

DOLGU DUVARLARIN VE FARKLI ÖZELLİKTEKİ DEPREM KAYITLARININ MEVCUT BİNALARIN DEPLASMAN TALEPLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

E. Meral¹ ve M. Meral²

¹ Yrd. Doç. Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye

² Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

Email: emrahmeral@osmaniye.edu.tr

ÖZET:

Geçmiş depremler mevcut binalar üzerinde oluşan hasarlarda bina taşıyıcı sistemi ve deprem özelliklerinin etkilerinin olduğu göstermektedir. Mevcut binaların modellenmesinde boşluklu tuvali duvarlar yapısal olmayan bölme duvar olarak düşünülmektedir genellikle sadece ağırlıkları dikkate alınmaktadır. Geçmiş depremlerde duvarların bina taşıyıcı sistemine olan katkıları açıkça görülmüştür. Bu çalışmanın amacı farklı özelliklere sahip iki deprem grubunun mevcut binaların deplasman talepleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesidir. Mevcut binaların modellenmesinde duvar etkilerinin göz önüne alındığı ve alınmadığı durumlar ayrı ayrı ele alınarak duvarların modellerde dikkate alınması ve alınmaması durumlarının davranış üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında mevcut bina stoku 2, 4 ve 7 katlı binalar ile temsil edilmiştir. Bu binalar 1975 ve 1998 Afet Yönetmeliklerine göre 1. derece deprem bölgesinde Z3 zemin sınıfı üzerinde olduğu varsayılarak modellenmiştir. Çalışmada 12 adet dolgu duvar dayanımının dikkate alındığı ve alınmadığı 3-B bina modeli, x ve y gibi iki asal doğrultuda doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz edilmiştir. Analizlerde gerçek deprem kayıtlarından seçilen ileri yönlendirme etkisine sahip 12 adet ivme kaydı ile USGS zemin sınıflandırmasına göre C zemin grubu üzerinde olan 10 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Binaların modellenmesi ve analizleri SAP2000 programı ile yapılmıştır. Analizler sonucunda binalarda oluşan tepe noktası ötelenme ve maksimum göreceli kat ötelenme oranı gibi parametreler kıyaslanmıştır.

İleri yönlendirme etkisine sahip ve C grubu deprem setleri arasında yapılan kıyaslama ile deprem özelliklerinin deplasman talepleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dolgu duvarların modellenmediği ve modellenmediği binalar arasında yapılan kıyaslamalar ile de dolgu duvar etkisinin deplasman talepleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen analizler ve değerlendirilmeler sonucunda deplasman taleplerinde 2 katlı duvarlı modellerin aynı kate sahip duvarsız modellere göre yaklaşık %35 azalma görülmüşken İleri Yönlendirme etkili deprem kaydı sonuçlarının C zemin grubuna göre 4 ve 7 katlı binalarda %80 oranında artışı gözlemlenmiştir. Duvarın özellikle 2 katlı binalarda etkin olduğu gözlemlenirken İleri Yönlendirme etkisinin 4 ve 7 katlı binalarda daha çok hissedildiği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Dolgu duvarlar, Doğrusal elastik olmayan analiz, Mevcut betonarme binalar, Zaman tanım alanında analiz.

1. GİRİŞ

Ülkemizde yaşanan depremler neticesinde ortaya çıkan can ve mal kayıplarının boyutları, ülkemizdeki mevcut yapıların sismik performanslarının değerlendirilmesini gündeme taşımıştır. Düşük ve orta yükseklikteki mevcut betonarme binalar, ülkemizdeki yapı stokunun oldukça önemli bir bölümünü kapsamaktadır. Bu sebeple bu binaların deprem davranışlarının anlaşılması sismik değerlendirme çalışmalarında önemli bir yer edinmektedir.

Çalışmanın amacı farklı özellikteki deprem kayıtlarının düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların deplasman talepleri üzerindeki etkilerinin duvar katkısı da göz önüne alınarak zaman tanım alanında dorusal elastik olmayan analiz ile belirlenmesidir. Farklı deprem kayıtlarının yapı davranışına etkilerinin belirlenebilmesi adına araştırmacılar tarafından mevcut yapı modelleri ve zaman tanım alanında analiz kullanılarak çeşitli çalınmalar yapılmıştır (Beşikçi, 2013; Çelik 2011; Önür 2011 ve Özmen 2011). Bu amaçla çalınma maddesi düşük ve orta yükseklikteki mevcut betonarme binalar 2, 4 ve 7 katlı binalar ile temsil edilmiştir. Mevcut binaların tasarımlarında iki farklı deprem yönetmeliği ve mevcut binalardaki beton dayanımlarını yansıtması amacıyla her yönetmelik için farklı beton basınç dayanımı göz önüne alınarak binalar modellenmiştir. Çalışma kapsamında 12 adet dolgu duvarların yük taşıyıcı özelliklerinin dikkate alındığı ve alınmadığı toplam 24 adet bina modellenerek dolgu duvarların deprem davranışına etkileri de ayrıca araştırılmıştır. Bu binalar geçmiş depremlerde kaydedilen ivme kayıtları arasından seçilen ileri yönlendirme etkisine sahip 12 adet ivme kaydı ile USGS zemin sınıflandırmasına göre C zemin grubu üzerinde olan 10 adet ivme kaydı olmak üzere iki set halinde düzenlenerek her iki asal doğrultuda analiz edilmiştir.

