



Düşük dayanımlı betona sahip betonarme kısa kolonların kesme etkileri altında davranışlarının incelenmesi

Mehmet ŞEKER

*DSİ 10. Bölge Müdürlüğü, Diyarbakır
mseker322@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9162-4684*

İdris BEDİRHANOĞLU*

*Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır
New York University Abu Dhabi, Engineering Faculty, UAE.
idris.bedirhanoglu@nyu.edu, ORCID: 0000-0001-6852-3041*

Geliş: 15.02.2019, Kabul Tarihi: 01.03.2019

Öz

Topraklarının önemli bir bölümü yüksek derecede deprem tehlikesi riskine sahip olan ülkemizde yapı inşaat kusurları da yüksek oranlarda mevcuttur. Deprem sırasında binanın hasar görmesinde etkin rol oynayan kusurların başında kısa kolon kesme dayanımı yetersizliği gelmektedir. Bu çalışmada bu tür zayıflıklara sahip kısa kolonlarının davranışları laboratuvarında üretilen temsili numunelerle incelenmiştir. Kolonların davranışının adım adım izlenip hasar gelişiminin ne şekilde olduğunu takip edebilmek amacı ile yükleme statik ve monotonik artan bir şekilde uygulanmıştır. Sonuç olarak üretilen numunelerin beklendiği gibi kesme hasarı ile gevrek bir şekilde göçtüğü görülmüş ve deneyler ile bu tür kısa kolonlar yatay yükler altındaki davranışları açıklanmıştır. Söz konusu kolonlar elde edilen bilgilerin bu tür kolonların güçlendirilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kısa kolon; betonarme; kesme göçmesi;

* Yazışmaların yapılacağı yazar

Giriş

Ülkemizin aktif deprem kuşağında yer alması ve yapılarımızın yetersiz bir şekilde inşa edilmesi olası bir depremle beraber can ve mal kaybı bakımından ağır neticeler doğurmaktadır. Yapı yetersizliklerinin en önemli ve can alıcı noktası yetersiz beton kalitesi ve yetersiz sargılamadır. (Bedirhanoglu vd., 2010; Bedirhanoglu, 2014).

Yetersiz beton dayanımı ve yetersiz sargılama betonarme elemanların davranışını tamamı ile değiştirmektedir. Söz konusu zayıflıklara sahip betonarme elemanların davranışlarının incelenmesi bu tür elemanlara sahip binaların performanslarının belirlenmesinde önemli rolü olacağı düşünülmekte ve bundan dolayı bu çalışmada da düşük dayanımlı beton ve seyrek etriyeye sahip elemanların davranışı konu edilmiştir.

Betonarme kısa kolonların monoton veya tekrarlı yükler altında davranışı ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır (Maruyama vd., 2001; Harmon, 2002; Furuta vd., 2003; Ilki vd., 2006; Bedirhanoglu, 2009). Bu çalışmada kesme kritik kısa kolonların sabit eksenel yük ve monotonik artan yatay yükler altındaki davranışları incelenmiştir.

Deneysel çalışmalar

Deneysel çalışma kapsamında yaklaşık tam ölçekli alt kat kolonu, üst kat kolonu ve kiriş parçasından oluşan temsili numuneler kullanılmıştır. Numuneler mevcut zayıf yapıları temsil etmek üzere düşük dayanımlı beton ve yetersiz etriyeye sahip olacak şekilde üretilmiştir.

Numune üretimi

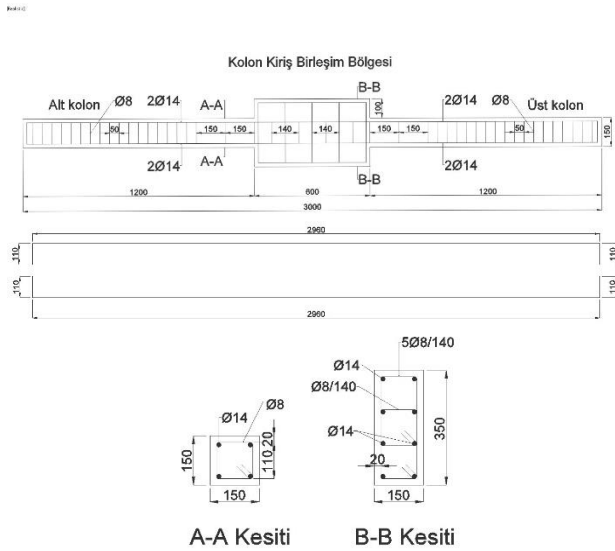
Numune donatı detayları ve kalıplar şantiye ortamında üretilerek laboratuvara getirilmiştir. Donatı olarak hem boyuna hem de etriye için S420 kullanılmıştır. Donatı detayları Şekil 1'de gösterilmiştir. Donatı detay çizimlerinden görüldüğü gibi DS-O (Deficient Specimen-

