

KAPASİTE SPEKTRUMU YÖNTEMİ İLE BETONARME ÇERÇEVE YAPILARIN PERFORMANS NOKTALARININ BELİRLENMESİ

Armağan KORKMAZ

Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Kaynaklar/İZMİR
armagan.korkmaz@deu.edu.tr

Makalenin Geliş Tarihi: 05.11.2004

ÖZET: Performansa bağlı analiz yöntemleri, yapıların deprem davranışlarının önceden belirlenmesi amacı ile uygulanmaktadır. Bu çalışmada, performansa bağlı analiz yöntemlerinden “Kapasite Spektrumu Yöntemi” ile betonarme çerçeve yapıların performans analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 3, 5, 8 ve 15 katlı betonarme çerçeve yapılar ele alınmış, bu çerçeve yapıların üçgen ve dikdörtgen yanal yükleme tipleri ile itme analizleri yapılarak kapasite spektrumları elde edilmiştir. Ardından talep spektrumlarının elde edilmesi için dünya genelinden, yakın odaklı sekiz farklı deprem seçilmiştir. Belirlenen talep spektrumları ve elde edilen kapasite spektrumları ile performans noktaları bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Performansa bağlı analiz, kapasite spektrumu yöntemi, itme analizi.

Determination of Performance Points for Reinforced Concrete Frame Structures Using Capacity Spectrum Method

ABSTRACT: Performance based analysis methods are performed to understand the behavior of the structures under earthquake. In this study, it is aimed to evaluate the performance of the R/C frame structures by using capacity spectrum method as one of the performance based design methodology. With this aim, 3, 5, 8 and 15-story R/C frame structures were chosen. The pushover analyses were conducted for these frame structures under triangular and rectangular lateral load distributions to draw the capacity spectrum curves. The Capacity Spectrum Curves are plotted to compare with demand spectrum. Earthquake ground motions recorded at eight stations during various earthquakes overall the world are used in the analyses. It is determined the performance points of frame structures with capacity spectrums and demand spectrums.

Key Words: Performance based design, capacity spectrum method, pushover analysis.

GİRİŞ

Deprem öncesinde bina performanslarının tahmini için performansa bağlı analiz yöntemlerinin kullanılması gerekliliği yaşadığımız depremlerde anlaşılmıştır. Performansa bağlı analiz yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılan Kapasite Spektrumu Yöntemidir. ATC 40’da (1996) prosedürü detaylı olarak verilmiş olan Kapasite Spektrumu Yönteminde, öncelikle doğrusal olmayan itme analizleri yapılmaktadır. İtme analizleri, temel

olarak, yapının yatay kuvvet dayanımını temsil eden *yatay kuvvet-yerdeğiştirme* ilişkisine dayanmaktadır, elde edilen kapasite eğrileri kapasite spektrumlarına dönüştürülmekte ve talep spektrumları ile karşılaştırma yapılarak yapının performans tahmini yapılabilmektedir (Kumbasar ve Celep, 2004).

KAPASİTE SPEKTRUMU YÖNTEMİ

1996 yılında yayımlanan ATC 40’da, Kapasite Spektrumu yöntemi adı altında

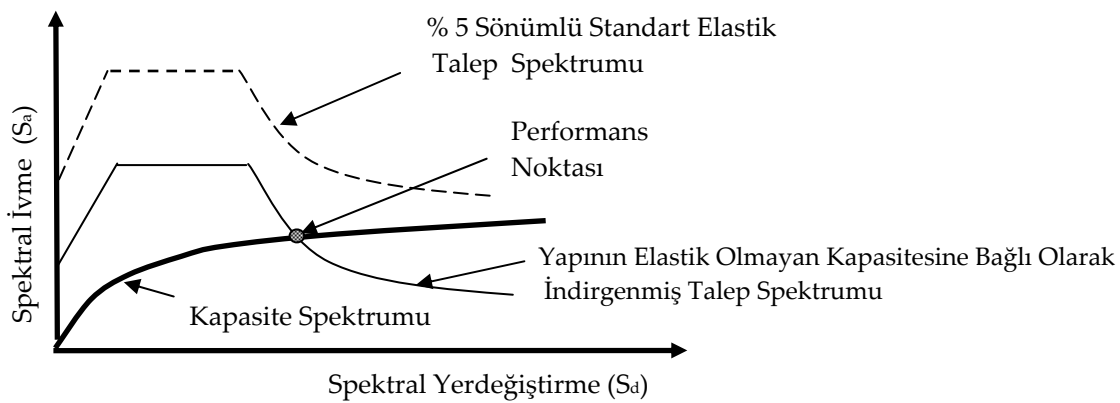
performansa bağlı bir yöntem öne sürülmüş ve bu yöntem ile yapıların deprem etkisindeki yatay yerdeğiştirme talepleri ile yatay yük taşıma kapasitelerinin birbirlerine bağımlı olduğu ifade edilmiştir. Performansa bağlı analiz yöntemleri ile yapıların deprem sırasındaki doğrusal olmayan davranışları ve yapıda meydana gelmesi muhtemel hasarları belirlemek mümkün olmaktadır. Kapasite spektrumu yönteminde, yapıda meydana gelen elastik olmayan şekil değiştirmelere bağlı olarak elastik talep spektrumları Şekil 1'de görüldüğü gibi indirgenip, kapasite ve talebin eşit olduğu noktanın belirlenmesi amaçlanmaktadır.

BETONARME ÇERÇEVE YAPILARIN PERFORMANS NOKTALARININ BELİRLENMESİ

Betonarme Çerçeve Yapılar

Analizler için Şekil 2'de gösterilen 3, 5, 8 ve 15 katlı betonarme çerçeve yapılar seçilmiştir. Seçilen bu betonarme çerçeve yapılar, TS 500 (2000) ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998) esaslarına göre SAP 2000 (Wilson ve Habibullah, 1998) programı yardımıyla boyutlandırılmıştır. Yapıların önem

katsayısı $I=1$ olarak alınmıştır. Çerçeve yapılar üç açıklıklıdır. Her açıklık 800 cm, kat yükseklikleri ise 300 cm'dir. Kolonlar zemine ankastre olarak mesnetlenmiştir. Çeliğin akma dayanımı 220 MPa, betonun basınç dayanımı ise 16 MPa'dır. Kat ağırlıkları 300kN'dır. Her bina için toplam taban kesme kuvvetlerinin bina ağırlıklarına oranları itme eğrileri üzerinde verilmiştir. 3 katlı çerçeve yapının doğal periyodu 0.49 s ve tüm kiriş kesitleri dikdörtgen ve 25cm/55cm'dir. Tüm kolon boyutları kare ve 40cm/40cm'dir. 5 katlı çerçeve yapının doğal periyodu 0.65 s ve tüm kirişlerinin kesitleri dikdörtgen ve 25cm/55cm'dir. Kolon boyutları ise kare ve ilk üç kat için 50cm/50cm'dir. Son iki kat için ise 40cm/40cm'dir. 8 katlı ve 15 katlı sistemlerin doğal periyodları sırasıyla 0.84 s ve 1.22 s'dir. Her iki yapı için kiriş boyutları dikdörtgen ve 30cm/60cm'dir. 8 katlı yapının kolon boyutları ilk beş katı için 60cm/60cm, son üç katı için 50cm/50cm'dir. 15 katlı yapının ilk 10 katı için 80cm/80cm ve son 5 katı için 60cm/60cm olarak belirlenmiştir. Tablo 1'de yapıların özellikleri tablo halinde verilmiştir. Şekil 2'de ise SAP 2000 (Wilson ve Habibullah, 1998) programı yardımı ile boyutlandırılan betonarme çerçeve yapılar gösterilmiştir.

