

BETONARME BİNALARDA YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN SİSMİK PERFORMANSA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Erdal İRTEM^{*}, Kaan TÜRKER^{*} ve Umut HASGÜL^{*}

^{*} Balıkesir Üniversitesi, MMF İnşaat Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

ÖZET

Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliğine (TDY) göre tasarlanmış betonarme binaların performansına yumuşak kat düzensizliği (rijitlik düzensizliği) etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında TDY’nde tanımlanan ve sadece yumuşak kat düzensizliği bulunan ve bu düzensizliğin giderildiği üç boyutlu betonarme binaların sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay deprem yükleri altında malzeme ve geometri değişimleri bakımından lineer olmayan teoriye göre analizleri (pushover analiz) yapılarak, kapasite eğrileri elde edilmiştir. Binaların performans düzeyleri, hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli deprem tehlike sevipleri için lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden Kapasite Spektrum Yöntemi ile belirlenmiştir. Yumuşak kat düzensizliğine sahip binanın TDY’nde öngörülen performans hedeflerini sağlamadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Binaların performans değerlendirilmesi, yumuşak kat düzensizliği, elastik ötesi statik itme analizi, kapasite spektrum yöntemi.

INVESTIGATION OF EFFECT TO SEISMIC PERFORMANCES OF SOFT STORY IRREGULARITY OF R/C BUILDINGS

ABSTRACT

In this study, the effects of soft story irregularity to the performance of reinforced concrete buildings that are designed according to the Turkish Earthquake Code (TEC) have been investigated. In this aim scope, it has been obtained capacity curves by analyzing (pushover analysis) according to materially and geometrically nonlinear theory under constant gravity and monotonic incremental lateral earthquake loads of a 3D reinforced concrete building have only soft story irregularity and defined in TEC, and building that removed of this irregularity. Then, it has been determined performance levels of the buildings with Capacity Spectrum Method from nonlinear static analysis procedures according to different seismic hazard level. It has been determined that not provided with made assumption of stipulated performance objectives in TEC for building that have soft story irregularity.

Keywords: Performance evaluation of R/C building, soft story irregularity, pushover analysis, capacity spectrum method.

1. GİRİŞ

Son yıllarda özellikle kentsel alanlarda meydana gelen depremlerde yapılardaki hasarların çok büyük ekonomik kayıplara neden olması, depreme dayanıklı yapı tasarımında hasar kontrolünün de göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir. Buna bağlı olarak, geleneksel kuvvete dayalı tasarımın yerini alması için yerdeğiştirmeye (deplasman) dayalı tasarım ve değerlendirme ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır [1]. Çağdaş ülke yönetmeliklerinde olduğu gibi Türk Deprem Yönetmeliği'nde de (TDY) [2] depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkesi olarak hafif, orta ve şiddetli depremlerde binaların performans hedefleri için çok genel tanımlamalar yapılmıştır. Deprem tehlike seviyeleri ve binada oluşabilecek hasar düzeyleri bakımından net olmayan tanımlamalara sahip olan bu performans hedefleri, deprem yönetmeliğinde verilen koşullarla (süneklik koşulu, yanıl yer değiştirme sınırlandırmaları, vb.) sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak, yönetmelikte verilen geleneksel deprem tasarımı ile bina performansının öngörülen sınırlar içinde kalıp kalmadığının kontrolü yapılamamaktadır. Bu kontrolün yapılabilmesi için lineer olmayan analiz yöntemlerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, TDY'ne göre boyutlandırılmış binaların performansları elde edilerek TDY'deki performans hedeflerinin değerlendirilmesi ve ayrıca yumuşak kat düzensizliğinin bina performansına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. TDY'nin performans hedeflerinin değerlendirilmesinde hafif şiddetli, orta şiddetli ve şiddetli (tasarım) deprem ve ayrıca ilgili deprem bölgesinde beklenen en büyük depremi yaklaşık olarak temsil eden çok şiddetli deprem göz önüne alınmıştır. Binaların performans düzeylerinin tanımlanmasında FEMA 356 [3] ve ATC 40'da [4] verilen performans kriterlerinden yararlanılmıştır. Bina performansının hesaplanması için ise lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden literatürde yaygın olarak kullanılan Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY) [4] kullanılmıştır.

