

YAPISAL ÖZELLİKLERİ FARKLI BA BİNALARIN PERFORMANSA DAYALI ANALİZİ

Bengi ARISOY ve Hasan Şahan AREL
EÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir
bengi.arisov@ege.edu.tr, sahanarel@yahoo.com

(Geliş/Received: 22.01.2009; Kabul/Accepted: 10.06.2010)

ÖZET

Bu makalede, benzer oturma planına sahip, biri sadece çerçevelerden, diğeri perde-çerçevelerden oluşan sekiz katlı iki adet betonarme binanın performans analizleri, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi için doğrusal ve doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile yapılar sonuçlar kıyaslanmıştır. Her iki yöntemde de eleman hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Doğrusal olmayan hesap yönteminde hasar bölgelerinin tespitinde kullanılan hedef yer değiştirme değeri iki farklı yöntem, Deplasman Katsayıları ve Kapasite Spektrumu, ile ayrı ayrı hesaplanıp, karşılaştırılmıştır. Hesaplanan hedef yer değiştirme değerinin olduğu itme adımında, önce kiriş, kolon, perde plastik dönme değerleri, daha sonra ise katlar arası görelî ötelenmeler belirlenmiştir. Belirlenen plastik dönme ve görelî kat ötelenmeleri değerleri yönetmeliklerde verilen sınır değerlerle kıyaslanarak, önce kesit sonra da sistem bazında yapı deprem performansları tespit edilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, iki sistemin kapasitelerinde çok büyük bir fark olmadığı gözlenmiştir. Buna göre, çerçeve sistemini perde-çerçevesiz sistemle yaklaşık olarak aynı kabul edilebilecek dayanımı, her iki sistemin de aynı kesme alanına sahip olmasından kaynaklandığı ve perdelerin etkisini göstermesi için perde sayısının dolayısı ile kesme alanının daha fazla olması gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. Buna rağmen çerçeve sistemin ilgili deprem yönünde hesaba katılan düşey eleman kesme alanına eşdeğer ve kesme alanının %21'i perdelerden oluşan bir perde-çerçeve sistemin belirlenmiş bir performans seviyesi için, hedef deplasmanlar dikkate alındığında % 6 oranında bir katkısının olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Performansa dayalı analiz, perde-çerçeve sistem, itme analizi.

PERFORMANCE BASED ANALYSIS OF RC BUILDINGS WITH DIFFERENT STRUCTURAL PROPERTIES

ABSTRACT

In this paper, performance analysis of two reinforced concrete buildings, one is consist of only moment-resisting frames, the other is consist of both moment-resisting frames and shear walls, with similar floor plan is completed and results are compared. In the analysis process, target displacement is calculated by the Displacement Coefficient and Capacity Spectrum methods and the results are evaluated. At the push over step where target displacement is calculated, plastic rotations of girders, columns and shear walls and relative displacements at story levels are determined. Calculated target displacement values are compared with national building codes and seismic performance of the buildings is determined according to earthquake having probability of exceedance of 10% in 50 years. Evaluations of results indicate that both systems have similar performance level for the design earthquake. Target displacements are increased by 6 % by replacing 21% of vertical load carrying columns with shear walls.

Keywords: performance based analysis, shear walls, push-over analysis

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çok katlı betonarme yapıların yatay yükler etkisi altındaki güvenliği betonarme perde elamanlarla sağlanmaktadır. Perde ve çerçevelerin birlikte kullanıldığı ve perde-çerçeve olarak tanımlanan sistemler, sisteme gelen yatay yüklerin büyük bir kısmının perdeler tarafından taşınması esasına dayanarak tasarlanır. Genel anlamda perdelerin yatay yüklerin taşınmasındaki rolü büyüktür. Bu çalışma kapsamında betonarme yapılarda perdelerin rolünün ya da yatay yüklerin taşınmasındaki payının ne olduğu performans analizi ile belirlemek istenmektedir. Bu amaçla, biri sadece çerçevelerden, diğeri perde-çerçevelerden oluşan iki adet betonarme sistemin performans analizleri, iki ayrı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Aynı zamanda sisteme eklenen perde miktarı, geometrik en kesit alanı ile performans seviyesi arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan çerçeve ve perde-çerçeve sistemin yükseklikleri, geometrileri, oturma planları ve düşey taşıyıcı en kesit alanları birbirine eş olacak şekilde tasarlanmışlardır. Böylelikle yapısal olarak farklı iki sistem kıyaslanabilir mertebeye indirgenmiştir. Yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde doğrusal elastik hesap ve doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri kullanılmıştır ve hesaplar sadece bir yön için yapılmıştır. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi için hedef yer değiştirme değeri Deplasman Katsayıları ve Kapasite Spektrumu Yöntemiyle ayrı ayrı hesaplanıp, karşılaştırılmıştır. Hesaplanan hedef yer değiştirme değerinin olduğu itme adımında, önce kiriş, kolon, perde plastik dönme değerleri, daha sonra ise katlar arası görelî ötelenmeler belirlenmiştir. Belirlenen plastik dönme ve görelî kat ötelenmeleri değerleri yönetmeliklerde verilen sınır değerlerle kıyaslanarak, önce kesit sonra da sistem bazında yapı deprem performansları tespit edilmiştir.

