

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ
2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLKAY BALIKÇI

DENİZLİ, EYLÜL - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ
2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLKAY BALIKÇI

DENİZLİ, EYLÜL - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

İlkay BALIKÇI tarafından hazırlanan “Mevcut Binaların Deprem Performanslarının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Değerlendirilmesi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 09.09.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Şevket Murat Şenel




Üye
Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık Çaycı
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Palancı
İstanbul Arel Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
10/09/2019 tarih ve 36/17 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İL KAY BALIKÇI



ÖZET

MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ 2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLKAY BALIKÇI

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)

DENİZLİ, EYLÜL - 2019

Geçmiş depremler sebebiyle ülke olarak yaşadığımız hasarlar ve can kayıpları, mevcut binalarımızın deprem performanslarının yeterli olmadığını açık bir biçimde göstermiştir. 1975, 1998, 2007 ve 2018 tarihinde yayınlanan deprem yönetmelikleri ile depreme dayanıklı bina hesabıyla ilgili eksikliklerin giderilmesi için adımlar atılmıştır. 2007 yönetmeliğinin getirmiş olduğu asıl yenilik ise mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgilidir. Geçen süreç içinde yaşanan gelişmeler ve ilerlemeler, deprem yönetmeliğinin güncellenmesini gerekli hale getirmiştir ve 2018 yılında deprem yönetmeliği tekrar yenilenmiştir. Yönetmeliklerde meydana gelen bu değişikliklerin etkilerini araştırabilmek amacıyla tez çalışması kapsamında bina stokumuzun büyük çoğunluğunu oluşturan ve 2000’li yıllardan önce inşa edilen mevcut binaların deprem performansları 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre belirlenmiş ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında 1975 yönetmeliğine uygun olarak inşa edilmiş ve halen kullanılmakta olan 30 adet betonarme binanın 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre doğrusal olmayan analiz modelleri oluşturulmuş ve analizleri yapılmıştır. Farklı yapısal özellikleri tarif edebilmek amacıyla 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 katlı binalar göz önüne alınmıştır. İncelenen binaların dayanım ve deplasman kapasiteleri doğrusal olmayan statik itme analizi ile elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre modellenen binaların deprem performansları arasında önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman kapasitelerinin, 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman kapasitelerinden çok daha düşük olduğunu göstermiştir. Spektrum hesabından kaynaklanan düzenlemeler, 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman taleplerinin azalmasına sebep olsa da kapasite değerlerindeki azalma 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan bina performanslarının ciddi şekilde azalmasına sebep olmuştur. Bulunan sonuçlar 2018 yönetmeliğinin, 2007 yönetmeliğine göre daha karamsar sonuçlar ortaya çıkardığını göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Türk Deprem Yönetmeliği 2007, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, Mevcut Yapılar, Doğrusal Olmayan Analiz, Kesit Hasar Sınırları, Deprem Performansı

ABSTRACT

ASSESSMENT OF SEISMIC PERFORMANCE OF EXISTING BUILDINGS ACCORDING TO EARTHQUAKE CODES OF 2007 AND 2018

MSC THESIS

İLKAY BALIKÇI

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR:PROF. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)

DENİZLİ, SEPTEMBER 2019

Damages and life losses occurred after recent big earthquake have showed that seismic performances of existing buildings were not adequate. For this reason, code regulations were performed in 1975, 1998, 2007 and 2018 to improve the seismic design quality of designs. The major contribution of 2007 code was mainly related with the seismic performance estimation of existing buildings. In 2018 seismic design code was regulated and renewed to reflect the recent advances in seismic design of buildings. In order to investigate the effects of code regulations, seismic performance of old buildings was determined by using 2007 and 2018 codes and the results were compared. Non-linear structural models of 30 occupied buildings designed according to code of 1975 were constructed and analyzed. In order to reflect the various structural properties 2,3,4,5,6 and 7 story buildings were considered. Strength and deformation capacities of buildings were obtained by using static pushover analyses. Results have shown that seismic performances of investigated buildings calculated according to 2007 and 2018 codes are significantly different. Analyses results have revealed that seismic displacement capacities calculated by 2018 code were significantly lower than that of 2007 code. Although regulations based on spectrum calculation decrease the seismic deformation demands in 2018 code, it was shown that the decrement in capacities are much more critical than that of demands. This situation is the main reason which explain the lower performances estimated by 2018 code. Obtain results showed that 2018 code gives much more conservative performance estimations with respect to 2007 code.

KEYWORDS: Turkish Earthquake Code 2007, Turkish Earthquake Code 2018, Existing Buildings, Nonlinear Analysis, Section Damage Limits, Seismic Performance

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	viii
SEMBOL LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Giriş	1
1.2 Problemin Tanımı	2
1.3 Tezin Amacı	3
1.4 Çalışmanın Kapsamı	4
1.5 Çalışmanın Düzeni.....	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1 Mevcut Binaların Farklı Yönetmeliklere Göre Deprem Performansının Değerlendirilmesi İle İlgili Yapılan Çalışmalar	7
2.2 Elastik Olmayan Analiz Yöntemi İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	10
3. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	15
3.1 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binalar Hakkında Bilgi Toplanması ve Yapısal Parametrelerin Belirlenmesi	15
4. MEVCUT BETONARME BİNALARIN 2007 VE 2018 YÖNETMELİKLERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	18
4.1 Üç Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modellerinin Oluşturulması.....	18
4.2 Doğrusal Elastik Ötesi Modellerin TDY-2007'ye Göre Oluşturulması.....	19
4.2.1 Çatlamış Kesit Rijitliği	20
4.2.2 TDY-2007 Kesit Hasar Sınırları ve Bölgeleri	22
4.2.3 Moment-Eğrilik Analizi ve Plastik Mafsallık Kavramı	24
4.3 Doğrusal Elastik Ötesi Modellerin Kapasitelerinin TDY-2007'ye Göre Belirlenmesi	29
4.3.1 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi	30
4.3.2 Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi	31
4.4 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Deprem Taleplerinin TDY-2007'ye Göre Belirlenmesi.....	32
4.5 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Deprem Performanslarının TDY-2007'ye Göre Belirlenmesi.....	35
4.5.1 TDY-2007 Performans Bölgeleri.....	37
4.5.1.1 Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi.....	38
4.5.1.2 Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi	38
4.5.1.3 Göçme Öncesi (GÖ) Performans Düzeyi.....	39
4.5.1.4 Göçme Durumu	39
4.6 Doğrusal Elastik Ötesi Modellerin TBDY-2018'e Göre Oluşturulması.....	40
4.6.1 TBDY-2018 Çatlamış Kesit Rijitliği.....	41

4.6.2	TBDY-2018 Kesit Hasar Sınırları ve Bölgeleri.....	41
4.6.3	TBDY-2018 Moment-Eğrilik Analizi ve Plastik Mafsal Kavramı.....	44
4.7	Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Deprem Taleplerinin TBDY-2018'e Göre Belirlenmesi.....	45
4.8	Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Performans Düzeylerinin TBDY-2018'e Göre Belirlenmesi.....	47
4.8.1	TBDY-2018 Performans Bölgeleri.....	48
4.8.1.1	Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi.....	49
4.8.1.2	Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi.....	49
4.8.1.3	Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi.....	50
4.8.1.4	Göçme Durumu.....	50
5.	ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	51
5.1	BİNA KAPASİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	51
5.2	BİNALARIN DEPLASMAN TALEPLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	64
5.3	BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	67
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
7.	KAYNAKLAR.....	80
8.	EKLER.....	85
	EK A Binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e Göre Kapasite Eğrileri.....	85
9.	ÖZGEÇMİŞ.....	106

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: SAP2000 programında 3 boyutlu oluşturulan örnek bina modeli	17
Şekil 4.1: Çatlamış kesit rijitliğinin eksenel yük oranı ile değişimi.....	21
Şekil 4.2: Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ve bölgeleri (TDY-2007).....	22
Şekil 4.3: Modified kent-park concrete model (İnel ve diğ. 2007).....	24
Şekil 4.4: Moment-eğrilik ilişkisi (Celep 2017).....	26
Şekil 4.5: Konsol kolon için eğrilik yoğunlaşması ve plastik mafsal	27
Şekil 4.6: Moment-Dönme ilişkisi ve kesit hasar sınırları	28
Şekil 4.7: TDY-2007 Deprem performansının belirlenmesi için kullanılan analiz yöntemleri	29
Şekil 4.8: Taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirmesi (Koparan İ., 2006).....	30
Şekil 4.9: Kapasite eğrisi verilen binanın SAP2000 programında oluşturulan taşıyıcı sistem modeli.....	31
Şekil 4.10: Çok katlı betonarme örnek bir yapının kapasite eğrisi	32
Şekil 4.11: Spektrum eğrisi ile kapasite eğrisinin kesiştirilerek yerdeğıştirmelerin bulunması (TDY-2007).....	35
Şekil 4.12: Hasar durumlarından taşıyıcı sistem performans düzeyine geçiş...36	
Şekil 4.13: Bina deprem performansları (Celep ve Gençoğlu 2009)	38
Şekil 4.14: Kesit hasar sınırları ve bölgeleri (TBDY-2018).....	42
Şekil 4.15: Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY-2018).....	46
Şekil 4.16: Spektrum eğrisi ile kapasite eğrisinin kesiştirilerek yerdeğıştirmelerin bulunması (TBDY-2018).....	47
Şekil 4.17: TBDY-2018'e göre bina performans düzeyleri.....	48
Şekil 5.1: 49 nolu bina için X yönünde hesaplanan kapasite eğrileri ve iki doğrulu halleri a) TDY-2007 b) TBDY-2018.....	51
Şekil 5.2: Mevcut binaların TDY-2007'ye göre kapasite eğrileri.....	52
Şekil 5.3: Mevcut binaların TBDY-2018'ye göre kapasite eğrileri	53
Şekil 5.4: Mevcut binaların yatay dayanım oranlarının kat sayısına göre değışimi a) TDY-2007 b) TBDY-2018.....	54
Şekil 5.5: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre yatay dayanım oranlarının elastik olmayan bina periyoduna bağlı değışimi	54
Şekil 5.6: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre süneklik kapasitesinin elastik olmayan bina periyoduna bağlı değışimi	55
Şekil 5.7: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre süneklik kapasitelerinin kat sayısına bağlı değışimi.....	56
Şekil 5.8: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre ortalama dayanım - ortalama deplasman grafiği.....	56
Şekil 5.9: Mevcut binaların akma anına karşılık gelen yatay ötelenme değerlerinin dağılımı a) TDY-2007 b) TBDY-2018	57
Şekil 5.10: Mevcut binaların hemen kullanım ve sınırlı hasar performans düzeylerine karşılık gelen yatay ötelenme değerlerinin dağılımı a) TDY-2007 b) TBDY-2018.....	58
Şekil 5.11: Mevcut binaların can güvenliği ve kontrollü hasar performans düzeylerine karşılık gelen yatay ötelenme değerlerinin dağılımı a) TDY-2007 b) TBDY-2018.....	59