1.1 Lineer olmayan statik analiz yöntemleri

Son dönemlerde özellikle A.B.D. ve Japonya'da yapıların tasarımı, deprem güvenliğinin belirlenmesi, onarımı ve güçlendirilmesi için performans esaslı yöntemler geliştirilmektedir. Bunlar, A.B.D'de ATC 40 [4], FEMA 356 [3], Vision 2000 [5], Blue Book [6] isimli ön standartlarda tartışmaya sunulmuştur. Bu ön standartlarda 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 göz önüne alınan deprem için yapının elastik olmayan maksimum deplasmanının (deplasman talebinin) hesaplanmasını ve bu deplasman değerine kadar statik olarak itilmiş yapının performansının (deprem güvenliği) belirlenmesini içermektedir [7].

1.2 Kapasite spektrum yöntemi (KSY)

Bu yöntemde, grafik bir yol izlenmesi sayesinde yapının kapasitesi yapıdaki deprem talebi ile karşılaştırılmaktadır [8]. 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 1). 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, elastik olmayan dayanım ve deplasman talebini verir (P: performans noktası) (Şekil 1). 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 [8].

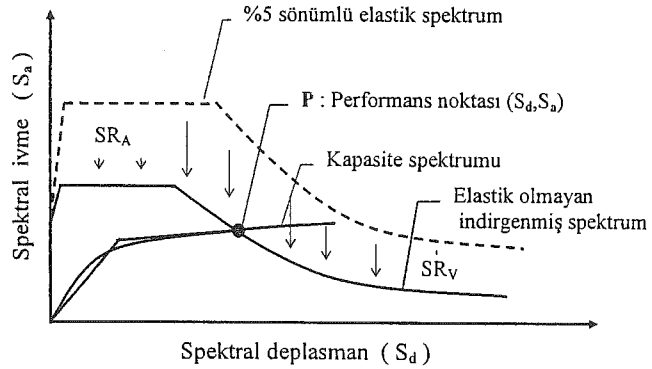
$$S_a = \frac{V_T / W}{\alpha_1} \quad S_d = \frac{\delta_{maks}}{PF_1 \phi_{tepe,1}} \quad (1)$$

Burada, S_a spektral ivmeyi, S_d spektral deplasmanı, V_T ve δ_{maks} 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 [8].

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

Burada, β_{eff} yüzde olarak etkin sönüm oranı, SR_A ve SR_V sırasıyla spektrumun sabit ivme ve sabit hız bölgesindeki spektral indirgeme katsayılarını göstermektedir [8].

