

SİSMİK DETAYLARI YETERSİZ BETONARME ÇERÇEVELERİN TERSİNİR-TEKRARLANIR YATAY YÜK ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞININ DENEYSEL VE TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

Mevlüt Yaşar KALTAKCI, Günnur YAVUZ

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, KONYA

Özet: Ülkemiz topraklarının alan olarak yarıya yakınına kaplayan ve ülke nüfusunun yaklaşık 2/3'ünün bulunduğu 1. ve 2. derece deprem bölgeleri olarak adlandırılan alanlarda deprem riskinin yüksek olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, bu bölgelerde bulunan yetersiz sismik detaylara sahip binaları temsil etmek üzere 2 katlı ve 2 açıklıklı 1/3 ölçekli, kolonları yaklaşık $0.10A_c f_c$ büyüklüğünde aksel yükü bir adet betonarme çerçeve, depremi benzeştiren tersinir-tekrarlanir yatay yük etkisi altında denemiş, elde edilen dayanım zarfı grafikleri ve yatay yük taşıma kapasiteleri, SAP2000 programından bulunan dayanım zarfı grafiği ve yatay yük taşıma kapasitesiyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Betonarme çerçeve, tersinir-tekrarlanir yatay yük, zayıf beton kalitesi.

The Experimental And Theoretical Investigation of RC Frames Having Non – Seismic Detailing under Reversed – Cyclic Lateral Load

Abstract: As it is known that, at 1. and 2. degree seismic zones, earthquake risk level is almost high and these regions cover ½ of Turkey's area. In this study, to represent of buildings in these regions, 1/3 scaled 2 story 2 bay reinforced concrete frame under magnitude of approximately $0.10A_c f_c$ axial load was tested under reversed-cyclic lateral load. The response envelope curves and lateral load bearing capacities which were obtained from tests and SAP2000 programme, were compared.

Keywords: Reinforced concrete frame, reversed-cyclic lateral load, poor concrete quality.

GİRİŞ

Ülkemiz, dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri üzerinde yer almaktadır. Özellikle deprem riskinin yüksek olduğu 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde hasar görmemiş ve kullanılmakta olan çok sayıda binanın öngörülen depremlere karşı yeterli güvenliğinin olmadığı ve taşıyıcı sisteminin orta şiddetteki bir deprem karşısında bile, büyük oranda hasara uğrayacak, hatta göçebilecek durumda olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada, bu binaları temsil edecek biçimde yapım aşamasında karşılaşılan hatalara sahip olarak üretilmiş, sismik detayları yetersiz, sünek olmayan iki açıklıklı ve iki katlı betonarme çerçevenin öncelikle deprem etkisini benzeştiren tersinir tekrarlanir yatay yükleme altındaki davranışı deneysel olarak incelenmiştir (Yavuz, 2005;

Kaltakçı ve Yavuz, 2005). Bu amaçla, 1/3 ölçekli, 1 adet 2 katlı ve 2 açıklıklı betonarme çerçeve üretilmiş ve tersinir-tekrarlanir yatay yük etkisi altında denenmiştir. Deneylerde yükleme şekli çerçevenin akma yüküne kadar yük kontrollü, bu noktadan sonra deplasman kontrollü olarak uygulanmıştır. Deney elemanları yatay konumda üretilmiş, buna karşılık deneyler düşey konumda gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda elde edilen dayanım zarfı grafiği SAP2000'de gerçekleştirilen nonlineer statik itme analizi (pushover analiz) ile bulunan dayanım zarfı grafiği ile karşılaştırılmıştır. Deney numunesinde kolonlara, TS500 (2000)'de kolon davranışı için gerekli olan minimum düşey yük değeri olan yaklaşık $0.10A_c f_c$ kadar düşey yük uygulanmıştır.