Şekil 5.12: Mevcut binaların göçme öncesi ve göçmenin önlenmesi performans düzeylerine karşılık gelen yatay ötelenme değerlerinin dağılımı a) TDY-2007 b) TBDY-2018	60
Şekil 5.13: Mevcut binaların süneklik değerlerinin dağılımı a) TDY-2007 b) TBDY-2018	61
Şekil 5.14: Mevcut binaların yönetmeliklere göre doğrusal elastik olmayan periyot oranlarının kat sayılarına göre değişimi.....	65
Şekil 5.15: Mevcut binaların deplasman talebi değerlerinin dağılımı a) TDY-2007 b) TBDY-2018.....	66
Şekil 5.16: Bina 49 (X yönü) için kapasite eğrisinin iki doğrulu hali ve deplasman talebinin hasar sınırlarına göre durumu (TDY-2007) ..	68
Şekil 5.17: Bina 49 (X yönü) için kapasite eğrisinin iki doğrulu hali ve deplasman talebinin hasar sınırlarına göre durumu (TBDY-2018)	69
Şekil 5.18: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre performans düzeyleri.....	72
Şekil 5.19: Mevcut binaların hemen kullanım ve sınırlı hasar performans düzeyini belirleyen kriterlerin dağılımı	74
Şekil 5.20: Mevcut binaların can güvenliği ve kontrollü hasar performans düzeyini belirleyen kriterlerin dağılımı	75
Şekil 5.21: Mevcut binaların göçme öncesi ve göçmenin önlenmesi performans düzeyini belirleyen kriterlerin dağılımı	76
Şekil 5.22: Mevcut binaların kat sayısına ve TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre performans düzeyleri.....	76
Şekil A.1: Bina modeli 1-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	85
Şekil A.2: Bina modeli 1-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	85
Şekil A.3: Bina modeli 2-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	86
Şekil A.4: Bina modeli 2-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	86
Şekil A.5: Bina modeli 3-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	86
Şekil A.6: Bina modeli 3-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	87
Şekil A.7: Bina modeli 4-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	87
Şekil A.8: Bina modeli 4-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	87
Şekil A.9: Bina modeli 5-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	88
Şekil A.10: Bina modeli 5-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	88
Şekil A.11: Bina modeli 6-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	88
Şekil A.12: Bina modeli 6-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	89
Şekil A.13: Bina modeli 7-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	89
Şekil A.14: Bina modeli 7-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	89
Şekil A.15: Bina modeli 8-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	90
Şekil A.16: Bina modeli 8-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	90
Şekil A.17: Bina modeli 9-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	90
Şekil A.18: Bina modeli 9-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	91
Şekil A.19: Bina modeli 10-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	91
Şekil A.20: Bina modeli 10-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	91
Şekil A.21: Bina modeli 11-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	92
Şekil A.22: Bina modeli 11-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	92
Şekil A.23: Bina modeli 12-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	92
Şekil A.24: Bina modeli 12-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	93
Şekil A.25: Bina modeli 13-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	93
Şekil A.26: Bina modeli 13-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	93
Şekil A.27: Bina modeli 14-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	94

Şekil A.28: Bina modeli 14-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	94
Şekil A.29: Bina modeli 15-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	94
Şekil A.30: Bina modeli 15-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	95
Şekil A.31: Bina modeli 16-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	95
Şekil A.32: Bina modeli 16-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	95
Şekil A.33: Bina modeli 17-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	96
Şekil A.34: Bina modeli 17-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	96
Şekil A.35: Bina modeli 18-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	96
Şekil A.36: Bina modeli 18-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	97
Şekil A.37: Bina modeli 19-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	97
Şekil A.38: Bina modeli 19-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	97
Şekil A.39: Bina modeli 20-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	98
Şekil A.40: Bina modeli 20-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	98
Şekil A.41: Bina modeli 21-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	98
Şekil A.42: Bina modeli 21-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	99
Şekil A.43: Bina modeli 22-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	99
Şekil A.44: Bina modeli 22-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	99
Şekil A.45: Bina modeli 23-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	100
Şekil A.46: Bina modeli 23-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	100
Şekil A.47: Bina modeli 24-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	100
Şekil A.48: Bina modeli 24-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	101
Şekil A.49: Bina modeli 25-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	101
Şekil A.50: Bina modeli 25-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	101
Şekil A.51: Bina modeli 26-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	102
Şekil A.52: Bina modeli 26-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	102
Şekil A.53: Bina modeli 27-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	102
Şekil A.54: Bina modeli 27-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	103
Şekil A.55: Bina modeli 28-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	103
Şekil A.56: Bina modeli 28-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	103
Şekil A.57: Bina modeli 29-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	104
Şekil A.58: Bina modeli 29-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	104
Şekil A.59: Bina modeli 30-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	104
Şekil A.60: Bina modeli 30-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları.....	105

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Yönetmeliklere uygun modellenen binaların sayıları	16
Tablo 3.2: Hesaplarda kullanılan yönetmeliklere uygun malzeme özellikleri	17
Tablo 4.1: Hasar sınırlarına karşılık gelen şekildeğişirmeler	23
Tablo 4.2: Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (TDY-2007).....	37
Tablo 4.3: Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları.....	41
Tablo 4.4: TBDY2018’de hasar sınırları için izin verilen birim şekildeğişirmeler.....	42
Tablo 4.5: TBDY2018’e göre donatı çeliklerine ait bilgiler	43
Tablo 4.6: TBDY2018’e göre beklenen (ortalama) malzeme dayanımları.....	44
Tablo 4.7: Deprem tasarım sınıflarına göre binalar için performans hedefleri ve uygulanacak Değerlendirme/Tasarım yaklaşımları (TBDY-2018)	48
Tablo 5.1: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018 performans sınırlarına ait deplasman kapasitesi oranları (%).....	62
Tablo 5.2: Mevcut binaların TBDY-2018’de belirtilen yatay tasarım spektrumu parametreleri.....	64
Tablo 5.3: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018’e göre deplasman talepleri ve oranları	67
Tablo 5.4: Mevcut binaların TDY-2007’ye göre kapasite ve talep parametreleri oranlarına ait merkezi eğilim ölçüleri	70
Tablo 5.5: Mevcut binaların TBDY-2018’e göre kapasite ve talep parametreleri oranlarına ait merkezi eğilim ölçüleri	71
Tablo 5.6: TDY-2007’de tanımlanan performans düzeyi şartları	73
Tablo 5.7: TBDY-2018’de tanımlanan performans düzeyi şartları	73

SEMBOL LİSTESİ

W	:	Bina sismik ağırlığı
w_i	:	Kat ağırlığı
G	:	Ölü yük
Q	:	Hareketli yük
n	:	Hareketli yük katılım katsayısı
H	:	Bina yüksekliği
V_t	:	Taban kesme kuvveti
V_t/W	:	Dayanım Kapasitesi
Δ/H	:	Şekil değiştirme kapasitesi
T	:	Binanın birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	:	Spektrum karakteristik periyodları
A₀	:	Etkin yer ivmesi katsayısı
I	:	Bina önem katsayısı
Δ_d	:	Deplasman talebi
Δ_u	:	Nihai yer değiştirmesi
Δ_y	:	Akma yer değiştirmesi
(ED)_e	:	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
(ED)₀	:	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
N_d	:	Düşey yükler altındaki eksenel kuvvet
A_c	:	Beton kesit alanı
f_{ck}	:	Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{yk}	:	Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywk}	:	Enine donatının karakteristik akma dayanımı
f_{yu}	:	Boyuna donatının karakteristik kopma dayanımı
f_{cm}	:	Mevcut beton dayanımı
ρ_s	:	Kesitteki toplam hacimsel donatı oranı
ρ_{sh}	:	Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sm}	:	Kesitte olması gereken minimum hacimsel donatı oranı
ε_c	:	En dış liffteki beton basınç şekil değiştirmesi
ε_{cu}	:	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi
ε_s	:	Donatı çeliği birim yer değiştirmesi
L_p	:	Plastik mafsal boyu
S_a	:	Spektral ivme
S_d	:	Spektral yer değiştirme
C_R	:	Spektral yer değiştirme oranı
α_{se}	:	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
T_{1-inel}	:	Doğrusal olmayan bina periyodu
μ	:	Süneklik kapasitesi
θ_y	:	Akma dönmesi
θ_u	:	Nihai dönme
M_y	:	Akma momenti
M_u	:	Kopma momenti
Ø_y	:	Akma eğriliği
Ø_u	:	Kopma eğriliği
N	:	Kat sayısı

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen, en zor zamanlarımda yanımda olduğunu hissettiren kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Şevket Murat ŞENEL'e teşekkürü borç bilirim. Ayrıca çalışma süresince yardım ve destekleri için Dr. Öğr. Üyesi Mehmet PALANCI'ya ve Arş. Gör. Ali KALKAN'a teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarım ve başta İnş. Yük. Müh. Betül ÇOMAKLI olmak üzere tüm meslektaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans hayatım boyunca her ihtiyacım olduğunda yanımda olan, varlığını her zaman arayacağım değerli dostum İnş. Yük. Müh. Mustafa AKPINAR'a teşekkür ederim.