Şekil 1 . KSY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi



2. SAYISAL ÖRNEKLER

2.1 Binanın özellikleri

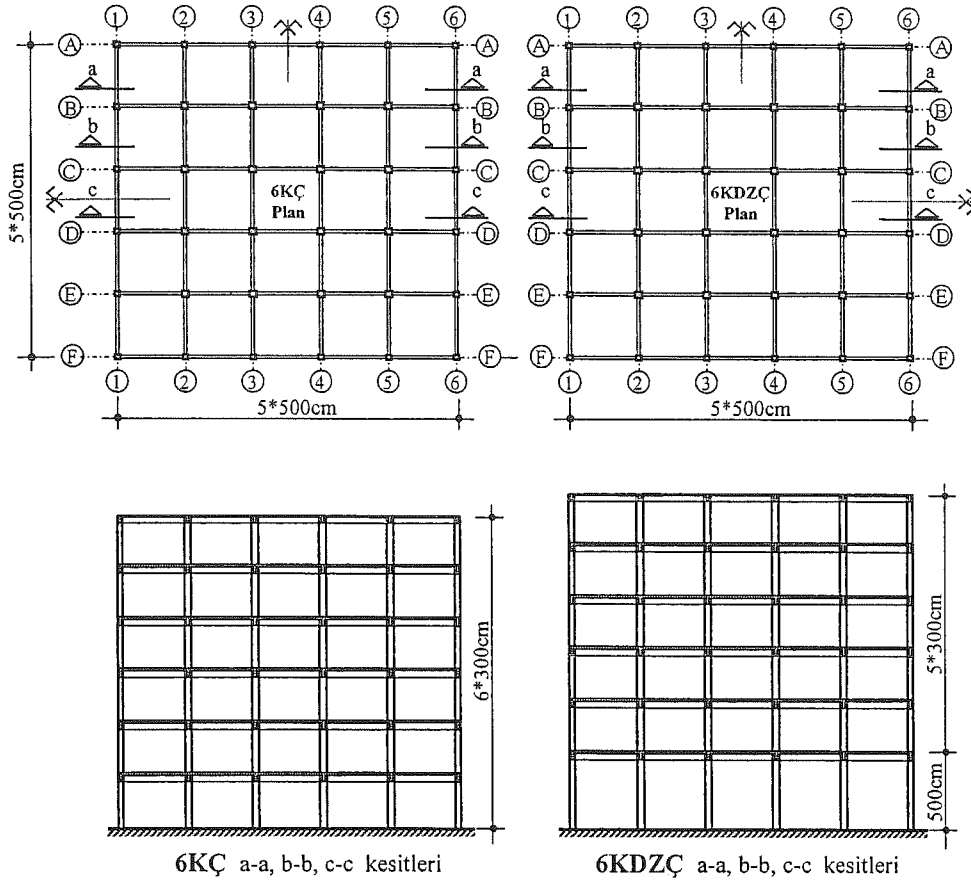
Performans değerlendirmelerini yapmak üzere, altı katlı betonarme uzay çerçeve binalar incelenmiştir (Şekil 2). Yapısal düzensizliği bulunmayan, her iki doğrultuda simetrik bina TS 500 [9] ve TDY'ne göre boyutlandırılmıştır (Çizelge 1) [10]. Binanın boyutlandırılmasında, deprem bölgesi 1 ($A_0=0.40$), $I=1$, Z_2 ($T_A=0.15$ sn, $T_B=0.40$ sn) ve $R=8$ olarak alınmıştır. Yumuşak kat düzensizliğinin, bina taşıyıcı sisteminin performansı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla 6 Katlı Çerçevenin (6KÇ) düzenli ve enalt kat yüksekliğinin artırılarak yönetmelikte tanımlanan rijitlik düzensizliğinin (B2) (yumuşak kat) oluşturulduğu 6 Katlı Düzensiz Çerçevenin (6KDZÇ) lineer olmayan analizleri yapılarak performans düzeyleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Düzenli ve yumuşak kat düzensizliğine (rijitlik düzensizliğine) sahip betonarme binaların çatlamış kesitli (1). doğal titreşim periyotları 6KÇ için $T_1=1.120$ sn

ve 6KDZÇ için $T_1=1.446$ sn olarak hesaplanmıştır. Analizleri yapılan betonarme binaların TDY'nde tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayıları (η_{ki}) 6KÇ için $\eta_{ki}= 1.398$ ve 6KDZÇ için $\eta_{ki}= 2.321$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1 . Binaların yapısal elemanlarının (kolon ve kiriş) boyutları [10]

Akslar	Katlar	Kolon Boyutları (cm)	Katlar	Kiriş Boyutları (cm)
A1, A2, A3, B1,C1	1-6	40*40	6	25*40
B2, B3, C2, C3,	1-6	50*50	1-5	25*50

Şekil 2 . Altı katlı düzenli (6KÇ) ve düzensiz (6KDZÇ) binaların plan ve kesitleri



