

ÇELİK LAMALAR VE KORNİYERLER İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ BETONARME ÇERÇEVELERİN YATAY YÜK TAŞIMA KAPASİTESİNİN İNCELENMESİ

Eyyup Erdal YILMAZ¹, Mehmet UZUN², Mustafa Tolga ÇÖĞÜRÇÜ¹

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü, Konya Türkiye

²Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
Bölümü, Karaman Türkiye

erdal@yapisem.com, mehmetuzun@kmu.edu.tr, mtolgac@selcuk.edu.tr

Özet

Ülkemiz büyük çoğunluğu deprem kuşağında yer alan bir ülkedir. Geçmiş yıllarda yaşanan depremlerden dolayı çok fazla can ve mal kaybı yaşanmıştır. Depremlerin oluşturduğu yıkıcı etki ile çağımız yapım tekniklerinden uzak, güncel yönetmeliklerin kriterlerini taşımayan yapılarda ciddi hasarlar oluşmaktadır. Yönetmelik kriterlerini sağlamayan bu tür binalar ülkemizin yapı stoğunda önemli bir bölüm oluşturmaktadır. Bu yapıların gelecek yıllarda yaşanabilecek olası depremlerde can kayıplarına neden olmaması için günümüz yönetmelik kriterlerini sağlayacak şekilde deprem performanslarının artırılması gerekmektedir. Yapılarda güçlendirmenin esas hedefi yapının yatay yük taşıma kapasitesini artırmak, sünekliği artırmak, rijitliği artırmak olarak sıralanabilir. Yapılan güçlendirmelerde bu temel kriterlerden hangisine yapıda ihtiyaç duyulduğunu belirlemek ve yapıya uygun güçlendirme tekniğine karar vermek oldukça önemlidir. Son yıllarda yapıların güçlendirilmesi ve deprem performanslarının iyileştirilmesi üzerine çok fazla çalışma yapılmaktadır. Bu çalışma da 3 tane betonarme çerçeve numunesi hazırlanmıştır. Bunlardan birisi mevcut yapı stoğundaki hataları yansıtacak şekilde üretilmiş betonarme çerçevedir. Diğer numuneler ise çelik lamalar ve korniyerler ile güçlendirilmiştir. Yatay yük uygulanan numunelerin yatay yük taşıma kapasiteleri elde edilmiştir. Güçlendirme yöntemlerinin yatay yük taşıma kapasitesi üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çelik Lamalar ve Korniyerler, Deprem Davranışı, Güçlendirme, Betonarme Çerçeveler

INVESTIGATION OF THE SEISMIC LOAD CARRYING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE FRAMES STRENGTHENED WITH STEEL ANGLE AND FLAT STEEL

Abstract

The majority of our country is located in the earthquake zone. There has been much loss of life and property due to earthquakes in the past years. Due to the devastating effect of earthquakes, serious damage to structure which do not build with the criteria of current regulations and modern construction techniques. Such structure which do not build the criteria of the current regulation constitute an important part of the structure stock of our country. In order to prevent the loss of life in the earthquakes that may occur in the coming years, earthquake performance should be increased in order to upgrade to the criteria of current regulations. The main objective of strengthening structures is increasing the seismic load carrying capacity of the structure, the ductility and the stiffness. It is very important to determine which of these basic criteria are needed in the reinforcements and decide the appropriate reinforcement technique. In recent years, a lot of studies has been performed on strengthening structures and improving earthquake performances. In this study, 3 reinforced concrete frame samples were prepared. One of them is the reinforced concrete frame which is produced to reflect the general faults in the existing building stock. Other samples are reinforced with steel angle and flat steel. Seismic load carrying capacity of the samples are obtained by loading as quasi-static. Strengthening methods have been found to be effective on seismic load carrying capacity.