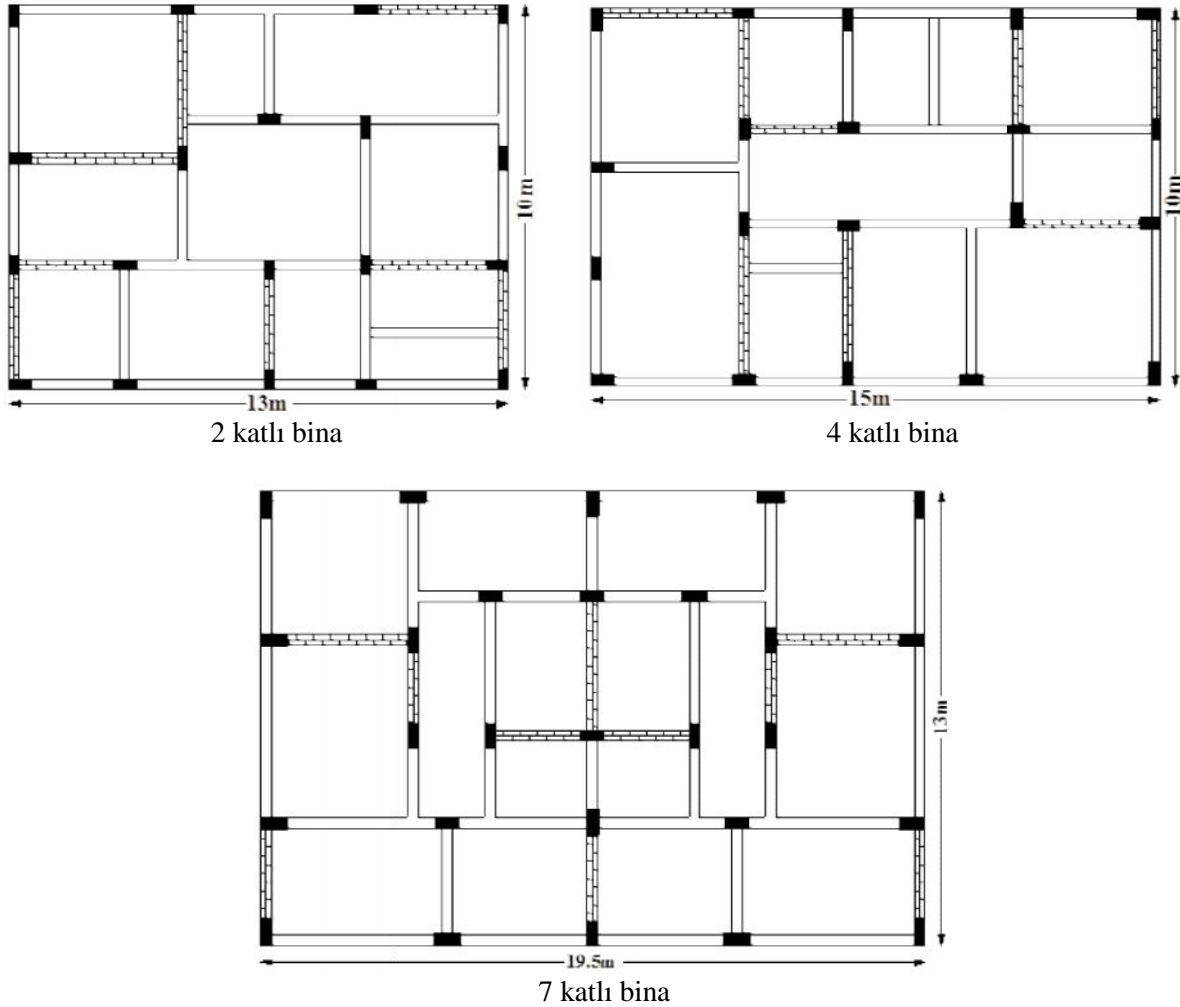
Çalışma maddesinde elde edilen bulguların, dolgu duvarın ve farklı deprem kayıtlarının mevcut betonarme bina stokunun deprem davranışları üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına katkıda bulunması hedeflenmektedir.

2. YAPILARIN MODEL ÖZELLİKLERİNİN TANIMLANMASI

Düşük ve orta yükseklikteki 500 adet konut binası için detaylı saha ve arazi araştırmaları sonucu elde edilen parametreler (kolon sayısı, kolon-kiri ölçüleri, kat alanı vb.) kullanılarak 1-2 katlı binaları temsilen 2 katlı, 3-5 katlı binaları temsilen 4 katlı ve 6, 7 ve 8 katlı binaları temsilen 7 katlı bina modelleri oluşturulmuştur (Neli ve diğ., 2009). Oluşturulan binalar perde duvarı olmayan tipik kiriş-kolon betonarme çerçeve binalarıdır. Binaların kalıp planları ekil 1’de verilmiştir.

Bu binaların Z3zemin sınıfı üzerinde ve 1. derece deprem bölgesinde olduğu varsayılarak 1975 ve 1998 Deprem Yönetmeliği hükümleri göz önüne alınarak tasarlanmıştır (ABYYHY-1975, 1975; ABYYHY-1998, 1998). Modellemelerde 1975 Yönetmeliği için 16 MPa ve 1998 Yönetmeliği için 25 MPa beton basınç dayanımları kullanılmıştır. Boyuna ve enine donatıların karakteristik akma dayanımları 1975 ve 1998 Yönetmeliği için sırasıyla 220 ve 420 MPa alınmıştır. Referans binaların tasarımında kullanılan kriterler Tablo 1’de özetlenmiştir.

