

## ŞANTIYE ŞARTLARINDA ÜRETİLMİŞ BETONARME KOLONLARIN, EKSENEL YÜK ETKİSİ ALTINDAKİ DAVRANIŞLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Mustafa Tolga ÇÖĞÜRCÜ<sup>a</sup>, Mahmut Sami DÖNDÜREN<sup>a</sup>, Mustafa ALTIN<sup>b</sup>

<sup>a)</sup> Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., İnşaat Müh. Böl., Konya,

<sup>b)</sup> Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O., İnşaat Programı, Konya,  
[mtolgac@selcuk.edu.tr](mailto:mtolgac@selcuk.edu.tr), [sdonduren@selcuk.edu.tr](mailto:sdonduren@selcuk.edu.tr), [maltin@selcuk.edu.tr](mailto:maltin@selcuk.edu.tr)

**ÖZET:** Bu çalışmada, şantiye şartlarında, standartlara uygun olarak üretilmiş beton ile standartlara uygun olarak üretilmemiş betondan imal edilen, eksenel yük etkisinde değişik geometri ve donatı özelliklerine sahip, aynı kesit alanlı kolonların yük taşıma kapasiteleri ve gerilme-birim deformasyon ilişkisi araştırılmış ve sorgulanmıştır. Kullanılan deney numuneleri 314 cm<sup>2</sup> kesit alanı ve 75cm yüksekliğe sahip, 4 adet Kare kolon, 4 adet Dikdörtgen kolon, 4 adet Dairesel kolon ve 4 adet Dairesel Fretli kolon'dur. Aynı boyuna donatı, etriye aralığı ve etriye kalınlığına sahip donatı kullanılarak, C20 ve C10 betonlarından imal edilerek eksenel yük etkisinde davranışları ve gerilme-birim deformasyon ilişkilerine bakılmıştır. Üretilen bütün beton numunelerinin 7 ve 28 günlük karakteristik küp basınç dayanımları numuneler kırılarak elde edilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında en fazla eksenel yük taşıma kapasitesine sahip kolonun kare enkesitli kolon numuneleri olduğu belirlenmiş, fretle sarılmış kolon numunelerinde deplasmanların diğer kolonlara göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Eksenel yük, beton, kolon, deplasman

### The Experimental Investigation of The Behaviors of Reinforced Concrete Columns Under Axial Load Effect Which Are Produced Under Site Conditions

**ABSTRACT:** The aim of this study is to test the load capacity and stress-strain relationship of columns which have the same cross-sectional areas under the effect of axial load and to check confidence intervals of these results. The experiment reinforcement steels are in different size, shape and produced from standardized cement and not standardized cement at the work site. Experiment samples which are used in this study have 314 cm<sup>2</sup> cross sectional area and 75 cm height: 4 square columns, 4 rectangle columns, 4 circular columns, 4 circular spiral columns. Binder spacings, the thickness of binder reinforcements and longitudinal reinforcement steels are identical. The behaviors and stress-strain relationships of reinforcement steels produced from C10 and C20 concretes under the effect of axial load are observed. Characteristic cube strengths of all samples for 7 and 28 days are obtained. The results obtained in this study have shown that square column samples are the most powerful ones, these samples have better capacity of axial load carriage. It is observed that displacements are more favorable in column samples surrounded with spirals with respect to the columns in different geometries.

**Key Words:** Axial Load, concrete, column, displacement

### GİRİŞ

Bu çalışmada, yapıların taşıyıcı elemanlarından olan betonarme kolonların,

şantiye şartlarında standartlara uygun üretilmeyen betonarme kolonlar ile standartlara uygun üretilen betonarme kolonların yük taşıma kapasiteleri ve birim kısalma oranları araştırıldı.

Son yıllarda Konya ilinde meydana gelen yıkım ve hasar olaylarında, çok katlı yapılarda üretilen betonun kalitesinin önemi ortaya çıkmış, şantiyede üretilen betondan imal edilmiş taşıyıcı elemanlar kendinden beklenen yük taşıma kapasitelerini sağlayamadığı için birçok insanın hayatını kaybetmesine sebep olmuştur. Bu çalışmada, şantiyede üretilen standartlara uygun beton ile uygun olmayan beton arasındaki yüksek yük taşıma ve deformasyon farkı ortaya konmuştur. Farklı geometriye sahip benzer oranlarda donatı ile donatılmış kolonlar üretilerek tamamı kendi içinde karşılaştırılmıştır. Çalışmada, yüksek katlı yapılarda imal edilen betonarme elemanlarda beton kalitesine, beton dökümü sonrası betonun bakımının ne kadar etkili olduğu araştırılmıştır. Yapılan deneylerde üretilen betonlarda, TS-EN 1971/1/2002' e uygun olarak Konya Çimento A.Ş. tarafından üretilen ve özgül ağırlığı  $3 \text{ kg/dm}^3$  olan katkılı portland çimentosu KPC/A-42.5 kullanıldı. İmal edilen kolon numunelerinde boyuna ve enine donatı olarak TS 500'de verilen ve TS 708'e uygun olan düz yüzeyli ve nervürlü çelik çubuklar kullanılmıştır. BÇI, BÇIII donatı çelik çubuklarının çapları etriyelerde 6mm, boyuna donatılarda 8 mm olarak seçildi. Kolon boyuna donatısı için kullanılan çelik çubuklardan, etriyelerde dahil olmak üzere, her bir çap için 3'er adet örnek alınıp, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Laboratuvarları'nda bulunan Ünlü çekme deneyi aletinde TS-EN 10002/1/2004'e uygun olarak çelik çekme testlerine tabi tutuldu. Kullanılan agrega İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarı'nda TS 802'de verilen elverişli granülometrik bölgelerle karşılaştırıldı ve uygun oranlar bulunarak hazırlandı. Yapılan deneyler sonucunda imal edilen betonarme kolonların aksel yük taşıma kapasiteleri, birim deformasyon-şekil değiştirme eğrileri ve bu kriterlere ait süreler kaydedilip, yapılan deneylerin sonuçları teorik değerler ile karşılaştırılarak sonuçların uygunluğu SPSS istatistiksel paket programı sürüm 13 ile Varyans analizi ve T testiyle sorgulanmış, güvenilirliği tespit edilmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

