

4. DENEY GRUBU 3: BETONARME ÇERÇEVE DENEYİ

Soket temel, kolon ve kiriş elemanları prekast olarak üretilen betonarme çerçeve, geliştirilen kiriş-kolon bağlantı yöntemi kullanılarak İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında oluşturulmuş ve üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Tek açıklıklı ve iki katlı çerçevenin geometrik özellikleri Şekil 21'de verilmiştir. Çerçeve imalatında C30 sınıfı beton,

B420C kalite donatı çeliği ve S235 kalite yapısal çelik kullanılmıştır.

Deney çerçevesinde bulunan dört adet kiriş-kolon bağlantısının her birinde üstte 4, altta 2 adet olmak üzere toplam 6 adet STMM eleman ceketli olarak kullanılmıştır.

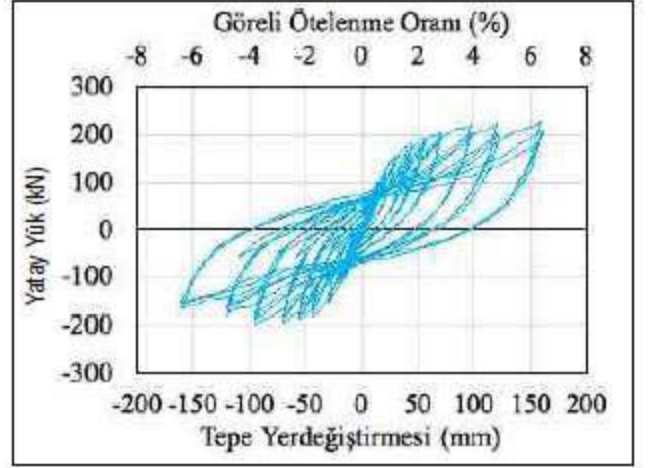
Deprem etkisini temsil eden yatay yükleme, temel üst kotundan çerçeve toplam yüksekliğinin 5/6'sı kadar yukarıda konumlandırılan hidrolik veren ile yapılmıştır. Yük dağıtma kirişi vasıtasıyla hidrolik veren kuvveti iki kata dağıtılmıştır. Çerçeve, ACI 374.1-05 de önerilen yerdeğiştirme çevrimleri kullanılarak denenmiştir. Yerdeğiştirme adımlarının artışı, birbirini takip eden iki yerdeğiştirme hedefi arasında en az 1.25 en çok 1.5 kat olacak şekilde oluşturulmuştur. Numune düzlem içi rijitliğindeki değişimi izlemek için, her yerdeğiştirme eşiğini takip eden bir adet küçük elastik çevrim uygulanmıştır. Bu özel çevrim, ilgili eşikte tatbik edilen üç yerdeğiştirme çevriminde gerçekleşen yük değerlerinin ortalamasının %30'unu hedefleyerek uygulanmıştır.

Çerçeve soket temelleri laboratuvar rijit döşemesine 8.8 kalitesinde M39 civatalar ile bağlanmıştır. Temellerin potansiyel kalkma, kayma ve dönme hareketlerini ölçmek üzere yeterli sayıda yerdeğiştirme ölçer kullanılmıştır. Temellerden alınan ölçümler, yeterli ankastre mesnetlenmenin sağlandığını göstermiştir. Deney çerçevesinin, yükleme düzlemine dik doğrultudaki hareketini önlemek üzere çelik çerçeve oluşturulmuştur. Düzleme dik doğrultuda her iki kat seviyesinde alınan ölçümler, düzlem dışı yerdeğiştirme hareketlerinin küçük kaldığını göstermiştir.





Şekil 22. Deney çerçevesi ve elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme ilişkisi



İki katlı çerçeve sistemin genel görünümü ve deneyde elde edilen yatay yük-tepe yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 22'de verilmiştir. Grafiğin yatay aksı üst kat kirişi hizasında ölçülen düzlem içi yatay yerdeğiştirmeleri, düşey aksı ise hidrolik verenden okunan yük değerlerini temsil etmektedir.