2. METOD (METHODS)

Çalışmada doğrusal elastik hesap ve deplasman esaslı doğrusal olmayan artımsal itme analizi kullanılmıştır. Her bir itme adımında yer değiştirme, görelî kat öteleme, plastik dönme gibi deprem talepleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. İtme yüküne karşılık gelen deplasmanlar kullanılarak yapı kapasite eğrileri elde edilmiştir. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi için yapıların performans noktası (hedef yer değiştirme değeri) Federal Emergency Management Agency 356'da (FEMA 356) [1] verilen Deplasman Katsayıları ve Kapasite spektrumu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan doğrusal elastik hesap yöntemi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'de (DBYBHY-2007) [2] verilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır. Doğrusal olmayan artımsal itme analizi FEMA 273 [3], FEMA 356 [1], ATC 40 [4], Chopra

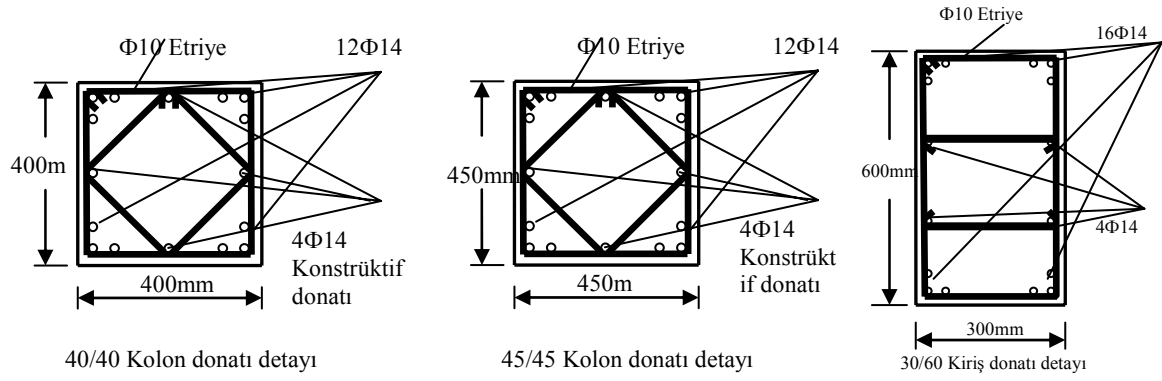
ve Goel [5], Chintanapakdee ve Chopra [6] kaynaklarında detaylı olarak anlatılmaktadır. Yapıların performans analizlerinde kullanılan yer değiştirme esaslı analiz [7] ve spektrum analizi [8] yöntemleri de kullanılmaktadır.

3. UYGULAMADA KULLANILAN SİSTEMLER (SYSTEMS USED IN APPLICATION)

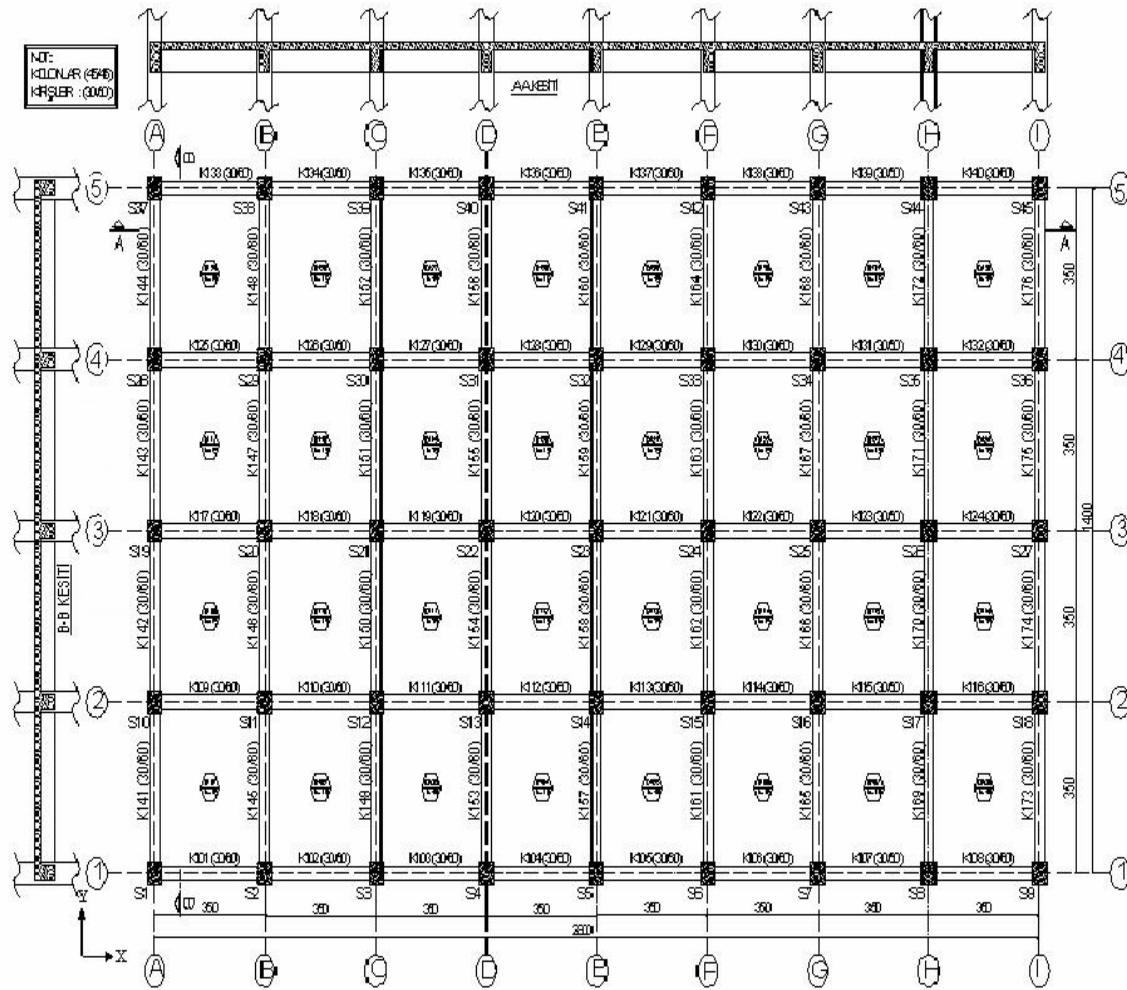
Uygulamada kullanılan sistemler 8 katlı, 22.4m yükseklikte, 392 m² alana oturmakta olan biri sadece betonarme çerçevelerden diğeri betonarme perde-çerçevelerden oluşmaktadır. Her iki sistemin toplam düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları birbirine eşit olacak şekilde tasarlanmıştır. Sadece çerçevelerden oluşan sistem ÇS (Çerçeve Sistem) olarak, perde-çerçevelerden oluşan sistem PÇS (Perde-Çerçeve Sistem) olarak isimlendirilmiştir. ÇS sisteminde 45 adet 45x45 cm'lik kolonlar kullanılmıştır ve düşey taşıyıcı eleman en kesit alanı toplam yaklaşık 9.11 m²'dir. PÇS ise 33 adet 40x40 cm'lik kolonlar ve ikisi seçilen deprem yönünde, ikisi diğeri yönde olacak şekilde dört adet 30x320 cm'lik perdeden oluşmuştur ve düşey taşıyıcı elemanların toplam en kesit alanı 9.12 m²'dir. Analizlerde kullanılan çerçeve ve perde-çerçeve sistemler jeneriktir ve kolon-kiriş ve perde donatıları minimum donatı prensibine göre belirlenmiştir. Kolon-kiriş donatı detayları Şekil 1'de verilmiştir. Detaylı bina bilgileri Çizelge 1'de, yapı kalıp planları çerçeve sistem için Şekil 2'de, perde-çerçeve sistem için Şekil 3'de verilmiştir.

