

Zayıf Kolon - Güçlü Kiriş Birleşiminde Kesme Çivili Levhanın Etkisi

Alper Büyükkaragöz

Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 71451 Türkiye.

Telefon: 0 (318) 357-3571; Fax: 0 (318) 357-2459, akaragoz@kku.edu.tr

Özet-Betonarme yapılarda geniş kullanım alanları yaratmak gibi çeşitli sebeplerden dolayı kolonlar kirişlerden daha zayıf yapılmaktadır. Bu durumda, deprem etkisi altında klasik yapılarda büyük sorunlar oluşmakta, bina ya ağır hasar görmekte yada göçmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için yapılmış olan bu çalışmanın amacı zayıf kolon-güçlü kiriş birleşiminin kesme ve eğilme kapasitesini arttırmaktır. Bunun için, birleşim bölgesinde kesme çivili levhalar kullanılmıştır. Bir adet takviyesiz şahit ve bir adet deney elemanı olmak üzere toplam iki adet deney elemanı test edilmiştir. Deney elemanları, bir çerçevenin dış düğüm noktasından elde edilmiştir. Kontrol deney elemanı düğümde oluşan kesme hasarı sonucu göçmüşken, diğer deney elemanı sünek bir davranış göstererek kiriş dibinde eğilmeden göçmüştür.

Anahtar Kelimeler: zayıf kolon-güçlü kiriş birleşimi, kesme çivisi, deprem etkisi.

Abstract-In reinforced concrete structures, columns are made weaker than beams due to various reasons like creating wider spaces for use. In this situation bigger problems occur in classical structures under earthquake effect such as the building is either severely damaged or collapsed. The aim of this study is to increase the shear and bending capacity of weak column-strong beam connection and it can be a good alternative in order to overcome the problems mentioned above. For this, on the column, steel plates with shear stud are used at the connection. One control and one test specimen are tested. The specimens are derived from the exterior joint of a frame. We observed that the control specimen is collapsed due to the joint failure whereas the other test specimen showed ductile behavior and collapsed by bending in the bottom of the beam.

Keywords: weak column-strong beam connection, shear stud, earthquake effect

I. GİRİŞ

Türkiye iki aktif deprem kuşağından biri olan Alp deprem kuşağında yer almakta olup, topraklarının büyük bir kısmı önemli derecede deprem tehdidi altındadır. Dolayısıyla Türkiye sık ve sonuçları bakımından son derece üzücü ve tahribatı büyük olan depremlere maruz kalmaktadır. Son 10 yılda meydana gelmiş Erzincan (1992), Dinar (1995), Adana (1998) ve Kocaeli (1999) depremleri, bu önemli ve yıkımı büyük olan depremlerden sadece bir kaçıdır.

Büyük depremlerde yaşanan deneyimlerde görülmüştür ki, deprem kuvvetlerine maruz kalan yapılar ya önemli ölçüde hasara uğramış ya da göçmüşlerdir. Betonarme yapılarda sonuçları göçmeye yol açan hatalar kimi zaman malzeme ve çoğunlukla projeye uygun yapılmayan donatı detaylarından kaynaklanmaktadır. Deprem kuvvetleri etkisi altında taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan ve depreme dayanıklılıkları yetersiz oldukları düşünülen yapıların güçlendirilmesi ve hasar görmüş olanların ise onarılması konusunda çeşitli çalışmalar yapılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Örneğin bir çalışmada, kolondaki net çekme veya azaltılmış basınç altındaki orta açıklık kolon-kiriş birleşimlerinin deprem performanslarının incelenmesi amaçlanmıştır. Altı adet sıradan ve abartılmış yüksek dayanımlı betonarme orta açıklık birleşiminin test edilmesi için gelişmiş bir senkronize sarma tablası kullanılmıştır. Panel bölgesi (PZ) saf kayma göçmesini garantileyerek düğüm kayma dayanımının gerçekçi olarak tahmin edilmesini sağlayan alışılmamış bir tasarım yaklaşımı uyarlanmıştır. Sonuçlar, kolonda çekme gözlemlendiğinde, veya kolon basınç yükü önemli oranda düştüğünde, deformasyon yapabilirlikte bir artış ve kayma dayanımında kayıp olduğunu göstermektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, düşey deprem hareketi oluşma ihtimali yüksek bölgelerde, aksenal çekmenin panel bölgesi kesme kapasitesi, düğüm sargılamadaki verim ve tüm yapının stabilitesi konularında yeterli bilgi sağlamıştır [1]