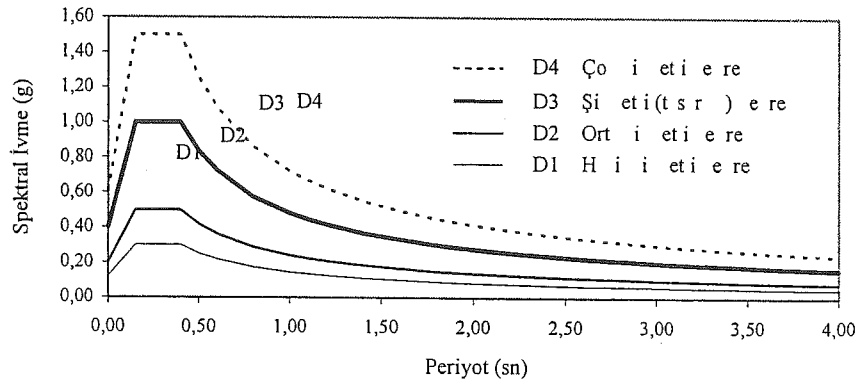
2.2 Varsayımlar

Binaların elastik ötesi statik itme analizinde (pushover analiz) plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı bunun dışındaki bölgelerde malzeme davranışının lineer-elastik olduğu kabul edilmiştir. Plastikleşmenin kirişlerde basit eğilme ile, kolonlarda ise iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimi ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Ayrıca, kolon ve kirişlerdeki kesme kuvveti ve burulma momenti taşıma kapasiteleri de kontrol edilmiştir. Kolon ve kirişlerin moment-plastik dönme davranış modeli pekleşen-rijit-plastik olarak kabul edilmiş ve buna ait karakteristik değerler (plastikleşme momentleri ve maksimum plastik dönme değerleri) ATC 40'dan [4] alınmıştır. Kolon ve kirişlerin çatlamış kesit rijitlikleri için FEMA 356'da [3] önerilen değerler kullanılmıştır.

2.3 Talep spektrumlarının tanımlanması

Türk Deprem Yönetmeliği'nin (TDY) [2] değerlendirilmesinde dört farklı deprem tehlikesi seviyesi göz önüne alınmıştır. Bunlar, TDY'nde sözü edilen hafif, orta ve şiddetli (tasarım) deprem ile, ilgili deprem bölgesinde beklenen en büyük depremi yaklaşık olarak temsil eden çok şiddetli depremdir. TDY'nde şiddetli deprem olarak tanımlanan tasarım depremi $I = 1$ olan binalar için 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Ancak, TDY'nde yer alan hafif ve orta şiddetteki depremler için olasılıksal bir tanımlama yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada hafif ve orta şiddetteki depremlere ait spektrumlar, ATC 40 [4], FEMA 356 [3] ve Vision 2000'de [5] yer alan deprem tehlike seviyesi sınıflandırmalarından yararlanarak tasarım spektrumundan türetilmiştir. Buna göre tasarım depremi (D3)'ün; yaklaşık 0.30'u hafif şiddetli deprem (D1), yaklaşık 0.50'si orta şiddetli deprem (D2) ve yaklaşık 1.50'si çok şiddetli deprem (D4) olduğu kabul edilmiştir (Şekil 3) [8,10].

