

Performansa Bağlı Analiz Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Kasım Armağan KORKMAZ
Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Çünür, ISPARTA

ÖZET

Günümüzde performansa bağlı analiz yöntemleri, yapıların deprem davranışlarının belirlenmesi amacı ile yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu çalışmada, performansa bağlı analiz yöntemlerinden Kapasite Spektrumu Yöntemi, “Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi” “Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz” sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışmada betonarme yapıların performansa bağlı analiz yöntemlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 3, 5, 8 ve 15 katlı 4 adet betonarme çerçeve yapı ele alınmış, bu çerçeve yapıların bahsedilen yöntemlerle performansa bağlı analizleri ile zaman tanım alanında dinamik analizleri seçilen 10 deprem verisiyle gerçekleştirilmiştir. Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz sonuçlarına en yakın sonuçları veren performansa bağlı analiz yönteminin belirlenmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Performansa Bağlı Analiz Yöntemleri, Kapasite Spektrumu Yöntemi, Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi

Evaluation of Performance Based Analysis

ABSTRACT

Recently, performance based analyses are commonly used to define the earthquake behavior of the structures. In this study, it is aimed to evaluate the performance of the R/C frame structures by using performance based design methods as capacity spectrum and displacement coefficient methods. Therefore, 3, 5, 8 and 15-story R/C frame structures are chosen. Performance based analyses are conducted for these frame structures. After performing performance based methodologies, time history analyses are realized for the same structures with 10 different earthquake data. According to time history analysis results, the performance based analyses are evaluated. As a result, it is determined the best fit performance based methods with time history analysis results.

Keywords: Performance Based Design, Capacity Spectrum Method, Displacement Coefficient Methods

1. GİRİŞ

Yapıların deprem davranışlarının, performans değerlendirilmesinde; günümüzde performansa bağlı analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada performansa bağlı analiz yöntemleriyle seçilen örnek betonarme çerçeve yapılar üzerinde deprem davranışı belirlenerek, zaman tanım alanında analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Performansa bağlı analiz yöntemleri FEMA273-274-356 ve 440 ve ATC40 ön değerlendirme

kaynaklarında kapasite spektrumu ve yer değiştirme katsayısı yöntemi olarak verilmektedir (1-4). Bu yöntemlerde, yapı kapasitesini belirlemede doğrusal olmayan artımsal itme analizleri kullanılmaktadır (5-7). Çalışma kapsamında, Tablo 1’de verilen 10 deprem verisi kullanılmıştır (8). Tablo 1’de verilen deprem verilerinin, rölatif yer değiştirme ve ivme grafikleriyle idealleştirilmiş talep spektrumları Şekil 2’de gösterilmiştir. Talep spektrumlarının idealleştirilmesi için Matlab programıyla hazırlanmış olan idealleştirme

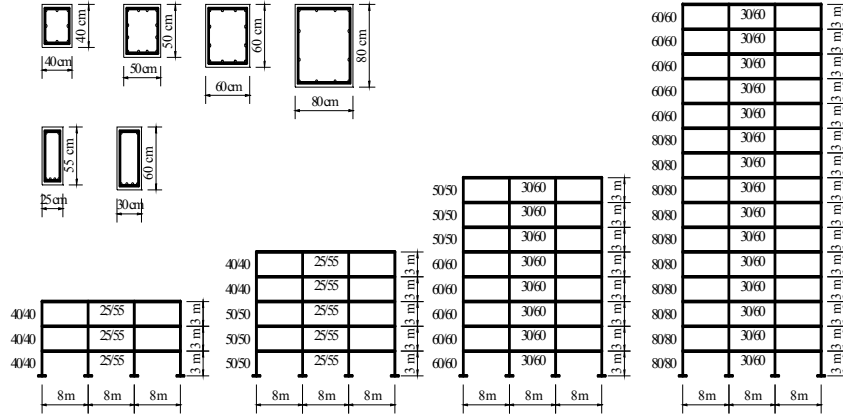
Tablo 1. Analizlerde Kullanılan Deprem Verileri [5]

Deprem	Tarih	İsim	M _w	Hız (cm/s)	İvme (g)	r (km)	Fay Tipi
Parkfield	28/06/1966	C12320	5.6	6.8	0.0633	14.7	Yanal Atımlı
Morgan Hill	24/04/1984	GIL067	6.2	3.6	0.1144	16.2	Yanal Atımlı
Kocaeli	17/08/1999	ARC000	7.4	17.7	0.2188	17	Yanal Atımlı
Morgan Hill	24/04/1984	G06090	6.2	36.7	0.2920	11.8	Yanal Atımlı
Coyote Lake	06/08/1979	G06230	5.8	49.2	0.4339	3.1	Yanal Atımlı
Northridge	17/01/1994	ORR090	6.7	52.1	0.5683	22.6	Ters Eğik
Loma Prieta	18/10/1989	CLS000	7.1	55.2	0.6437	5.1	Ters Oblik
Kobe	16/01/1995	KJM000	6.9	79.3	0.8213	6.9	Yanal Atımlı
<u>Santa Barbara</u>	13/08/1978	SBA222	7.2	16.3	0.203	14.0	Ters Oblik
Livermore	27/01/1980	LMO355	7.4	9.8	0.252	8.0	Yanal Atımlı

