BETONARME BİNALARIN DEPLASMAN TALEPLERİNİN 3-B DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN DİNAMİK ANALİZLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet İNEL[1], Sinem ÇELİK[2], Hayri Baytan ÖZMEN[3] ve Önder ÖNÜR[2]

[1] *Doç. Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli*
[2] *İnş. Müh., Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli*
[3] *Yrd. Doç. Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli*
Email: minel@pau.edu.tr

ÖZET:

Mevcut binalar içinde düşük ve orta yükseklikteki betonarme binalar ülkemiz yapı stoğunun oldukça önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle bu binaların deprem davranışlarının anlaşılması sismik değerlendirme çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Çalışmanın amacı düşük ve orta yükseklikteki betonarme yapıların deplasman taleplerini 3-B doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz ile değerlendirmektir. Düşük ve orta yükseklikteki binalar 2-, 4- ve 7-katlı binalar ile temsil edilmiştir. Her bir yapı grubu için iki farklı deprem yönetmeliği (1975 ve 1998) ve 2 farklı malzeme durumu dikkate alınmıştır. Bu şekilde, 12 adet 3-B modelin her iki asal yönlerinde gerçek deprem kayıtları kullanılarak doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analizlerle doğrusal olmayan deplasman talepleri hesaplanmıştır. Analizlerde gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar arasından seçilen ileri yönlenme etkisine sahip 12 ve farklı zemin grupları için 4 set halinde 29 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Toplam 984 3-B doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz sonucu üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Analiz sonuçları beton dayanımının deplasman talepleri üzerinde sınırlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın zemin grubuna göre deplasman talebi önemli oranda değişim göstermektedir. Ancak en büyük etkiler ileri yönlenme özelliğine sahip ivme kayıtları için görülmektedir. Bu kayıtlar deplasman talebini diğer depremlere göre iki katına yükseltebilmektedir. Buna karşın ileri yönlenme etkilerinin 2 katlı yapılar üzerinde (özellikle 1998 modelleri) daha düşük etkilere sahip olduğu görülmektedir. Yönetmelik değişimi ve zemin grubu parametreleri ise 2 katlı modeller üzerinde daha etkindir.

ANAHTAR KELİMELER : Deplasman talepleri, doğrusal elastik olmayan analiz, mevcut betonarme binalar, zaman tanım alanında analiz, yönetmelik.

1. GİRİŞ

Ülkemizde yaşanan depremlerde ortaya çıkan can kayıpları ve ekonomik kayıpların boyutları ülkemiz yapılarının sismik performanslarının değerlendirilmesini gündeme getirmiştir. Düşük ve orta yükseklikteki betonarme binalar ülkemiz yapı stoğunun oldukça önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle bu binaların deprem davranışlarının anlaşılması sismik değerlendirme çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Sismik talep hesabı yönetmeliklerce kolay olması nedeniyle, tek serbestlik dereceli sistemler kullanılarak yapılmaktadır. Yapıların sismik davranışını daha gerçekçi yansıtan 3-B doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz hem zor olması hem de çok zaman alması bakımından tercih nedeni olmamaktadır.

Düşük ve orta yükseklikteki yaklaşık 500 mevcut bina üzerinde yapılan envanter çalışması ile elde edilen bina özelliklerinin yansıtılması ile 1-2 katlı yapıları temsilen 2, 3-5 katlı yapılar için 4, 6 ve üzeri katlı yapılar için 7

katlı bina modelleri oluşturulmuştur. Her bir yapı grubu için iki farklı deprem yönetmeliği (1975 ve 1998) ve 2 farklı malzeme durumu dikkate alınmıştır. Bu şekilde, 12 adet 3-B modelin her iki asal yönlerinde gerçek deprem kayıtları kullanılarak doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analizlerle doğrusal olmayan deplasman talepleri hesaplanmıştır. Analizlerde gerçek depremlerden 4 farklı zemin grubu için ileri yönlenme (forward directivity) etkileri içermeyen kayıtlar arasından seçilen farklı özelliklere sahip 29 adet ve karşılaştırma yapılması bakımından 12 adet ileri yönlenme etkilerine sahip ivme kaydı kullanılmıştır. 984 adet 3-B doğrusal olmayan dinamik analiz sonucu elde edilen çatı katı ötelenme oranı, göreli kat ötelenmeleri, deplasman taleplerinin katlara göre dağılımı, kat kesme kuvveti taleplerinin dağılımı gibi değerler ilgili doküman ve yönetmeliklerde önerilen veya kabul edilen değerler ile kıyaslanmıştır.

Çalışmada elde edilen bulguların, mevcut betonarme bina stoğunun deprem davranışının ve ileri yönlenme etkisine sahip deprem kayıtlarının bina davranışı üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına katkıda bulunması amaçlanmaktadır.