Son olarak beni bugünlere getiren, saygılı, dürüst, ahlaklı ve topluma faydalı olabilecek bir birey olarak yetiştiren, çok kıymetli annem Sevim BALIKÇI'ya, bu yolda maddi manevi desteğini esirgemeyen canım babam Sait BALIKÇI'ya ve kardeşim Elif Hilal BALIKÇI'ya sevgilerimi sunarım. Varlığınız için sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş

Dünyanın oluşumundan bu yana, sismik yönden aktif bulunan bölgelerde depremler ardışık biçimde oluşarak milyonlarca insanı ve yerleşim birimlerini yok etmektedir. Deprem, insanların hareketsiz kabul ettiği zeminde oluşan ani kırılmalar sonucunda üzerinde bulunan yapıların hasar görebileceğini ve can kaybına sebep olacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır. Ülkemizin dünyanın en etkin deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunduğu bilinmektedir. Geçmişte yurdumuzda birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de bu tür depremlerle karşılaşacağımız bir gerçektir. Bu hususta inşa edilen yapılar ve alınan önlemler büyük önem arz etmektedir. Yapılan araştırmalar ülkemizin %92'sinin deprem bölgelerinde olduğunu, nüfusumuzun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığını göstermektedir. Ayrıca önemli sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgeleri içerisinde bulunduğu bilinmektedir. Son 60 yılda depremlerden, 50.000'in üzerinde vatandaşımız hayatını kaybetmiş ve 400.000'den fazla bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak ülkemizde depremler nedeniyle her yıl ortalama 1000-1100 vatandaşımız ölmekte ve 7000-7100 civarında bina yıkılmaktadır (BDTİM).

Mevcut binaların deprem performansının ve bu performansı etkileyen faktörlerin belirlenmesi ülkemizin son dönemlerdeki öncelikli araştırma alanları içinde yer almaktadır. TÜBİTAK tarafından kamu kurumlarının deprem ile ilgili Ar-Ge ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla "Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı-TÜDAP (2005-2014)" hazırlanmıştır. Bu raporda mevcut yapılarda riskin belirlenebilmesi için Türkiye'ye özgü modeller geliştirilmesinin gerekli olduğu belirtilmiş, mevcut yapıların deprem davranışının belirlenmesi ve hasar görme nedenlerinin araştırılması ile ilgili çalışmaların önceliği vurgulanmıştır. Ulusal Deprem Konseyi tarafından 2005 yılında hazırlanan "Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP- Strateji, Araştırma Alanları ve Ar-Ge Konuları-2005)" raporunda

ise mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, öncelikli araştırma alanları içinde yer almıştır.

1.2 Problemin Tanımı

Son yıllarda ülkemizde meydana gelen depremler sonrasında, mevcut yapı stokumuzun önemli bir bölümünün deprem güvenliğinin ne denli yetersiz olduğu anlaşılmıştır. Özellikle ülkemiz sanayi tesislerinin ve nüfusunun en yoğun olduğu bölgeleri etkileyen 1999 yılı depremleri, hem bizlere gerek çok büyük acılar yaşatmış hem de ülkemiz ekonomisine büyük zararlar vermiştir. Sismik bir yer hareketinde yapılarımızın yıkılmasında ve ciddi hasarlara uğramasındaki en önemli faktörlerin başında, yapılarımızın inşa edildikleri dönem mevcut yönetmeliklere uygun şekilde yapılmaması gelmektedir. Yıkılmış veya ağır hasar görmüş betonarme yapıların büyük çoğunluğunda dönemin yönetmeliğinde öngörülmüş olan koşullara uyulmadığı, malzeme ve işçilik kalitesinin yetersiz olduğu açıkça görülmektedir. Mevcut yönetmeliklere ve kalite şartlarına uyularak inşa edilen betonarme yapıların şiddetli depremlerde hasar görse de can kaybına sebebiyet vermediği görülmektedir. Bu durum etkili bir denetim sistemi oluşturulamayışının, bugün yaşadığımız problemlerin en önemli sebeplerinden biri olduğunu göstermektedir.

Bina taşıyıcı sistem ve tasarım hataları, kullanılan kalitesiz malzeme ve yetersiz işçiliğin yanı sıra bina yapım aşamasındaki yetersiz kontrol ve denetim sebebiyle mevcut binaların çoğu güçlü depremlerde istenilen performansı gösterememektedir.

Geçtiğimiz yıllarda şehirlerde hızlı nüfus artışının beraberinde getirdiği konut talebini karşılayabilmek amacıyla kısa sürede yüksek betonarme binaların inşasına girişilmiştir. Bu yapıların etkin projelendirme, yeterli malzeme ve işçilik kalitesinden yoksun bir şekilde inşa edilmesi, mevcut binalar ile ilgili günümüz deprem performansı sorunlarının önemli nedenlerindedir. Mevcut yönetmeliklere uygun projelendirilen yapıların bile can güvenliği hedefini sağlamalarına rağmen, taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasar seviyelerinin yüksek olması kuvvete dayalı tasarım yöntemlerinin yerine performansa dayalı tasarım yaklaşımlarıyla ilgili çalışmaların artmasını desteklemiştir.

1.3 Tezin Amacı

Türkiye’de ilk deprem yönetmeliği Erzincan depreminin ardından 1940 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre deprem hesabı yapının bulunduğu yerden bağımsız bir biçimde her bölge için benzer biçimde yapılmaktaydı. 1942 yılında Türkiye deprem bölgeleri haritasının hazırlanmasıyla birlikte deprem hesapları yapının bulunduğu bölgenin depremselliğine bağlı hesaplanır hale gelmiştir (Sezen ve diğ. 2000).

Günümüzde kullanılan modern hesap yöntemlerine Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte (ABYYHY-1968) yer verilmiştir. Ayrıca betonarme yapı elemanlarının minimum boyutlarından ilk kez bu yönetmelikte bahsedilmiştir. Betonarme yapılar için önemli parametrelerden olan sünek yapı tasarımı ile ilgili detaylara ise ilk kez 1975 yılında yayınlanan deprem yönetmeliğinde (ABYYHY-1975) yer verilmiştir. Bu hususta sünek davranışa yönelik donatı detayları, elemanların birleşim bölgeleri ve boyutlarına yönelik tavsiyeler sunulmuştur. 1997 yönetmeliğinde bu detayların uygulanması betonarme binalar için zorunlu hale getirilmiştir (Sezen ve diğ. 2000).

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte (TDY-2007) bulunan hesap ve tasarım kurallarının çoğu 1998 yılında yayınlanan yönetmelik (ABYYHY-1998) ile kullanılmaya başlanmıştır. 2007 yılında yayınlanan yönetmelik, 1998 yönetmeliği üzerinde bazı değişiklikler yapılarak oluşturulmuştur. Dolayısıyla uzun süredir yayınlanan yönetmeliklerde bilimsel çalışmaların kazanımlarından faydalanılmamıştır. Güncel olarak kullanılan yönetmelikteki eksiklerin giderilmesi ve son yıllarda artmakta olan yüksek yapılara ait deprem mühendisliği alanındaki çalışmaların kazanımlarından faydalanıldığı yeni bir yönetmeliğe ihtiyaç duyulmuştur. 2018 yılında yürürlüğe giren yönetmelik kapsamında tasarım parametrelerinde değişikliklere gidilmiştir. Ayrıca deprem hesaplarında kullanılan Türkiye Sismik Tehlike Haritası AFAD’ın yürüttüğü çalışma kapsamında güncellenmiştir.

Yapılan bu çalışmada ise 1975 yönetmeliğine uygun olarak inşa edilmiş (98-) mevcut binaların rijitlik, dayanım, süneklik gibi yapısal parametrelerinin TDY-2007 ve TBDY-2018’e göre araştırılması ve farklılıkların incelenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında yeni yönetmeliğe göre çözümlenmek üzere modellenen binaların deprem hesaplarında eski yönetmeliğe kıyasla oluşan sayısal farklılıklar ve bu farklılıkların yapı elemanlarının tasarımına etkileri irdelenmiştir. Böylelikle 10 yılı aşkın süredir inşaat mühendisliği alanında yoğun şekilde çalışılan ve pek çok binanın yıkılması ya da kullanılmaya devam edilmesi yönünde kararların üretilmesine vesile olarak binaların kaderini tayin eden deprem performansı hesaplama yaklaşımı, detaylı şekilde değerlendirilecektir. Bu kapsamda mevcut binaların belirtilen yönetmeliklere göre değişen kapasite eğrileri, talep spektrumları ve performans seviyeleri karşılaştırılmaktadır. Böylece yeni yönetmelik kapsamında yapılan düzenlemelerin mevcut binaların deprem davranışlarının değerlendirmesi açısından önemi araştırılmış olmaktadır.

1.4 Çalışmanın Kapsamı

Deprem mühendisliğinin önemli bölümü, yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının değerlendirilerek, gerekli önlemlerin alınmasından oluşur. Yapının tümüyle göçmesi veya bir bölümünün göçmesi nedeniyle önemli can kayıpları ve yaralanmalar oluşmaktadır. Bu noktada mevcut olan binaların zayıf yönlerinin belirlenmesi büyük önem taşır.

Bu çalışma kapsamında ülkemizdeki yapı stokunu temsil eden 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 katlı mevcut binalar kullanılmıştır. Kullanılan binalar Denizli merkez bölgesinde 1998 yönetmeliğinden önce inşa edilmiş yapılardan seçilmiştir. Bu kapsamdaki projeler Denizli Belediyesi proje arşivinden elde edilmiştir. Farklı kat sayılarında seçilen mevcut 30 binanın taşıyıcı elemanlarının kapasitelerinin hesabı ve bina deprem performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan eleman boyutları ve detayları, taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özelliklerine ait bilgiler belirtilen projelerden elde edilmiştir. Binaların projelerinden elde edilen mevcut durum bilgilerinin yeterliğine göre kapsamlı bilgi düzeyi kabul edilen yapıların eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılmıştır. İncelemeler sırasında Denizli ilinde bulunan seçilmiş binaların TDY-2007'ye göre 1. Derece deprem bölgesinde olduğu ve Z3 zemin sınıfı üzerinde bulunduğu düşünülerek hesaplamalar yürütülmüştür. Projeleri elde edilen binalar SAP2000 V.11

programında modellenmiştir. Modellenen binalara ait doğrusal elastik olmayan davranışlar TDY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinde yer alan statik itme analizi ile belirlenmiştir. İncelenen mevcut binaların yapısal özellikleri ile hesaplanan performansları arasında nasıl bir ilişki olduğu önemli bir husustur. Bu doğrultuda rijitlik, dayanım, süneklik gibi yapısal parametrelerin önemlerinin ne ölçüde olduğu araştırılmıştır. Bahsi geçen yönetmelik koşullarına göre hesapların yapılması ile elde edilen sonuçlarda yönetmelikler arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

Araştırma kapsamında doğrusal olmayan analiz için plastik şekil değiştirme özellikleri taşıyıcı eleman uçlarında tanımlanan plastik mafsallar kullanılarak dikkate alınmıştır. Tez kapsamında kullanılan her bir modelin 2007 deprem yönetmeliği (TDY-2007) ve 2018 deprem yönetmeliği (TBDY-2018) dikkate alınarak kapasite eğrisi elde edilmiştir. Bahsi geçen yönetmeliklerde belirlenen şekilde binalara ait talepler elde edilmiş ve bina performans seviyeleri belirlenmiştir. Bu sayede 1998 yılı öncesi binaların her iki yönetmelik açısından tayini yapılan performans seviyelerindeki değişimler saptanmıştır.