Çizelge 1. Seçilen yapı sistemlerine ait yapısal özellikler (Structural characteristics of the chosen systems)

Yapısal Özellik	ÇS	PÇS
Yapı Türü	BA Çerçeve	BA Perde Çerçeve
Yapı Yüksekliği (m)	22.4	22.4
Deprem Bölgesi	1. derece	1. derece
Zemin Sınıfı	Z3	Z3
Davranış Katsayısı, R	8	7
Beton/Donatı Sınıfı	C30/S420	C30/S420
Döşeme Kalınlığı (cm)	15	15
Kiriş Kesiti (cm)	30/60	30/60
Kolon Kesiti (cm)	45/45	40/40
Perde Kesiti (cm)	---	30/325
Yapı Ağırlığı (t)	2823.09	2781.89
Doğal Titreşim Periyodu (sn)	0.779	0.779
1.Mod Kütle Katılımı	82.36	75.35



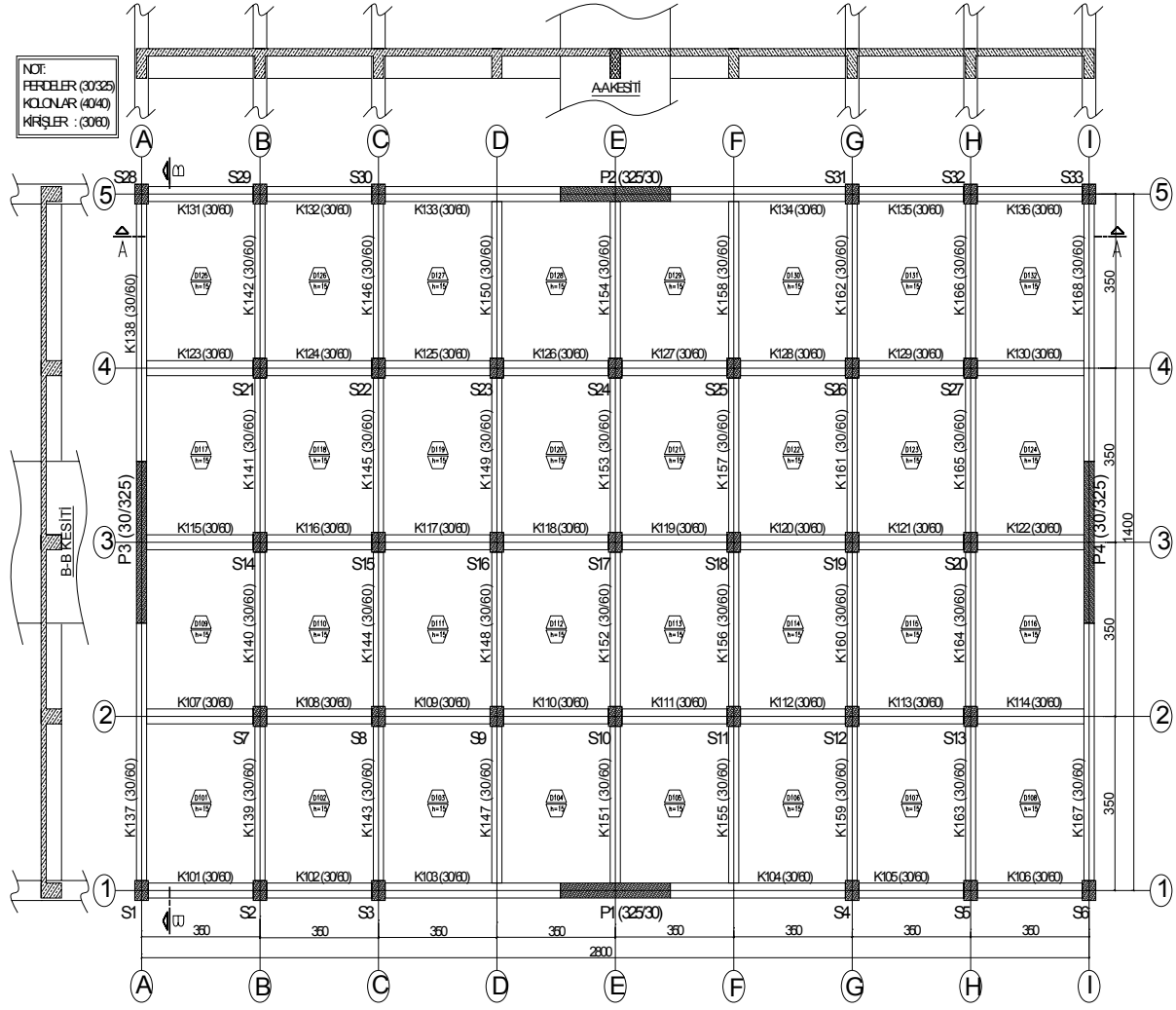
Şekil 1. Kolon ve kiriş donatı detayları (Columns and girders reinforcement detail)



Şekil 2. Çerçeve Sistem kalıp planı (Plan of moment resisting frame system)

