

ORTA KATLI MEVCUT BETONARME YAPILARDA ÇEKİÇLEME DAVRANI İNİN İNCELENMESİ

Mehmet NEL¹, Bayram Tanık ÇAYCI², Muhammet KAMAL³, Osman ALTINEL⁴

¹ Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

² Doktora Öğrencisi, İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

³ Araştırma Görevlisi, İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

⁴ Yüksek Lisans Öğrencisi, İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

Email: minel@pau.edu.tr

ÖZET:

Kentsel nüfusun yoğun olduğu bölgelerde yetersiz boşluk oranına sahip komşu binaların olası büyük ölçekli depremlerde çarpışması sonucu ciddi hasarlara uğraması muhtemeldir. Çekiçleme etkisi olarak da tanımlanan bu olgunun geçmişte meydana gelen depremlerde yapıların performanslarını önemli düzeyde etkilediği bilinmektedir. Sismik tehlikelerin hafifletilmesi ve çekiçlemenin yapı davranışları üzerindeki etkilerinin gerçekçi bir yaklaşımla belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Çalışmanın amacı yetersiz boşluk oranına sahip mevcut betonarme komşu binalarda çekiçlemenin bina davranışına olan etkilerinin araştırılması ve binalar arasında bırakılması gereken güvenli boşluk oranlarının dinamik analiz sonuçlarından elde edilerek yönetmelik sınırları ile karşılaştırılmasıdır. Çalışmada 1975 ve 1998 deprem yönetmeliği artlarına göre modellenen ve ülkemizdeki mevcut betonarme binaların karakteristik özelliklerini yansıtan üç boyutlu 4 ve 7 katlı betonarme çerçeve binalar farklı boşluk oranları göz önünde bulundurularak ikili ve üçlü olarak modellenmiş ve zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Binaların doğrusal elastik olmayan davranış özellikleri kolon ve kiriş uçlarına tanımlanan plastik mafsallar ile yansıtılmıştır. İkili ve üçlü modeller bina yüksekliği boyunca kat seviyesinde doğrusal yay modeline göre oluşturulmuş gap elemanlar ile bağlanmıştır. Yay rijitliği gap elemanlarının bağlandığı kirişlerin eksenel rijitliklerinin yaklaşık 30 katı olarak alınmıştır. Binalar arası mesafenin yüksek olduğu (çarpışmasız) durumda gap elemanlarına ait yer deplasmanlarından elde edilen sonuçlar DBYBHY-2007’de tanımlı minimum derz boşluğu sınırları ile karşılaştırılmıştır. Sıralı binalarda çekiçleme etkisinin araştırılabilmesi için üçlü olarak modellenen binaların çatı deplasman talepleri ikili modeller ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, kullanılan deprem kayıtları için elde edilen güvenli boşluk mesafelerinin yönetmelik sınırlarını birçok durumda aştığı gözlemlenmiştir. Çarpışma etkilerinin gözlemlendiği modellerin çatı deplasman talepleri çarpışma doğrultusunda azalma gösterirken diğer doğrultuda büyük oranda artmaktadır. İkili ve üçlü modellerin çarpışma mekanizmaları ise farklılık göstermektedir. Yapı talepleri ve hasar dağılımında önemli değişimlere neden olan çekiçleme etkisinin özellikle gevrek davranış gösteren mevcut betonarme yapı stokunun performansını değerlendirilmesinde dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Mevcut betonarme yapı stokunun çekiçleme etkisi, zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz, deplasman talebi

1. GİRİŞ

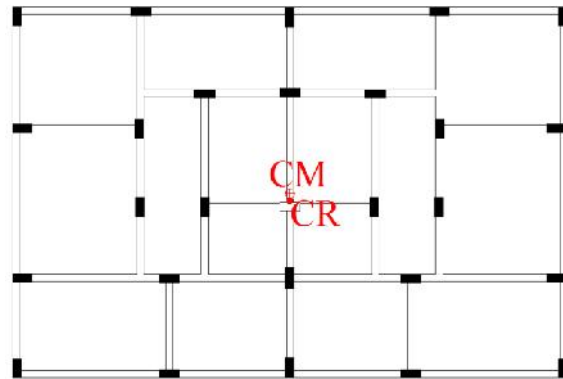
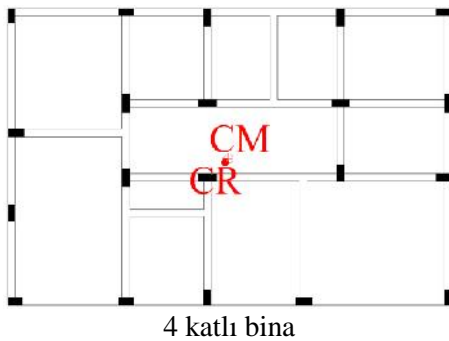
Ülkemizde kent nüfusunun yoğun olduğu şehirlerde, arazi kullanımının kısıtlı olmasından dolayı bitişik nizam olarak inşa edilmiş orta katlı birçok yapı mevcuttur. Kuvvetli yer hareketi boyunca yetersiz boşluk oranına sahip farklı dinamik karakterlerdeki (kat kütleleri ve yapısal rijitlikleri) komşu binalarda, sismik kaynaklı çarpımlar sonucu yapıların performansları önemli düzeyde etkilenmektedir. Çekişleme etkisi olarak da adlandırılan bu yapısal düzensizliklerin geçmişteditli depremlerde ağır yapısal hasar ve hatta çökmelere neden olduğu bilinmektedir (Benuska, 1990. Youd vd. 2000). Yetersiz boşluk oranına sahip komşu binalarda, sismik tehlikelerin hafifletilmesi ve çekişlemenin yapı davranışını üzerindeki etkilerinin gerçekçi bir yaklaşımla belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, yetersiz boşluk oranına sahip orta yükseklikteki komşu binalarda çekişlemenin bina davranışına olan etkilerinin araştırılması ve binalar arasında gereken güvenli boşluk oranlarının, zaman tanım alanında dorusal elastik olmayan analiz sonuçlarından elde edilerek yönetmelik sınırları ile karşılaştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda orta yükseklikteki mevcut betonarme binalar 4 ve 7 katlı binalar ile temsil edilerek 3-B çerçeve sistem olarak modellenmiştir. Bu modeller oluşturulurken 1975 ve 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998) olmak üzere iki farklı yönetmelik dikkate alınmıştır.

