GERÇEK İVME KAYITLARI VE 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN DEPLASMAN TALEBİ DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

M. İnel[1] ve H.B. Özmen[2]

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

ÖZET:

Çalışmanın amacı DBYYHY-2007'de verilen doğrusal elastik olmayan deplasman istemi hesaplama metodu ile gerçek ivme kayıtlarından elde edilen taleplerin karşılaştırılmasıdır. Türkiye'de yer alan betonarme binaları temsil eden toplam 432 adet üç boyutlu bina modeli kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Tasarımda 1975 ve 1998 deprem yönetmelikleri dikkate alınmıştır. Binaların doğrusal olmayan statik analizleri yapılarak kapasite eğrileri elde edilmiştir. İki asal doğrultunun dikkate alınmasıyla elde edilen 864 kapasite eğrisi tek serbestlik dereceli sistemlere dönüştürülmüştür. Bu sistemlere 264 farklı ivme kaydı kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz uygulanması ile yapıların sismik deplasman talepleri elde edilmiştir. 4 farklı zemin grubu ve 0.2g, 0.4g ve 0.6g ortalama maksimum yer ivmesi değerine sahip deprem setleri ve DBYYHY-2007 deplasman talep değerleri karşılaştırılmıştır. Zemin grubu ve ivme değeri arttıkça yönetmelik değerlerinin gerçek deprem kaydı değerlerine oranının yükseldiği gözlenmiştir. Ancak DBYYHY-2007 istemlerinin 0.2g ve 0.4g ivme değerlerinde Z1 ve Z2 grupları için düşük değerler verebildiği görülmüştür. Bu sebeple özellikle küçük yer ivmesi değerleri için "eş enerjiden" "eş deplasmana" geçiş periyot değerlerinin Z1 ve Z2 zemin bölgeleri için olması gerekenden küçük seçilip seçilmediğinin incelenmesi uygun olabilir.

ANAHTAR KELİMELER: Betonarme yapılar, doğrusal olmayan analiz, sismik deplasman talebi, yönetmelik, zemin grubu

1. GİRİŞ

Ülkemiz son yirmi yılda çok büyük can kaybı ve maddi hasara sebep olan orta ve büyük ölçekte depremlere maruz kalmıştır. Ortaya çıkan hasarlı bina ve can kayıplarının sayısı sonucu dikkatler çoğunluğunu sekiz katın altında yüksekliğe sahip "düşük ve orta yükseklikteki" binaların oluşturduğu betonarme yapıların yetersiz performansları üzerinde yoğunlaşmıştır (Adalier ve Aydingun, 2001; Doğangün, 2004; Özcebe, 2004; Sezen ve diğ. 2003; Yakut ve diğ., 2005). Mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Dünyadaki performans esaslı değerlendirme konusundaki gelişmelere paralel olarak, ülkemizde de "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili bir bölüm eklenerek güncelleştirilmiş ve Mart 2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir (DBYYHY-2007, 2007). Bu bölümde yer alan önemli işlemlerden biri binaların doğrusal elastik olmayan deplasman talebinin hesaplanmasıdır. Çalışmanın amacı yönetmelikte verilen bu hesaplama metodu ile gerçek ivme kayıtlarından elde edilen taleplerin karşılaştırılmasıdır.