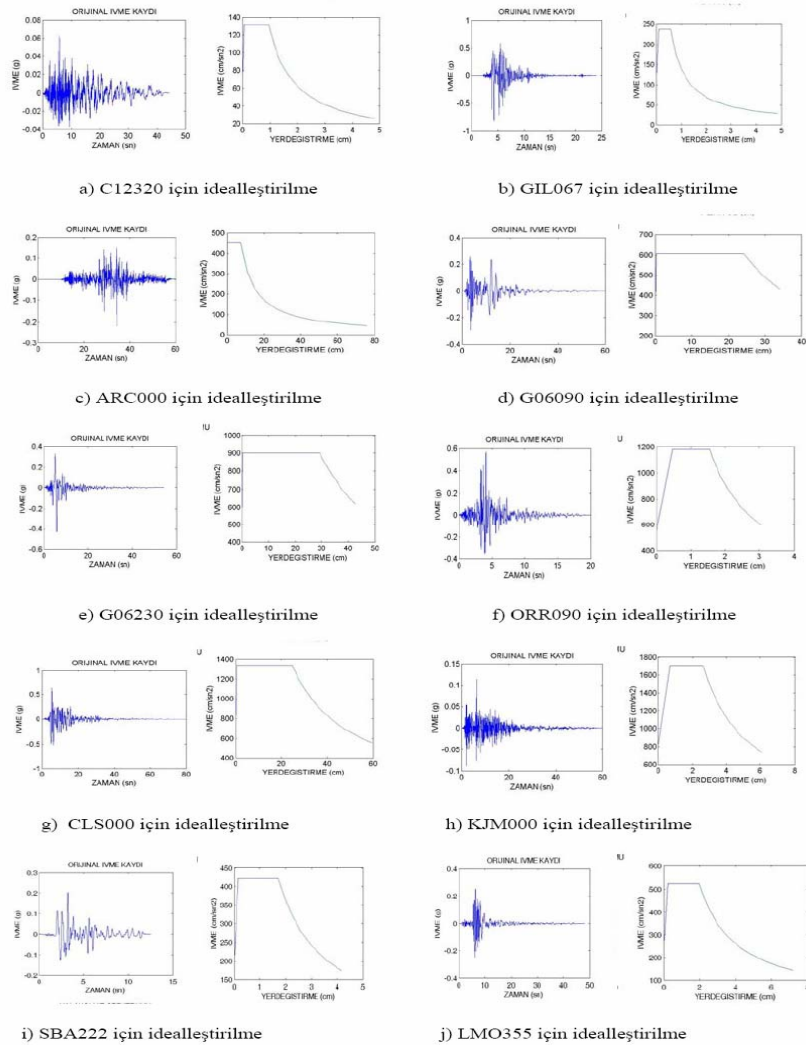
programı kullanılmıştır (9). Şekil 1’de ABYYHY ve TS500’e göre SAP2000 programı ile boyutlandırılmış betonarme çerçeve yapılar verilmiştir (10,11,12). Şekil 2’de de idealleştirmesi yapılan deprem ivme kayıtları verilmiştir.

2. ARTIMSAL İTME ANALİZLERİ

Doğrusal olmayan analizleri statik ve dinamik olarak ikiye ayırmak mümkündür. Dinamik analiz yöntemlerinde yapıya gerçek deprem yükü etkilmesi nedeniyle yapının doğrusal olmayan davranışını gerçeğe



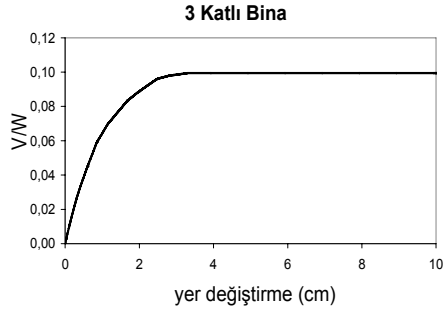
Şekil 1. Betonarme Çerçeve Yapıların ve Kesit Alanlarının Şematik Gösterimi



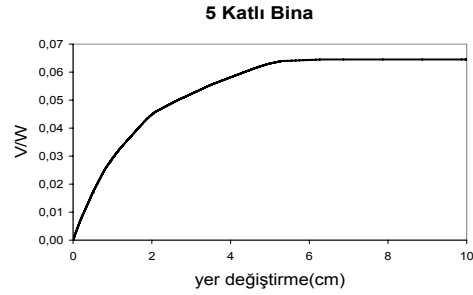
Şekil 2. Analizlerde Kullanılan Deprem Verilerinin İdealleştirilmesi

en yakın şekilde belirlemektedir ancak doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri oldukça karmaşık ve zaman alıcı olması nedeniyle pratikliğini kaybetmektedir. Böylece doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemleri önem kazanmaktadır. Kapasite eğrisi olarak adlandırılan yatay yük-tepe noktası yer değiştirmesi

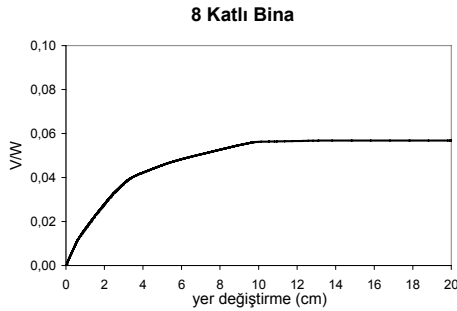
formansa bağlı analiz yöntemleriyle yapıların deprem sırasındaki doğrusal olmayan davranışları ve yapıda meydana gelmesi muhtemel hasarları belirlemek mümkün olmaktadır (4). Şekil 4’de performans noktasının belirlenmesi şekil üzerinde gösterilmektedir.



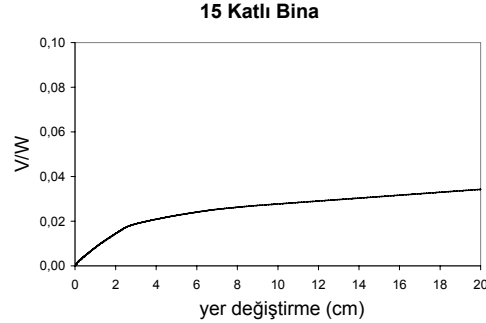
a. 3 Katlı Yapının Artımsal İtme Eğrisi



b. 5 Katlı Yapının Artımsal İtme Eğrisi



c. 8 Katlı Yapının Artımsal İtme Eğrisi



d. 15 Katlı Yapının Artımsal İtme Eğrisi

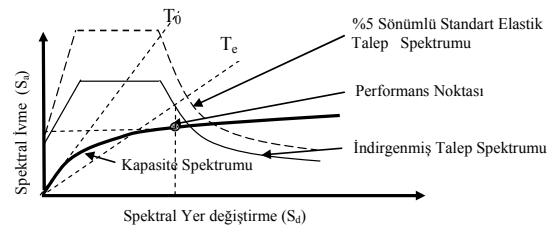
Şekil 3. 3-5-8 ve 15 Katlı Yapıların Artımsal İtme Eğrileri

ilişkisi sayesinde, oluşabilecek hasar, kısmi veya toptan göçme durumları belirlenebilmekte, yapının zayıf elemanları ve bunların oluşma yerleri yapının göçme durumuna ait limit yük değeri ve göçme anındaki yer değiştirme miktarı, yapı sisteminin ve elemanların deformasyon talepleri belirlenebilmektedir. Çalışma kapsamında kapasite eğrilerinin SAP 2000 programı ile elde edilmesinde dikdörtgen yükleme tipi seçilmiştir (12, 13, 14). Şekil 3’de elde edilen kapasite eğrileri sunulmuştur.