Kat yükseklikleri aynı olan bina modelleri, çekişleme etkileşiminin olduğu farklı boşluk oranına göre 2 adet farklı ikili kombinasyon ve 8 adet farklı üçlü kombinasyon, farklı maksimum yer ivmesi değerlerine sahip 6 gerçek ivme kaydı kullanılarak dorusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz edilmiştir. Kombinasyonlardan elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak, kent nüfusunun yoğun olarak yaşadığı birçok bölgede sıklıkla görülen yetersiz derz oranı ile inşa edilen komşu binaların sismik etkiler altındaki davranışları detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur.

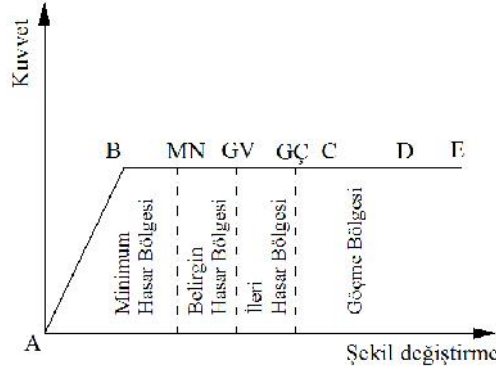
2. MODEL ÖZELLİKLERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada kapsamında ülkemizdeki mevcut yapı stokunu temsil edecek özellikte düşünülen, orta yükseklikteki betonarme binalar dikkate alınmıştır. Yaklaşık 500 mevcut bina üzerinde yapılan envanter çalışması (Kocaeli vd., 2009) ile elde edilen bina özelliklerinin ortalama değerlerinin yansıtıldığı 4 ve 7 katlı betonarme binalar, kalıp planlarının verildiği şekilde 1'deki gibi perde duvarı olmayan 3-B kolon-kiri çerçeve sistem olarak modellenmiştir. 1. derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfı üzerinde olduğu varsayılarak modellenen "referans" modeller 1975 ve 1998 Deprem Yönetmelikleri dikkate alınarak modellenmiştir (ABYYHY-1975, 1975; ABYYHY-1998, 1998). Beton basınç dayanımları, boyuna ve enine donatıların akma dayanımları ABYYHY-1975 için sırasıyla 16 MPa 220 MPa, ABYYHY-1998 için ise 20 MPa ve 420 MPa olarak alınmıştır.



ekil 1. Modellerde kullanılan binalara ait kalıp planları

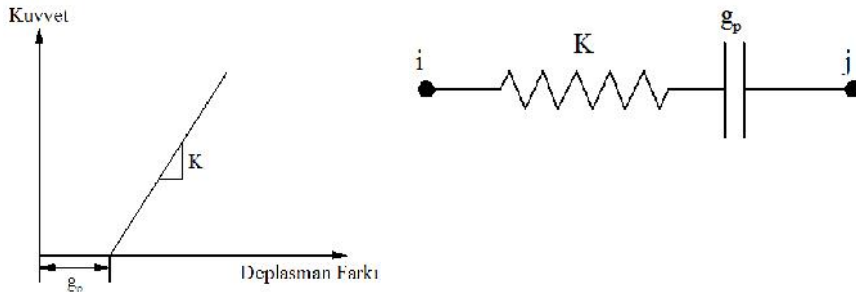
Doğrusal elastik olmayan davranış, plastik ekleme türlerinin yaygın olduğu kolon kiriş eleman uçlarında tanımlanan plastik mafsallar ile yansıtılmaktadır. Plastik mafsalların boyu, DBYBHY-2007’de belirtildiği gibi ilgili yöndeki kesit derinliğinin yarısı olarak tanımlanmıştır. Doğrusal elastik olmayan davranışın tanımlandığı plastik mafsala ait kuvvet-ekleme türüne ilişkin verileri ekil 2’de verilmiştir. Enine donatı aralığının yeterli olmadığı 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan binalarda kesme hasarı göz önünde bulundurularak elemanlarda kesme mafsalları tanımlanmıştır. Kesme mafsalları için herhangi bir süneklik hesaplanmamış olup, elemanların kapasitelerini amaçları ile göçme konumuna ulaştırılması varsayılmıştır. Kesme kapasiteleri TS 500’e (2000) göre hesaplanırken, plastik mafsalların özelliklerinin hesaplanması için SEMAP yazılımı kullanılmıştır (SEMAP, 2008).