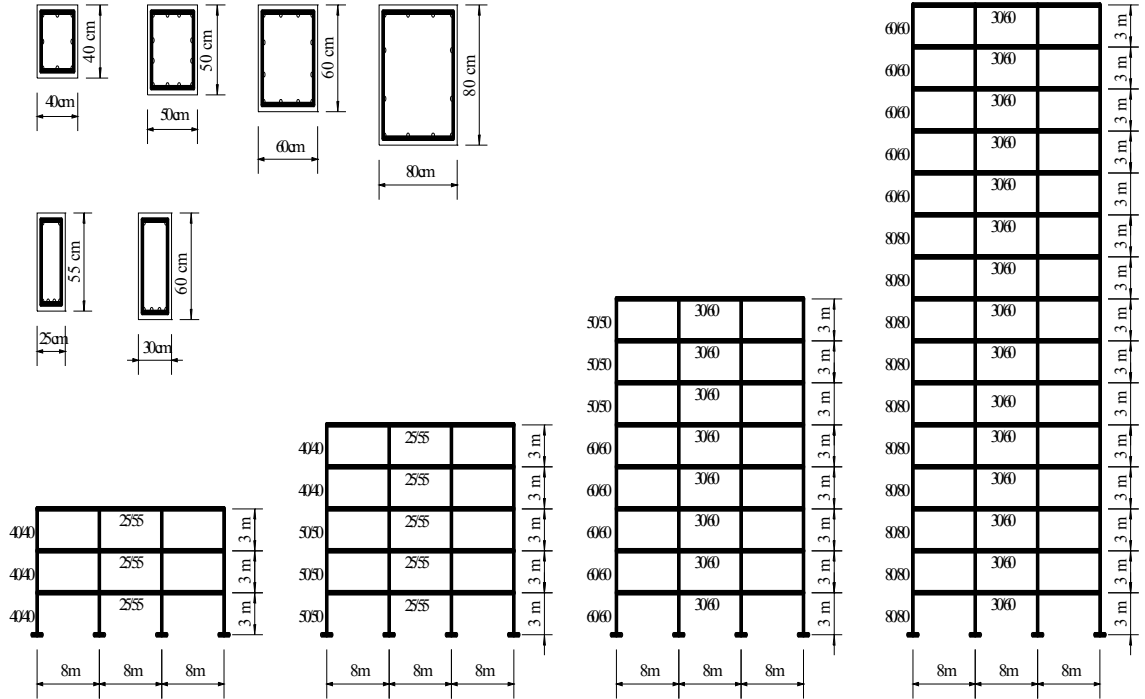


Şekil 1. Performans noktasının belirlenmesi.

Figure 1. Determination of performance point.

Tablo 1. Seçilen betonarme çerçevelerin periyodları, kolon boyutları ve donatı alanları.*Table 1. Periods, column dimensions, reinforcement areas of frame structures.*

	3 Katlı Yapı	5 Katlı Yapı	8 Katlı Yapı	15 Katlı Yapı
Period (s)	0.49	0.65	0.84	1.22
Kolon Boyutları ve Donatıları	40/40 As = 30.40cm ²	İlk 3 Kat	İlk 5 Kat	İlk 10 Kat
		50/50 As = 45.20 cm ²	60/60 As = 75.00 cm ²	80/80 As = 145.00cm ²
		Son 2 Kat	Son 3 Kat	Son 5 Kat
	40/40 As = 30.40cm ²	50/50 As = 45.20 cm ²	60/60 As = 75.00 cm ²	
Kiriş Boyutları ve Donatıları	25/55 As = 13.26 cm ²	25/55 As = 13.26 cm ²	30/60 As = 45.00 cm ²	30/60 As = 45.00 cm ²

**Şekil 2.** Analizleri yapılan 3, 5, 8 ve 15 katlı betonarme yapılar.*Figure 2. 3, 5, 8 and 15-story reinforced frame structures.*

Betonarme Çerçeve Yapıların İtme Analizleri ile Kapasite Spektrumlarının Elde Edilmesi

Yapının kapasitesi, kapasite eğrisi olarak da adlandırılan itme eğrileri ile ifade edilir (İrtem ve Türker, 2002). İtme eğrileri, yatay kuvvet-çatı katı yerdeğiştirmesi ilişkisi ile ifade edilir. Bu da toplam taban kesme kuvvetinin tüm bina ağırlığına oranına (V_T/W) karşı gelen, çatı katı yerdeğiştirme eğrisidir. Doğrusal olmayan statik itme analizleri temel olarak, bu ilişkisinin, malzeme ve geometri değişimi bakımından elde edilmesine ve bunun değerlendirilmesine dayanmaktadır (Li, 1996). ATC 40, itme analizlerine dayalı olarak geliştirilen performansa bağlı analiz yöntemleri üzerinde durmaktadır. Bu çalışmada, ATC 40'da prosedürü verilmiş olan kapasite spektrumu yöntemi betonarme çerçeve yapılara uygulanacaktır. Bu amaçla yanal yük olarak IBC (2000)'de verilen üçgen ($k=1$) ve tüm modları ihtiva eden dikdörtgen yanal yük dağılımları seçilmiştir. Bu yük dağılımları kullanılarak itme eğrilerinin elde edilmesinin ardından, itme eğrileri, denklem 1 ve 2 kullanılarak, spektral formata dönüştürülür. İtme eğrilerinin spektral formata dönüştürülmesinin başlıca sebebi talep spektrumları ile karşılaştırılacak olmasıdır. Ancak, talep spektrumu tek serbestlik dereceli sisteme ait olduğu için, Şekil 3'de görüldüğü gibi çok serbestlik dereceli sistemin eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesi gerekmektedir. Kapasite spektrumu eğrileri Şekil 4'de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1} / g) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N (w_i / g) \right] \left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2 / g) \right]}$$

$$S_a = \frac{V_T / W}{\alpha_1} \quad (1)$$

$$PF_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1} / g)}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2 / g)} \right]$$

$$S_d = \frac{\delta_{\max}}{PF_1 \phi_{tepe,1}} \quad (2)$$

S_a : Spektral ivme,

S_d : Spektral yerdeğiştirme,

V_T : Toplam taban kesme kuvveti,

δ_{\max} : Yapı tepe yerdeğiştirmesi,

W : Yapı toplam ağırlığı,

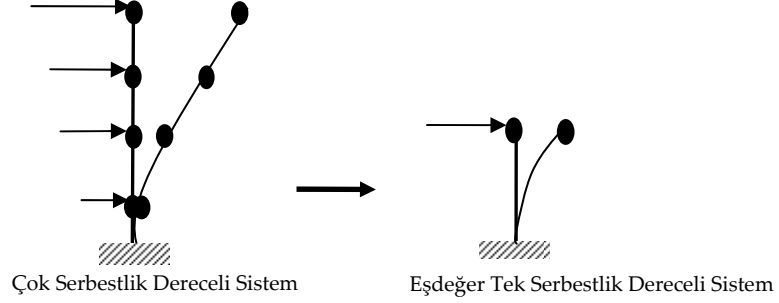
$\phi_{tepe,1}$: Birinci moda ait en üst kattaki genlik,

$\phi_{i,1}$: Birinci moda ait i no'lu kattaki genlik,

N : Kat sayısı.

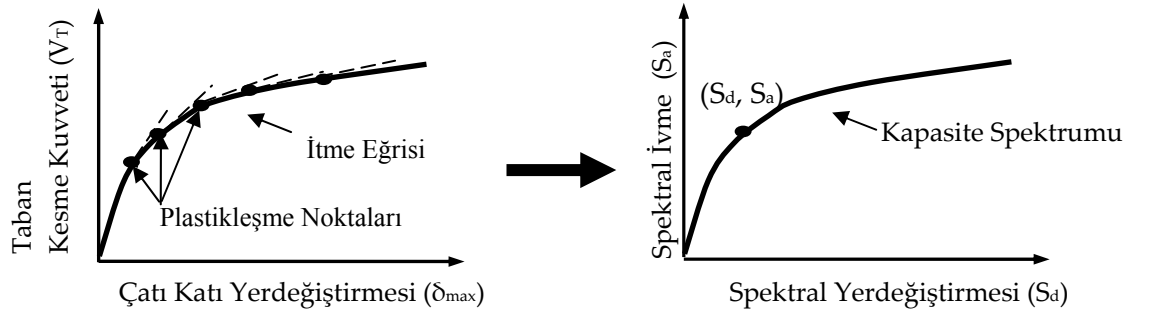
İtme analizleri için Drain 2D (Prakash ve diğ., 1993) programı kullanılmıştır. Drain 2D programında, betonarme kiriş ve kolon elemanların histeristik davranışları, eleman uç noktalarında tanımlanmıştır. Drain 2D programı Park malzeme modelini kullanmaktadır. Bu model rijitlik ve dayanım azaltımını dikkate almaktadır. Kiriş ve kolon elemanların yük-şekil değiştirme ilişkisi Şekil 5'de verilmiştir.