3. PERFORMANSA BAĞLI ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.1. Kapasite Spektrumu Yöntemi

1996 yılında Sigmund Freeman ve daha sonra Applied Technology Council tarafından yayınlanan ATC 40’da, Kapasite Spektrumu yöntemiyle performansla ilgili analiz yöntemi geliştirilmiş ve bu yöntemle yapıların deprem etkisindeki yatay yer değiştirme talepleriyle yatay yük taşıma kapasitelerinin birbirlerine bağımlı olduğu ifade edilmiştir (1,2). Bu yöntem, 2005 yılında yayınlanan FEMA 440’da güncellenmiştir. Per-



Şekil 4. Kapasite Spektrumu Yöntemiyle Performans Noktasının Belirlenmesi

Yöntemde öncelikle artımsal itme eğrileri elde edilir ve ardından, itme eğrileri, spektral formata dönüştürülür. Böylece, şekil 3’de gösterildiği gibi kapasite spektrumu elde edilmiş olur. İtme eğrilerinin spektral formata dönüştürülmesinin başlıca sebebi talep spektrumlarıyla karşılaştırılacak olmasıdır. Ancak, talep spektrumu tek serbestlik dereceli sisteme ait olduğu için, çok serbestlik dereceli sistemin eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesi gerekmektedir. Betonarme yapılar elastik olmayan yer değiştirmeler nedeniyle rijitlik kaybeder, rijitlik kaybettiğçe

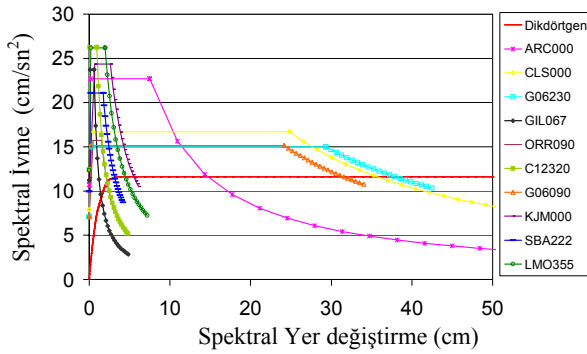
periyodları ve sönümleri artar. Kapasite spektrumu yardımıyla, yutulan enerji miktarı ve buna karşılık gelen eşdeğer sönüm hesaplanabilir. Viskoz sönüm oranı genellikle %5 olarak alınmaktadır. Çevrimsel sönüm ise kapasite spektrumu içeren çevrimsel alanıyla ilgilidir ve eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilebilir. Etkin sönüm oranı, süneklığe bağlı olarak şu şekilde elde edilebilmektedir (4):

$$\mu < 4.0 \text{ için; } \beta_{etkin} = 4.9(\mu - 1)^2 - 1.1(\mu - 1)^3 + \beta_0 \quad (1)$$

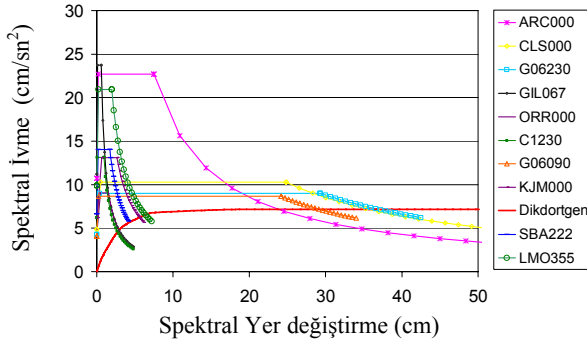
$$4.0 < \mu < 6.5 \text{ için; } \beta_{etkin} = 14 + 0.32(\mu - 1) + \beta_0 \quad (2)$$

$$\mu > 6.5 \text{ için; } \beta_{etkin} = 19 \left[\frac{0.64(\mu - 1) - 1}{[0.64(\mu - 1)]^2} \right] \left(\frac{T_{etkin}}{T_0} \right)^2 + \beta_0 \quad (3)$$

Burada β_e : etkin sönüm oranı, β_0 : eşdeğer viskoz sönüm cinsinden çevrimsel sönüm oranı ve süneklilik ise



a. 3 Katlı yapı için kapasite spektrumu yöntemi

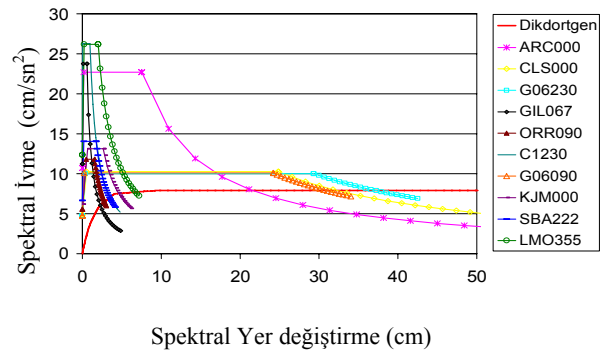


d. 8 Katlı yapı için kapasite spektrumu yöntemi

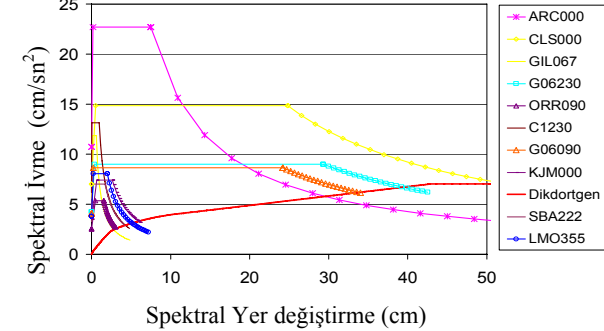
Çalışma kapsamında kapasite spektrumu yöntemiyle seçilen örnek çerçevelerin performans noktaları belirlenmiştir. Yöntemin uygulanmasında FEMA 440'da yapılan güncellemeler dikkate alınmıştır. Şekil 5 ve Şekil 6'da seçilen deprem verilerine göre elde edilen performans noktası değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

3.2. Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi

Bu yöntem de kapasite spektrumu yönteminde olduğu gibi, belirli bir yer hareketi için yapıya yüklenen yer değiştirme talebiyle yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağımlı olduğu esasına dayanmaktadır (13). Yer değiştirme talebi grafiksel olarak değil doğrudan olarak sayısal bir yöntemle hesaplanmaktadır. Kolay ve hızlı bir yöntem olması nedeniyle avantajlıdır. Ancak bu yöntemde, ikinci mertebeye etkileri ve çevrimsel davranışı temsil eden katsayıların çeşitli yapılar için



c. 5 Katlı yapı için kapasite spektrumu yöntemi



e. 15 Katlı yapı için kapasite spektrumu yöntemi

Şekil 5. Tüm Deprem Verileri Kullanılarak Dikdörtgen Yükleme İçin Kapasite Spektrumu Yöntemiyle Performans Noktasının Belirlenmesi