Bu çalışma sayesinde bina stokumuzun hasar görebilme olasılıkları yeni güncellenen yönetmeliğin gözünden de değerlendirilerek, mevcut bina stokumuzun güçlü ve zayıf yönlerinin neler olduğu araştırılmıştır.

1.5 Çalışmanın Düzeni

Yapılan tez çalışmasının;

Birinci bölümünde çalışmanın konusu, amacı ve kapsamı gibi konulardan bahsedilmiş ve araştırmanın gerekliliği hakkında genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümünde çeşitli yönetmelikler dikkate alınarak mevcut binaların deprem performanslarının irdelenmesi ve bina kapasiteleri gibi konularda yapılmış önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler özetlenmiştir.

Üçüncü bölümde incelemeler sonucu seçilen mevcut çok katlı betonarme binaların yapısal özelliklerinin belirlenmesi irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde çalışma kapsamında incelenen çok katlı binaların modelleri SAP2000 V.11 programında oluşturularak kapasite eğrileri TDY-2007 ve TBDY-2018 koşullarına uygun olarak hesaplanmıştır. TDY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelik şartları irdelenmiş ve bu yönetmeliklere uygun, çalışma kapsamında kullanılan modellerin deplasman talepleri, performans düzeyleri gibi esaslar açıklanmıştır.

Beşinci bölümde TDY-2007 ve TBDY-2018 şartlarına göre statik itme analizleri gerçekleştirilmiş olan mevcut çok katlı betonarme yapıların kapasite, talep ve performans kavramlarına ait sonuçlar verilmiştir. Bulunan sonuçlar iki yönetmelik açısından karşılaştırılmıştır.

Altıncı bölümde yapılan tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Mevcut Binaların Farklı Yönetmeliklere Göre Deprem Performansının Değerlendirilmesi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Betonarme yapıların deprem performansı, belirli bir deprem etkisi altında yapıda oluşabilecek hasarın düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenmektedir. Dolayısıyla deprem performansı yapının güvenlik seviyesini temsil eden bir kavramdır. Bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle yapının mevcut halinin kullanılmakta olan şekliyle yeterli ölçüde bilinmesi gereklidir. Bu doğrultuda mevcut yapıların boyut, malzeme, yapısal özellikler ve detayları ile ilgili toplanacak bilgilerin kapsamı 2007 ve 2018 yönetmeliklerinde ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Bu bilgilere bağlı olarak yapısal modelleme ve deprem etkileri altında elemanlara ait iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler hesaplanır.

Geçmişte yaşanan depremlerden açıkça anlaşılabilirdiği üzere ülkemiz topraklarının büyük bir bölümü deprem tehlikesi altındadır (Karaesmen, 2008). Yapılan çalışmalarla deprenselliği düşük olarak bilinen bölgelerin aslında deprem tehlikesi ile karşı karşıya olduğu belirlenmiştir (Akkar, 2015).

TDY-2007 hükümlerine göre dördüncü derece deprem bölgesinde yer alan illerdeki yapılara etkiyen deprem yüklerinde, TBDY-2018’de eklenen sismik tehlike analizi ile birlikte önemli ölçüde değişiklikler olmuştur.

İ. Akdeniz (2008), yapmış olduğu tez çalışması kapsamında mevcut yapıların sismik etkiler altındaki performans seviyelerinin belirlenmesi amacıyla elastik ve elastik ötesi analiz yöntemleriyle hesaplamalar yapmıştır. Tez kapsamında kullanılan binaların yapım zamanına bağlı olarak Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğine (ABYYHY-1975) göre donatı kontrolü yapılmıştır. Ardından 2007 yılında yürürlüğe giren yönetmelik (TDY-2007) kapsamında 7. bölümde yer alan esaslara dayalı olarak yapıların deprem performansları

incelenmiştir. Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemiyle elde edilen sonuçlarda can güvenliği performans seviyesini sağladığı görülmüştür.

B. AYTEKİN (2009), yapmış olduğu çalışmada 1975 yılında yayınlanan deprem yönetmeliği koşullarına göre tasarlanmış 6 katlı, üç boyutlu modellenmiş bir betonarme çerçeve sistemi TDY-2007 içeriğinde bulunan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile incelemiştir ve sisteme ait deprem performansını irdelemiştir. Yapılan analizler sonucunda 2007 yılında yayınlanan Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-2007) esaslarına göre irdelenen kiriş kesitlerinde bir sorun bulunmamakla birlikte kolon kesitlerinde görülen göçme durumuyla birlikte bina performansının Göçme Öncesi Performans Düzeyini sağladığı ve güvenli bulunmadığı anlaşılmıştır.

H.B. Özmen ve M. İnel (2011), Türkiye'deki mevcut betonarme binaları temsil eden, 1975 ve 1998 deprem yönetmeliklerine uygun olarak modellenmiş farklı beton dayanımı ve yanal donatı detaylarına sahip 2,4,7 katlı toplam 48 adet binanın doğrusal elastik olmayan üç boyutlu modellerini hazırlamış ve kapasite eğrilerini elde etmiştir. Her bir performans seviyesi için aşılma oranları belirlenerek ilgili parametrelerin bu oranlar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda ilgili parametrelerin hemen kullanım bina performans seviyesi dışında büyük ölçüde etkili olduğu belirlenmiş, bu etkinin performans seviyesi ve kat sayısı ile arttığını, daha düşük dayanıma sahip 1975 Yönetmeliği modellerinde oranların daha büyük olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda hemen kullanım seviyesinde her iki yönetmelik için de aşılma oranlarının büyük değerlere ulaştığı belirtilmiştir.

B. Sinani (2014), çalışmasında 4 ve 8 katlı betonarme binaların TDY-2007 ve Eurocode 8 yönetmelikleri esaslarına göre performans analizlerini artımsal itme analizi yöntemini kullanarak gerçekleştirmiştir. TDY-2007'ye göre yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda binanın "Göçme Durumu" performans seviyesinde olduğu görülmüştür. Seçilen örnek binalara ait performans analizleri sonucunda TDY-2007'nin daha güvenli tarafta kaldığı anlaşılmasına rağmen TDY-2007 ve Eurocode 8'e göre değerlendirilen elemanların performans düzeylerinin birbirine yakın olduğu anlaşılmıştır.

C. Erol (2014), ABYYHY-1975 hükümlerine göre tasarlanan 20 adet mevcut binanın TDY-2007’de belirtilen doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılarak yer değiştirme kapasiteleri ve talepleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ABYYHY-1975 yönetmeliği şartları doğrultusunda tasarlanan binaların büyük bir kısmının TDY-2007’de belirtilen “Can Güvenliği” performans hedefini sağlamadığı görülmüştür.

G. Tunç ve T. Tanfener (2016) tarafından yapılan çalışmada 2007 yılında yayınlanan yönetmelik (TDY-2007) ve 2018 yılında yayınlanan yönetmelik (TBDY-2018) mukayese edilmiştir. Burada deprem yer hareketinin tanımı, yerel zemin sınıfı tanımı, bina önem katsayısı, bina performans hedefleri, dayanıma göre tasarım esasları, bina sisteminin tasarım esasları vb. konularda yapılan değişiklikler belirtilmiştir. Ayrıca örnek betonarme binanın her iki yönetmeliğe göre tasarım ve analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda etkin rijitlik katsayılarının kullanılmasının bina periyodunu ve ötelenmelerini büyük ölçüde arttırdığı anlaşılmıştır. Ayrıca tabanda oluşan kesme kuvvetinin azaldığı fakat dayanım fazlalığı katsayısının etkisiyle (özellikle kesme kuvvetinin belirleyici olduğu) yapı elemanlarının tasarım iç kuvvetlerinde %20~%25’lik artış beklendiği belirtilmiştir.

O. Keleşoğlu vd. (2017), gerçekleştirdiği çalışma kapsamında 1975 yönetmeliğine göre tasarlanmış 5 katlı bir bina için performans seviyesini 2007 yönetmeliğine göre belirlemeyi amaçlamıştır. Yönetmeliğin konut binaları için ön gördüğü can güvenliği performans düzeyini sağlayıp sağlamadığını belirlemek üzere eğilme mafsallı model oluşturulmuş ve analiz yapılmıştır. Çalışmada binanın ilgili performans düzeyini sağlamadığı belirlenmiş ve güçlendirme yöntemi önerilmiştir.

E.Keskin ve K.B.Bozdoğan (2018), tarafından yapılan çalışmada 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri Kırklareli ilindeki 4 katlı betonarme bir bina için irdelenmiştir. Bu bağlamda Kırklareli ilinde dikkate alınan iki farklı zemin sınıfı üzerine oturan bu binanın deprem performansı için analizleri deprem yönetmeliklerinin Türkiye’deki gelişiminin irdelenmesi açısından hem TDY-2007 hem de TBDY-2018 göre yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarından sonra oluşturulan grafiklerde özellikle ZE ve Z4 zemin sınıfları incelendiğinde, kuvvet ve yer değiştirmelerde TBDY-2018’de önemli artışlar olduğu açıkça anlaşılmıştır.

Ayrıca yeni yönetmeliğin (TBDY-2018) deprem tehlikesini 2007 yönetmeliğinden daha gerçekçi olarak ortaya koyduğu anlaşılmıştır.