Dorusal elastik olmayan davranış eleman uçlarına atanan plastik mafsallar yoluyla yansıtılmıştır. Ekil 2’de gösterildiği gibi, plastik mafsallın kuvvet-ekildeki tırme eğrilerini belirten A, B, C, D ve E noktaları tanımlanmıştır. Ayrıca performans kriterleri için MN, GV, ve GÇ noktaları da gösterilmiştir. Bu noktalar elemanların tipi, malzeme özellikleri, boyuna ve enine donatı miktarı ve eksenel yük seviyesine göre hazırlanmıştır. 2-, 4- ve 7- katlı bina modelleri için sırasıyla yaklaşık 500, 800 ve 1800 adet plastik mafsall oluşturulmuştur. Plastik mafsall boyu 2007 Deprem Yönetmeliği’nde belirtildiği üzere kesit yüksekliğinin yarısı alınmıştır (DBYBHY-2007, 2007). Yapıların analizinde SAP2000 programı kullanılmıştır (CSI, SAP2000, 2010). Plastik mafsalların oluşturulması ve SAP2000 programına aktarılması için SEMAp yazılımı kullanılmıştır (SEMAp, 2008). Plastik mafsall özellikleri, sınır değerler 2007 Deprem Yönetmeliği 7. Bölümde verilen kriterler ile belirlenmiştir. Bu çalışmanın asıl amacının farklı depremlerin bina davranışına etkilerini değerlendirmek olduğu için sınır değerler ile ilgili ayrıntılara verilmemi ve bu çalışmada binaların hasar durumları da değerlendirilmemiştir.



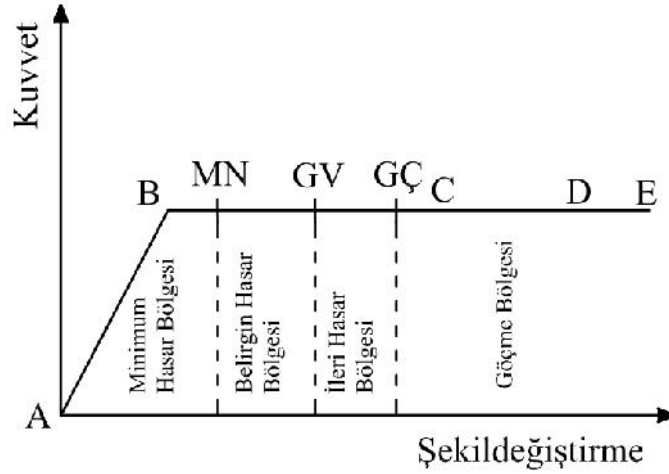
ekil 1. Tasarlanan binaların kat kalıp planları (duvar desenli taralı alanlar taşıyıcı dolgu duvarları göstermektedir)

Çalı mada duvarların etkisi e de er çapraz basınç çubukları kullanılarak yansıtılmı tır. Basınç çubuklarının özellikleri ulusal ve uluslararası yönetmelikler DBYYHY-2007 (2007) ve FEMA-356 (2000) kullanılarak belirlenmi tir. Yapı modellerinde betonarme çerçeve içinde düzenlenmi ve kö egen uzunlu unun kalınlı ına oranı 30'dan küçük olan dolgu duvarlar ile duvar yüzey alanına oranı %10'u geçmeyen bo lukların bulundu u duvarlar olu turulmu tur. Duvar malzemesi bo luklu harman tu lası olarak kullanılması öngörölmü tür. Duvarın elastisite modülü 1000 MPa, basınç dayanımı 1.0 MPa, kesme dayanımı 0.15 MPa olarak dikkate alınır (DBYBHY-2007, 2007).

Duvarların do rusal olmayan davranı ları FEMA-356 Bölüm 7 kullanılarak yansıtılmı tır. Buna göre dolgu duvarların deformasyon kapasitesi duvarın yükseklik/geni lik oranına (narinlik) ve dolgu ile çevresindeki çerçeve elemanların dayanımlarının oranına ba lıdır. Dolgu elemanın narinlik oranı arttı ı ve çevresindeki elemanların dayanımının duvar dayanımından yüksek oldu u oranda dolgu deformasyon kapasitesi artmakta; aksi durumda azalmaktadır (FEMA-356, 2000).

Tablo 1. Referans Binaların Tasarımında Kullanılan Özellikler

Özellik Türü	Özellik	Değerler		
		2 katlı	4 katlı	7 katlı
Kat Sayısı		2 katlı	4 katlı	7 katlı
Geometrik Özellikler	X-Boyut	13 m	15 m	19.5 m
	Y-Boyut	10 m	10 m	13 m
	Kat Yüksekliği	2.8 m	2.8 m	2.8 m
Malzeme Özellikleri	Beton Basınç Dayanımı	16 MPa ve 25 MPa		
	Çelik Sınıfı	S220 (BÇI)- S420 (BÇIII)		
Yük Tanımları	Hareketli Yük (Normal Kat)	0.200 t/m ²	0.200 t/m ²	0.200 t/m ²
	Hareketli Yük (Çatı Kat)	0.150 t/m ²	0.150 t/m ²	0.150 t/m ²
	Ölü Yük (Normal Kat)	0.400 t/m ²	0.375 t/m ²	0.375 t/m ²
	Ölü Yük (Çatı Kat)	0.337 t/m ²	0.313 t/m ²	0.314 t/m ²
	Duvar Yüğü	0.300 t/m ²	0.300 t/m ²	0.300 t/m ²
	Hareketli Yük Azaltma	0.3		
Zemin Özellikleri	Yerel Zemin Sınıfı	Z3		
Deprem Bölgesi	1. Derece	0.4g		



ekil 2. Plastik Mafsallın Tipik Dayanım-Deformasyon ilişkisi

Çalı mada kullanılan ve referans olarak isimlendirilen duvarsız ve duvarlı bina modellerine ait periyot, sismik a ırlık ve yatay dayanım aralıkları Tablo 2'de gösterilmektedir. Tabloda görülen model isimleri bu a amadan sonra duvarların ta ıyıcı özelliklerinin dikkate alınmadı ı ve alındı ı durumları yansıması için Ref. ve Ref.D ekinde ifade edilmi tir.