Drain 2D'de kirişler, kolonlar ve diğer yapısal elemanlar benzer basit makro formülasyonları ile modellenmektedir. Eğilme, kesme ve yanal deformasyonlar, genel yapısal elemanlarda hesaba katılabilmektedir ancak kirişlerdeki yanal şekil değiştirmeler ihmal edilmektedir. Program kesit özelliklerinin ve moment-eğrilik ilişkisinin dışardan verilmesini de kabul etmektedir. Ayrıca deprem sırasında elemanlarda meydana gelebilecek rijitlik değişimini de dikkate almaktadır. Betonarme elemanlar için moment eğrilik ilişkisi, Şekil 6'da gösterildiği gibi modellenmektedir.



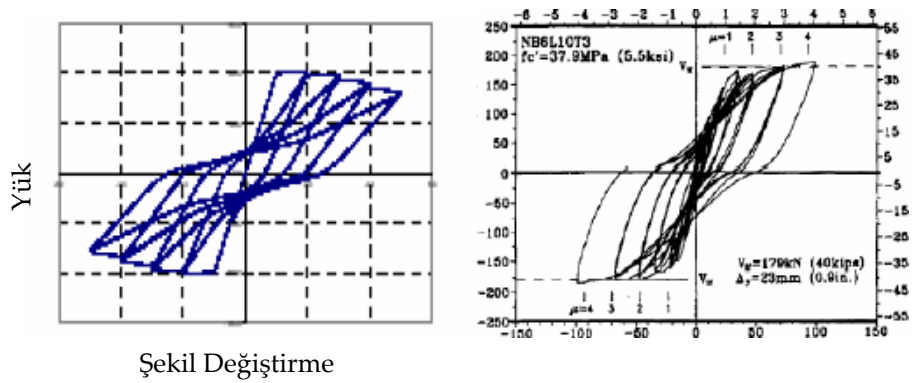
Şekil 3. Çok serbestlik dereceli sistemin tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesi.

Figure 3. Convert of multi degree system to single degree system.



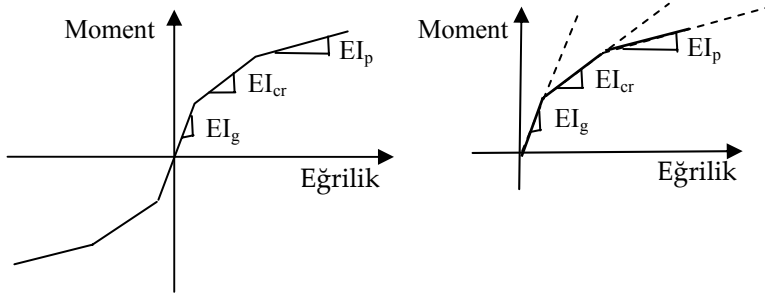
Şekil 4. İtme eğrisinin elde edilmesi ve kapasite spektrumuna dönüştürülmesi.

Figure 4. Sketching pushover curve and converting capacity spectrum curve.



Şekil 5. DRAIN 2D' de betonarme kiriş-kolon eleman için yük-şekil değiştirme davranışı.

Figure 5. Load-deformation relationship of R/C beam-column member for DRAIN 2D program.



Şekil 6. Betonarme elemanlar için DRAIN 2D’de verilen moment-eğrilik ilişkisi.
Figure 6. Moment curvature relationship of R/C members for DRAIN 2D program.

3, 5, 8 ve 15 katlı betonarme çerçeveler için IBC’de tanımlanmış olan üçgen ($k=1$) ve tüm modları ihtiva eden dikdörtgen yanal yüklem dağılımı ile itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Binalara etkiyen yanal yüklere ilave olarak, çerçeveler, ölü ve hareketli yükler etkisi altındadır. Ayrıca itme analizinde P- Δ etkisi de dikkate alınmıştır. Yanal yüklemeler, çatı katı yerdeğiştirmeleri, 3, 5 ve 8 katlı binalarda 50 cm’e; 15 katlı binada ise 100 cm’e ulaşınca kadar artırılmıştır. Çerçeve yapıları analiz etmek için kiriş ve kolon elemanlar kullanılmıştır. Kirişlerin yatay düzlemde rijid olduğu kabulü yapılmıştır. Elastik olmayan etkiler eleman uç noktalarında düşünülen plastik mafsallar şeklinde tanımlanmıştır. Pekleşme tüm elemanlar için ihmal edilmiştir. ACI 318’de (2000) açıklanmış olan eksensel yük-moment ilişkisi kolon elemanın akma yüzeyi olarak kullanılmıştır. Eğrilerin eğimindeki değişimler, yapısal sistemdeki akma değerlerini göstermektedir. Şekil 7’de 4 bina için üçgen ve dikdörtgen yanal yüklemeler için çizdirilmiş itme eğrileri, her binanın çatı katı yer değiştirmesi değerine karşı gelen V/W değerleri için ayrı ayrı verilmiştir. Bu eğrilerden denklem 1 ve 2 yardımı ile elde edilen kapasite spektrumları da aynı şekilde mevcuttur.

Betonarme Çerçeve Yapıların Performans Noktalarının Belirlenmesi

Betonarme yapılar, elastik olmayan yerdeğiştirmeler nedeniyle rijitlik kaybeder, rijitlik kaybettikçe periyodları ve sönümleri artar. Kapasite spektrumu yardımıyla, yutulan

enerji miktarı ve buna karşılık gelen eşdeğer sönüm hesaplanabilir. ATC 40’da verilen prosedürde, talep ve kapasitenin eşit olduğu noktanın bulunabilmesi için ardışık yaklaşım yolu kullanılır. Bunun için, kapasite spektrumu üzerindeki tahmini bir nokta performans noktası olarak seçilir, bu noktaya göre eşdeğer sönüm değeri belirlenir. Daha sonra elastik talep spektrumu eşdeğer sönüm oranında indirgenir. Eşdeğer sönüm oranı, histeristik ve viskoz sönüm toplamının kritik sönüm oranı olarak tanımlanır. Viskoz sönüm genellikle, %5 olarak alınmaktadır. Histeristik sönüm ise kapasite spektrumu içeren histeristik alanı ile ilgilidir ve eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilebilir. Kapasite spektrumunda, Şekil 8’de görüldüğü gibi iki doğru parçasından oluşan idealleştirme yapılır. Böylelikle, eşdeğer sönüm oranının belirlenmesi mümkün olur. Eşdeğer sönüm oranı, denklem 3 ve 4’un kullanılması ile elde edilebilmektedir.

$$\beta_e = \beta_0 + 5 = \frac{63.7\kappa(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \quad (3)$$

$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi} \frac{E_D}{E_{SO}} \quad (4)$$