İtme doğrultusunda elde edilen en büyük dayanımın 220 kN, çekme doğrultusunda 200 kN olduğu görülmektedir. Deney çerçevesi yatay yükleme etki-

sinde simetrik bir davranış sergilemiştir. Çerçeve sistemin deney sonundaki genel durumu Şekil 23'te verilmiştir.

%0.25 görelî öteleme seviyesinde A kolonunun 1.kat düğüm noktası bölgesinde ilk çatlakın oluştuğu gözlenmiştir, Şekil 24. İlerleyen yatay ötelenme adımlarında bu bölgedeki çatlakların sayısı artmıştır.

İtme ve çekme yönlerinde gerçekleşen en büyük dayanımlar arasındaki 20 kN'luk fark, A1 düğüm noktası böl-

gesinde kolonda başlayan ve giderek ilerleyen hasar durumundan kaynaklanmaktadır, Şekil 24. A1 düğüm noktasında oluşan hasarın temel sebebi, kolonların yükleme düzleminde görece zayıf olmaları ve donatıların bağlandığı manşonların bulunduğu bölgede beton örtü kalınlığının büyük gerçekleşmiş olmasıdır.

B kolonu 1.kat düğüm noktasında (hidrolik veren tarafında) benzer düzeyde bir hasar durumu gözlenmemiştir,

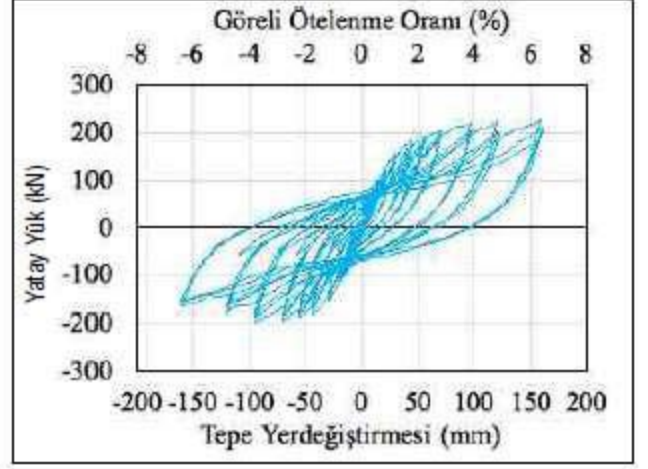


Şekil 23. Deney numunesi ve kolonlarının deney sonundaki durumu





Şekil 22. Deney çerçevesi ve elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme ilişkisi



İki katlı çerçeve sistemin genel görünümü ve deneyde elde edilen yatay yük-tepe yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 22'de verilmiştir. Grafiğin yatay aksı üst kat kirişi hizasında ölçülen düzlem içi yatay yerdeğiştirmeleri, dikey aksı ise hidrolik verenden okunan yük değerlerini temsil etmektedir.

İtme doğrultusunda elde edilen en büyük dayanımın 220 kN, çekme doğrultusunda 200 kN olduğu görülmektedir. Deney çerçevesi yatay yükleme etki-

sinde simetrik bir davranış sergilemiştir. Çerçeve sistemin deney sonundaki genel durumu Şekil 23'te verilmiştir.

%0.25 görelî öteleme seviyesinde A kolonunun 1.kat düğüm noktası bölgesinde ilk çatlakın oluştuğu gözlenmiştir, Şekil 24. İlerleyen yatay ötelenme adımlarında bu bölgedeki çatlakların sayısı artmıştır.

İtme ve çekme yönlerinde gerçekleşen en büyük dayanımlar arasındaki 20 kN'luk fark, A1 düğüm noktası böl-

gesinde kolonda başlayan ve giderek ilerleyen hasar durumundan kaynaklanmaktadır, Şekil 24. A1 düğüm noktasında oluşan hasarın temel sebebi, kolonların yükleme düzleminde görece zayıf olmaları ve donatıların bağlandığı manşonların bulunduğu bölgede beton örtü kalınlığının büyük gerçekleşmiş olmasıdır.

