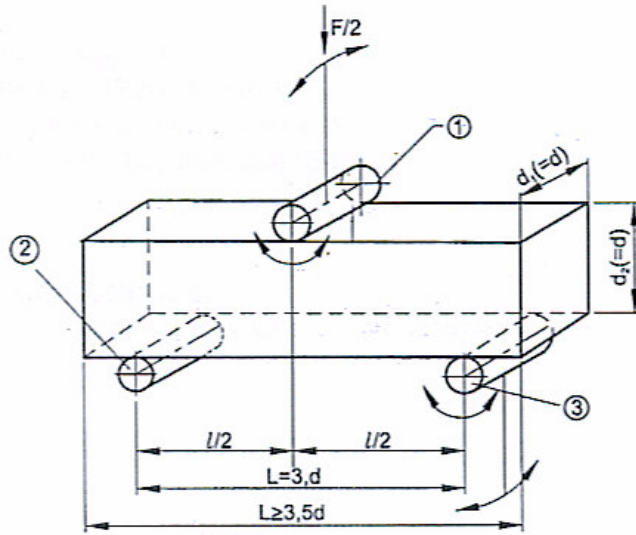


Şekil 2.14 İki noktadan yükleme

Şekil 2.14'deki iki noktadan yükleme sisteminde eğilme dayanımı;

$$f_{cf} = \frac{F \times L_m}{d_1 \times d_2^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

ile hesaplanırken,



Şekil 2.15 Orta noktadan yükleme

Orta noktadan yükleme sistemi ile eğilme dayanımı aşağıda verilen formül ile hesaplanır;

$$f_{cf} = \frac{3 \times F \times L_m}{2 \times d_1 \times d_2^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Burada;

- f_{cf} : Eğilme dayanımı, MPa (N/mm²),
F : En büyük yük, N,
 L_m : Mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm,
 $d_1 d_2$: Numunelerin en kesit boyutları , mm

2.4. Betonda Statik Elastisite Modülü

Bir malzeme yük altında şekil değişimine uğratıldığı ve sonra yük kaldırıldığı zaman ilk şekline dönebilir yada dönemez. Gerilme kaldırıldığı zaman geri dönebilen şekil değiştirmeye elastik şekil değiştirme adı verilir. Elastik limit sınırı aşıldığında ise, malzemelerin çoğu geri dönmeyen plastik şekil değiştirme yaparlar. Elastik şekil değiştirme yapı malzemelerinin çoğunda gerilmeye orantılı veya lineer olarak bağlıdır. Elastik şekil değiştirmenin zamandan bağımsız olduğu yani gerilme uygulanır uygulanmaz ani olarak yer aldığı kabul edilir. Tek eksenli yükleme halinde bu bağıntı $\sigma = E \cdot \epsilon$ (Hooke Kanunu) şeklindedir ve elastisitenin temel kanunu teşkil eder. Bu bağıntıdaki E oranı katsayısına malzemenin elastisite modülü adı verilir .

Betonun elastiklik modülünün bilinmesi beton, betonarme ve öngerilmeli beton yapılarının deformasyonlarının hesaplanmasına yarar. Bu deformasyonlar bir çok bakımdan bilinmesi gerektiğinden elastisite modülü tayin edilmesi gerekli olan bir karakteristiktir. Ayrıca elastisite bilinmesinden faydalanılarak deformasyonları ölçmek suretiyle gerilmeleri hesaplayabiliriz. Betonlarda elastisite modülü ile basınç dayanımı arasında bağıntılar vardır. Bu bağıntılar bize malzemeyi tahrip etmeden betonun yaklaşık olarak dayanımının bulunmasını sağlarlar.

Elastisite modülünün hesaplanmasının en doğru yolu beton numunesine basınç uygulamak ve numunenin gerilme-deformasyonunu kaydetmektir. Bu metot, sertleşmiş beton için uygundur fakat genç betonlarda, elastisite yanal deformasyonlara yol açtığından pek uygun değildir [17].

2.4.1. Betonun Elastisite Modülü Tayini

Betonda statik elastisite modülü, beton deney numunelerinde elastik bölgede uygulanan kuvvetin oluşturduğu basınç gerilmelerinin numunelerde meydana getirdiği boyuna birim kısalma oranıdır (E). Bu oran elastik bölgede çizilen gerilme deformasyon (birim boy değişimi) doğrusunun eğiminden belirlenir (E) [18].

Çizilen gerilme deformasyon eğrisi yardımıyla elastisite modülü hesabı yapılırken her yük bölgesi için gerilmeler ve deformasyonlar aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \dots\dots\dots(2.9)$$

Burada;

E : Elastisite modülü (kgf/cm²)

σ_2 : Sınır yükünde ölçüm saatinden alınan sonuç

σ_1 : Başlangıç yükünde ölçüm saatinden alınan sonuç

ε_2 : Sınır yükünde okunan birim kısalma

ε_1 : Başlangıç yükünde okunan birim kısalma

Her yük bölgesinde gerilmelere karşı gelen deformasyonlar işlenerek noktalardan geçirilecek en uygun doğrunun eğimi elastisite modülüdür [18].

3. LİTERATÜRLERDEKİ MEVCUT ÇALIŞMALAR

3.1. Brezilya Yarma Deneyinde Farklı Malzemeler İçin Boyut Etkisi. (M. Metinoğlu. Ankara. 2000):

Bu çalışmada normal, yüksek dayanımlı, hafif ve lifli beton dökülmüş. Bu numuneler şekil olarak birbirlerine benzemesine karşın farklı boyutta elemanlar kullanılarak dolaylı çekme deneylerinde boyut etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen maksimum yük, yük-yer değiştirme değerleri analiz edilerek çizilen grafik ve katsayılar yardımı ile bulunan sonuçların Bazant'ın önerdiği boyut etkisi formülüne uyup uymadığı araştırılmış.

Sonuç olarak; boyut etkisinin varlığı açıkça görüldüğü, Bazant'ın önerdiği boyut etkisi formülü deney sonuçlarını desteklediği ve deney sonuçlarındaki dağılımın büyüklüğüne rağmen geçerli olduğu anlaşılmış. Yapılan bu çalışma esnasında lifli betonda iki adet maksimum yük okunmuş. Bu maksimum yük numunenin boyutuna bağlıdır. Beton gibi kırılğan malzeme için normal olmayan deney sonuçlarındaki dağılmaya rağmen boyut etkisinin varlığı gerçekleşmekte ve deney sonuçları en iyi boyut etkisi göz önüne alınarak temsil edilebileceğini gösterdiği belirtilmiştir [19].