Çalışma kapsamında kullanılan bina özellikleri yaklaşık 500 mevcut bina üzerinde yapılan envanter çalışması ile (Inel vd., 2009) oluşturulmuştur. Bu yapıların özellikleri sayısal değerlere dönüştürülmüştür (kolon alanı/bina alanı, bölme duvar miktarı/bina alanı, eleman boyut ve donatı miktarı, vb.). Bu şekilde yaklaşık 34 adet parametrenin ortalama değerlerine uygun 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), iki farklı beton basınç dayanımı ve iki farklı yanal donatı durumu dikkate alınmıştır. Beton sınıfı olarak 1998 öncesi yapılarda BS16 (orta kalite) ve BS10 (düşük kalite), 1998 ve sonrası yapılarda BS25 (iyi kalite) ve BS16 (orta kalite) öngörülmüştür. Her bir model için sargı bölgelerinde yönetmeliğe uygun donatı düzeni ve 200 mm aralıklı aynı zamanda çirozsuz olmak üzere iki farklı yanal donatı durumu göz önüne alınmıştır. Dolgu duvarlar için ise yapılarda envanter çalışmasına uygun miktarda taşıyıcı özellikte dolgu duvar bulunan ve dolgu duvarların taşıyıcı özelliklerinin dikkate alınmadığı iki farklı durum incelenmiştir. Ayrıca bina envanter çalışması ile binalarda bulunan düzensizlik durumları da incelenmiş ve buna uygun şekilde her bir bina grubu; yumuşak kat (duvar dağılımı, ilk kat yükseklik farkı ve ikisi birlikte), 2 farklı oranda kapalı çıkma (çıkma bölgesi kolon bağlantı kirişlerinin mevcut olduğu ve olmadığı durum), yumuşak kat ve kapalı çıkmanın birlikte olduğu ve kısa kolon gibi düzensizliklerinin bulunduğu durumlar için modellenmiştir. Bu şekilde 432 3-B modele ait 864 kapasite eğrisi doğrusal olmayan statik analiz yoluyla elde edilmiştir.

Çalışma ayrıca yeni yürürlüğe girmiş olan Deprem Yönetmeliği (DBYBHY-2007, 2007) uygulamalarının zenginleştirilmesine de katkıda bulunacaktır. Bu sebeple çalışmanın tüm safhalarında bina modellerinin hazırlanması ve kapasitelerin belirlenmesinde 2007 Deprem Yönetmeliği dikkate alınmıştır.

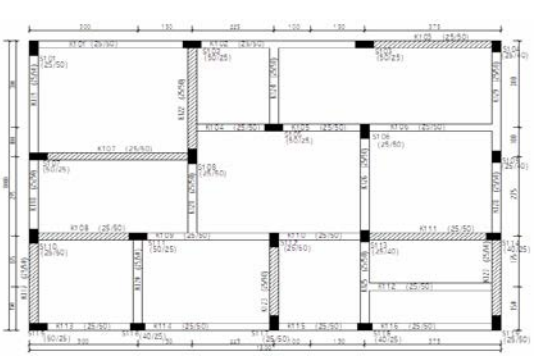
3-B modellere ait kapasite eğrileri iki doğrulu hale getirilerek eşdeğer "tek serbestlik dereceli" (TSD) modele indirgenmiştir. TSD modellerin 264 gerçek deprem kaydı kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizi ile doğrusal olmayan deplasman talepleri hesaplanmıştır. Gerçek depremlerden elde edilen 0.2g, 0.4g ve 0.6g ortalama PGA (maksimum yer ivmesi) değerine sahip ve dört farklı zemin grubunda 12 deprem setinden elde edilen talep değerleri ile 2007 deprem yönetmeliğinde verilen talep değerleri karşılaştırılarak incelemeler yapılmıştır.

Çalışmanın, geniş bir yelpazeye yayılan model özellikleri ve 228096 TSD doğrusal olmayan dinamik analiz sonucu kullanılarak yapılan değerlendirmelerin, betonarme yapıların deplasman talebi davranışının farklı zemin grubu ve deprem büyüklüğüne göre değişimi ve yönetmelik ile hesaplanan taleplerin karşılaştırılması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

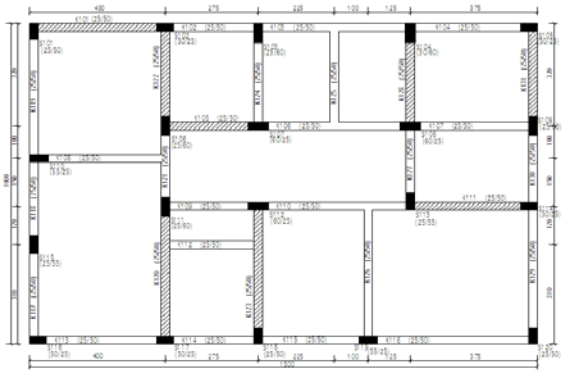
2. MODEL ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME

Çalışma kapsamında kullanılan bina modellerinin hazırlanmasında mevcut binalarla ilgili envanter çalışması (İnel vd., 2009) verileri kullanılmıştır. Çalışmada betonarme yapıların dayanım ve şekildeğiştirme davranışları üzerinde etkisi olduğu düşünülen bazı yapısal özelliklerin yapı stoğu içindeki değerleri incelenmiştir. Binalar yapım yılları ve kat sayısına göre alt gruplara ayrılarak toplam 475 bina ve bu binalardan seçilen 40351 kolon ve 3123 kiriş eleman dikkate alınmıştır.

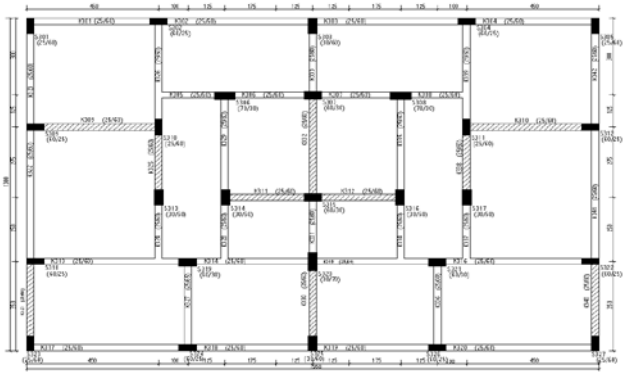
3 farklı mimariye sahip incelenen parametrelerin farklı değerlerine sahip toplam 432 adet binanın 3-B modellemesi yapılmıştır. Modellere ait kalıp planı görünümleri Şekil 1'de verilmiştir. Bina modellerinin sismik davranış ve performansının belirlenmesi amacıyla doğrusal olmayan modelleri 2007 Deprem Yönetmeliği göz önüne alınarak hazırlanmıştır (DBYBHY-2007, 2007). Doğrusal elastik olmayan davranış eleman uçlarına yerleştirilen plastik mafsallar yoluyla belirlenmiştir. Modelleme ve analizde statik hesap programı SAP2000 kullanılmıştır (SAP2000, CSI).



2 katlı bina



4 katlı bina



7 katlı bina

Şekil 1. Modellenen binalara ait kat kalıp planları (taşıyıcı dolgu duvarlar taralı olarak gösterilmiştir)

Bir plastik mafsalın tanımlanabilmesi için B (akma), C (maksimum dayanım), D (dayanım kaybı), E (göçme) (ve performans kriterleri için MN, GV, GÇ) noktalarının koordinatları belirlenmelidir. Eğilme mafsallarında bu noktaların tanımlanabilmesi için moment-eğrilik ilişkisinin bilinmesi gereklidir. Bu amaçla her bir elemanın kritik kesitlerinde yanal donatı miktarı dikkate alınarak öncelikle sargılı beton birim deformasyon-dayanım ilişkisi belirlenmiştir. Çelik birim deformasyon-dayanım ilişkisi DBYBHY-2007'de önerilen şekilde dikkate alınmıştır. Malzeme deformasyon-dayanım ilişkileri kullanılarak elde edilen moment-eğrilik ilişkisi ve belirlenen süneklik kriterleri kullanılarak eğilme mafsallarının deformasyon kapasiteleri belirlenmiştir. Mafsalların tanımlanması için her elemanın kritik kesitlerinin moment eğrilik ilişkileri Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı (SEMAp, 2008) kullanılarak hesaplanmıştır.

Beton modelleri için Mander sargılı beton modeli (Mander vd., 1988) kullanılmıştır. Bu moment-eğirlik ilişkileri, nihai deformasyon kriterleri ve plastik mafsal boyu (Lp= h/2, DBYBHY-2007, 2007) kullanılarak her bir elemanın plastik dönme kapasitesi ve mafsal özellikleri belirlenmiştir. Eğilme mafsalları için hasar sınır değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Moment mafsallarına ek olarak, kolon ve kirişlerde kesme mafsalları da tanımlanmıştır. Moment mafsallarından farklı olarak, kesme mafsallarında herhangi bir süneklik hesaplanmamış, elemanların kesme kapasitelerine ulaşır ulaşmaz göçme konumuna ulaştığı varsayılmıştır. Kesme kapasiteleri TS500'e (2000) göre hesaplanmıştır.