ekil 2. Plastik mafsalların tipik kuvvet-deformasyon ilişkisi

Çalışmada 1975 ve 1998 deprem yönetmelikleri dikkate alınarak modellenen ve ülkemizdeki betonarme yapı stokunu temsil eden 3-B betonarme çerçeve binalar, ikili ve üçlü olarak SAP2000 yapısal analiz programı ile modellenmiş ve doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analizleri gerçekleştirilmiştir (CSI, SAP2000, 2010). Ayrıca efektif rijitlik değerlerinin dikkate alındığı (kirişler için $0.4EI$ ve kolonlar için eksenel yük değerine bağlı olarak $0.4EI$ ve $0.8EI$) her bir modelin 3-B doğrusal olmayan zaman tanım alanındaki analizlerinde, Newmark ortalama ivme metodu kullanılmıştır.

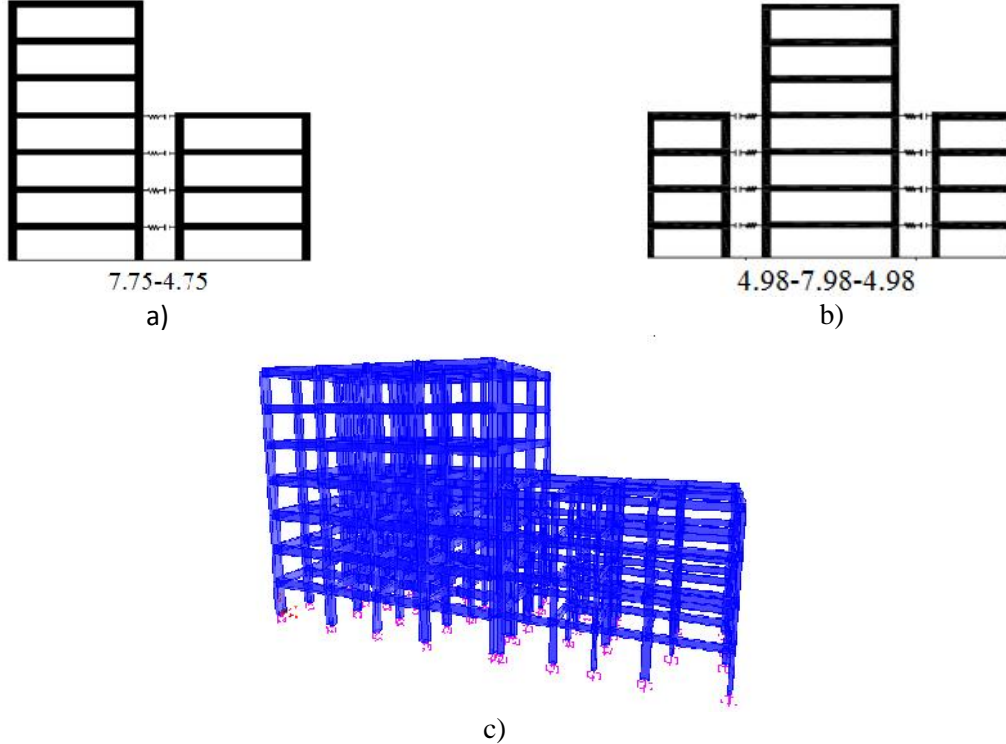
İkili ve üçlü modeller, bina yükseklikleri boyunca kat seviyelerinde doğrusal (lineer) yay (Maison BF, 1990) modelini yansıtan (ekil 3) gap elemanları ile birbirlerine bağlanmıştır. Gap elemanı, boşluk mesafesinin (g_p) aşıldığı anda kuvvet aktarmaktadır. Böylece komşu binaların hangi zaman dilimlerinde çarpıştığı ve çarpışma kuvveti belirlenebilmektedir. Link elemanların kat seviyesinde bağlanma biçimi ve analizlerde kullanılan tipik üç boyutlu model görüntüsü ekil 4’te verilmiştir.



ekil 3. Modellemede kullanılan doğrusal yay modeli ve gap elemanı

Yetersiz boşluk oranına sahip mevcut binaların davranışlarının araştırılması amacıyla çarpışmalı modeller arasında; ikili binalarda 0 mm, üçlü binalarda ise 10 mm boşluk mesafesi bırakılmıştır. Çarpışmanın olmadığı referans modeller için 400 mm boşluk bırakılarak link elemanlarda okunan sıkı mesafelerden kritik çarpışma mesafeleri hesaplanmıştır. Binalar arasında bırakılması gereken güvenli boşluk oranları için, dinamik

analizlerden elde edilen kritik çarpma mesafeleri ile DBYBHY-2007’de tanımlı minimum derz boşluğu sınırları karşılaştırılmıştır.



