

**TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNİN PERFORMANS HEDEFLERİNİN
LİNEER OLMAYAN STATİK ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Erdal İrtem
Doç. Dr.
BAÜ. İnş. Müh. Bl.
Balıkesir, Türkiye

Kaan Türker
Araş. Gör.
BAÜ. İnş. Müh. Bl.
Balıkesir, Türkiye

Umut Hasgöl
Araş. Gör.
BAÜ. İnş. Müh. Bl.
Balıkesir, Türkiye

ÖZET

Çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliğinin (ABYYHY-1998) ana ilkesi olarak öngörülen performans (deprem güvenliği) hedeflerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için, az ve orta katlı çerçeve ve çok katlı perde-çerçeve yapıları temsil eden üç tipik (3,6 ve 10 katlı) betonarme yapı seçilerek lineer olmayan statik analiz yöntemleri (Kapasite Spektrum Yöntemi ve Deplasman Katsayıları Yöntemi) ile dört farklı deprem tehlike seviyesine göre performans düzeyleri (FEMA 356 ve ATC 40'da tanımlanan performans kriterlerinden yararlanarak) belirlenmiştir. Sonuç olarak, yönetmeliğe göre tasarlanmış her üç yapının da aynı kriterlere göre değerlendirilmesine rağmen performanslarının önemli farklar gösterebildiği görülmüştür. Bu nedenle, yönetmelikte performans ve hasar düzeyi tanımlamalarına ve lineer olmayan analiz yöntemlerine yer verilmesinin gerektiği düşünülmektedir.

GİRİŞ

Son yıllarda özellikle kentsel alanlarda meydana gelen depremlerde yapılardaki hasarların ekonomik etkisinin çok büyük olması, depreme dayanıklı yapı tasarımında hasar kontrolünün de göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir. Buna bağlı olarak, geleneksel kuvvete dayalı tasarımın yerini alması için performansa (deprem güvenliğine) dayalı tasarım ve değerlendirme ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır [1]. Bugün birçok çağdaş ülke yönetmeliğinde olduğu gibi Türk Deprem Yönetmeliğinde de (ABYYHY-1998) [2] depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi olarak, yapılar için çeşitli deprem tehlike seviyelerine göre çok genel bazı performans hedefleri öngörülmektedir. Bu performans hedefleri deprem tehlike seviyeleri ve yapıda oluşması beklenen hasar düzeyleri bakımından net olmayan tanımlamalara sahiptir. Öngörülen hedefler yönetmelikte yer alan çeşitli koşullar (süneklik koşulları, yer değiştirme sınırlandırmaları vb.) ile sağlatılmaya çalışılmaktadır. Ancak yönetmelikteki geleneksel deprem tasarımı ile yapı performansının öngörülen sınırlar içinde kalıp kalmadığının kontrolü yapılamamaktadır. Bunun için lineer olmayan dinamik veya statik analiz yöntemlerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

AMAÇ

Bir ön inceleme niteliğindeki bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliğinin (ABYYHY-1998) ana ilkesi olarak öngörülen performans (deprem güvenliği) hedeflerinin ATC 40 [3] ve FEMA 356 [4]'da önerilen performans düzeyi sınıflandırmalarından yararlanarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için, lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY) [3] ve Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY) [4] kullanılmıştır. Örnek olarak az ve orta katlı çerçeve ve çok katlı perde-çerçeve yapıları temsil eden üç tipik düzenli betonarme yapı incelenmiştir. Yönetmeliğin değerlendirilmesinde, hafif, orta, şiddetli deprem ve ilgili deprem bölgesinde beklenen en büyük depremi yaklaşık olarak temsil eden çok şiddetli deprem olmak üzere dört ayrı deprem tehlike seviyesi gözönüne alınmıştır.

LİNEER OLMAYAN STATİK ANALİZ YÖNTEMLERİ

Son dönemde özellikle A.B.D ve Japonya’da yapıların tasarımı, deprem güvenliğinin belirlenmesi, onarımı ve güçlendirilmesi için performans esaslı yeni prosedürler geliştirilmekte ve bunlar ön standart (ATC 40 [3], FEMA 356 [4], VISION 2000 [5], BLUE BOOK [6]) olarak tartışmaya sunulmaktadır. Tüm bu dokümanlarda lineer olmayan statik analiz yöntemleri önemli yer tutmaktadır. Lineer olmayan statik analiz yöntemleri temel olarak, yapının yatay kuvvet taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrisinin belirlenmesini, bu kapasite eğrisinden yararlanarak gözönüne alınan deprem için yapının elastik olmayan maksimum deplasmanının (deplasman talebinin) hesaplanmasını ve bu deplasman değerine kadar statik olarak itilmiş yapının performansının (deprem güvenliğinin) belirlenmesini içermektedir [7]. Yapıların performansının değerlendirilmesinde lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden yaygın olarak kullanılanları Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY) ve Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY) dir. Bu çalışmada da bu yöntemlerden yararlanılmıştır.

Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY)

Bu yöntemde, grafik bir prosedür sayesinde yapının kapasitesi yapıdaki deprem talebi ile karşılaştırılmaktadır. Yapının kapasitesi elastik ötesi statik itme analizi ile belirlenen kuvvet-deplasman eğrisi (kapasite eğrisi) ile temsil edilmektedir. İtme analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasmanları eşdeğer tek serbestlik dereceli (TSD) bir sistemin spektral ivmelerine ve spektral deplasmanlarına dönüştürülür (1). Bu spektral değerler kapasite spektrumunu tanımlar (Şekil 1a). Deprem talepleri yüksek sönümlü elastik spektrum ile tanımlanmaktadır (2). Ancak, bu spektrum da kapasite spektrumu gibi spektral ivme-spektral deplasman (ADRS) formatında ifade edilir. Aynı grafik üzerinde çizilen talep ve kapasite spektrumlarının kesişimi (**P**: performans noktası), elastik olmayan dayanım ve deplasman talebini verir (Şekil 1a). Tepe deplasmanı performans noktasına ulaşmış yapıda, kesitlerdeki *iç kuvvet-şekil değiştirme* bağıntıları, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyesini ifade eden sınır değerler ile karşılaştırılarak yapının performans düzeyi belirlenir [3].

$$S_a = \frac{V_T / W}{\alpha_1} \quad S_d = \frac{\delta_{\max}}{PF_1 \phi_{\text{tepe},1}} \quad (1)$$

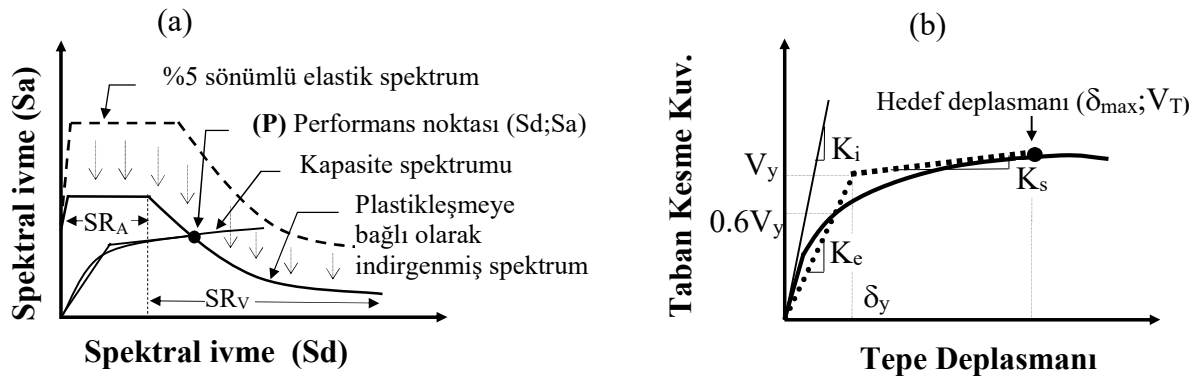
Burada, S_a spektral ivmeyi, S_d spektral deplasmanı, V_T ve δ_{max} sırasıyla itme analizinin her bir adımındaki taban kesme kuvvetini ve yapı tepe deplasmanını, W toplam yapı ağırlığını, $\phi_{tepe,1}$ birinci moda ait en üst kattaki genliği, α_1 birinci doğal moda ait modal kütle katsayısını ve PF_1 birinci doğal moda ait modal katılım çarpanını göstermektedir.

$$SR_A = \frac{3.21 - 0.68 \ln(\beta_{eff})}{2.12} \quad SR_V = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}{1.65} \quad (2)$$

Burada β_{eff} efektif viskoz sönümü, SR_A ve SR_V sırasıyla spektrumun sabit ivme ve sabit hız bölgesindeki spektral indirgeme katsayılarını göstermektedir.

Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY)

Bu yöntemde, deplasman talebi esasen, istatistiksel analizlere dayanan bazı düzeltme çarpanları kullanılarak elastik deplasman spektrumundan elde edilen elastik olmayan deplasman spektrumu ile belirlenmektedir. Bu yöntemde de öncelikle kapasite eğrisi elde edilir. Bu eğri Şekil 1b'deki gibi iki doğru parçası ile idealleştirilerek (3) ile efektif periyot T_e ve ilgili düzeltme katsayıları kullanılarak (4) ile deplasman talebi δ_{max} (hedef deplasmanı) hesaplanır. Bu deplasman değerine kadar itilmiş yapının performansının değerlendirilmesi işlemi KSY'nde olduğu gibidir [4].