3.2. Brezilya Deneyinde Boyut Etkisi (E. Arıcı. Elazığ. 2001):

Yapılan bu çalışmada; silindir numuneler üzerinde boyut etkisi incelenmiştir. Bu amaçla altı farklı boyutta ki silindir beton numuneler üzerinde yapılan brezilya yarma deneylerinin sonuçları alınarak analizleri yapılmıştır. Analizler yapılırken boyut etkisi kanunları da dikkate alınarak karşılaştırma yoluna gidilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda görülmüştür ki mevcut deterministik boyut etkisi teorileri kullanılarak yapılan analizlerde, Bazant'ın boyut etkisi teorisi literatürde de bildirildiği gibi ortaya konulmuştur. Bununla beraber Carpinteri'nin ve Kim ve Eo'nun boyut etkisi teorileri incelendiğinde, korelasyon katsayılarının yüksek olduğu görülmüştür. Bu sebeple her iki teoreminde beton yapılarda boyut etkisini yeterince tanımlanabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Fakat her iki yaklaşımında gerçek yapı boyutunda asimtotik bir değere yaklaşması, beton yapılarda boyut etkisinin belirli bir değerden sonra tesirinin azalacağını ortaya koymaktadır. Bununla beraber, bu sınırın belirli bir kritik değeri tama olarak günümüzde tesbit edilememesine karşın minimum yapı boyutunun maksimum agrega çapının yaklaşık 7 veya 8 katı olacağı konusunda öne sürülen görüşlere katılmıştır [20]

3.3. Betonda Malzeme Özelliklerinin Kırılma Parametreleriyle İncelenmesi. (K.E. Alyamaç, Elazığ, 2004):

Bu tezde, betonun kırılma parametreleri üzerine basınç mukavemeti, maksimum agrega çapı, su/çimento oranı ve agrega tipi olmak üzere dört malzeme parametresinin etkisi araştırılmıştır. Kırılma parametrelerinin sadece beton basınç dayanımı ile ilişkilendirilmesinin yetersiz olacağı vurgulanmış ve malzeme parametrelerinin etkisi de ispatlanmıştır. Bununla beraber çimento tipi ve dozajın da en az diğerleri kadar kırılma parametreleri üzerine etkili olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada betonun kırılma parametreleri üzerine yukarıda tanımlanan tüm malzeme parametrelerinin etkisi İPM e göre araştırılmış ve K_{lc}^s üzerine betonun basınç mukavemetinin etkili olduğu gözlenirken, $CTOD_c$ üzerinde betonun içsel yapısıyla ilgili malzeme parametrelerinin daha etkili olduğu tespit edilmiştir [21].

Sonuç olarak betonun kırılma parametreleri üzerine sadece betonun basınç dayanımının değil, malzeme parametrelerinin de etkili olduğu anlaşılmıştır.

3.4. Beton Numunesi Şekil ve Boyutunun Basınç Ve Çekme Dayanımına Etkisi (O. Çopuroğlu, İzmir, 2001.):

Bu çalışmada, farklı dayanım ve geometriye sahip numuneler üzerinde basınç ve yarmada çekme dayanımları incelenmiş. Boyut değişim oranı 1/2 olan küp ve silindir numunelerin, tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerle 7 ve 28 günlük dayanımları tespit edilmiş.

Beton tabancası sonuçları ile elde edilen beton dayanım değerleri son derece düzgün bir ilişkiye sahip olduğu vuruş değerlerinin özellikle basınç dayanımları ile doğrusala yakın bir regresyon gösterdiği belirlenmiş. Vuruş değerinin çekme dayanımı ile arasındaki ilişki yine pratik uygulamalar için tatmin edici düzeyde olduğu söylenmiştir. Ölçümleri yapılan ultrases hızları ile beton dayanımları arasında bir ilişkiden söz etmenin güçlüğü sonucuna varılmış. Yapılan çalışma ile yarmada çekme dayanımları ile tahribatsız deney sonuçları arasında küp ve silindir numuneler için eşitlikler elde edilmiş. Genel olarak ultrases hızı, ölçüm uzunluğunun veya numune boyutunun artması ile arttığı gözlenmiştir. Dayanım seviyesi arttıkça yarmada çekme dayanımının basınç dayanımına oranının azaldığı. Bu oran ortalama olarak küp numunelerde %8.2, silindir numunelerde ise %11.9 seviyelerinde olduğu tespit edilmiş.

Elde edilen bu sonuçlara bakıldığında küp numunelerde boyut etkisi kuralına uygun olarak numune boyu büyüdükçe elde edilen dayanımlarda azalma görülmektedir. Ancak silindir numunelerde tam ters bir duruma rastlanmıştır. Bunun nedeni muhtemelen çeper etkisi ve başlık yapımında karşılaşılan güçlükler olduğu belirtilmiştir [22].

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

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

Deneylere başlamadan önce TS 706 EN 12620 [23] ve TS 802 [24] standartlarına uygun agrega ve beton karışım hesapları yapılarak agrega ve çimento temin edilerek laboratuara getirilmiştir. Agrega incelemesi yapılarak uygun granülometri eğrisine göre yeteri miktarda agrega hazırlandı.

Deneyisel çalışmalar için gerekli silindir, küp ve prizmatik numune kalıpları TS EN 12390-1 [25]'e uygun şekilde hazırlandı. Kalıp boyutları yarmada çekme dayanımı deneyleri için 5X5 cm, 10X10 cm, 20X20 cm silindir (RXL) ve küp numuneler için 5X5X5 cm, 10X10X10 cm, 20X20X20 cm olarak tespit edildi. Basınç dayanımı için 15X15X15 cm küp numune ve elastisite modülü için 10X10X50 cm'lik silindir kalıp olmak üzere toplam 27 adet çelik döküm malzemeden imal edilmiş kalıplar hazırlandı. Hazırlanan kalıplar TS EN 12390-2 [26]'e göre betonun kalıba yapışmasını önlemek üzere, doldurma öncesinde kalıp iç yüzeyi çimento ile etkileşmeyen kalıp ayırıcı olarak kullandığımız yağ ile ince bir tabaka halinde kaplanarak hazır hale getirilmiştir.