Tablo 2. Kullanılan Binaların Özelliklerinin Değerlendirme Aralıkları

Model	Kat Sayısı	Periyot (s)	Sismik Ağırlık (kN)	Yatay Dayanım/Sismik Ağırlık
REF	2	0.23-0.25	2440-2451	0.36-0.55
	4	0.40-0.54	6096-6348	0.18-0.32
	7	0.60-0.78	18263-19679	0.11-0.24
REF.D	2	0.18-0.22	2440-2451	0.44-0.68
	4	0.34-0.46	6096-6348	0.23-0.39
	7	0.55-0.67	18263-19679	0.13-0.26

3. ANALİZLERDE KULLANILAN VME KAYITLARININ ÖZELLİKLERİ

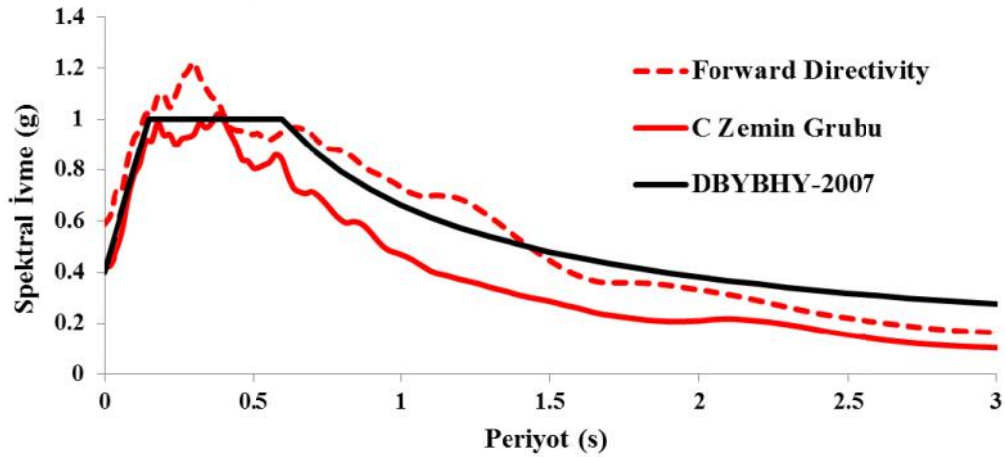
Çalışmada dolgu duvarlı ve duvarsız 12' er adet 3-B yapı modelinin, her iki asal yönde gerçek deprem kayıtlarıyla doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analizleri yapılmıştır (Meral, 2014). Analizlerde gerçek depremlerden seçilen farklı özelliklerdeki ileri yönlendirme etkisine sahip 12 adet ivme kaydı ile USGS zemin sınıflandırmasına göre C zemin grubu üzerinde olan 10 adet ivme kaydı kullanılmıştır. C zemin grubu deprem ivme kayıtları PEER (PEER, <http://peer.berkeley.edu>) web sitesinden alınmıştır. İleri yönlendirme etkisine sahip ivme kayıtları göreceli olarak büyük hız atım etkilerini taşımaktadır. Bu tür ivme kayıtları bazı kaynaklarda “yakın kaynak” (Near Field) pulse etkileri taşıyan depremler olarak öngörülmektedir (J.D. Bray ve A. Rodriguez-Marek, 2004 ve D.G. Somerville, 2002). Kullanılan deprem ivme kayıtlarından İleri Yönlendirme (Forward Directivity) etkisini taşıyan deprem setinin seçilmesi, ayrı bir çalışma alanı olduğu için literatürdeki bazı çalışmalarda İleri Yönlendirme etkisi olduğu kesin olarak bildirilen ivme kayıtları seçilmiştir (E. Kalkan ve S.K. Kunnath, 2007; FEMA 440, 2005 ve FEMA 308, 1999). Çalışmada kullanılan deprem ivme kayıtlarının özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Çalışmada C grubu ve İleri Yönlendirme etkili deprem ivme kayıtlarının %5 sönüm için elastik ivme spektrumlarının ortalamaları ile 2007 Deprem Yönetmeliği'nde 50 yılda bir olası %10 olan deprem için Z3 sınıfı zemin üzerindeki spektrum değerleri verilmiştir.

Spektrum değerleri oldukça geniş bir saçılım gösterirken, İleri Yönlendirme etkili 12 ivme kaydının ortalaması, yönetmelik ve C zemin grubunun ortalama spektrumlarına göre nispeten yüksektir. Çalışma kapsamında dikkate alınan binaların periyotlarının 0.18-0.78 saniye aralığında olduğu dikkate alındığında, yapıların ileri yönlendirme etkili analiz sonuçlarından kısmen daha fazla etkileneceği öngörülebilmektedir.