Şekil 3 . Depremlere ait talep spektrumları

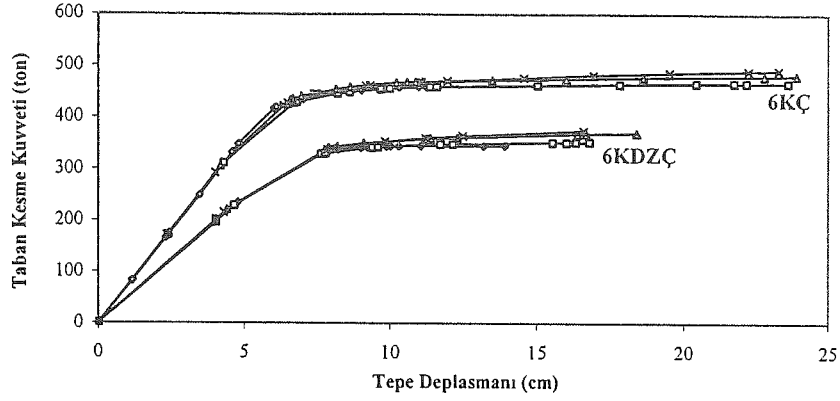


2.4 Binaların kapasite eğrilerinin elde edilmesi

Yapının yatay kuvvet taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrisini (taban kesme kuvveti (V_T)-tepe deplasmanı (δ_{maks}) grafiği) elde etmek için, sabit düşey yükler ve monoton artan yatay deprem yükleri altında, malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre betonarme binaların analizleri yapılmıştır. Analizlerde TDY'ndeki [2] tasarım depremine ait eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Betonarme binalara, TS500'deki depremler için öngörülen yük kombinasyonları etkilmiştir. Buna göre, her iki

doğrultuda simetrik binalara (6KÇ, 6KDZÇ) (Şekil 2) $G+Q+E$, $G+Q+E(e=0.05)$, $0.9G+E$ ve $0.9G+E(e=0.05)$ yüklemeleri yapılarak her bir yükleme için ayrı ayrı kapasite eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4). Analizlerde SAP2000 Yapı Analiz Programı'ndan yararlanılmıştır [11].

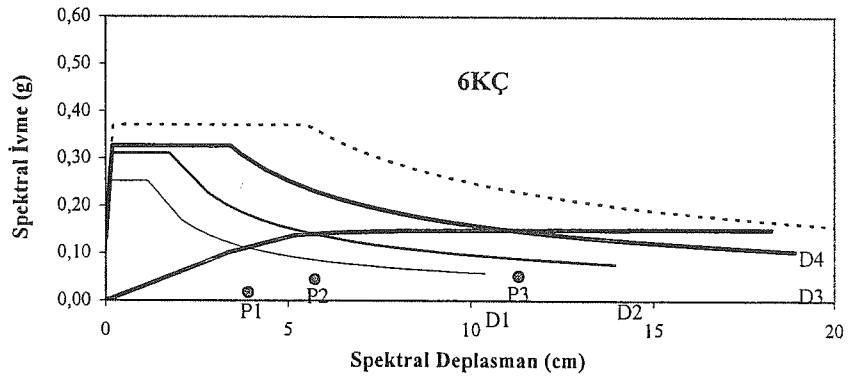
Şekil 4 . Binaların kapasite eğrileri



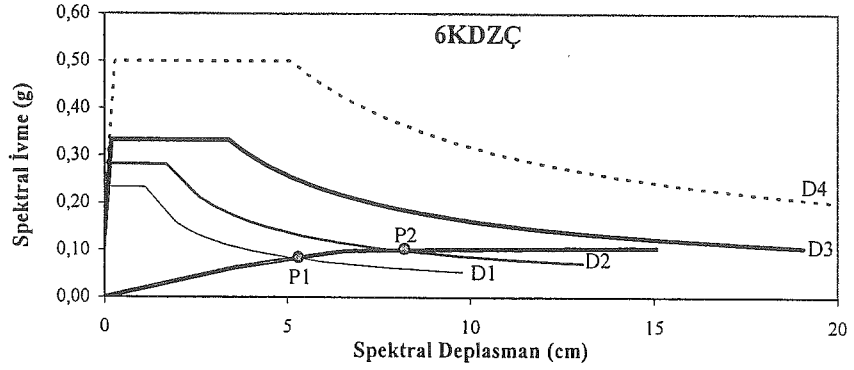
2.5 Binaların KSY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi

İncelenen 6KÇ ve 6KDZÇ için farklı yük kombinasyonlarından elde edilen kapasite eğrileri kullanılarak, hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli deprem tehlike seviyeleri için KSY ile deplasman ve dayanım talepleri belirlenmiş (Şekil 5) ve en büyük deplasman talebini veren yüklemeye ait sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. TDY'ndeki [2] koşullar göz önünde bulundurularak, KSY'nde, sistemde oluşan plastik kesitlerde iyi histeresis davranış kabulü yapılmıştır. KSY'nde dayanım ve deplasman taleplerinin belirlenmesinde ATC-40 Kapasite ve İstem Spektrumu Hesap Programı'ndan [12] yararlanılmıştır.