Keywords: Steel Angle and Flat, Earthquake Behavior, Strengthening, Reinforced Concrete Frame

1. Giriş

Türkiye jeolojik yapısı dikkate alındığında büyük bir çoğunluğu deprem bölgelerinde yer alan bir ülkedir [1]. Günümüzde yapıların çoğu yönetmelik kriterlerini sağlayacak şekilde yapılırken, geçmişte inşa edilenler için aynısını söylemek oldukça zordur [2]. Türkiye’de yer alan yapıların önemli bir bölümü ise deprem performansı yetersiz yapılardır. Özellikle sünek olmayan betonarme çerçevesel yapılar ise depremlerde

önemli can ve mal kayıplarına neden olacak potansiyele sahip yapılardır [3]. Geçmiş yıllarda yaşanan depremlerde betonarme yapıların hasar görmesine neden olan en önemli etkenin yanal rijitliğin yetersiz olmasıdır [4]. Yanal rijitliğin yetersiz olduğu yapılarda ise en etkili ve kolay güçlendirme yönteminin yapıya betonarme perdeler eklenmesi olduğu görülmüştür [5-8]. Ancak yapıya eklenecek betonarme perdeler için yapının boşaltılması ve uzun süre kullanıma kapalı kalması araştırmacıları farklı çözüm teknikleri geliştirmeye yöneltmiştir [4].

Betonarme çerçevelerin güçlendirilmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Doğan ve diğ. çelik halatlarla güçlendirilmiş betonarme çerçeve binanın bilgisayar destekli deprem analizini yapmıştır [9]. Ali ve diğ. betonarme çerçevelerin FRP parçalarıyla güçlendirilmesi sonucu deprem performansını incelemişlerdir [10]. Tekin ve diğ. betonarme çerçevelerde dolgu duvarların deprem davranışına etkisini incelemişlerdir [11]. Tekeli ve diğ. betonarme çerçevelerde bulunan dolgu duvarlar üzerine hasır çelik uygulanarak sıvanması sonucu elde edilen güçlendirilmiş çerçevelerin deprem performansını incelemişlerdir [12]. İsmail ve diğ. sünek olmayan betonarme çerçevelerin dolgu duvar ile güçlendirmişler ve yarı statik yük etkisi altında düzlem içi davranışını incelemişlerdir [13]. Ha ve Cho yaptıkları çalışmada enine donatı ve boyuna donatıların artırılarak yatay deformasyon ve taşıma kapasitesinin artırılabilirliğini vurgulamışlardır [14]. Cho ve diğ. mevcut kolonlar etrafına boyuna ve enine donatı yerleştirerek HPFRC ile yapılmış sıvanın yüzeye püskürtülmesi ile elde ettikleri numunenin performansını incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre süneklik ve dayanımda artışlar elde edilmiştir [15]. Baghi ve diğ. betonarme çerçevelerin deprem performansına dolgu duvarların etkisi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır [16].

Bu çalışma da üç tane deney numunesi üretilmiştir. Boş çerçeve olarak üretilen numune genel olarak yapı stoğunda karşılaşılan hataları içeren bir numune olarak üretilmiştir. Diğer numunelerde ise çelik lamalar ve korniyerler kullanılarak güçlendirme çalışması yapılmıştır. Güçlendirilmiş numuneler ve referans numunesinin yatay yük taşıma kapasiteleri kıyaslanmıştır.

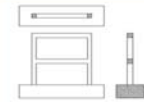
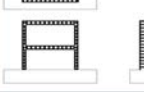
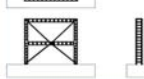
2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında 1/3 ölçekli betonarme çerçeve numuneler üretilmiştir. Numuneler iki katlı, tek açıklıklı olarak ve aynı geometrik ölçülere sahip olacak şekilde

üretilmiştir. Referans numunesi genel olarak yapı stoğunda karşılaşılan kusurlar dikkate alınarak üretilmiştir. Numunede bulunan kusurlar aşağıdaki gibidir:

- Beton dayanımının düşük olması,
- Kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde etriyelerin devam ettirilmemesi,
- Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırmasının olmaması,
- Etriye kancalarının 90⁰ olması.
- Kuvvetli kiriş-zayıf kolon birleşimi [17].