$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$ şeklindedir. Sönümle yutulan enerji E_D ve

elastik şekil değiştirme enerjisi E_{SO} şekil 3 kullanılarak bulunabilir (4);

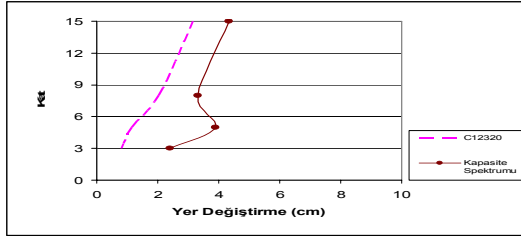
$$E_D = 4(a_y d_{pi} - d_y a_{pi}) \quad (4)$$

$$E_{SO} = \frac{a_{pi}}{2} \quad (5)$$

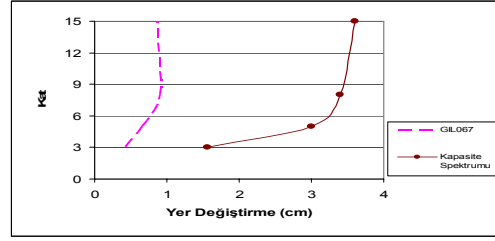
araştırılması gerektiği bilinmektedir. Bu yöntem yapının kapasite eğrisinin belirlenmesi, maksimum yer değiştirmenin (hedef yer değiştirmesi) hesaplanması ve performans seviyesinin belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Yapıya ait kapasite eğrisi elde edildikten sonra bu eğri, elastik rijitliği ifade eden (K_e) ve elastik sonrası rijitliği ifade eden (K_s) doğru parçalarıyla şekil 8'de gösterildiği gibi idealleştirilmektedir. Bu idealleştirme yapılırken K_e doğrusunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, K_e ve K_s doğrularının kesim noktasının ordinatının %60'ı ($0.6V_y$) olması sağlanır. Ancak

iki doğru parçasının kesişim noktası başlangıçta bilinmediği için bir deneme yanılma yöntemi uygulanmaktadır. Buna göre, bir K_c doğrusu seçilerek V_y değeri belir-

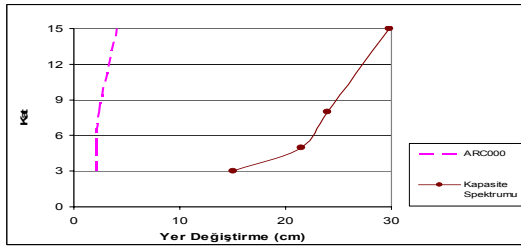
lenir. Ke doğrusunun kapasite eğrisini kestiği nokta kontrol edilir. Değer $0.60V_y$ 'ye eşit değilse K_c için bir değer seçilerek işlem tekrarlanır (Şekil 7) (4).



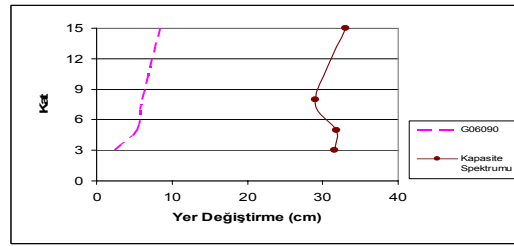
a) C12320 Deprem verisi için karşılaştırma



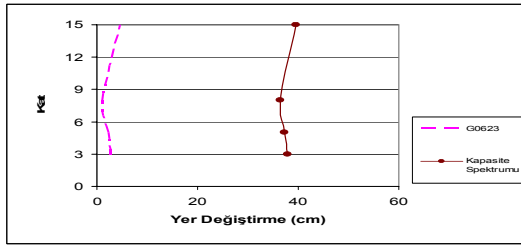
b) GIL067 Deprem verisi için karşılaştırma



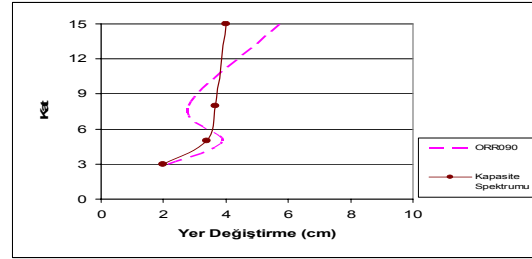
c) ARC000 Deprem verisi için karşılaştırma



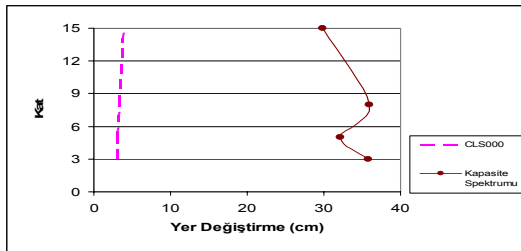
d) G06090 Deprem verisi için karşılaştırma



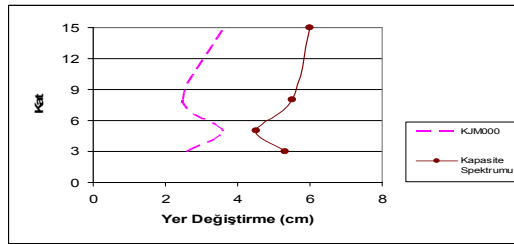
e) G06230 Deprem verisi için karşılaştırma



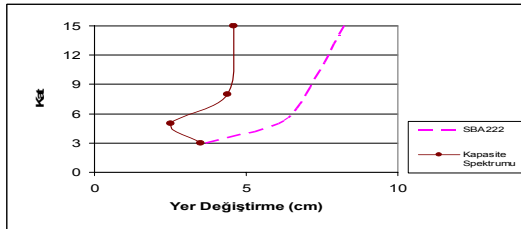
f) ORR090 Deprem verisi için karşılaştırma