2.2 Elastik Olmayan Analiz Yöntemi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Binalarda artan yük etkileri ile oluşan şekil değiştirmeler belirli bir seviyeye kadar yapısal elemanlarda elastik davranışa sebep olur. Bu sınırın aşılması ile birlikte yapısal elemanlar plastik davranış sergiler. Doğrusal analiz yönteminde bu doğrusal ötesi davranış dikkate alınmadığı için yapı davranışı yeterince doğru açıklanamamaktadır. Malzemenin doğrusal elastik olmayan davranışı nedeniyle yapılarda oluşan plastik değişimin incelenmesi ancak doğrusal olmayan analiz ile mümkün olmaktadır. Bu doğrultuda depremin oluşturduğu eğilme etkisi ile birlikte kolon ve kiriş uç bölgelerinde meydana gelen plastik şekil değiştirmelerinin modellere tanımlanması gerekmektedir. Şekil değiştirmelerin belirli bir kesitte toplandığı varsayımı plastik mafsal kavramını oluşturmaktadır. Doğrusal olmayan analizin yapı davranışının değerlendirilmesi açısından daha gerçekçi sonuçlar verdiği bilinmektedir.

Kılar ve Fajfar (1997), gerçekleştirdikleri çalışmada artan yatay yüklere maruz kalan asimetrik planlı yapıları doğrusal olmayan statik analiz ile incelemiştir. Bu doğrultuda birbirinden farklı mimariye sahip 7 ve 21 katlı iki yapı sistemi seçilmiştir. Adım adım yapılan analizlerle taban kayması ve çatı katı yer değiştirmesi arasındaki ilişki hesaplanmıştır. Seçilen yapı sistemleri bu yöntem ile çözülmüş ve edinilen sonuçlar irdelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda oluşan burulma hareketlerinin yapı davranışına etkileri kaydedilmiştir.

Hasan, Xu ve Grierson (2002), çalışma kapsamında yapıların performansa bağlı tasarımında gerekli görülen doğrusal olmayan statik itme analizi için bilgisayar destekli bir yöntem öngörmüşlerdir. Bu yöntem doğrultusunda emsal seçilen 3 katlı 4 açıklıklı ve 9 katlı 5 açıklıklı çerçeve sistemler üzerinde çalışılmıştır. Çalışılan analiz tekniği iki çerçeve sistem için denenmiştir. Artan deprem şiddeti altında bahsedilen çerçeve sistemin ve elemanlarının kademeli plastikleşmesi incelenmiştir. Oluşan plastik kesitlerin davranışlarına göre performans bölgeleri belirlenmiştir. Yapılan

doğrusal olmayan statik itme analizinde, sabit düşey yükler altında artan yatay yükler için hesap yapılmaktadır.

K. Burçin (2005), çalışma kapsamında ABYYHY-1975'e göre projelendirilip inşa edilmiş Afyon'un Dinar ilçesinde mevcut bir betonarme yapının deprem güvenliğinin kontrolünü doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemini kullanarak araştırmıştır. Mevcut binaya uygulanan kademeli itme analizi (Pushover) yapının performans noktası elde edilmiştir. Ayrıca yapının karşılayabildiği taban kesme kuvvetinin tasarım depremi sonucu oluşacak kuvvete oranı olarak ifade edilen göçme yükü parametresi ($P_{göçme}$) bulunmuştur. Yapının mevcut durumda deprem güvenliği incelenmiş ve uygulanan tasarım depreminden daha düşük şiddetteki olası bir depremde göçme noktasına ulaşabileceği görülmüştür. Gerek yapı elemanlarının malzeme özellikleri ve detaylandırmaları gerekse projelendirmede yapılan taşıyıcı sistem tasarımı hatalarından dolayı incelenen yapının mevcut durumda deprem performansı açısından yeterli olmadığı anlaşılmıştır.

K. Oral (2005), gerçekleştirdiği çalışmada 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre inşa edilen mevcut bir yapının statik itme analizi ile deprem güvenliği tahkikini gerçekleştirmiştir ve elde edilen sonuçları karşılaştırarak yorumlamıştır. Modellemeler EPARC ve Sap2000 analiz programları kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre yapıda güçlendirme yapılmıştır. Elde edilen göçme yükü kullanılarak deprem güvenliği tekrar belirlenmiştir. Sonuç olarak yapı deprem güvenliği yetersiz gelmiştir. Güçlendirme uygulanmasının ardından mantolama kullanılarak güçlendirilen model ile betonarme perde kullanılarak güçlendirme yapılan model karşılaştırılmıştır. Betonarme perde kullanılarak güçlendirme yapılması durumunda hem rijitlik açısından hem de taşıyıcı sistem yanlışı ve eksiklerinin giderilmesi açısından daha kullanışlı olduğu görülmüştür.

A. Yıldırım (2006), tarafından yapılan tez kapsamında TDY-2007 yönetmeliği kullanılarak doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri karşılaştırılmıştır. Dikdörtgen yük dağılımı ile yapılan analizlerin, üçgen ve yönetmelik yük dağılımlarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek taban kesme kuvveti / tepe yerdeğiştirmesi oranı verdiği görülmüştür. Ayrıca tez kapsamında 50 farklı deprem ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analizler yapılmıştır. Dikdörtgen yük dağılımına bağlı statik artımsal itme eğrileri, diğer yük

dağılımlarından elde edilen statik artımsal itme eğrilerine göre dinamik analiz sonuçlarına daha çok yaklaştığı görülmüştür. Yüksek katlı yapılarda statik itme analizinin dinamik analiz sonuçlarında farklı sonuçlar verdiği görülmüştür.

H.B. Özmen, M. İnel ve Ş.M. Şenel (2011), çalışma kapsamında ülkemizdeki mevcut yapı stokunun dayanım ve deformasyon özelliklerini Türk Deprem Yönetmeliği 2007’de yer alan maddeleri esas alarak değerlendirmek için 432 adet üç boyutlu modelin iki asal yönde artımsal itme analizini gerçekleştirmişlerdir. Yürütülen analizler sonucunda 864 adet kapasite eğrisi elde edilmiştir. Değerlendirilen yapısal parametreler farklı yönetmelik şartlarında kat sayısı, hasar durumları, yanal donatı detaylandırılması, beton dayanımı ve dolgu duvar etkisidir. Analizler sonucunda farklı yönetmelikler için hasar sınırlarındaki doğrusal olmayan yer değiştirme kapasiteleri, yapı yatay dayanımı ve yapı periyodu incelenmiştir. Çalışma sonunda beton dayanımı ve yanal donatı özelliklerinin yetersiz olduğu durumda yapıların süneklik değerlerinin %50’ye varan oranlarda düşmesinin mümkün olduğu ve bunların yüksek katlı yapılarda yer değiştirme kapasitesi üzerinde etkisinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yeterli etriye ve beton dayanımının artan periyot ile birlikte yapı yer değiştirme kapasitesinde artışa neden olduğu görülmüştür.

Şenel vd. (2013^a), gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında Türk Deprem Yönetmeliği 2007’de tanımlanan bina performans düzeyleri ve kesit hasar sınırları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu kapsamda 1998 yılından önce inşa edilmiş 5 adet mevcut betonarme bina için X ve Y yönlerinde statik itme analizleri yapılarak kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar seviyeleri ve ötelenme miktarları incelenmiştir. Analizler sonucunda binaların ötelenme kapasitelerini %1 seviyelerinde olduğu belirlenmiştir. Yapısal elemanların düğüm noktalarında oluşan hasar düzeylerine karşılık gelen çatı yer değiştirmesi bina yüksekliği ile birimsiz formata getirilerek her hasar düzeyine ait eklenik dağılım fonksiyonları elde edilmiştir. Binaların performans sınırları hesaplanırken, genellikle kiriş elemanların hasarlarını belirleyen parametrelerin HK ve CG performans düzeylerini, kolon elemanlarını tarif eden koşulların ise GÖ performans düzeyini kontrol ettiği görülmüştür. Yapısal elemanlarda oluşan hasar dağılımları incelendiğinde özellikle kirişlerde belirgin hasar görme olasılığının düşük ötelenme değerlerinde olduğu

belirlenmiştir. Sonuç olarak kolonlar ve kirişler için elde edilen değerler yönetmelik koşulları gereği bulunan sonuçlar ile karşılaştırılmış, ileri hasar düzeyi ve göçme için bulunan ötelenme seviyelerinin benzer olduğu, benzer düzeylerde farklı hasar seviyelerinin oluşabileceğini belirtilmiştir.

Şenel vd. (2013^b), gerçekleştirdikleri çalışmada yaşanan depremler sonucu mevcut binalarda görülen hasarların eğilmeden çok kesme etkisiyle oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu durumu incelemek için 1998 deprem yönetmeliğinden önce inşa edilmiş 4 adet binanın doğrusal olmayan analiz ile performansları karşılaştırmışlardır. Bu hususta modeller oluşturulurken eğilme ve kesme mafsalları için 3 farklı yöntemden yararlanılmıştır. İlk yöntemde eğilme ve kesme mafsalları tüm elemanlara tanımlanmıştır. İkinci yöntemde tüm elemanlara eğilme mafsalları atanırken kesme mafsalları sadece kolonlara tanımlanmıştır. Son yöntemde ise sadece eğilme mafsalları ile analiz yapılmıştır. Çalışma sonucunda kesme mafsallarının bina yer değiştirme kapasitesi ve buna bağlı olarak deprem performansı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Kesme mafsalları kullanılmadan hazırlanan bina modellerinin yatay dayanım ve süneklik açısından 1.3~1.4 kat daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. Binaya ait bu parametrelerin olması gerektiğinden yüksek tahmin edilmesi bina performansı bakımından gereğinden daha iyimser bir tablonun ortaya çıkmasına sebep olduğu anlaşılmıştır.

E. Soral (2015), tez kapsamında ülkemizde ve dünyada yer alan yüksek katlı yapı yönetmeliklerini incelemiştir. Bu kapsamda İzmir ilinde yapımı amaçlanan 31 katlı yapının incelemesi yapılmıştır. Analiz yöntemi olarak statik artımsal itme analiz yönteminin geçerliliğinin irdelenmesi amacıyla, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile statik artımsal itme analizi karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda iki analiz yöntemi için yer değiştirme, görelî kat ötelenme ve kat kesme kuvveti değerleri incelenmiştir. Sonuç olarak ZTA analiz yöntemi ile statik artımsal itme analizi sonuçları alt katlarda yakın çıkmasına karşın üst katlara çıkıldıkça yüksek mod etkilerinin göz önüne alınmaması sebebiyle sonuçların uzaklaştığı görülmüştür.