2. YAPILARIN TANIMLANMASI VE MODELLENMESİ

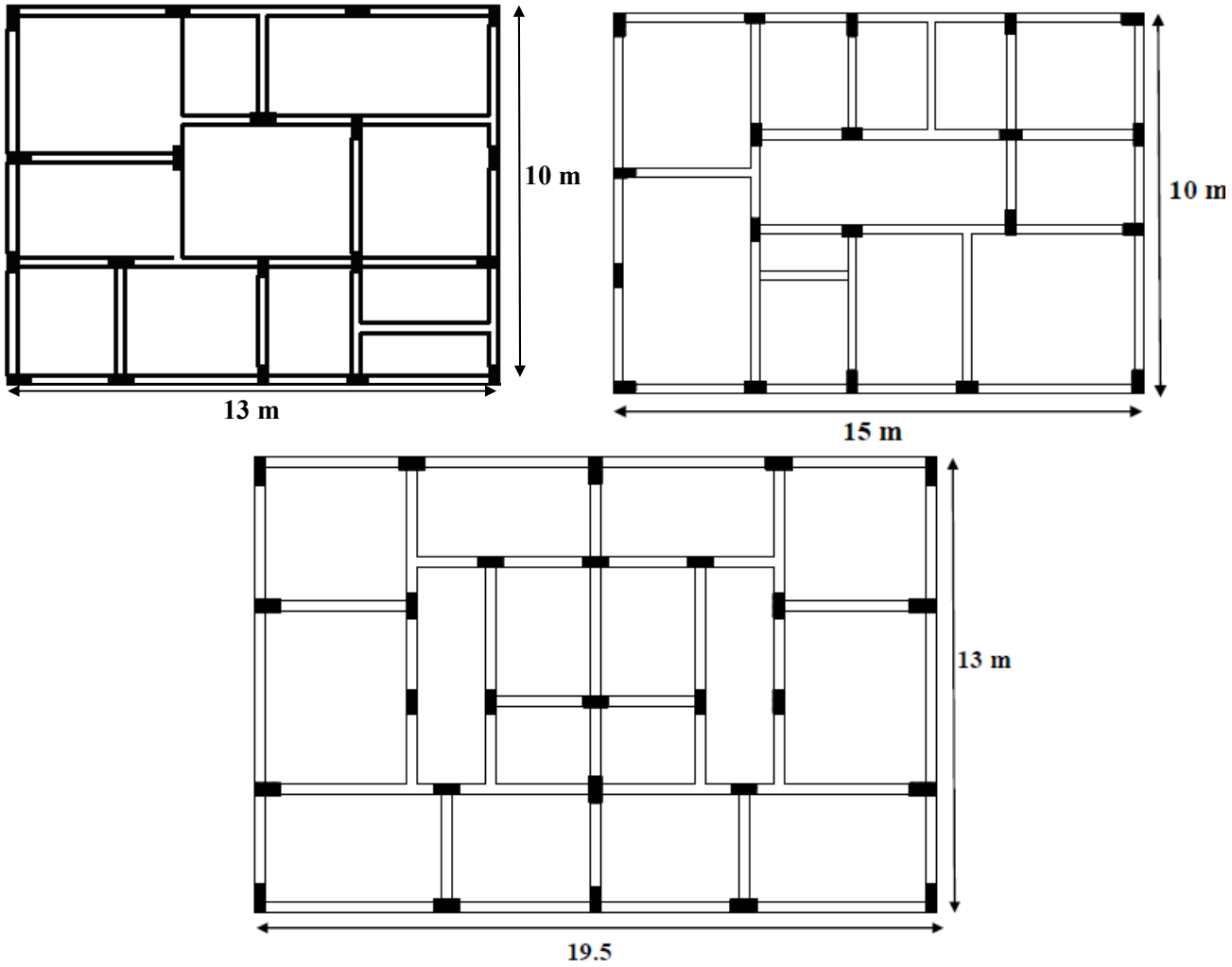
2-, 4- ve 7- katlı betonarme bina modelleri, Türkiye' deki 1. Derece deprem bölgelerindeki orta yükseklikteki binaları temsil edecek şekilde seçilmiştir. Seçilen binalar perde duvarı olmayan tipik kiriş-kolon betonarme çerçeve binalarıdır. Detaylı saha ve arşiv araştırması sonucu (yaklaşık 500 bina) bina modelleri kolon sayısı, kolon-kiriş ölçüleri, kat alanı ve diğer parametreleriyle ülkemizde 1. derece deprem bölgelerinde projelendirilmiş tipik binaları yansıtacak şekilde belirlenmiştir. Saha ve arşiv verilerinin içinde çoğunluğu Denizli'den olmak üzere, Aydın, Muğla, İzmir ve İstanbul gibi değişik şehirlerden veriler mevcuttur (İnel vd., 2009). Yansıtılan değerler ortalama değerledir. Binaların plan görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