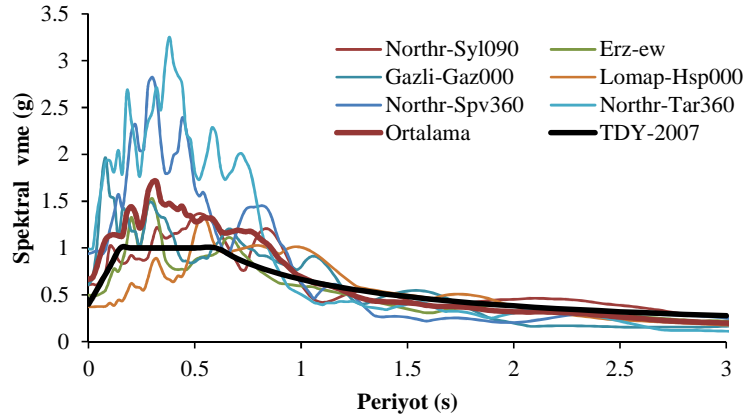
ekil 4. a) kili kombinasyonlara ait örnek model, b) Üçlü kombinasyonlara ait örnek model, c) Modellemesi yapılan örnek bilgisayar modeli

3. VME KAYITLARININ ÖZELLİKLERİ

Çalışma kapsamında B zemin grubundan 4 adet ve zemin grubuna bakılmaksızın ileri yönlendirme etkisine sahip 2 adet gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında dördüncü rüsal elastik olmayan analizler yapılmıştır (Tablo 1). Kullanılan deprem ivme kayıtlarının %5 sönüm için elastik ivme spektrumları ekil 5’te verilmiştir. Deprem ivme kayıtları PEER (PEER, <http://peer.berkeley.edu>) web sitesinden alınmıştır.

Tablo.1 Çalışma için kullanılan deprem kayıtlarının özellikleri

Özellik	No	Deprem Adı	Tarih	stasyon	Bileşen	PGA (g)	PGV (cm/s)	Vs30 (m/s)
FD	1	Northridge	17.01.1994	Sylmar Ol	90	0.604	78.2	440.5
	2	Erzincan	13.03.1992	Erzincan	EW	0.496	64.3	274.5
B	3	Gazli	17.05.1976	Karakyr	0	0.608	65.4	659.6
	4	Loma Pri.	18.10.1989	H.S. Pine	0	0.371	62.4	370.8
	5	Northridge	17.01.1994	Sepulveda VA	360	0.939	76.6	380.1
	6	Northridge	17.01.1994	Tarzana	360	0.990	113.6	257.2



ekil 5. Seçilen ivme kayıtlarına ait elastik ivme spektrumları (%5 sönüm)

4. ÇEK ÇELEME ETKİSİNİN YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİLERİ

4.1. Kiri Binalarda Çatı Deplasman Talepleri Üzerindeki Etkileri

Kiri kombinasyonlardan elde edilen çatı katı deplasman talepleri Tablo 2’de yer almaktadır. 1975 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan 7 katlı modeller (sol bina) için çarpıma doğrultusu +X iken, 1975 ve 1998 deprem yönetmeliklerine göre tasarlanan 4 katlı modeller (sağ bina) için ise -X yönündedir.

Tablo 2. Kiri modellerden elde edilen çatı deplasman taleplerinin karşılaştırılması