Tablo 3. Çalı madaki Deprem vme Kayıtlarının Özellikleri

Set	Sayı	Deprem Adı	Tarih	stasyon	Bile en	PGA(g)	PGV(cm/s)	Vs30(m/s)
Forward Directivity (FD)	1	Cape Men.	25.04.1992	Petrolia	90	0.662	89.7	712.8
	2	Duzce	12.11.1999	Bolu	90	0.822	62.1	326
	3	Erzincan	13.03.1992	Erzincan	EW	0.496	64.3	274.5
	4	Imperial V.	15.10.1979	Brawley Air	315	0.22	38.9	208.7
	5	Kobe	16.01.1995	Takatori	90	0.616	120.7	256
	6	Kocaeli	17.08.1999	Duzce	270	0.358	46.4	276
	7	Kocaeli	17.08.1999	Gebze	0	0.244	50.3	792
	8	Landers	28.06.1992	Lucerne	275	0.721	97.6	684.9
	9	Loma Pri.	18.10.1989	Los Gatos Lex	90	0.508	72.79	1070.3
	10	Morgan Hill	24.04.1984	C. Lake Dam	285	1.298	80.8	597.1
	11	Northridge	17.01.1994	Newhall F.	360	0.59	97.2	269.1
	12	Northridge	17.01.1994	Sylmar Ol	90	0.604	78.2	440.5
C Zemin Grubu	1	Imperial V.	15.10.1979	El C.Array #5	140	0.519	46.9	205.6
	2	Kocaeli	17.08.1999	Duzce	180	0.312	58.8	276
	4	Loma Pri.	18.10.1989	G.Array #3	90	0.367	44.7	349.9
	5	Northridge	17.01.1994	Canoga Park	196	0.42	60.8	267.5
	6	Northridge	17.01.1994	Tarzana	360	1.779	113.6	257.2
	7	Northridge	17.01.1994	Hollyw. W.A	180	0.245	33.5	234.9
	8	N. Palm Sp.	08.07.1986	N. Palm Sp.	210	0.594	73.3	345.4
	10	Whittier N.	01.10.1987	Santa Fe Spr.	48	0.426	38.1	308.6



ekil 3. Deprem vme Kayıtlarının %5 Sönüm için Elastik vme Spektrumları

4. DOLGU DUVAR VE VME KAYITLARININ DEPLASMAN TALEPLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLER

Dolgu duvarların taşıyıcı sisteme katkısının dikkate alınmadığı ve alındığı toplam 528 adet 3-B dolgu duvarlı olmayan dinamik analiz sonucu elde edilen tepe noktası ötelenme ve maksimum görelî kat ötelenme oranı gibi parametreler kıyaslanmıştır.

Karşılaştırmaların daha kolay ve anlaşılır olması için çalınmış yapılar için yapılan analizlerde elde edilen tepe noktası deplasmanları bina yüksekliğine bölünerek tepe noktası ötelenme oranı ve görelî kat deplasmanları da kat yüksekliği ile normalize edilerek görelî kat ötelenme oranı elde edilmiştir. Çalınmış kapsamında düzenlenen bina grupları her iki asal yön için 22 adet deprem ivme kaydıyla yapılan analizlerden elde edilen parametrelere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler duvarlı ve duvarsız binalar açısından değerlendirilmiştir. Yönetmelik farkının açığa çıkarılması adına ilgili parametrelerin 1975 Yönetmeliği ortalama değerleri 1998 Yönetmeliği ortalama değerlerine oranlanarak verilmiştir.

Tepe Noktası Ötelenmesi Üzerindeki Etkileri

Tüm bina grupları için en küçük, en büyük ve ortalama tepe noktası ötelenme değerleri bina yüksekliğine bölünerek tepe noktası ötelenme oranı olarak Tablo 4'te özetlenmiştir. 4 katlı bina periyotlarının, spektrumun sabit ivme bölgesinde yüksek ivme seviyelerine denk gelmesi sebebiyle 4 katlı binalar daha çok deprem etkilerine maruz kaldığından dolayı, tepe noktası ötelenme oranlarının ortalama değerleri açısından bakıldığında en büyük talepler 1975 Yönetmeliğine göre modellenen 4 katlı binalarda gözlenmiştir. 1998 Yönetmeliğinin hükümlerinin 1975 Yönetmeliğine göre alınmasından dolayı binaların iyileşmesi, deplasman taleplerinin de azalmasını sağlamıştır. Bu azalmanın kat sayısı ile ters orantılı olarak değerlendirilebilir.

Tepe noktası ötelenme oranları 1975 Yönetmeliği 2, 4 ve 7 katlı duvarsız binalarda sırasıyla ortalama olarak %0.63, %0.94 ve %0.77 seviyelerinde iken 1998 Yönetmeliği'nde %0.35, %0.58 ve %0.53 olarak bulunmuştur. Taşıyıcı dolgu duvarların modellerde dikkate alınması ile yapılarıdaki deplasman taleplerinde azalmalar olmuştur. Tepe noktası ötelenme oranları 1975 Yönetmeliği 2, 4 ve 7 katlı duvarlı binalarda duvarsız binalara göre taleplerde sırasıyla %41, %19 ve %9 azalma olurken 1998 Yönetmeliği'nde %31, %14 ve %6 azalma gözlenmiştir. Bu da duvarın katkısının kötü modellerde iyi modellere göre etkisinin daha çok açığa çıktığını göstermiştir.