Beton karışım hazırlığı için hassas elektronik terazinin sıfırlaması yapılarak, TS 802 [24]'ye göre ağırlıkları belirlenmiş malzemeler tartılarak karışımın yapılacağı betonyere yerleştirilmeden önce betonyerin temizliği yapılarak hazır hale getirilmiş ve malzemeler yerleştirilmiştir. Sırasıyla çakıl, kum, çimento betonyere yerleştirilmiş ve kuru olarak 2-3 dakika karıştırıldıktan sonra su ilave edilerek beton elde edilmiştir. Gerekli olan karışım için yeterli büyüklükte betonyer olmadığı için laboratuvarımızda bulunan 50 lt. kapasiteli betonyerde karışım üç seferde hazırlanmış ve karışımlar arasındaki değişim minimize edilmeye çalışılmıştır. Hazırlanan beton kalıplara yerleştirilmeden önce TS EN 12350-2 [27]'e göre çökme (slamp) deneyi yapılarak uygun değeri elde etmek için karışıma su ilavesi yapılarak 7 cm civarında çökme değeri elde edilmiş, istenilen kıvamdaki beton hazır hale getirilmiştir. Betonun kalıplara yerleştirilmesinde TS EN 12390-2 [26] standardına uygun bir şekilde daire kesitli çubuk ile sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Sıkıştırma çubuğu darbeleri, numune kalıbının en kesit alanına düzgün şekilde dağıtılarak, her tabaka sıkıştırma çubuğu ile en az 25 kez şişlenmiştir. Hava kabarcıkları çıkışı duruncaya ve boşluklar dolması sağlanıncaya dek kalıpların dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulmuştur.

Betonun dökümüne müteakip bir gün kalıplarda bekletilmiş ve kalıplardan çıkarılan numuneler 28 gün kür havuzunda tutulmuştur. 28. gün kür havuzlarından çıkarılan numuneler ortam koşullarında hava kurusu hale gelene kadar bekletilmiştir ve numuneler deneysel çalışmalara hazır hale getirilmiştir.

TS EN 12390-4 [28]'e standardına uygun deney makinelerinin bakımı ve temizliği yapılarak deneylerin yapımına başlanmıştır.

4.1. Malzeme

4.1.1. Çimento

Deneylerde Elazığ Çimento A.Ş. tarafından üretilen PÇ 42,5 çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri Tablo 4.1'de, mekanik özellikleri Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Çimentonun fiziksel özellikleri

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
Yoğunluk (g/L)	980
Hacim Genleşmesi	6

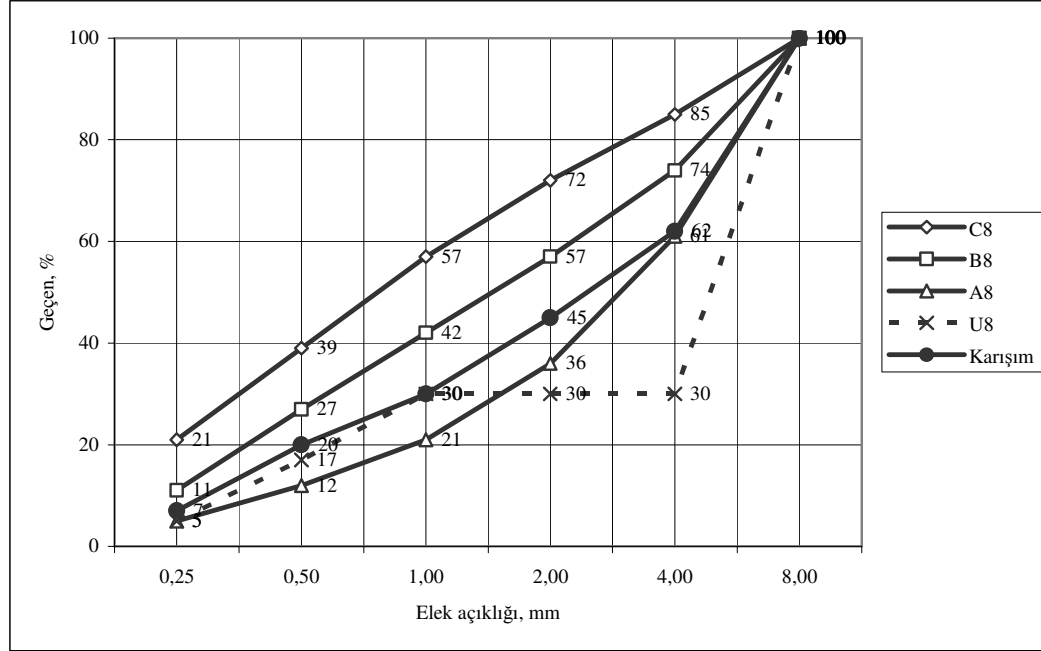
Tablo 4.2 Çimento Basınç Dayanım Sonuçları

Gün	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
2	23,8
7	41,3
28	57,0

4.1.2. Agrega

Deneysel çalışmada Elazığ Palu ilçesinden getirtilen agrega kullanılmıştır. Karışımda maksimum dane çapı 8 mm olan agrega kullanılmıştır. Kullanılan agrega TS 706 EN 12620

[23]'de verilen sınır değerlerinin içerisinde kalmaktadır. Aşağıda deneylerde kullanılan agreganın granülometri eğrisi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Agreganın granülometri eğrisi

4.2. Beton Karışım Hesabı

Bu çalışmada karışım oranı tespitinde TS 802 [24] standartlarına uygun karışım dizayn edilmiştir. İlk karışımında slump değeri 4 cm civarında ölçülmüş ve bu değeri 7 cm civarında tutabilmek için karışıma belli bir miktarda su eklenmiştir. Karışıma eklenen su ile slump değeri 7 cm civarına yükseltilmiştir. Karışım oranı Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 1 m³ beton üretiminde kullanılan malzeme miktarları ve sıkışık birim hacim ağırlıkları

Karışıma Giren Malzeme	Birim Ağırlığı (kg/m ³)	Hacim (m ³)	Ağırlık (kg)
Su	1	214	214
Çimento	3,09	130	403
İnce agregası (0-4 mm) (%62)	2,65	388	1028
İri agregası (4-8 mm) (%38)	2,65	238	630
Hava	0	30	0
Toplam		1000	2275

5. DENEY SONUÇLARI

Deneyler basınç, eğilmede çekme, yarmada çekme ve elastisite modüllerinin deneyleri olmak üzere dört grupta yapılmıştır. Numunelerin dayanımlarının belirlenmesinde 2,5MN'luk otomatik hidrolik yük kontrollü pres kullanılmıştır.