MATERYAL VE METOD

Deney Elemanlarının Özellikleri

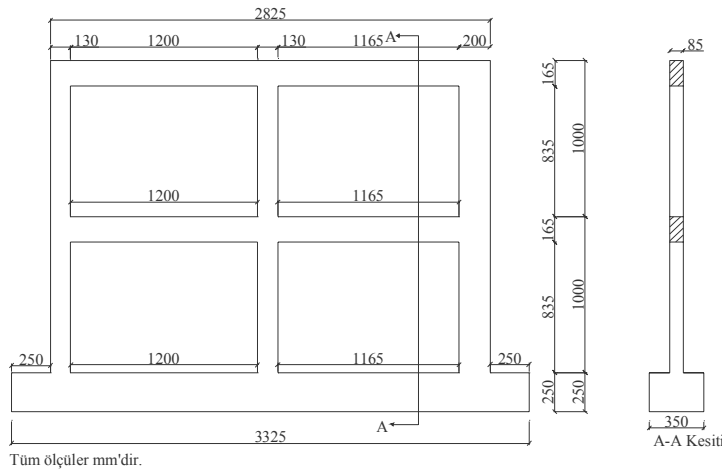
Bu çalışmada, uygulamada yapım aşamasında görülen zayıflıklara sahip sismik detayları yetersiz deney numunesi yatay konumda üretilmiştir. Çerçeve numunesindeki zayıflıklar ve yetersiz sismik detaylar şunlardır; düşük beton kalitesi, mevcut binalarda yaygın olarak bulunan düz yüzeyle donatı kullanılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırmasının olmaması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kiriş yüksekliğince kolon etriyesinin bulunmaması, kolon boyuna donatılarında kat seviyesinde bindirmeli ek yapılması (40ϕ), kiriş donatısında yetersiz kenetlenme bulunması'dır.

Deney çerçevesinin boyutları Şekil 1'de verilmiştir. Kenar kolon boyutları farklı seçilerek (85/130 mm ve 85/200 mm) sistemin simetrik

olmamasının tersinir-tekrarlanır yatay yük etkisi altındaki davranışa olan etkisi de araştırılmıştır. Pilye donatısı kırım noktaları kenar mesnet bölgelerinde kolonlar arası hesap açıklığının 1/7'si, orta mesnet bölgesinde ise 1/5'i olarak alınmıştır (Şekil 2). Bu çalışmada, çerçeve sisteminde kullanılan pilye donatısının tersinir-tekrarlanır yatay yük etkisindeki davranışının belirlenmesi de amaçlanmıştır.

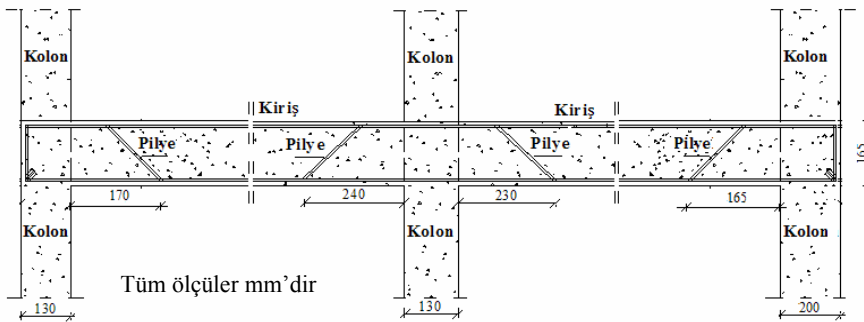
Malzeme Özellikleri

Mevcut yapıların kalitesiz ve düşük beton basınç dayanımı özelliklerini yansıtmak üzere zayıf beton basınç dayanımına sahip çerçeve numunesinin beton karışım oranını belirlemek için çok sayıda deneme karışımı yapılmıştır. Tablo 1'de, çerçevede 1 m^3 beton için kullanılan malzeme karışım oranları verilmiştir. Deney numunesinin karakteristik beton basınç dayanımı 12 MPa olarak hedeflenmiş, ancak yaklaşık 14 MPa olarak elde edilmiştir (Tablo 2).



Şekil 1. Betonarme çerçeve deney elemanının boyutları.

Figure 1. The dimensions of reinforced concrete frame member.



Şekil 2. Pilyenin kenar ve orta mesnet bölgesindeki konumu.

Figure 2. The location of bended reinforcement at side and middle support region.

ABYYHY (1998)'de deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda C16'dan, DBYYHY (2006)'da ise C20'den daha düşük dayanımlı beton kullanılmayacağı belirtilmektedir.