İncelenen her bir model dolgu duvarların yapı davranışına etkisinin dikkate alınması amacıyla duvarların taşıyıcı eleman olarak dikkate alındığı ve alınmadığı iki farklı biçimde hazırlanmıştır. Duvarların etkisi eşdeğer çapraz

basınç çubukları kullanılarak yansıtılmıştır. Basınç çubuklarının özellikleri FEMA-356 ve 2007 Deprem Yönetmeliği (FEMA-356, 2000; DBYBHY-2007, 2007) dikkate alınarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Eğilme mafsalı hasar sınır kriterleri

Nokta	Beton Birim Deformasyonu ε_c	Çelik Birim Deformasyonu ε_s
B	Akma dayanımı ve eğilme rijitliği belirler	
MN	$(\varepsilon_{cu})_{MN}$=0.0035	$(\varepsilon_s)_{MN}$= 0.01
GV	$(\varepsilon_{cg})_{GV}$= 0.0035+0. 010·(ρ_m/ρ_s) ≤0.0135	$(\varepsilon_s)_{GV}$= 0.04
GC	$(\varepsilon_{cg})_{GC}$= 0.0040+0.014·(ρ_m/ρ_s) ≤0.0180	$(\varepsilon_{cu})_{GÇ}$= 0.06
C-D	$(\varepsilon_{cg})_C$= 0.03	$(\varepsilon_s)_C$= 0.5·ε_{su}
E	$(\varepsilon_{cg})_E$= 0.04	$(\varepsilon_s)_E$= ε_{su}

Tablo 1'de verilen; ε_c: beton birim deformasyon değeri, ε_{cu}: en dış beton lifi basınç birim deformasyonu, ε_{cg}: en dış çekirdek lifi basınç birim deformasyonu, ρ_s: kesitte mevcut bulunana enine donatı hacimsel oranı, ρ_{sm}: kesitte DBYYHY-2007'ye göre bulunması gerekli enine donatı hacimsel oranı, ε_s: çelik birim deformasyon değeri, ε_{su}: nihai çelik birim deformasyon değerini ifade etmektedir.

3. DOĞRUSAL OLMAYAN YERDEĞİŞTİRME TALEPLERİNİN BELİRLENMESİ

3-B olarak modellenen binalar üzerinde bulunan düşey yük etkileri de göz önüne alınarak doğrusal elastik olmayan statik analize tabi tutulmuş ve kapasite eğrileri elde edilmiştir. 3-B modellere ait kapasite eğrileri iki doğrulu hale getirilerek eşdeğer "Tek Serbestlik Dereceli" (TSD) modele indirgenmiştir. TSD modellerin farklı maksimum yer ivmesi değerlerine sahip 264 gerçek deprem kaydı kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizi ile doğrusal olmayan yerdeğiştirme talepleri hesaplanmıştır (Hachem, BiSpec). Elde edilen bina yerdeğiştirme kapasiteleri, yerdeğiştirme talepleri ile karşılaştırılmıştır. Doğrusal olmayan yerdeğiştirme taleplerinin hesaplanmasında toplamda 264 adet yer hareketi kaydı kullanılmıştır. Tüm deprem kayıtları PEER (PEER, http://peer.berkeley.edu) web sitesinden alınmıştır. Analizde kullanılan depremler ve ivme kayıtlarına ait maksimum yer ivmesi değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Deprem yerdeğiştirme talepleri ile yönetmelik yerdeğiştirme talepleri kıyaslanırken deprem kayıtları, yönetmelikte bulunan 3 deprem seviyesi (0.2g, 0.4g ve 0.6g) değerini yansıtacak şekilde 3 gruba ayrılmıştır. Bu gruplar farklı dönüşüm periyotlarına sahip yer hareketleri olarak düşünülebilir. Kullanılan ivme kaydı grupları ile ilgili değerler Tablo 3'te verilmiştir. Yönetmelikçe öngörülen ivme değerlerinden çok uzaklaşılmaması bakımından gruplarda yer alan kayıtların PGA değerlerinin ortalamadan çok uzaklaşmamasına özen gösterilmiştir. Bazı gruplarda değerlendirmeye alınan deprem sayısının diğerlerinden daha az olduğu görülmektedir. Bunun sebebi literatürde verilen özellikte ivme kaydı sayısının daha az olmasıdır. Örneğin A ve D grubu gibi daha uç özellikte zeminlerde, veya yüksek PGA değerine (0.5g-0.7g) sahip ivme kaydı literatürde daha düşük sayıdadır.