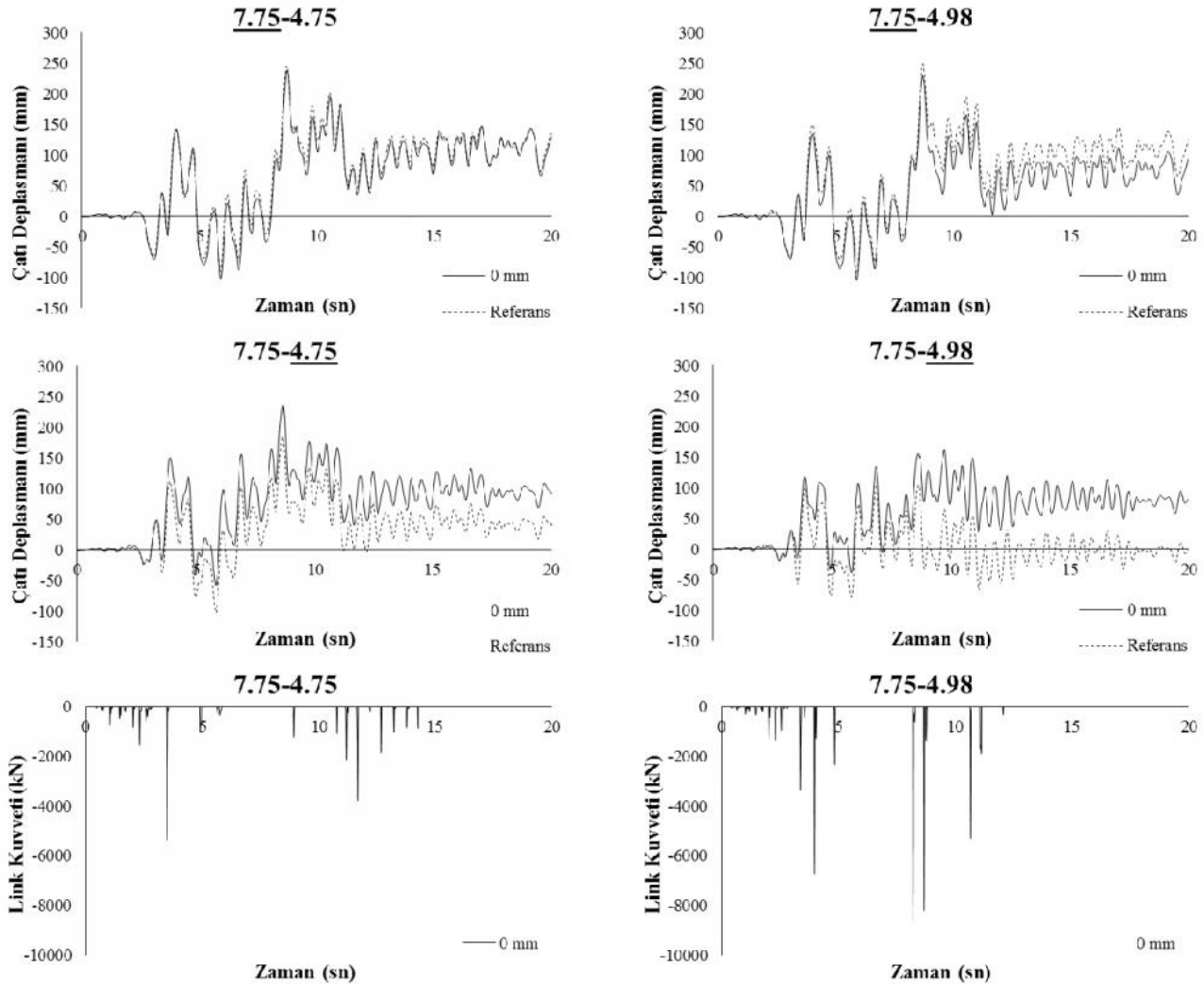
	Link	Bina	7.75-4.75		7.75-4.98			Link	Bina	7.75-4.75		7.75-4.98	
			+X	-X	+X	-X				+X	-X	+X	-X
Gazli-Gaz000	0 mm	Sol	63.5	146.7	73.9	142.0	Northr-Tar360	0 mm	Sol	238.4	102.2	229.9	104.0
		Sa	75.6	-54.8	44.7	-31.5			Sa	237.4	-57.3	162.9	-37.7
	Ref	Sol	71.0	143.0	74.7	142.8		Ref	Sol	245.5	-89.6	249.2	-94.0
		Sa	57.7	-78.7	24.2	-65.3			Sa	185.1	-102.7	104.8	-78.0
	(0-Ref)/Ref (%)	Sol	10.6	2.5	1.1	0.6		(0-Ref)/Ref (%)	Sol	2.9	14.1	7.8	10.6
		Sa	31.1	30.3	85.3	51.7			Sa	28.3	44.2	55.3	51.7
Lomap-Hsp000	0 mm	Sol	200.4	-98.8	188.4	-99.9	Northr-Syl090	0 mm	Sol	87.6	260.8	80.4	245.6
		Sa	167.1	-37.5	119.7	-29.0			Sa	75.3	-91.0	59.1	-40.6
	Ref	Sol	213.1	-82.9	218.5	-79.3		Ref	Sol	96.2	222.9	96.4	210.7
		Sa	137.5	-71.4	96.2	-48.5			Sa	72.6	170.8	61.9	117.3
	(0-Ref)/Ref (%)	Sol	6.0	19.3	13.8	25.9		(0-Ref)/Ref (%)	Sol	9.0	17.0	16.6	16.6
		Sa	21.5	47.5	24.4	40.2			Sa	3.7	46.7	4.5	65.4
Northr-Spv360	0 mm	Sol	95.9	108.5	97.1	109.5	Erz-Ew	0 mm	Sol	58.2	224.7	53.7	235.8
		Sa	97.2	-61.4	84.0	-33.0			Sa	70.2	-83.5	40.2	-54.9
	Ref	Sol	106.2	-97.1	107.9	-96.5		Ref	Sol	63.2	193.2	65.7	188.2
		Sa	69.8	109.4	77.4	105.4			Sa	21.8	134.3	31.1	-72.2
	(0-Ref)/Ref (%)	Sol	9.7	11.7	9.9	13.5		(0-Ref)/Ref (%)	Sol	8.0	16.3	18.3	25.3
		Sa	39.2	43.8	8.5	68.7			Sa	221.5	37.8	29.4	24.0

Farklı bina kombinasyonları ve deprem kayıtları için çarpımalı ve çarpımasız durumlardan elde edilen maksimum çatı deplasman değerleri arasındaki fark, referans binaların maksimum çatı deplasman değerlerine oranlanmıştır. 7.75-4.75 kombinasyonunda 7.75 (sol) binası için deplasman talebi, çarpıma yönünde (+X) yönünde en fazla %10.6 sınırlandırılırken, serbest yönde (-X) ise en fazla artış %19.3 olarak hesaplanmıştır. 4.75