Saha ve arşiv araştırması verileri dikkate alınarak seçilen referans binalar, sismik ağırlık ve sismik yükler göz önünde bulundurularak 1975 ve 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliklerine göre (ABYYHY-1975; ABYYHY-1998) tasarlanmıştır (1. derece deprem bölgesi ve zemin sınıfı Z3). İki farklı karakteristik beton basınç dayanımı değeri göz önünde bulundurulmak üzere; ABYYHY-1975 için 10 ve 16 MPa ve ABYYHY-1998 için 16 ve 25 MPa kullanılmıştır. Boyuna ve enine donatıların karakteristik akma dayanımı ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998 için sırasıyla 220 ve 420 MPa alınmıştır. Boyuna donatıların pekleşmesi dikkate alınmıştır. Bina modelleri isimlendirilirken kat yüksekliği, kullanılan yönetmelik, karakteristik beton basınç dayanımı ve dikkate alınan doğrultu yansıtılmıştır. Örneğin 4st-75C16x, 4- katlı, ABYYHY-1975'e uyan, beton basınç dayanımı 16 MPa olan ve "x" doğrultusu dikkate alınan bina modelinin karşılığı olmaktadır. Modeller ile ilgili bazı önemli özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

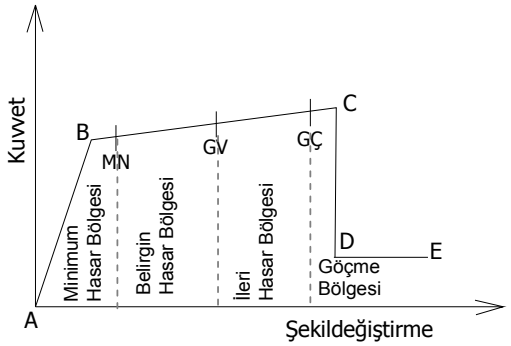
Şekil 2 'de gösterildiği gibi, plastik mafsalın kuvvet-deformasyon davranışını tanımlayan A, B, C, D ve E noktaları işaretlenmiştir. Bu noktaların her biri elemanın tipi, malzeme özellikleri, boyuna ve enine donatı içeriği ve eksenel yük seviyesine dayanarak verilmiştir. 2-, 4- ve 7- katlı bina modellerinin her biri için sırasıyla yaklaşık 500, 800 ve 1800 plastik mafsal türetilmiştir. Plastik mafsal boyu DBYBHY-2007'nin önerdiği gibi kesit yüksekliğinin yarısı alınmıştır. Analizlerde SAP2000 programı (CSI, SAP2000, 2010) kullanılmıştır. Plastik mafsal özelliklerinin hesaplanması ve SAP2000 programına aktarılması işlemi SEMAp yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (SEMAp, 2008).

Doğrusal olmayan zaman tanım analizlerinde genelde Newmark ortalama ivme metodu ve yakınsama probleminin olduğu durumlarda da Hilber-Hughes-Taylor metodu kullanılmıştır. Hilber-Hughes-Taylor metodunun özelliği bir katsayı kullanmasıdır. Bu katsayı 0 ile -1/3 arasında değerler alabilmekte ve 0 olması durumunda Newmark ortalama ivme metodu ile aynı sonuçları vermektedir. Katsayı -1/3'e gittikçe yüksek mod etkileri hızlı bir şekilde suni olarak sönümlenir; gerçek bir sönüm olmamasına rağmen yakınsama problemlerinde tercih edilir.

Ayrıca, her bir model için efektif rijitlik değerleri, kirişler için 0.4EI ve kolonlar için eksenel yük seviyesine göre 0.4EI ve 0.8EI değerleri arasında değişen değerler dikkate alınmıştır.



Şekil 1. 2-, 4- ve 7- katlı binaların plan görünümü



Şekil 2. Plastik mafsalın tipik yük-deformasyon ilişkisi

Tablo 1. Bina modellerinin bazı önemli özelliklerinin değişim aralığı

Parametre	**2-katlı**	**4-katlı**	**7-katlı**
Sismik Ağırlık (kN)	2440 - 2451	6096 - 6348	18262 - 19678
Periyot (s)	0.243 - 0.304	0.416-0.595	0.620 - 0.877
Yatay Dayanım/Sismik Ağırlık	0.383 - 0.621	0.184 - 0.364	0.117 – 0.273