B kolonu 1.kat düğüm noktasında (hidrolik veren tarafında) benzer düzeyde bir hasar durumu gözlenmemiştir,

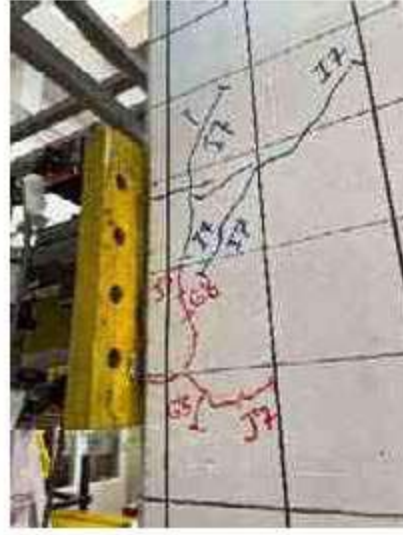


Şekil 23. Deney numunesi ve kolonlarının deney sonundaki durumu

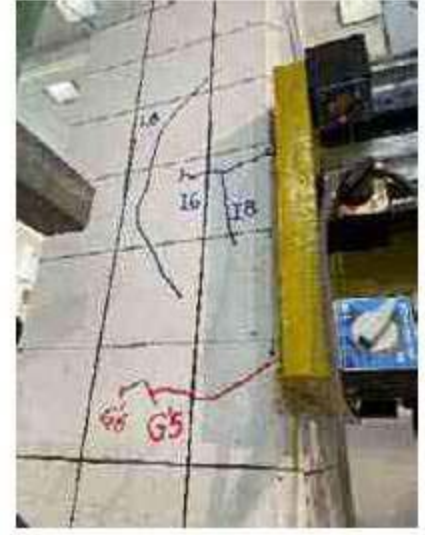




$P = 185.4 \text{ kN}$; $\delta = 55 \text{ mm}$

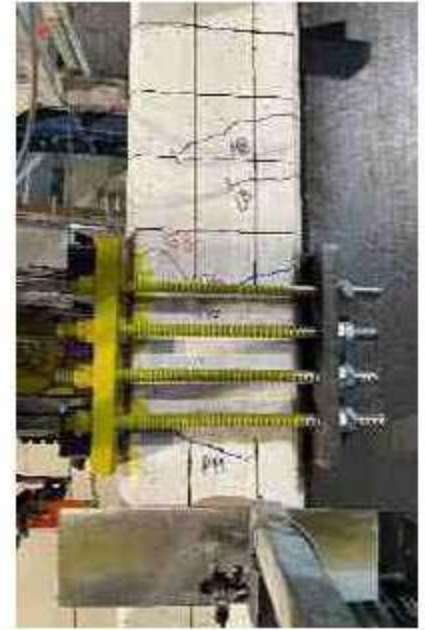


$P = 194 \text{ kN}$; $\delta = 70 \text{ mm}$



$P = 204 \text{ kN}$; $\delta = 95 \text{ mm}$

Şekil 24. A1 düğüm noktasının artan yerdeğiştirme aşamalarındaki hasar durumu



Şekil 25. B1 düğüm noktasının nihai hasar durumu

Şekil 25. Yatay yük dağıtıcı kiriş bağlantısı nedeniyle B1 düğüm noktasında oluşan sargı etkisinin bu durum üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmiştir.

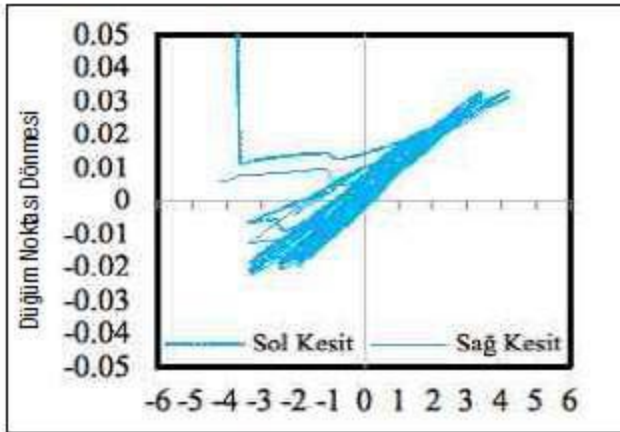
Deney numunesinin genel hasar durumu ve yük-yerdeğiştirme ilişkileri değerlendirildiğinde çerçeve davranışının oluştuğu ve yeterli süneklik ve enerji