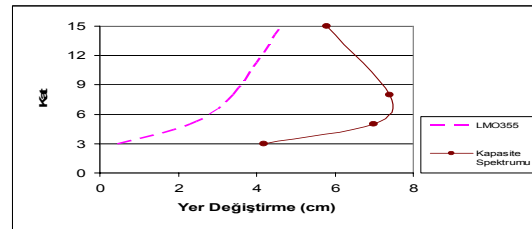
g) CLS000 Deprem verisi için karşılaştırma



h) KJM000 Deprem verisi için karşılaştırma

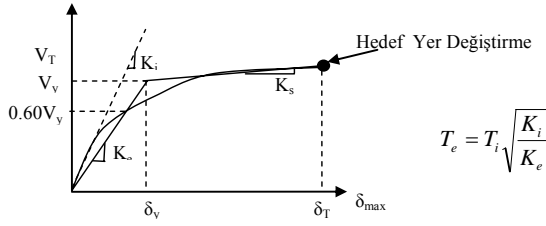


i) SBA222 Deprem verisi için karşılaştırma



j) LMO355 Deprem verisi için karşılaştırma

Şekil 6. Kapasite Spektrumu Yöntemi Sonuçlarının Karşılaştırılması



Şekil 7. Kapasite Eğrisinin İki Doğru Parçasıyla İdealleştirilmesi

Burada T_i , yapının elastik dinamik analizle bulunan birinci doğal periyodu, K_i yapının elastik yanal rijitliği, K_e ise elastik etkin rijitliğidir. Yapının performans kontrolünün yapılacağı talep yer değiştirmesi (δ) :

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\Pi^2} g \quad (6)$$

Burada, C_0 yapının tepe yer değiştirmesinin spektral yer değiştirmeye ilişkilendiren katsayıdır. Bu katsayı birinci moda ait modal katılım çarpanına bağlı olarak hesaplanır veya FEMA 273'de yapı kat adedine bağlı olarak hazırlanan tablolardan alınabilir. C_1 doğrusal-elastik davranış için hesaplanmış yer değiştirmelerle beklenen maksimum elastik olmayan yer değiştirmeleri ilişkilendiren katsayıdır ve şu bağıntıyla hesaplanır.

$$T_e < T_0 \text{ için } C_1=1.0 \text{ veya } T_e > T_0 \text{ için } C_1=1.0 + \frac{R-1}{aT_e^2} \quad (7)$$

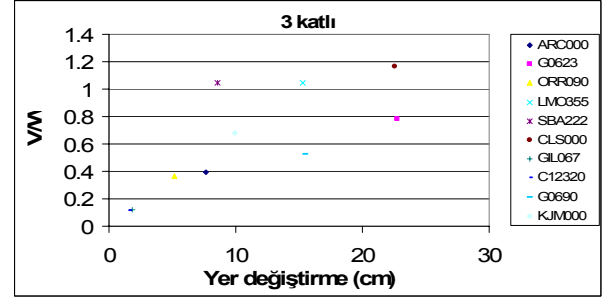
Burada T_0 davranış spektrumunda sabit ivme bölgesinden sabit hız bölgesine geçiş karşılık gelen karakteristik periyot değeri, R elastik olmayan dayanım talebinin akma dayanımına (V_y) oranı olup aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$R = (S_a / g) / [(V_y C_0) / W] \quad (8)$$

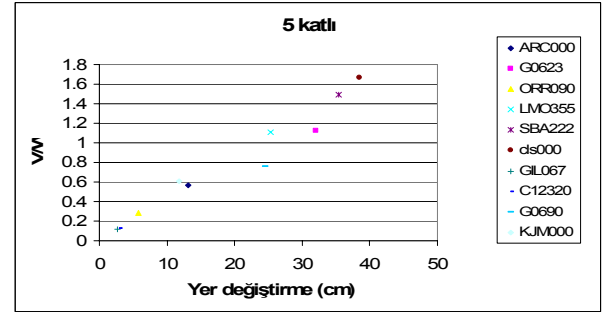
V_y akma dayanımı, S_a yapının birinci doğal periyoduna karşılık gelen spektral ivmedir. C_2 çevrimsel şeklin maksimum yer değiştirme davranışı üzerindeki etkisini temsil eden değişiklik katsayısıdır. C_3 2. merete etkiler nedeniyle artırılmış yer değiştirmeleri temsil eden değişiklik katsayısıdır.

$$C_3 = 1.0 + \frac{\alpha(R-1)}{T_e} \quad (9)$$

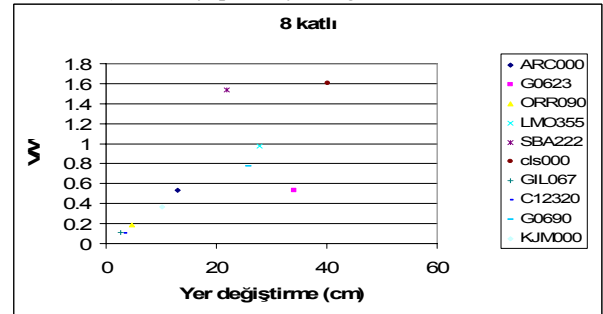
Burada, α , elastik sonrası rijitliğin, etkin elastik rijitliğe oranıdır. Şekil 8 ve Şekil 9'da edilen performans noktası değerleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



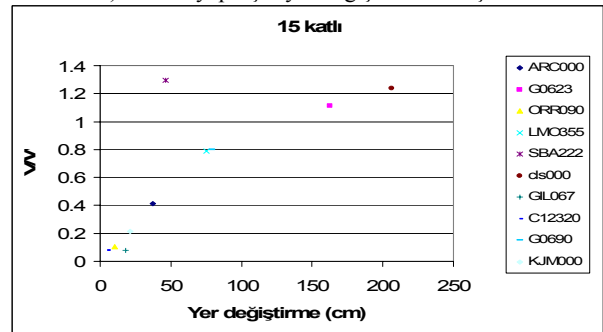
(a) 3 Katlı yapı için yer değiştirme sonuçları



(b) 5 Katlı yapı için yer değiştirme sonuçları

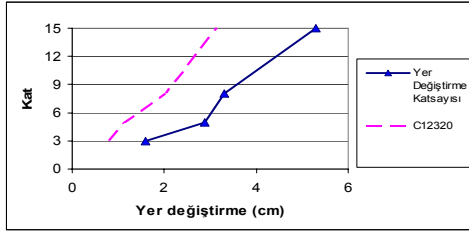


(c) 8 Katlı yapı için yer değiştirme sonuçları

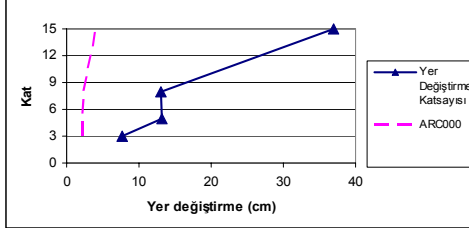


(d) 15 Katlı yapı için yer değiştirme sonuçları

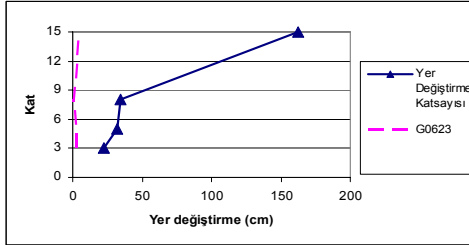
Şekil 8. Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemiyle Elde Edilen Yer Değiştirme Talepleri-V/W Analizi Sonuçları.