Original) numunesinde etriye aralığı 150 mm ve CCRS-O (Code Compile Requirement Specimen-Original) numunesinde etriye aralığı 75 mm olarak seçilmiştir. İlk numunede etriye aralığı yönetmeliğe göre eksik ve ikinci numunede etriye aralığı yönetmeliğe göre yeterli düzeyde olacak şekilde hesaplanarak söz konusu etriye aralıkları seçilmiştir. Numunelerin Şekil 1 ve Şekil 2'de verilen detaylara uygun olarak donatı ve kalıpları hazırlandıktan sonra laboratuvar ortamında beton hazırlanıp dökümü gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi malzeme deneyleri için silindir numune örnekleri alınmıştır. Donatı olarak kullanılan $\phi 8$ ve $\phi 14$ mm'lik donatı çeliğinden de yeterli sayılarda örnekler alınmıştır. Her iki numunede de toplam 4 adet boyuna donatı kullanılmıştır. Bu boyuna donatı miktarı %2.7 boyuna donatı oranına denk gelmektedir. Görüldüğü gibi bu donatı oranı yönetmeliklerde öngörülen en küçük ve en büyük değerler arasında kalmaktadır.

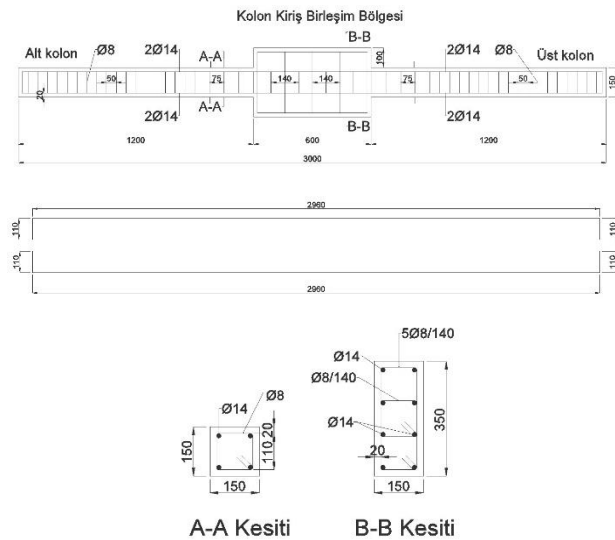
Şekil 4.a'da bu çalışmadaki deney düzeneği görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere numune gerçekte olduğu gibi düşey değil yatay bir şekilde yatırılarak test edilmiştir. Bu durumda kolon düşey yükü yatay olarak etki ettirilmektedir. Hem eksenel yük hem de yatay yükü yüklemek için kapalı bir çerçeve kullanılmıştır. Numune Şekil 5'te görüldüğü gibi sabit eksenel yük ve monoton artan yatay yüke maruz bırakılmıştır. Numune toplamda 3 metre uzunluğunda olmasına rağmen kısa kolon davranışını temsil etmek üzere mesnetler Şekil 4.b'de görüldüğü gibi kirişe 30 cm mesafede yerleştirilmiştir.

Eksenel yük için 200 kN kapasiteli hidrolik kriko kullanılmıştır. Eksenel yük miktarının kolon eksenel yük kapasitesinin yaklaşık %30'una karşılık gelen 74 kN ($0.3bh_f_c$) civarında sabit olması sağlanmıştır. Bu yükün deney boyunca aynı değerde kalmasını sağlamak için, deney sırasındaki yük azalması veya artışı 74 kN'a göre sürekli takip edilerek gerekli müdahaleler yapılmıştır. İlk olarak eksenel yükleme tamamlandıktan sonra numunenin yatay yüklemesine başlanmıştır ve her 2 kN yükleme artışında deneye çok kısa bir ara verilip bütün ölçümler alınmakta ve hasar fotoğrafları

çekilmektedir. Yüklemeye bu şekilde monotonik olarak devam edilmiştir. Numunenin yatay yük kapasitesine yaklaşıldığında deneye ara verilmeden numune sürekli bir şekilde itilerek yük kapasitenin çok küçük değerlere düşmesine kadar deney devam ettirilmiştir. Bu sırada deformasyon ve yük ölçümlerinin 125 milisaniyede bir olmak üzere otomatik olarak alınması sağlanmıştır. Dolayısı ile ani göçme sonucu yükün aniden düşmesi ve deformasyonların hızlı gelişmesi gibi durumlardaki ölçümler de alınabilmiştir.



Şekil 1. DS-O numunesine ait donatı detayı



Şekil 2. CCRS-O numunesine ait donatı detayı

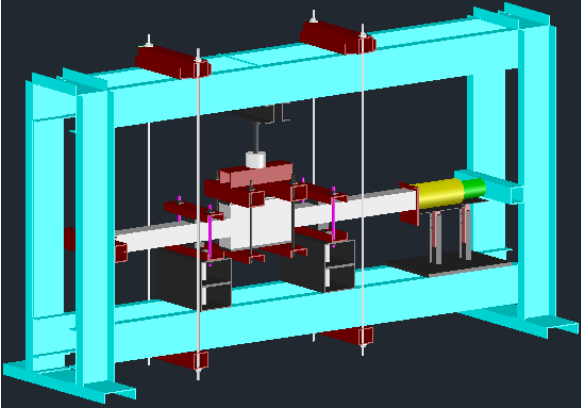
Şekil 5'te numunenin ölçüm sistemi görülmektedir. Görüldüğü gibi ölçümler hem

potansiyometrik cetvel kullanılarak hem de referans noktaları kullanılarak yapılmıştır. Potansiyometrik cetvel okumaları data logger cihazı ile bilgisayara otomatik olarak aktarılmaktadır. Point ölçümleri ise bu iş için geliştirilen ve çoğunlukla whitmoregage olarak adlandırılan hassas bir dijital cetvel ile alınmıştır. Şekil 5'te görüldüğü gibi her bir kolonun moment-eğrilik ilişkisini elde etmek için 2 adet potansiyometrik cetvel kullanılmıştır.