A.Demir ve A.H.Kayhan (2017), tarafından yapılan çalışmada 2007 yılında yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (TDY-2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) karşılaştırılması yapılmıştır. Bu kapsamda zaman tanım alanında analizler gerçekleştirilmiştir. Bu

amaçla yönetmelikler içinde yer alan tanımlamalar ve gerekli koşullar dikkate alınarak analizlerde kullanılmak üzere gerekli ivme kaydı setleri elde edilmiştir. Kullanılan farklı titreşim periyodu ve yatay dayanım oranına sahip tek serbestlik dereceli sistemlere zaman tanım alanında analizler uygulanmıştır. Sonuç olarak TDY-2007'e göre elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, TBDY-2018'e göre maksimum ötelenme taleplerine oranı hesaplanmıştır. Kullanılan modellerde yatay dayanım oranı arttıkça bu oranın azaldığı görülmüştür. TDY-2007'ye göre Z1'den Z3'e doğru değişen zemin sınıfı, TBDY-2018'e göre ZB'den ZD'ye doğrudur. Zemin sınıfı Z1'den Z3'e doğru değiştikçe, 2007 yönetmelik şartları kullanılarak elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, 2018 yönetmeliğine göre elde edilen maksimum ötelenme taleplerine oranında azalmalar olduğu görülmüştür.

3. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ülkemizin dünya üzerindeki önemli deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunması, büyük depremlerin yaşadığımız coğrafyanın kaderi olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla yapılması gereken, söz konusu felaketler gelmeden önce gereken hazırlıkları yapmak ve en az zarar ile depremleri atlatabilmenin yolunu aramaktır.

Türkiye, dünyada aktif fay hatlarının bulunduğu bir bölgede yer almaktadır. Ülkenin toplam alanının neredeyse tamamı deprem riski altındadır. Şu ana dek meydana gelen depremlerde çok sayıda can kayıpları yaşanmış ve ekonomik açıdan ciddi zararlar oluşmuştur. Bu yüzden mevcut binaların güçlendirilmesi ve sismik performanslarının artırılması gelecekte meydana gelecek olan depremlerde can ve mal kaybının önlenmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Daha önceki yönetmelikler bu doğrultuda revize edilmiş ve mevcut yapıların performanslarının değerlendirilmesi açısından yeni bir bölüm eklenmiştir. (TDY-2007)

3.1 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binalar Hakkında Bilgi Toplanması ve Yapısal Parametrelerin Belirlenmesi

Mevcut bir betonarme yapının oluşabilecek depremlere karşı yeterli dayanıma sahip olup olmadığı araştırılırken kapasite kavramı irdelenmektedir. Yapının özelliklerine göre belirlenen dış yükler altındaki davranışı incelenerek doğrusal olmayan davranış göz önünde bulundurulmakta ve bazı elemanlarda belirli bir seviyeye kadar hasar oluşmasına izin verilebilmektedir. Doğrusal olmayan davranış gösteren bir yapıda, hasar gören elemanların karşılayamadığı kuvvetler hasar görmeyen elemanlara aktarılmaktadır (Sucuoğlu, 2007). Yapılan bu tez çalışması kapsamında da Denizli sınırları içinde bulunan mevcut binalardan örnekler seçilmiş ve seçilen binaların deprem performansları doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile araştırılmıştır.

Hazırlanan tez kapsamında kullanılmak üzere Denizli ilinde bulunan 5'er adet 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 katlı 1998 tarihli deprem yönetmeliğinden önce inşa edilmiş toplamda 30 mevcut binanın projeleri Denizli Belediyesi arşivlerinden elde edilmiştir. Elde edilen çok katlı betonarme binaların taşıyıcı sistem planları bilgisayar ortamında hazırlanmıştır. Malzeme sınıfı, taşıyıcı sistem özellikleri gibi kriterler göz önünde bulundurularak veri tabanı içinden uygun binaların seçilmesi ile tez kapsamında kullanılacak bina envanterine son şekli verilmiştir. Bu hususta 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre modellenen binaların sayıları ile ilgili bilgiler Tablo 3.1'de detaylandırılmıştır.

Tablo 3.1: Yönetmeliklere uygun modellenen binaların sayıları

BİNA SAYILARI	BİNA KAT SAYILARI						TOPLAM
	2	3	4	5	6	7	
TDY -2007	5	5	5	5	5	5	30
TBDY-2018	5	5	5	5	5	5	30
TOPLAM	10	10	10	10	10	10	60

Modeller hazırlanırken kullanılan yapısal parametrelerde (malzeme dayanımları, eleman boyutları, donatı özellikleri, kat yükseklikleri vb.) mimari ve statik projelere bağlı kalmıştır. Elde edilen projeler doğrultusunda binalar Sap2000 programı kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Doğrusal olmayan taşıyıcı sistem modeli hazırlanırken hem kesme hem de eğilme mafsalları göz önüne alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Kuvvet esasına dayanan yöntemler yerine, yer değiştirme ve şekil değiştirme esasına dayanan statik itme analizi (pushover) ile bina kapasite eğrileri elde edilmiştir. Yapılan analizler, iki deprem doğrultusunda (X ve Y) ve Türk Deprem Yönetmeliği-2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 esaslarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Böylece analizler sonucunda toplam 120 kapasite eğrisi elde edilmiştir. Kullanılan 30 adet mevcut betonarme yapının deprem etkisi altında performansı belirlenerek kapasite kayıpları, mekanizma durumları incelenmiş ve talep spektrumlarına bağlı olarak yer değiştirme talepleri hesaplanmıştır. Ayrıca bina performansları bu yönetmeliklere göre belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır.

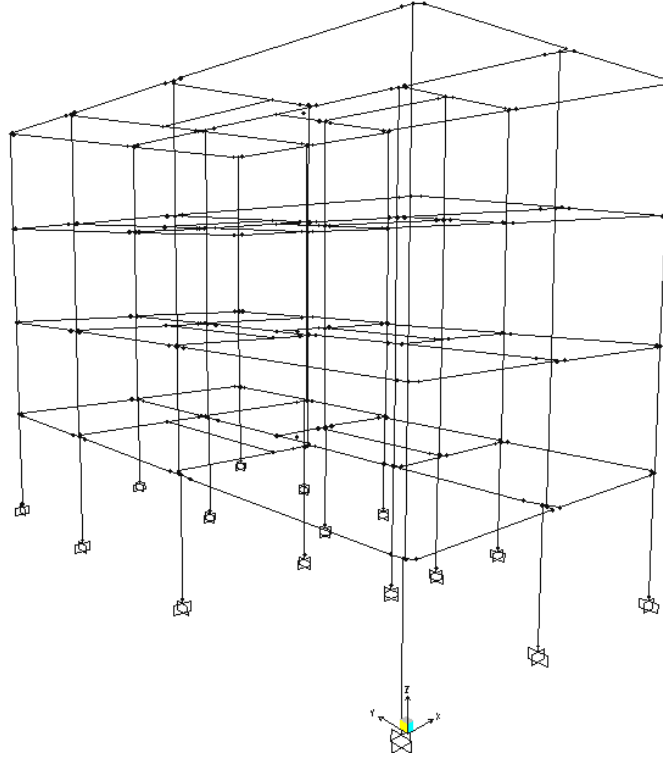
Kullanılan çok katlı mevcut binaların malzeme özelliklerine bakılacak olursa tamamında beton sınıfının 16 MPa, ve donatı sınıfının S220 olduğu görülmektedir.

Yapılan analizler sırasında kullanılan parametreler her bina için projesine uygun şekilde dikkate alınmıştır. Tablo 3.2’de modellenen binaların hesaplarında kullanılan ve ilgili yönetmeliklere uygun alınan malzeme özellikleri gösterilmiştir. Donatı çeliğinin kopma dayanımı (f_{yu}) değeri TDY-2007 EK 7B’de verildiği gibi S220 donatı çeliği için 275 Mpa alınmıştır. 2018 deprem yönetmeliğinde belirtilen beklenen malzeme dayanımları tablosunda (Tablo 4.6) verilen formüllere göre f_{yu} değeri 264 MPa alınmıştır.

Tablo 3.2: Hesaplarda kullanılan yönetmeliklere uygun malzeme özellikleri

Yönetmelikler	f_{ck}	f_{yk}	f_{yu}
	Mpa	Mpa	Mpa
TDY-2007	16	220	275
TBDY-2018	16	220	264

Modellenen binalardaki kiriş boyutlarının genellikle 20~25^{cm}x50~60^{cm} ebatlarında olduğu, kolon boyutlarının ise değişken olmakla birlikte üst katlara çıkıldıkça küçüldüğü görülmüştür. Üst katlara doğru kolon boyutlarındaki bu küçülme rijitlik değerlerini azaltarak katlar arasındaki deplasman farkına sebep olacaktır.



Şekil 3.1: SAP2000 programında 3 boyutlu oluşturulan örnek bina modeli

4. MEVCUT BETONARME BİNALARIN 2007 VE 2018 YÖNETMELİKLERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ülkemizde son yıllarda yaşanan depremler ve oluşan can kayıpları depreme dayanıklı yapı analiz ve tasarımı konusunun önemini artırmıştır. Bu alanda yapılan akademik çalışmalarla birlikte bilgisayar, teknoloji ve malzeme sektöründeki gelişmelere paralel olarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (TDY-2007) kapsamına 7. Bölüm ile Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi eklenmiş ve 06.03.2007 tarih 26454 nolu resmî gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

TDY-2007 esaslarına göre binaların deprem performansı hesaplanırken talep hesabı için eskiden kalma deprem bölgeleri haritasına göre tarif edilen ve yerel zemin sınıflarına göre şekillenen mukabele spektrumlarından yararlanılmaktadır. TBDY-2018 ile birlikte ortaya çıkan sismik tehlike haritası kavramı ile yapının konumu göz önünde bulundurulmakta ve zeminin yapı üzerindeki etkisi daha gerçekçi bir şekilde hesaplara dahil edilmeye çalışılmaktadır.