Belirlenen özellikler çerçevesinde, her iki sistem DBYBHY-2007 kurallarına göre boyutlandırılmış ve kesit donatıları seçilmiştir. Binalar mevcut kesit boyutları, malzeme dayanımları ve donatı özellikleri esas alınarak, hesap adımları DBYBHY-2007'de

verilen doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve detayları FEMA 356'da verilen doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Modellemeler ve analizler SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 3. Perde-Çerçeve Sistem kalıp planı (Plan of shear-wall frame system)

3.1 Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi Sonuçları (Linear elastic method results)

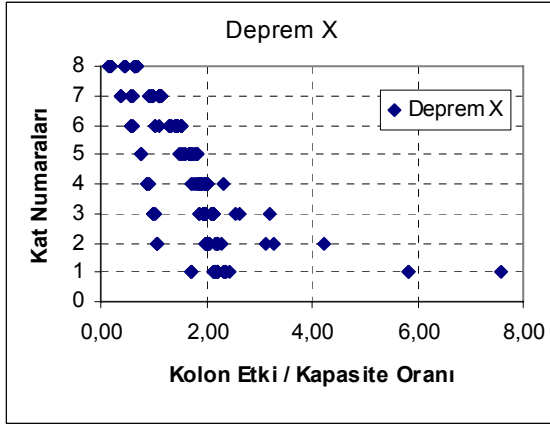
Analizler sadece x yönü için yapılmış olup, deprem hesaplarında kullanılan yapı 1.mod periyotları ÇS ve PÇS binalarında sırasıyla 0.8104 ve 0.8069 s, taban kesme kuvveti ÇS ve PÇS binalarında sırasıyla 2399, 63 ve 2364, 61 ton'dur. Doğrusal-elastik yöntem ile betonarme yapıların performansının belirlenmesi yönteminde depremin yapı elemanlarında oluşturduğu hasarları belirlemek üzere etki/kapasite, r , oranları hesaplanmıştır. ÇS binası için her kata ait kolon etki/kapasite oranları Şekil 4'de, kiriş etki/kapasite oranları Şekil 5'de, PÇS binası için her kata ait kolon etki/kapasite oranları Şekil 6'de, kiriş etki/kapasite oranları Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 4, 5, 6 ve 7'de sunulan grafiklerde işlenen kolon, kiriş ve perde etki/kapasite oranları sistemler simetrik olduğundan dolayı sadece 1, 2, ve 3 numaralı akslarda (Şekil 2 ve 3) yer alan kolon, kiriş ve perdelerine ait değerlerdir. Şekil 3'de görüldüğü gibi 1. katın dış kolonları, etki/kapasite oranının 7.8 değerinde olması ile, beklenildiği gibi, daha büyük

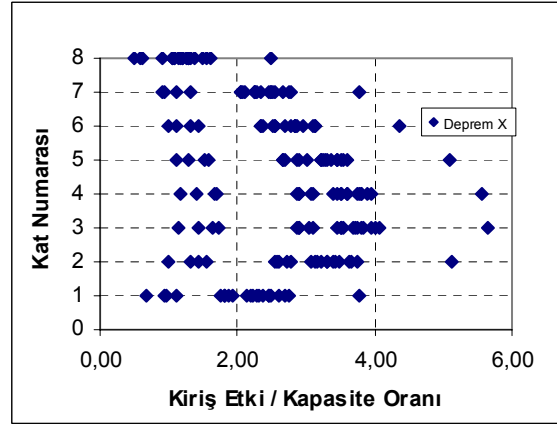
etki altındadırlar. Şekil 5'de görüldüğü gibi perdeler sisteme gelen yatay yükü ağırlıklı olarak taşımaktadır. Kirişlerdeki etki dağılımı ise ÇS ve PÇS sistemlerinde yapı yüksekliği boyunca farklılık göstermektedir. PÇS sistemde yapı yüksekliğinin yaklaşık olarak ortalarında ilgili aksın kenarlarında bulunan kirişler daha çok yük etkisi altındadırlar.

Örnek binaların, etki/kapasite oranlarına bağlı olarak elde edilen kiriş ve kolonlara ait kesit hasar bölgeleri arasındaki sayısal dağılımı ÇS için Şekil 8 ve 9'da, PÇS için Şekil 10 ve 11'de verilmiştir.

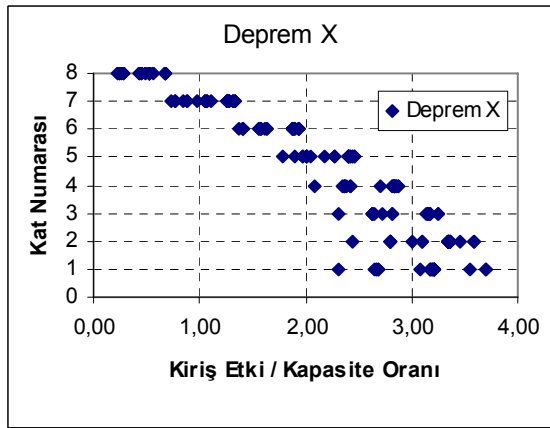
Şekil 10'da görüldüğü gibi PÇS sisteminin kirişlerinde oluşan belirgin hasar düzeyi ÇS sisteminin kirişlerinde oluşan belirgin hasar (Şekil 8) düzeyinden daha fazladır. Bunun nedeni perdelerle bağlanan kirişlerin hasar düzeyini arttırdığı olarak açıklanabilir. Şekil 9 ve 11'de görüldüğü gibi her iki sistemin kolonlarında en az hasar oluşmuştur. Oluşan hasarların yüzde dağılımları Çizelge 2'de görülebilir.