**Okkalı, S. Sıdık, Ş. (1998)**, yaptıkları çalışmada, yüksek mukavemetli betonarme kolonlarda boyut etkisi deney sonuçları verilmiştir. Deney elemanları üç grup da üç ayrı narinliğe sahiptirler. Deney numuneleri geometrik olarak benzer betonarme kolonlar olup (boyut değişim oranı 1:2:4) narinlikleri 13, 26 ve 39 dür. Deneyler sonunda iki narinlik grubunda göçme yüklerinde boyut etkisi bulunmuştur. Büyük elemanlar büyük kırılma enerjisi depolayarak gevrek, küçük elemanlar küçük kırılma enerjisi depolayarak sünek kırılma göstermiştir. Büyük kesitli kolonların rijitlikleri küçük kolonların rijitliklerine göre büyük bulunmuştur. Betonarme kolonlar için kullanılacak boyut etkisini içeren formül önerilmeye çalışılmıştır [Okkalı, 1998].

**Can ve Ünsal (1998)**, yaptıkları çalışmada, mantolama yönteminin, hasar görmüş veya yetersizliği anlaşılmış kolonların onarımında ve güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olduğu vurgulanmıştır. Bilindiği gibi mantolama işlemi mevcut kolonun çevresine yeni bir betonarme katman eklenmesiyle oluşturulur. En ideal yöntem mantolama kolonu dört yandan sarması olmakla birlikte, mimari nedenlerle mantolama işleminin kolonun bir, iki veya üç yüzünde uygulanması zorunluluğu ile de karşılaşılır. Bu çalışmada; kare ve dairesel kesitli kolonlar, yüksüz olarak fretlerle mantolandıktan sonra, aksel yük altındaki davranış ve dayanımları incelenmiştir. Çalışmada, mantolanmış kolonların dayanım düzeyi, dayanım artışı, süneklik, rijitlik, ve enerji tüketme kapasitesi gibi faktörler ele alınmıştır. Değerlendirmeler sonucunda fretlerle mantolanmış kolonların oldukça başarılı bir davranış sergilediği görülmüştür [Can, 1998].

**K. ElMandooh Galal ve A. Ghobarah (2003)**, yaptıkları çalışmada, betonarme kolonların periyodik ve dinamik yükler altında, aksel olmayan nonlineer modelin uygulanabilirliğini araştırmışlar, yaptıkları çalışmayı plastik modele dayalı olarak geliştirip, belirlenen modeldeki hesap değerleri ile aksel yük etkisindeki değişiklikleri ve enine deformasyonları bulmuşlardır [ElMandoh, 2003].

**Can (1997)**, yaptığı deneysel çalışmada, yalın kolon, monolitik bir döküm referans elemanı, güçlendirilmiş ve onarılmış kolonlar üzere dört deney elemanı eksenel yük altında test edilmiştir. Deney kolonları ile ilgili deneysel çalışma sonuçları, monolitik kolonun dayanımı ve dayanım azalması, enerji tüketimi, süneklik ve rijitlik değerleri ile karşılaştırılarak yorumlanmış ve sonuçlar üretilmiştir. Sonuçlar onarılmış ve güçlendirilmiş kolonların kesit düzeyinde oldukça başarılı olduklarını göstermiştir. Bu kolonlar, monolitik referans kolon kapasitesinin yaklaşık %90'ı kadar bir kapasite sergilemiştir [Can, 1997].

**Yılmaz ve Kaltakçı (2001)**, yaptıkları çalışmada, kare kesitli olarak seçilmiş eksenel yük etkisindeki etriyeli betonarme kolonların davranışına sünekliğine etki edecek etriyelerin sıklığı ile betonda çelik tel fiber kullanımının katkısını deneysel olarak incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarla çelik tel fiberli, fibersiz, etriye sıklaştırması yapılmış ve yapılmamış kolon numunelerinin davranışlarını karşılaştırmışlar ve eksenel yük açısından daha iyi bir sonuç elde edilmesi açısından yeterli sonuçlara ulaşmışlardır [Yılmaz, 2001].

**M. N. S. Hadi ve J.Li (2004)** yaptıkları çalışmada, rijitlik ve durabilite özellikleri yönünden kullanımında bir çok avantaj sağlayan yüksek mukavemetli betonlardan imal edilen betonarme kolonların gevrek özellikler göstermesi ve sünekliğinin az olması, periyodik ve ani yükler altında kırılma özellikler göstermesi, pratikte de her zaman eksenel yüklerle karşılaşılması, yüklerin genellikle eksantrik olarak etki etmesi sebebiyle yapıların betonarme kolonlarının eksantrik yükler altındaki davranışını ve bu kolonları galvanizli çelik plakalarla güçlendirerek yük taşıma kapasitelerini ve deformasyon özelliklerini incelemişlerdir [Hadi, 2004].

**Tablo 3.1.** Beton karma suyu olarak kullanılan suyun kimyasal özellikleri.

PH	Elektriksel İletkenlik mmho/cm [25° C]	Fiziksel Özellikler				Kimyasal Özellikler				
		NTU	Cl mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Organik Madde	Co <sub>3</sub> mg/l	FS <sup>0</sup> mg/l	Mg <sup>++</sup> mg/	Toplam Tuz
7,7	2250	<5	245,8	187	135	1.9	23	92	107.4	1540

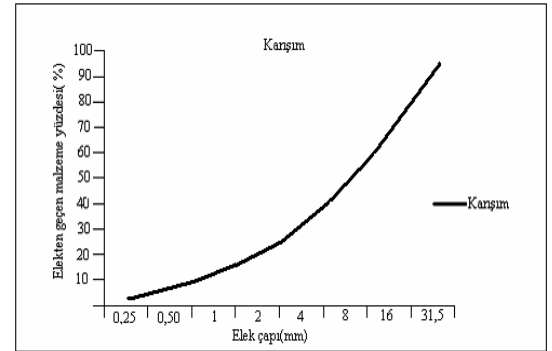
## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Araştırmada betonun üretiminde kullanılan normal agrega, çimento, donatı ve karma suyuna ait teknik bilgiler aşağıda verilmiştir.