tüketme özelliklerinin gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. A kolonunda birinci kat (A1) ve ikinci kat (A2) seviyelerindeki düğüm noktalarına yerleştirilen yerdeğiştirme ölçerler ile takip edilen dönme büyüklükleri Şekil 26'da verilmiştir.

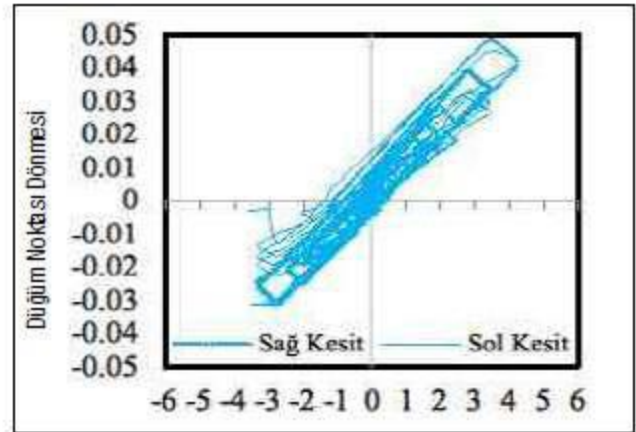
Çerçevenin her iki kolonunun alt uçla-

rında 0-150 mm ve 150-300 mm kot aralıklarında dönme okumalarına bağlı olarak hesaplanmıştır, Şekil 27. Her iki kolonda da 0-150 mm kot aralığında daha büyük dönme gerçekleşmiştir.

Deney sonunda kolon alt uçlarında oluşan hasar durumu Şekil 28'de verilmiştir. Kolon tabanlarında gözlenen

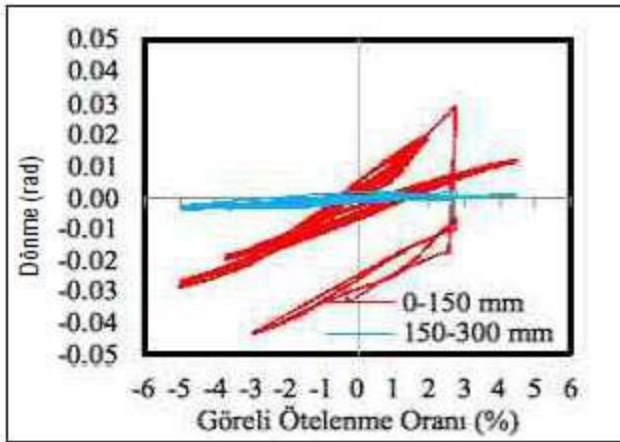


1.Kat Dügüm Noktası

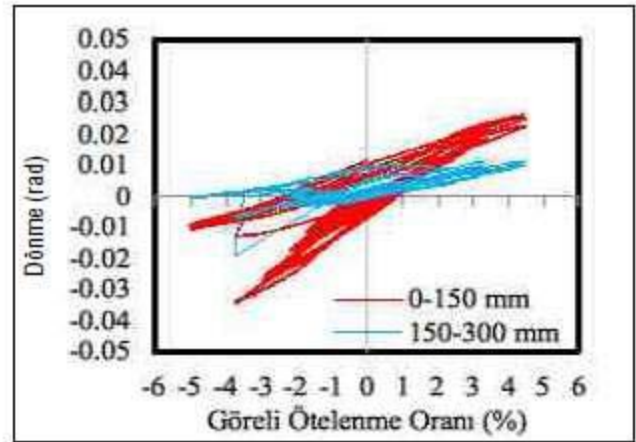


2.Kat Dügüm Noktası

Şekil 26. A kolonunda kiriş-kolon birleşim bölgelerinde ölçülen dönmeler



A Kolonu



B Kolonu

Şekil 27. Kolon alt uçlarında gerçekleşen eğilme şekildeğişirimesi



A Kolonu



B Kolonu

Şekil 28. Kolon alt uçlarında gözlenen hasarlar

hasarlar kaydedilen eğilme deformasyonları ile uyumludur.