3. ANALİZLERDE KULLANILAN İVME KAYITLARI

Çalışma kapsamında toplam 41 adet gerçek deprem ivme kaydı kullanılmıştır. A grubu zemin tipinden 5 adet, B grubu zemin tipinden 9 adet, C grubu zemin tipinden 10 adet, D grubu zemin tipinden de 5 adet ve ileri yönlenmeli 12 adet deprem için analiz yapılmıştır. Literatürde ileri yönlenmeli ivme kaydı sayısı az olduğu için bu kısımda zemin gruplarına göre ayrım yapılamamıştır.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DBYBHY-2007)'e göre zemin tipleri Z1, Z2, Z3 ve Z4 şeklinde belirlenmiştir. Belirlenme ölçütü, zemin relatif sıkılığı, dayanım, rijitlik, zeminin ilk 30m kesme dalgası hızı ve en üst zemin tabakası kalınlığıdır. USGS sınıflandırma sisteminde, A grubu kesme dalgası hızı 750 m/s ve üstü için, B grubu 360-750 m/s arası, C grubu 180-360 m/s arası ve D grubu 180 m/s içindir. Bu şartlar altında Z1 grubunu A grubu, Z2 grubunu B grubu, Z3 grubunu C grubu ve Z4 grubunu D grubu temsil etmektedir.

Deprem ivme kayıtları seçilirken, PGA aralığının çeşitliliğine dikkat edilmiştir. Bunun yanında seçilen aralıkta, en büyük ve en küçük değerin çok uç olmamasına özen gösterilmiştir. A grubu ve D grubu zemin tipinde deprem ivme kayıtları kısıtlı olduğu için sayı diğer zemin gruplarına göre daha azdır. Fakat bu gruplarda da çeşitliliğe dikkat edilmiştir. Deprem ivme kayıtları ve özellikleri, Tablo 2.'de gösterilmiştir. Yer kısıtlaması sebebiyle ileri yönlenmeli deprem kayıt özellikleri verilememiştir. Fakat bu depremler ile ilgili bilgiler başka bir çalışmada bulunabilir (İnel ve diğ., 2011).

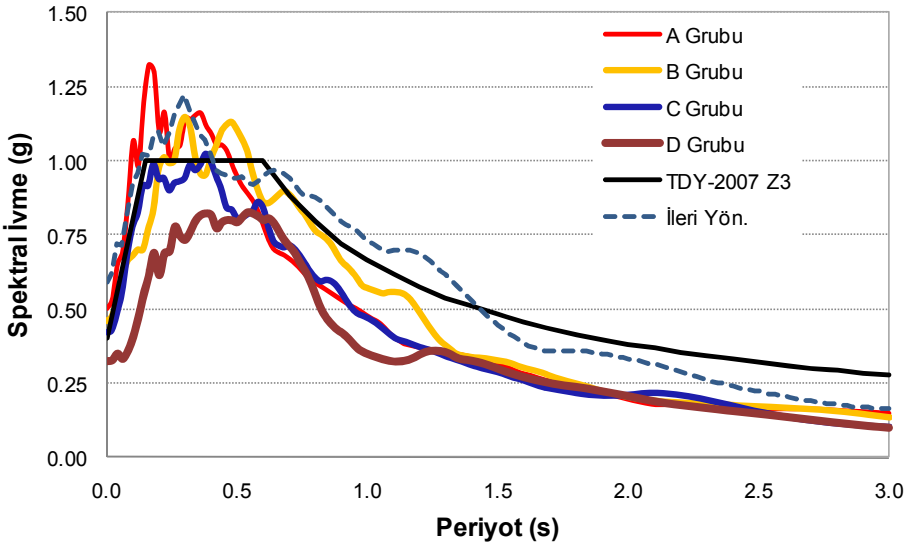
Çalışmada kullanılan deprem ivme kayıtlarının %5 sönüm için elastik spektrumları Şekil 3'te verilmiştir. Ayrıca DBYBHY-2007'nin 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Z3 sınıfı zemin üzerindeki spektrumu çizilmiştir. A grubuna ait deprem ivme kayıtlarından Northridge-Pul194 kaydına ait ivme spektrumu çok düşük periyotta 3.78 gibi yüksek bir spektral ivme değerindedir. Bu kayda ait maksimum spektral değer diğer kayıtlara göre yüksek olduğundan ortalamayı da bu ölçüde etkilemiştir. Böylece ortalama spektrumu DBYBHY-2007'nin spektrumundan uzaklaşmıştır.

B grubuna ait deprem ivme kaydının sayısı daha fazla olduğu için çeşitlilik fazladır. DBYBHY-2007 ait spektruma oldukça yakın çıkan spektrum eğrileri olduğu gibi, bir miktar üstünde kalan spektral değerler de mevcuttur. Böylece ortalama spektral eğri DBYBHY-2007' e olabildiğince benzemektedir. Farklılıkları bazı periyotlardaki ani yükselmeler yaratmaktadır. Gazli-Gaz000 kaydına ait spektral eğride düşük periyotta, 2.26 gibi ivme değerine ani bir yükselme yapmaktadır. Daha sonraki periyodun 0.3s değerindeyken Northridge-Spv360 ivme kaydı 2.82g 'ye kadar yükselmektedir. Periyot 0.5s değerlerindeyken Kobe-Nis000 deprem ivme kaydının 2.26g'ye ani yükselmesi durumu vardır. Bu şartlar altında ortalamanın, DBYBHY-2007'ye ait spektral eğrinin sabit ivme bölgesinde ayrı düşmektedir.