5.1. Basınç Dayanımı Deneyi

Bölüm 4'de belirtilen şekilde hazırlanan 15X15X15 cm'lik numuneler deney makinesine yerleştirilmeden önce deney makinesi yükleme başlıklarının yüzeyleri silinerek temizlendikten ve numunenin başlıklara temas yüzeylerinde bulunan her hangi gevşek çıkıntı veya tane alınır. Numuneler, makinenin alt yükleme başlığı üzerine merkezlenerek yerleştirilmiş bir şekilde yük, numuneye darbe tesiri olmaksızın en büyük yüke ulaşıncaya kadar sabit hızla Şekil 5.1'deki uygulanmıştır. Göstergeden okunan en büyük yük kaydedilmiştir. Basınç deneyi sonucunda basınca maruz kalan numuneler Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Standart da belirtildiği gibi çatlaklar çeşitlilik gösterebilir. Basınç deneyi sonucu Tablo 5.1 de verilmiştir.



Şekil 5.1 Basınç dayanım deneyi düzeneği



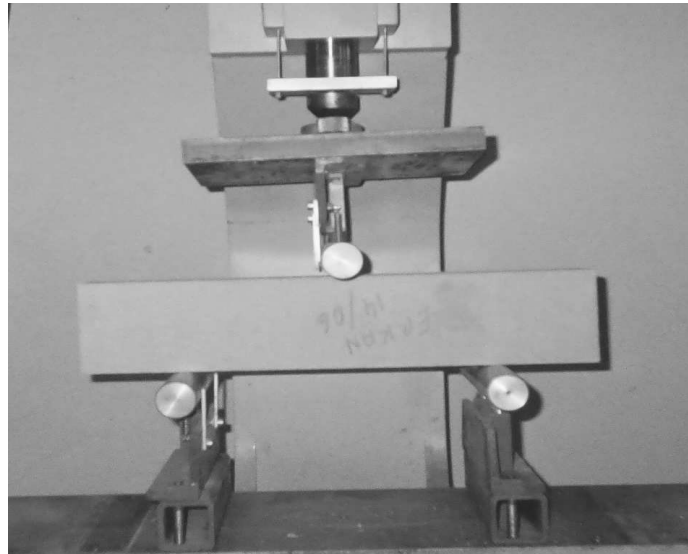
Şekil 5.2 Basınç dayanımı uygulanmış numune resimleri

Tablo 5.1 Basınç dayanımı deney sonucu

Numune Boyutu (cm)	Kırılma Yüğü kN (F)	Basınç Dayanımı MPa (N/mm ²)
15 X 15 X 15	937,00	41,65

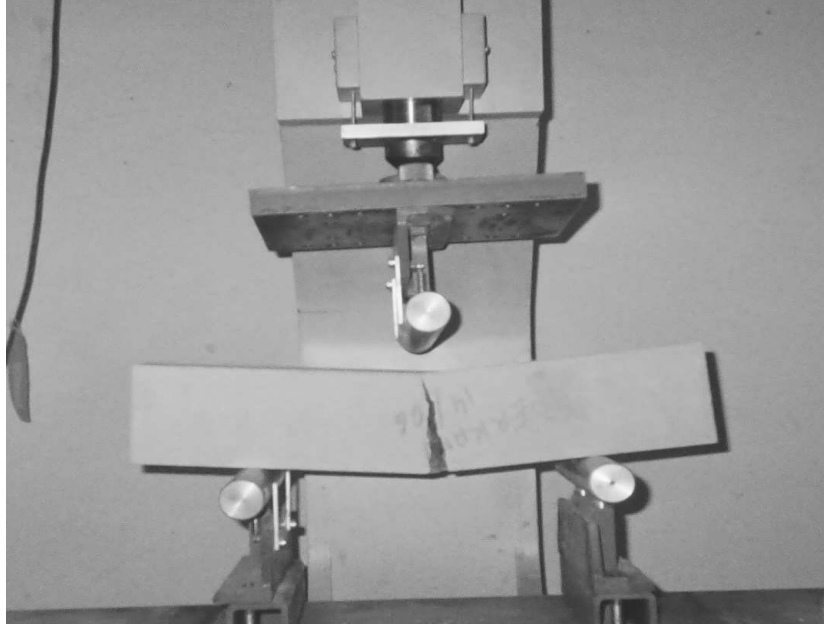
5.2. Eğilmede Çekme Deneyi

TS EN 12390-1 [25] standardına uygun hazırlanan prizmatik şekilli 10X10X50 cm boyutundaki 3 adet numune makinaya tam merkezlenerek ve numune boyuna eksenine, üst ve alt yükleme silindirleri boyuna eksenine dik açı teşkil eder şekilde yerleştirilmiştir. Numuneye orta noktadan yük uygulanarak yükleme sistemi seçilmiş olup mesnet silindirleri arasındaki açıklık L=300 mm alınarak Şekil 5.3’deki resimde görüldüğü gibi yükleme uygulanmıştır.



Şekil 5.3 Eğilmede çekme deneyi düzeneği

Deney otomatik makineyle uygulandığından ulaşılan en büyük yük kaydedilmiş ve numune Şekil 5.4'deki gibi kırılmaya maruz kalmıştır.



Şekil 5.4 Eğilme dayanımı deneyi sonucunda numune resmi

Deney sonucunda elde edilen veriler aşağıdaki tablo da gösterilmiştir.

Tablo 5.2 Eğilme dayanım deney sonucu

Numune Boyutu (cm)	Kırılma Yüğü kN (F)	Eğilmede Çekme Dayanımı MPa (N/mm ²)
10 X 10 X 50	7,87	2,36

5.3. Yarmada Çekme Dayanım Deneyi

Numuneler pres altına çelik şerit ve kontrolplaka yardımı ile yerleştirildikten sonra yükleme yapılmaya başlanmıştır. Numuneye yükün ilk uygulanması esnasında, numunenin merkezlenmiş konumu muhafaza etmesi sağlanmalıdır. Yükleme hızı, sabit gerilme hızı sağlanacak şekilde ayarlanmalıdır. Yük, otomatik kontrollü deney makinesi kullanılarak yükleme hızının sürekli kalıp kalmadığı kontrol edilmiş ve darbe etkisi oluşturulmadan numune kırılıncaya kadar kesintisiz yük uygulanmıştır. Otomatik kontrollü deney makinesi kullanılarak ulaşılan en büyük yük kaydedilmiştir. Yükleme hızı numune boyutuna göre 0,05 MPa/s (N/mm².s) ila 0,08 MPa/s (N/mm².s) arasında uygulanmıştır.