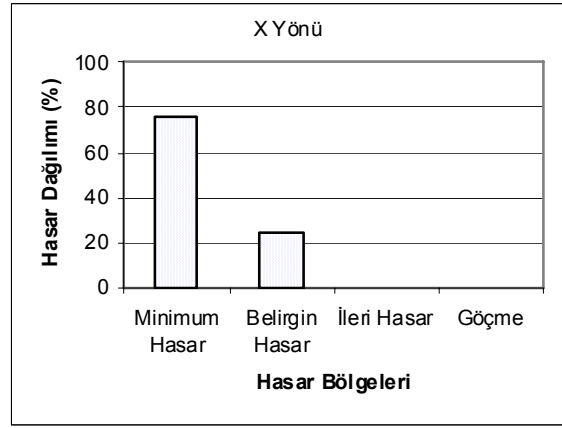
Şekil 4. ÇS binası kolon etki/kapasite oranları (Moment resisting frame column effect/capacity ratio)



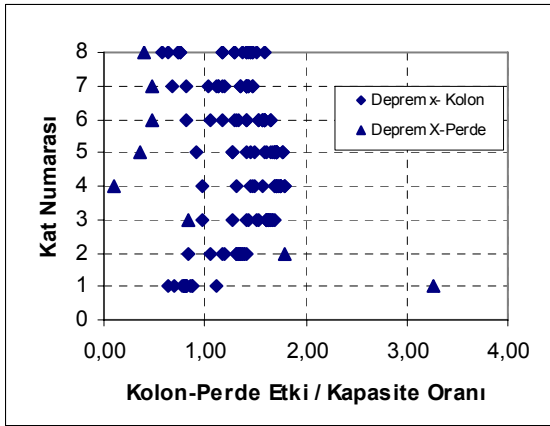
Şekil 7. PÇS binası kiriş etki/kapasite oranları (Shear-wall frame beam effect/capacity ratio)



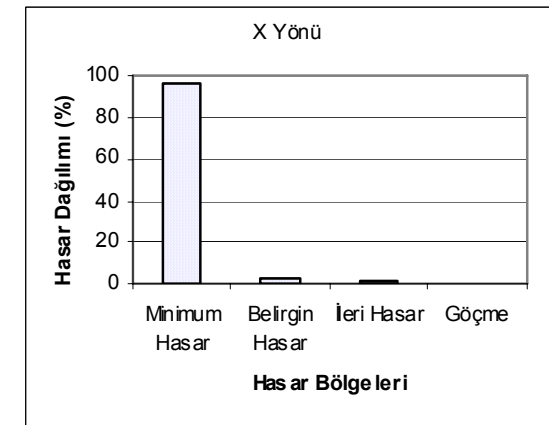
Şekil 5. ÇS binası kiriş etki/kapasite oranları (Moment resisting frame beam effect/capacity ratio)



Şekil 8. ÇS binasında kiriş kesitleri hasar bölgeleri sayısal dağılımı (In moment resisting frame distribution of damage of the beams)



Şekil 6. PÇS binası kolon-perde etki/kapasite (Shear-wall frame column-shear wall effect/capacity ratio)



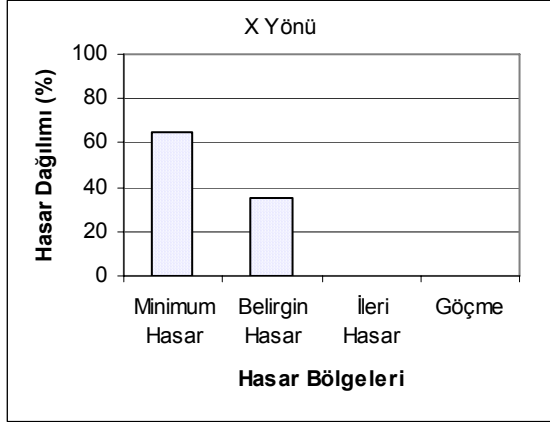
Şekil 9. ÇS binasında kolon kesitlerinin hasar bölgeleri sayısal dağılımı (In moment resisting frame system distribution of the damage on columns)

3.2. Doğrusal olmayan Hesap Yöntemi Sonuçları (Non linear elastic method results)

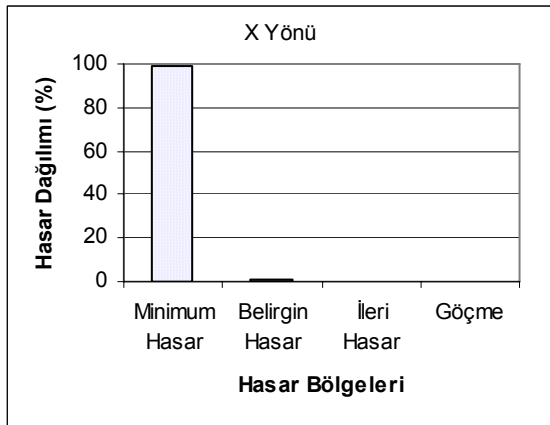
Teorik olarak statik itme analizi yapı göçene kadar devam ettirilebilmektedir. Ancak göz önünde bulundurulmuş deprem etkisinin, o yapıda oluşturacağı etkinin belirli bir limit noktası mevcuttur.

Performansa dayalı analizde bu nokta, performans noktası bir başka deyişle hedef yer değiştirme değeri olarak adlandırılmaktadır. Performans noktasının sayısal olarak belirlenmesinde Deplasman Katsayıları ve Kapasite Spektrumu olmak üzere iki farklı hesap yöntemi kullanılmıştır. Adı geçen yöntemlerde kullanılmak üzere yapı kapasite eğrilerinin çizilmesi

gerekmektedir. Kapasite eğrileri yük-tepe noktası deplasmanı ilişkisinin gösterildiği eğrilerdir ve her iki sisteme ait doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak elde edilen yapı kapasite eğrisi x yönü için Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 10. PÇS kiriş kesitlerinin hasar bölgeleri arasındaki sayısal dağılımı (In shear wall frame system, distribution of the damage on beams)



Şekil 11. PÇS kolon kesitlerinin hasa bölgeleri arasındaki sayısal dağılımı (In shear wall frame system, distribution of the damage on columns)

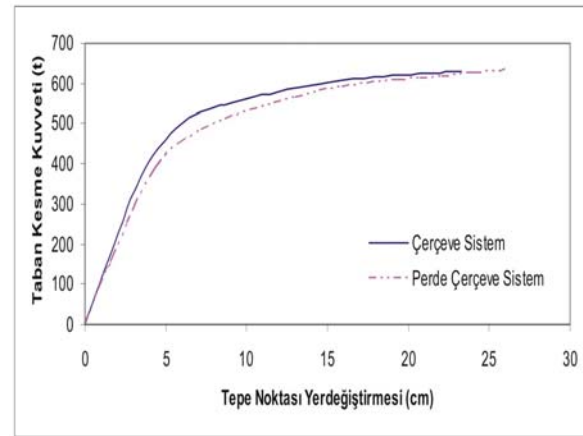
Yapı kapasite eğrisi doğrudan yapı performansının belirlenmesinde belirleyici olmamaktadır. Ancak yapı performans noktasının belirlenmesinde iki doğru