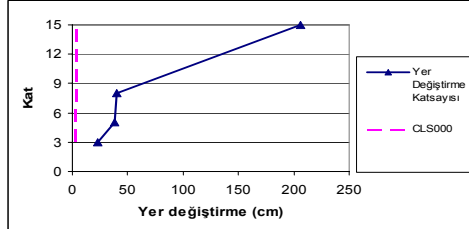
a) C12320 Deprem verisi için karşılaştırma



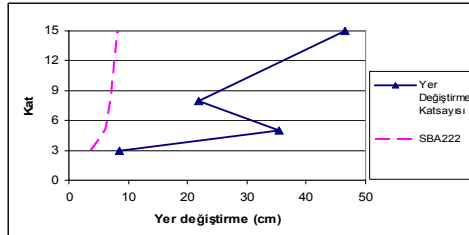
c) ARC000 Deprem verisi için karşılaştırma



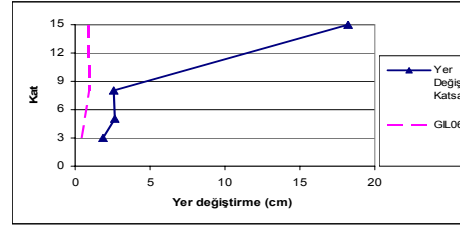
e) G06230 Deprem verisi için karşılaştırma



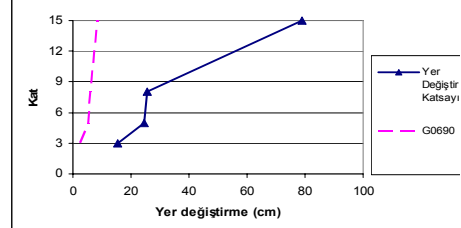
g) CLS000 Deprem verisi için karşılaştırma



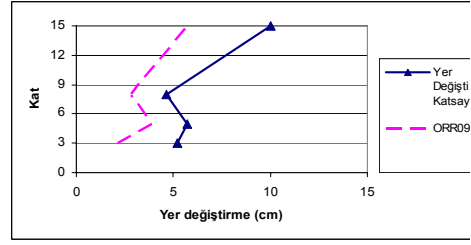
i) SBA222 Deprem verisi için karşılaştırma



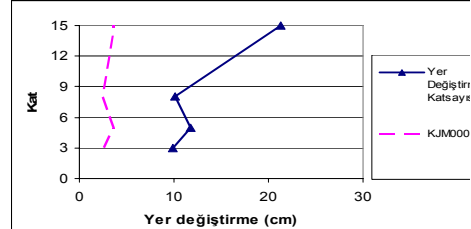
b) GIL067 Deprem verisi için karşılaştırma



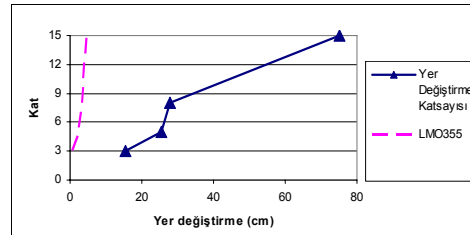
d) G06090 Deprem verisi için karşılaştırma



f) ORR090 Deprem verisi için karşılaştırma



h) KJM000 Deprem verisi için karşılaştırma



j) LMO355 Deprem verisi için karşılaştırma

Şekil 9. Yer Değiştirme Katsayısı Yönteminin Karşılaştırılması

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çalışmada seçilen örnek betonarme yapıların sismik performansa bağlı analizleri seçilen 10 farklı deprem verisi ile gerçekleştirilmiştir. Performansa bağlı analiz yöntemleri ele alınarak karşılaştırılmalı değerlendirilmesi sunulmuştur. Performansa bağlı analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi kapsamında, kapasite spektrumu ve yer değiştirme katsayısı performansa bağlı analiz yöntemleri gerçekleştirilmiştir. Tüm performans analizleri sonucunda elde edilen yer değiştirme değerleri zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen yer değiştirme değerleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar her

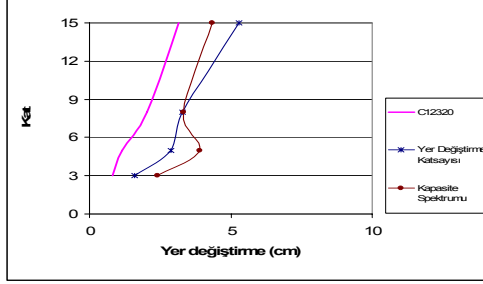
deprem verisi için yapılmış olan zaman tanım alanında analizleriyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Performansa bağlı analiz yöntemlerinden kapasite spektrumu yöntemi ve yer değiştirme katsayısı yöntemi FEMA 440'da verilmiş olan tüm güncellemeler gerçekleştirilerek uygulanmıştır [4]. Kapasite spektrumu yöntemi ve yer değiştirme katsayısı yöntemi detaylı olarak incelenmiştir. Yöntemlerin uygulanması betonarme çerçeve yapılar üzerinde yapılmıştır. Analiz sonuçları da şekiller üzerinde gösterilmiştir. Kapasite spektrumu ve yer değiştirme katsayısı analiz yöntemi sonuçları özellikle yapı yükseklikleri arttıkça gerçek sonuçlardan

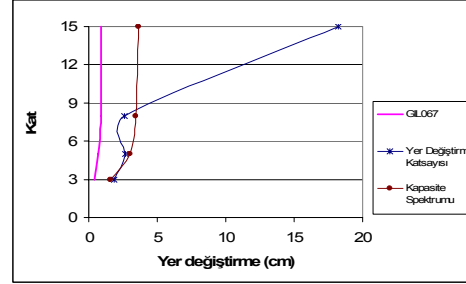
uzaklaşmaktadır. Bu yöntemler, belirli bir yer hareketi için yapıya yüklenen yer değiştirme talebiyle yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağlı olduğu esasına dayanmaktadır. Bu da analiz sonuçlarının gerçek sonuçlardan uzaklaşmasına neden olmaktadır.