Çerçeve kirişlerinde $\rho = 0.0067$ oranında, $\phi 6$ mm çapında S220 kalitesinde düz yüzeyli çekme donatısı, kolonlarda ise $\rho = 0.01$ oranında $\phi 8$ mm çapında S220 kalitesinde düz yüzeyli boyuna donatı kullanılmıştır. Buna göre kolon ve kirişler için belirlenen donatı düzeni Tablo 3'te görülmektedir. Kiriş ve kolonların

tamamında etriye olarak $\phi 4$ mm çapında S220 kalitesinde düz yüzeyli donatı 100 mm aralıkla kullanılmıştır. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılmamış, kolon etriyeleri düşüm bölgelerinde kolon yüksekliği boyunca devam ettirilmemiştir. Kiriş ve kolon etriyelerinin kancaları uygulamada çoğunlukla karşılaşıldığı gibi 90° yapılmış ve kanca boyu 10ϕ alınmıştır. Çerçeve elemanlarında kullanılan donatıların malzeme karakteristikleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 1. Betonarme çerçeve betonu malzeme karışım oranları (1 m³ beton için).

Table 1. Concrete mixture ratios of reinforced concrete frame (per 1 m³ concrete).

	Ağırlık(kg)	1 m ³ Betondaki Hacimsel Miktarı(%)
Çimento	240	11
Agrega(0-7mm)	1810	80
Su	216	9
Toplam	2266	100

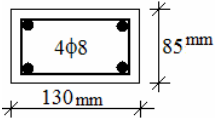
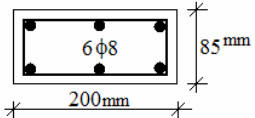
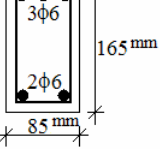
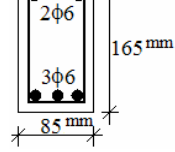
Tablo 2. Deney numunesinin ortalama karakteristik beton basınç dayanımı.

Table 2. Average characteristic concrete compression strength of test specimen.

Numune no	$f_{ck,3 \text{ gün}}$ (MPa)	$f_{ck,7 \text{ gün}}$ (MPa)	$f_{ck,7 \text{ gün}}$ Ort. (MPa)	$f_{ck,28 \text{ gün}}$ (MPa)	$f_{ck,28 \text{ gün}}$ Ort. (MPa)	f_{cu} (MPa)	f_{cu} Ort. (MPa)
B1	8.218	8.628	8.721	16.550	14.241	2.147	1.710
		7.276		12.400		1.630	
		10.26		13.773		1.370	

Tablo 3. Çerçeve elemanlarının kesit boyutları ve donatı şeması.

Table 3. Cross-section dimensions and reinforcement lay-out of frame members.

Kolonlar		Kirişler	
Sol Kenar ve Orta Kolon	Sağ Kenar Kolon	Mesnet Bölgesi	Açıklık Bölgesi
 <p>Etriye $\phi 4/100$ mm</p>	 <p>Etriye $\phi 4/100$ mm</p>	 <p>Etriye $\phi 4/100$ mm</p>	 <p>Etriye $\phi 4/100$ mm</p>

Yükleme ve Ölçüm Düzenneği

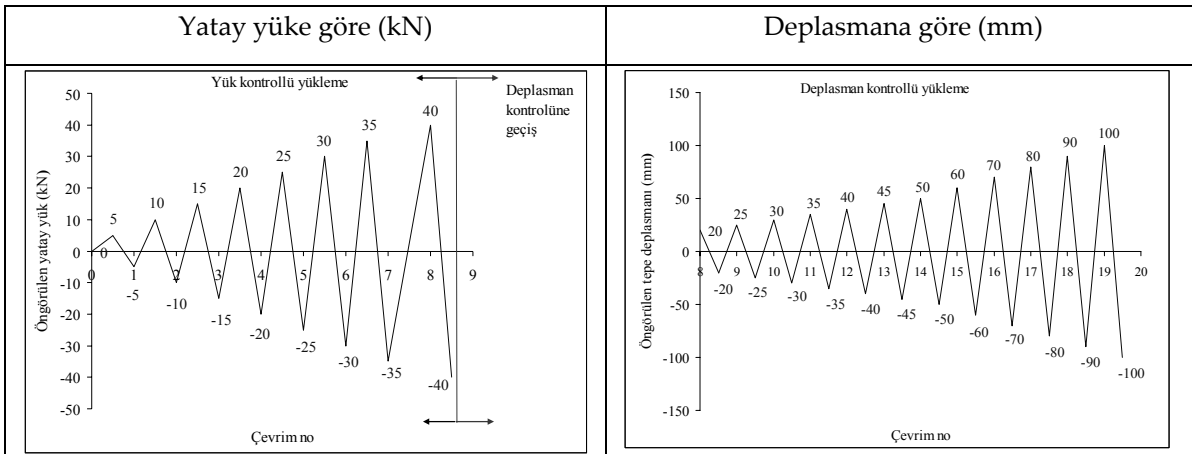
Deneylerde yüklemeye programı, akmaya kadar 500 N artımlı adımlarla yük kontrollü, akmadan sonra 10 mm artımlı deplasman kontrollü olarak uygulanmıştır. Akma yükü SAP2000 programında karakteristik malzeme değerleri kullanılarak gerçekleştirilen nonlineer