Dügüm noktalarında (A1, A2, B1, B2) gözlenen hasar durumu Şekil 29'da verilmiştir. Hasarın, A1 dügüm noktasında yoğunlaştığı diğer dügüm noktalarında daha az hasar olduğu gözlenmiştir. Oluşan hasarın; dügüm noktası detaylarında yapılabilecek iyileştirmeler ve kiriş-kolon birleşiminde kullanılan STMM sayısı ve boyutlarında yapılacak düzenlemeler ile önemli ölçüde azaltılabileceği değerlendirilmiştir.

STMM elemanların ceketleri deney sonunda çıkarılarak sigorta elemanlarda

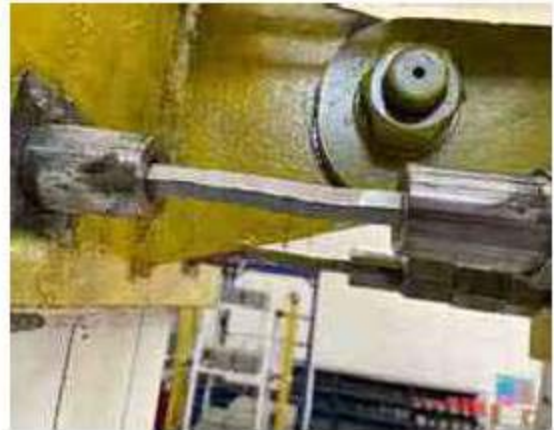


A Kolonu



B Kolonu

Şekil 29. Deney sonunda düğüm noktalarındaki hasar durumu



Şekil 30. Sigorta elemanlarının deney sonrası görünüşleri

ve ceket iç yüzeylerinde hasar gözlemi yapılmıştır, Şekil 30. Gözlemlerde eğilme deformasyonları ve sınırlı düzeyde burkulma tespit edilmiştir. Bu davranış biçimi, sigorta elemanlarının genel yapısal davranışına enerji tüketerek katkıda bulunduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Önüretimli betonarme kiriş ve kolon elemanlarının moment aktaran bağlantısında kullanılacak yeni bir birleşim detayı önerilmiştir. Üç aşamada gerçekleştirilen deneylerde elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- i. Sigorta Tipi Mekanik Manşon (STMM) Deneyleri
1. STMM'ler enerji sönümlenme bakımından başarılı bir performans göstermiştir. Farklı uzunluktaki sigorta elemanlara sahip STMM'le-

rin ulaştıkları en büyük dayanımlar yakın gerçekleşmiştir.

2. Ceketli uygulamalarda her tipin benzer süneklik ve dayanım özellikleri sergilediği görlmştir.

ii. Betonarme Kiriş Bağlantı Bölgesi Deneyleri

3. İncelenen iki kiriş bağlantı bölgesi %4.5 görelî öteleme seviyesine kadar kararlı çevrimsel davranış göstermiştir.
4. Kiriş boyuna donatılarında akma gerilmesinin %30 altında kalınmıştır.
5. Kiriş alın levhasında ayrılma (2.5-5.0 mm) gözlenmiştir. Alın levhası ankraj detayının iyileştirilmesi gerekmektedir.
6. Alın levhası ile boyuna donatıların birleşimini sağlayan manşonların bulunduğu bölgede diyagonal çatlaklar oluşmuştur. Manşon boyutları ile yüzeylerinin, daha iyi aderans sağlabilecek şekilde revize edilmesi gerekmektedir.