Şekil 1. KSY ve DKY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (3)$$

Burada, T_1 yapının elastik dinamik analiz ile bulunan birinci doğal periyodu, K_i yapının elastik başlangıç rijitliği, K_e ise elastik efektif rijitliğidir.

$$\delta_{\max} = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a T_e^2 / (4\pi^2) \quad (4)$$

Burada, C_0 yapının çatı deplasmanını spektral deplasman ile ilişkilendiren katsayıdır. C_1 *linear-elastic* davranış için hesaplanmış deplasmanlar ile maksimum elastik olmayan deplasmanları ilişkilendiren katsayı, C_2 histeresis şeklin maksimum deplasman davranışı üzerindeki etkisini temsil eden katsayısı, C_3 *II. Mertebe* etkiler nedeniyle arttırılmış deplasmanları temsil eden katsayı, S_a yapının birinci doğal periyoduna karşılık gelen spektral ivmedir [4].

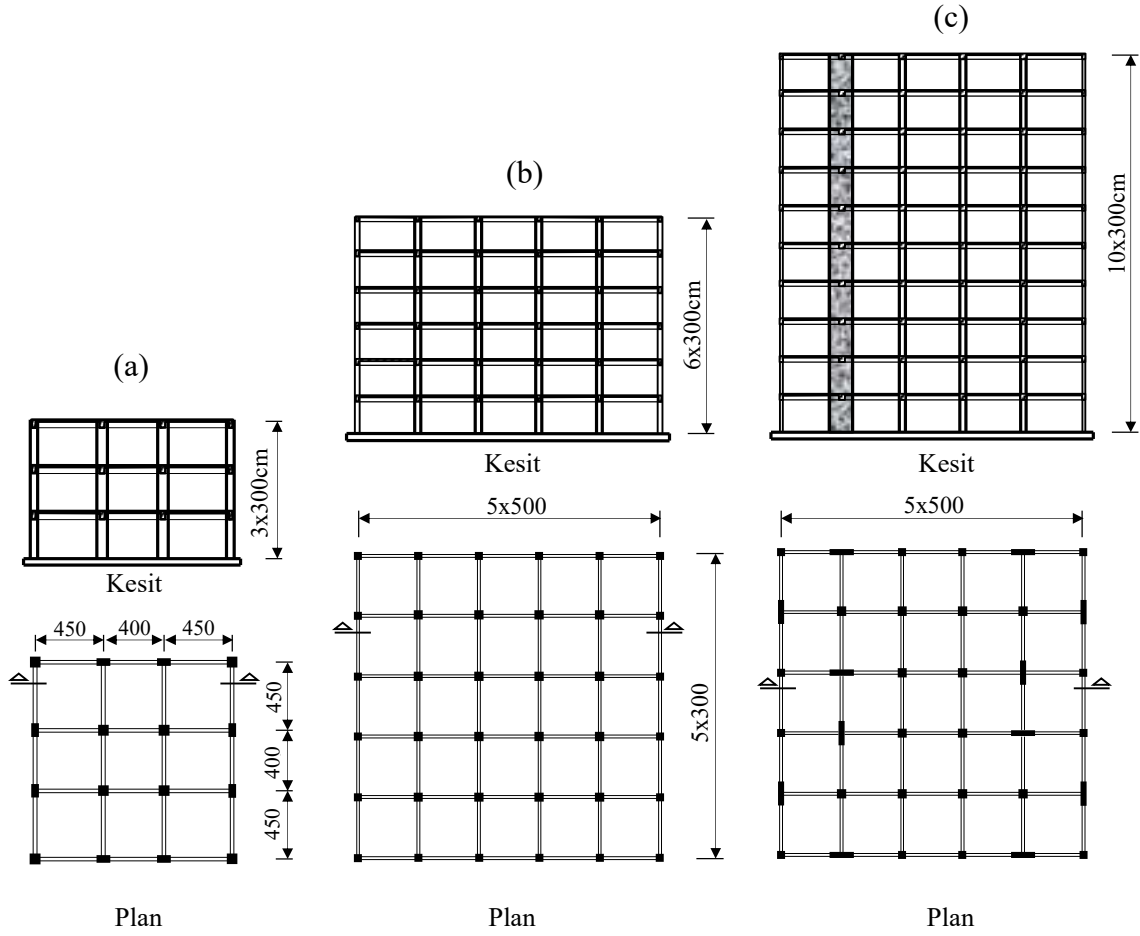
SAYISAL ANALİZLER

Performanslarını belirlemek üzere, 3 ve 6 katlı iki adet betonarme çerçeve yapı (3KÇ, 6KÇ) ve 10 katlı betonarme perde-çerçeve yapı (10KPC) sistemi seçilmiştir (Şekil 2). Yapısal düzensizliği bulunmayan bu yapılar öncelikle TS500 [8] ve ABYYHY-1998'e göre boyutlandırılmıştır. Yapılarda, deprem bölgesi 1 ($A_0=0.40$), $I=1$, Z2 ($T_A=0.15$ sn, $T_B=0.40$ sn), çerçevelerde $R=8$, perde-çerçevede $R=7$ olarak alınmıştır. Yapıların (1). doğal titreşim periyotları (T_1) 3, 6 ve 10 katlı yapı için sırasıyla 0.304, 0.750 ve 1.100 sn olarak hesaplanmıştır.