4. ANALİZ SONUÇLARI

İvme kaydı grupları için modellere ait çatı yerdeğiştirme talepleri Şekil 2'de, ivme kaydı ve yönetmelik ortalama değerleri Tablo 4'te verilmiştir. İvme kaydı ve yönetmelik talep oranları tabloda verilmiştir. Birden yüksek değerler, sismik etkiler altında oluşabilecek etkilerin yönetmelikte öngörülenden fazla olması nedeniyle güvensiz olabilecek durumları göstermektedir.

Tablo 2. Analizde kullanılan depremler ve pik yer ivmesi (PGA) değerleri

No	Deprem	Kayıt Sayısı	PGA Aralığı (g)
1	Cape Mendocino 1992/04/25 18:06	4	0.385-0.662
2	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	56	0.119-0.655
3	Coalinga 1983/05/02 23:42	4	0.227-0.592
4	Coyote Lake 1979/08/06 17:05	3	0.228-0.434
5	Duzce, Turkey 1999/11/12	2	0.348-0.535
6	Erzincan, Turkey 1992/03/13	1	0.496
7	Friuli, Italy 1976/05/06 20:00	1	0.351
8	Gazli, USSR 1976/05/17	1	0.608
9	Imperial Valley 1940/05/19 04:37	2	0.215-0.313
10	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	33	0.160-0.704
11	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	11	0.201-0.602
12	Kobe 1995/01/16 20:46	8	0.212-0.693
13	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	17	0.137-0.550
14	Landers 1992/06/28 11:58	4	0.152-0.417
15	Livermore 1980/01/24 19:00	1	0.229
16	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	38	0.159-0.701
17	Mammoth Lakes 1980/05/27 14:51	1	0.408
18	Morgan Hill 1984/04/24 21:15	2	0.423-0.711
19	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	7	0.205-0.694
20	Northridge 1994/01/17 12:31	34	0.185-0.657
21	Parkfield 1966/06/28 04:26	5	0.357-0.652
22	San Fernando 1971/02/09 14:00	1	0.324
23	Spitak, Armenia 1988/12/07	1	0.199
24	Superstitn Hills(B) 1987/11/24	10	0.181-0.682
25	Tabas, Iran 1978/09/16	2	0.328-0.406
26	Victoria, Mexico 1980/06/09 03:28	2	0.587-0.621
27	Westmorland 1981/04/26 12:09	7	0.155-0.651
28	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	5	0.199-0.426
29	Whittier Narrows 1987/10/04 10:59	1	0.374
Toplam		264	

DBYBHY-2007'de dört farklı zemin sınıfı yer almaktadır. Bu zemin sınıflarının belirlenmesinde zeminin sıkılık, dayanım ve rijitliğine göre belirlenmiş zemin gruplarından yararlanılmaktadır. Birçok diğer zemin sınıflandırma metodunun aksine (FEMA-356, 2000) yönetmeliğimizde üst zemin tabakasının kalınlığı da önemlidir. Fakat deprem kayıtlarının alındığı kaynaklarda bu tür bir sınıflandırma yer almamaktadır. Bu sebeple DBYBHY-2007'de yer alan zemin grupları kayma dalgası hızlarından yararlanılarak USGS zemin sınıflandırma sistemi ile yönetmeliğimiz sistemi arasında en uygun eşleştirmeler yapılmaya çalışılmıştır. Buna göre Z1, A grubu; Z2, B grubu; Z3, C grubu; Z4, D grubu zemin ile eşleştirilmiştir.