iii. Betonarme ereve deneyi

7. ereve davranışı gerçekleşmiş, doğrusal olmayan davranış kiriş uçlarında ve kolon tabanında yoğunlaşmıştır.
8. ereve, %4.6 görelî yerdeğiştirme seviyesine kadar kararlı çevrimsel davranış göstermiştir.
9. A1 düğüm noktasında oluşan hasarın, kolonların yüklem düzleminde görece zayıf olmaları ve donatıların bağlandığı manşonların bulunduğu bölgede beton örtü kalınlığının büyük gerçekleşmesi nedeniyle olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
10. Kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisinde itme ve çekme yönlerinde gerçekleşen en büyük dayanımlar

arasındaki %10 luk farkın, A1 düğüm noktasında oluşan hasardan kaynaklandığı söylenebilir.

11. A1 düğüm noktası bölgesinde kolonda oluşan hasarın engellenmesi için, kolon alın levhalarının ve manşonların ankraj detaylarının iyileştirilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Özkaynak Hasan, Soydan Cihan, Sürmeli Melih, şenol Erkan, "Önüretimli betonarme yapıların moment taşıyan kiriş-kolon birleşimlerinde yenilikçi yaklaşımlar üzerine literatür alışması" Beton Prefabrikasyon Dergisi, Sayı: 136, Sayfa: 5-22, Ekim 2020.
2. Nakaki, S. D., Stanton, J. F., and Sritharan, S. "An overview of the PRESSS five-story precast test building", PCI Journal, 1999; 44:2, 26-39.
3. Ma, Y.; Qi, A.; Yan, G.; Zheng, L.; Xue, P. "Experiment study on the hysteretic performance of a novel replaceable beam-to-column joint with energy-dissipating steel hinge", Buildings, 2022, 12, 1180.
4. Mehrdad Ebrahimi, Elnaz Nobahar, Misagh Karimzade, Ehsan Noroozinejad Farsangi, "Resilient clevis-based connections equipped with hybrid Ni-Ti shape memory alloys and steel tendons: Experimental and FE investigations", Journal of Building Engineering, Vol. 62, December 2022, 105338, ISSN 2352-7102.
5. Yanxia Ye, Zhiyuan Hou, Pengshuang Qiao, Zongbin Wang, Qi Kang, "Experimental study on seismic behavior of a new fully precast rocking beam-column joint",

Journal of Building Engineering, Volume 62, 2022, 105337, ISSN 2352-7102.

6. Sen Yang, Yu Lin, Dongzhi Guan, Yuan Che, Wenguang Liu, Zhengxing Guo, "Experimental investigation of a locally-compressed beam-column connection with bar-typed fuses", Journal of Building Engineering, Volume 63, Part B, 2023, 105562, ISSN 2352-7102.
7. şenol Erkan (2023) "Önretimli betonarme yapılarda moment aktaran yeni bir kiriş-kolon bağlantısı", İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansst Eğitim Enstits, *teslim edilecek*.
8. şenol Erkan, Yüksel Ercan, Özkaynak Hasan, Soydan Cihan, Srmeli Melih, Karakuş Kubilay, Saruhan Hakan, "Development of a novel fuse type mechanical connector", Structures, Vol. 44, 2022, 618-632, ISSN 2352-0124.
9. Soydan Cihan, Özkaynak Hasan, Srmeli Melih, şenol Erkan, Saruhan Hakan, Yüksel Ercan, "A mechanical plastic hinge for beam-to-column connections of precast reinforced concrete systems", *Hakem incelemesinde*.
10. Özkaynak Hasan, Soydan Cihan, Srmeli Melih, şenol Erkan, Saruhan Hakan, Yüksel Ercan, "Seismic behavior of precast RC frame equipped with replaceable mechanical plastic hinges", *Hakem incelemesinde*.
11. Patent Başvurusu "Önretimli Betonarme Kiriş Kolon Elemanların Bağlantısı Montaj Toleransı Veren Değiştirilebilir Mekanik Plastik Mafsal Birleşimi", *İnceleme aşamasında*.