Diğer bir araştırmada, yarı-statik tekrarlı yanal yüklere maruz bırakılmış iki adet yarı ölçekli betonarme iç geniş şeritli kolon kiriş birleşimi üzerinde yapılan deney sonuçları sunulmuştur. İlk birleşim herhangi bir deprem şartnamesi kullanılmadan detaylandırılmış, ikinci birleşim ise

performansı artıran birkaç küçük değişiklik dışında benzer şekilde detaylandırılmıştır. İkinci birleşimde istenmeyen burulma ve kesme çatlaklarının oluşmasını engelleyecek şekilde donatı çubuklarının sıyırılmasını da içeren özel bir detaylandırma şekli bulunmaktadır. Bu birleşim uygulanan en fazla %4'lük düşük ötelenmeye kadar çok iyi davranış sergilemiştir. Bu nedenle bu özel detaylandırma şekli kullanıldığında, mevcut şartnamelerde yüksek depremselliğe sahip bölgelerde kiriş genişliğini sınırlandıran kısıtlandırmalar kaldırılabilir. [2]

Başka bir çalışmada, gelişmiş kompozit malzemeler kullanarak, betonarme kolon-kiriş birleşimleri için etkili ve seçici iyileştirme şemaları geliştirilmiştir. Çok sayıda betonarme kolon-kiriş birleşimi üretilmiştir. Düğümler, deprem öncesi imalat standartları kullanılarak sünek olmayacak şekilde detaylandırma özelliklerini benzeştirecek şekilde tasarlanmıştır. Kontrol numuneleri kiriş ucundan yinelenir yüklere maruz bırakıldıklarında düğümde kesme göçmesi oluşmuştur. Düğümün kesme dayanımını artırmak için, değişik lif ile sararak iyileştirme şemaları düğüm paneline uygulanmıştır. Denenen iyileştirme teknikleri, düğümün kesme dayanımını artırma ve kesme göçmesi modunu geciktirme hususunda başarılı olmuştur. [3]

Kesme çivilerinin kullanıldığı başka bir çalışmada 9 adet çift cidarlı kompozit bir kirişte yorulma deneyleri yapılmıştır. Kullanılan kesme çivili levhalar donatısız beton kirişe dıştan kalıp gibi uygulanmış ve kesme çivilerindeki aralık değişimlerinin davranışa etkileri araştırılmıştır. Uygulamada kesme çivileri levhaya çift sıralı olarak kaynak tabancasıyla sabitlenmiştir. Göçmenin, kesme çivileri bağlantı noktasındaki dayanıma bağlı olduğu ortaya çıkmış ve kesme çivilerinin aralık ve dizilişlerinin davranışta etkin rol oynadığı görülmüştür. [4]

Kolon-kiriş birleşimiyle ilgili literatürde yapılmış başka çalışmalarda mevcuttur. [5-7]

Betonarme yapılarda geniş kullanım alanları yaratmak gibi çeşitli sebeplerden dolayı kolonlar kirişlerden daha zayıf yapılmakta ve ayrıca kirişlerin döşeme ile birlikte yapılması sonucu tasarlanandan daha yüksek taşıma güçlü olması neticesinde çerçeve hasarı daha çok kolonlarda olmaktadır.

Zayıf kolonlar için sonradan güçlendirme yapılarak kolon taşıma kapasitesi arttırılmaktadır. Bu çalışmalarda genelde kolon, mantolama gibi çeşitli yöntemlerle güçlendirilmiştir. Fakat bu yöntemlerde kolon kesiti büyütülerek projede kısıtlı olan kullanım alanı küçültülmektedir.