Çizelge 2. Doğrusal Elastik hesap sonucu elde edilen hasar dağılım yüzdeleri (Ratio of damage distribution in linear elastic method)

Yapı	Hasar Bölgelerine Göre Eleman Dağılımı							
	Kiriş				Kolon			
Sınır	<MN	MN-GV	GV-GÇ	>GÇ	<MN	MN-GV	GV-GÇ	>GÇ
ÇS	%76	%24	---	---	%97	%2,5	%0,5	---
PÇS	%65	%35	---	---	%99,33	%0,67	---	---
Yapı Performansı Seviyesi				Can Güvenliği (CG)				

MN, minimum hasar bölgesi; GV,ileri hasar bölgesi, GÇ, göçme bölgesi

olarak idealleştirilen bu eğriler kullanılmaktadır. Yapı kapasite eğrisi, genel anlamda yapının yatay yük taşıma kapasitesini ve bu kapasiteye ulaşana kadar yapması gereken tepe noktası yer değiştirmesini göstermektedir. Şekil 12’deki grafik incelendiğinde yapı kapasitelerinin birbirine çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedeni iki sistemin kalıp planı seçiminde eşit kolon, perde kesme alanı prensibinin kullanılmasından kaynaklanmıştır. Perde-çerçeve sistemde kullanılan perde kesme alanı ilgili deprem yönünde eşdeğer çerçeve sistemin kolon kesme alanının %21 kadarıdır. Grafikte bir diğer dikkat çeken nokta perde-çerçeve sistemin daha büyük akma sonrası rijitliğe sahip olmasıdır ve her iki sistemde düktil bir davranış sergilemektedir. Çerçeve sistemde deprem etkisi altında yatay rijitlikleri eşit olan kolon elemanlarında hasar genel olarak benzer mertebelerde oluşmuş, dolayısıyla akma sonrasında yapının ek kapasitesini ortaya çıkaracak mertebede bir rijitlik artımı olmamıştır. Ancak perde-çerçeve sistemli yapıda, yükler dolayısıyla hasarlar perde elemanlarında yoğunlaşmakta, bu elemanlar kapasitelerine ulaştıklarında yani sistem akma durumuna geldiğinde, o ana kadar tam anlamıyla kapasitesine ulaşmamış kolonlar devreye girmektedir. Bu da perde çerçeve sistemde, çerçeve sisteme göre daha büyük bir akma sonrası dayanım ve rijitlik artışı ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 12. Sistem kapasite eğrileri (System capacity curves)

3.2.1. Hedef Yer Değiştirme Değerlerinin Belirlenmesi (Determination of the target displacements)

Hedef yer değiştirme değeri (δ_{maks}), idealleştirilen kapasite eğrileri belirlendikten sonra Deplasman Katsayıları ve Kapasite Spektrumu yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. İki yöntemden elde edilen sonuçlar Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge 3’de δ_{maks} , hedef deplasman, T_e , sistemin etkin doğal titreşim periyodu, V_T , hedef yer değiştirme değerine karşılık gelen taban kesme kuvvetidir.

Çizelge 3. Deplasman Katsayıları Yöntemi ile hesaplanan hedef yer değiştirme değeri (Target displacements calculated with modification factors)

Sistem	Yöntem	T_e (sn)	δ_{maks} (cm)	V_T (t)
Çerçeve (ÇS)	Deplasman Katsayıları	0.779	16.7	611.5
	Kapasite Spektrumu	-	18.9	632.7
Perde-Çerçeve (PÇS)	Deplasman Katsayıları	0.780	17.8	600.4
	Kapasite Spektrumu	-	18.9	605.9

Çizelge 3’de verilen hedef deplasman değerleri kıyaslandığında perdelerin etkisinin çok olmadığı gözlenmiş, ancak eleman hasar seviyelerinde, perdelerin etkisi daha belirginleşmiştir.

3.2.1. Performans Seviyelerinin Belirlenmesi (Determination of performance levels)

Hedef yer değiştirme değerleri için bu değerleri bitiş noktası olarak kabul eden artımsal itme analizleri yapılmıştır. Bu adımda, sistem taşıyıcı elemanlarında oluşan plastik dönme değerlerinin, FEMA 356’da verilen sınır değerlerle karşılaştırılması sonucu tüm elemanların kesit hasar seviyeleri saptanmıştır. Kesit hasarlarının bina bazında sayısal dağılımı yapılmış ve bu dağılım esas alınarak performans seviyeleri belirlenmiştir. Elde edilen kesit hasar dağılımları ve yapı hasar seviyeleri Çizelge 4’de sunulmuştur. Çizelge sonuçlarına göre her iki sistemin DBYBHY-2007’ye göre tasarlanan binaların 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan ve şiddetli depreme karşılık gelen deprem etkisi altında “Can Güvenliği” (CG) performans seviyesini sağladığı görülmektedir. Bu da DBYBHY-2007’ de yapıların şiddetli depreme can güvenliğini sağlaması gerektiği şeklinde yapılan kabul uyumludur. Çizelge 4’de verilen sonuçlar eleman tipine göre değerlendirildiğinde, Belirgin ve İleri hasar seviyelerinde kirişlerin kolonlara kıyasla daha fazla hasara uğradığı, yani kolonların kirişlerden güçlü olma koşulunun sağlandığı gözlenmektedir. Bu da DBYBHY-2007 güçlü kolon-zayıf kiriş tasarım felsefesiyle uyumlu bir sonuçtur. ÇS ve PÇS sistemleri kıyaslandığında ise, perde-çerçeve sistemin

İleri hasar seviyesinde hemen hemen hiç bir elemanın hasar görmediği belirlenmiştir.