### Agrega Özellikleri

Betonun üretiminde kullanılan agrega, Konya civarında bulunan ve bölgede yaygın olarak kullanılan kırma taş tesislerinden temin edilmiştir. Kırma taş tesislerinden temin edilen iri agreganın sıkışık birim ağırlığı 1750 kg/m<sup>3</sup>, gevşek birim ağırlığı 1480 kg/m<sup>3</sup>, su emme oranı %1.1, ince agreganın sıkışık birim ağırlığı 1960 kg/m<sup>3</sup>, gevşek birim ağırlığı 1495 kg/m<sup>3</sup>, su emme oranı da %75'dir. Kullanılan agreganın granülometri eğrisi Şekil 3.1'de verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Kullanılan agreganın granülometri.

### Beton karma suyu ve çimentonun özellikleri

Araştırmada kullanılan betonun karma suyu laboratuvar ortamında kullanılan şebeke suyundan sağlanmıştır. Kullanılan su S.Ü. Kimya bölümünde analiz edilmiş ve sonuçları Tablo 3.1. de verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Araştırmada kullanılan çimento değerleri ile TS-EN 1971/1/2002’de istenen değerler.

Özellik	T.S. 12143’de İstenen değerler	Araştırmada kullanılan çimento değerleri
<b>Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>)</b>		
En çok %	3.5	2.99
<b>Klorür(Cl)</b>		
En çok %	0.1	0.008
<b>Toplam Katkı Miktarı</b>		
En çok %	20	18.16
<b>Priz Başlama Süresi</b>	≥1 saat	2 saat 37 dakika
<b>Hacim Genişlemesi</b>	≤10 mm	3 mm
<b>Basınç</b>	2 gün	
	10	22.9
<b>Dayanımları</b>		
( N/mm <sup>2</sup> )	28 gün	62.5
		45.6

Betonların üretiminde, Konya Çimento Sanayi A.Ş. tarafından üretilen ve özgül ağırlığı 3 kg/dm<sup>3</sup> olan katkıli portland çimentosu (KPÇ/A-42.5) kullanılmıştır. Kullanılan bu çimentonun Konya Çimento Sanayi A.Ş. laboratuvarlarında TS-EN 1971.1.2002’e göre uygunluğu araştırılmış, bu araştırma sonucu elde edilen değerler, standart değerleri ile beraber Tablo 3.2.’de verilmiştir.

#### Donatının Özellikleri

İmal edilen kolon numunelerinde boyuna ve enine donatı olarak İskenderun Demir Çelik

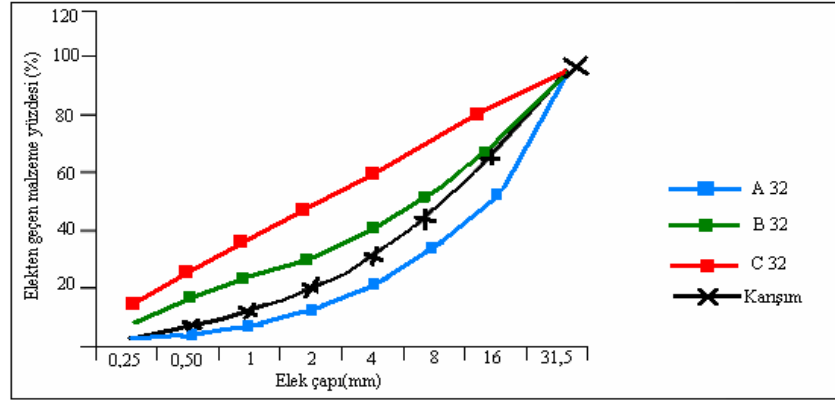
Fabrikası’ndan temin edilen TS 500’de verilen ve TS 708’e uygun olan düz yüzeyli ve nervürlü çelik çubuklar kullanılmıştır. BÇI, BÇIII donatı çelik çubuklarının çapları etriyelerde 6 mm, boyuna donatılarda 8 mm olarak seçilmiştir. Kolon boyuna donatısı için kullanılan çelik çubuklardan, etriyelerde dahil olmak üzere, her bir çap için 3’er adet örnek alınmış, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Laboratuvarları’nda bulunan Ünersal çekme deneyi aletinde TS-EN 10002/1/2004’e uygun olarak çelik çekme testlerine tabi tutulmuştur. Sonuçlar Tablo 3.3. de gösterilmiştir.

**Tablo 3.3.** Donatı çeliğinin çekme deneyi sonuçları

Donatı Çapı (mm)	Donatı Sınıfı	Anma Çapı (mm)	Akma Dayanımı f <sub>yk</sub> (kg /cm <sup>2</sup> )		Kopma Dayanımı f <sub>su</sub> (kg /cm <sup>2</sup> )		Kopma Uzaması (ε <sub>su</sub> )	
			Min.	Deneyse I	Min	Deneyse I	Teori k	Deneyse I
6	S220	61	2200	2460	3400	3400	0,18	0,15
8	S220	81	2200	2580	3400	3900	0,18	0,14
6	S420	57,4	4200	2680	5000	5700	0,12	0,10
8	S420	77,4	4200	4400	5000	6000	0,12	0,18

**Tablo 3.4.** Araştırmada kullanılan normal agreganın elekten geçen malzeme yüzdeleri.

Malzeme Karışım %	Elek Çapı							
	0.25	0.50	1	2	4	8	16	31.5
	5.6	9.8	15.5	27	43.5	61	79	100

**Şekil 3.2.** Normal agreganın granülometrisi ve elverişli granülometrik bölgeler.**Metot****Deneylerde kullanılan betonların hazırlanması****Agrega**

TS 802'de verilen elverişli granülometrik bölgelerle karşılaştırmalar yapılmış ve uygun oranlar bulunmuştur. Agregaların ve karışımın elekten geçen malzeme yüzdeleri Tablo 3.4.'de, karışımların granülometrisi ile elverişli granülometrik bölgeler Şekil 3.2.'de verilmiştir.