USGS zemin sınıflandırılması en üst 30 m zemin tabakası ortalama kesme dalgası hızına göre yapılmaktadır. Buna göre ortalama kesme hızı 750 m/s den büyük zeminler A grubu, 750-360 m/s arası B grubu, 360-180 m/s arası C grubu, 180 m/s'den düşük zeminler ise D grubunda yer almaktadır. Fakat D grubu zeminlerde bazı büyüklükler için bulunabilen ivme kaydı sayısı oldukça azdır. Bu sebeple bu çalışmada dalga hızı 180-200 m/s

arasında bulunan ve aynı zamanda taban kayası derinliği fazla, geniş vadi zeminler de D grubunda değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Analizde kullanılan ivme kaydı grupları ve özellikleri

İvme Grubu	Zemin Grubu	Adet	Min. (g)	Maks. (g)	Ort. (g)
0.2g	A	10	0.137	0.251	0.202
	B	20	0.170	0.255	0.200
	C	52	0.147	0.251	0.200
	D	11	0.119	0.274	0.199
0.4g	A	14	0.300	0.502	0.403
	B	34	0.324	0.503	0.400
	C	47	0.313	0.506	0.399
	D	13	0.315	0.501	0.400
0.6g	A	11	0.503	0.700	0.602
	B	23	0.509	0.711	0.603
	C	16	0.516	0.704	0.599
	D	13	0.500	0.702	0.601

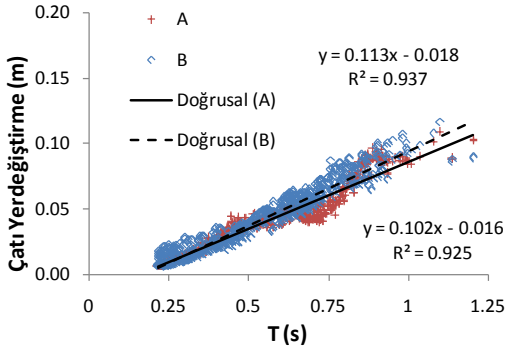
Tablo 4. İvme kaydı ve DBYYHY-2007 ortalama çatı yerdeğiştirme talep değerleri

		Çatı Yerdeğiştirme (m)		Oran
İvme Grubu	Zemin Grubu	İvme Kaydı	Yönetmelik	(Kayıt/ Yönetmelik)
0.2g	A/Z1	0.039	0.030	1.31
	B/Z2	0.043	0.037	1.15
	C/Z3	0.046	0.049	0.94
	D/Z4	0.049	0.063	0.77
0.4g	A/Z1	0.070	0.060	1.16
	B/Z2	0.076	0.075	1.01
	C/Z3	0.078	0.103	0.76
	D/Z4	0.076	0.142	0.53
0.6g	A/Z1	0.086	0.091	0.95
	B/Z2	0.102	0.114	0.90
	C/Z3	0.112	0.157	0.71
	D/Z4	0.124	0.221	0.56

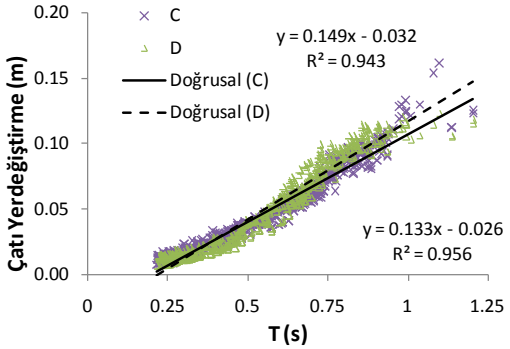
4. ÖZET VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada DBYYHY-2007 doğrusal olmayan deplasman talebi belirleme yöntemi ile gerçek depremlere ait ivme kayıtlarından elde edilen talep değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında Türk yapı stoğunu yansıttığı düşünülen 432 adet üç boyutlu bina için 864 doğrusal elastik olmayan statik analiz yapılarak kapasite eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen kapasite eğrileri kullanılarak bina modelleri, tek serbestlik dereceli hale indirgenmiş ve 0.2g, 0.4g ve 0.6g ortalama yer ivmesine sahip 264 adet geçmiş depremlerde kaydedilmiş ivme kaydı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analize tabi tutularak yerdeğiştirme talepleri belirlenmiştir.