Numunelerin yükleme noktasındaki deformasyonunu ölçmek için 100 mm kapasiteli 2 adet potansiyometrik cetvel kullanılmıştır. Kısa kolonların kayma deformasyonlarını ölçmek için 4 adet 25 mm kapasiteli potansiyometrik cetvel ve 16 adet point kullanılmıştır. Donatılardaki şekildeğişimleri ölçmek için 4 adet şekildeğiştirme ölçer hem boyuna hem de enine donatıya yerleştirilmiştir. Şekil 6.a'da görüldüğü gibi şekildeğiştirme ölçerlerin yapıştırıldığı yüzeyler zımpara ile pürüzsüz hale getirilmiştir. Şekil 6.b'de görüldüğü gibi şekil değiştirme ölçerler beton dökümü sırasında sudan zarar görmemeleri için izole bant ile sarılmışlardır. Ayrıca kablonun gerinim pulundan kopmaması için kablo donatıya ince kablolar ile sabitlenmiştir.



Şekil 3. Beton dökümü

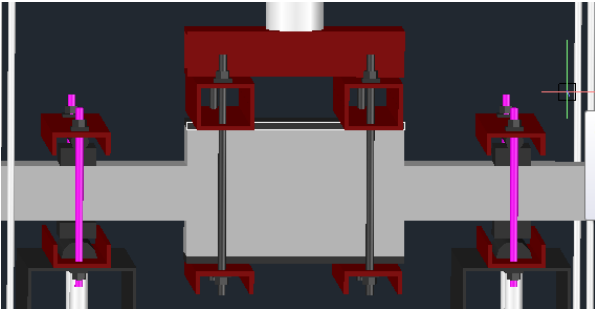


a)



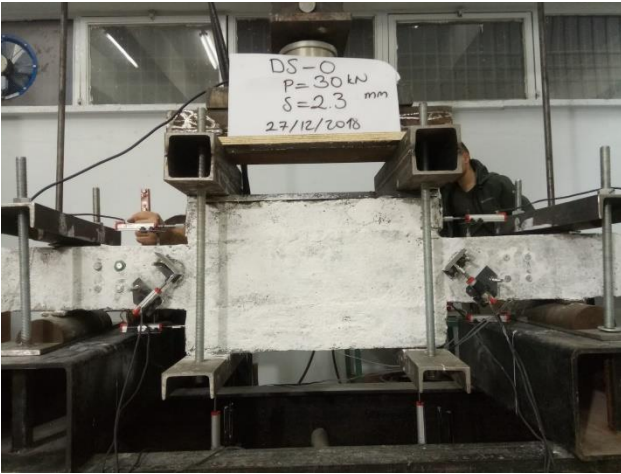
b)

Şekil 6. Donatı yüzeyine şekil değiştirme ölçerlerin yerleştirilmesi

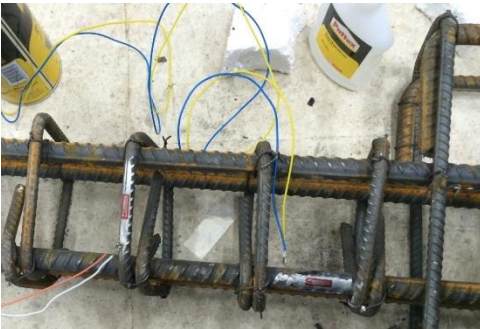


b)

Şekil 4. Deney düzeneği



Şekil 5. Ölçüm sistemi



a)

Malzeme özellikleri ve deneyleri

Mevcut zayıf yapılardaki durumu temsil etmek üzere beton düşük dayanımlı olacak şekilde tasarlanmış ve betonun amaç dayanımı 10 MPa olarak belirlenmiştir. Düşük dayanımlı beton tasarımı yapılırken daha önce Bedirhanoglu 2009 tarafından yapılan çalışmalar esas alınmıştır. Tablo 1'de bu çalışmada kullanılan betonun karışım değerleri 1 m³ beton için kg olarak verilmiştir. Beton üretimi yapıldıktan sonra numunelerin betonu dökülmüş ve aynı betondan silindir ve küp numuneler için örnekler alınmıştır. Üretilen kolonlar, silindir ve küp numunelere aynı kür koşulları uygulanmıştır. İlk üç gün ıslak çuval ve sulama uygulaması yapıldıktan sonra numuneler kalıplardan çıkarılmıştır. Numunelerin kuru ıslak çuval uygulaması şeklinde toplam 7 gün devam etmiştir. Daha sonra bütün numuneler deney gününe kadar laboratuvar ortamında bekletilmiştir.