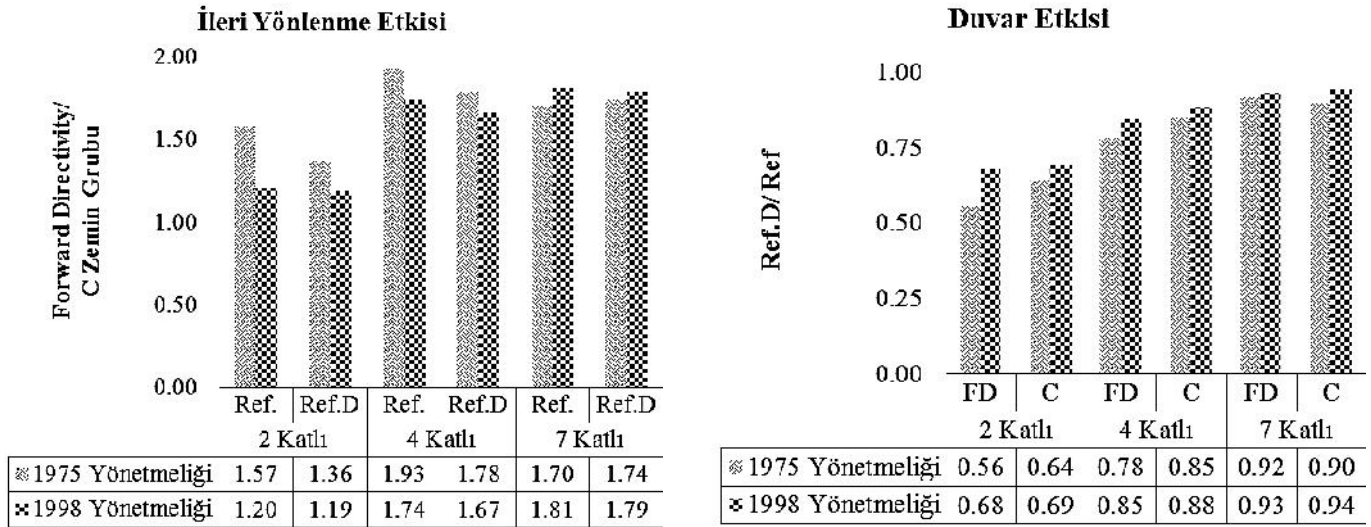
Tablo 4. Binalara ait Tepe Noktası Ötelenme Oranı Değerleri (%)

		2 Katlı				4 Katlı				7 Katlı			
		Ref.		Ref.D		Ref.		Ref.D		Ref.		Ref.D	
		FD	C	FD	C	FD	C	FD	C	FD	C	FD	C
1975 Yönetmeliği	Minimum	0.18	0.11	0.08	0.06	0.29	0.27	0.24	0.19	0.22	0.25	0.17	0.21
	Maksimum	2.15	1.68	1.39	1.20	3.05	1.80	2.39	1.65	2.00	1.34	2.05	1.23
	Ortalama	0.77	0.49	0.43	0.31	1.24	0.64	0.97	0.54	0.97	0.57	0.89	0.51
1998 Yönetmeliği	Minimum	0.11	0.06	0.06	0.07	0.18	0.16	0.16	0.15	0.18	0.16	0.15	0.15
	Maksimum	1.19	1.22	0.60	0.61	1.47	1.16	1.30	0.98	1.26	0.85	1.24	0.80
	Ortalama	0.38	0.32	0.26	0.22	0.74	0.42	0.62	0.37	0.68	0.37	0.63	0.35
Oran (1975/1998 Yönetmeliği)		2.01	1.53	1.64	1.43	1.68	1.51	1.56	1.46	1.44	1.53	1.42	1.46

1975 Yönetmeliği binaları taleplerinin 1998 Yönetmeliği binalarındaki taleplere oranları incelendiğinde 1998 Yönetmeliği binalarında tepe noktası deplasman taleplerinde azalmalar olduğu ve bu azalmaların 2 katlı binalarda daha belirgin olup duvarların eklenmesi ve kat sayısının artması ile taleplerdeki azalmaların da sınırlandırılmış görülmektedir.

İleri Yönelme ve duvar parametrelerinin analiz edilen modellerin deplasman taleplerine etkilerini görmek amacıyla tasarlanan binaların tepe noktası deplasmanı farkları ekil 4'te verilmiştir. Yönetmelik minimum boyut kriterlerinden dolayı 2 katlı modellerin dayanım fazlalığı diğer kat gruplarına göre yüksektir. Bu yüzden 2 katlı bina tepe noktası ötelenme oranları İleri Yönelmeden diğer katlara göre daha az etkilenmiştir. 1998 Yönetmeliğinin ve duvarın bulunması özellikle 2 ve 4 katlı binalarda İleri Yönelme etkisini azaltmıştır.

2 katlı binaların 4 ve 7 katlı binalara göre daha küçük boyutlu elemanlara sahip olması ve her kata aynı oranda duvar yapılmasından dolayı, duvarlı 2 katlı binalarda tepe noktası ötelenme oranlarının duvarsız binalara oranla diğer kat gruplarına göre daha düşük çıkmasını sağlamış ve duvarın deplasman talebi üzerindeki etkisinin 2 katlı binalarda daha fazla hissedildiğini ortaya koymuştur (ekil 4).