Şekil 5 . Binaların KSY ile deprem seviyelerine ait performans noktaları



Şekil 6 . Performans düzeyinin belirlenmesi



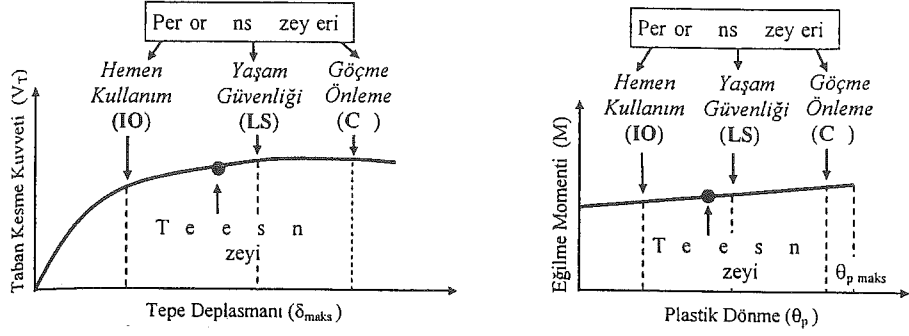
Çizelge 2 . Betonarme binaların KSY ile analiz sonuçları

Bina	Deprem seviyesi	PF ₁ , φ _{tepe,1}	α ₁	β _{eff} ()	S _a ()	S _d ()	δ _{max} ()	V _T (t)
6 Ç	D1	1.294	.832	8.1	.112	3.9	.	347.7
	D2			16.1	.141	.8	7.	437.6
	D3			4 .	.149	11.62	1 . 3	461.8
	D4			II. Mertebe	iiit	y		t.r.
6 DZÇ	D1	1.223	.94	9.89	.82	.2	6.3 9	288.3
	D2			19.31	.1	7.88	9.637	3 1.
	D3			II. Mertebe	iiit	y		t.r.
	D4			II. Mertebe	iiit	y		t.r.

2.6 Betonarme binaların performans düzeyleri

İncelenen 6KÇ ve 6KDZÇ betonarme binalar, göz önüne alınan dört deprem tehlike seviyesi için, KSY ile belirlenen maksimum deplasman değerlerine (deplasman talebine) kadar itilmiş ve kesitlerdeki plastik dönme değerleri ile görel kat ötelemeleri hesaplanmıştır. Plastik dönme değerleri FEMA 356'da [3] ve görel kat ötelemeleri de ATC 40'da [4] tanımlanan performans düzeylerine (hemen kullanım düzeyi IO, yaşam güvenliği düzeyi LS ve göçme önleme düzeyi CP) ait sınır değerler ile karşılaştırılarak yapıların performans düzeyleri Şekil 6 esas alınarak belirlenmiştir. Buna göre 6KÇ'nin D1 ve D2 depremleri için performans düzeyleri incelendiğinde, IO'nun altında olduğu, D3 depremi (tasarım depremi) için LS ve CP arasında olduğu, D4 depremine ait deplasman talebine ulaşmadan statik anlamda stabilite yetersizliği nedeniyle göçtüğü (II.Mertebe limit yükün aşıldığı) belirlenmiştir (Çizelge 3, Şekil 7) [8,10]. 6KDZÇ'nin performans düzeyleri incelendiğinde ise, D1 depremi için IO'nun altında, D2 depremi için IO ve LS arasında, D3 ve D4 depremleri için, bu depremlere ait deplasman taleplerine ulaşmadan statik anlamda stabilite yetersizliği nedeniyle göçtüğü (II.Mertebe limit yükün aşıldığı) belirlenmiştir (Çizelge 3, Şekil 7).