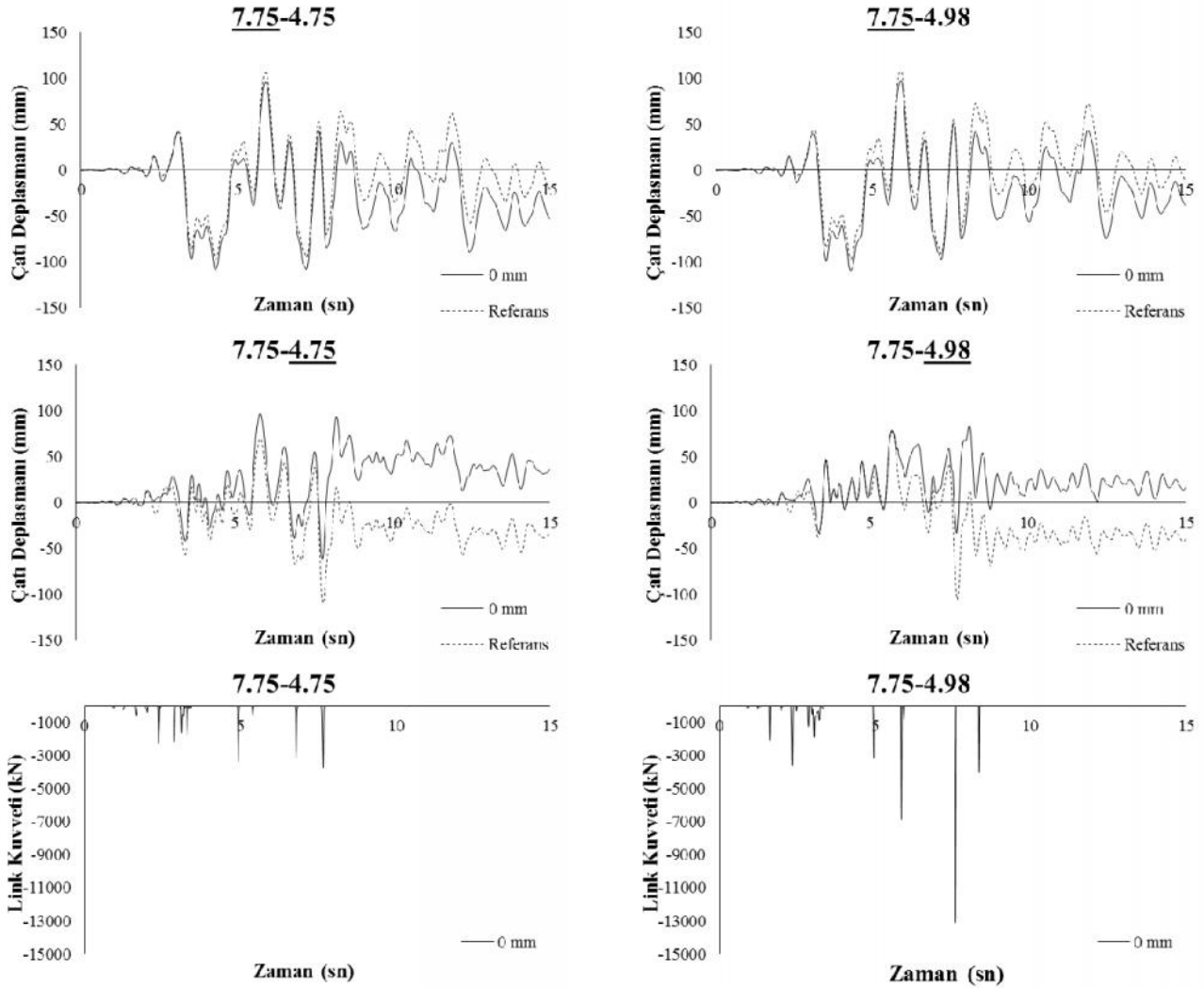
(sa) binası için ise deplasman talepleri, çarpıma yönünde (-X) %47.5 sınırlandırılırken serbest yöndeki en büyük artıda %221.5 olarak hesaplanmıştır.

7.75-4.98 kombinasyonunda 7.75 (sol) binası için deplasman talebi oranı, çarpıma yönünde (+X) en fazla %18.3 sınırlandırılırken, serbest yöndeki (-X) artıda %25.9 olarak elde edilmiştir. 4.98 (sa) binası için, çarpıma yönündeki (-X) en büyük sınırlama %68.7 iken serbest yöndeki en yüksek artıda %85.3'tür.

Çatı deplasman taleplerinin zamana bağlı değişimi ve link kuvvetleri değerleri iki ivme kaydı ve farklı kombinasyonlar için ekil 6 ve 7'de görülmektedir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, çarpıma doğrultusunda çekişme etkisinin deplasman taleplerini sınırlandırdığından bahsedilebilir. Geçmişte yapılan birçok çalışmada çekişme etkisinin bazı durumlarda kalıcı ötelenmeleri sınırlandırarak sismik davranışa olumlu katkılar verebileceği vurgulanmıştır (Efraimiadou vd., 2013). Ancak, komşu binanın olmadığı serbest doğrultuda deplasman talepleri artmaktadır. Bu nedenle, çekişme davranışının talepler üzerindeki etkileri araştırılırken, kalıcı ötelenmelerin gerçekleştiği serbest doğrultu taleplerinin göz önünde bulundurulması önemlidir.



ekil 6. North-Tar360 ivme kaydı ile yapılan analizden elde edilen farklı kombinasyonlardaki komşu binaların zamana bağlı çatı deplasman talepleri ve link kuvvetleri



ekil 7. Northr-Spv360 ivme kaydı ile yapılan analizden elde edilen farklı kombinasyonlardaki kom u binaların zamana ba lı çatı deplasman talepleri ve link kuvvetleri

Daha a ır ve rijit olan 7 katlı bina modelleri 4 katlı modellere göre çekiçleme etkisinden daha az etkilenmektedir. 4 katlı modellerde serbest do rultuda kalıcı deformasyonlar nedeniyle taleplerde artı gözlenmektedir (Robert Jankowski, 2008).