Yer değiştirme katsayısı yöntemi sonuçları kat yükseklikleri arttıkça zaman tanım alanında analiz so-

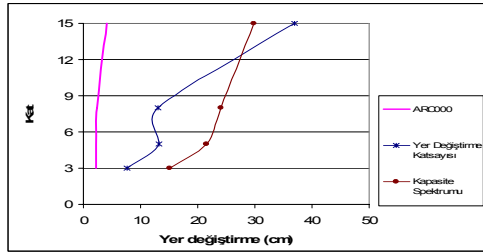
nuçlarından oldukça uzaklaşmaktadır. Aynı durum kapasite spektrumu yöntemi için de geçerlidir. Sonuç olarak performansa bağlı analiz yöntemlerinin, zaman tanım alanında analiz yöntemleriyle yeter yakınlıkta sonuçlar vermediği sonucuna ulaşmak mümkündür. Elde edilen analiz sonuçları performansa bağlı analiz yöntemlerinin güvenilirliklerinin sorgulanması gerekliliğini ortaya koymaktadır.



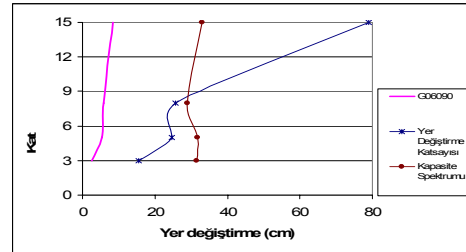
a) C12320 Deprem verisi için karşılaştırma



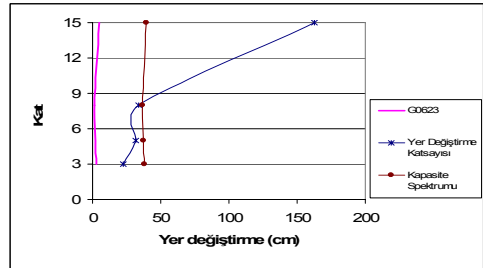
b) GIL067 Deprem verisi için karşılaştırma



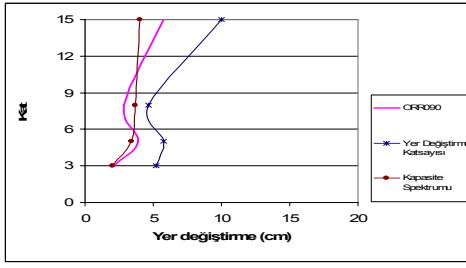
c) ARC000 Deprem verisi için karşılaştırma



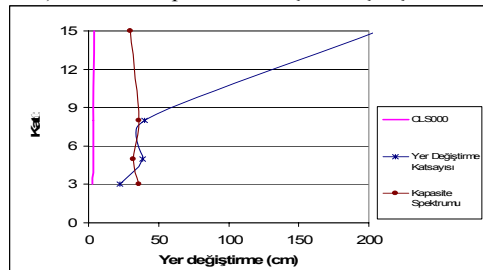
d) G06090 Deprem verisi için karşılaştırma



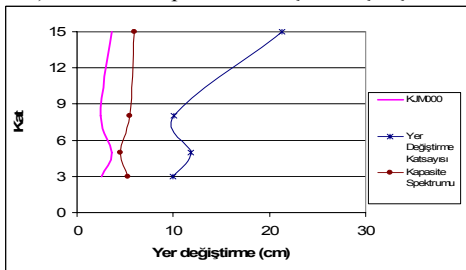
e) G06230 Deprem verisi için karşılaştırma



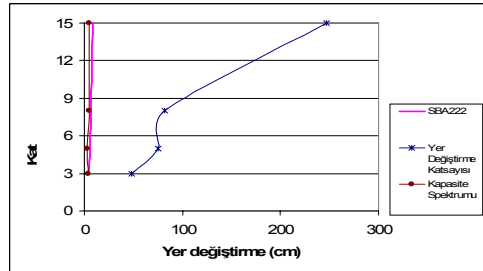
f) ORR090 Deprem verisi için karşılaştırma



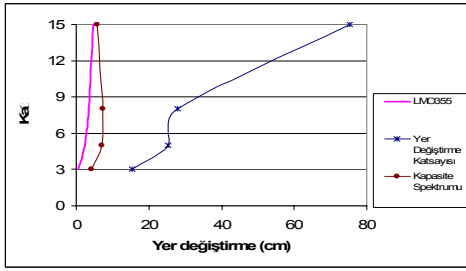
g) CLS000 Deprem verisi için karşılaştırma