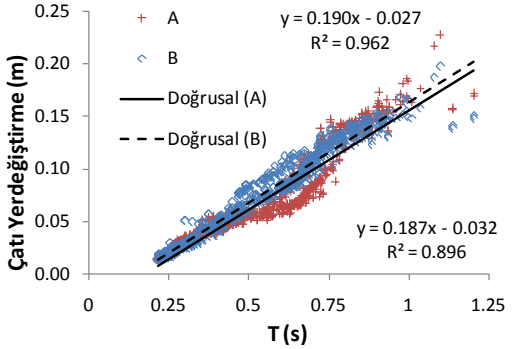
Aynı modellerin DBYYHY-2007'ye göre de yerdeğiştirme talepleri hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:



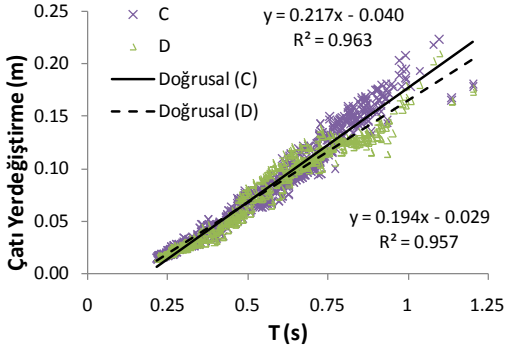
İvme kayıtları A ve B zemin grubu 0.2g yer ivmesi çatı ötelenmesi talebi yapı periyodu ilişkisi



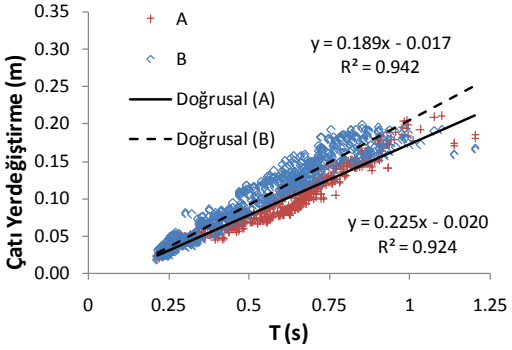
İvme kayıtları C ve D zemin grubu 0.2g yer ivmesi çatı ötelenmesi talebi yapı periyodu ilişkisi



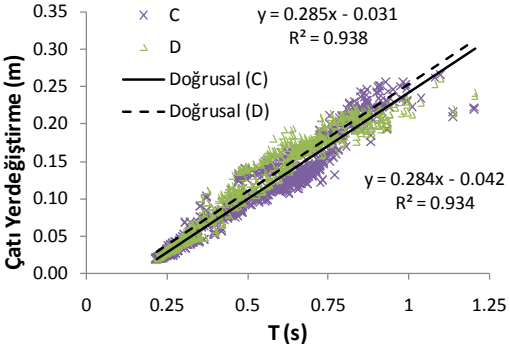
İvme kayıtları A ve B zemin grubu 0.4g yer ivmesi çatı ötelenmesi talebi yapı periyodu ilişkisi



İvme kayıtları C ve D zemin grubu 0.4g yer ivmesi çatı ötelenmesi talebi yapı periyodu ilişkisi



İvme kayıtları A ve B zemin grubu 0.6g yer ivmesi çatı ötelenmesi talebi yapı periyodu ilişkisi



İvme kayıtları C ve D zemin grubu 0.6g yer ivmesi çatı ötelenmesi talebi yapı periyodu ilişkisi