Numunelerin kat yüksekliği 900 mm, çerçeve açıklığı 1500 mm'dir. Kiriş boyutları 150x150 mm ve kolon boyutları 100x150 mm olarak alınmıştır. Çerçevenin mesnetlendiği temel ise yeterli rijitliği sağlayacak şekilde 500x700x2500 mm olarak alınmıştır. Şekil 1'de numunelere uygulanan güçlendirme yöntemi şematik olarak gösterilmiştir.

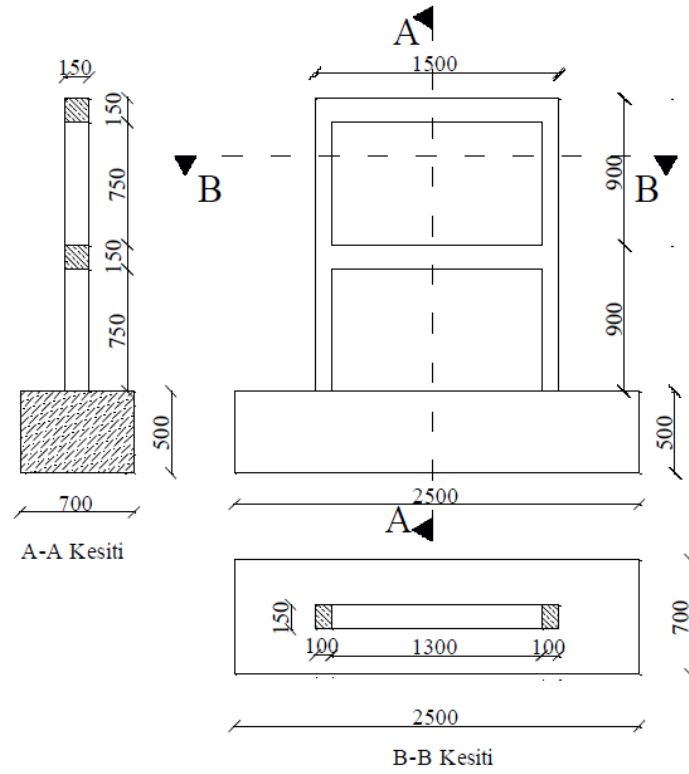
Deneş Numarası	Deneş Numunesinin Özellikleri	Deneş Numunesi
1. Deneş	Betonarme Boş Çerçeve	
2. Deneş	Çelik Korniyer ve Lamalarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve	
3. Deneş	Çelik Korniyer ve Lamalarla Güçlendirilmiş Ek Olarak Çelik Çapraz Atılmış Betonarme Çerçeve	

Şekil 1. Numunelerde uygulanan güçlendirme teknikleri

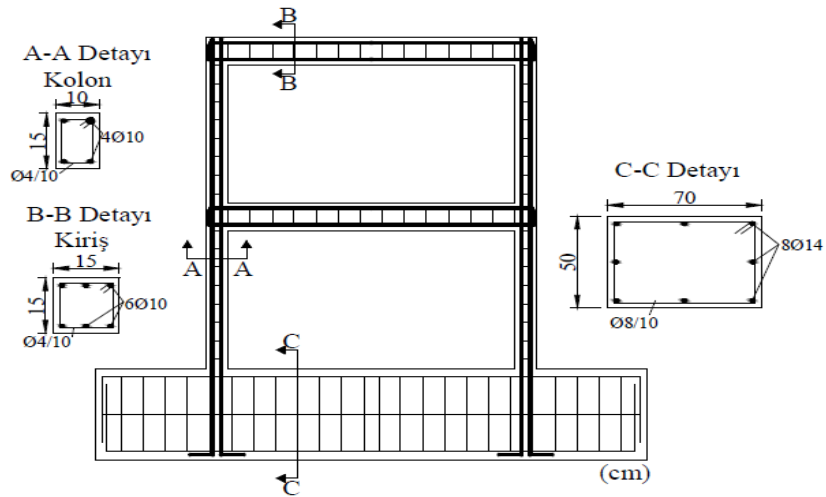
Referans numunenin (RF) ve diğer numunelerin kesit ve plan görünüşleri ise şekil 2'de verilmiştir.