Çalışmada C grubunu temsil eden 10 adet deprem ivme kaydı kullanılmaktadır. Bu depremlerin bir kısmı benzer şekilde düşük değerli spektral eğriler göstermekteyken, bir kısmı da kendi arasında benzer şekilde yüksek spektral değerler göstermektedir. C grubu zemini temsil eden deprem ivme kayıtlarının ortalama spektral eğrisinin, DBYBHY-2007'nin 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Z3 zeminine ait ivme spektrumuna oldukça benzemektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan deprem ivme kayıtları ve özellikleri (www.peer.berkeley.edu)

	No	Deprem Adı	Tarih	İstasyon	Bileşen	PGA(g)	PGV(cm/s)	Vs30(m/s)
A	1	Italy	1980.11.23	Sturno	000	0.251	37.0	1000.00
	2	Italy	1980.11.23	Sturno	270	0.358	52.7	1000.00
	3	Kocaeli	1999.08.17	Izmit	180	0.152	22.6	811
	4	Loma Pri.	1989.10.18	G. Array #1	090	0.473	33.9	1428
	5	Northridge	1994.01.17	P.Dam (u. left)	194	1.585	55.7	2016.1
B	6	Chi-Chi	1999.09.20	TCU45	W	0.474	36.7	704.6
	7	Gazli	1976.05.17	Karakyr	000	0.608	65.4	659.6
	8	Kobe	1995.01.16	Nishi-Akashi	000	0.509	37.3	609
	9	Landers	1992.06.28	Joshua Tree	090	0.284	43.2	379.3
	10	Loma Pri.	1989.10.18	H.S. Pine	000	0.371	62.4	370.8
	11	Loma Pri.	1989.10.18	H.S. Pine	090	0.177	29.1	370.8
	12	Loma Pri.	1989.10.18	Saratoga WVC	270	0.332	61.5	370.8
	13	Northridge	1994.01.17	Pacoima KC	360	0.433	51.5	508.1
	14	Northridge	1994.01.17	Sepulveda VA	360	0.939	76.6	380.1
C	15	Imperial V.	1979.10.15	El C.Array #5	140	0.519	46.9	205.6
	16	Kocaeli	1999.08.17	Duzce	180	0.312	58.8	276
	17	Landers	1992.06.28	Yermo Fire St.	360	0.152	29.7	353.6
	18	Loma Pri.	1989.10.18	G.Array #3	090	0.367	44.7	349.9
	19	Northridge	1994.01.17	Canoga Park	196	0.42	60.8	267.5
	20	Northridge	1994.01.17	Tarzana	360	1.779	113.60	257.2
	21	Northridge	1994.01.17	Hollyw. W.A	180	0.245	33.5	234.9
	22	N. Palm Sp.	1986.07.08	N. Palm Sp.	210	0.594	73.3	345.4
	23	Spitak	1988.12.07	Gukasian	000	0.199	28.6	274.5
	24	Whittier N.	1987.10.01	Santa Fe Spr.	048	0.426	38.1	308.6
D	25	Imperial V.	1979.10.15	El C. Array #11	230	0.38	42.1	196.3
	26	Kocaeli	1999.08.17	Ambarli	000	0.249	40	175
	27	Loma Pri.	1989.10.18	Treasure Island	090	0.159	32.8	155.1
	28	Parkfield	1966.06.28	Cholame #2	065	0.476	75.1	184.8
	29	S. Hill (B)	1987.11.24	El Centro Imp. Co. Cent	000	0.358	46.4	192.1



Şekil 3. Kullanılan Deprem İvme Kayıtlarının %5 Sönüm İçin Elastik İvme Spektrumları

D grubunu temsilen 5 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır. D grubuna ait deprem ivme kayıtlarının ortalamalarının ivme spektrumu DBYBHY-2007'ye ait 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Z3 zemin tipinin ivme spektrumunun bir miktar altında kalmaktadır. Fakat depremlerin doğal özelliklerinin bozulmaması adına bu kayıtlarda bir ölçeklendirme yapılarak ivme değerlerinin arttırılması yoluna gidilmemiştir. Bu grup zeminlerin düşük dayanım özellikleri sebebiyle taban kayasından gelen ivmeyi daha sert diğer zemin grupları kadar büyütmesi beklenmez (Kramer, 1996)

İleri yönlenmeli ivme kayıtları spekral ivme değerleri 0.2-0.4 s arasında DBYBHY-2007'ye ait 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Z3 zemin tipinin ivme spektrumu değerlerine göre ortalama %10-%30 arasında daha büyük, 0.4-0.6s arasında ise %5-10 daha küçük değerlere sahiptir. 0.6-0.8s arasında ise %5-15 daha büyük değerler almaktadır.