statik itme analizi (pushover analiz) sonucunda bulunan kapasite eğrisine göre belirlenmiştir. Şekil 3'te deney numunesine uygulanan yüklemeye adımları gösterilmiştir. Deney 250 kN kapasiteli yüklemeye çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'te ise deneyde kullanılan ölçüm düzenneği görülmektedir.

Tablo 4. Deney elemanlarında kullanılan donatı çubuklarının özellikleri.

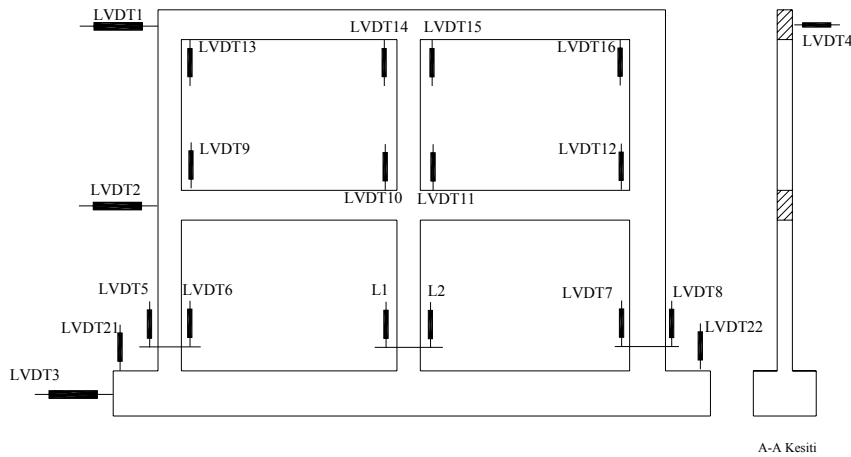
Table 4. Reinforcement properties that were used in test specimens.

Donatı çapı (mm)	Akma dayanımı f_y (MPa)	Maksimum çekme dayanımı f_u (MPa)	Kopma birim uzaması ϵ_{su}	Türü
$\phi 4$	333	469	0.1496	Düz
$\phi 6$	541	638	0.1285	Düz
$\phi 8$	447	653	0.2303	Düz



Şekil 3. Deney numunesine uygulanan yüklemeye programı.

Figure 3. Loading pattern applied on test specimen.



Şekil 4. Deney numunesinde kullanılan ölçüm düzenneği.

Figure 4. Test set-up used in test specimen.



Şekil 5. Yük ve yer değiştirme okumalarını değerlendiren veri aktarım sistemi.

Figure 5. Data acquisition system for evaluation of load and displacement values.

Deneylere başlamadan önce, çerçeve kolonlarına çelik halatlar vasıtasıyla $0.10A_c f_c$ değerinde aksel kuvvet uygulanmıştır. Deney sırasında deplasman artışıyla beraber halatların gerilmesinden dolayı aksel kuvvet seviyesi yaklaşık $0.15A_c f_c$ seviyesine kadar yükselmiştir.

Çerçeveye depremi benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yük üst kat çerçeve kirişinin merkezinden uygulanmış, tersinir kuvveti elde etmek ve yük uygulamasının itme şeklinde olmasını sağlamak için 4 adet transmisyon çeliği vasıtasıyla yatay yük aktarılmıştır. Çerçevenin yatay stabilitesini sağlamak amacıyla çelik profillerden oluşan bir dış çerçeve kullanılmış ve bu çerçevenin üst kat kirişi seviyesindeki bölümünde makaralar kullanılarak sistemin düzlem dışı hareketi engellenmiştir. Yük ve yer değiştirme okumaları 32+4 kanallı veri aktarım sistemi vasıtasıyla deney esnasında bilgisayara aktarılmıştır (Şekil 5)