**Çimento dozajı ve su miktarı**

Kullanılan beton karışımlarında C10 betonunda çimento dozajı 180 kg/m<sup>3</sup>, C20 betonunda ise 360 kg/m<sup>3</sup> olarak öngörülmüş ve karışımlar hazırlanmıştır. Karışımlarda Su/Çimento oranı C10 betonu için 1.00, C20 betonu için 0.50 olarak karışımlar hazırlanmıştır.

**Beton karışım hesapları**

Laboratuarda hazırlanan bütün betonlarda granülometri aynı tutulmuştur. 1m<sup>3</sup> sıkıştırılmış

betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarı TS 802'deki bağıntılarla hesap edilmiştir.

**Beton üretim işlemleri; karıştırma, yerleştirme, kür ve dayanım özellikleri**

Toplam 16 adet numune için 0.5m<sup>3</sup> C10 betonu, 0.5m<sup>3</sup> C20 betonu hazırlanmıştır. Beton yerde karışımı tamamlanan taze beton, yakınına getirilmiş olan numune kalıplarına kürek vasıtası ile aktarılmıştır. Öncelikle ilk tabaka, şişle vurularak yerleştirilmiş, daha sonra beton, dalıcı vibratör tarafından sıkıştırılmıştır[Tümer,1997,Yalduz,1997]. Beton hazırlama ve dökme işlemi ilk önce C 10 betonu için yapılmış, daha sonra C20 betonu hazırlanarak aynı işlemler tekrar edilmiştir. Hazırlanan numune betonlardan 3'er adet 15x15x15'lik küp numune kalıpları, beton basınç dayanımının tespiti için, ayrı ayrı doldurulmuş ve 25 kez şişlenerek sıkıştırılmıştır. Şişle sıkıştırılmaya ek olarak sarsma tablasında 10 sn kadar sıkıştırma işlemi devam ettirilerek tamamlanmıştır[Atımtay, 2000].

**Tablo 3.5.** Kullanılan beton karışımlarının özellikleri ile küp numunelerinin basınç dayanım değerleri.

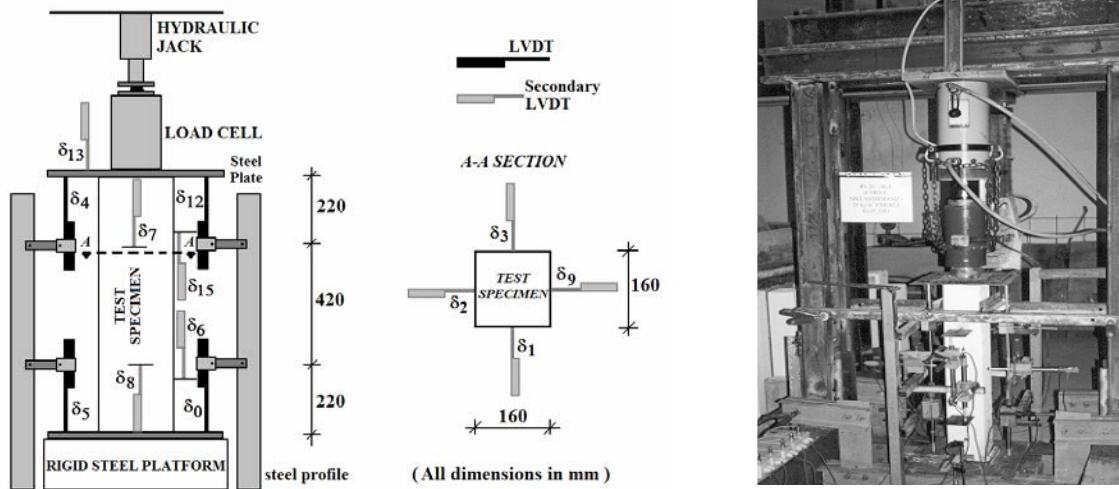
Numune No	Beton Sınıfı	Dozaj (kg/m <sup>3</sup> )	(E/C)	f <sub>c,28</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
N <sub>1</sub> (Küp)	C10	180	1	100
N <sub>2</sub> (Küp)	C10	180	1	106
N <sub>3</sub> (Küp)	C10	180	1	113
N <sub>4</sub> (Küp)	C20	360	0.50	205
N <sub>5</sub> (Küp)	C20	360	0.50	202
N <sub>6</sub> (Küp)	C20	360	0.50	200

Hazırlanmış olan kolon numuneleri beton döküldükten 48 saat sonra kalıplardan çıkarılmış ve laboratuarda ıslak çuvallara sarılarak kürleri sağlanmıştır. C10 betonunda kötü beton elde etmek amacıyla ıslak çuvallar ilk 72 saat sarılmış daha sonra sulama işlemi düzensiz olarak devam etmiştir. C20 betonu 21. güne kadar ıslak çuvallar ile sarılı olarak bekletilmiş daha sonra 28. güne kadar laboratuvar ortamında oda sıcaklığında bekletilerek 28. günden sonra deneye tabi tutulmuştur. 28 gün bekleyen küp numuneler üzerinde yapılan basınç deneylerinde Tablo 3.5'deki değerler bulunmuştur.

### Deney Düzenegi

Normal beton ile üretilmiş, etriyeli ve fretli, aynı kesit alanına ve donatı oranına sahip betonarme kolonların davranış ve taşıma güçlerinin irdelenip karşılaştırılması ve yapılan deneylerin güvenlik aralığını tespit etmek

amacıyla 16 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Bunlardan 4 tanesi kare kolon, 4 tanesi dikdörtgen kolon, 4 tanesi dairesel etriyeli, 4 tanesi ise dairesel fretli kolon olarak seçilmiş, donatı kalitesi ve etriye aralığı eşit ve aynı oranda seçilmiş diğer parametrelerdir (Tablo 3.6). Şekil 3.3'de şematik olarak ve Resim 3.2'de genel olarak deney düzeneği görülmektedir. Kolona uygulanacak eksenel yük için elektrikli motorla yapılan yüklemenin hızı saniyede ortalama 1 ton olacak şekilde seçilmiştir[Neville,1969.,Atımtay,1998]. Kolona uygulanan eksenel yükü kolon üst yüzeyine yerleştirilen kalın çelik plaka (20mm.) ile kolon kesitine düzgün olarak yayılması sağlanmıştır. Kolon alt yüzeyi ise çerçeveye bağlı sabit rijit kütleyle oturtulmuştur. Kayıt tutucu olarak Loadcell kullanılmıştır. Kolonda 6 farklı noktaya LVDT ölçüm aletleri (deplasman ölçer) konularak, elemanda yük etkisiyle meydana gelen yerdeğiştirmeler ölçülmüştür.