ekil 4. Tepe Noktası Deplasmanı Üzerinde İleri Yönelme ve Dolgu Duvar Etkileri

Görelî Kat Ötelenme Değerleri Üzerindeki Etkileri

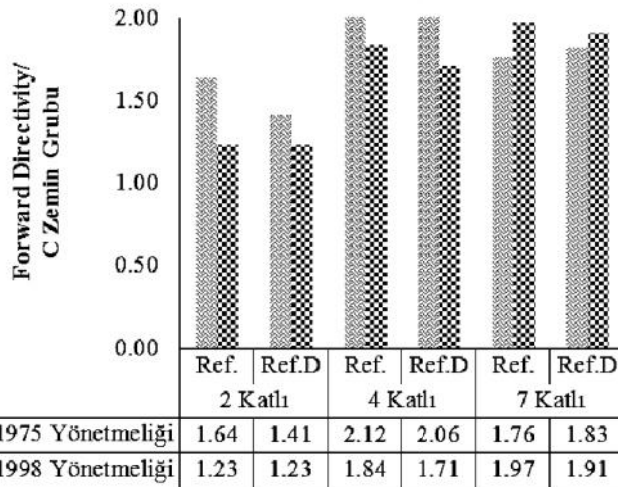
Tüm bina grupları için en küçük, en büyük ve ortalama görelî kat ötelenme değerleri kat yüksekliğine bölünerek görelî kat ötelenme oranı olarak Tablo 5'te gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere tepe noktası ötelenme oranlarında gözlemlendiği gibi duvarların deplasman talepleri üzerindeki katkısı 2 katlı binalarda daha belirgindir. Görelî kat ötelenme oranlarının ortalama değerlerine bakıldığında en büyük deplasman talepleri 1975 Yönetmeliği'ne göre tasarlanan 4 katlı binalarda elde edilmiştir. Yönetmelik farklarına bakıldığında 1998 Yönetmeliği binalarında taleplerindeki azalma tepe noktası ötelenme oranında olduğu gibi 7 katlı binalarda daha azdır.

Tablo 5. Binalara ait Görelî Kat Ötelenme Oranı Değerleri (%)

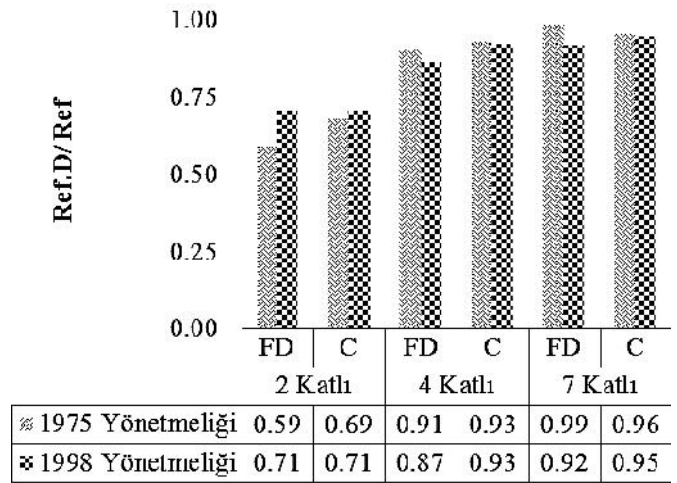
		2 Katlı				4 Katlı				7 Katlı			
		Ref.		Ref.D		Ref.		Ref.D		Ref.		Ref.D	
		FD	C	FD	C	FD	C	FD	C	FD	C	FD	C
1975 Yönetmeliği	Minimum	0.21	0.13	0.14	0.07	0.44	0.40	0.36	0.26	0.41	0.40	0.25	0.33
	Maksimum	3.23	2.56	2.53	2.17	5.25	2.47	4.93	2.74	3.19	1.85	3.81	1.80
	Ortalama	1.11	0.68	0.65	0.46	1.96	0.92	1.78	0.86	1.56	0.89	1.55	0.85
1998 Yönetmeliği	Minimum	0.11	0.07	0.11	0.08	0.24	0.21	0.21	0.19	0.32	0.20	0.29	0.19
	Maksimum	1.27	1.36	0.72	0.76	2.46	1.72	2.19	1.77	2.30	1.31	2.48	1.31
	Ortalama	0.44	0.35	0.31	0.25	1.16	0.63	1.01	0.59	1.21	0.62	1.12	0.59
Oran (1975/1998 Yönetmeliği)		2.54	1.91	2.11	1.85	1.68	1.46	1.77	1.47	1.29	1.44	1.39	1.45

Görelî kat ötelenme oranları 1975 Yönetmeliği 2, 4 ve 7 katlı duvarsız binalarda sırasıyla ortalama olarak %0.89, %1.44 ve %1.22 seviyelerinde iken 1998 Yönetmeliği'nde %0.39, %0.90 ve %0.91 olarak belirlenmiştir. Görelî kat ötelenme oranları 1975 Yönetmeliği 2, 4 ve 7 katlı duvarlı binalarda duvarsız binalara göre sırasıyla %37, %8 ve %2 azalma olurken 1998 Yönetmeliği'nde %29, %11 ve %7 seviyelerinde azalma olmuştur. Görelî kattaki azalmalar tepe noktası deplasman talebindeki azalmalara benzer olup, en fazla azalma 2 katlı binalarda gözlenmiştir.

İleri Yönlenme Etkisi



Duvar Etkisi



ekil 5. Görelî Kat Deplasmanı Üzerinde İleri Yönlenme ve Dolgu Duvar Etkileri

İleri Yönlenme ve duvar parametrelerinin analiz edilen modellerin deplasman taleplerine etkilerini görmek amacıyla tasarlanan binaların görelî kat deplasmanı farkları ekil 5'te verilmiştir. İleri Yönlenme etkili deprem ivme kayıtlarının görelî kat ötelenme oranları 4 ve 7 katlı binalarda, C zemin grubu sonuçlarının yaklaşık 2 katyken, 2 katlı binalarda ise %60'a varan oranlarda fazladır.