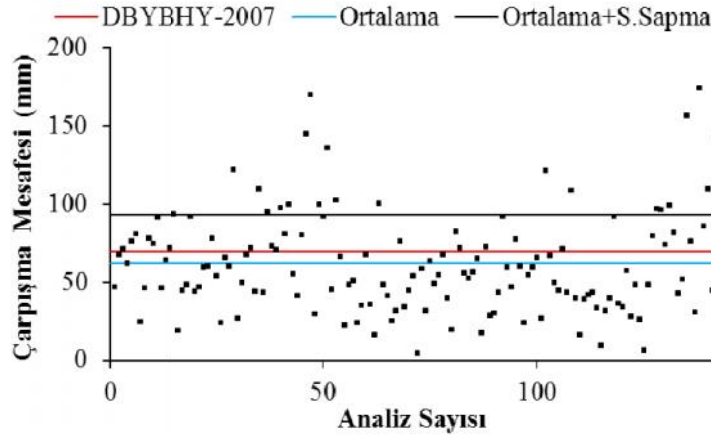
4.2. Sıralı Binalarda Güvenli Bo luk Mesafesinin Hesaplanması

Link sıkı malarından gerekli bo luk oranının hesaplanması amacıyla çarpı manın olmadığı (400 mm bo luk bırakılan) 8 adet referans üçlü model 6 adet gerçek ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında do rusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Modellere ait sa ve sol link elemanlarından okunan sıkı ma de erleri Tablo 3'te verilmiştir. Hesaplanan link sıkı ma de erleri, binaların çarpı maması için gerekli olan minimum bo luk miktarlarını göstermektedir. DBYBHY-2007'de yer alan 2.10.3.1 ve 2.10.3.2 maddelerine göre, çalı ma kapsamındaki bina modelleri arasında bırakılması gereken minimum derz bo lu u mesafesi 70 mm olarak hesaplanmıştır.

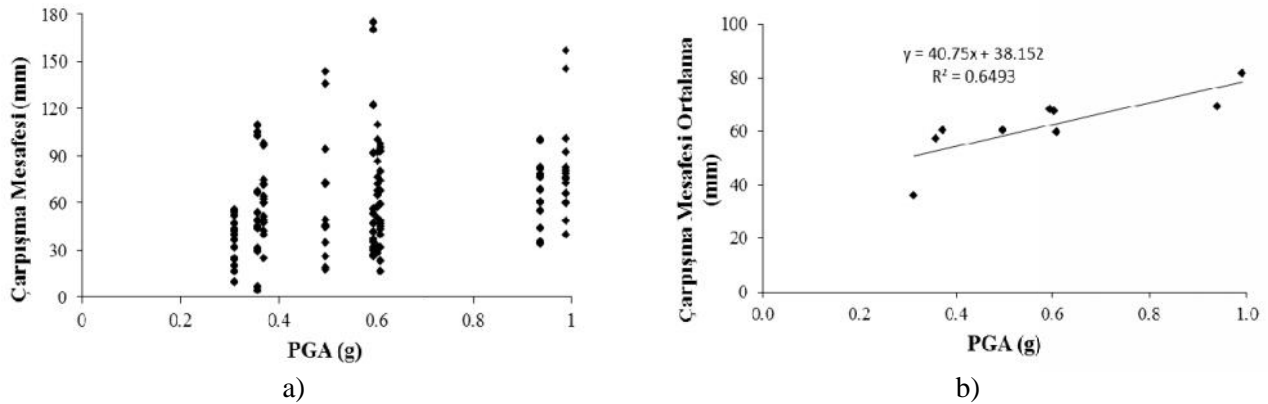
Tablo 3. Üçlü modellerden elde edilen çarpı ma mesafeleri (mm)

Deprem	Link	4.98-7.98-4.98	4.75-7.75-4.75	4.98-7.75-4.98	4.75-7.98-4.75	7.98-4.98-7.98	7.75-4.75-7.75	7.98-4.75-7.98	7.75-4.98-7.75
Gazli-Gaz000	Sol	46.97	92.73	95.19	22.68	59.03	43.51	39.96	79.98
	Sa	67.88	44.72	73.95	48.32	31.58	92.73	16.38	97.14
Lomap-Hsp000	Sol	71.63	47.27	70.92	51.24	64.00	59.47	39.69	96.36
	Sa	62.72	59.94	98.21	24.49	49.05	47.43	42.35	74.50
Northr-Spv360	Sol	76.20	60.66	81.43	35.26	54.96	77.85	43.76	99.45
	Sa	81.60	78.17	100.14	68.03	68.27	60.26	33.83	82.14
Northr-Tar360	Sol	78.74	65.72	80.65	100.58	82.36	59.47	40.00	156.95
	Sa	74.99	60.30	145.15	48.48	72.23	65.71	92.18	76.17
Northr-Syl090	Sol	64.90	50.17	100.10	32.02	56.96	67.50	57.73	86.32
	Sa	72.01	67.86	92.22	76.37	65.43	49.80	28.19	109.85
Erz-Ew	Sol	93.73	72.33	136.05	34.82	17.81	44.80	48.79	45.40
	Sa	19.05	44.63	45.45	44.75	73.19	71.53	26.00	143.08

Tüm referans modellerin analizleri sonucunda yönetmelik sınırını a an veri sayısı %34.72'dir (Tablo 4). Çarpı ma mesafelerinin da ılımları ve yönetmelik sınırı ekil 9'da gösterilmi tir. Sonuçlar incelendi inde, PGA de eri yönetmelik tasarım de eri olan 0.4 g'den dü ük depremler altında da yönetmelik sınırı 70 mm'nin a ılabildi i görülmektedir.