**Şekil 3.3.** Deney düzeneğinin şematik görünüşü.

### Deneyde kullanılan kolon özellikleri

Deneyler için üretilen kolonlarda beton için seçilen malzeme kalitesi C10 ( $f_{ck}=100\text{kg/cm}^2$ ) ve C20 ( $f_{ck}=200\text{kg/cm}^2$ ) olarak seçilmiştir. Donatıda ise BÇ I ( $f_{yk}=2200\text{kg/cm}^2$ ), BÇ III ( $f_{yk}=4200\text{kg/cm}^2$ ) dir. BÇ I ve BÇ III tipi donatıdan ayrı ayrı imal edilen kolon numuneleri, kendi içinde etriyelerle veya fretlerle sarılmıştır. Kolon numunelerinin her birinden ayrı ayrı dörder adet imal edilmiştir. İmal edilen kolonların tamamının alanları  $314\text{cm}^2$  olup, her bir kolondaki donatı oranı aynıdır. Deneyde kullanılan kolon numune özellikleri Tablo 3.6.'da verilmiştir.

### Kolon Testi

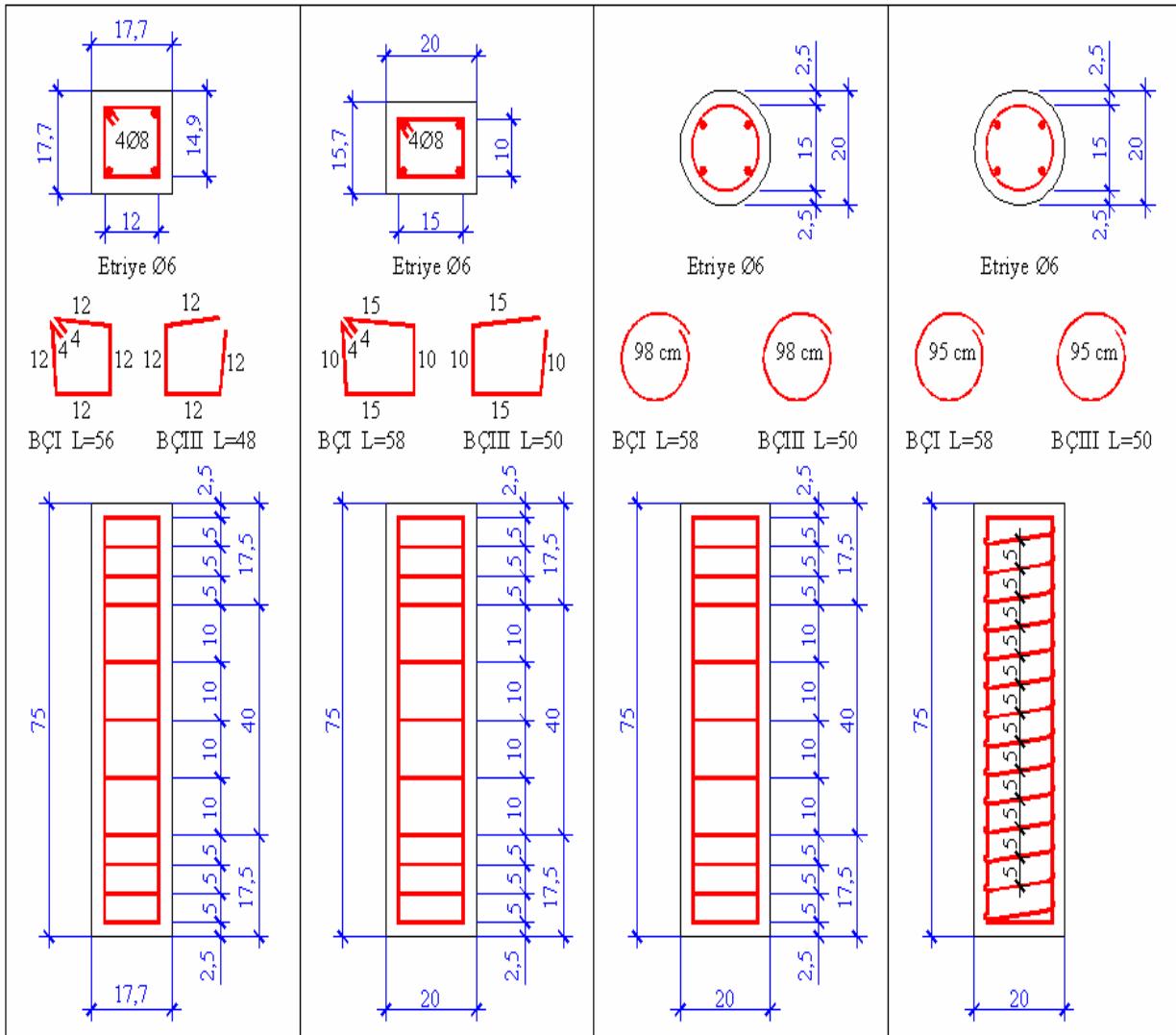
Deneyler 16 adet kolon numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan kolonlar S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında bulunan eğilme çerçevesinde deneye tabi tutulmuştur. Numunelerin deneyden önceki görüntüleri Resim 3.1'de verilmiştir. Kolon eksenine yapılan yükleme 97 ton kapasiteli Loadcell kullanılarak yapılmıştır. Yüklemenin yapıldığı kolon yüzeyine yükün düzgün olarak verilebilmesi için kolonun üst yüzeyine  $20\times 20\times 2\text{cm}$  boyutlarında çelik levha yerleştirilmiştir[Aksan,1988, Can,1995, Ersoy,1991]. Yerleştirilen çelik levhanın yerleştirilmesine ve terazisinde olmasına dikkat edilmiştir (Resim 3.1). Yükleme başlatılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Kolon numunelerinin donatı dağılımı ve donatı özellikleri Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Yapılan deneylerden bazılarına ait resimler, deney düzeneği ile birlikte deney başı ve sonundaki görüntüleri ile Resim 3.2. de verilmiştir.