Referans numunesi ve diğer numunelerde kullanılan donatı detayları ise şekil 3'de verilmiştir.

Çelik korniyer ve lamalar güçlendirilmiş (KL2) numunesinde ise kolon ve kiriş köşelerine korniyerler yerleştirilmiş ve bu korniyerler belirli aralıklarla çelik lamalar yardımı ile kaynatılmıştır (Şekil 4).



Şekil 2. Referans numunenin boyutları (ölçüler mm'dir.)



Şekil 3. Numunelerin donatı detayları



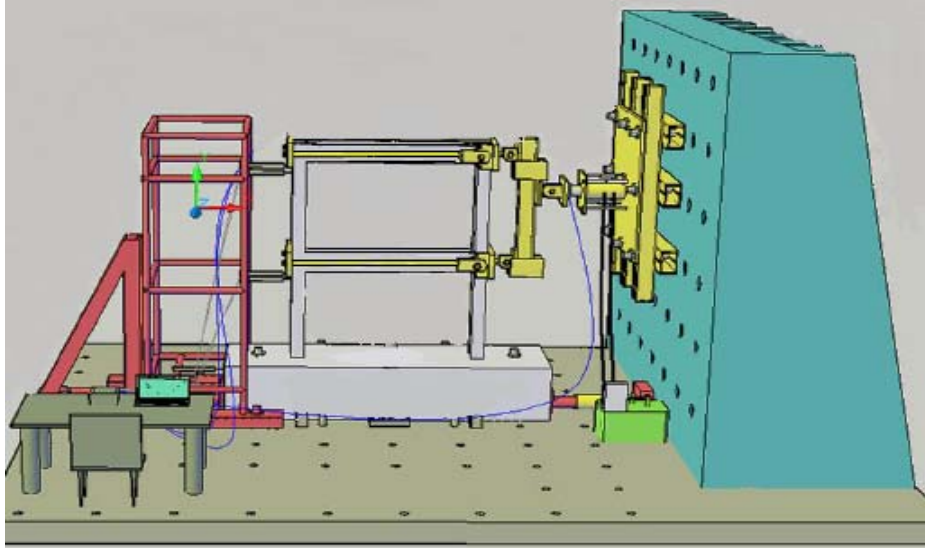
Şekil 4. KL2 numunesinde kullanılan güçlendirme tekniği

KL3 numunesi ise şekil 5’de görüldüğü gibi çelik lamalar ve korniyerler ile sarıldıktan sonra korniyerler ile çaprazlar atılarak bağlanmıştır.



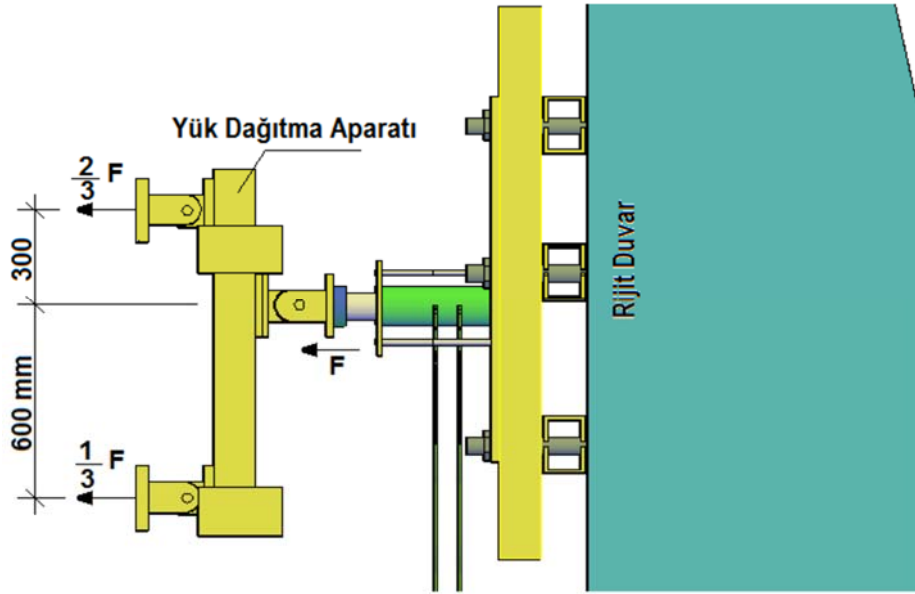
Şekil 5. KL3 numunesine uygulanan güçlendirme tekniği

Hazırlanan numuneler reaksiyon duvarına bağlanarak yatay yük etkisi altında davranışları incelenmiştir. Deney düzeneği ve detaylarının şematik görünüşü ise şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Deney düzeneği [18]

Numunelerde gerçek deprem davranışına yakın sonuçlar elde etmek için deprem yükünün zeminden yükseklik ile orantılı değişen yapısı numuneye yansıtılmaya çalışılmıştır. Şekil 7’de görülen yükleme düzeneği ile üst katlara iki kat yük etki etmesi sağlanmıştır.



Şekil 7. Yükleme düzeneği [18]

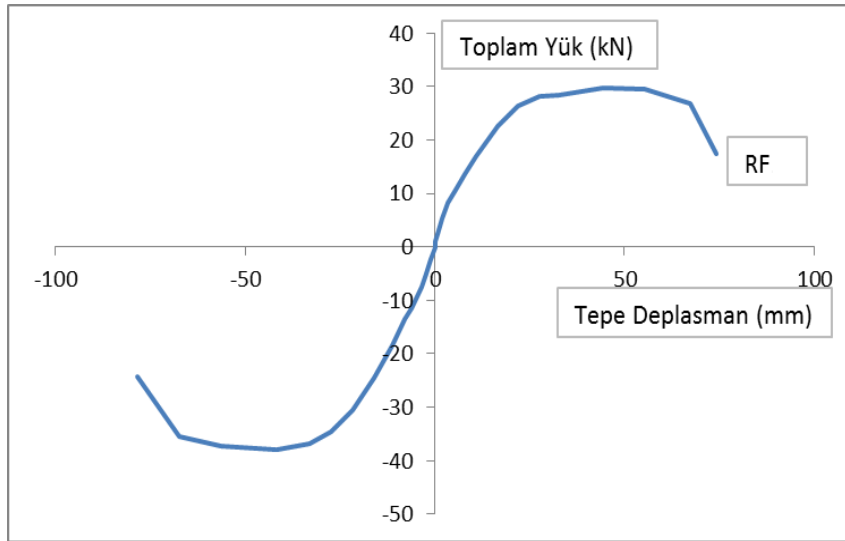
3. Sonuçlar ve Tartışma

RF numunesinde kullanılan beton sınıfı 19 MPa'dır. Bu numunede genel olarak görülen yapım kusurlarına yer verilmiştir. 10.70 kN yük altında numunede ilk çatlaklar oluşmuştur (Şekil 8).



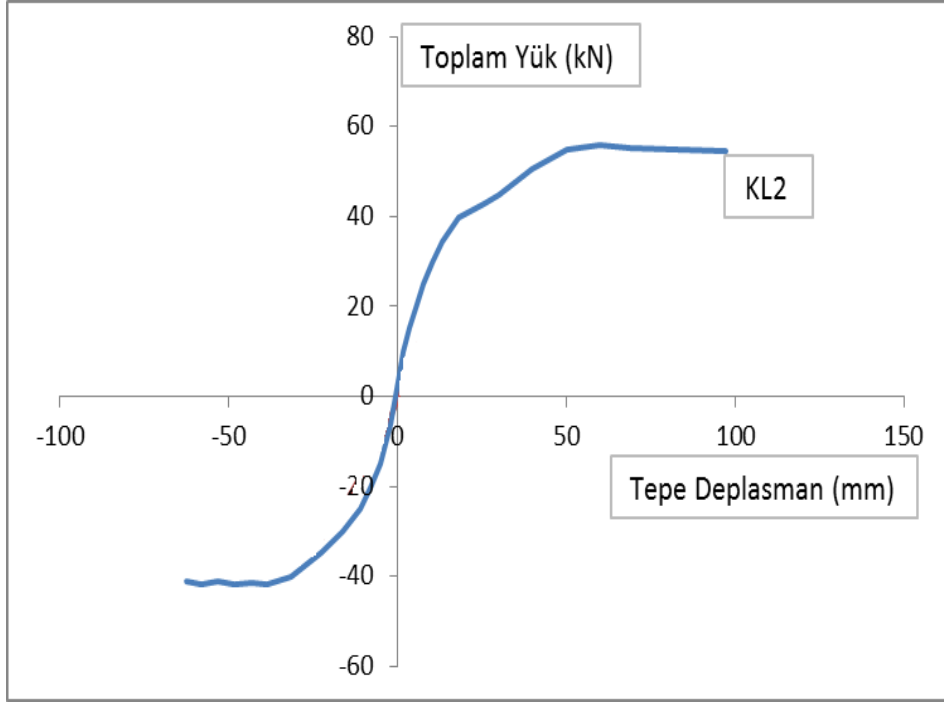
Şekil 8. RF numunesinde ilk oluşan çatlaklar [17]

RF numunesi taşıma kapasitesine ulaştığında ise 37.88 kN'luk bir yük taşımıştır. Çerçevenin 2. kat yük-deplasman eğrisi ise şekil 9'da verilmiştir.



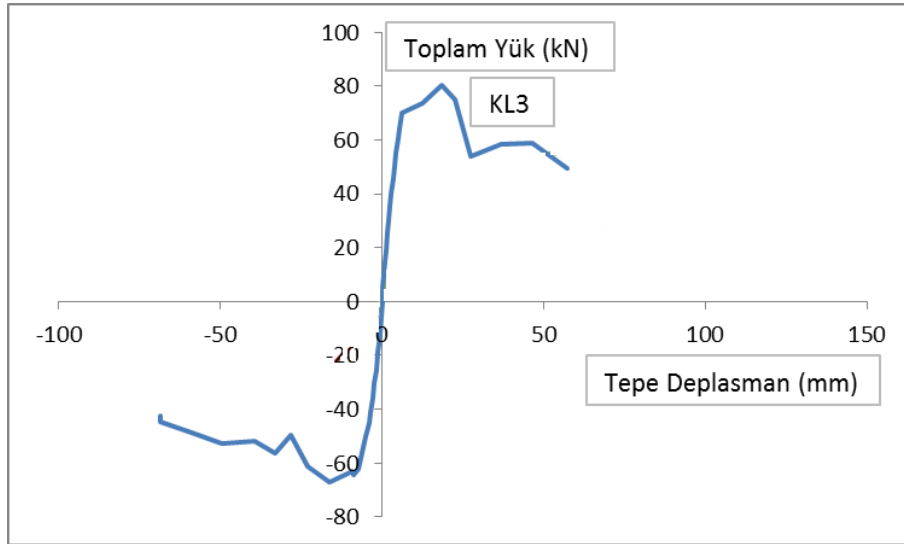
Şekil 9. RF numunesinin yük-deplasman eğrisi

KL2 numunesinde ilk çatlaklar 25 kN yük etkisi altında gerçekleşmiştir. Numune nihai taşıma gücüne ise 54.65 kN'luk yük etkisinde ulaşmıştır. KL2 numunesine ait yük-deplasman eğrisi ise şekil 10'da verilmiştir.



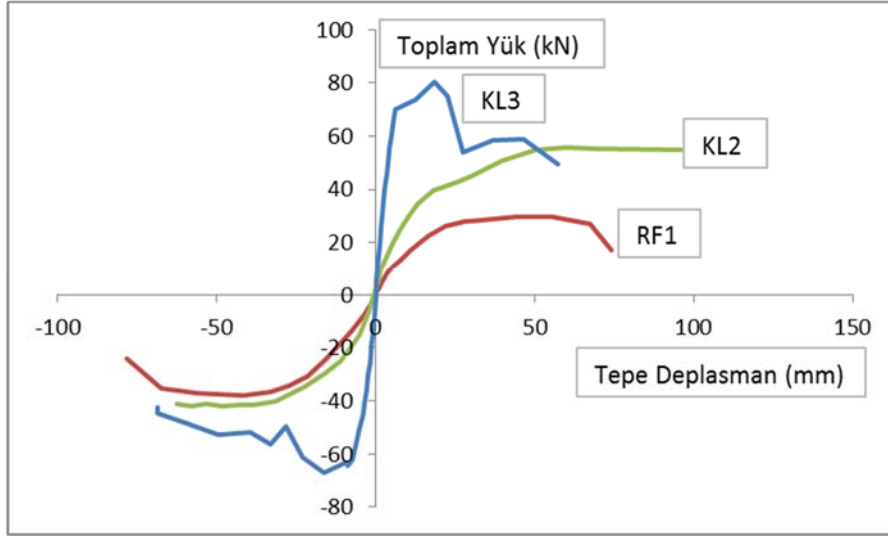
Şekil 10. KL2 numunesine ait yük-deplasman eğrisi

KL3 numunesi çelik lamalar ve korniyerlere ek olarak korniyerlerden yapılmış çaprazlarla desteklenen numunedir. KL3 numunesi 78.4 kN'luk taşıma gücü kapasitesine ulaşmıştır. KL3 numunesine ait yük-deplasman eğrisi şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. KL3 numunesine ait yük-deplasman eğrisi

RF1, KL2 ve KL3 numunelerinden elde edilen yük-deplasman eğrileri bir arada değerlendirilerek şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Numunelere ait yük-deplasman eğrileri

Bu çalışmada iki farklı güçlendirme tekniği uygulanan betonarme çerçevelerin yük taşıma kapasiteleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Referans numunesine göre kullanılan güçlendirme tekniklerinin ikisi de olumlu sonuçlar vererek yatay yük taşıma kapasitesinde artış sağlanmıştır.
- Çelik lamalara ve korniyerlere ek olarak korniyerlerden çapraz bağlantı yapılan KL3 numunesinin yatay yük taşıma kapasitesi en yüksek olarak elde edilmiştir.
- KL3 numunesinin elastik bölgede taşıdığı yükün diğer numunelere göre arttığı görülmüştür.
- KL2 numunesinde plastik davranış başladığında kiriş-kolon birleşimlerindeki kaynaklarda açılmalar oluşmuştur.
- KL3 numunesinde kullanılan çaprazlarda ise burkulmalar meydana gelmiştir.
- Kullanılan güçlendirme teknikleri genel itibari ile yatay yük taşıma kapasitesinde artışlar sağlamıştır. Bu nedenle dayanım yetersizliği olan yapılarda uygulanabilir bir yöntemdir.
- Kaynaklarda görülen hasar dikkate alındığında güçlendirme yöntemi uygulanırken yapılacak kaynak işleminin çok dikkatli yapılması ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Çünkü uygulanan yöntemde en çok zorlanan bölgeler kaynaklar olmuştur. Kaynakların ayrışması sistemin taşıma gücünü tüketecektir.

- Çaprazlar ile yapılacak güçlendirmelerde ise yapıya eklenen çaprazların burkulmasını önleyici kat hizalarında önlemler alınması güçlendirmenin daha sağlıklı çalışmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

- [1] Balık FS, Bahadır F, Kamanlı M, Korkmaz HH, Ünal A, Kaltakçı MY. Pencere boşluklu perde duvarla güçlendirilmiş 1/3 ölçekli betonarme çerçevelerin davranışı. S. Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg. 2018; 6(2): 279-95.
- [2] Paschalis SA, Lampropoulos AP, Tsioulou O. Experimental and numerical study of the performance of ultra high performance fiber reinforced concrete for the flexural strengthening of full scale reinforced concrete members. Construction and Building Materials. 2018; 186: 351-66.
- [3] Kara ME, Altın S. Behavior of reinforced concrete frames with reinforced concrete partial infills. ACI Structural Journal. 2006; 103(5): 701-9.
- [4] Baran M, Aktaş M, Aykaç S. Sıvanmış tuğla dolgu duvarların şerit beton/betonarme panellerle güçlendirilmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 2014; 29(1): 23-33.
- [5] Altın S, Ersoy U, Tankut T. Hysteretic response of reinforced concrete infilled frames. Journal of Structural Engineering, ASCE. 1992; 118(8): 2133-50.
- [6] Türk, M., Ersoy, U., Özcebe, G., 2003, Seismic rehabilitation of rc frames with rc infill walls, *Fifth National Conference on Earthquake Engineering*, İstanbul-Türkiye.
- [7] Canbay E, Ersoy U, Özcebe G. Contribution of rc infills to the seismic behavior of structural system. ACI Structural Journal. 2003; 100(5): 637-43.
- [8] Sivri M, Kuyucular A, Çelik İD. Perde duvar ile güçlendirilen betonarme çerçevenin ansys ve sta4-cad analiz sonuçlarının karşılaştırılması. SDÜ Teknik Bilimler Dergisi. 2013; 3(2): 26-34.
- [9] Doğan O, Akdemir İ, Er ŞB. Çelik halatlarla güçlendirilmiş betonarme çerçeve binanın bilgisayar destekli deprem analizi. International Journal of Research and Development. 2011; 3(1): 72-6.
- [10] Ali O, Bigaud D, Riahi H. Seismic performance of reinforced concrete frame structures strengthened with frp laminates using a reliability-based advanced approach. Composites Part B. 2018; 139: 238-48.

- [11] Tekin M, Alsancak E, Ay M. Betonarme çerçevelerde dolgu duvar etkisinin incelenmesi. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi. 2007; 3(1): 95-104.
- [12] Tekeli H, Akyürek O, Deniz M, Hersat E, Kara N, Tosun U, Kaya F. Betonarme çerçevede dolgu duvarların hasır çelik donatılı sıva ile güçlendirilmesi. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi. 2014; 3(2); 179-91.
- [13] Ismail N, El-Maaddawy T, Khattak N. Quasi-static in-plane testing of frcm strengthened non-ductile reinforced concrete frames with masonry infills. Construction and Building Materials. 2018; 186: 1286-98.
- [14] Ha GG, Cho CG. Strengthening of reinforced high-strength concrete beam-column joints using advanced reinforcement details. Mag. Concr. Res. 2008; 60(7); 487-97.
- [15] Cho CG, Han BC, Lim SC, Morii N, Kim JW. Strengthening of reinforced concrete columns by high-performance fiber-reinforced cementitious composite (hpfrc) sprayed mortar with strengthening bars. Composite Structures. 2018; 202: 1078-86.
- [16] Baghi H, Oliveira A, Valença J, Cavaco E, Neves L, Julio E. Behavior of reinforced concrete frame with masonry infill wall subjected to vertical load. Engineering Structures. 2018; 171: 476-87.
- [17] Ünal A. TDY 2007'ye göre tasarlanmamış betonarme çerçevelerin düzlem dışı perde duvarla güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [18] Balık FS. Betonarme dolgu duvarla güçlendirilmiş deprem davranışı yetersiz betonarme çerçevelerin davranışına pencere boşluklarının etkisi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.