Bu çalışmada, kolon ve birleşim bölgesi için ilk kez yapılan bir uygulama ile bilinen yöntemlerin aksine basit, pratik ve ucuz bir öneri getirilmiş ve kolon kesiti büyütülmeden, kolona belli bir rijitlik ve süneklik sağlanarak kolon ve düğüm kapasitesi arttırılmıştır. Kolon ve kirişlerin rijitlik, süneklik, enerji tüketimi ve dayanımları gibi bazı kriterler incelenmiştir.

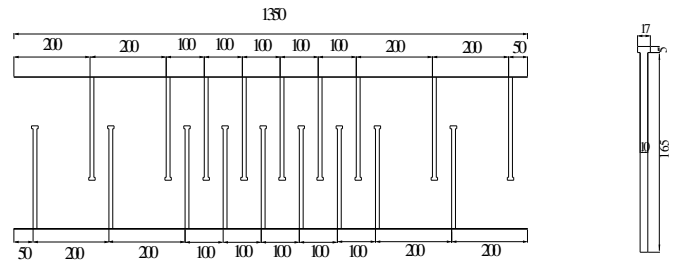
Bu çalışmanın amacı, zayıf kolon güçlü kiriş birleşimleri için yeni bir öneri getirmek ve kolon kesitini arttırmadan kolon ve düğüm kapasitesini arttırmaktır.

II. DENEY PROGRAMI

A. Deneysel elemanları

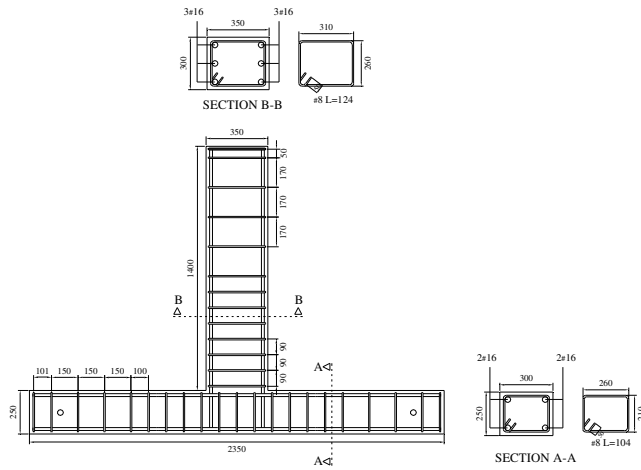
İki adet betonarme kolon-kiriş birleşimi test edilmiştir: CR ve C1 deney elemanları bir çerçeveyi oluşturan zayıf kolon güçlü kiriş dış düğümünden oluşmaktadır. Dış düğüm elemanları, daha hassas olmaları ve deprem anında ilk göçmesi beklenen elemanlar olmaları nedeniyle tercih edilmişlerdir. Kontrol deney elemanında kolon donatıları altta ve üstte donatılandırılmış 2#16 boyuna çubuklardan ve #8 etriyelerden oluşmaktadır. Kiriş donatıları ise altta ve üstte donatılandırılmış 3#16 boyuna çubuklardan ve #8 etriyelerden oluşmaktadır. Deneysel elemanları donatı detayları, Türk Deprem Yönetmeliğinde belirlenmiş olan kriterlere göre oluşturulmuştur. [8]

CR kontrol deney elemanında kolonda etriye aralıkları sıklaştırılmıştır. C1 deney elemanında ise kolondaki etriye aralıkları daha seyrek olarak imal edilmiştir. C1 deney elemanında kullanılan sistemde çelik levha boyutları 10*50 mm olup çelik levhanın boyu 1350 mm'dir. Deneysel elemanında 4 adet çelik levha kullanılmıştır. Her çelik levhada 9 adet olmak üzere toplam 36 adet kesme çivisi çelik levhalara kaynatılmıştır. Kullanılan kesme çivisinin çapı 10 mm, gövde yüksekliği 165 mm, başlık çapı 17 mm ve başlık kalınlığı 5 mm'dir. Kullanılan kesme çivisi ve levha detayları Şekil 1'de verilmiştir.