Silindir



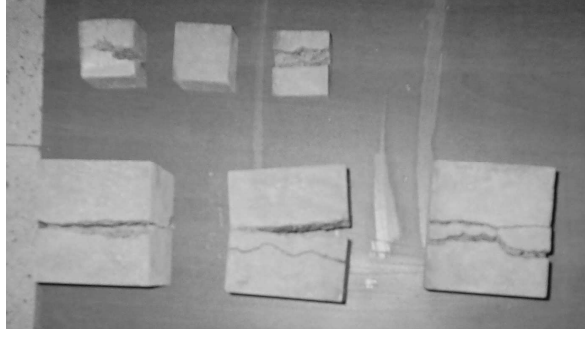
Küp

Şekil 5.5 Yarmada çekme deney düzeneği

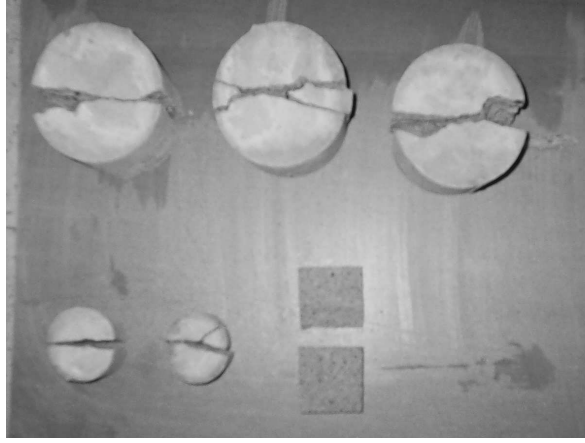
Basınca maruz kalan numuneler Şekil 5.6, 5.7, 5.8, 5.9'daki gibi kırılmıştır.



Şekil 5.6 Kırılma sonrası 20x20x20 cm küp numune resimleri



Şekil 5.7 Kırılma sonrası 10x10x10 cm ve 5x5x5 cm küp numune resimleri



Şekil 5.8 Kırılma sonrası 10x10 cm ve 5x5 cm silindir numune resimleri



Şekil 5.9 Kırılma sonrası 20x20 cm silindir numune resimleri

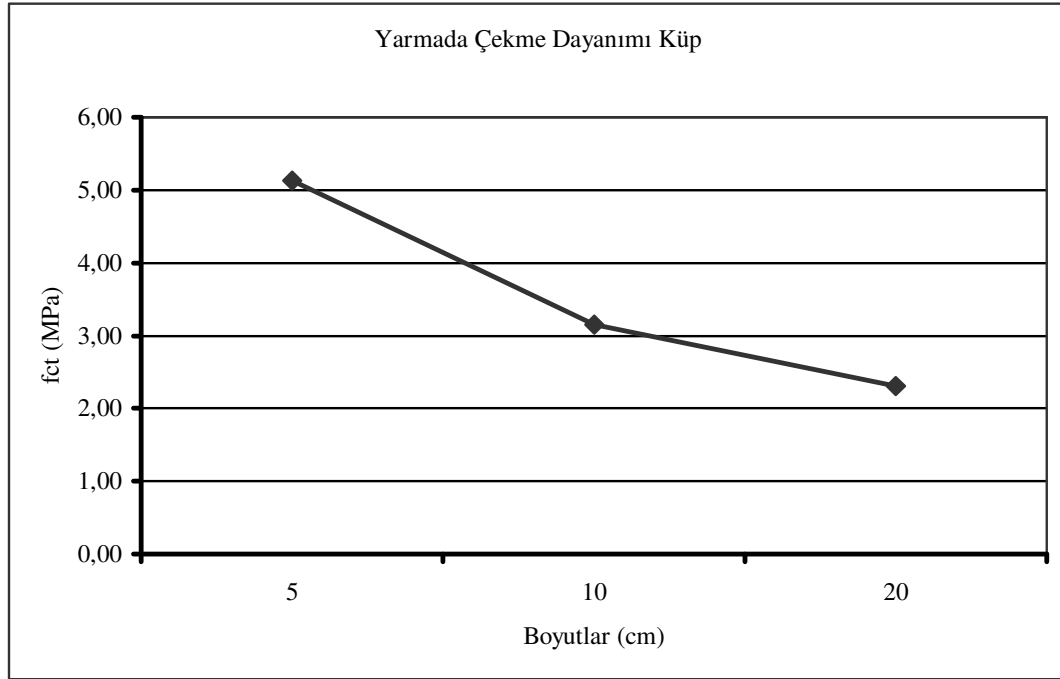
Otomatik kontrollü deney makinesi kullanılarak ulaşılan en büyük yükler kaydedilerek aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.3 Küp numuneler için yarmada çekme deney sonuçları

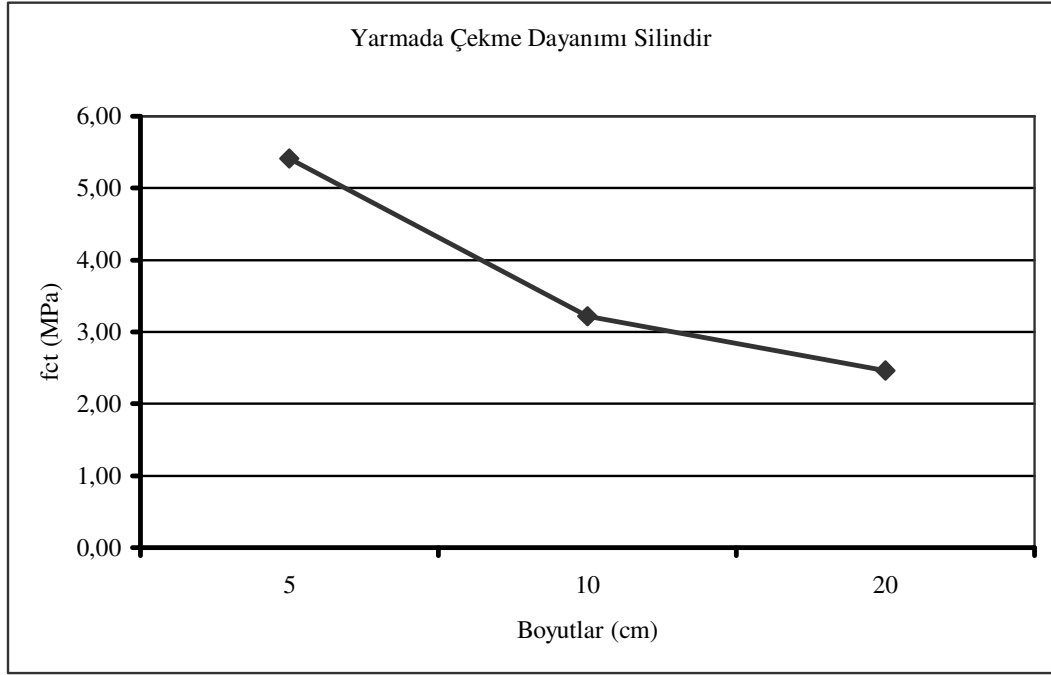
Numune Boyutu (dXdXd) (cm)	Kırılma Yükü F (kN)	Yarmada �ekme Dayanımı f_{ct} MPa (N/mm ²)
5 X 5 X 5	20,13	5,13
10 X 10 X 10	49,47	3,15
20 X 20 X 20	145,07	2,31