Tablo 1. Beton karışım oranları

Malzemeler	Miktar (kg/m ³)
Çimento	246
Su	222
7-15 mm Çakıl	451
Doğal Kum	619
Kırma Kum	721

Numunelerin üretiminin 41. gününde malzeme testleri yapılmıştır. Basınç deneyleri için Şekil 7.a'da görüldüğü gibi bir yükleme ve ölçüm sistemi kullanılmıştır. Şekil 7.b'de görüldüğü şekilde yerdeğiştirme ölçümleri hem numune üzerine hem de numune dışına yerleştirilen potansiyometrik cetveller ile yapılmıştır.



a)

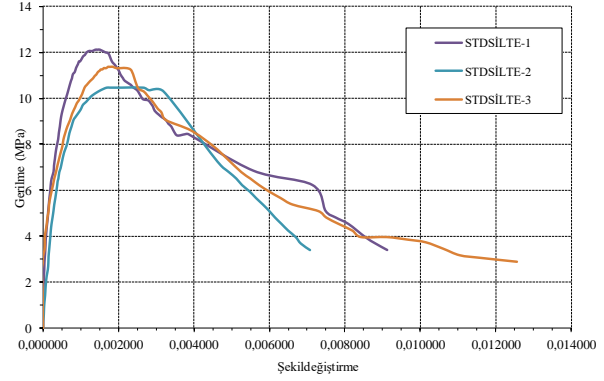


b)

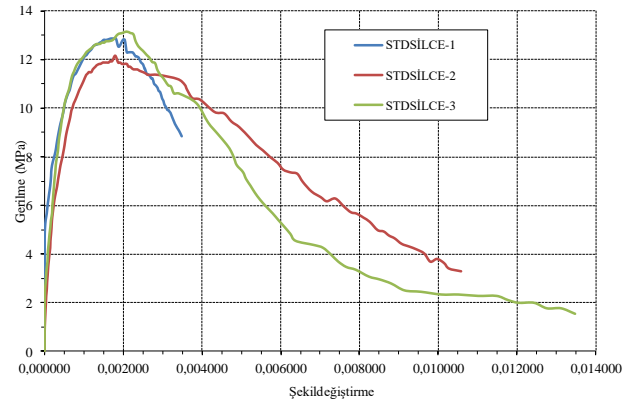
Şekil 7. Silindir basınç deneyine ait düzenek

Şekil 7'de gösterilen ölçüm düzeneği ile yük ve karşı gelen yer değiştirmeler bulunarak gerilme ve şekildeğiştirme değerleri kullanılarak her bir silindir numunesi için gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi elde edilmiştir. Şekil 8 ve 9'da sırası ile DS-O ve CCRS-O numuneleri için alınan silindir numunelere ait gerilme-şekildeğiştirme ilişkileri verilmiştir. Tablo 2'de silindir numunelere ait gerilme-şekildeğiştirme ilişkilerinden elde edilen

basınç mukavemeti değerleri verilmiştir. Malzeme deneyleri kapsamında betonlardan 15 cm'lik küp numuneler de üretilmiştir. Bu küp numunelere ait deney sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 8. Betonun standart silindir gerilme-şekildeğiştirme ilişkileri-DS-O numunesinin betonu.



Şekil 9. Betonun standart silindir gerilme-şekildeğiştirme ilişkileri-CCRS-O numunesinin betonu.

Tablo 2. Standart silindir basınç deneyi sonuçları

Standart silindir	Numune No	Basınç dayanımı f'_c (MPa)	Ort. Basınç dayanımı $f'_{c,ort}$ (MPa)
DS-O	1	11.89	11.11
DS-O	2	10.28	
DS-O	3	11.16	
CCRS-O	1	12.61	12.48
CCRS-O	2	11.94	
CCRS-O	3	12.89	

Tablo 3. Standart küp basınç deneyi sonuçları

Standart silindir boyutları	Numune No	Basınç dayanımı f'_c (MPa)	Ort. basınç dayanımı $f'_{c,ort}$ (MPa)
DS-O	1	13.47	12.50
DS-O	2	11.55	
DS-O	3	12.49	
CCRS-O	1	14.08	13.74
CCRS-O	2	13.09	
CCRS-O	3	14.04	

Beton çekme dayanımını belirlemek için ortalama 60 mm kalınlığında 150 mm çapında diskler kullanılarak disk yarma deneyleri yapılmıştır. DS-O numunesinde kullanılan beton için 5 adet CCRS-O numunesinde kullanılan beton için 4 adet disk numune üretilerek test edilmiştir. Testler Şekil 10'da verildiği şekilde yapılmıştır. Testler sonucunda elde edilen P yükünden betonun yarma çekme dayanımı Denklem 1 kullanılarak elde edilmiştir. Tablo 4'te disk yarma deney sonuçları özet bir şekilde sunulmuştur.