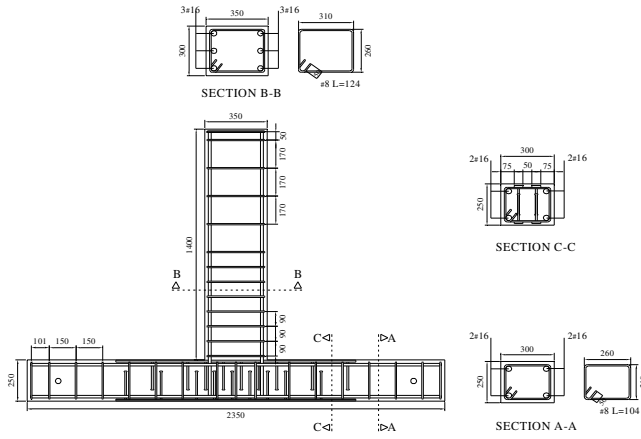


Şekil 1. Kesme çivisi ve levha detayı

Beton basınç dayanımları test günü CR deney elemanı için 28.9, 29.2 ve 28.6 MPa, C1 deney elemanı için 29.2, 29.5 ve 29.2 MPa olarak ölçülmüştür. Donatıların akma dayanımları $\phi 8$ ve $\phi 16$ çubukları için sırasıyla 504 ve 420 MPa'dır. Kesme çivilerinin akma dayanımı 473 MPa, çelik levhaların akma dayanımları ise 495 MPa'dır. CR ve C1 deney elemanları ve donatı detayları Şekil 2-3'te verilmiştir.



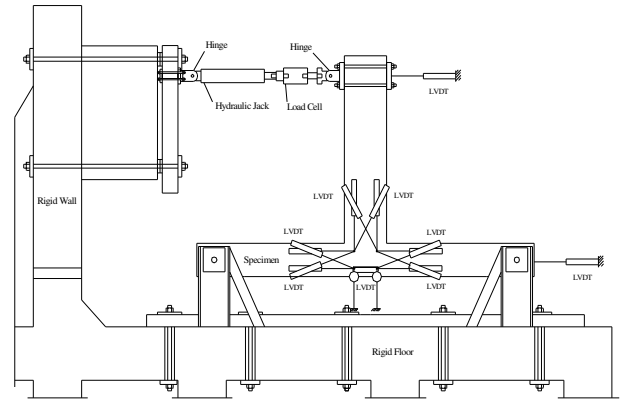
Şek.2- CR deney elemanı donatı detayı



Şek.3- C1 deney elemanı donatı detayı

B. Deney düzeneği ve aletler

Deney elemanları, kolon yatay pozisyonda kalacak şekilde deney düzeneğine yerleştirilmiştir, kolon uçlarından mafsallı olarak tutulmuş ve kiriş ucundan tekrarlı yükleme yapılarak test edilmiştir. Toplam 16 adet LVDT'den, kiriş uç deplasman, rijit yatay ötelenme, rijit düğüm dönmesi, kayma deformasyonları ve eğrilik hesaplamalarında kullanılmak üzere ölçümler alınmıştır. (Şekil 4)



Şek.4- Deney elemanı ve ölçüm düzeneği

Tersinir, yarı statik yük, ± 300 mm genliğe sahip hidrolik kriko vasıtasıyla kiriş ucundan uygulanmıştır. Uygulanan yük 300 kN basma kapasiteli bir yük hücresiyle ölçülmüştür. Deney elemanları deplasman kontrollü olarak yüklenmiştir.