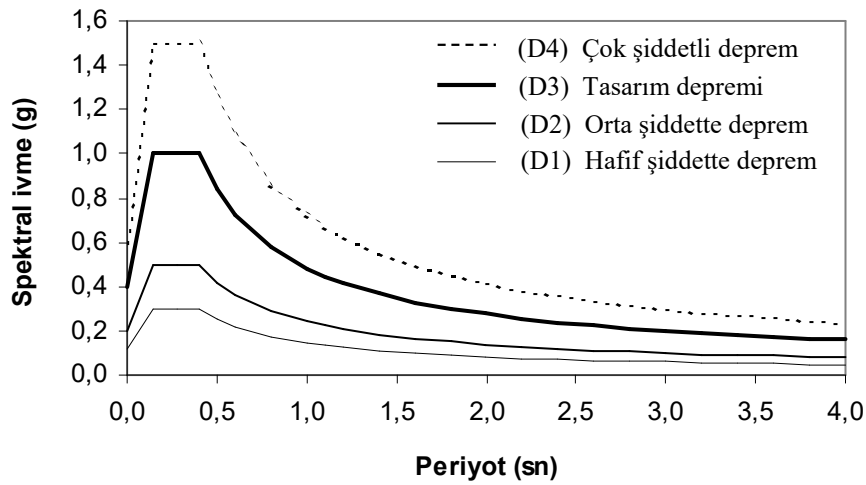
Talep Spektrumlarının Tanımlanması

Yönetmeliğin [2] değerlendirilmesinde dört deprem tehlikesi seviyesi gözönüne alınmıştır. Bunlar, yönetmelikte sözü edilen hafif, orta ve şiddetli (tasarım depremi) deprem ile ilgili deprem bölgesinde beklenen en büyük depremi yaklaşık olarak temsil eden çok şiddetli depremdir. Yönetmelikte şiddetli deprem olarak tanımlanan tasarım depremi $I=1$ olan binalar için, 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Ancak, yönetmelikte yer alan hafif ve orta şiddetteki depremler için olasılıksal bir tanımlama yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada, hafif ve orta şiddetteki depremlere ait spektrumlar, [3-5]'de yer alan deprem tehlikesi sınıflandırmalarından yararlanarak tasarım spektrumundan türetilmiştir. Buna göre hafif şiddetteki depremin (D1) tasarım

depreminin (D3) yaklaşık % 30'u olduğu, orta şiddetteki depremin (D2) tasarım depreminin yaklaşık % 50'si olduğu kabul edilmiştir. Çok şiddetli deprem (D4) ise tasarım depreminin 1.5 katı olarak kabul edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Değerlendirilen yapıların plan ve kesit görünüşleri