Duvar miktarının kat sayısından bağımsız olması nedeniyle, 2 katlı duvarlı binalarda görelî kat ötelenme oranları %33 civarında duvarsız binalara oranla diğer katlara göre daha düşük çıkmıştır (ekil 5).

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dolgu duvarların ve farklı deprem ivme kayıtlarının mevcut betonarme binaların deplasman talebi üzerindeki etkilerinin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz ile belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada düşük ve orta yükseklikteki binalar 2, 4 ve 7 katlı binalar ile temsil edilmiştir. Mevcut binaların tasarımlarında kullanılan olan iki farklı deprem yönetmeliği ve iki farklı beton basınç dayanımı değerleri göz önüne alınarak bina modelleri hazırlanmıştır. Bu kapsamda 12 adet duvar davranışının taşıyıcı sistem elemanı olarak dikkate alındığı ve alınmadığı toplam 24 adet bina modellenmiştir. Analizlerde geçmiş depremlerde kaydedilen ivme kayıtları arasından seçilen farklı özelliklerdeki ileri yönlendirme etkisine sahip 12 adet ivme kaydı ile C zemin grubu üzerinde olan 10 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Duvar etkisinin dikkate alındığı ve alınmadığı toplam 528 adet zaman tanım alanında analiz sonucu bulunan deplasman talepleri karşılaştırılarak yapılan değerlendirilmede elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- Yönetmelik artları iyileştirme ve kat sayısı arttıkça duvarların tepe noktası ötelenme oranları üzerindeki etkilerinin azaldığı görülmüştür. Tepe noktası ötelenme oranları 1975 Yönetmeliği 2, 4 ve 7 katlı duvarlı binalarda duvarsız binalara göre taleplerde sırasıyla %41, %19 ve %9 azalma olurken 1998 Yönetmeliği'nde %31, %14 ve %6 azalma gözlenmiştir.
- Göreli kat ötelenme oranları 1975 Yönetmeliği 2, 4 ve 7 katlı duvarlı binalarda duvarsız binalara göre sırasıyla %37, %8 ve %2 azalma olurken 1998 Yönetmeliği'nde %29, %11 ve %7 seviyelerinde azalma olmuştur. Göreli kat taleplerindeki azalmalar tepe noktası deplasman talebindeki azalmalara benzer olduğu gözlenmiştir.
- Elde edilen duvarlı binalara ait tepe noktası ve göreli kat ötelenme oranlarının duvarsız binalara ait sonuçlara bölünmesiyle elde edilen değerlerin İleri Yönlendirme ve C Zemin Grubu ivme setleri için birbirine yakın olduğu bulunmuştur.
- İleri Yönlendirme etkili deprem kayıtlarının C zemin grubu deprem kayıtlarına göre tepe noktası ötelenme oranlarında 2, 4 ve 7 katlı binalarda sırasıyla yaklaşık ortalama olarak %33, %78 ve %76 artışı gözlenirken göreli kat ötelenme oranlarında %38, %93 ve %87 artışı bulunmuştur. 1998 Yönetmeliğinin ve duvarın bulunması özellikle 2 ve 4 katlı binalarda İleri Yönlendirme etkisini azalttığı görülmüştür.
- Duvarın bulunmamasının ve İleri Yönlendirme etkili deprem kayıtlarının tepe noktası ve göreli kat ötelenme oranlarını arttırdığının gözlenmesine karşın İleri Yönlendirme 4 ve 7 katlı binalarda daha etkin olurken duvar etkisinin 2 katlı binalarda daha fazla hissedildiği görülmüştür.

TE EK KÜR

Bu çalışmada 2014FBE006'nolu Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından kısmen desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- ABYYHY-1975 (1975). Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- ABYYHY-1998 (1998). Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Beşikçi, O.B. (2013). Düşük ve Orta Yükseklikteki Yumuşak Katlı Binaların Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Olmayan Analizle Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Bray, J.D. and Rodriguez-Marek, A. (2004). Characterization of Forward-Directivity Grounds Motions in the Near-Fault Region, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24(11), 815-828.

- Çelik, S. (2011). Düşük ve Orta Yükseklikteki Binaların Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizle Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- DBYBHY-2007 (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- FEMA-308 (1999). The Repair of Earthquake Damage Concrete and Masonry Wall Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- FEMA-356 (2000). Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings, Report No. FEMA-356, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- FEMA-440 (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- Kalkan, E. and Kunnath, S.K. (2007). Assessment of Current Nonlinear Static Procedures for Seismic Evaluation of Buildings, Engineering Structures, 29(3), 305-316.
- Inel M., Özmen H.B., Çelikkale M. ve Kayhan A.H. (2009). Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi, Uluslararası Sakarya Sempozyumu, 1-2 Ekim 2009, Sakarya, Türkiye.
- Meral, E. (2014). Dolgu Duvarların Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Binaların Sismik Davranışına Üzerine Etkilerinin Doğrusal Elastik Olmayan Analizle Belirlenmesi, Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Önür, Ö. (2011). Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Zaman Tanım Alanında Analizle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Özmen, H.B. (2011). Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deprem Performanslarını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- PEER, <http://peer.berkeley.edu>
- SAP2000, CSI. Integrated finite element analysis and design of structures basic analysis reference manual; Berkeley (CA, USA); Computers and Structures Inc.
- SEMAP (2008). Sargı etkisi modelleme analiz programı; TÜB TAK proje no: 105M024, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Somerville P.G., (2002). Magnitude Scaling of The Near Fault Rupture Directivity Pulse, California.
- USGS (1999). Implications for Earthquake Risk Reduction in the United States from the Kocaeli, Turkey, Earthquake of August 17, 1999, Virginia.