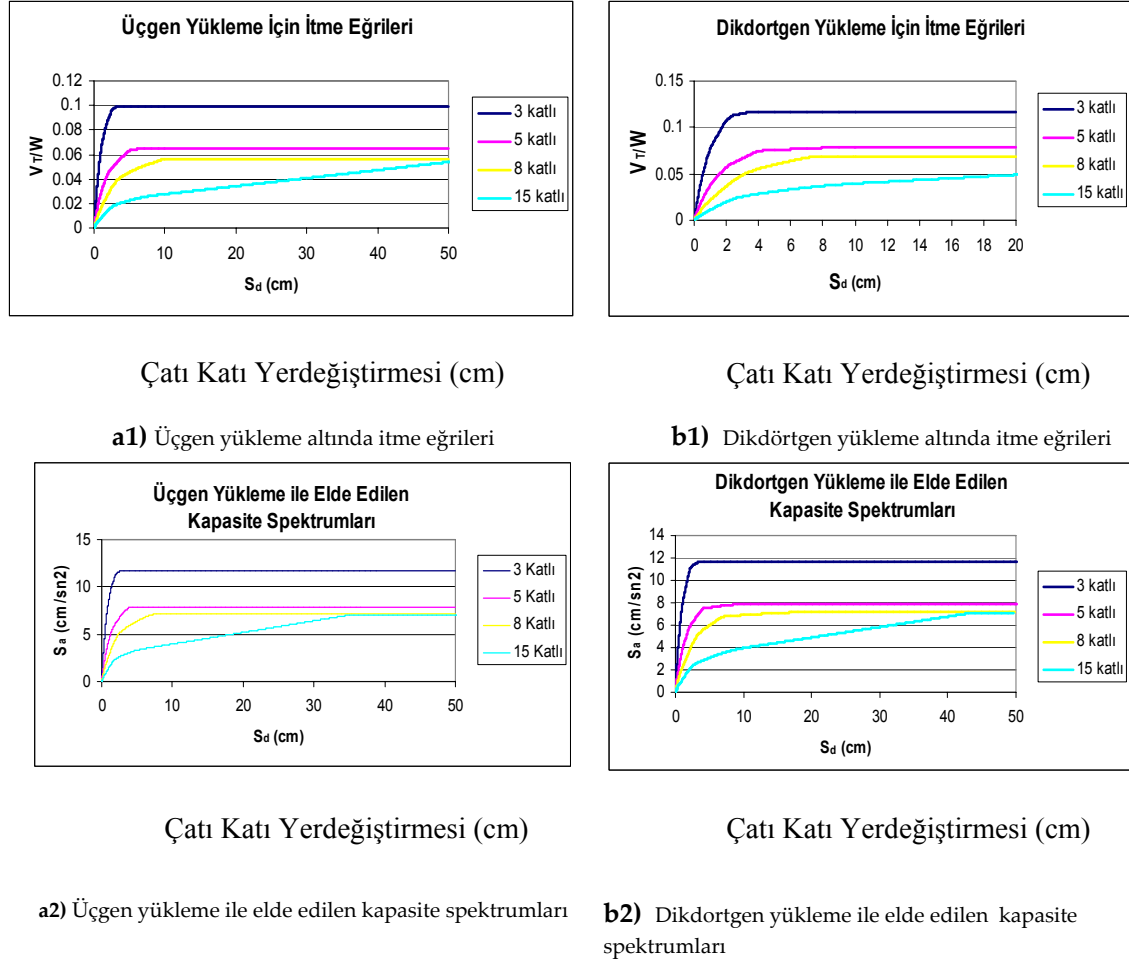
β_e : Eşdeğer sönüm oranı,

β_0 : Eşdeğer viskoz sönüm cinsinden histeristik sönüm oranı,

κ : Yapı sistemi ve deprem süresine bağlı itme katsayısı,

E_D : Sönümle yutulan enerji,

E_{SO} : Elastik şekil değiştirme enerjisi



Şekil 7. Betonarme çerçeve yapıların çatı katları için üçgen (a) ve dikdörtgen (b) yükleme altında itme eğrileri (1) ve kapasite spektrumları.

Figure 7. Pushover (1) and capacity spectrum (2) curves for reinforced concrete frame structures under triangular (a) and rectangular (b) loading.

$$E_D = 4(a_y d_{pi} - d_y a_{pi}) \quad (5)$$

$$E_{SO} = \frac{a_{pi}}{2} \quad (6)$$

Denklem 5 ve Denklem 6'da kullanılan a_y , d_{pi} , d_y , a_{pi} değerleri Şekil 8'de grafik üzerinde işaretlenmiştir. Şekil 8'den görüldüğü üzere etkili sönüm oranının hesaplanabilmesi için performans noktasının önceden tahmin edilmesi gerekmektedir. Denklem 5 ve 6 yardımı ile, E_D ve E_{SO} , Şekil 8 kullanılarak bulunabilir.

Şekil 9'da talep spektrumunun spektral ivme-spektral yerdeğiştirme cinsine

dönüştürülmesi gösterilmiştir. Bu dönüştürmede

$$S_{di} = \frac{1}{4\pi^2} S_{ai} T^2$$

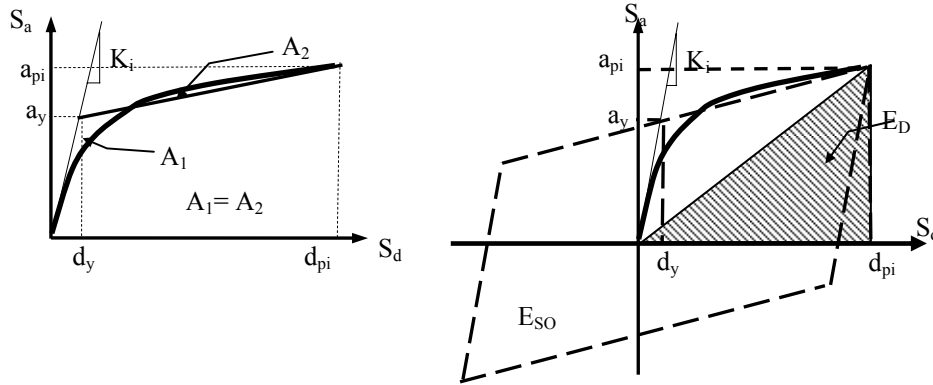
ifadesinden yararlanılır. Elastik talep spektrumunun, Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme cinsinden yazılmasının ardından, talep spektrumunun doğrusal kısmına ve azalan eğrisel kısmına uygulanacak indirgeme katsayıları, S_{RA} ve S_{RV} 'nin elde edilmesi β_e eşdeğer sönüm oranına bağı olarak, denklem 7 ve 8'de verilmiştir. Bu katsayılar kullanılarak indirgeme işlemi yapılabilmektedir. Denklem 7 ve 8 yardımıyla, %5 sönümlü elastik talep spektrumu, eşdeğer sönüme bağı olarak Şekil 10'daki gibi indirgenir.

$$SR_A = \frac{3.21 - 0.68 \ln(\beta_e)}{2.12} \quad (7)$$

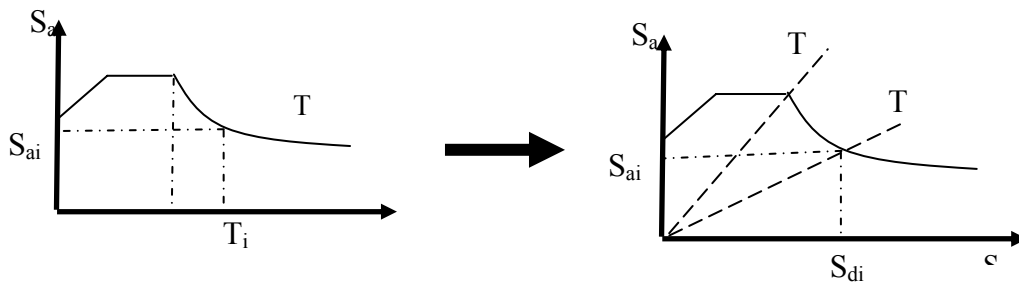
$$SR_V = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_e)}{1.65} \quad (8)$$

Boyutlandırılması yapılmış olan çerçeve yapılar için yakın odaklı depremler içinden seçilen sekiz deprem verisi ile performans analizleri yapılmıştır. Bu deprem verileri, Parkfield-1996, Morgan Hill-1984, Kocaeli-1999, Coyota Lake- 1979, Northridge-1994, Loma Prieta-1989 ve Kobe- 1995'dir. Deprem verileri yakın odaklı ve çok yoğun zemin veya yumuşak kaya olarak adlandırılan B zemin sınıfı olarak seçilmiştir. Bu deprem verileri farklı frekans içeriklerine ve PGA değerlerine sahiptir.

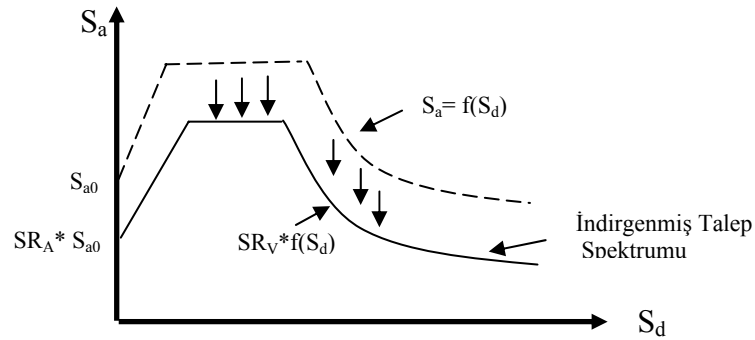
Böylelikle farklı bölgelerden belirli karakteristikteki depremlerle performans analizleri yapılarak betonarme çerçeve yapıların deprem davranışları hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Depremlere ait tüm bilgiler Tablo 2'de sunulmuştur. Depremlerin fay tipleri, deprem karakteristiklerini yansıtmak amacı ile verilmiştir. Seçilen deprem verilerinin PGA değerleri 0.0633 ile 0.8213g (g: yer çekimi ivmesi) arasında değişmektedir. (Kullanılan bu deprem verileri, PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) sayfasından (<http://peer.berkeley.edu>) elde edilebilir) Tüm veriler için zemin sınıfı B (çok yoğun zemin veya yumuşak kaya) olarak alınmıştır. B zemin sınıfı için kayma dalgası hızı, V: 360 m/s ile 750 m/s arasındadır.