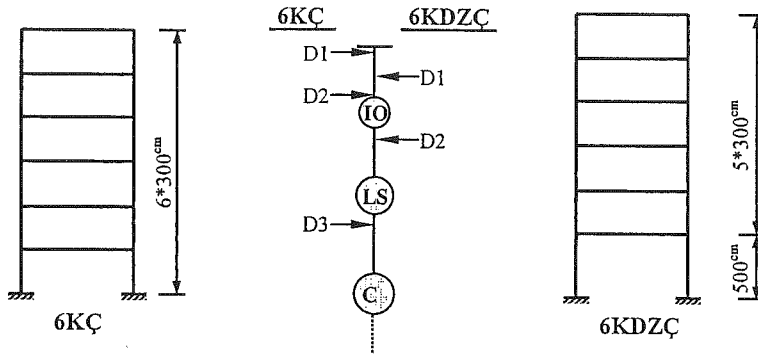
Şekil 6 . Performans düzeyinin belirlenmesi



Çizelge 3 . Betonarme binaların KSY ile elde edilen performans düzeyleri

Bina	Deprem seviyesi	Maks. plastik dönme (rad)		Performans düzeyine göre plastikleşen kesit sayısı								Maksimum görel kat ötelemesi (%)			
		Kiriş	Kolon	Kiriş				Kolon							
				<IO	IO-L	L-CP	CP<	<IO	IO-L	L-CP	CP<				
6 Ç	D1	9	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	.4 .64 IO<1.33<L	
	D2	42	---	188	---	---	---	3	---	---	---	---	---		
	D3	116	64	94	148	31	---	3	33	---	---	---	---		
	D4	---	---	II.	Merte e	i it	y	---	---	---	---	---	---		t.r.
6 DZÇ	D1	27	---	36	---	---	---	---	---	---	---	---	---	.97 <10	
	D2	686	433	8	18	---	---	6	3	---	---	---	---		
	D3	---	---	II.	Merte e	i it	y	---	---	---	---	---	---		t.r.
	D4	---	---	II.	Merte e	i it	y	---	---	---	---	---	---		t.r.

Şekil 7 . KSY'ne göre binaların deprem tehlike seviyeleri için performans düzeyleri



2.7 Türk Deprem Yönetmeliği'ndeki performans hedeflerinin değerlendirilmesi

Türk Deprem Yönetmeliği'ndeki (TDY) [2] performans hedeflerinin değerlendirilmesinde, düzenli ve düzensiz her iki binanın hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli deprem tehlike seviyeleri için lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden KSY ile hesabı yapılmış ve en elverişsiz durumu (maksimum deplasman talebini) veren yönteme ait analiz sonuçları gözönünde bulundurulmuştur. Ayrıca, TDY'nde tanımlanan hasar durumlarının FEMA 356'ya [3] göre belirlenen performans düzeylerini ifade eden temsili hasar durumlarından hangilerine karşı geldiği tanımlanmıştır. Buna göre, belirli bir yaklaşıkla eşleştirilerek, hafif şiddetteki depremlerde (D1) yapıların IO performans düzeyinde, orta şiddetteki depremlerde (D2) IO ile LS performans düzeyleri arasında ancak IO performans düzeyine daha yakın, şiddetli (tasarım) depremlerde (D3) ise yapının LS performans düzeyinde veya ona çok yakın olduğu kabul edilmiştir [10]. Bu tanımlamalar göz önünde bulundurularak, her iki betonarme binanın (6KÇ, 6KDZÇ) TDY'deki performans hedefleri incelendiğinde; 6KÇ'nin hafif şiddetteki depremlerde (D1) öngörülen düzeyde, orta şiddetteki depremlerde (D2) öngörülenin biraz üzerinde, şiddetli depremlerde (D3) (tasarım depremi) öngörülen düzeyde bir performans gösterdiği belirlenmiştir. Çok şiddetli depremde (D4) ise II.Mertebe limit yükün aşılması nedeniyle bina performansı belirlenmemiştir (Çizelge 3, Şekil 7) [10]. 6KDZÇ'nin hafif şiddetteki depremlerde (D1) ve orta şiddetteki depremlerde (D2) öngörülen düzeyde bir performans gösterdiği belirlenmiştir. Şiddetli depremlerde (D3) ve çok şiddetli depremlerde (D4) ise II. Mertebe limit yükün aşılması nedeniyle bina performansı belirlenmemiştir (Çizelge 3, Şekil 7).