Tablo 5.4 Silindir numuneler için yarmada çekme deney sonuçları

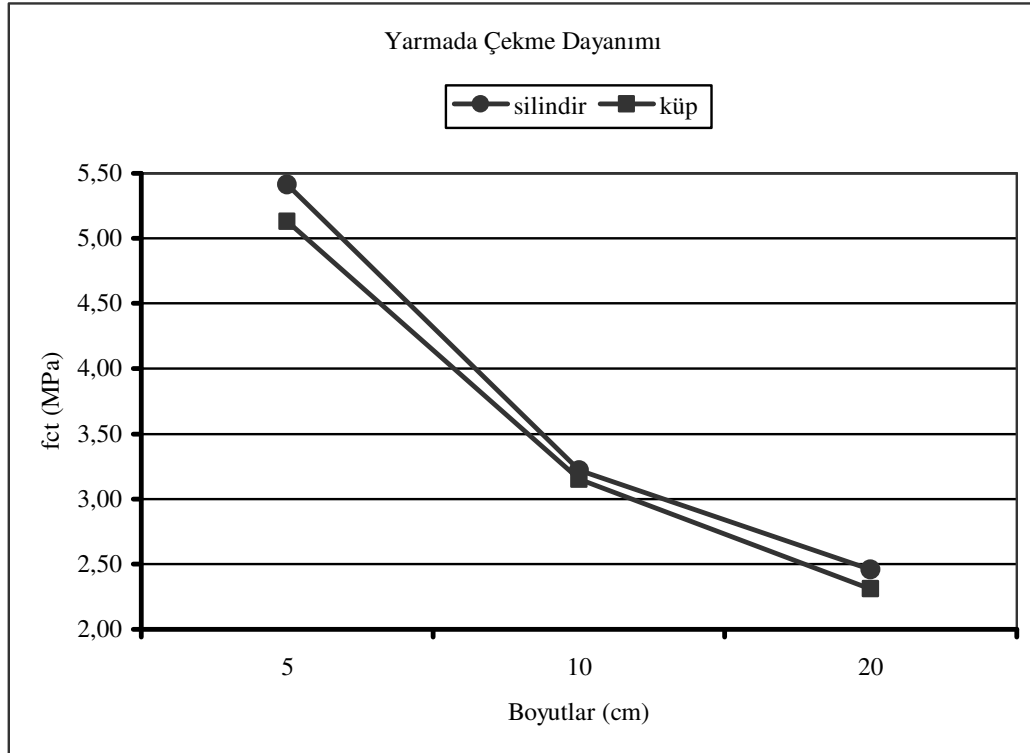
Numune Boyutu (RXh) (cm)	Kırılma Yükü F (kN)	Yarmada �ekme Dayanımı f_{ct} MPa (N/mm ²)
5 X 5	21,23	5,41
10 X 10	50,63	3,22
20 X 20	154,40	2,46



Şekil 5.10 Küp numuneler için yarmada çekme dayanımı grafiği



Şekil 5.11 Silindir numuneler için yarmada çekme dayanımı grafiği



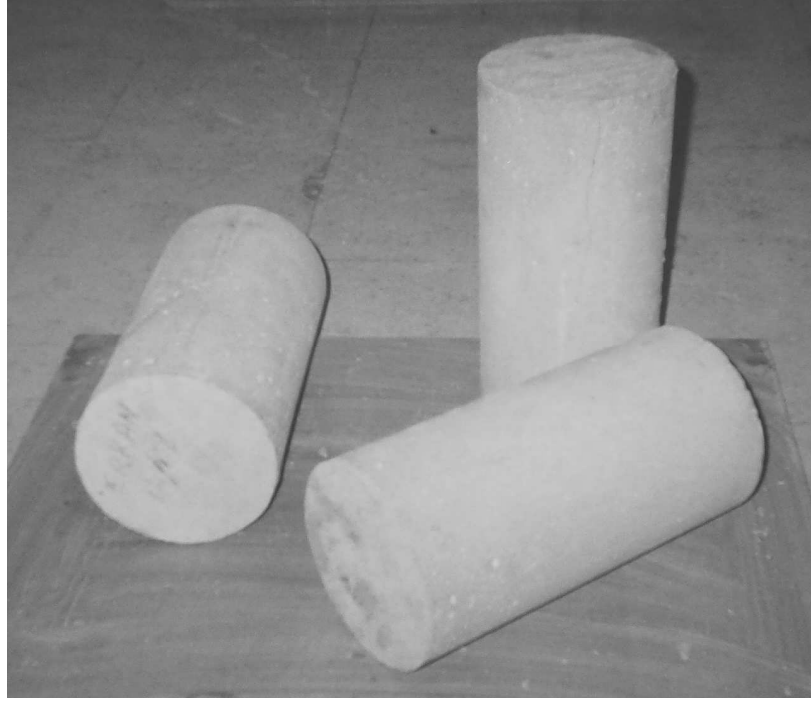
Şekil 5.12 Küp ve silindir numuneler için yarmada çekme dayanımı grafiği