4. SİSMİK TALEP DEĞERLENDİRMESİ

Çalışma kapsamında dikkate alınan 3-B farklı yönetmelik ve farklı beton basınç dayanımına sahip 2-, 4- ve 7-katlı binaların 41 ivme kaydı için sismik talepleri zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile elde edilerek değerlendirilmiştir. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz ile elde edilen deplasman talepleri binada deprem etkisiyle oluşabilecek hasarın bir göstergesidir. Deplasman talebini değerlendirmek için bina çatı katı ötelenme oranı, maksimum katlar arası göreli ötelenme oranı değerleri incelenmiştir. Şekil 4. ve 5'te çalışma kapsamında kullanılan ivme kayıtları için elde edilen çatı katı ve göreli kat ötelenme oranlarının ortalama değerleri çizilmiştir.

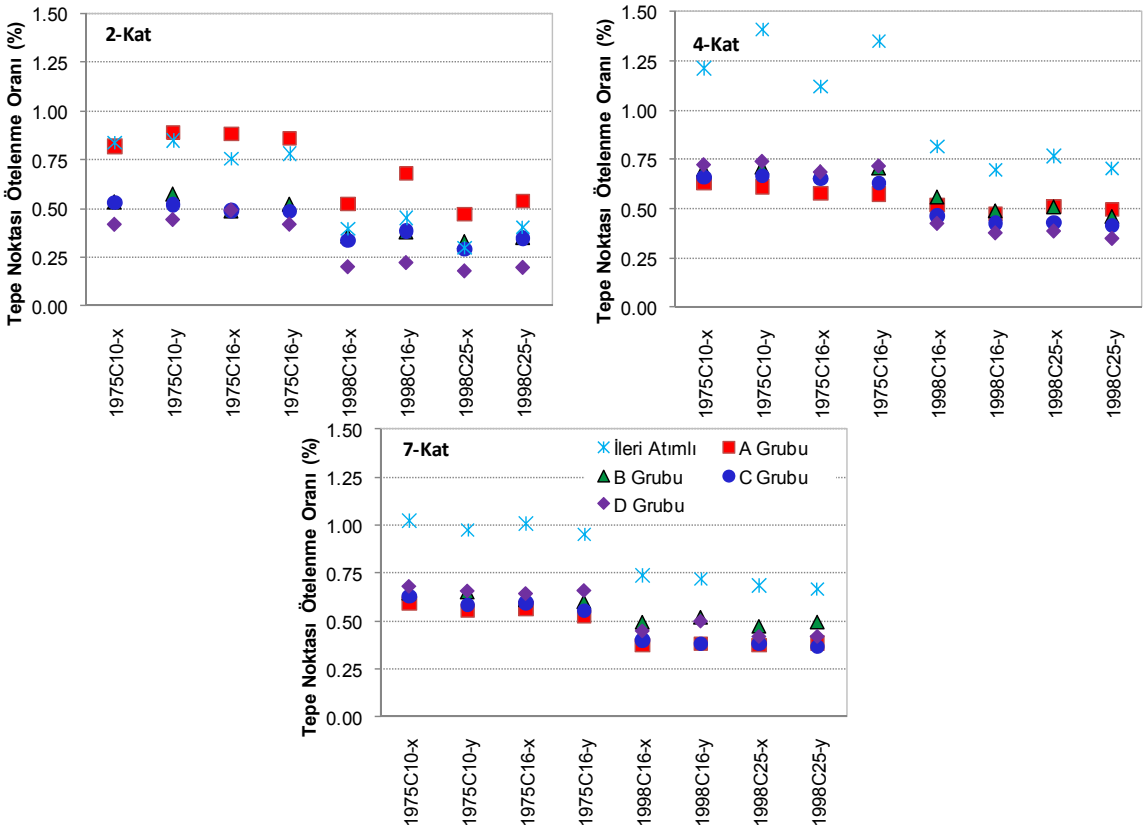
Deplasman değerlerinin daha anlaşılır olması için çatı deplasmanları bina yüksekliği, göreli kat deplasmanları da kat yükseklikleri ile normalize edilmiştir. Bina yüksekliği ile normalize edilen çatı deplasmanlarına "Tepe Noktası Ötelenme Oranı" denilirken, kat yüksekliği ile normalize edilen maksimum göreli kat deplasmanları da "Katlar Arası Ötelenme Oranı" denmiştir.