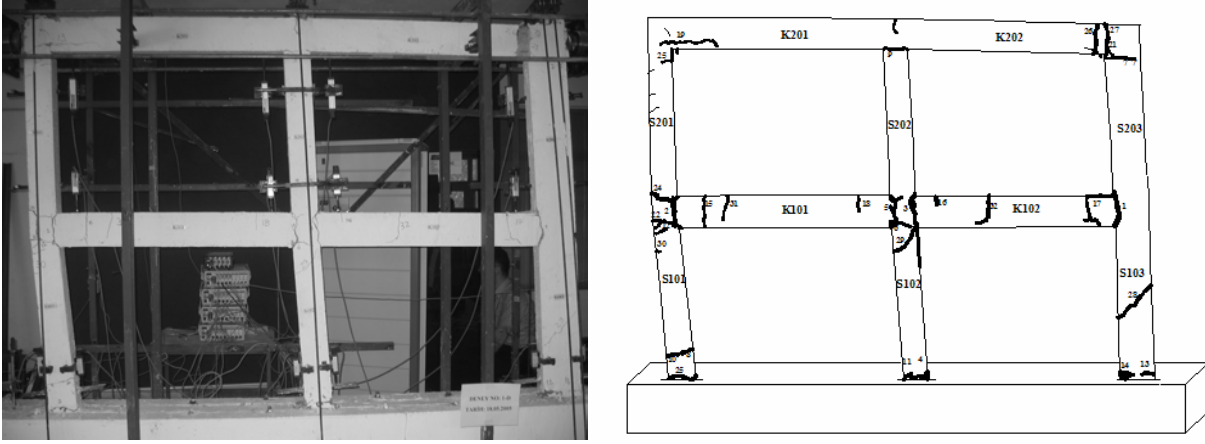
DENEY SONUÇLARI

Deney numunesinde göçme, düşey yük seviyesinin düşük olmasından dolayı eğilme etkisiyle oluşmuştur. Çerçeve numunesinin deney sonundaki hasar durumları Şekil 6'da görülmektedir. Özellikle etriye sıklaştırmasının olmadığı ve kolon etriyesinin düğüm yüksekliği boyunca devam etmediği düğüm bölgelerinde (özellikle 1. kat düğümleri) hasar oluşumu meydana gelmiştir. Deney sonunda elde edilen yük-tepe deplasmanı grafiği Şekil 7'de

gösterilmiştir. Hasar kademesi incelendiğinde, çerçevede kolon ve kiriş uçlarında mafsallaşma ve ayrıca pilye kırım bölgelerinde düşey çatlaklar olduğu görülmüştür. 1. kat sağ kenar kolonunda kesmeden dolayı çatlama meydana gelmiştir. Deney numunesinde, kolon tabanındaki ilk çatlak oluşumundan kısa bir süre sonra muhtemelen kolon boyuna donatılarının akmasından dolayı yatay yük-tepe deplasmanı eğrisinin eğimi azalmaya başlamıştır.

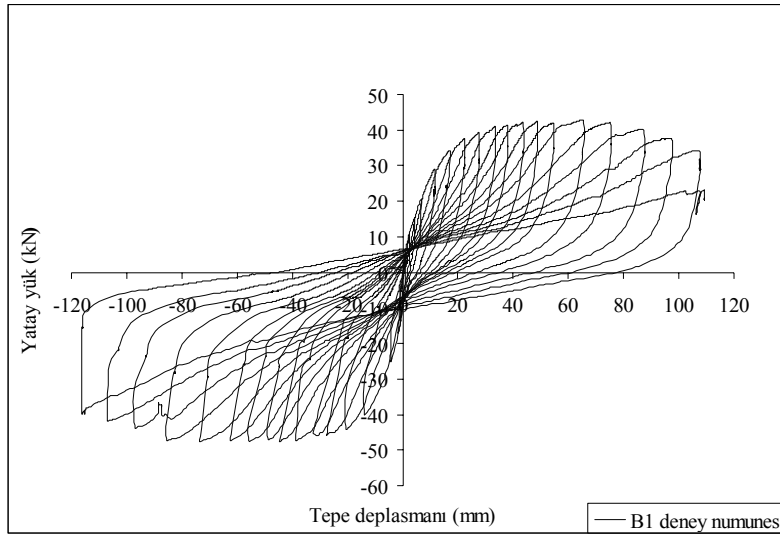
Deneysel Davranışın Analitik Olarak İncelenmesi