Hazırlanan çalışma kapsamında SAP2000 programında modellenen binaların analizleri TDY-2007 ve TBDY-2018’de belirtilen doğrusal elastik olmayan analiz yöntemi esaslarına göre yürütülmüştür. Binaların kapasite eğrileri statik itirme analizleri ile elde edilmiş ve her bir itme adımında önceden tanımlanmış hasar düzeylerinin elemanlarda aşılmış aşılmadığı kontrol edilmiştir. Yapıların mevcut dayanım ve yerdeğiştirme kapasiteleri deprem talebi ile kıyaslanmış ve binaların deprem performansları irdelenmiştir.

4.1 Üç Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modellerinin Oluşturulması

Çalışma kapsamında ülkemiz yapı stokunda bulunan düşük ve orta katlı mevcut betonarme yapıları temsil ettiği düşünülen 1975 deprem yönetmeliğinin yürürlükte olduğu dönemlerde inşa edilen 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 katlı binalar seçilmiştir. Çeşitli kat sayılarının her birinden 5’er adet seçilen 30 adet binanın mimari ve statik

projelerine bağlı kalınarak SAP2000 programında 3 boyutlu modeli oluşturulmuştur. Döşeme yükleri hesaplanırken, mimari projelerde belirtilen kaplama türüne bağlı değişen ağırlıklar TS498'e göre belirlenmiş ve hesaba dahil edilmiştir. Döşemelerden kirişlere gelen yükler hesaplanırken dikkate alınan duvar yükleri de diğer yükler gibi kirişlere yayılı yük olarak aktarılmıştır. Modellenen binalar için beton basınç dayanımı 16 MPa (C16) alınmıştır. Katlarda rijit diyafram kabulü yapılmış ve hareketli yük katsayısı (n) TDY-2007 ve TBDY-2018'de konut binalar için belirtildiği üzere 0.3 alınarak binaların ağırlığı $W=G+nQ$ kombinasyonu ile hesaplanmıştır.

4.2 Doğrusal Elastik Ötesi Modellerin TDY-2007'ye Göre Oluşturulması

Hareketli ve ölü yükler doğrultusunda sismik ağırlığı hesaplanan binaların deprem kuvvetleri 2007 deprem yönetmeliğinde Denklem 4.1'deki gibidir.

$$F_i = \frac{W_i H_i}{\sum_{i=1}^n W_i H_i} (V_t - \Delta F_N) \quad (4.1)$$

Binaların konumları itibari ile 1. Derece deprem bölgesinde olduğu bilinen Denizli ili için A_0 değeri 0.4 ve yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınmıştır.

Betonarme yapıların performans analizi için mevcut yönetmeliklerde kullanılan yöntemler, sistemin doğrusal elastik davranışının yatay yük-deplasman altında irdelenmesi esasına dayanmaktadır. Yapı malzemelerinin doğrusal elastik ötesi davranışı deprem yükü azaltma katsayısı (R) ile göz önüne alınmaktadır. R katsayısı, deprem etkisindeki yapının belirli ölçülerde esnek davranış göstereceği süneklik kabulüne dayanan ve alacağı yükü taşıyıcı sistem türüne göre azaltan bir değerdir.

Deprem yönetmeliğinde bahsi geçen doğrusal elastik ötesi davranışı inceleyen hesap yöntemlerinin doğrusal elastik hesap yöntemlerinden avantajlı sayılmasının sebebi, artan yükler altında taşıyıcı elemanlardan bazıları mevcut kapasitelerine ulaştığında bu elemanlar tarafından karşılanamayan yüklerin diğer

elemanlara dağılmasına olanak sağlamasıdır. Bu sayede yapıda iç kuvvetlerin dağılımı daha gerçekçi bir şekilde hesaplanabilmektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan bina modellerinin TDY-2007 hususları dikkate alınarak doğrusal olmayan davranışının irdelenmesi eleman uçlarına yerleştirilen plastik mafsallar yoluyla gerçekleştirilmiştir. Bu sayede modellerin sismik davranışıyla birlikte performansı belirlenmiştir.

Modeller oluşturulduktan sonra deprem sırasında oluşacak doğrusal olmayan davranışın tam ifade edilebilmesi adına yönetmelikte tarif edildiği şekilde moment-eğrilik analizleri ile birim deformasyon-dayanım ilişkisi belirlenmiştir. Moment eğrilik ilişkisinin belirlenmesinin ardından elemanların çatlamış kesit rijitlikleri hesaplanmış ve momentin yoğunlaştığı bilinen eleman uçlarına plastik mafsallar tanımlanmıştır.

4.2.1 Çatlamış Kesit Rijitliği

Betonarme taşıyıcı sistemlerin düşey ve yatay yükler altında yerdeğiştirmelerinin hesabında kesit rijitlikleri önemli rol oynamaktadır. Bu tür sistemlerde eğilme rijitliğinin değeri, iç kuvvetlerin dağılımı ve yerdeğiştirmelerin hesabı üzerindeki etkisi oldukça etkilidir. Taşıyıcı sisteme ait bir kirişte eğilme momentindeki artış, kesitte çatlayan bölgeyi genişletir ve eğilme rijitliğinde azalmalara sebep olur. Kirişin açıklık ve mesnet bölgelerindeki kesitler eğilme rijitliğinde farklılıklar olmasına rağmen betonarme elemanlar için genellikle ortalama bir eğilme rijitliği kabul edilerek hesaplara dahil edilir (Celep, 2017).

Yapıların analizi sonucu oluşan iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler eleman rijitlikleri ile doğrudan ilişkili oldukları için elemanlara ait rijitliklerin doğru bir şekilde tanımlanması önem arz etmektedir. Betonarme yapı elemanlarında eğilme etkisi altındaki kesitin çekme bölgesinde oluşan gerilmeler bir noktaya kadar beton tarafından karşılanabilmektedir. Ancak beton dayanımının çekme gerilmesi karşısındaki mukavemetinin düşük olması nedeniyle bir süre sonra sınır değerine ulaşır ve kesitte çatlaklar meydana gelir. Artarak devam eden çatlaklar ile kesit rijitliğinde ciddi kayıplar görülür. Bu yüzden çatlamış kesit rijitliklerinin taşıyıcı

elamanlara tanımlanması gerekmektedir. Kolon ve perde elemanlarda bu değer belirlenirken kesitlere gelen aksenal yük etkilerinin hesaba katılması gerektiği 2007 yönetmeliğinde belirtilmektedir.

Düşey taşıyıcı elemanların karşıladığı bilinen aksenal yük değeri hesaplanırken yapı deprem hesabında kullanılan kütleler ile uyumlu şekilde düşey yüklemeye maruz bırakılmıştır. Taşıyıcı sistemin düşey elemanları için bulunan aksenal yük değerleri ile 2007 deprem yönetmeliğinde belirtilen bağıntılar dikkate alınarak çatlama kesit rijitlikleri belirlenmiştir.

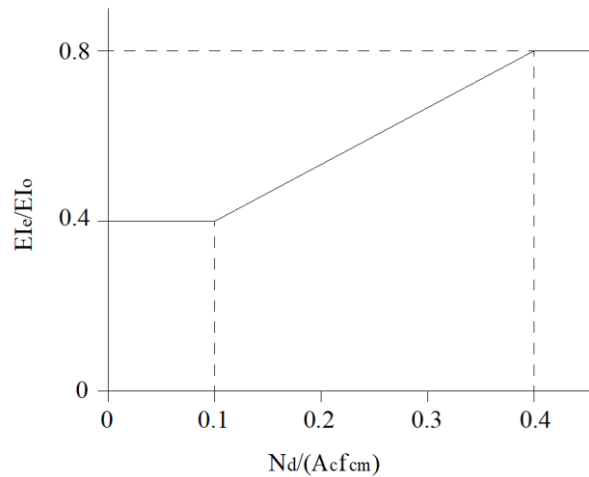
2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde belirtildiği gibi eğilme etkisindeki betonarme elemanların çatlama kesite ait davranışlarının incelenmesinde, kolonlarda aksenal yük oranına bağlı olarak elde edilen etkin eğilme rijitlikleri aşağıda verildiği gibi hesaplanarak elemanlara tanımlanmıştır.

$$\text{Kirislerde: } (EI_e) = 0.40 EI_o$$

$$\text{Kolonlarda: } N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ ise } (EI_e) = 0.40 (EI_o)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ ise } (EI_e) = 0.80 (EI_o)$$

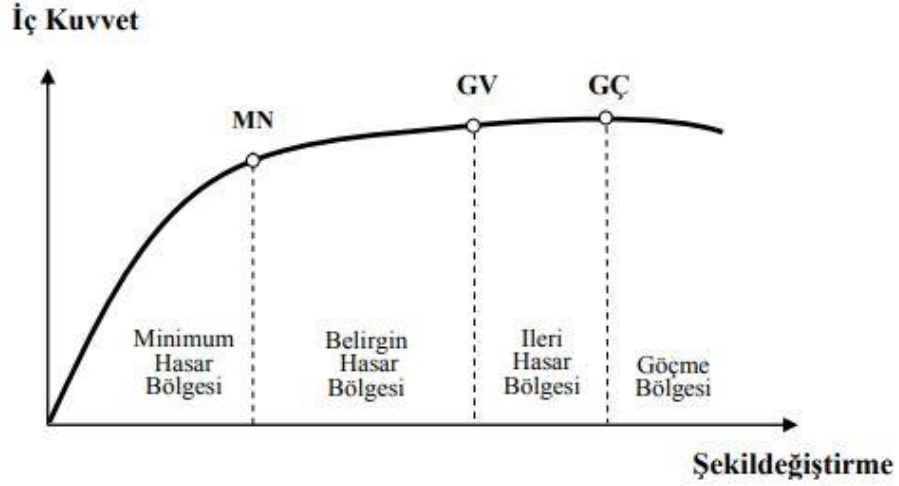
Burada (EI_o) çatlama kesitin eğilme rijitliğini, (EI_e) ise çatlama durumundaki kesitin etkin eğilme rijitliğini temsil etmektedir.