C. Kullanılan Malzeme

Üzerinde belirli aralıklarla kaynatılmış kesme çivileri bulunan çelik levhalar, zayıf kesitli kolonda bulunan etriyelerin üzerine bağ telleriyle bağlanmıştır. C1 deney elemanında, 2'si kolon alt yüzünde 2'si de kolon üst yüzünde olmak üzere toplam dört adet çelik levha kullanılmıştır. Çelik levhalar 10×50 mm kesit alanına sahip olup boyları 1350 mm'dir. Çelik levhaların boyunun belirlenmesinde, kontrol deney elemanında etriye sıklaştırması uygulanan bölgeye kadar olan mesafe dikkate alınmıştır. Çelik levhaların uygulandığı deney elemanlarındaki kolonlarda etriye aralıkları seyrekleştirilmiş, çelik levhalar bu etriyelerin üzerine bağlanmıştır. Böylece uygulamadaki etriye sıklaştırma problemi giderilmiş, etriyelerin görevini çelik levhalarda kullanılan kesme çivileri almıştır. Kesme çivisi aralıkları birleşim bölgesinde sıklaştırılmıştır. Şekil 5'de C1 deney elemanında bu malzemenin donatı kafesine uygulanmış hali görülmektedir.

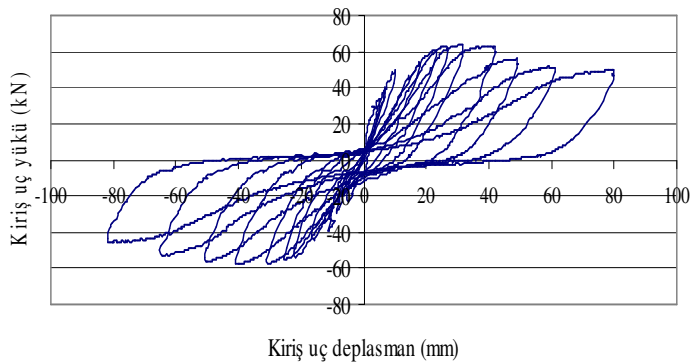
III. SONUÇLAR

CR deney elemanı için, ilk yükleme çevriminde 37 kN yüke ulaşılmıştır. İlk çatlak konsol kiriş dibinde meydana gelmiştir. Beşinci yükleme çevriminde kiriş dibinde ve birleşim üst bölgesinde oluşan çatlak açıklıkları genişlemeye başlamıştır. Altıncı yükleme çevriminde en büyük yük olan 70 kN'luk yüke ulaşılmıştır. Sekizinci ileri çevrimde 67 kN'luk bir yüke ulaşılmış, dayanımda %4'lük bir azalma gözlenmiştir. Düğümde oluşan eğik çatlak sayısında artış gözlenmiştir. On ikinci yükleme çevriminde 46 kN'luk yüke ulaşılmış, dayanımda ki kayıp %34 olarak ölçülmüştür. Deney elemanı

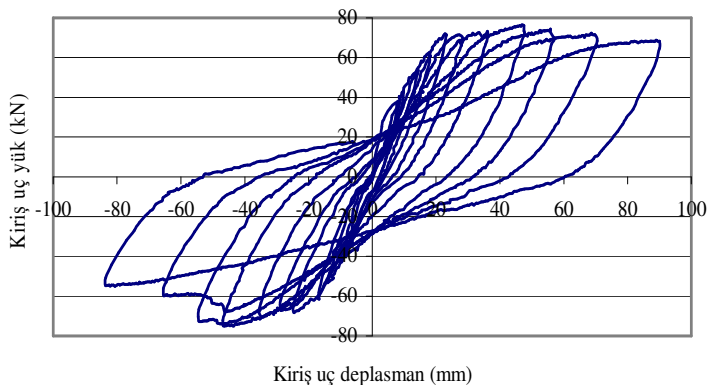
konsol kiriş dibiyle düğüm arasında meydana gelen hasar neticesinde göçmüştür.

C1 deney elemanı için, ilk yükleme çevriminde 39 kN yüke ulaşılmıştır. İlk çatlak kiriş dibinde meydana gelmiş ve kiriş ön yüzüne doğru ilerlemiştir. Yedinci yükleme çevriminde 73 kN yüke ulaşılmıştır. Kiriş dibinde kiriş ön ve yan yüzlerinde oluşan çatlakların genişlikleri daha da büyümüşür. Sekizinci yükleme çevriminde en büyük yük olan 74 kN'luk bir yüke ulaşılmıştır. On ikinci yükleme çevriminde 60 kN'luk bir yüke ulaşılmış, dayanımda %19'luk bir kayıp meydana gelmiştir. Konsol kiriş dibinde plastik mafsals oluşmuş ve deney elemanı sünek bir davranış göstererek göçmüştür. Düğümde hasar oluşumu gözlenmemiştir.