5. ÖZET VE BULGULAR

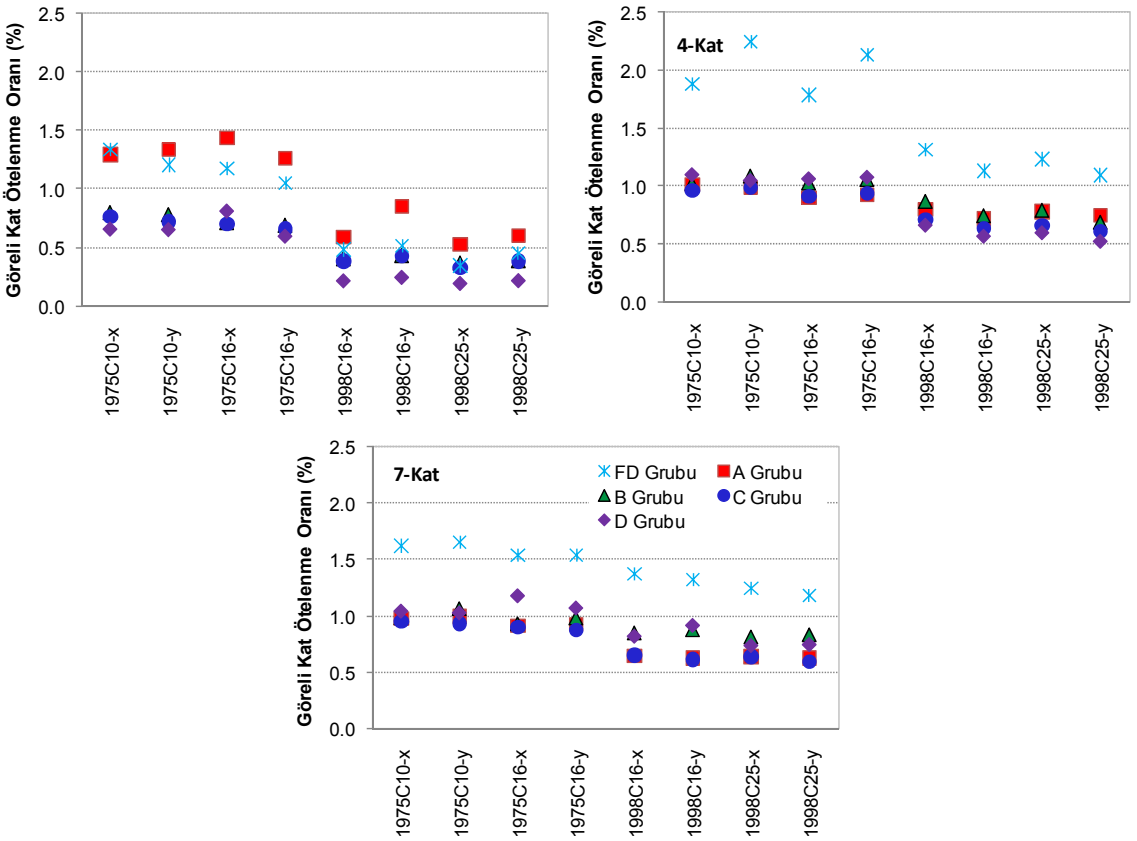
Düşük ve orta yükseklikteki betonarme konut binalarının 2-, 4- ve 7-kat olarak temsil edildiği çalışmada her bir yapı grubu için iki farklı deprem yönetmeliği (ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998) ve 2 farklı malzeme durumu dikkate alınmıştır. Bu şekilde, 41 adet 3-B modelin her iki asal doğrultusunda gerçek deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analizlerle deplasman talepleri hesaplanmıştır. Analizlerde gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar arasından seçilen A, B, C ve D zemin grubuna ait toplam 29 adet ve ileri yönlenmeli toplam 12 adet deprem kaydından oluşan setler kullanılmıştır. Analizler sonucu elde edilen çatı katı ötelenme oranı, maksimum göreli kat ötelenme oranı değerleri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- Çalışmada 12 adet 3-B referans olarak nitelendirilen ve mevcut bina stoğunu yansıtan binaların 24 asal doğrultusu 41 adet A, B, C ve D zemin grubunda geçmiş depremlerde kaydedilen ivme kayıtlarına maruz kaldığı 984 3-B doğrusal elastik olmayan analiz yapılmıştır.
- 41 ivme kaydının %5 sönüm için elde edilen spektrumları oldukça geniş bir saçılım göstermekle birlikte, spektrum ortalaması çalışmada kullanılan model seti için (0.243-0.877 s periyot değerleri) DBYBHY-2007'de 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için Z3 sınıfı zemin üzerindeki spektrum değerlerine benzer bir eğilim göstermektedir.
- D grubu zemin ivme kaydı seti diğer gruplara göre daha düşük spektral ivme değerlerine sahip olarak görülmektedir. Bunun önemli bir sebebi bu grupta yer alan depremlerin daha düşük PGA değerlerine sahip olmasıdır. Bu grup zeminlerin düşük dayanım özellikleri sebebiyle taban kayasından gelen ivmeyi daha sert zeminler kadar büyütmesi beklenmez (Kramer, 1996). Bu sebeple bu grup ivme kayıtlarında bir ölçeklendirmeye gidilmemiştir.