5.4. Elastisite Modülü Basınç Deneyi

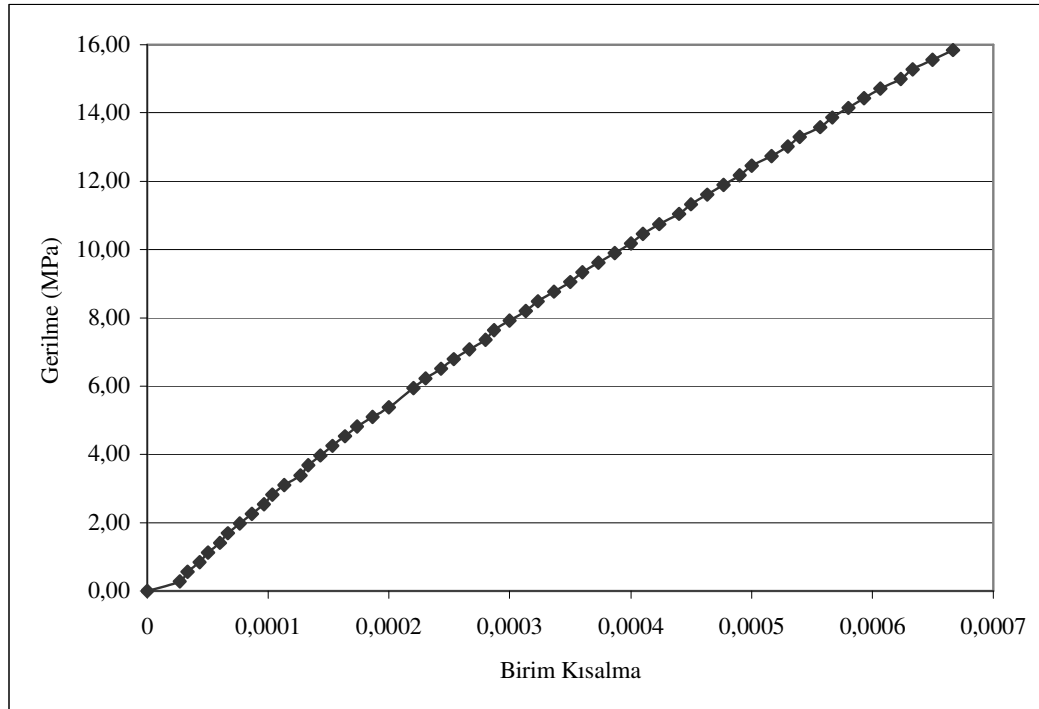
TS EN 12390-2 [26]'e göre hazırlanmış 15X30 cm'lik silindir numune boy değişimi ölçer aleti hazırlanarak bu alet içine yerleştirdi. Önce alt boyundurluk vidaları ile boyundurluk sıkıştırıldı. Boyundurluklar arsına ayar çubuğu yerleştirilerek, boyundurlukların numune eksenine düz oturması sağlandı. Boy değişimi ölçer aletin ölçüm saati sıfırlaması yapılarak numune Şekil 5.13'deki gibi otomatik kontrollü prese yerleştirildi. Daha sonra her 5 kN'luk yük artışında oluşan toplam kısalma (σ) değeri ölçüm saatinden okunarak kaydedildi ve deney sonucunda tablo ile grafikler elde edildi. Grafikler hazırlanırken daha net ve açık gösterim için ölçüm saatinin her turu için grafik hazırlandı. Elastisite modülü iki şekilde hesaplandı; birincisi gerilme-deformasyon eğrisinden faydalanılarak, ikincisi olarak ise deney sonucunda elde edilen maksimum dayanım değerinin %30'una karşılık gelen değere kadar olan gerilme ve birim kısalma değerleri alınarak elastisite modülü (E) tayin edildi.



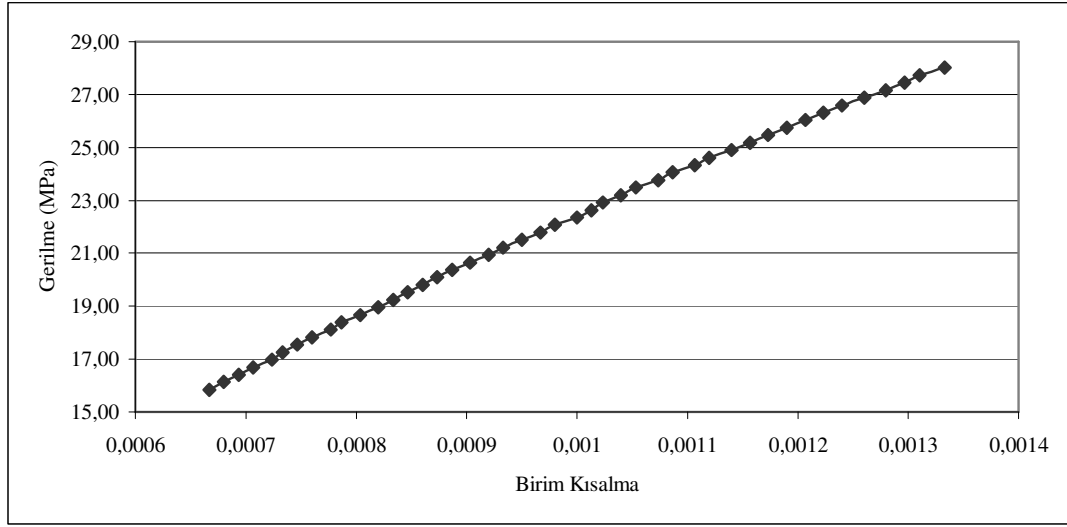
Şekil 5.13 Elastisite modülü basınç deney düzeneği



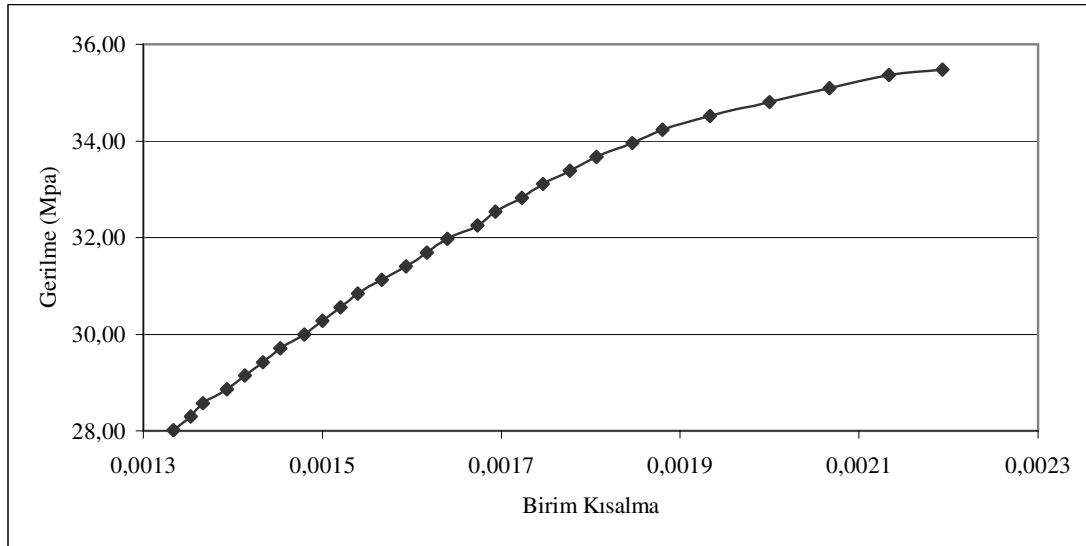
Şekil 5.14 Elastisite modülü basınç deneyi sonrası numune resimleri



Şekil 5.15 Elastisite modülü grafiği (ölçme sayacı 1. tur)



Şekil 5.16 Elastisite modülü grafiği (ölçme sayacı 2. tur)



Şekil 5.17 Elastisite modülü grafiği (ölçme sayacı 3. tur)

Gerilme-deformasyon eğrisinden faydalanarak elastisite modülü hesaplanırken Şekil 5.15 deki eğri kullanılmıştır.