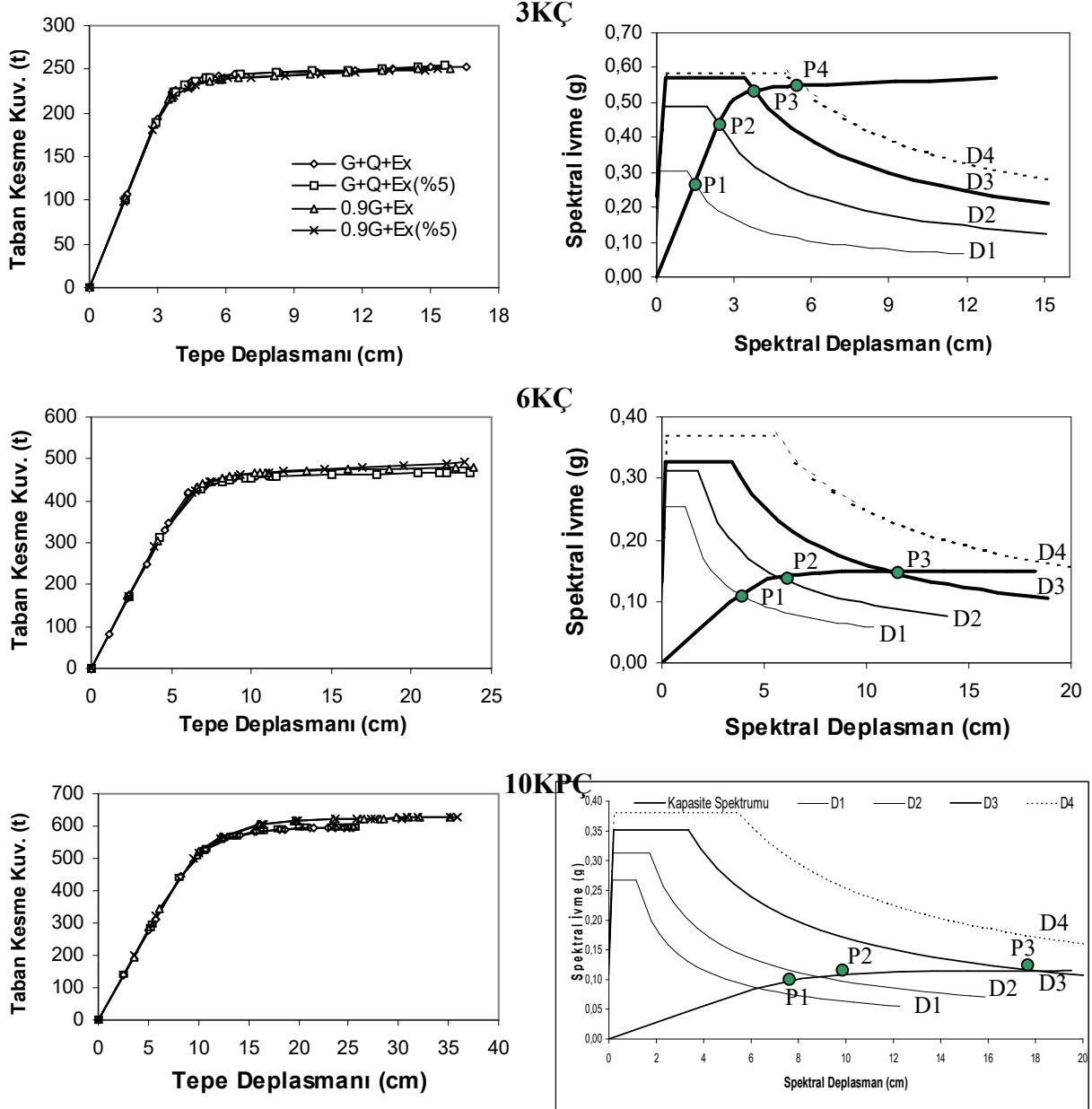
Şekil 3. Gözönüne alınan depremlere ait talep spektrumları

Yapıların Kapasite Eğrilerinin Belirlenmesi

Yapının yatay kuvvet taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrisini elde etmek için yapı, sabit düşey yükler ve monoton artan yatay yükler altında, malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak *II. Mertebe limit yüke* [9] ulaşıncaya kadar izlenmiş ve taban kesme kuvveti (V_T)-tepe deplasmanı (δ_{max}) grafiği elde edilmiştir. Düşey yük olarak, TS 500'de depremler için öngörülen yük kombinasyonları göz önünde bulundurularak ($1.0G+1.0Q$) ve ($0.9G$) değerleri kullanılmıştır. Buna göre, simetrik olan her bir yapı için dört yükleme ($G+Q+E_x$, $G+Q+E_x(\%5)$, $0.9G+E_x$, $0.9G+E_x(\%5)$) yapılarak kapasite eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4). Depremi temsil eden yatay yük olarak eşdeğer deprem yükleri [2] kullanılmıştır. Hesaplarda plastik şekil değiştirmelerin *plastik kesit* adı verilen belirli bölgelerde toplandığı bunun dışındaki bölgelerde malzeme davranışının *lineer-elastik* olduğu kabul edilmiştir. Kirişlerde plastikleşmenin sadece eğilme momenti ile, kolonlarda ise iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Ayrıca, elemanlardaki kesme kuvveti ve burulma momenti taşıma kapasiteleri de bağımsız olarak kontrol edilmiştir. Elemanların Moment-Plastik dönme bağıntısı *pekleşen-rijit-plastik* davranış olarak kabul edilmiş ve bu bağıntıya ait karakteristik değerler (plastikleşme momentleri ve maksimum plastik dönme değerleri) ATC 40'dan alınmıştır. Elemanların çatlamış kesit rijitlikleri için FEMA 356'da önerilen değerler kullanılmıştır. Analizlerde *SAP2000 Yapı Analiz Programı*'ndan yararlanılmıştır [10].

KSY ve DKY ile Deplasman Taleplerinin Belirlenmesi

Örnek olarak ele alınan her bir yapı için dört ayrı yüklemeye elde edilen kapasite eğrileri kullanılarak, dört ayrı deprem seviyesi için KSY ve DKY ile deplasman talepleri belirlenmiş ve en büyük deplasman talebini veren yüklemeye ait sonuçlar Tablo 1,2'de verilmiştir (Şekil 4). Yönetmelikteki [2] koşullar göz önünde bulundurularak, KSY'nde, plastik kesitlerde *iyi histeresis* davranış kabulü yapılmıştır. DKY'inde ise, *histeresis* davranışı temsil eden C_2 katsayısı gözönüne alınan deprem için yapının gerçekleşen performans düzeyine bağlı olarak belirlenmektedir. Yapının performans düzeyi başlangıçta bilinmediğinden C_2 katsayısı ardışık yaklaşım ile belirlenmiştir (Tablo 2). KSY'nde deplasman taleplerinin belirlenmesinde *ATC 40 Kapasite ve İstem Spektrumu Hesap Programı*'ndan yararlanılmıştır [11].