- 1975 ve 1998 yönetmelikleri modelleri deplasman talepleri arasında önemli farklar görülmektedir. 1998 deprem yönetmeliği modellerinin daha büyük rijitlik ve dayanıma sahip olmaları sebebiyle talep değerleri önemli oranda azalmaktadır. Tepe noktası ötelenme oranları için katlı 1975 modelleri, 1998 modellerinden yaklaşık %79, 4 katlı modeller %54, 7 katlı modellerde ise %44 oranında daha fazla deplasman talebine sahiptir. Kat göreli ötelenme oranları için ise bu oranlar 2, 4 ve 7 katlı modeller için sırasıyla %135, %53 ve %35 düzeyindedir. Kat sayısının ve periyodun artışı ile oranların düşme eğiliminde olduğu gözlenmiştir.
- Beton dayanımının çok etkin olmamakla birlikte kimi durumlarda deplasman talebi üzerinde bir miktar etkisi olduğu görülmektedir.
- Zemin gruplarının kat göreli deplasman talebi üzerinde önemli etkiye sahip olduğu söylenebilir. Bu etki özellikle A grubu zeminler ve 2 katlı yapı modelleri üzerinde görülmektedir. Bu modellerde zemin özellikleri sebebiyle deplasman taleplerinde 2 kata yakın farklar göze çarpmaktadır. Diğer modeller için bu etkiler çok daha küçük değerlere sahip olmakla birlikte yine önemli sayılabilecek (%18-31) düzeydedir.
- Çalışmada göze çarpan hususlardan biri de İleri Yönlenme (İY) etkilerine sahip depremlerin deplasman taleplerinin diğer depremlere göre daha büyük olduğudur. Bu durumun istisnası 2 katlı yapı modelleridir. Bu modellerde rezonans etkileri sebebiyle A grubu depremlerin etkilerinin 1975 modellerinde İY ile benzer olduğu 1998 modellerinde ise daha yüksek seviyelere ulaştığı gözlenmiştir. A grubu depremlerin ivme spektrum değerlerinin 2 katlı model periyot değerleri civarında büyük değerlere sahip olduğu Şekil 3'te de görülmektedir.
- İY depremler 2 katlı 1998 modeli yapıları deplasman talebi üzerinde büyük oranda arttırıcı etkilere sahip değildir. Buna karşın İY ivme kayıtları 1975 modeli 2 katlı yapıların deplasman taleplerini önemli oranda arttırmaktadırlar. Fakat bu etkiler A grubu zeminler ile aynı düzeydedir. Bu sebeple İY ivme kayıtlarının deplasman taleplerini arttırıcı özelliklerinin belirli bir periyot değerinden sonra (2 katlı 1998 modelleri sonrası) etkin olduğu ve periyodun daha da artışı ile (2 katlı 1795 modelleri sonrası) zemin özelliklerinden daha önemli olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 2-, 4- ve 7- Katlı Binaların Ortalama Tepe Noktası Ötelenme Oranları



Şekil 5. 2-, 4- ve 7- Katlı Binaların Ortalama Göreli Kat Ötelenme Oranları

- 4 ve 7 katlı diğer tüm modeller için ise İY ivme kayıtlarının deplasman talebi diğer tüm ivme kayıtlarına oranla çok daha fazladır. Bu artış kimi durumlarda iki kata varan oranlara çıkmaktadır. Bu sebeple ivme kaydı özelliklerinin deplasman talebi üzerinde dramatik etkilere sahip olabileceği söylenebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 107M569'nolu TÜBİTAK, 2008FBE005, 2010FBE098 ve 2010FBE099'nolu Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir

KAYNAKLAR

ABYYHY-1975, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara,
ABYYHY-1998, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara,
DBYBHY-2007, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara,
CSI, SAP2000, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, *Basic Analysis.*
Kramer S. L (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice Hall. New York.
Inel M., Ozmen H.B., Şenel Ş.M. ve Kayhan A.H. (2009). Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi, *Uluslararası Sakarya Sempozyumu*, 1-2 Ekim 2009, Sakarya, Türkiye.
Inel M., Çelik, S., Ozmen H.B. ve Önür, Ö. (2011). İleri Yönlenmeli Deprem Kayitlari Etkisindeki Mevcut Betonarme Binalarin Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanim Alaninda Analizle Değerlendirilmesi, 7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye.
PEER, http://peer.berkeley.edu
SEMAp (2008), Sargı etkisi modelleme analiz programı; Tubitak proje no: 105M024