**Tablo 3.6.** Deneylerde kullanılan kolon numunelerinin özellikleri.

Deney No	Numune Türü	Beton Türü	Donatı Tipi	Etriye Durumu
1	Kare Kolon	C10	BÇI	Etriyeli
2	Kare Kolon	C10	BÇIII	Etriyeli
3	Kare Kolon	C20	BÇI	Etriyeli
4	Kare Kolon	C20	BÇIII	Etriyeli
5	Dikdörtgen Kolon	C10	BÇI	Etriyeli
6	Dikdörtgen Kolon	C10	BÇIII	Etriyeli
7	Dikdörtgen Kolon	C20	BÇI	Etriyeli
8	Dikdörtgen Kolon	C20	BÇIII	Etriyeli
9	Dairesel Kolon	C10	BÇI	Etriyeli
10	Dairesel Kolon	C10	BÇIII	Etriyeli
11	Dairesel Kolon	C20	BÇI	Etriyeli
12	Dairesel Kolon	C20	BÇIII	Etriyeli
13	Dairesel Kolon	C10	BÇI	Fretli
14	Dairesel Kolon	C10	BÇIII	Fretli
15	Dairesel Kolon	C20	BÇI	Fretli
16	Dairesel Kolon	C20	BÇIII	Fretli



Resim 3.1. Deneyler yapılmadan önce numune ve düzenek görüntüsü.



Şekil 3.4. Deneylerde kullanılan kolonların boyutları ve donatı dağılımı.





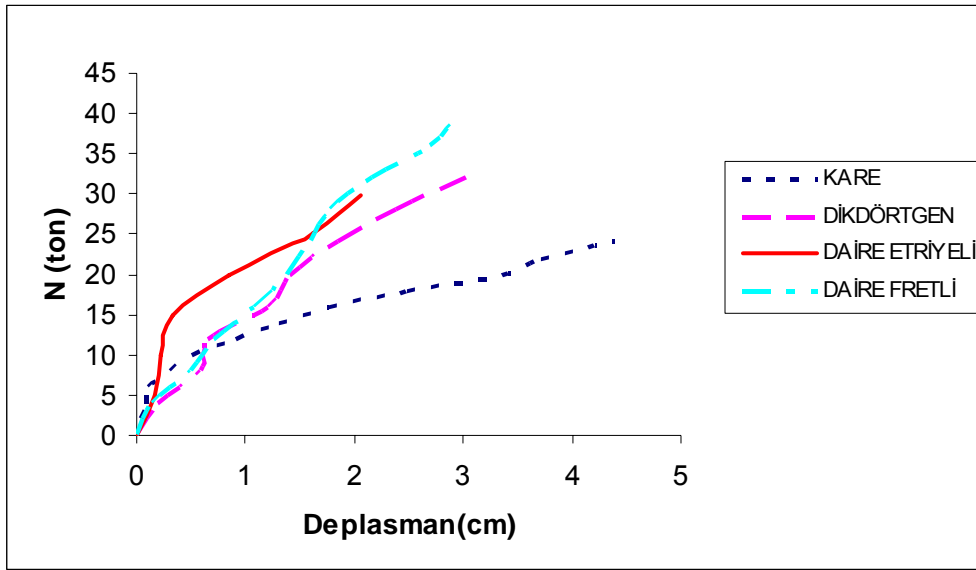
**Resim 3.2.** Deneş düzeneği ve deneş numunelerinin deneş öncesi ve sonrası durumu.

## BULGULAR VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmada yapılan deneyler kendi içlerinde sınıflandırılarak karşılaştırılmış, farklı geometriye sahip kolon numunelerinin aynı özelliklerde beton ve donatı kalitesine sahip oldukları zaman yük taşıma kapasiteleri

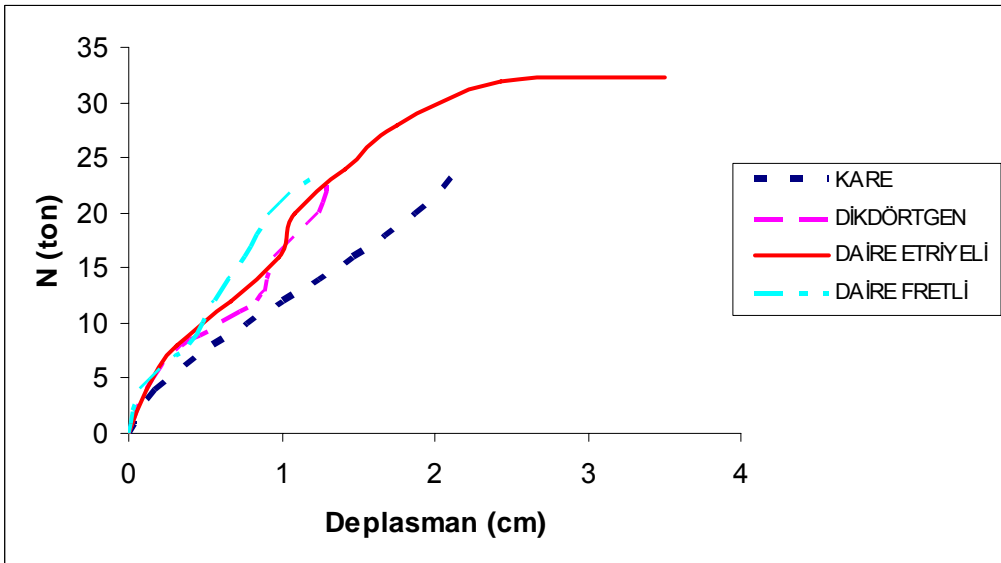
grafiklerle aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.1.,4.2.,4.3.,4.4.). Yapılan deneyler sonucunda şantiye şartlarında kötü üretilmiş betonların yük taşıma kapasitelerinin, iyi olarak üretilmiş kolonlara göre çok düşük olduğu, geometrisi dairesel olan kolonların daha az deformasyon yaptığı görülmüştür.