Deney çerçevesinin teorik yük-tepe deplasmanı zarf eğrisi SAP2000 bilgisayar programı kullanılarak incelenmiştir. Burada, bütün deney numunelerinde, malzemelerin karakteristik değerleri (beton için silindirik basınç deneylerinden bulunan karakteristik basınç dayanımı değeri ve her donatı tipi için çekme deneyinden bulunan maksimum gerilme değeri) kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir (Lee ve Woo, 2002; Canbay ve Sucuoğlu, 1998). Deney numunesinin deneysel yük-tepe deplasmanı zarf eğrisini tahmin etmek için analitik modellere dayanarak nonlineer statik itme analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, genellikle yapıların yatay yükler altında göstereceği davranışı tahmin etmek için kullanılan nonlineer statik analiz yöntemidir.



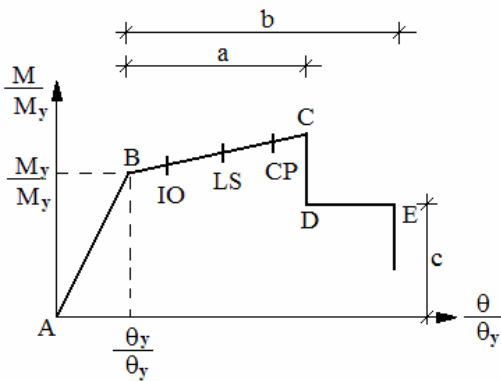
Şekil 6. Deney numunesinin deney sonundaki görünüşü ve çatlak dağılımı.

Figure 6. The aspect of test specimen and crack pattern after test.



Şekil 7. Deney numunesinin deneysel yatay yük-tepe deplasmanı grafiği.

Figure 7. Experimental lateral load-top displacement curve of test specimen.



Şekil 8. Plastik mafsalda meydana gelen deformasyon kriter noktaları.

Figure 8. Deformation criteria points of plastic hinge.

SAP2000'de, elemanların akma kapasitesi olarak sadece akma momenti veya eksenel yük-moment etkileşim eğrisi kullanılmaktadır. Nonlineer statik itme analizinde, plastik mafsal tanımlanması için ATC40 (1996) ve FEMA273 (1997)'de özellikle pushover analizi için verilmiş basitleştirilmiş plastik mafsal modelleri yer almaktadır. Mafsal tanımlama için kullanılan eğrinin özellikleri; betonun dayanımına, betonarme donatısının özelliğine, etriye miktarına ve eksenel yük durumu gibi değişkenlere bağlıdır.

Şekil 8'e göre, A ve B noktaları arası elastik davranışı temsil etmekte; B noktasından sonra

ise, elastik ötesi davranış ve plastik mafsalları oluşumu başlamaktadır. FEMA273 (1997) ve FEMA356 (2000)'da yapı performans noktaları şu şekilde belirlenmiştir:

IO (Immediate Occupancy): Yapı güvenlidir. Oluşan hasar kolaylıkla onarılabilir.
 LS (Life Safety): Yapı ayakta. Yapısal ve yapısal olmayan hasarlar oluşur.
 CP (Collapse Prevention): Yapı çok zorlanmıştır.

Kesitlerin çoğunda mafsallaşma olmuştur. Bu analizde, potansiyel süneklik kapasitesi, yapıların yatay yüklere karşı dayanımının yeterliliği, elemanların hangi yük kademesinde ve hangi sırayla akma ve göçmeye ulaşacakları belirlenebilmektedir. Bir bina taşıyıcı sisteminin akmaya başlaması için, sistem üzerinde tek bir plastik mafsalları oluşması yeterli değildir. Çerçeve davranışını belirgin bir şekilde değiştirecek kadar çok plastik mafsalları oluşması gerekir. Kiriş kesitlerinde oluşan plastik mafsallar sisteme ait kapasite eğrisinin şeklini fazla değiştirmemektedir. Eksenel yük taşıyan kolon ve perde elemanlarında, plastik mafsalları oluşumu ile birlikte kapasite eğrisinin şekli değişerek yatay olmaya başlamaktadır. Sadece çerçevelerden oluşan sistemlerde, sistem akma başlangıcının kolonlardaki dönme kapasitesine bağlı olduğu söylenebilmektedir.