Şekil 4. Yapılara ait kapasite eğrileri ve KSY'ne ait deplasman ve dayanım talepleri

Tablo 1. KSY ile çözüm sonuçları

Yapı	Deprem seviyesi	PF ₁ . $\phi_{tepe,1}$	α_1	β_{eff} (%)	Sa (g)	Sd (cm)	V _T (t)	δ_{max} (cm)
3KÇ	D1	1.260	0.841	4.880	0.265	1.448	118.05	1.825
	D2			5.360	0.435	2.373	193.66	2.990
	D3			18.80	0.533	3.762	237.41	4.740
	D4			33.10	0.550	5.484	244.75	6.910
6KÇ	D1	1.294	0.832	8.10	0.112	3.904	347.67	5.050
	D2			16.10	0.141	5.798	437.62	7.500
	D3			40.50	0.149	11.619	461.76	15.030
	D4			<i>II. Mertebe limit yük aşılmıştır.</i>				
10KÇ	D1	1.321	0.768	6.98	0.087	6.331	450.07	8.361
	D2			16.00	0.106	9.111	548.95	12.032
	D3			37.50	0.115	17.94	596.83	23.702
	D4			<i>II. Mertebe limit yük aşılmıştır.</i>				

Tablo 2. DKY ile çözüm sonuçları

Yapı	Dep. sev.	Sa (g)	C ₀	C ₂	C ₁	C ₃	T ₁ = T _e (sn)	K _i = K _e (t/m)	δ _{max} (cm)	V _T (t)
3KÇ	D1	0.264	1.26	1.00	1.0	1.0	0.469	6473	1.816	117.5
	D2	0.441	1.26	1.00					3.033	196.0
	D3	0.881	1.26	1.05					6.337	243.9
	D4	1.322	1.26	1.10					10.017	247.6
6KÇ	D1	0.132	1.30	1.00	1.0	1.0	1.120	7253	5.348	382.7
	D2	0.219	1.28	1.00					8.708	449.5
	D3	0.439	1.24	1.15					19.524	464.8
	D4	0.658	1.24	---					<i>II. Mert. limit yük aşılmıştır</i>	
10KPC	D1	0.098	1.34	1.00	1.0	1.0	1.630	5558	8.686	463.2
	D2	0.163	1.33	1.00					14.307	573.9
	D3	0.325	1.31	1.15					32.386	591.5
	D4	0.487	1.31	---					<i>II. Mert. limit yük aşılmıştır</i>	

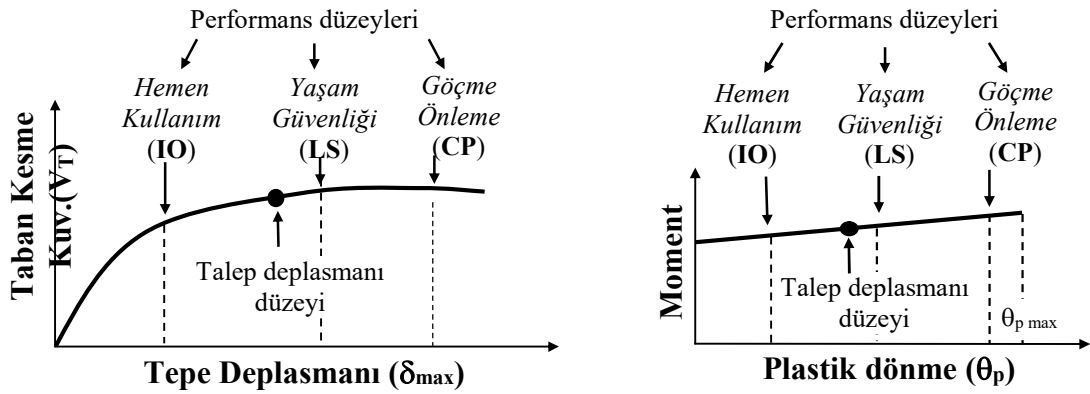
Yapıların Performans Düzeylerinin Belirlenmesi