Hedef yer değiştirme değerleri için sistemde katlar arası oluşan ötelenmeler esas alınarak belirlenen yapı performans seviyeleri Çizelge 5’de sunulmuştur. Çizelge 5’de verilen sonuçlar incelendiğinde, perde-çerçeve sistem çerçeve sisteme göre daha büyük bir yatay rijitliğe sahip olduğundan, beklenildiği gibi yapıda daha küçük görel kat ötelenmeleri oluşmuş, bu da yapının performans seviyesinin hemen kullanıma yakın bir düzeyde kalmasına sebep olmuştur.

İncelenen yapılar için plastik mafsal dönmelerine göre yapılan performans değerlendirmesinin, görel kat ötelenmeleri esas alınarak yapılan performans değerlendirmesine göre daha belirleyici olduğu gözlenmektedir. Plastik mafsal dönmeleri esas alınarak yapılan değerlendirmede yapı performans seviyeleri “Can Güvenliği” iken, yapıların görel kat ötelenmeleri esas alınarak yapılan performans değerlendirmesinde, “Hemen Kullanım ve Can Güvenliği” performans seviyesinde kaldığı gözlenmiştir.

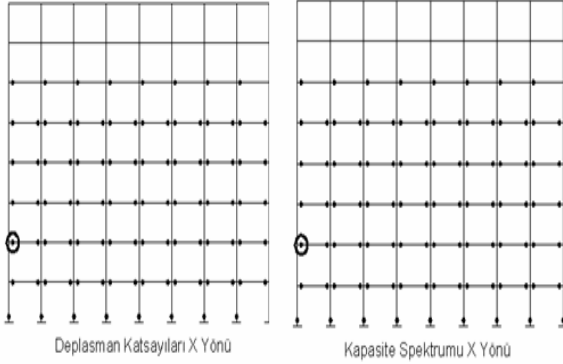
Çizelge 5. Sistem performans seviyeleri (Performance levels)

Sistem	Yöntem	Maksimum Görel Kat Öteleme Oranı	Performans Seviyesi
		$(\delta_i)_{max}/h_i$	
		X	
Çerçeve (ÇS)	Deplasman Katsayıları	0, 013985	HK-CG arası (CG’ ne yakın)
	Kapasite Spektrumu	0, 015607	HK-CG arası (CG’ ne yakın)
Perde-Çerçeve (PÇS-1)	Deplasman Katsayıları	0, 009329	HK-CG arası (HK’ ya yakın)
	Kapasite Spektrumu	0, 009874	HK-CG arası (HK’ ya yakın)

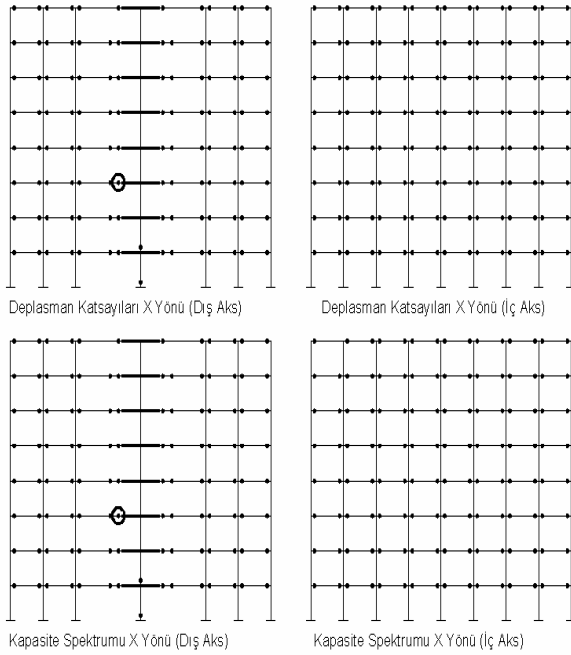
3.3. Plastik Mafsal Dağılımları (Plastic hinge distribution)

Doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle analiz edilen yapılarda bir diğer dikkate değer konu, yapının plastikleşen bir başka deyişle, kapasitesine ulaşan elemanların dağılımıdır. Şekil 13 ve 14 hedef deplasman değerinin olduğu anda yapıda oluşan plastik kesitlerin dağılımı göstermektedir. Dağılımlar

çerçeve sistemli yapıda x yönünde herhangi bir aks için geçerlidir. Dağılımlarda çember içine alınan noktalar, en büyük plastik mafsal dönmelerinin ulaştığı kesitlerdir.



Şekil 13. ÇS binası, x yönüne paralel doğrultudaki çerçevelerde, deplasman katsayıları ve kapasite spektrumu yöntemiyle elde edilen plastik kesit dağılımları (In moment resisting frame, plastic hinge distribution in x direction)



Şekil 14. PÇS binası, x yönüne paralel doğrultudaki çerçevelerde, deplasman katsayıları ve kapasite spektrumu yöntemiyle elde edilen plastik kesit dağılımları (In shear wall frame system, plastic hinge distribution in x direction)

Dağılımlar incelendiğinde, yapı içinde en büyük plastik mafsal dönmelerinin ulaştığı elemanların, ilgili deprem yönünde, moment ve kesme kuvvetinin büyük bir kısmının üzerinde toplandığı perde elemanlarına moment aktaran kirişlerin uçlarında oluştuğu görülmektedir. Ayrıca çerçeve sistemin aksine, zemin kat kolonlarının alt uçlarında sadece perdelerde plastikleşme görüldüğü, diğer kolonların ise bu deprem etkisi altında kapasitelerine ulaşmadığı görülmüştür. Perde-çerçeve sistemde, çerçeve sisteme kıyasla kirişlerin daha ileri bir düzeyde hasar gördüğü

gözlenmiştir. Çerçeve sistemli yapıda üst katlarda (7. ve 8. katlar) herhangi bir kiriş plastikleşmesi tespit edilememişken, perde-çerçeve sistemli yapıda bu katlarda da kirişlerin büyük bir kısmının kapasitesine ulaştığı görülmektedir. Bu eğilim plastik mafsal değerleri esas alınarak düzenlenen kesit hasar dağılımı çizelgesi Çizelge 4’de de görülmektedir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Sunulan bu çalışmada, betonarme yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde kullanılan, doğrusal elastik hesap ve doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri, sekiz katlı betonarme çerçeve ve sekiz katlı betonarme perde çerçeve sistemli, iki adet yapı üzerinde uygulanmış ve performans seviyeleri belirlenmiştir. Perde-çerçeve sistemde uygulanan perde sayısı az olmasına rağmen (Şekil 2 ve 3), sistemin yatay yük taşıma kapasitesine katkısı olmaktadır. Perde sayısının artırılması halinde bu katkının daha fazla olacağı bilinmektedir. Ancak perde sayısı artırıldığı takdirde, her iki sistemde düşey taşıyıcı eleman en kesit alanları birbirine eşit olmaktan uzaklaşacaktır ki bu nokta sunulan bu çalışmanın ana temasına aykırıdır.