Şekil 8. Kapasite spektrumu yardımı ile eşdeğer viskoz sönümün hesabı.
Figure 8. Determination of viskos damping ratio with capacity spectrum method.



Şekil 9. Talep spektrumunun spektral ivme-spektral yerdeğiştirme cinsine dönüştürülmesi.
Figure 9. Converting of demand spectrum to the spectral acceleration-displacement.



Şekil 10. Spektrumun indirgenmesi ve ivme-yerdeğiştirme formatına dönüştürülmesi.
Figure 10. Reduction of spectrum and converting to acceleration-displacement.

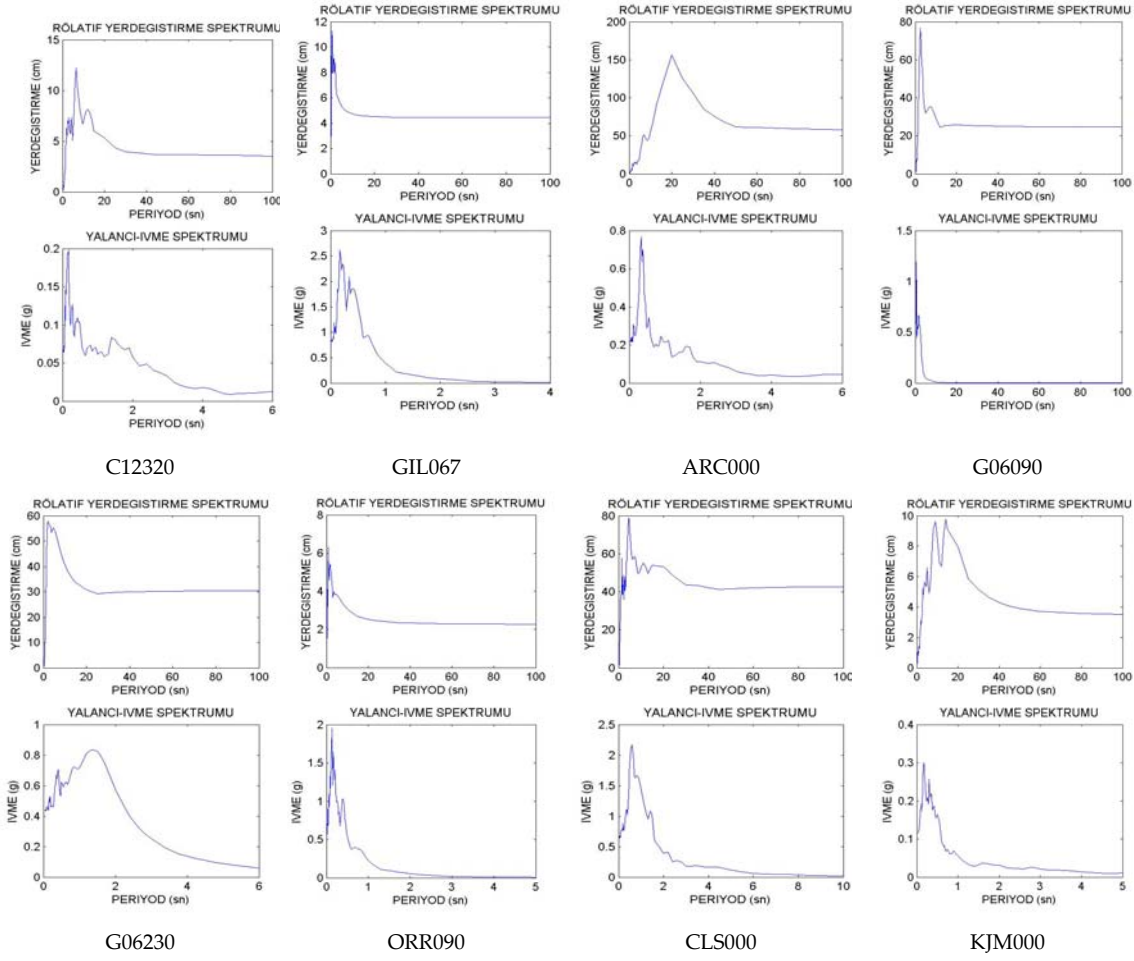
Tablo 2. Zaman artımı analizinde kullanılan deprem verileri.

Table 2. Earthquake data used in time history analyses.

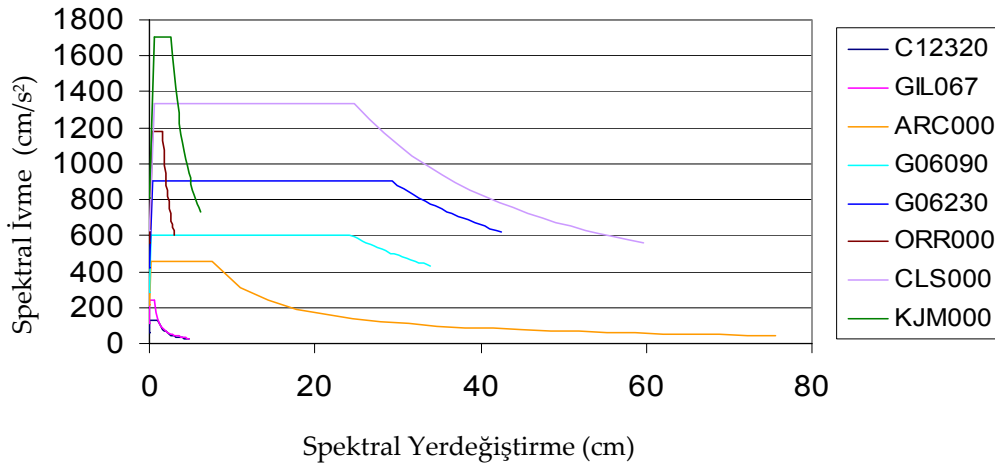
Deprem	Tarih	İsim	Pga (g)	Arazi Sınıfı	Fay Tipi
Parkfield	28/06/1966	C12320	0.0633	B	Yanal Atımlı
Morgan Hill	24/04/1984	GIL067	0.1144	B	Yanal Atımlı
Kocaeli	17/08/1999	ARC000	0.2188	B	Yanal Atımlı
Morgan Hill	24/04/1984	G06090	0.2920	B	Yanal Atımlı
Coyota Lake	06/08/1979	G06230	0.4339	B	Yanal Atımlı
Northridge	17/01/1994	ORR090	0.5683	B	Ters Eğik Atımlı
Loma Prieta	18/10/1989	CLS000	0.6437	B	Ters Oblik Atımlı
Kobe	16/01/1995	KJM000	0.8213	B	Yanal Atımlı

Seçilen deprem verilerine ait talep spektrumları indirgenerek, betonarme çerçevelere ait itme analizi sonuçlarından elde edilen kapasite spektrumları ile kesiştirilmiştir. Şekil 11'de 8 deprem verisi için talep spektrumlarının elde edilmesi için kullanılan rölatif yer değiştirme ve ivme spektrumu grafikleri gösterilmiştir. Bu grafikler Matlab programı kullanılarak elde edilmiştir (Matlab, V6.5). Yapılan idealleştirmeler sonucunda Şekil 12'de talep spektrumu grafikleri çizdirilmiştir. Bu grafik tüm deprem verilerinin talep spektrumlarını göstermektedir. Talep spektrumlarını elde etmek için tüm deprem verileri kullanılarak spektral yer değiştirmeye karşı spektral ivme değerleri çizdirilmiştir. Böylelikle idealleştirilmiş talep spektrumları elde edilir. Elde edilen bu talep spektrumları