h) KJM000 Deprem verisi için karşılaştırma



i) SBA222 Deprem verisi için karşılaştırma

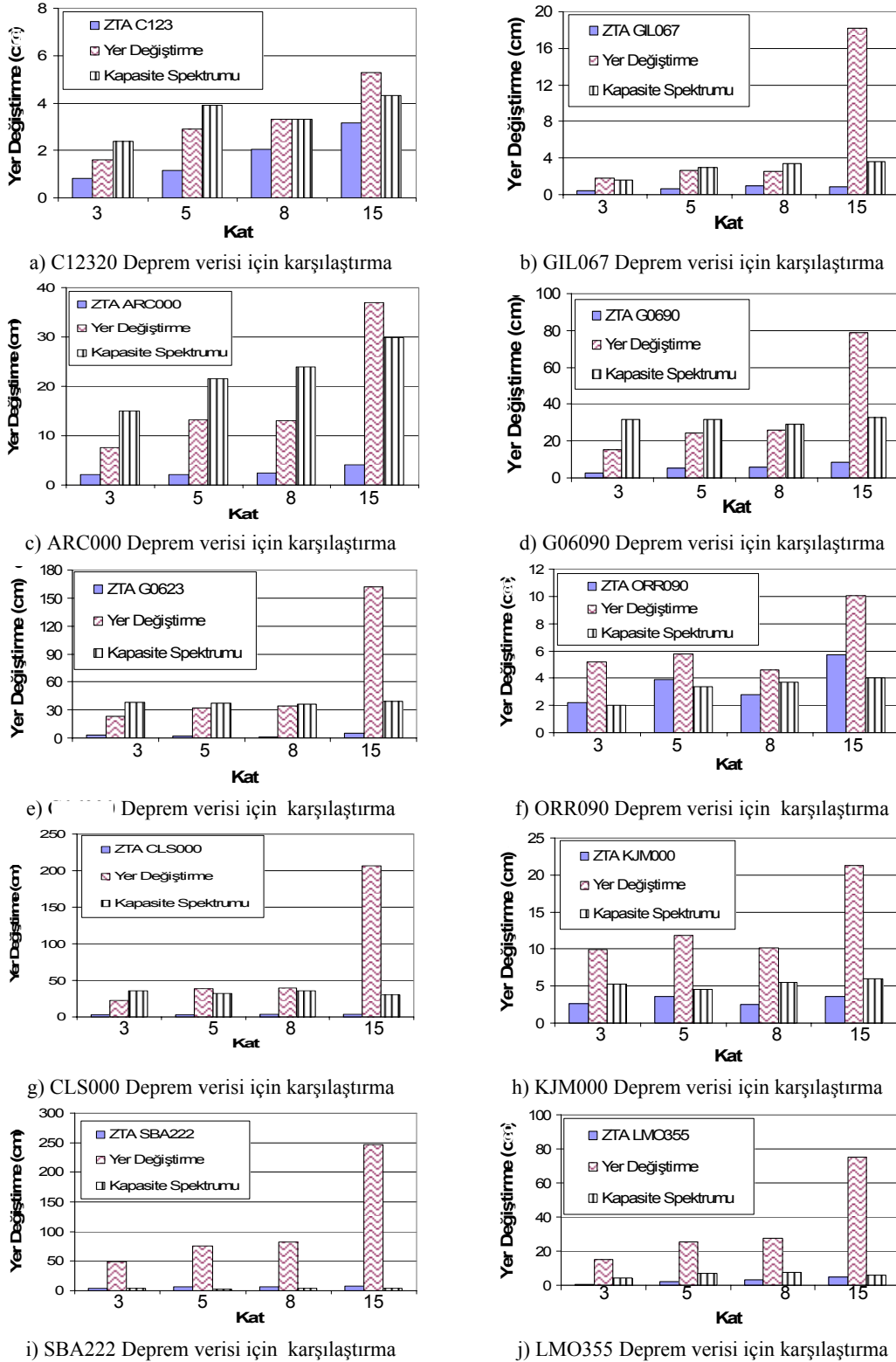


j) LMO355 Deprem verisi için karşılaştırma

Şekil 10. Performansa Bağlı Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.

Şekil 10 ve 11'de verilen grafikler incelendiğinde kapasite spektrumu ve yer değiştirme katsayısı yöntemi sonuçları zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarına göre daha yüksek değerler verdiği görülmektedir. Bu yöntemler, belirli bir yer hareketi için yapıya yüklenen yer değiştirme talebiyle yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağlı olduğu esasına

dayanmaktadır. Bu da yöntemlerin gerçekçi sonuçlar vermemesindeki önemli etkenlerdendir. Kat yüksekliklerine karşı yer değiştirme grafiklerinde çoğunlukla, zaman tanım alanında analiz sonuçlarından uzak çıkmaktadır. Performansa bağlı analiz sonuçları kat yükseklikleri arttıkça zaman tanım alanında analiz sonuçlarından uzaklaşmaktadır. Performansa bağlı analizleri



Şekil 11. Performansa Bağlı Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.

daha gerçekçi kılmak amacıyla sismik performansın olasılıklı olarak ifade edilmesi daha gerçekçi olacaktır. 3, 5 ve 8 katlı yapılar için yapılan analizlerde elde edilen sonuçların 15 katlı yapıya göre daha yaklaşık olduğu görülmektedir. 15 katlı yapı için yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar her iki yöntemin oldukça farklı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Özellikle yer değiştirme katsayısı yöntemi ile 15 katlı yapı için elde edilen sonuçların çok daha farklı olduğu görülmektedir.

Tablo 2’de iki yöntem ortalama ve standart sapma değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Bu iki yöntemi karşılaştıracak olursak, kapasite spektrumu yöntemi ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçların yer değiştirme katsayısı yöntemi sonuçlarına göre daha yaklaşık değerlerde olduğu grafiklerden ve tablo 2’de verilen ortalama değerlerinden görülmektedir.

Performansa bağlı analiz yöntemleri sonuçları zaman tanım alanında dinamik analizi sonuçlarına yeterli yakınsaklıkta sonuçlar vermemektedir. Özellikle

Tablo 2. Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Yapılar	Ortalama Değerler			Standart Sapma		
	ZTA Dinamik Analiz	Yer Değiştirme Katsayısı	Kapasite Spektrumu	ZTA Dinamik Analiz	Yer Değiştirme Katsayısı	Kapasite Spektrumu
3 Katlı	2.04	15.08	13.94	1.11	14.03	15.19
5 Katlı	3.06	23.20	14.69	1.72	22.13	14.31
8 katlı	3.13	33.44	15.31	1.95	24.27	14.29
15 Katlı	4.72	86.15	16.05	2.27	88.04	14.88

çok katlı yapılar için yöntemlerin uygulanması sonucu elde edilen sonuçların yanıtıcı olacağını söylemek mümkün olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- (1) ATC-40, “*Seismic evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*”, Vol.1, Applied Technology Council, Redwood City, CA, 1996.
- (2) FEMA, “Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings and other Structures,” FEMA-273-274, Washington, 1997.
- (3) FEMA, “Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings and other Structures,” FEMA-356, Washington, 2000.

- (4) FEMA, “Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings and other Structures,” FEMA-440, Washington, 2005.
- (5) Özer, E., (2007), Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizi, Ders Notu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- (6) Celep, Z. ve Kumbasar, N., (2000), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- (7) Shen J., Akbas, B. (2000), Seismic Energy Demand in Steel Moment Frames, Journal of Earthquake Engineering, 3(4)
- (8) Pacific Earthquake Engineering Research Center sayfası <http://peer.berkeley.edu>
- (9) Matlab Program Tool V6.5. R.13, The MathWorks, Inc. Software License, 2000.
- (10) ABYYHY-1998, “*Afet Bolgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*” İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Subesi Yayını No: 25, 1998.

- (11) TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, T.S.E., 2000
- (12) Wilson E., Habibullah A., Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Berkeley, ABD
- (13) İrtem, E., Turker K., “Yapıların Deprem Yükleri Altındaki Lineer Olmayan Davranışının Belirlenmesinde Kullanılan Statik Yöntemlerin Karşılaştırılması”, Balıkesir Üniversitesi IV. Müh-Mim Sempozyumu, 2002.
- (14) Korkmaz, A., Sarı, A., Akbas, B., “An Evaluation of Pushover Analysis For Various Load Distributions,” 5th National Conference on Earthquake Engineering, Paper No: AT-017, İstanbul, Turkey, May 26-30, 2003