### C10 – BÇI Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması



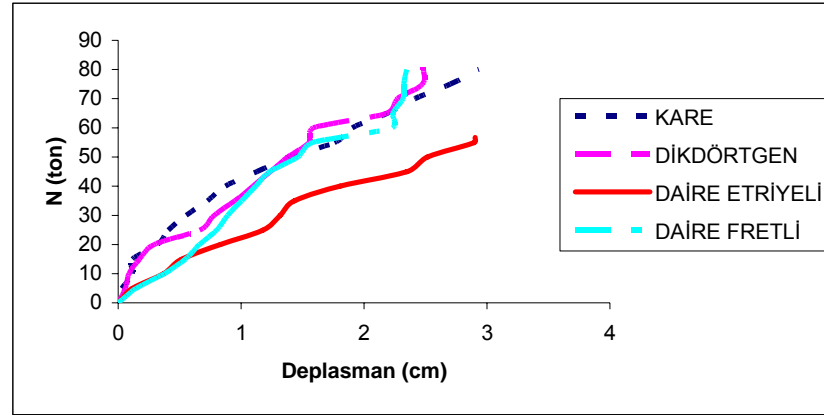
Şekil 4.1. C10 – BÇI Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasiteleri.

### C10 – BÇIII Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması



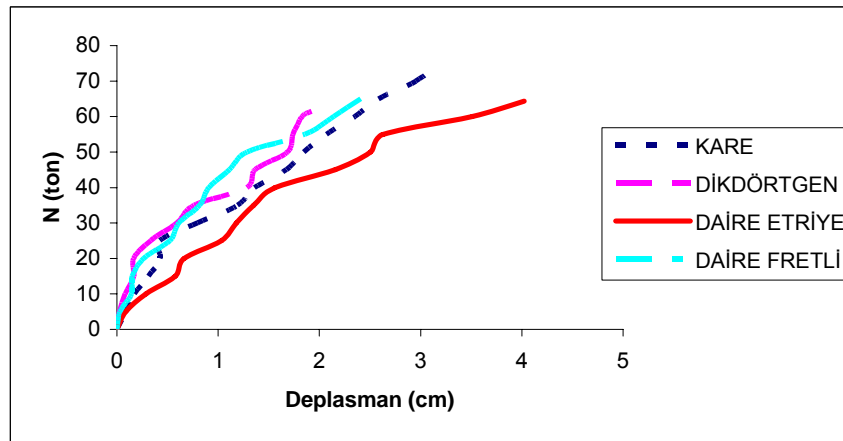
Şekil 4.2. C10 – BÇIII Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasiteleri.

### C20 – BÇI Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4.3. C20 – BÇI Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasiteleri.

### C20-BÇIII Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4.4. C20 – BÇIII Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasiteleri.

## SONUÇ

Kolonlarda yapılan deneyler sonucunda elde edilen deneysel eksenel yük taşıma kapasiteleri ve teorik eksenel yük taşıma kapasiteleri ile maksimum boyuna birim kısaltmalar Tablo 4.1. de verilmiştir.

Tablo 4.1.'den de görüleceği gibi kötü beton kalitesine ve donatıya sahip kolonların yük taşıma kapasiteleri oldukça düşük olmaktadır. Deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığı zaman en güçlü, yani eksenel yük taşıma kapasitesi en fazla olan kolon numunelerinin kare kolon numuneleri olduğu

ve fretle sarılmış kolon numunelerinde deplasmanların diğer geometrilere sahip kolonlara göre daha az olduğu belirlenmiştir. Karşımıza çıkan en önemli sonuç, şantiyede üretilen C10 ve C20 betonları ne kadar dikkatli üretilip bakımı sağlansa da, bilgisayar kontrollü üretilen standart beton davranışını sergileyemedikleri ortaya çıkmış, üretilen C10 kötü betonu ile C20 iyi betonu arasında birkaç kata kadar yük taşıma kapasitesi farkı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak ne kadar dikkat edilirse edilsin, şantiye şartlarında C20 betonu özelliklerini sağladığına inanılan iyi betonlar ile imal edilen betonarme yapılar, , kür şartlarının dikkatli sağlanmaması, karışımın homojen

olmaması veya değişik nedenlerden dolayı, bilgisayar destekli ve standartlara uygun olarak üretilmiş ve donatılmış betonarme yapılara göre yük taşıma kapasiteleri çok az olduğu ortaya çıkmaktadır. Şantiye şartlarında üretilen ve C20 veya C10 olarak kabul edilen bu betonların

teorik olarak beklenen aksenal yük taşıma kapasitesine bile erişemedikleri veya çok anlamsız sonuçlar verdikleri ve bu şekilde yapılan yapıların insan ve sosyal hayatı tehdit ettiği ortaya çıkmıştır.

**Tablo 4.1.** Teorik, deneysel yük taşıma kapasite değerleri ve max. boyuna kısılma değerleri.

Beton Sınıfı	Kolon Şekli	Deneysel No	Donatı Tipi	Teorik Aksenal yük	Deneysel Aksenal yük	Deplasman
C10	Kare	1	BÇI	31,09	23,1	4,38
		3	BÇIII	35,09	13,97	2,16
	Dikdörtgen	5	BÇI	31,09	31,5	3,03
		7	BÇIII	35,09	18,37	1,30
	Etriyeli	9	BÇI	31,09	29,75	2,05
	Dairesel	11	BÇIII	35,09	32,2	3,49
	Fretli	13	BÇI	31,09	39,02	2,98
	Dairesel	15	BÇIII	35,09	23,62	1,24
C20	Kare	2	BÇI	57,78	80,5	2,93
		4	BÇIII	61,78	78,05	3,19
	Dikdörtgen	6	BÇI	57,78	80,85	2,48
		8	BÇIII	61,78	61,42	1,92
	Etriyeli	10	BÇI	57,78	56,7	2,9
	Dairesel	12	BÇIII	61,78	64,4	4,02
	Fretli	14	BÇI	57,78	73,85	2,35
	Dairesel	16	BÇIII	61,78	63,35	2,40

## DENEY SONUÇLARININ SORGULANMASI

### T Testi

#### Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Teorik yük	46,4350	16	13,93658	3,48415
Gerçek yük	48,7856	16	23,18996	5,79749

#### Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Teorik yük – Gerçek yük	-2,35063	12,01894	3,00474	-8,75507	4,05382	-,782	15	,446

Deneylerden elde edilen gerçek yük değerleri ile teorik olarak bulunan yük değerleri arasında eşlenik t testi uygulanmıştır. t testinin uygulanma nedeni aynı numuneye farklı denemeler yapılmasıdır. t test sonuçlarına göre iki hesap değeri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır( $p=0,446$ ). Buna göre teorik olarak bulunan değerlerin ortalaması

$X_T= 46,435$  ton ve deneysel yük değerlerinin ortalaması  $X_D=48,793$  ton bulunmuştur. Nitekim her iki yöntemin ortalama değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur. Bu durumda, deneyler için oluşturulan betonarme kolonların imal şeklinin ve yapılan deney sonuçlarının yukarıdaki yaklaşımla %95 uygun olduğu söylenebilir.

### Varyans Analizi

#### Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Beton cinsi	1	c10	8
	2	c20	8
Geomerik şekil	1	Kare	4
	2	Dikdörtgen	4
	3	ETR-Dairesel	4
	4	FRT-Dairesel	4

Dependent Variable: Gerçekyük

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7581,839(a)	7	1083,120	17,874	,000
Intercept	38080,595	1	38080,595	628,426	,000
Beton cinsi	7126,314	1	7126,314	117,602	,000
Geomerik şekil	71,326	3	23,775	,392	,762
Beton cinsi * Geomerik şekil	384,198	3	128,066	2,113	,177
Error	484,774	8	60,597		
Total	46147,208	16			
Corrected Total	8066,613	15			

a R Squared = ,940 (Adjusted R Squared = ,887)

#### 1. Beton cinsi

Dependent Variable: Gerçek yük

Beton cinsi	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
C10	27,681	2,752	21,335	34,028
C20	69,890	2,752	63,543	76,237

## 2. Geometrik Şekil

Dependent Variable: Gerçek yük

Geometrik şekil	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Kare	51,383	3,892	42,407	60,358
Dikdörtgen	48,035	3,892	39,060	57,010
ETR-Dairesel	45,763	3,892	36,787	54,738
FRT-Dairesel	49,963	3,892	40,987	58,938

Yapılan deneylerde veriler tekerrür etmediği için Varyans analizi sonuçları alınamamıştır. Fakat yapılan deneylerde kullanılan malzeme ve geometrik şekillerin sonuçlarla karşılaştırıldığı zaman, yapılan deneylerde bulunan sonuçların %95 güven aralığını sağladığı tespit edilmiştir. Deneyler tekrar yapıldığı takdirde farklı

sonuçlar elde edilecek ve tekerrür sayısı artacak olduğundan çok daha sağlam sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu tip deneylere başlamadan önce analiz metotlarını belirleyip deney numunelerini ve adetlerini belirlemek daha uygun olacaktır.

### KAYNAKLAR

- Aksan, B. 1988 " Jacketed Column Behaviour Under Bending and Axial Load" MSc Thesis, Middle East Technical University, Ankara, January
- Atımtay, E., "Reinforced Concrete: Fundamentals" Bizim Büro Basımevi, Ankara,1998
- Atımtay, E., "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar) "" Bizim Büro Basımevi, Ankara, 2000
- Can, H., "Çelik Korniyerler ile Güçlendirilmiş/Onarılmış Betonarme Kolonların Eksenel Yük Altında Davranışı" İ.M.O. Teknik Dergi, Cilt 8, Sayı 1, 1997
- Can. H., 1995 " Betonarme Kolonların Komşu İki Yüzünden Manto İle Onarımı Ve Güçlendirilmesi", TMMOB,Teknik dergi,Cilt6, Sayı1, Ocak
- ElMandooh Galal, K. Ghobarah., A. "Flexural And Shear Hysteretic Behaviour Of Reinforced Concrete Columns With Variable Axial Load" Engineering Structures, Volume 25, Issue 11, September 2003, Pages 1353-1367
- Ersoy. U., Tankut., 1991 "Jacketed Column Subjected to Combined Axial Load and Reserved Cyclic Bending" Proceedings, Sixth Canadian Conference on Earthquake engineering, Toronto, June.
- Hadi, M. N. S., Li, J. "External Reinforcement of High Strength Concrete Columns" Composite Structures, Volume 65, Issues 3-4, September 2004, Pages 279-287
- Neville, A.M., 1969 " Properties of Concrete", Longman Scientific &Tech. Publ. Third Edition, London.
- Okkalı, S., Şener, S., "Yüksek Dayanımlı Betonarme Kolonlarda Boyut Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1998
- Tümer, Ö., Özcebece, G., "Eksenel Yüklü Fretli Yüksek Dayanımlı Beton Kolonlar" Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1997
- Ünsal, F., Can, H., "Betonarme Kolonların (Kare ve Fretli) Eksenel Yük Altında Fretli Manto ile Onarımı ve Güçlendirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1998
- Yalduz, F.C., Özcebece, G., "Eksenel Yüklü Fretli Normal Dayanımlı Beton Kolonlar" Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1997
- Yılmaz, Ü.S., Kaltakçı, M.Y., "Eksenel Yük Etkisindeki Çelik Tel Fiber Takviyeli Etriyeli Betonarme Kolonların Davranışı" Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,2001