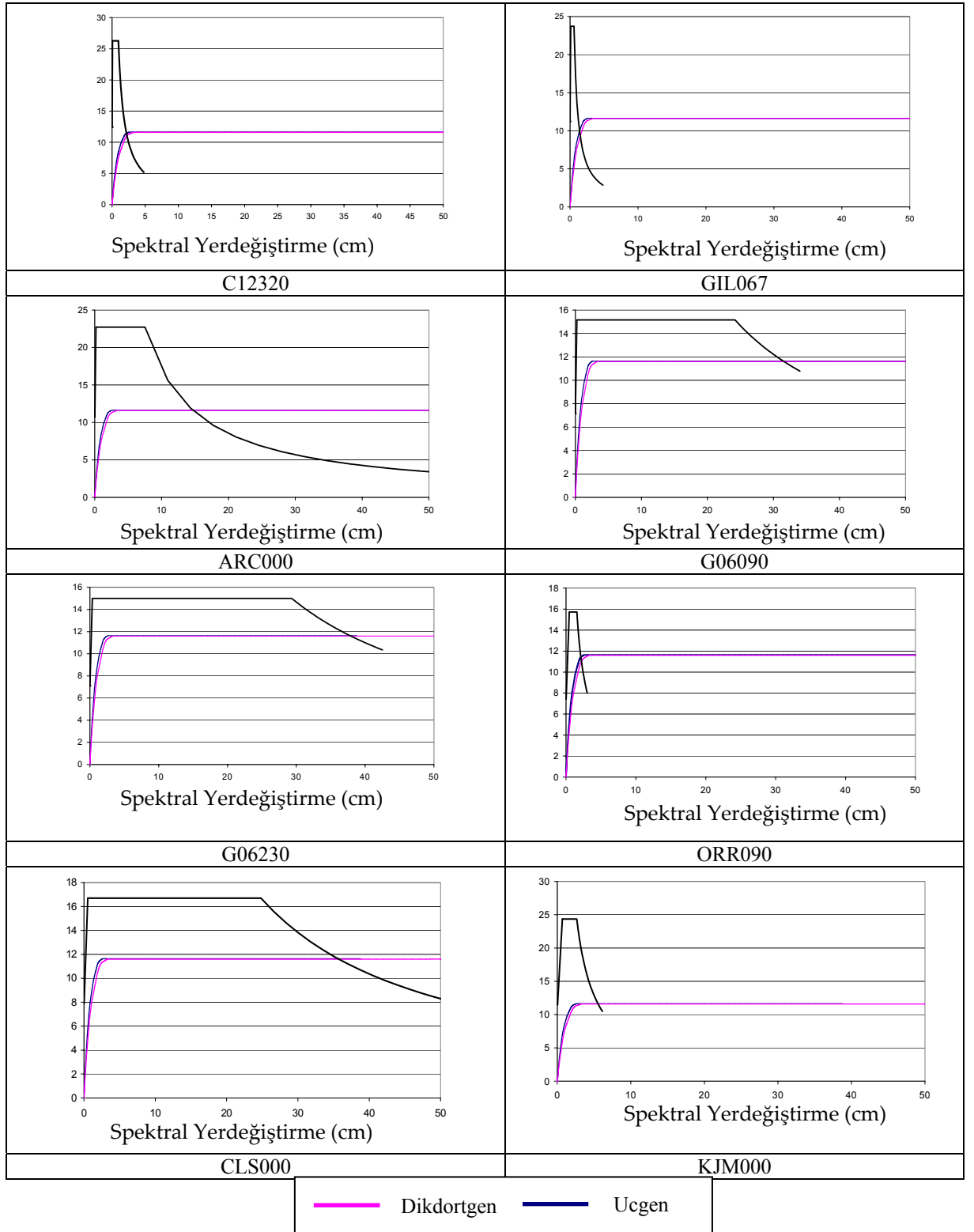
denklem 7 ve 8 kullanılarak indirgenir. İndirgenmiş olan talep spektrumları, kapasite spektrumları ile kesiştirilerek performans noktaları belirlenir. Şekil 13-14-15-16'da, sırasıyla 3-5-8-15 katlı betonarme çerçeve binalar için sekiz ayrı deprem verisine göre, Şekil 10'daki gibi indirgenmiş talep spektrumları ile üçgen ve dikdörtgen yanal yüklemeye göre yapılan itme analizlerinden elde edilen kapasite spektrumları her bina için ayrı ayrı kesiştirilmiş ve performans noktaları belirlenmiştir. Şekil 17'de ise 3-5-8-15 katlı betonarme çerçeve yapılar için elde edilen kapasite spektrumları ile sekiz deprem verisi için elde edilen indirgenmiş talep spektrumları tek bir grafikte gösterilmiştir. Bu grafikte tüm deprem verileri ile elde edilen talep spektrumları birlikte görülebilmektedir.



Şekil 11. Her bir deprem verisi için rölatif yer değıştirme ve ivme spektrumu grafikleri.
 Figure 11. Relative displacement and acceleration spectrum graphs for each earthquake datum.

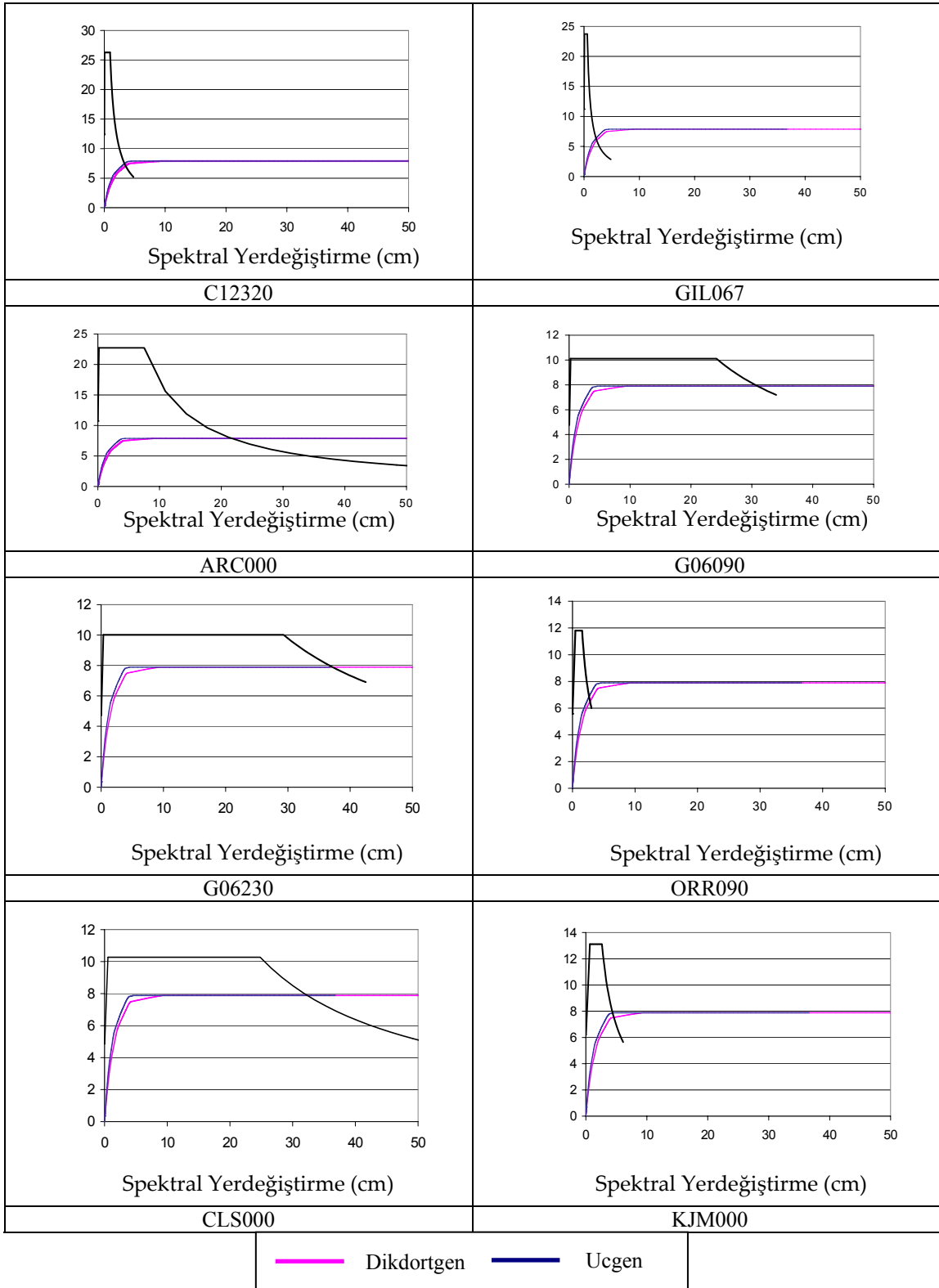


Şekil 12. Elde edilen idealleştirilmiş talep (spektral ivme-spektral yerdeğıştirme) spektrumu grafikleri.
 Figure 12. Idealized demand spectrum (spectral acceleration-displacement) graphs.