Ele alınan yapılar, gözönüne alınan dört deprem seviyesi için, KSY ve DKY ile belirlenen maksimum deplasman değerlerine (deplasman talebine) kadar itilmiş ve kesitlerdeki plastik dönme değerleri ile görelî kat ötelemeleri belirlenmiştir (Tablo 3,4). Plastik dönme değerleri FEMA 356'da ve görelî kat ötelemeleri de ATC 40'da tanımlanan performans düzeylerine (hemen kullanım düzeyi (IO), yaşam güvenliği düzeyi (LS) ve göçme önleme düzeyi (CP)) ait sınır değerler ile karşılaştırılarak yapıların performans düzeyleri belirlenmiştir (Şekil 5). Buna göre D1 ve D2 depremlerine ait performans düzeyleri incelendiğinde; her iki yöntemde de üç yapının (IO)'nun altında olduğu belirlenmiştir (Tablo 3,4). D3 (tasarım) depremine ait performans düzeyleri incelendiğinde; 3KÇ'nin KSY'inde (IO)'nun altında ve DKY'inde (IO) ve (LS) arasında, 6KÇ ve 10KPC'nin her iki yöntemde de (LS) ve (CP) arasında olduğu belirlenmiştir. D4 depremine ait performanslar incelendiğinde; 3KÇ'nin KSY'inde (IO) ve (LS) arasında ve DKY'inde (LS) ve (CP) arasında olduğu, 6KÇ ve 10KPC'nin ise her iki yöntemde de bu deprem seviyesine ait deplasman talebine ulaşmadan statik anlamda stabilite yetersizliği nedeniyle göçtüğü (*II. Mertebe limit yükün aşıldığı*) belirlenmiştir.

Yönetmelikteki Performans Hedeflerinin Değerlendirilmesi

Yönetmelikteki [2] performans hedeflerini değerlendirebilmek için, yönetmelikte tanımlanan hasar durumlarının FEMA 356'ya göre belirlenen performans düzeylerine karşılık gelen temsili hasar durumlarından hangilerine karşı geldiği tanımlanmıştır. Buna göre yaklaşık olarak eşleştirilerek, hafif şiddetteki depremlerde yapının (IO) performans

düzeyinde, orta şiddetteki depremlerde (IO) ile (LS) performans düzeyleri arasında ancak (IO) performans düzeyine daha yakın, şiddetli depremlerde ise yapının (LS) performans düzeyinde veya ona çok yakın olduğu kabul edilmiştir. Bu tanımlamaya göre, yönetmeliğe göre tasarlanmış yapıların performans hedefleri incelendiğinde; 3KÇ'nin hafif, orta ve şiddetli depremlerde yönetmelikte öngörülenin oldukça üzerinde bir performans gösterdiği söylenebilmektedir. Hatta, çok şiddetli depremde dahi yapının (LS) performans düzeyine yakın olduğu görülmektedir (Tablo 3,4). 6KÇ ve 10KÇ'nin hafif şiddetteki depremde öngörülen düzeyde bir performans gösterdiği, orta şiddetli depremde öngörülenin biraz üzerinde performansa sahip oldukları, tasarım depreminde ise KSY'ne göre öngörülen düzeyde, DKY'ne göre öngörülenin altında bir performans gösterdikleri söylenebilmektedir (Tablo 3,4).



Şekil 5. Performans düzeyinin belirlenmesi

Tablo 3. KSY'ne ait performans düzeyleri

Yapı	Dep. sev.	Maks. plastik dönme (rad)		Performans düzeylerine göre plastikleşen kesit sayısı								Maks. görel kat. öt. (%)
		Kiriş	Kolon (Perde)	Kiriş				Kolon (Perde)				
				< IO	IO-LS	LS-CP	> CP	< IO	IO-LS	LS-CP	> CP	
3KÇ	D1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.25
	D2	~ 0.0	---	2	---	---	---	---	---	---	---	0.41
	D3	0.00327	0.00224	60	---	---	---	12	---	---	---	0.63
	D4	0.00649	0.00455	68	4	---	---	4	12	---	---	0.96<IO
6KÇ	D1	0.00095	---	20	---	---	---	---	---	---	---	0.40
	D2	0.00425	0.00005	188	---	---	---	3	---	---	---	0.64<IO
	D3	0.01165	0.00604	94	148	31	---	3	33	---	---	IO<1.33<LS
	D4	II. Mertebe limit yük aşılmıştır.										
10KÇ	D1	0.00196	(0.00016)	50	---	---	---	(3)	---	---	---	0.37
	D2	0.00424	0.00029 (0.00115)	336	---	---	---	1 (6)	---	---	---	0.54
	D3	0.01021	0.00466 (0.00564)	249	300	1	---	5	19(6)	---	---	IO < 1.07 < LS
	D4	II. Mertebe limit yük aşılmıştır.										