ekil 8. Analiz sonuçlarından elde edilen çarpı ma mesafelerinin yönetmelik sınırları ile kıyaslanması



ekil 9. a) Çarpı ma mesafesi PGA ili kisi b) Ortalama çarpı ma mesafesi ile PGA ili kisi

Tablo 4. Çarpıma mesafelerinin ağırlama oranları

DEĞER	Sınır (mm)	Ağırlama Oranı (%)
DBYBHY-2007	70	34.72
Ortalama	62.02	43.75
Ort.+S.Sapma	93.79	14.58

5. SONUÇLAR

Orta yükseklikteki betonarme binalarda çekişlemenin sismik davranış üzerindeki etkilerinin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz ile belirlenebilmesi için yapılan bu çalışmada mevcut betonarme binalar 4 ve 7 katlı çerçeve modeller ile temsil edilmiştir. Beton basınç dayanımları aynı olan modeller, iki farklı deprem yönetmeliklerinin hükümleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Ülkemizdeki mevcut yapı stokunu temsil eden bu binalar, gap elemanı ile birleştirilerek ikili ve üçlü (sıralı) modeller oluşturulmuştur. Çekişme oranları, iki farklı boşluk oranı, iki farklı kombinasyon ve 6 adet ivme kaydı kullanılarak toplam 24 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi gerçekleştirilmiştir. Üçlü modellerin ise 8 farklı kombinasyon ve 6 ivme kaydı ile toplam 48 adet zaman tanım alanında analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- Çekişme etkisi, ikili birleştirilmiş 7 katlı binalardaki deplasman talepleri üzerinde sınırlı düzeyde iken, daha hafif ve esnek olan 4 katlı binalarda daha yüksektir. Deplasman talepleri çarpıma yönünde doğrusal sınırlandırılırken serbest yönde kalıcı ötelenmelere bağlı olarak artmaktadır.
- Sonuçlar değerlendirildiğinde çekişme etkisi nedeniyle çarpıma yönünde çatı deplasman talepleri %47.5'ye kadar sınırlandırılırken, serbest yönde %221.5'e varan artış gözlemlenmiştir.
- Güvenli boşluk oranının hesaplanması amacıyla gerçekleştirilen analizlerin %34.72'si, DBYBHY-2007'den hesaplanan minimum boşluk mesafesini (70 mm) aşmıştır.
- Yönetmelik tasarım yer ivmesi değeri olan 0.4 g'den daha düşük PGA değerine sahip ivme kayıtları altında da yönetmelik sınırlarının aşılması kombinasyonlar bulunmaktadır. Bu nedenle, güvenli boşluk mesafesinin hesaplanmasında dinamik analiz yöntemlerinin kullanılmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak ikili ve üçlü bina modelleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, çekişme etkisinin yapıların sismik davranışları üzerinde etkili bir parametre olduğu görülmektedir. Çarpıma yönünde deplasman talepleri sınırlandırılmasına rağmen, çekişme etkisi nedeniyle serbest yönde kalıcı yer değiştirmelere bağlı önemli talep artışları olmaktadır. Çalışma kapsamında olmayan bir diğer önemli parametre, çekişme etkisine bağlı olarak göreceli deplasman taleplerinde oluşan ani değişimler ve buna bağlı hasar olumlardır. Ayrıca zemin-yapı etkileşimi altında temel dönmeleri ve zemin deformasyonları ile birlikte çekişme davranışının daha ağır hasar olumlarına neden olabileceği öngörülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada 214M639 numaralı TÜB-TAK Projesi, 2014FBE066 ve 2014FBE067 numaralı Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- ABYYHY-1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- ABYYHY-1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Benuska, L. (1990). Loma Prieta earthquake reconnaissance report. *Earthquake Engineering Research Institute*, Rep. No. 90-01, Oakland, CA.
- DBYBHY-2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D., Beskos, D.E. (2013). Structural pounding between adjacent buildings subjected to strong ground motions. Part I: the effect of different structures arrangement and of seismic records. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. **42**: 1509-1528
- Inel, M., Ozmen, H.B., Inel, M. ve Kayhan A.H. (2009). Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Uluslararası Sakarya Sempozyumu*. 1-2 Ekim 2009, Sakarya, Türkiye.
- Jameel, M., SaifulIslam, A.B.M., Hussain, R.R., Hasan, S.D., Khaleel, M. (2013). Non-linear FEM analysis of seismic induced pounding between neighbouring multi-storey structures. *Latin American Journal of Solids and Structures*. **10**: 921-939
- Jankowski, R. (2008). Earthquake-induced pounding between equal height buildings with substantially different dynamic properties. *Engineering Structures*. **30**: 2818-2829
- Maison, B.F., Kasai, K. (1990). Analysis for type of structural pounding. *ASCE Journal of Structural Steel Engineering*. **116:4**, 957-975.
- PEER. <http://peer.berkeley.edu>
- SAP2000, CSI. (2010). Integrated finite element analysis and design of structures basic analysis reference manual. Berkeley (CA, USA), Computers and Structures Inc.
- SEMAp, (2008). Sargılı etkisi modellenme analiz programı. Tübitak proje no: 105M024
- TS-500, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Youd, T.L., Bardet, J.P., Bray, J.D. (2000). Kocaeli, Turkey, earthquake of August 17, 1999 reconnaissance report. *Earthquake Engineering Research Institute*, Oakland, CA.