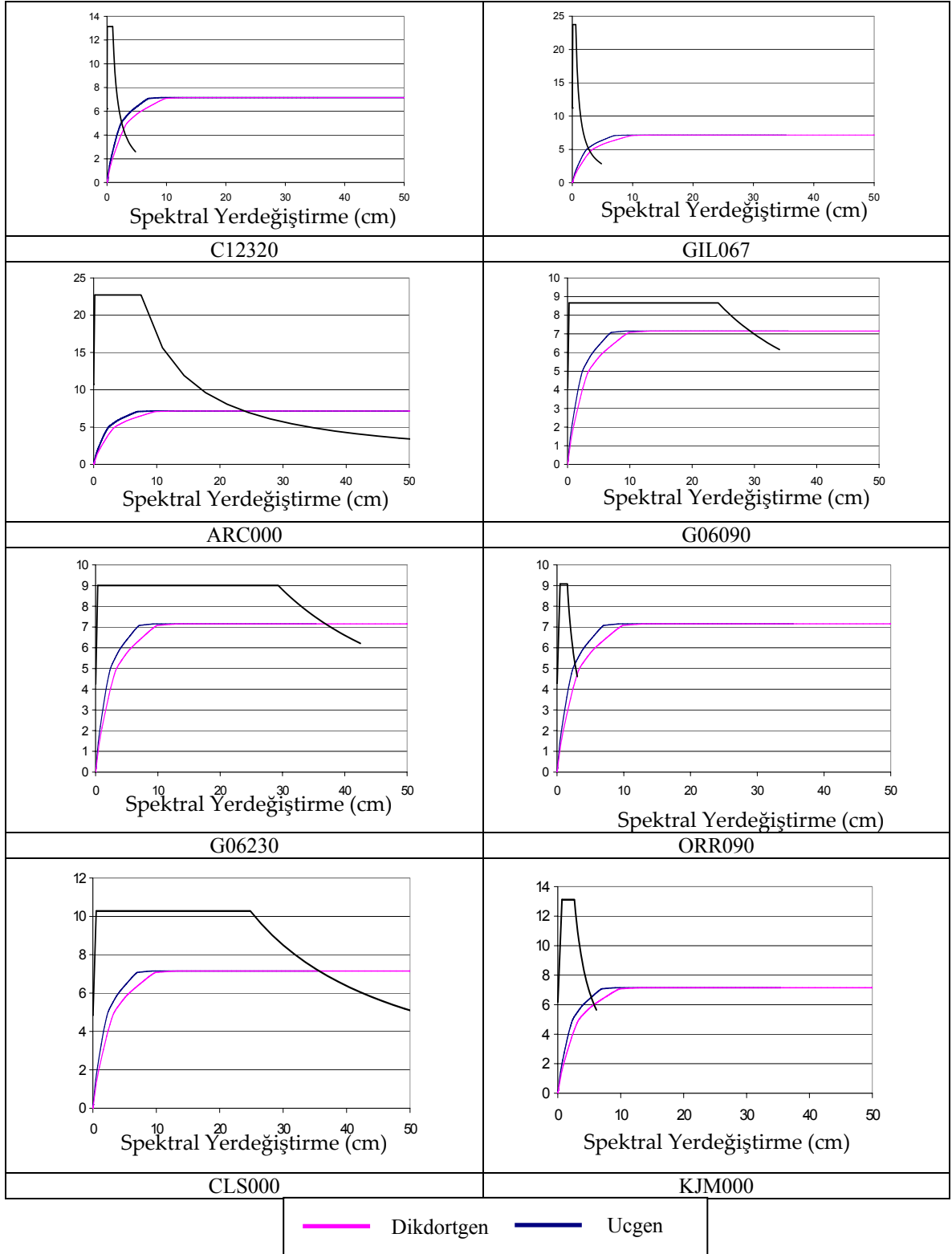
Şekil 13. 3 katlı betonarme çerçeve için tüm deprem verileri için üçgen ve dikdörtgen yükleme altında performans noktalarının belirlenmesi.

Figure 13. Determination of each earthquake performance points for 3 story R/C frame structure under triangular and rectangular loading.



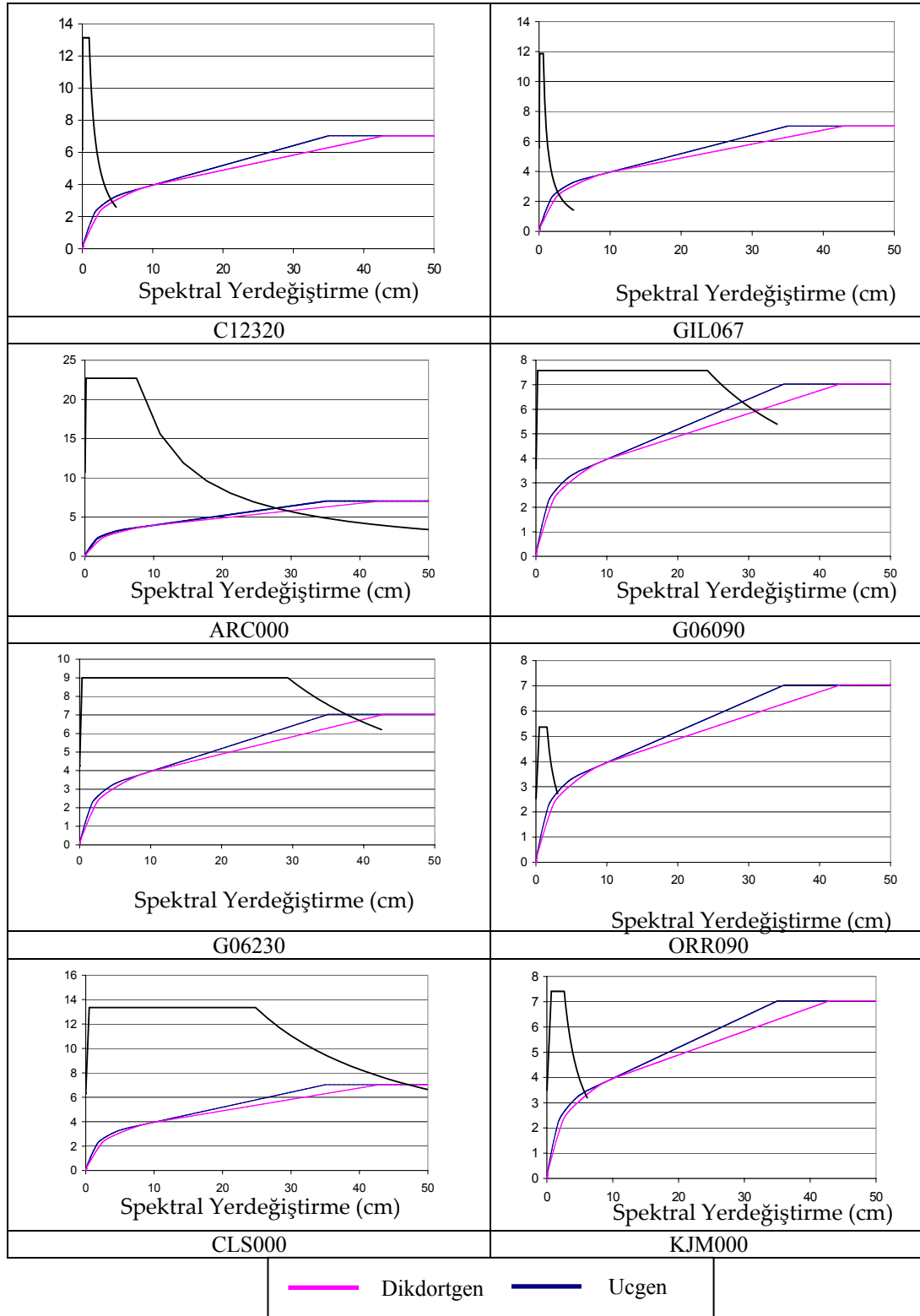
Şekil 14. 5 katlı betonarme çerçeve için tüm deprem verileri için üçgen ve dikdörtgen yükleme altında performans noktalarının belirlenmesi.

Figure 14. Determination of each earthquake performance points for 5 story R/C frame structure under triangular and rectangular loading.



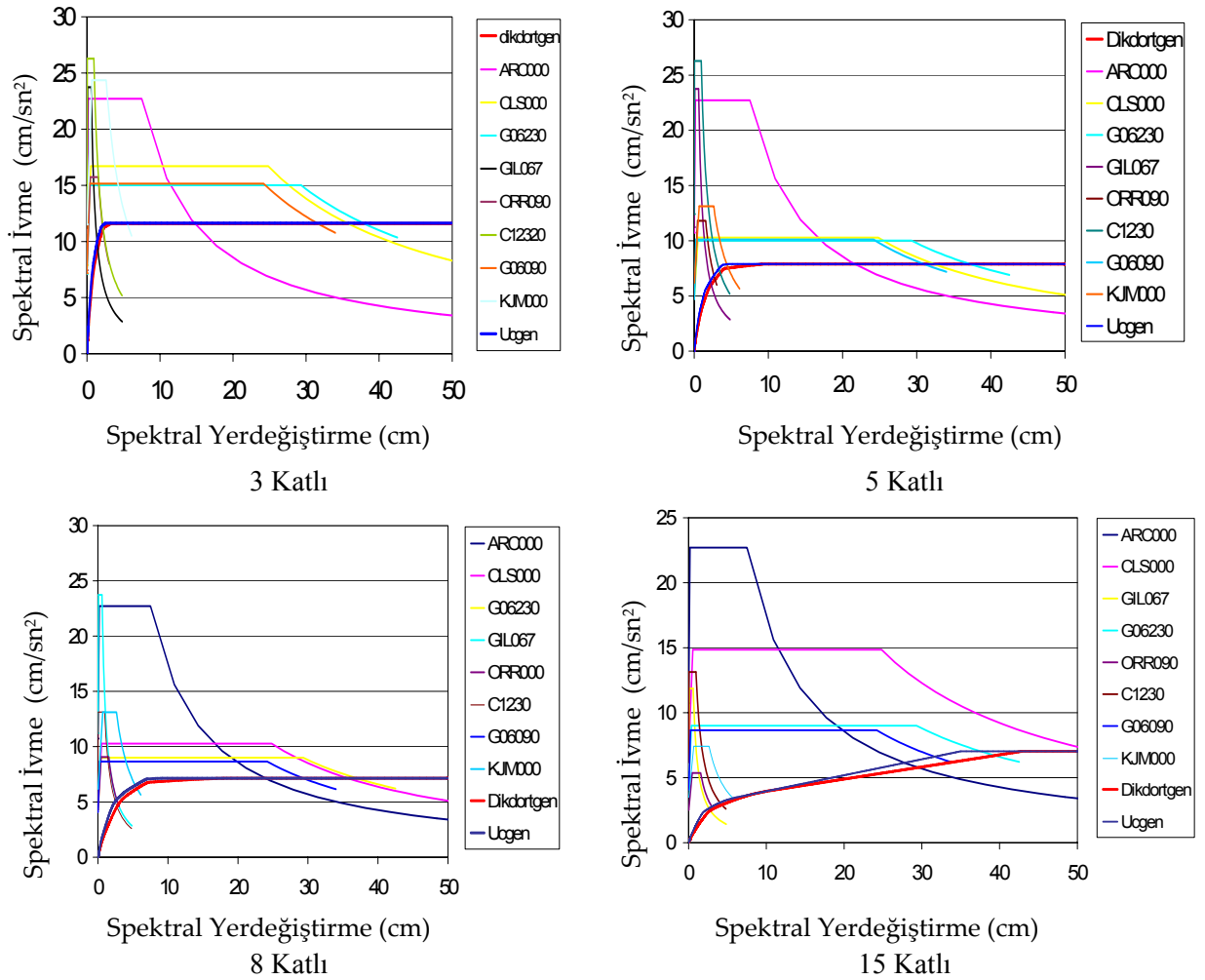
Şekil 15. 8 katlı betonarme çerçeve için tüm deprem verileri için üçgen ve dikdörtgen yükleme altında performans noktalarının belirlenmesi.

Figure 15. Determination of each earthquake performance points for 8 story R/C frame structure under triangular and rectangular loading.



Şekil 16. 15 katlı betonarme çerçeve için tüm deprem verileri için üçgen ve dikdörtgen yükleme altında performans noktalarının belirlenmesi.

Figure 16. Determination of each earthquake performance points for 15 story R/C frame structure under triangular and rectangular loading..



Şekil 17. Deprem verileri için üçgen ve dikdörtgen yükleme altında performans noktalarının belirlenmesi.

Figure 17. Determination of all earthquake performance points under triangular and rectangular loading.

SONUÇLAR

Çalışma kapsamında performansa bağlı analiz yöntemlerinden kapasite spektrumu yöntemi ele alınmıştır.. Kapasite Spektrumu yönteminin uygulanması için gerekli olan itme analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. İtme analizlerinin ardından elde edilen kapasite spektrumları aynı şekilde sunulmuştur. Talep spektrumlarını elde etmek için sekiz farklı deprem verisi alınmış ve ATC 40'da verilen kapasite spektrumu yöntemi prosedürü betonarme çerçeve yapılar için uygulanmıştır. Elde edilen talep spektrumları indirgenerek kapasite spektrumları ile ATC 40'da verilmiş olan iteratif prosedür ile kesiştirilmiş ve performans noktaları depremler

altında betonarme çerçeve yapılar için elde edilmiştir. Kapasite spektrumu yöntemi prosedüründe kullanılan itme analizleri, talep spektrumunun ve performans noktasının bulunması, şekillerde detaylı olarak gösterilmiştir.

Şekil 13-16'da Tüm deprem verileri ile her bir bina için indirgenmiş talep spektrumları elde edilmiş ve kapasite spektrumları ile kesiştirilerek performans noktaları belirlenmiştir. Şekil 17'de ise tüm deprem verileri için elde edilen talep spektrumları her bina için tek bir grafikte toplanmıştır. İstenen performans noktaları, deprem verileri ile elde edilen talep spektrumları vasıtasıyla bulunan performans noktaları ile karşılaştırılarak, bina için performans noktaları belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 17'deki

grafiklerden görüldüğü gibi, performans noktası, kat yüksekliği artışına bağlı olarak, deprem talep performanslarından düşük kalmaktadır. Bu da göstermektedir ki donatı ve boyutları yeterli olduğu halde, performans talepleri göz önüne alınmadan boyutlandırılan betonarme binalar kat adetlerine bağlı olarak deprem performans talebini karşılayamayabilmektedir. Uygulamadaki şartnameler ile boyutlandırılan yapıların, yapısal performanslarının istenen düzeyden düşük olması o şartnamelerin performans gereksinimlerini yerine getirmediğini göstermektedir. Dolayısıyla performans analizleri gerçekleştirilmeden boyutlandırılan yapıların deprem güvenliklerinden söz etmek

mümkün olamaz. Performansa bağlı analiz yöntemlerinin günümüz şartnamelerine adapte edilmesi gereklidir.

ATC 40'da önerilen kapasite spektrumu yöntemi ile gerçekleştirilen performansa bağlı analiz yöntemleri ile geçerli şartname yöntemleri karşılaştırıldığında, performans analizlerinin binaların gerçek deprem davranışlarını ortaya koydukları görülmektedir. Deprem sırasında bina davranışının belirlenmesi için kullanılan şartnamelere göre boyutlandırılan yapıların ön görülen dayanım performansını sağlayamadığı anlaşılmaktadır. Bu da performansa bağlı analiz yöntemlerinin, binaların deprem davranışlarının belirlenmesindeki önemini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- ACI 318, 2000, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute, Michigan, USA,
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No: 25,
- ATC-40, 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings-Vol.1, Applied Technology Council, Redwood City, CA.
- <http://peer.berkeley.edu> ,PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) web sayfası
- IBC, 2000, International Building Code, International Conference of Building Officials, CA.
- İrtem, E., Turker K., 2002, Yapıların deprem yükleri altındaki lineer olmayan davranışının belirlenmesinde kullanılan statik yöntemlerin karşılaştırılması, Balıkesir Üni., IV. Müh-Mim Sempozyumu, Balıkesir.
- Kumbasar, N., Celep, Z., 2004, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul.
- Li, Y.R., 1996, Non-Linear Time History And Pushover Analyses for Seismic Design and Evaluation, PhD Thesis, University of Texas, Austin, TX.
- Matlab Program Tool Version 6.5. Release 13, The MathWorks, Inc. Software License Agreement
- Prakash, V., Powell, G., Campbell, S., 1993, DRAIN 2D User Guide V 1.10, University of California at Berkeley, CA.
- TS500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TSEK, Ankara.
- Vision 2000 Committee, 1995, Structural Engineering Association of California, CA.
- Wilson E., Habibullah A., 1998, Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Computers and Structures, Berkeley, California, USA.