Şekil 2. Modellere ait yerdeğiştirme talepleri periyot ilişkisi

- Sonuçlar değerlendirildiğinde genel olarak zemin grubuna göre yerdeğiştirme taleplerinde önemli farklar görülmektedir. Beklenildiği gibi zemin zayıflaştıkça yerdeğiştirme talepleri artmaktadır. Bu fark deprem PGA değerine bağlı olarak ortalamalar için %9 ile %44 arasında değişmektedir.
- Artan PGA değeri ile birlikte deplasman talepleri de artış göstermektedir. PGA değerinin 0.2g'den 0.4g'ye artışı ile deplasman talebi %70, 0.6g'ye artışı ile de %140 artış gösterdiği görülmektedir.

- Gerçek deprem ivme kayıtlarından elde edilenler ile DBYYHY-2007 yerdeğiştirme talep sonuçları karşılaştırıldığında; 0.2g ve 0.4g yer ivmesi için Z1 ve Z2 zemin bölgeleri için yönetmelik talep değerlerinin yetersiz kaldığı gözlenmiştir.
- Yetersizlik oranı ortalama olarak 0.2g için Z1 grubunda %31, Z2 grubunda %15, 0.4g için Z1'de %15 ve Z2'de ise %1 düzeyindedir. Zemin zayıfladıkça ve yer ivme değeri arttıkça yetersizliklerin düzeyleri azalmaktadır.
- Bunun sebeplerinden biri yönetmelikte elastik ve elastik olmayan yerdeğiştirmeler arasındaki oranı veren C_{R1} (spektral yerdeğiştirme oranı) katsayısının zemin grubu T_B değerine bağlı olarak önemli değişim göstermesi olabilir. C_{R1} değerinde aynı yapı periyot değeri için farklı zemin grupları arasında 2 katı aşkın farklar mevcuttur. Bu sebeple özellikle küçük yer ivmesi değerlerine sahip depremler için "eş enerjiden" "eş deplasmana" geçiş periyot değerlerinin DBYYHY-2007 formülasyonunda Z1 ve Z2 zemin bölgeleri için olması gerekenden küçük seçilip seçilmediğinin incelenmesi uygun olabilir.
- Zemin özellikleri zayıfladıkça yönetmelik taleplerinin genel olarak oldukça güvenli yönde olduğu görülmektedir. Fakat zayıf zeminlerde deplasman taleplerinin değişkenliğinin yüksek olması (FEMA-440, 2005) sebebiyle bu eğilim mühendislik açısından uygun görülebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 107M569'nolu TÜBİTAK ile 2008FBE005'nolu Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Adalier K. and Aydingun O., (2001). Structural engineering aspects of the June 27, 1998 Adana–Ceyhan (Turkey) earthquake, Engineering Structures,; 23(4):343-355.

AY-75 (1975), "Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

AY-98 (1998), "Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

DBYYHY-2007 (2007), "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Dogangun, A. (2004). Performance of reinforced concrete buildings during the May 1 2003 Bingöl earthquake in Turkey, Engineering Structures, 26(6), 841-856.

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, Report No. FEMA-440, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

Hachem M.M., BiSpec, http://eqsols.com/default.aspx

Inel, M., Ozmen, H. B., and Bilgin, H., (2008). Re-evaluation of building damages during recent earthquakes in Turkey, Engineering Structures, 30, 412-427.

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.

Mander J. B., Priestley M. J. N., Park R., 1998. Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 8, pp. 1804-1825.

Özcebe, G., 2004. Deprem Güvenliğinin Saptanması İçin Yöntemler Geliştirilmesi, TÜBİTAK İÇTAG YMAÜ İ574 Numaralı Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Ankara.

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). Sargılı etkisi modelleme analiz programı; Tubitak proje no: 105M024

Sezen, H., Whittaker, A. S., Elwood, K. J., and Mosalam, K. M., 2003. Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practice in Turkey. Engineering Structures, 25(1), 103-114.

TS-500, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Yakut A., Gulkan P., Bakır B. S., Yılmaz M. T., (2005). Re-examination of damage distribution in Adapazari: structural considerations. Engineering Structures, 27(7): 990-1001.