CR ve C1 deney elemanları için kiriş uç yük - deplasman ilişkileri Şekil 6-7'de gösterilmiştir.



Şek. 6- CR Kiriş uç yük-deplasman eğrisi



Şek. 7- C1 Kiriş uç yük-deplasman eğrisi

Deney elemanlarının dayanımları ve genel davranış karakterleri zarf eğrilerinin incelenmesi sonucu yorumlanmıştır. Zarf eğrileri yük-deplasman grafiklerinde her çevrimde ulaşılan maksimum yük değerleri ve bu değerlere karşılık gelen deplasmanlar dikkate alınarak çizilmiştir. Buna göre, C1 deney elemanında CR deney elemanına göre yük taşıma kapasitesinde %13'lük bir artış elde edilmiştir. Süneklik açısından değerlendirildiğinde ise C1 deney elemanında plastik mafsals sünek olan konsol kiriş dibinde olduğundan, C1 deney

elemanı, CR kontrol deney elemanına göre daha sünek bir davranış göstermiştir. Rijitliğe göre değerlendirme yapıldığında da C1 deney elemanının başlangıç rijitliği CR deney elemanının başlangıç rijitliğinden %18 daha büyüktür. C1 deney elemanının birikimli enerji tüketimi ise CR deney elemanına göre %20 daha fazla olmuştur.

Uygulamada birleşim bölgesinde etriye sıklaştırması işçilik ve uygulama açısından oldukça zordur. Bu problem, kullanılan malzeme sayesinde ortadan kaldırılmıştır. Etriye aralıkları sıklaştırılmış kontrol deney elemanında göçme birleşimde oluşmuşken, etriye aralığı seyrek C1 deney elemanında göçme kiriş dibinde meydana gelmiştir. Etriye seyrekleştirilmesi yapılmış olmasına rağmen düğümde kesme çatlağı oluşmamıştır.

Kontrol deney elemanında plastik mafsals düğümde gerçekleşmişken, kesme çivili levha uygulanmış diğer deney elemanlarında plastik mafsals sünek olan kiriş dibinde meydana gelmiştir.

Uygulanan yöntem betonarme yapının tasarımı aşamasında zayıf kesitli kolonlar için önerilebilecek bir yöntem olarak görünmektedir. Kesme çivili levhalar kolonun dayanım ve rijitliğini önemli derecede arttırmaktadır.

IV. KAYNAKLAR

- [1] Higazy, Elnashai, Agbabian, "Behaviour of beam-column connections under axial column tension", Journal of Structural Engineering, Vol. 122, No: 5, pp.501-511, 1996.
- [2] Stehle, Goldsworthy, Mendis, "Reinforced concrete interior wide - beam-column connections subjected to lateral earthquake loading", ACI Structural Journal, Vol. 98, No:3, pp.270-279, 2001.
- [3] Ghobarah, Said, "Seismic rehabilitation of beam-column joints using FRP laminates", Journal of Earthquake Engineering, Vol.5, No:1, pp.113-129, 2001.
- [4] Roberts, Dogan, "Fatigue of welded shear connections in steel-concrete-steel sandwich beams", Journal of Constructional Steel Research, Vol.45, No:3, pp.301-320, 1998.
- [5] Gulkan, "The inelastic response of repaired reinforced concrete beam-column connections", 6th World Conference on Earthquake Engineering, New Delhi, 1977.
- [6] Cronopulos, "Response of repaired/strengthened r.c. columns under cyclic actions", Proceedings of the 8th European Conference on Earthquake Engineering 5, Lisbon, 1986.
- [7] Febres, Wight, "Experimental study of reinforced concrete interior wide beam-column connections subjected to lateral loading", Structural Journal, Vol.98, No:4, pp.572-582, 2001.
- [8] Deprem Yönetmeliği, 30-45, Türkiye, 2006.