Tablo 5.5 Elastisite modülü tayini.

Kırılma yükü (kN)	Maksimum dayanım (MPa)	σ değerinin %30'una karşılık gelen değere göre E (MPa)	$\sigma - \epsilon$ diyagramına göre E (MPa)
628,60	35,57	24923	24115

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

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

1- Numune boyutu küçüldükçe yarıma yükü de azalmıştır, fakat buna karşın yarıma 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.

2- Yapılan deneyler sonucunda; Betonun çekme dayanımını endrek olarak tayin ettiğimiz eğilmede 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 dayanımının belirlenmesinde en uygun sonucu silindir yarma deneyinden elde edileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1]. NEVİLE, 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]. Mindess, S., Young, J.F., 1981, “**Concrete**”, Prentice Hill Inc., Englewood Cliffs. pp: 671
- [11]. TS EN 12390-3, (Nisan 2002). **Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanım Tayini**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.

- [12]. TS EN 12390-5, (Nisan 2002). **Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımı Tayini**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [13]. Nilsson, S., (Mart 1961), **The Strength of Concrete Determined by Splitting Tests on Cubes.**, Bulletin RILEM No:11, sf 63-67.
- [14]. Neville, A.M., (1973), **Properties of Concrete.**, London Pres, London.
- [15]. McNeely, D.J., Lash, S.D., (Haziran 1963), **Tensile Strength of Concrete**, Journal of American Concrete Institute, sf.751-759.
- [16]. Rocco, C., Guinea, G.V., Planas, J., Elices, M., (1999), **Mechanisms of Rupture in Splitting Test**. ACI Materials Journal, V.96, No:1.
- [17]. Nagy, A., (1997). **Determination of E-Modulus of Young Concrete with Nondestructive Method**. ASCE Journal of Materials in Civil Engineering, Vol.9 No.1.
- [18]. TS 3502, (Mart 1981)., **Betonda Statik Elastisite Modülü Ve Poisson Oranı Tayini**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [19]. Metinoğlu, M., (2000), **Brezilya Yarma Deneyinde Farklı Malzemeler İçin Boyut Etkisi**. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bil. Ens., Ankara.
- [20]. Arıcı, E., (2001), **Brezilya Deneyinde Boyut Etkisi**. Doktora Semineri, Fırat Üniversitesi Fen Bil. Ens., ELAZIĞ.
- [21]. Alyamaç, K.E., (2004), **Betonun Kırılma Parametreleri Üzerine Malzeme Parametrelerinin Etkisi**. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bil. Ens., ELAZIĞ.
- [22]. Çopuroğlu, O., (2001), **Beton Numunesi Şekil ve Boyutunun Basınç ve Çekme Dayanımına Etkisi**. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bil. Ens., Bornova - İzmir.
- [23]. TS 706 EN 12620, (2003), **Beton Agregaları**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.

- [24]. TS 802, (1985). **Beton Karışım Hesap Esasları**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [25]. TS EN 12390-1, (Nisan 2002). **Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 1: Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [26]. TS EN 12390-2, (Nisan 2002). **Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [27]. TS EN 12350-2, (2002). **Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [28]. TS EN 12390-4, (2002). **Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 4: Basınc Dayanımı – Deney Makinelerinin Özellikleri**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [29]. İnce, R. ve Arslan, A., (2000), **Kesme Açıklığı Kısa Kayma Donatısız Betonarme Kirişlerde Boyut Etkisi**, Tr. J. Engin. Environ. Sci., 69-77
- [30]. Rilem. Draft Recommendation “**Size Effect Method for Determining fracture Energy and Process zone Size of Concrete Structure**”, Mat. and Str., Vol.23, pp.461-465, 1991.
- [31]. Z.P., Bazant, J., Planas, “**Fracture And Size Effect in Concrete And Other Quasibrittle Materials**”, CRC, 1998, p.616.
- [32]. Tang, T., Shah, S.P., Quyang, C.(1992). **Fracture mechanics and size effect of concrete in tension**, Journal of Structural Engineering, ASCE, 118 (1992), 3169-3185.
- [33]. Kim, J.K., Eo, S.H., Park, H.K. (1989). **Size effect in concrete structures without initial crack in Fracture Mechanics: Application to Concrete, SP-118**. American Concrete Institute, Detroit, 179-196.

- [34]. Bazant, Z.P., Kazemi, M.T. Hasegova, T., Mazars, J. (1991), **Size effect in Brazilian Split Cylinder Tests; Measurements and Fracture analysis**. ACI Materials Vernal. 88, 325-332.
- [35]. Marquardt, D.W. (1963). **An algorithm for least-squares estimation of non-linear**. S.P. Timoshenko, J.N. Goodier, **Theory of Elasticity**, McGraw-Hill, New York, 1991.
- [36]. TS 500/EN.1992, (2000). **Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [37]. TS 3287, (1979). **Betonun Eğilmede Çekme Deneylerinden Çıkan Deney Numunesi Parçaları Üzerinde Basınç Dayanım Deney Metodu**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [38]. TS 5893 ISO 3893, (1999). **Beton – Basınç Dayanımına Göre Sınıflandırma**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [39]. Türkel, E., (2002)., **Betonda Basınç Dayanımı İle Elastisite Modülü Arasındaki İlişkiler**. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bil. Enstitüsü, İstanbul.
- [40]. TS 3530 EN 933-1, (1999), **Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [41]. TS EN 1097-6, (2002), **Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [42]. TS 3529, (1980), **Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.
- [43]. TS EN 206-1, (2002), **Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk**. Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA.

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılı Elazığ doğumluyum. İlk, orta ve lise tahsilimi yine bu ilde tamamladım. 1996 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Programcılığı bölümünden mezun oldum. Buna müteakip Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitim Bölümü Yapı Öğretmenliği'ne 1997 yılında kayıt yaptırđım. 2002 yılında Yapı Eğitimi Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2003 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladım.