

İKİ EKSENLİ EĞİLME VE EKSENEL BASINÇ ALTINDA BETONARME KOLON DENEYLERİ

Cengiz DÜNDAR, Serkan TOKGÖZ, Tarık BARAN ve İlker Fatih KARA
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında iki eksenli eğilme ve eksenel basınç altında test edilen betonarme kolonların deneysel çalışması sunulmaktadır. Deney çalışmasında numunelerin yük-deplasman davranışları ve taşıma gücü kapasiteleri elde edilmiştir. Numunelerin deneysel olarak elde edilen taşıma gücü kapasiteleri, deney parametreleri (beton basınç dayanımı, çelik akma dayanımı, numune geometrisi, eksantrisite) kullanılarak yapılan analiz sonucu elde edilen taşıma gücü değerleri ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu gözlenmiştir.

TESTS ON REINFORCED CONCRETE COLUMNS UNDER BIAXIAL BENDING AND AXIAL LOAD

ABSTRACT : In this study, experimental study of reinforced concrete columns tested at the Structures Laboratory of Cukurova University, Civil Engineering Department under biaxial bending and axial load are presented. In the experimental study, the load-deformation behavior and ultimate strength capacity of the specimens were obtained. The ultimate strength capacities of the column specimens were compared with the ultimate strength values obtained by analysis using experimental parameters (concrete compressive strength, steel yield strength, specimen geometry, eccentricity), and the results were found to be in good agreement.

1. GİRİŞ

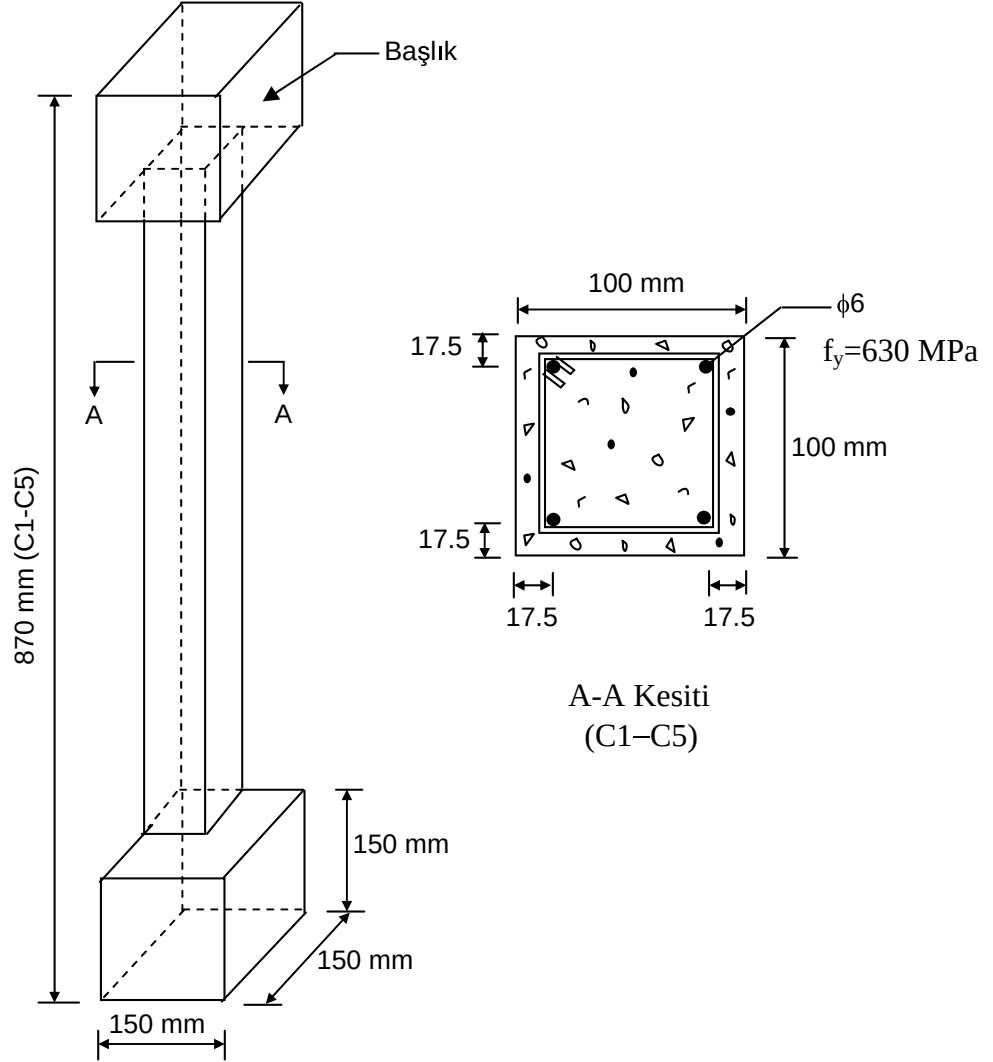
İki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz betonarme kolon elemanları çeşitli yapılarda; örneğin çok katlı binalarda, köprü ayaklarında, sanayi yapılarında vb. kullanılmaktadır. Bu tür elemanlar deprem, rüzgar yükü ve bazı durumlarda düşey yükler nedeniyle iki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz kalırlar. Bu etkiler altında problemin çözümü için bilgisayar destekli iteratif yöntemlerden faydalanmak gerekmektedir. Literatürde iki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz elemanların davranışlarını ve taşıma gücü kapasitelerini belirlemeye yönelik bir çok çalışma sunulmuştur. Furlong (1), 9 adet 130×230 mm dikdörtgen kesitli kolon numuneleri ile 14 adet 130×280 mm uçları dairesel kesitli kolon numunelerini iki eksenli eğilme ve eksenel basınç testine tabi tutmuş ve deney sonuçlarını önerdiği yöntem ile karşılaştırarak sunmuştur. Lachance (2), gelişigüzel geometriye sahip iki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz kolonların analizi için doğrusal ve doğrusal olmayan bir yöntem geliştirmiştir. Brondum-Nielsen (3), iki eksenli eğilmeye maruz gelişigüzel geometriye sahip betonarme ve öngerilmeli beton elemanların analizine yönelik bir yöntem sunmuştur. Hsu (4-6), iki eksenli eğilme ve eksenel yüke maruz L kesitli, kanal kesitli ve T kesitli betonarme kolonların taşıma gücü kapasitelerini ve yük altında meydana gelen deformasyon davranışını belirlemek üzere deneysel ve teorik çalışmalar yapmıştır. Dündar (7), iki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz kutu kesitli kolonların tasarımına yönelik bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Dündar ve Şahin (8), iki eksenli eğilme ve eksenel yük altında gelişigüzel geometriye sahip kolonların analiz ve tasarımına yönelik bir yöntem sunmuşlar ve yönteme dayalı bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir. Dündar, Tokgöz ve diğ. (9), eğik eğilmeye maruz poligonal kesitli betonarme elemanların çeşitli gerilme dağılım modelleri ile analiz ve tasarımına yönelik bir yöntem sunmuşlar ve yönteme dayalı bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir.

Ele alınan çalışmada, Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında, iki eksenli eğilme ve eksenel basınç altında iki ucu mafsallı olarak teste tabi tutulan betonarme kolonların deneysel çalışması sunulmaktadır. Deneysel çalışmanın amacı, betonarme kolonların iki eksenli eğilme ve eksenel yük etkisi altında davranışının incelenmesi ve taşıma gücü kapasitelerinin elde edilmesidir. Çalışmada, test edilen kolonlara uygulanan yükleme kısa süreli olmakta ve bu yükleme altında elemanın taşıma gücü kapasitesi ve yük-deplasman ilişkisi elde edilmektedir. Deney sonucu elde edilen değerler, Dündar, Tokgöz ve diğ. (9) tarafından önerilen teorik yöntem ile taşıma gücü kapasitesi hesabı için, beton basınç bölgesinde Hognestad modeli (10) esas alınarak analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışma kapsamında, kare kesitli (C1–C5) 5 adet kolon numunesi hazırlanmıştır. Numunelerde 6 mm çaplı ve akma dayanımı 630 MPa olan donatı, numune boyuna donatısı ve etriye olarak tasarlanmıştır (Şekil 1.). Her bir numuneye ait etriye aralığı (s) Çizelge 2’de sunulmaktadır.

Kolon numuneleri düşey yönde teste maruz tutulmakta ve özel olarak tasarlanan başlıklardan uygulanan iki yönlü eksantrik yükleme ile eleman her iki yönde eğrilik kazanmaktadır.



Şekil 1. C1–C5 numuneleri detayı ve kesiti

Hazırlanan deney numunelerinde, yükleme durumunda etkili olan başlıca parametreler aşağıda sıralanmaktadır;

- Betonun silindirik basınç dayanımı (f_c)
- Boyuna donatı tipi, çapı (ϕ) ve akma dayanımı (f_y)
- Uygulanan yükün eksantrisite değeri (e_x , e_y)
- Numune geometrisi

Deney sırasında test edilen numuneye yükleme belirli bir hızda uygulanmakta ve kısa süreli yükleme sonucunda numune taşıma gücü değerine ulaşmaktadır. Yükleme sırasında kolon orta bölgesinde meydana gelen deplasmanlar ile yük değerleri okunarak bir bilgisayara kaydedilmektedir. Böylece elde edilen datalar ile numuneye ait her iki yönde yanal yük–deplasman ilişkisi ve kolonun en çok zorlanan noktasındaki yük–birim kısalma ilişkisi elde edilmektedir.

İki eksenli yükleme sonunda taşıma gücü kapasitesine ulaşan numune, beton basınç bölgesinde ezilme ve çekme bölgesinde çatlama ile kırılmaktadır. Bu aşamadan sonra kolon numunesine etkiyen yük, taşıma gücü değerine göre giderek azalırken deplasmanlar hızla artmaktadır. Yapılan deneylerde numunelerde gözlenen kırılma başlıklarda değil, kolon ortasında veya orta bölgeye yakın yerlerde meydana gelmiştir. Bu durum numunelerin öngörülen tasarıma uygun davrandığını göstermektedir.

Deney çalışmasının en önemli parametrelerinden olan betonun hazırlığında tüm numuneler için Normal Portland çimentosu, maksimum çapı 20 mm olan yerel agregası ve iyi derecelenmiş kum kullanılmıştır. Çizelge 1’de hazırlanan numunelerin 1 m³ beton karışımı için malzeme ağırlıkça değerleri ve su/çimento oranı miktarları verilmiştir.

Çizelge 1. Hazırlanan numunelerin 1m³ beton karışım ağırlıkça değerleri

Karışım No	Kum (kg/m ³)	Çakıl (d _{max} =20 mm) (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	Çimento (kg/m ³)	Su/Çimento Oranı
C1	780	1170	130	260	0.5
C2	800	1230	160	320	0.5
C3	700	1100	140	280	0.5
C4	680	1250	180	360	0.5
C5	800	1250	170	340	0.5

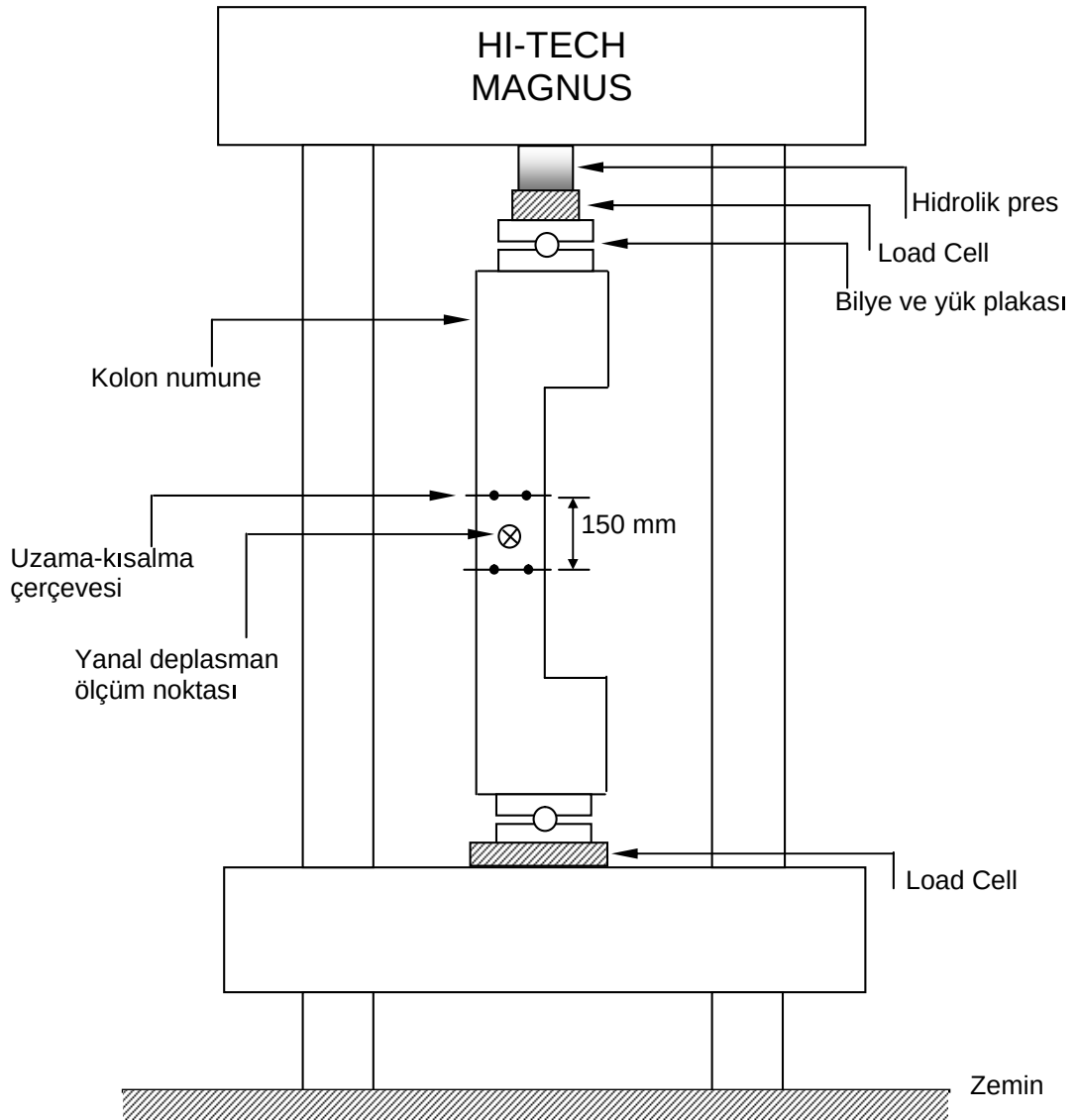
2.1. Deneyin Uygulanışı

Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı Laboratuvarında geliştirilen HI-TECH MAGNUS marka yükleme çerçevesi ile, hazırlanan betonarme kolon numuneleri (C1–C5) iki eksenli eğilme ve eksenel basınç altında teste tabi tutulmuştur. Betonarme kolon numuneleri düşey konumda test aletine yerleştirilmiş ve eksenel yönde uygulanan yükleme kısa süreli ve belirli bir hızda uygulanmıştır.

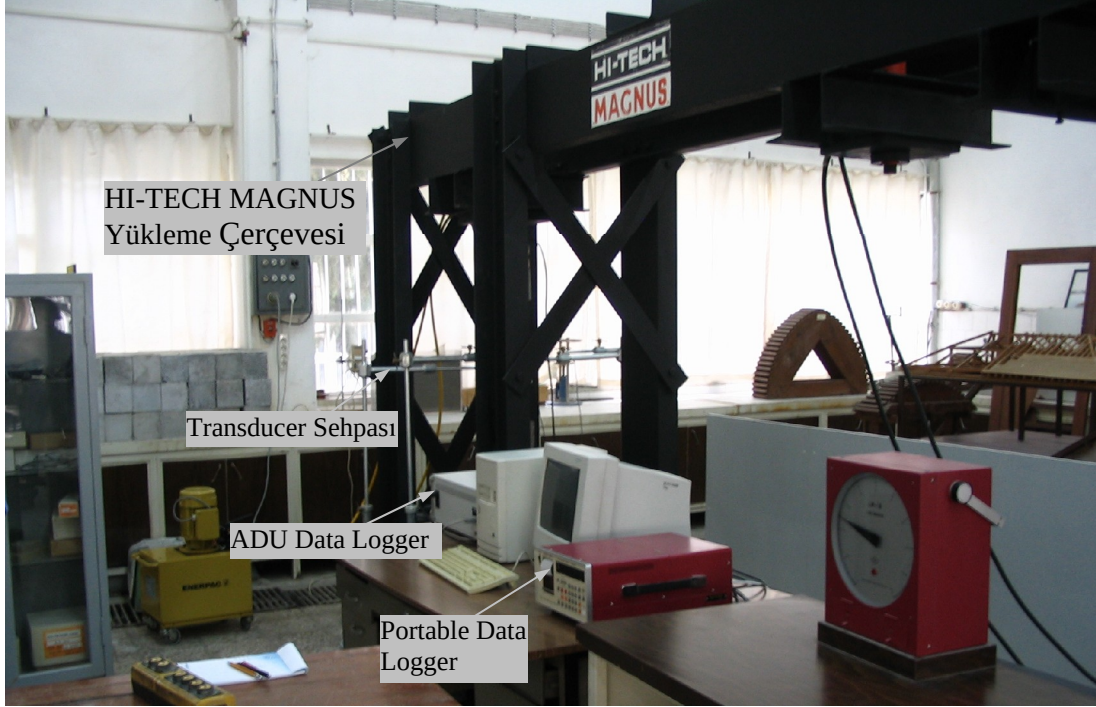
Deney çalışmasında öncelikle numuneye uygulanacak olan yükün eksantrisite değerinin alt başlık ve üst başlıkta uygun ve hassas bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Numune alt başlığı, Portable Data Logger aletine bağlı olan Load Cell üzerine özenle yerleştirildikten sonra numunenin üst başlığına ADU Data Logger aletine bağlı ikinci bir Load Cell uygulanmıştır. Böylece iki eksenli eğilme ve eksenel basınç deneyinde, numuneye eksenel yönde uygulanan yük değeri kontrollü bir şekilde iki Load Cell aracılığı ile elde edilmektedir (Şekil 2).

Bu aşamadan sonra test sırasında uygulanan yüke karşılık gelen deplasmanları okumak için numune orta noktası özenle ölçülüp işaretlenmektedir. Yanal yönde deplasman okumalarında kolon yüzüne uygulanacak olan transducer ucu ile kolon yüzü arasındaki pürüzlülüğü engellemek için kolon orta noktasına kesit genişliği boyunca alüminyum folyo kağıdı şerit halinde yapıştırılarak yüzeyi yağlanmaktadır. Böylece transducer uygulama noktasında kolon yüzündeki sürtünme en aza indirgenmiş olmaktadır. Deney sırasında yüke karşılık meydana gelen yanal deplasmanları okumak için dört adet transducer özel hazırlanan çelik sehpa ucuna bağlanarak numunenin her bir yüzüne (+x), (+y), (-x) ve (-y) yönündeki deplasmanları belirlemek için tatbik edilmektedir.

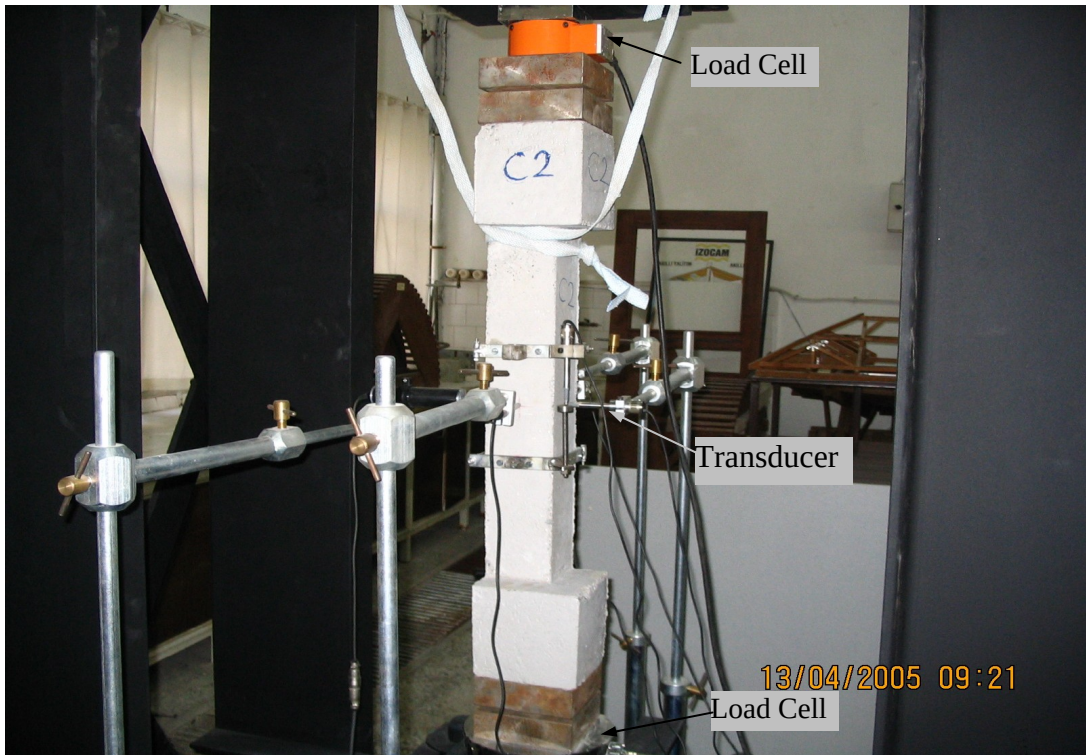
Test hazırlığının son aşamasında, numunenin en çok zorlanan noktasındaki uzama ve kısalma ölçümleri için kolon orta bölgesine göre 15 cm mesafe esas alınarak aksel uzama ve kısalma ölçümü için özel hazırlanmış olan çerçeve sistemi numuneye vidalanmak suretiyle bağlanmakta ve numune deney uygulamasına hazır duruma gelmektedir (Şekil 2-4).



Şekil 2. Yükleme çerçevesi ve deney düzeneği detayı



Şekil 3. Yüklem çerçevesi ve deney aletleri



Şekil 4. Deney düzeneği

3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Deneyssel çalışma kapsamında, iki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz olarak test edilen tüm numuneler (C1–C5), taşıma gücü kapasitesine ulaşıldıktan sonra beton basınç bölgesinde ezilme ve çekme bölgesinde çekme çatlağı ile kırılmıştır (Şekil 5–6). Deney sırasında her bir numune için okunan yük ve deplasman dataları ile numunelere ait yük–deplasman ilişkileri ve kesitin en çok zorlanan noktasındaki yük–birim kılma ilişkileri grafiksel olarak elde edilmiştir.

Kolon ortasında, uygulanan yüke karşılık gelen yanal deplasman, (1) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta = \Delta_i - \Delta_o \quad (1)$$

Burada, Δ_i , her bir yüke karşılık gelen yanal yöndeki transducer okumaları; Δ_o , ise sıfır yüklemesine ait ADU tarafından okunan deplasmanı göstermektedir.

Kolonun en çok zorlanan noktasındaki birim kılma;

$$\varepsilon = (\Delta L_i - \Delta L_o) / L_o \quad (2)$$

bağıntısı ile elde edilmektedir. Burada, ΔL_i , her bir yüke karşılık gelen kılma; ΔL_o , sıfır yüklemesine ait ADU tarafından okunan deplasman, L_o değeri ise okumalar arası mesafeyi (150 mm) göstermektedir.

Deney sonucunda numunelere ait elde edilen taşıma gücü kapasiteleri, deney parametreleri kullanılarak Dündar, Tokgöz ve diğ. (9) tarafından önerilen teorik yöntemle dayalı geliştirilen bilgisayar programı ile, beton basınç bölgesi için Hognestad modeli (10) esas alınarak taşıma gücü kapasitesi teorik olarak hesaplanmış ve karşılaştırılmalı sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. Taşıma gücü değerleri ve karşılaştırmalar

Kolon Numune	f_c (MPa)	e_x (mm)	e_y (mm)	s (cm)	N_{test} (kN)	N_u Teorik (kN)	N_u Teorik / N_{test}
C1	19.18	25	25	12.5	89	90.45	1.016
C2	31.54	25	25	15	121	127.98	1.058
C3	28.13	25	25	10	125	117.83	0.943
C4	26.92	30	30	8	99	95.21	0.962
C5	25.02	30	30	10	94	90.47	0.962
Ortalama							0.988

Yapılan analiz sonucu elde edilen sonuçlara göre, numunelerin taşıma gücü kapasite değerlerinin deneyssel değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

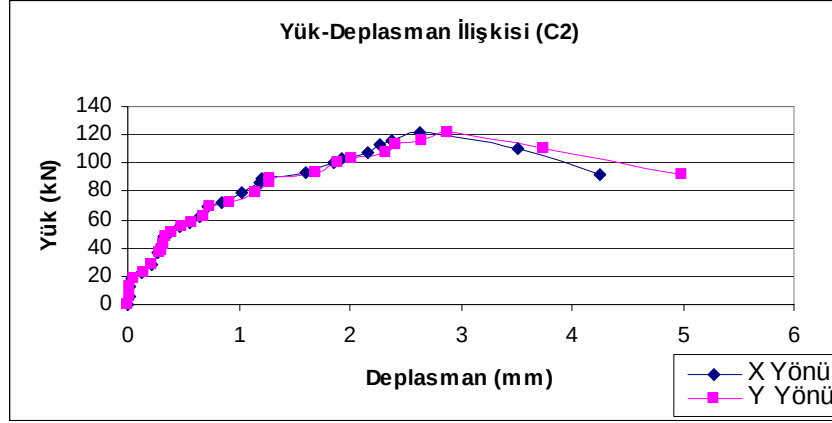
Numunelere ait yanal yöndeki yük–deplasman ve yük–birim kılma ilişkileri grafik olarak Şekil 7–14’de sunulmaktadır. Grafikler incelendiğinde elemanların taşıma gücü aşıldıktan sonra yük almaya devam ettiği ve bu yüklere karşılık elemanın oldukça büyük deformasyon yapabildiği görülmektedir. Bu durum numunelerin yükleme durumunda sünek davranış sergilediğini göstermektedir.



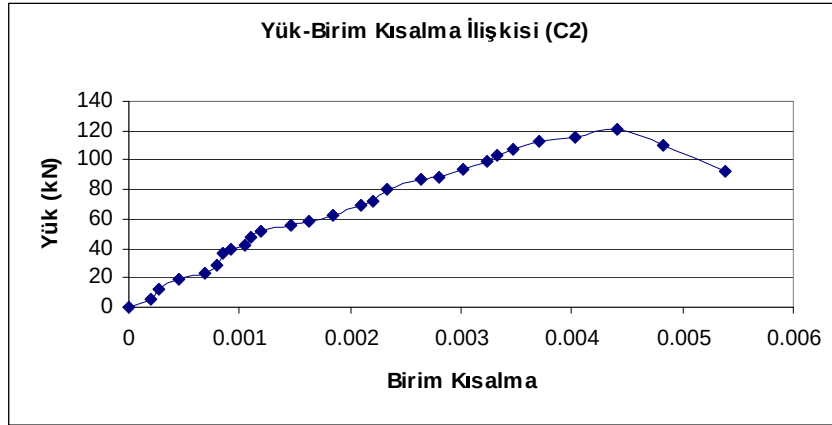
Şekil 5. Betonarme kolon basınç ezilmesi



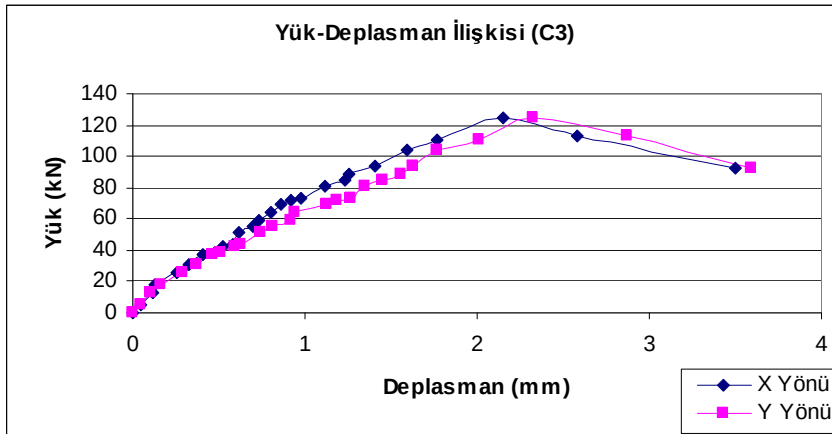
Şekil 6. Betonarme kolon çekme çatlağı



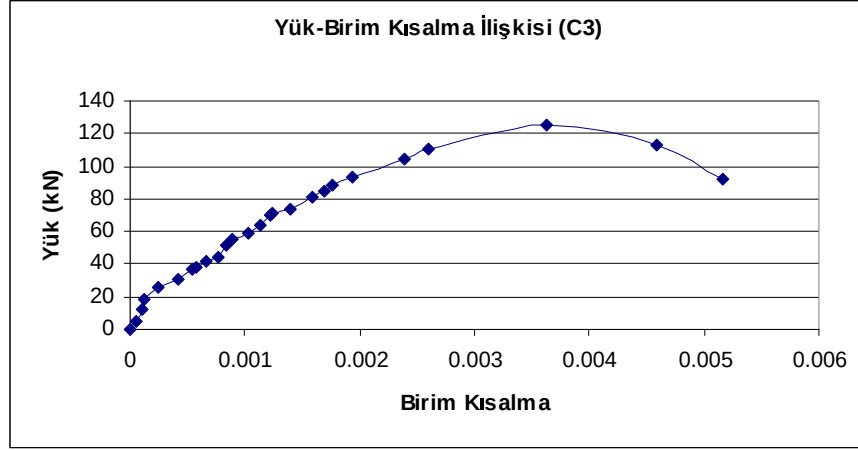
Şekil 7. C2 numunesi yük-deplasman ilişkisi



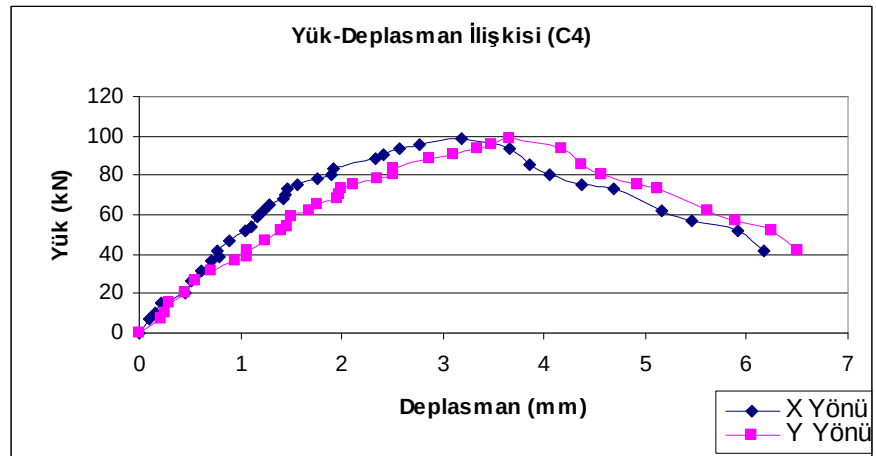
Şekil 8. C2 numunesi yük-birim kısalma ilişkisi



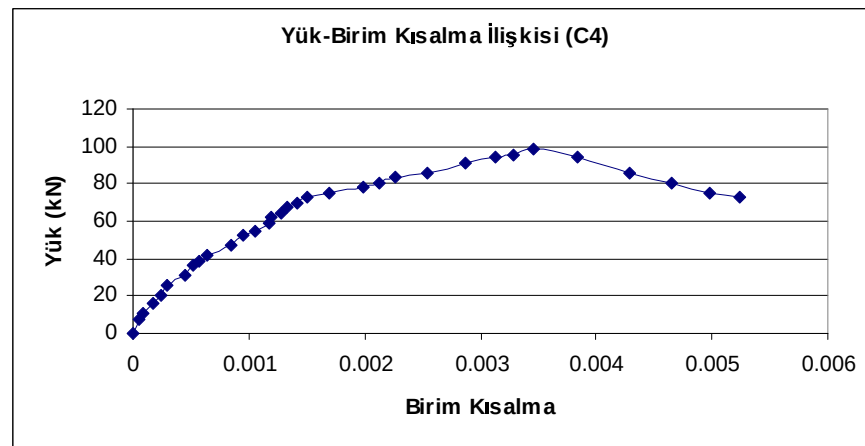
Şekil 9. C3 numunesi yük-deplasman ilişkisi



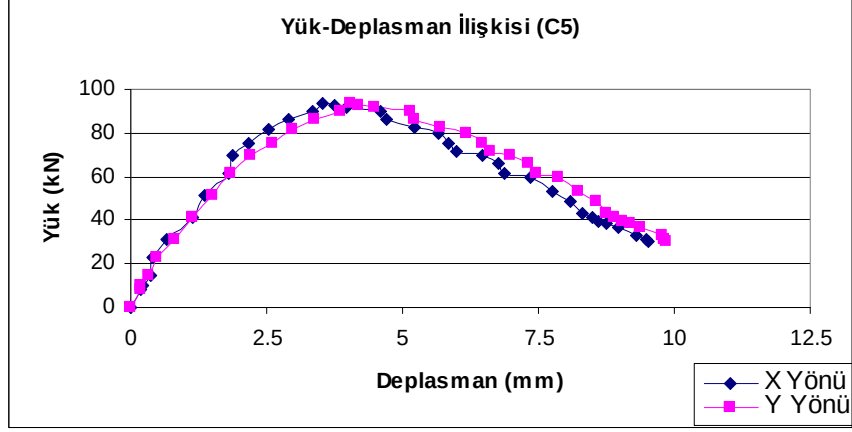
Şekil 10. C3 numunesi yük-birim kısalma ilişkisi



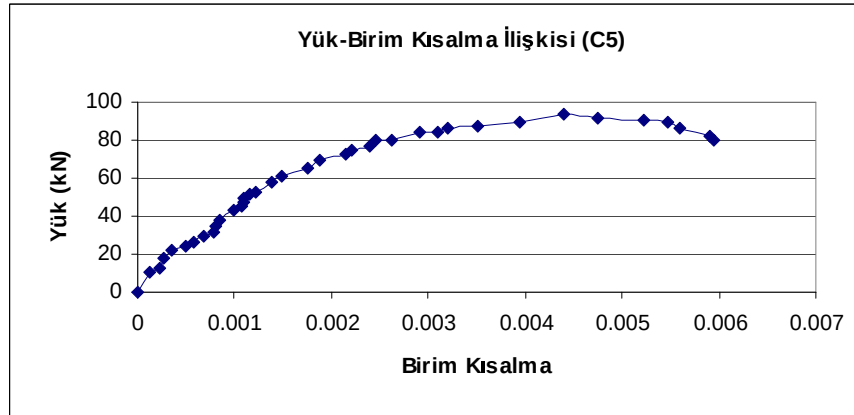
Şekil 11. C4 numunesi yük-deplasman ilişkisi



Şekil 12. C4 numunesi yük-birim kısalma ilişkisi



Şekil 13. C5 numunesi yük-deplasman ilişkisi



Şekil 14. C5 numunesi yük-birim kısalma ilişkisi

4. SONUÇLAR

Sunulan çalışmada, Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında hazırlanan betonarme kolonlar, iki eksenli eğilme ve eksenel basınç altında davranış ve taşıma gücü kapasitesini belirlemek amacıyla test edilmiştir. Deney numunelerine ait parametreler (beton basınç dayanımı, çelik akma dayanımı, numune kesit özellikleri, eksantrisite) belirlenerek deney numuneleri, teorik yöntemle dayalı geliştirilen bilgisayar programı ile beton basınç bölgesi için Hognestad modeli (10) esas alınarak analiz edilmiş ve deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre teorik olarak hesaplanan taşıma gücü kapasitelerinin deneysel sonuçlarla uyum içinde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca deney sırasında numunelerde ölçülen yanal deplasmanlar ve yük birim kısalma değerleri kullanılarak elemanların yük altında davranışları grafik ortamda elde edilmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, FBE2002D224 proje numarası ile Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Furlong, R.W., "Concrete columns under biaxially eccentric thrust", *ACI Journal*, 1093-1118, 1979.
2. Lachance, L., "Stress distribution in reinforced concrete sections subjected to biaxial loading", *ACI Journal*, 77, 116-123, 1980.
3. Brondum-Nielsen, T., "Ultimate flexural capacity of fully prestressed, partially prestressed, arbitrary concrete sections under symmetric bending", *ACI Journal*, 83, 29-35, 1986.
4. Hsu, C.T., "Biaxially loaded L-shaped reinforced concrete columns", *Journal of Structural Engineering ASCE*, 111(12), 2576-2595, 1985.
5. Hsu, C.T., "Channel-shaped reinforced concrete compression members under biaxial bending", *ACI Structural Journal*, 84, 201-211, 1987.
6. Hsu, C.T., "T-shaped reinforced concrete members under biaxial bending and axial compression", *ACI Structural Journal*, 86, 460-468, 1989.
7. Dündar, C., "Concrete box sections under biaxial bending and axial load", *Journal of Structural Engineering*, 116, 860-865, 1990.
8. Dündar, C., Şahin, B., "Arbitrarily shaped reinforced concrete members subjected to biaxial bending and axial load", *Computers and Structures*, 49, 643-662, 1993.
9. Dündar, C., Tokgöz, S., Tanrıkulu, A.K., "Analysis of biaxially loaded polygonal shaped reinforced concrete members using various stress distribution models" *Ç. Ü. Müh-Mim Fak. Dergisi*, 18(1), 77-83, 2003.
10. Hognestad, E., Hanson, N.W., McHenry, D., "Concrete stress distribution in ultimate stress design" *ACI Journal*, 27(4), 455-479, 1955.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.