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliğinin sismik performansa etkisinin incelenmiştir. Bunun için Antalya yöresinde sıklıkla karşılaşılan yumuşak kat düzensizliğine sahip betonarme binaları temsil etmek üzere 6 katlı düzensiz bir bina (6KDZÇ) ve bu binadaki düzensizliğin giderildiği 6 katlı düzenli bina (6KÇ) incelenmiştir. Binaların performanslarının belirlenmesinde, malzeme ve geometri değişimleri bakımından lineer olmayan teori kullanılarak yapılan statik itme analizini (pushover analiz) esas alan lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden Kapasite Spektrumu Yöntemi (KSY) kullanılmıştır. Taşıyıcı sistemde en alt kat yüksekliği artırılarak yönetmelikte yumuşak kat düzensizliğinin (rijitlik düzensizliği) oluşturulması ile bina davranışının önemli oranda değiştiği ve bina performansı ile binanın başlangıç rijitliğinin önemli oranda azaldığı, tasarım depreminde yapının performansının (deprem güvenliğinin) olmadığı belirlenmiştir. Türk Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen performans hedeflerini incelenen; düzenli binanın (6KÇ) TDY'ndeki depremler için sağladığı, yumuşak kat düzensizliğine (B2 rijitlik düzensizliğine) sahip binanın (6KDZÇ) ise tasarım depremi için sağlamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, bu tür düzensizliğe sahip binaların tasarlanmasının uygun olmadığı ve binalarda bu düzensizliğin olup olmadığının kontrol edilmesi önerilmektedir.

TDY'nde performans ve hasar düzeyleri ile deprem seviyeleri tanımlamalarına ve ayrıca, lineer olmayan analiz yöntemlerine ayrıntılı olarak yer verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bir ön inceleme niteliğinde olan bu çalışma tipik bir betonarme binanın düzenli ve yumuşak kat düzensizliği durumlarına ait sonuçları içermektedir. TDY'nin bu konuda ayrıntılı olarak değerlendirilebilmesi için farklı özelliklerdeki çok sayıda binayı içeren çalışmaların yapılması gerektiği düşünülerek, bu konudaki araştırmaya devam edilmektedir. Bu kapsamda yapılacak benzer çalışmaların, son dönemde geleneksel deprem tasarımının yerini alması için sürdürülen performansa dayalı tasarım çalışmalarına katkısı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] C.D. Poland ve D.B. Hom, 1997, "Opportunities and Pitfalls of Performance Based Seismic Engineering", Proceedings of the International Workshop on Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes, Slovenia, 69-78.
- [2] ABYYHY, 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- [3] FEMA, 2000, Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356, Federal Emergency Management Agency.
- [4] ATC, 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, ATC 40, Applied Technology Council, Washington, DC., USA, Vol. 1.
- [5] SEAOC, 1995, Performance Based Seismic Engineering of Buildings, Vision 2000, Structural Engineers Association of California.
- [6] SEAOC, 1999, Recommended Lateral Force Requirements and Commentary, Blue Book, Seventh Edition, Structural Engineers Association of California, C.A.
- [7] A.M. Reinhorn, 1997, "Inelastic Analysis Techniques in Seismic Evaluations", Proceedings of the International Workshop on Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes, Slovenia, 277-287.
- [8] E. İrtəm, K. Türker ve U. Hasgöl, "Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedeflerinin Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi", XVII. Teknik Kongre ve Sergisi, İMO, YTÜ, 15-17 Nisan 2004.
- [9] TSE, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TS-500, Türk Standartları Enstitüsü.
- [10] U. Hasgöl, 2004, "Türk Deprem yönetmeliğine Göre Boyutlandırılan Betonarme Binaların Performanslarının İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- [11] CSI, 2002, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, SAP2000 V.8., CSI.
- [12] Darılmaz, K., ATC-40 V3.0, 2003, Kapasite ve İstem Spektrumu Hesap Programı, <http://www.ins.itu.edu.tr/kutlu/>.