Çerçeve sistemin ilgili deprem yönünde hesaba katılan düşey eleman kesme alanına eşdeğer ve kesme alanının %21’i perdelerden oluşan bir perde-çerçeve sistemin belirlenmiş bir performans seviyesi için, hedef deplasmanlar dikkate alındığında %6 oranında bir katkısının olduğu değerlendirilmesi yapılabilir.

Yapıların performans noktalarını (hedef yer değiştirme değeri) hesaplamada kullanılan yöntemlerden biri olan Kapasite Spektrumu yöntemi, Deplasman Katsayıları yöntemine göre daha büyük hedef yer değiştirme değerleri belirlemiştir. Daha büyük hedef yer değiştirme değeri, artan deprem talebi anlamına gelmekte, böylece Kapasite Spektrumu yöntemi ile elemanlarda daha ileri hasarlar belirlenmektedir. Bu eğilim doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan deprem hesabı sonucu elde edilen hasar dağılımlarından anlaşılmıştır. İncelenen örnek binalar için, bu analiz sonuçları esas alınarak yapılacak deprem güvenliği tespit çalışmasında, hedef yer değiştirme değerinin bulunmasında kullanılacak Kapasite Spektrumu yönteminin, mühendisi güvenli tarafta bırakacağı belirtilebilir. Doğrusal olmayan analizlerde, yapı performansının belirlenmesinde kullanılan eleman bazındaki plastik kesit dönmeleri ve sistem bazındaki görel kat öteleme oranları dikkate alınarak elde edilen yapı performans seviyeleri karşılaştırılmıştır. Buna göre çerçeve sistemi için her iki parametre esas alınarak yapılan değerlendirme sonuçları aynı olmakta ve yapı performansı Can Güvenliği olarak belirlenmektedir. Ancak perde-çerçeve sistemi için plastik mafsal dönmeleri esas alınarak yapılan değerlendirmede yapı performansı

Can Güvenliği iken, görelî kat ötelemeleri baz alındığında performans yine Can Güvenliği seviyesinde olmakla birlikte, Hemen Kullanım seviyesine daha yakın bir performanstadır. Bu da incelenen binalar için, plastik kesit dönmelerinin, yapı görelî kat ötelemelerine oranla yapı performansı belirlemede daha belirleyici olduğunu göstermektedir.

Deplasman Katsayıları ve Kapasite Spektrumu yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanan hedef yer değiştirmesi değerinde, artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden alınan plastik mafsallık dağılımları incelenmiştir. Kolon plastikleşmeleri genel olarak büyük deprem momentlerini oluştuğu zemin kat kolon alt uçlarında oluşmakta, ancak kiriş plastik mafsallarının ise son katlara erişmemekle birlikte yapı içinde yaygın bir şekilde dağıldığı gözlemlenmiştir. Perde-çerçeve sistem binada, betonarme perdeler moment aktaran kiriş elemanlarında yaygın bir plastikleşme eğilim saptanmıştır.

Genel olarak, incelenen sistemler için, hesap esasları DBYBHY-2007’de tanımlanan doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal elastik hesap yöntemi ile elde edilen yapı performansı aynı seviyededir. Bu da planda burulma düzensizliğine sahip olmayan, ve deprem davranışı tek bir titreşim modu ile yeter derecede tanımlanan binalarda her iki hesap yönteminin birbiriyle uyumlu olduğunu göstermektedir. Ancak taşıyıcı sistem düzensizliği olan binalarda, bu hesap yöntemlerinin kullanımının uygunluğu incelenmesi gereken bir konudur.

5. SEMBOLLER (SYMBOLS)

Z3	Zemin Sınıfı
r	etki/kapasite oranları
MN	minimum hasar bölgesi
GV	ileri hasar bölgesi
GÇ	göçme bölgesi
CG	Can güvenliği

HK	Hemen kullanım
δ_{maks}	Hedef yer değiştirme
T_e	etkin doğal titreşim periyodu
V_T	taban kesme kuvvetidir.
$\delta_{i,maks}$	i. katın yer değiştirmesi
h_i	i. kat yüksekliği

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. **FEMA 356, NEHRP Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings**, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC., 2000.
2. **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı, Ankara, 2007.
3. **ATC 40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings**, Applied Technology Council, (V.1), Washington DC., 1996.
4. **FEMA 273, NEHRP Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings**, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC., 1997.
5. Chopra, A.K. and Goel, R.K., “A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings”, **Earthquake Engineering and Structural Dynamics**, Vol.31, 561-582, 2001.
6. Chintanapakdee, C. and Chopra, A.K., “Evaluation of modal pushover analysis using Generic Frames”, **Earthquake Engineering and Structural Dynamics**, Vol.32, 417-442, 2003.
7. Priestley, M.J.N; Grant, D.N. and Blandon, C.A., “Direct displacement-based Seismic design”, Planning and Engineering for Performance in Earthquake Conference, NZSEE, Conference, Wairakei, Taupo, New Zealand, 2005.
8. Aydınoğlu, M. N., “An Incremental Response Spectrum Analysis Procedure Based on Inelastic Spectral Displacements for Multi-Mode Seismic Performance Evaluation”, **Bulletin of Earthquake Engineering**, Kluwer Academic Publishers. Printed, Netherlands 1: 3–36, 2003.