Bu çalışmada, deney numunesi, sistem simetrik olmadığı için sağ tepe noktasından ve sol tepe noktasından ayrı ayrı yüklenmiş ve her iki durum için analiz yapılarak yük-tepe deplasmanı grafiği elde edilmiştir. Kolon tabanları ankastre kabul edilmiş ve 3 durum için

nonlineer statik itme analizi (pushover analiz) yaptırılmıştır. Bu durumlar aşağıda verilmiştir.

- PUSHOVER1: Kendi ağırlığı+Düşey yük
- PUSHOVER-SOL: Sol tepe noktasından uygulanan yatay yük
- PUSHOVER-SAĞ: Sağ tepe noktasından uygulanan yük

Analizde, çatlamış kesit elastisite modülü kullanılmıştır. FEMA273 (1997)'de, kirişler ve düşey yük seviyesi $0.3A_g f_c$ 'den küçük olan kolonlarda eğilme rijitliği $0.5E_c I_g$ olarak alınmaktadır. Burada, bu değer dikkate alınmış ($E = 3250\sqrt{f_c} + 14000$ N/mm²), donatı için pekleşmeli dayanım değeri kullanılmıştır.

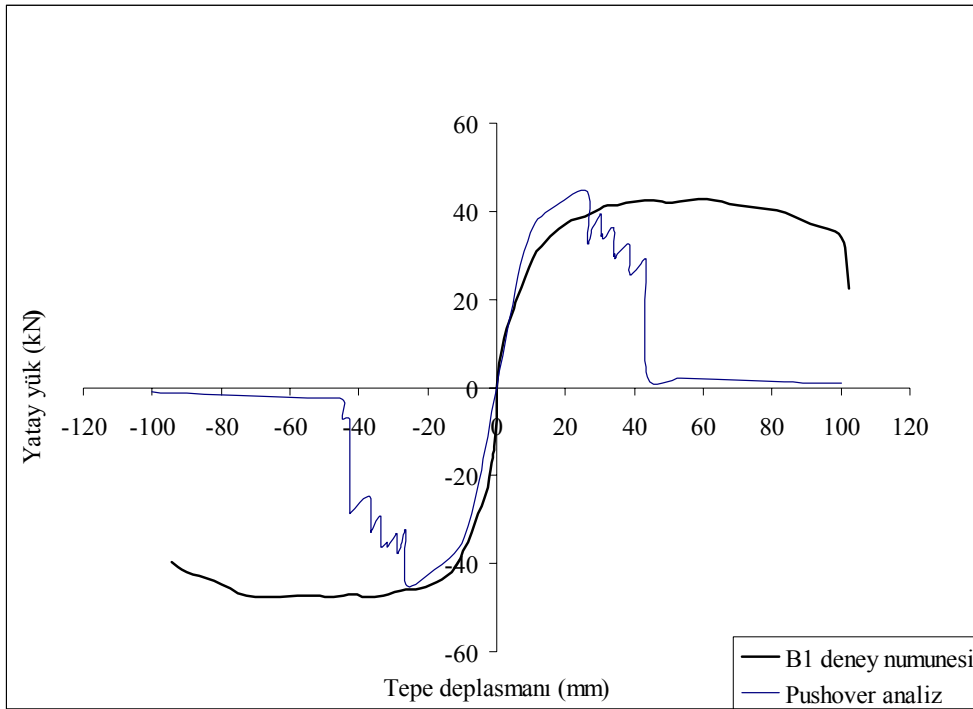
Deneysel ve teorik yatay yük-tepe deplasmanı dayanım zarfı grafikleri incelendiğinde, nonlineer statik itme analizinden(pushover analiz) bulunan eğri çerçevenin gerçek davranışına yaklaşmaktadır. Yatay yük taşıma kapasiteleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur.

Tablo 4'te SAP2000-pushover analizinden ve deneyden ileri ve geri çevrimler için elde edilen maksimum yatay yük, maksimum deplasman, akma yükü, akma deplasmanı ve bu değerlerin oranları gösterilmiştir. Pushover analizden ve deneyden elde edilen yatay yük-tepe deplasmanı grafiklerinin karşılaştırmasından özellikle akmaya kadar olan eğri kısımlarının deneysel ve teorik olarak birbirine çok yakın olduğu görülmektedir (Şekil 9).

Tablo 4. Pushover analiz ve deneyden bulunan sonuçların karşılaştırılması.

Table 4. The comparison of pushover analysis and test results.