Tablo 4. DKY'ne ait performans düzeyleri

Yapı	Dep. sev.	Maks. plastik dönme (rad)		Performans düzeylerine göre plastikleşen kesit sayısı								Maks. görel kat. öt. (%)	
		Kiriş	Kolon (perde)	Kiriş				Kolon (perde)					
				< IO	IO-LS	LS-CP	> CP	< IO	IO-LS	LS-CP	> CP		
3KÇ	D1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.25
	D2	0.00009	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	0.42
	D3	0.00578	0.00396	70	2	---	---	2	12	---	---	---	0.82<IO
	D4	0.0103	0.00792	2	68	2	---	---	10	6	---	---	IO<1.13<LS
6KÇ	D1	0.00130	---	48	---	---	---	---	---	---	---	---	0.43
	D2	0.00570	0.00056	214	5	---	---	14	---	---	---	---	0.76<IO
	D3	0.01611	0.01036	99	42	158	---	---	15	21	---	---	IO<1.72<LS
	D4	<i>II. Mertebe limit yük aşılmıştır.</i>											
10KPC	D1	0.00219	(0.00025)	75	---	---	---	(4)	---	---	---	---	0.38
	D2	0.00547	0.00083 (0.00176)	427	1	---	---	2 (6)	---	---	---	---	0.65<IO
	D3	0.01419	0.00771 (0.00878)	158	250	188	---	2	23	1 (6)	---	---	IO<1.40<LS
	D4	<i>II. Mertebe limit yük aşılmıştır.</i>											

SONUÇ

Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliğinin ana ilkesi olarak öngörülen genel performans hedefleri değerlendirilmiştir. Çalışmada az ve orta katlı çerçeve ve çok katlı perde-çerçeve yapıları temsil eden üç tipik betonarme yapı (3,6 ve 10 katlı) örnek olarak seçilmiştir. Ele alınan ve ABYYHY(19998)'e göre tasarlanan yapıların performanslarının (deprem güvenlikleri) aynı kriterlere (FEMA 356 ve ATC 40'da tanımlanan) göre değerlendirilmesine rağmen önemli farklılıklar gösterebildiği belirlenmiştir. Örneğin, az katlı yapıda tasarım depremi için öngörülenin çok üzerinde bir performans elde edilirken, orta katlı yapıda öngörülenin altında bir performans elde edilmektedir. Ancak, bu değerlendirmelerin, performans hedeflerinin tanımlanmasındaki farklılıklara bağlı olarak değişebileceği görülmektedir. Bu nedenle, yönetmelikte performans ve hasar düzeyi tanımlamalarına ayrıca bunların belirlenebilmesi için lineer olmayan analiz yöntemlerine ayrıntılı olarak yer verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bir ön inceleme niteliğinde olan bu çalışma sadece üç tipik betonarme yapıya ait sonuçları içermektedir. Ancak elde edilen bu sonuçlar, çalışmanın düzenli ve düzensiz yapıları ayrıca dolgu duvarlarını da içerecek şekilde genişletilerek sürdürülmesi gerektiğini göstermiştir. Bu kapsamdaki benzer çalışmaların, son dönemde geleneksel deprem tasarımının yerini alması için sürdürülen performansa dayalı tasarım çalışmalarına katkısı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Poland C.D., Hom D.B., “Opportunities and Pitfalls of Performance Based Seismic Engineering”, Proceedings of the International Workshop on Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes, 1997, pp.69-78, Slovenia,
2. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, 1998, 102 sayfa.
3. Applied Technology Council, “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, ATC40”, Vol 1. Washington, DC. USA, 1996.
4. American Society of Civil Engineers, “Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356”, Virginia, USA, 2000.
5. Structural Engineers Association of California, “Performance Based Seismic Engineering of Buildings, Vision 2000”, Sacramento,CA, 1995.
6. Structural Engineers Association of California, “Recommended Lateral Force Requirements and Commentary, Blue Book”, Seventh Edition, Sacramento,CA, 1999.
7. Reinhorn A.M., “Inelastic Analysis Tecniques in Seismic Evaluations”, Proceedings of the International Workshop on Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes, Slovenia, 1997, pp.277-287.
8. Türk Standartları, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TS 500”, Türk Standartları Enstitüsü, 2000, 67 sayfa.
9. Özer, E., Pala, S., Orakdöğen, E., Girgin, K., “Deprem Bölgelerindeki Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi ve Rehabilitasyonu”, Teknik Rapor: TDV/TR 028-45, Türkiye Deprem Vakfı, 1999.
10. CSI, SAP2000 V-8, “Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual”, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA, 2002.
11. ATC-40 V3.0, “Kapasite ve İstem Spektrumu Hesap Programı”, Darılmaz, K., <http://www.ins.itu.edu.tr/kutlu/>, 2003.

ABSTRACT

In the study, evaluation of performance (seismic safety) objectives stipulated as the basic principle of Turkish Earthquake Code is intended. Because of this, performance levels (using performance criterion described in the FEMA 356 and ATC 40) of three typical RC buildings (3, 6 and 10 story) representing low and medium rise frame buildings and high rise dual frame buildings are determined using non-linear static methods (Capacity Spectrum Method and Displacement Coefficient Method) for four discrete earthquake hazard levels. Consequently, it is seen that notable differences may be occurred at performance of buildings although in all three buildings designed according to the Code are assessed for the same performance criterion. For this reason, it is thought that non-linear analysis methods and descriptions of performance and damage levels need to be given in the Code.