Şekil 10. Disk yarma deneyi için düzenek

$$f_{ct} = \frac{2P}{\mu hd} \quad (1)$$

Bu denklemde; f_{ct} betonun yarma çekme dayanımını, P deneyde ölçülen en büyük yükü, d

disk çapını (standart yarma diskleri için 150 mm), h ise disk boyunu (standart yarma diskleri için 60 mm) simgelemektedir. Disk yarma deneyi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Standart disk yarma deneyi sonuçları

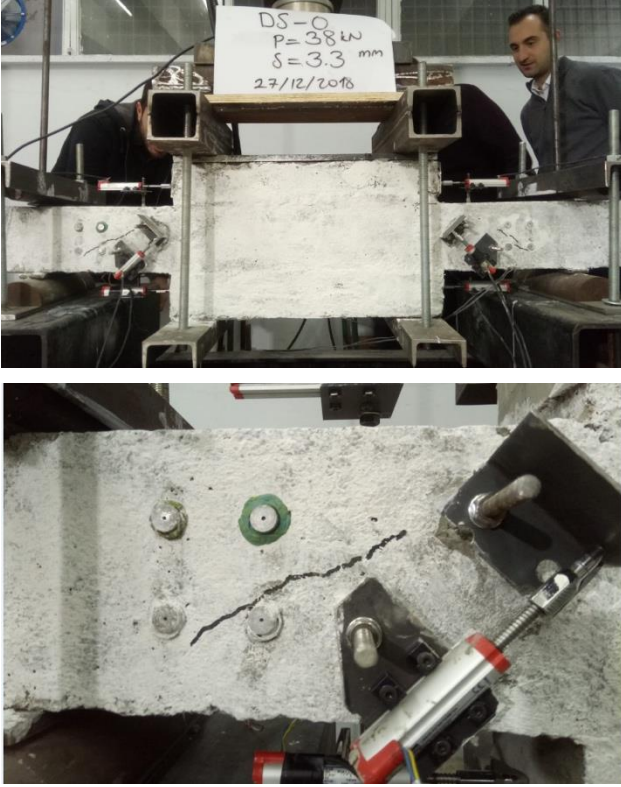
Standart Disk	Numune No	Numune Kalınlığı (mm)	Çekme dayanımı f_{ct} (MPa)	Ort. Basınç dayanımı $f'_{c,ort}$ (MPa)
DS-O	1	60.0	1.07	1.40
DS-O	2	59.9	1.25	
DS-O	3	60.1	1.63	
DS-O	4	54.0	1.49	
DS-O	5	57.9	1.58	
CCRS-O	1	57.6	1.62	1.69
CCRS-O	2	60.1	1.70	
CCRS-O	3	61.0	1.71	
CCRS-O	4	56.5	1.71	

Deney Sonuçları ve Değerlendirme

Bu çalışmada gerçekleştirilen yaklaşık tam ölçekli kolon numunelerinin deney sonuçları bu bölümde sunulmuştur. DS-O ve CCRS-O numunelerine ait temel sonuçları aşağıda iki ayrı başlık halinde sunulmuştur.

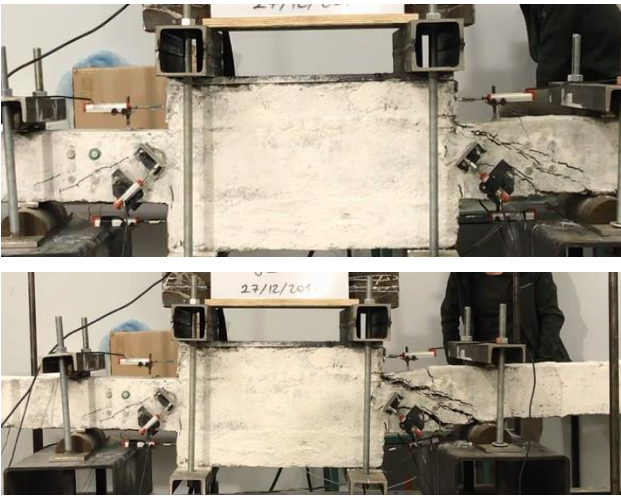
DS-O numunesine ait temel sonuçlar

Numuneye yaklaşık 74 kN (7.4 ton) eksenel yüklemekten sonra yatay yüklemeye başlanmıştır. 2 kN yük artımı ile deneye devam edilmiştir. 38 kN yatay yükte numunede ilk olarak eğik kesme çatlakları oluşmuştur. Şekil 11'de görüldüğü üzere daha sonra ilerleyen yüklemeye adımlarında eğilme çatlakları oluşmakla beraber genişliğinde önemli bir ilerleme olmamıştır. Kesme çatlaklarının sayısı ilerleyen yüklemeye adımlarında biraz artmasına karşılık daha çok mevcut eğik çatlaklarının genişlikleri önemli derecede artarak numunenin kesme etkilerinden dolayı dayanımını yitirmesine neden olmuştur. Şekil 11'de görüldüğü gibi kesme çatlaklarının yatay ile yaptığı açı eksenel yükün etkisi ile beklendiği gibi 45 dereceden daha azdır.



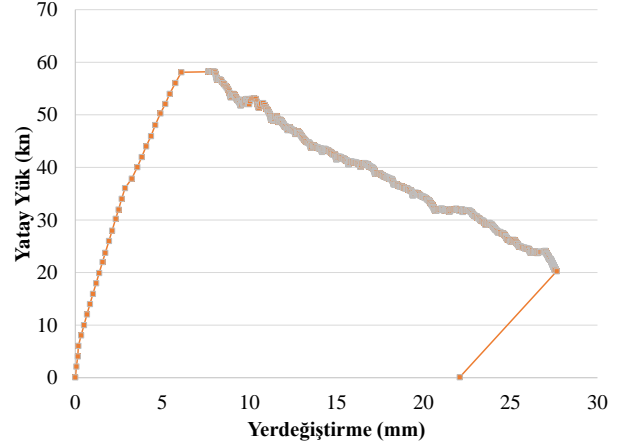
Şekil 11. DS-O numunesinde oluşan ilk eğik çatlak

DS-O numunesi en çok 58.27 kN yük taşıyarak kesme etkilerinden dolayı dayanımını yitirmiştir. Şekil 12’de görüldüğü gibi genişlikleri büyük kesme çatlaklarına paralel aynı zamanda betonda da basınç ezilmesi gerçekleşmiştir.