Numune	Maksimum Yatay Yük (kN)		Maksimum Yük Oranı (Deney/SAP 2000)	Maksimum Deplasman (mm)		Maksimum Deplasman Oranı (Deney/SAP2000)	Akma Yükü (kN)		Akma Yükü Oranı (Deney/SAP2000)	Akma Deplasmanı (mm)		Akma deplasmanı oranı (Deney/SAP2000)
	Deney	SAP 2000		Deney	SAP 2000		Deney	SAP 2000		Deney	SAP 2000	
İLERİ ÇEVİRİM												
B1	41.93	44.51	0.94	102.03	43.59	2.34	37.49	36.33	1.03	22.75	10.59	2.15
GERİ ÇEVİRİM												
B1	47.61	44.75	1.06	94.17	44.85	2.10	44.15	33.97	1.30	17.29	9.42	1.83



Şekil 9. Deney numunesinin karşılaştırmalı dayanım zarfı grafikleri.

Figure 9. Comparative response envelope curves of test specimen.

SONUÇ

Bu çalışmada, uygulamada yaygın olarak yapılan hatalara sahip olarak üretilmiş 2 katlı ve 2 açıklıklı deprem davranışı zayıf betonarme çerçeve numunesinin tersinir-tekrarlanır yatay yük etkisi altındaki davranışı incelenmiş, elde edilen sonuçlar SAP2000'de gerçekleştirilen nonlineer statik itme analizinden (pushover analiz) elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Yatay yük taşıma kapasiteleri karşılaştırıldığında, SAP2000 ile deneysel sonuçlar arasında akma yükünde; ileri çevrimde %3, geri çevrimde %30, maksimum yükte ise; ileri ve geri çevrimde %6 oranında yaklaşıklık elde edilmiştir. Yapılan analizde, elastisite modülünün ve kolonlardaki düşey donatı miktarı ve donatıdaki maksimum gerilmenin davranışı belirlediği tespit edilmiştir. SAP2000-pushover analiz sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırıldığında özellikle geri çevrimlerde akma gerçekleşinceye kadar yatay yük-tepe deplasmanı grafiklerinin birbiriyle büyük ölçüde uyumlu olduğu görülmektedir.

Deney sonunda, deney numunesinin kolon ve kiriş uçlarında hasar meydana

gelmiştir. Pilye kırım bölgelerinde her iki deney numunesinde de yön değiştiren momentler etkisinde kirişlerde düşey çatlaklar oluşmuştur. Bu durum, ülkemizde yaygın olarak kullanılan pilye donatısının kullanılmasının depremi benzeştiren yatay yükler altında mesnetlerde iyi bir çözüm olmadığını göstermektedir. Deney numunesinde, sistemin göçmesinde eğilme durumu etkili olmuş, kesme etkisinden dolayı bir göçme meydana gelmemiştir (Kolon eksenel yükünün düşük olmasından dolayı). Deneylerde, kiriş boyuna donatısının yetersiz kenetlenme uzunluğundan dolayı kenar düğümlerde hasar gözlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, SÜ-BAP-2002/018 nolu proje kapsamında Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışma Dr. Günnur YAVUZ'un doktora tezinin bir bölümünü oluşturmaktadır. S.Ü. BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- ABYYHY, 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ATC-40, FEMA Reports 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, November, Vol I and II, Redwood City, California, USA.
- Canbay, E., Sucuoğlu, H., 1998, Seismic assesment of damaged/strengthened reinforced concrete buildings: Repair and strengthening of existing buildings, Second Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering, p: 132-151, February, İstanbul, Turkey.
- DBYYHY, 2006, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- FEMA 273, 1997, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Cilt I, Redwood City, Washington DC, USA.
- FEMA 356, 2000, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- Kaltakçı, M.Y., Yavuz, G., 2005, Kısmi Betonarme Perde Duvar ile Güçlendirilmiş Sünek Olmayan Betonarme Çerçevelerin Deprem Davranışı, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü.
- Lee, H.S., Woo, S.W., 2002, Seismic performance of a three story RC frame in a low-seismicity region, *Engineering Structures*, **24**, 719-734.
- SAP2000, V7.40, CSI Company, Berkeley, California, USA.
- TS500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yavuz, G., 2005, Kısmi Betonarme Perde Duvar ile Güçlendirilmiş Deprem Davranışı Zayıf Sünek Olmayan Betonarme Çerçevelerin Deprem Davranışı, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 361 s.