Şekil 12. DS-O numunesinin deney sonlarına doğru hasar gelişimi

Şekil 11’de DS-O numunesi için deney sonucunda elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme ilişkisi verilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi göçme ani ve gevrek bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu durum tipik bir kesme göçmesinin göstergesidir.

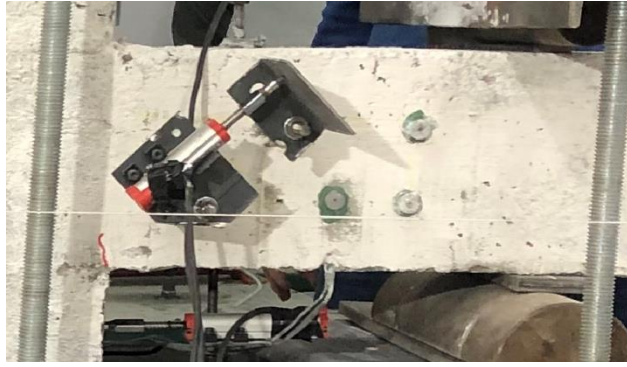


Şekil 11. DS-O numunesine ait yatay yük-yerdeğiştirme ilişkisi

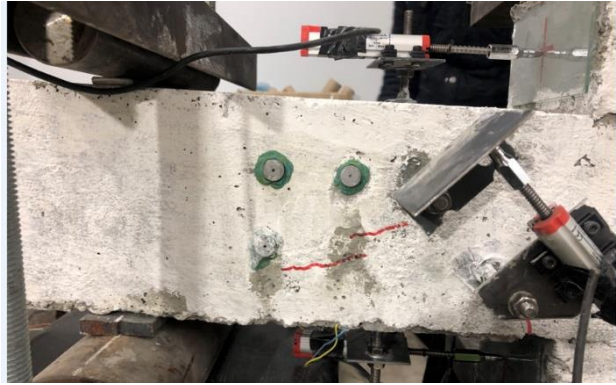
Şekil 11’de görüldüğü gibi yük-yerdeğiştirme eğrisinin düşen kolu için diğer bölüme göre çok daha fazla sayıda veri alınmıştır. Bu durum sebebi numunenin kesme hasarından kaynaklı ani göçme durumunda da verileri alabilmek için veri kayıt aralıkları 125 milisaniye olarak ayarlanarak deneye devam edilmiştir. Göçme çok hızlı ilerlediği için nokta verileri için okumalar alınmamış ve gözlem olarak fotoğraflar yerine video çekimi yapılmıştır.

CCRS-O numunesine ait temel sonuçlar

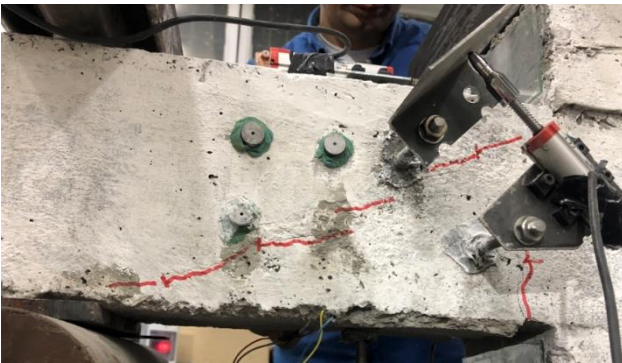
Numuneye 74 kN eksenel yüklemeye başlandıktan sonra yatay yüklemeye başlanmıştır. 2 kN yük artımı ile deneye devam edilmiştir. 20 kN yatay yükte numunede ilk olarak eğilme çatlakları oluşmuştur. Şekil 13’te görüldüğü gibi daha sonra ilerleyen yüklemeye adımlarında eğilme çatlakları biraz daha ilerlemiştir ve 40 kN’da ilk eğik kesme çatlakları Şekil 14.a’da görüldüğü gibi oluşmuş ve Şekil 14.b’de görüldüğü gibi ilerlemiştir. Kesme çatlakları oluştuğundan sonra eğilme çatlaklarındaki ilerleme hemen hemen durmuş ve kesme çatlakları artıp genişleyerek Şekil 15’te görüldüğü gibi numune dayanımını yitirmiştir.



Şekil 13. CCRS-O numunesinde oluşan ilk eğilme çatlağı



a)



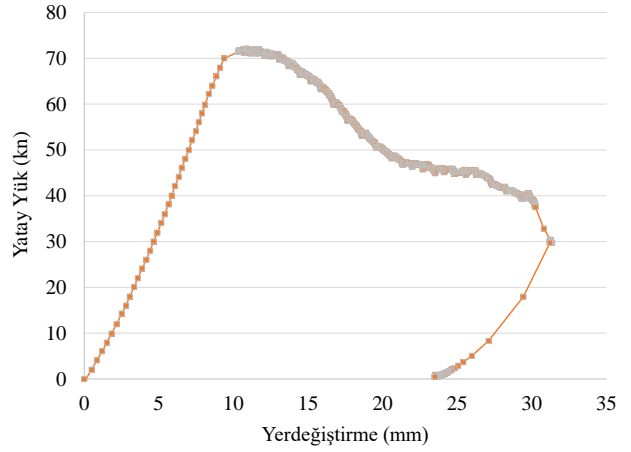
b)

Şekil 14. CCRS-O numunesinde oluşan ilk eğik kesme çatlağı



Şekil 15. DS-O numunesinin deney sonlarına doğru hasar gelişimi

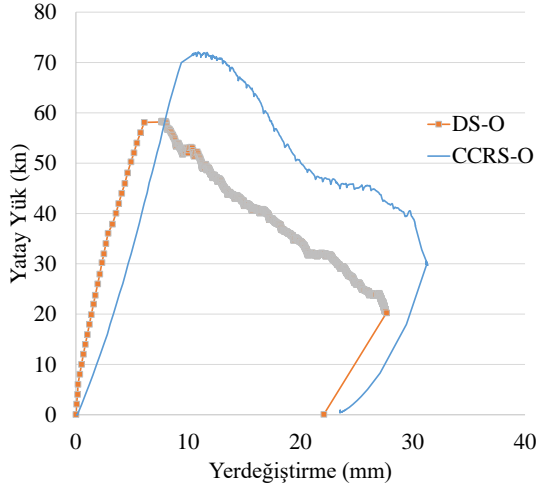
Şekil 16'da CCRS-O numunesi için deney sonucunda elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme ilişkisi verilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi bu numunede de göçme ani ve gevrek bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu ani göçme şekli de tipik bir kesme göçmesini işaret etmektedir.



Şekil 16. CCRS-O numunesine ait yatay yük-yerdeğiştirme ilişkisi

Şekil 17'deki grafikten görülebileceği gibi bu numune en çok 71 kN yatay yük taşımıştır. CCRS-O numunesi DS-O numunesine göre $71 - 58 = 13$ kN daha fazla yatay yük taşımıştır. Bu yük artışı CCRS-O numunesindeki etriye miktarının DS-O numunesine göre fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer yandan grafikten de görülebileceği gibi bu numune de eğilme kapasitesine ulaşamamıştır. Etriye aralığının 75 mm olmasına karşılık numunenin eğilme kapasitesine ulaşmadan kesme etkilerinden dolayı göçmesi beton dayanımı düşük ve boyuna donatı oranı nispeten yüksek olan kolonlarda çatlak oluşumundan sonra

betonun basınç etkilerinden dolayı ezilmesi de göçme yükü üzerinde kilit bir rol oynamaktadır. Bu durumun farklı etkenler de göz önüne alınarak yapılacak çok sayıda deney ile daha detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.



Şekil 17. DS-O ve CCRS-O numunelerinin yatay yerdeğiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

Sonuçlar

Bu çalışmada düşük dayanımlı betona sahip kısa kolonların farklı etriye aralıklarına sahip olmaları durumlarındaki davranışları incelenmiştir. Sonuç olarak her iki numunenin de eğilme kapasitelerine ulaşmadan kesme göçmesi ile dayanımlarına ulaştıkları görülmüştür. Etriye aralığının sıklaştırılarak yanıl donatı miktarının artırılması numunenin yatay taşıma kapasitesini artırmıştır buna karşılık gevrek kesme göçmesinin önüne geçilememiştir. Bu durum özellikle düşük dayanımlı betona sahip ve boyuna donatı oranları yüksek olan kolonlarda kesme etkilerininin karşılanması için etriyenin tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Kesme kuvveti sonucunda oluşan asal çekme gerilmeleri etriye ile karşılanmasına karşılık beton dayanımının düşüklüğünden de kaynaklı asal basınç gerilmeleri karşılanmamakta ve asal basınç gerilmeleri beton basınç dayanımını aşarak kesme basınç ezilmesi ile numune dayanımını gevrek bir şekilde yitirmektedir. Bu tür detaylara sahip kolonları temsil edecek numeneler ile ilgili deneysel çalışmaların

artırılarak bu tür elemanların davranışlarının incelenmesi önerilmektedir.

Teşekkür

Bu proje Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (DÜBAP) biriminin Mühendislik.15.008 Nolu ve Düşük Dayanımlı Betona Sahip Betonarme Kısa Kolonların Davranışlarının İncelenmesi ve Depreme Karşı Güçlendirilmesi isimli projesi kapsamında desteklenerek gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden dolayı DÜBAP'a teşekkür ederiz. Deney sürecine katılarak destek sunan lisans öğrencisi Muaz Yalçın, Doktora öğrencisi İnş. Yük. Müh. Şehmus Yıldız ve İnş. Yük. Müh. Yunus Efe'ye deneyler sırasındaki katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Bedirhanoglu, I., (2009). Düşük dayanımlı betona sahip betonarme kolon ve birleşimlerin deprem yükleri altında davranışlarının incelenmesi ve iyileştirilmesi, Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2009, 700 sayfa.
- Bedirhanoglu, I., Ilki, A., Pujol, S. And Kumbasar, N., (2010). „Seismic behavior of joints built with plain bars and low-strength concrete”, ACI Struct. J., 107(3), 300-310.
- Bedirhanoglu, I., (2014). A practical neuro- fuzzy model for estimating modulus of elasticity of concrete, Struct. Eng. Mech., 51(2), 249-265.
- Furuta, T., Kanakubo, T., and Fukuyama, H. (2003). „Evaluation of shear capacity of RC columns strengthened by continuous fiber”, Proceedings of Sixth International Symposium on FRP Reinforcement for Concrete Structures, Editor: K.H. Tan, National University of Singapore, Singapore, pp. 507-516.
- Harmon, T.G., Gould, N.C., Ramakrishnan, S., and Wang, E.H. (2002). „Confined concrete columns subjected to axial load, cyclic shear, and cyclic flexure-part I: analytical models”. ACI Structural Journal, Vol. 99, No. 1, pp 32-41.
- A.İlki, I. Bedirhanoglu, I. H. Basegmez and N. Kumbasar (2006). Shear Retrofit of Low Strength Reinforced Concrete Short Columns with GFRP Composites. Third International

Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2006), December 13-15 2006, Miami, Florida, U.S.A. pages: 601-604.

Maruyama, K., Nakai, H., Katsuki, F., and Shimomura, T. (2001). "Improvement of shear and ductility of reinforced concrete columns by wrapping of continuous fiber-reinforced polymer sheet". *Advanced Composite Materials*, Vol. 10, No. 2-3, pp 119-126.

Investigation of Shear Behaviour of Reinforced Concrete Captive Column with Low Strength Concrete

Extended abstract

Since seismicity is active in Turkey, most of the buildings are vulnerable against earthquake excitation. Captive column shear strength deficiency is one of the most important deficiencies cause damage during earthquakes. Crucial point of construction shortages are insufficient concrete quality and insufficient stirrup.

Inadequate concrete strength and insufficient stirrup completely change the behavior of reinforced concrete elements. Since the study of such elements is considered to have an important role in determining the performance of building the behavior of concrete elements is also discussed in this study.

In the experimental study, test specimen consisting of approximately full-scale lower floor column, upper floor column and beam part were used. The samples were manufactured to have low strength concrete and insufficient stirrups to represent existing weak structures.

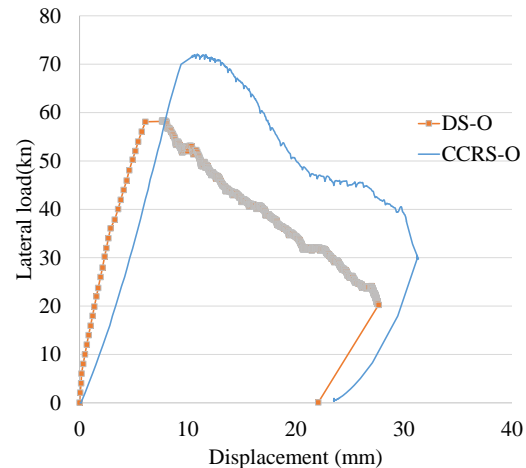
As can be seen the spacing range of stirrups in the DS-O specimen was 150 mm, and in the CCRS-O specimen was 75 mm. In the first specimen, the distance between stirrups was not compile with the regulation, on the other hand, in the second specimen, the distance between stirrups was sufficient and, complied the regulation.

In order to represent the situation in the existing weak structures, the concrete was designed to have low-strength concrete. The compression strength of test specimens was determined to be around 11 MPa.

Specimens were tested horizontally, not in the same way as it was, and specimens fixed with axial load. Besides, gradually increasing monotonic loads were applied. Although the specimens are 3 meters long in total, the supports are placed at a distance of 300 mm from the beam as to represent the captive column behavior.

It was ensured that the axial load amount was fixed to be around 74 kN ($\sim 0.3bhfc$) which corresponded to approximately 30% of the column axial load

capacity. After the axial loading is completed, horizontal loading is started. Horizontal loads applied with a 2 kN loading increases. For every 2 kN load increase, a very short break is given to take all measurements and damage photographs from test specimens.



Comparison of load-displacement relationship of DS-O and CCRS-O specimens

As can be seen from the graph, these specimens has a maximum horizontal load capacity of 71 kN. The CCRS-O specimen carried $71-58 = 13$ kN more horizontal load than the DS-O specimen. This increase is due to the fact that the number of stirrups in the CCRS-O specimen is higher than the DS-O specimen.

In this study, the behavior of captive columns with low strength concrete in different cases were investigated. As a result, it has been seen that both specimen have reached their strength with reaching shear capacity without reaching their bending capacity. It was seen that the principle tensile stresses caused by the shear force are compensated by the hoops, while the principle compression stresses cannot be compensated by the low strength concrete. So principle compression stress exceed the compression strength of low strength concrete and brittle failure was happened. As a further study recommendation behavior of such kind of captive columns should be investigated for different cases.

Keywords: Captive column, Concrete, Shear failure