Şekil 4.1: Çatlama kesit rijitliğinin aksenal yük oranı ile değişimi

4.2.2 TDY-2007 Kesit Hasar Sınırları ve Bölgeleri

Kesit davranışları sünek ve gevrek olmak üzere ikiye ayrılır. Sünek elemanların kesit davranışları TDY-2007’de tanımlandığı üzere iç kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi incelendiğinde üç sınır durumu olduğu görülmektedir. Bunlar Şekil 4.2’de belirtildiği gibi Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir.



Şekil 4.2: Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ve bölgeleri (TDY-2007)

Eğrinin ilk bölümü (Minimum Hasar Sınırına kadar olan bölge) elastik davranışa benzetilebilirken sonraki kısım elastik ötesi davranış biçimine benzetilebilmektedir. Güvenlik Sınırı (GV), kesitin dayanımının güvenli bir şekilde sağlayabildiği elasto-plastik sınır olarak tanımlanmaktadır. İç kuvvetlerin azaldığı ve güç tükenmesinin başladığı durumda kesitin Göçme Sınırında (GÇ) olduğu anlaşılmaktadır.

Sünek elemanlar için yapılan bu sınırlandırmaların arasında kalan alanlar sırasıyla Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi, Göçme Bölgesi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.2).

Sünek davranış gösteren betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen plastik şekil değiştirmelerin kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları TDY-2007’de belirtildiği gibi Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Hasar sınırlarına karşılık gelen şekildeğişimler

Kesit Hasar Sınırları	Beton Şekil Değişirme Değeri	Donatı Şekil Değişirme Değeri
Minimum Hasar Sınırı (MN)	$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$	$(\epsilon_s)_{MN} = 0.01$
Güvenlik Sınırı (GV)	$(\epsilon_c)_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135$	$(\epsilon_s)_{GV} = 0.04$
Göçme Sınırı (GÇ)	$(\epsilon_c)_{GÇ} = 0.0040 + 0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018$	$(\epsilon_s)_{GÇ} = 0.06$

$(\epsilon_{cu})_{MN}$ ve $(\epsilon_s)_{MN}$ değerleri Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değişirmesi ile donatı çeliği birim uzama şekil değişirmesi üst sınırını temsil etmektedir. $(\epsilon_c)_{GV}$, $(\epsilon_c)_{GÇ}$, $(\epsilon_s)_{GV}$ ve $(\epsilon_s)_{GÇ}$ değerleri ise Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içinde kalan bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değişirmesi ile donatı çeliği birim şekil değişirmesi üst sınır değerlerini ifade etmektedir.

Kesitte bulunan ve bulunması gereken hacimsel enine donatı oranını temsil eden ρ_s ve ρ_{sm} değerleri 2007 yönetmeliğine göre aşağıdaki denklemlerde belirtildiği gibi hesaplanır. Göz önüne alınan enine donatıların yönetmelikte belirtildiği gibi “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması zorunludur.

$$\rho_s = \rho_x + \rho_y \quad (4.2)$$

$$\rho_s = \frac{\sum A_o L_w}{s b_k h_k} \quad (4.3)$$

$$\rho_{sm_{x,y}} = \frac{A_{sh_{x,y}}}{s(b,h)_k} = 0.3 \left(\frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (4.4)$$

$$\rho_{sm} = 0.15 \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \quad (4.5)$$

A_c : Beton kesit alanı

A_{ck} : Pas payı çıkarılmış çekirdek beton alanı

f_{ck} : Beton karakteristik basınç dayanımı

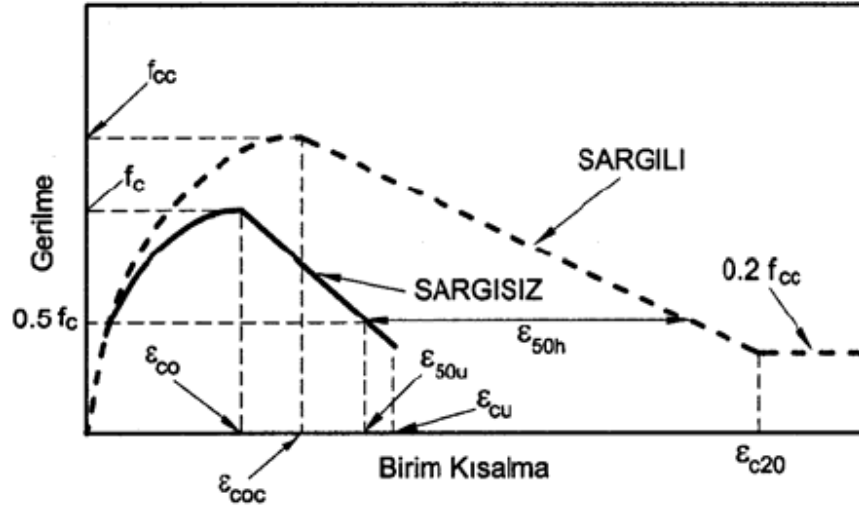
f_{ywk} : Donatı çeliği karakteristik dayanımı

4.2.3 Moment-Eğrilik Analizi ve Plastik Mafsal Kavramı

Yapıların maruz kaldığı şiddetli depremlerden güvenli bir biçimde kurtulabilmesi, deprem sonucu oluşan enerjiyi sönmüleyebilmesi ile ilgili bir durumdur. Bu sönmülenebilme ise yapının taşıyıcı elemanlarının kritik kesitlerinin yaptığı plastik şekil değiştirme kabiliyetiyle mümkündür. Bu yüzden yapı elemanlarında en çok zorlanan bölgelerin yeterli süneklığe sahip olması beklenmektedir.

Yapı elemanlarındaki kesitler için yapılan moment eğrilik analizleri ile akma anına ve maksimum kapasiteye karşılık gelen değerler belirlenmiştir. Sargılı beton davranışını irdelemek adına yapılan analizler sırasında Geliştirilmiş Kent-Park Modeli kullanılmıştır (Park vd., 1982). Bu hususta yapılardaki taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları, malzeme özellikleri, donatı yerleşimi ve sargılamanın olup olmadığı gibi parametreler projelere uygun bir şekilde dikkate alınmıştır.

Geliştirilmiş Kent-Park modeli kullanılarak kesitlere ait sargılı ve sargısız beton gerilme şekil değiştirme ilişkilerini temsil eden eğriler Şekil 4.3'te gösterildiği gibidir.



Şekil 4.3: Modified kent-park concrete model (İnel ve diğ. 2007)

Eğriler incelendiğinde gerilme değerinde artışın olduğu birinci kısmın parabolik, ikinci kısmın doğrusal olduğu görülmektedir. Sargısız betondaki gerilme

düşüşünün gerçekleştiği andan itibaren oluşan eğimin sargılı modelde oluşan eğiminden fazla olduğu anlaşılmaktadır. Geliştirilmiş Kent-Park modelindeki $\sigma-\varepsilon$ eğrilerini tanımlayan bağıntılar Denklem 4.6-9'da verildiği gibi hesaplanmıştır.

Sargısız betonda;

$$\text{Parabolik kısım için;} \quad \sigma_c = f_c \left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^2 \right] \quad (4.6)$$

$$\text{Doğrusal kısım için;} \quad \sigma_c = f_c [1 - Z_u (\varepsilon_c - \varepsilon_{co})] \quad (4.7)$$

$$Z_u = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{co}} \quad (4.8)$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0.286f_c}{142f_c - 1000} \geq \varepsilon_{co} \quad (4.9)$$

ε_{co} : Normal dayanımlı betonlar için yaklaşık 0.002 alınabilir.

Sargılı betonda;

$$\text{Parabolik kısım için;} \quad \sigma_c = f_{cc} \left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_{coc}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{coc}} \right)^2 \right] \quad (4.10)$$

$$\varepsilon_{coc} = K \varepsilon_{co} \quad (4.11)$$

$$\text{Doğrusal kısım için;} \quad K = 1 + \frac{\rho_s f_{yw} k}{f_c} \quad (4.12)$$

$$\sigma_c = f_{cc} [1 - Z_c (\varepsilon_c - K \varepsilon_{coc})] \geq 0.2 f_c \quad (4.13)$$

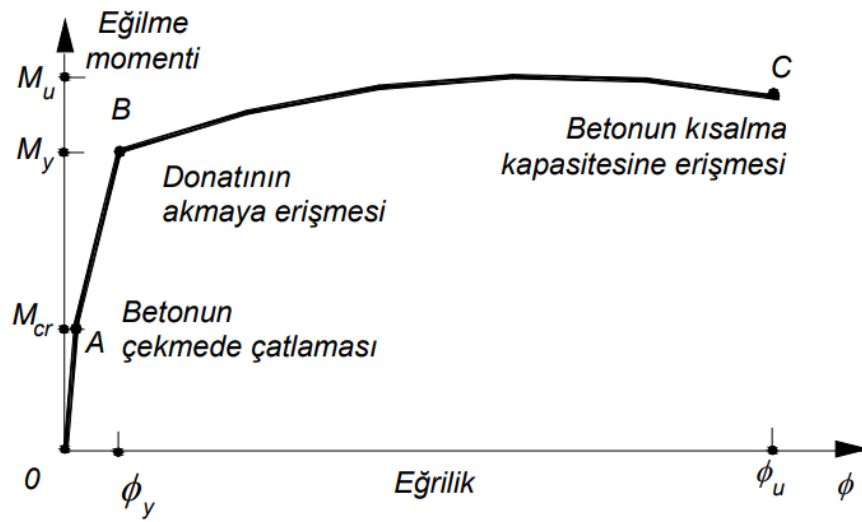
$$Z = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{50h} - \varepsilon_{coc}} \quad (4.14)$$

$$\varepsilon_{50h} = 0.75 \rho_s \left(\frac{b_k}{s} \right)^{1/2} \quad (4.15)$$

$$\rho_s = \frac{A_o l_s}{s b_k h_k} \quad (4.16)$$

Hazırlanan tüm modellere projelerine uygun olarak S220 donatı ve beton sınıfı olarak C16 tanımlanmıştır. Analizler sırasında donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirme değeri (ε_{su}) S220 donatı çeliği için 0.10 seviyesine kadar göz önüne alınmıştır. Kullanılan donatı çeliği için yönetmeliğe uygun olacak şekilde elastisite modülü 2×10^5 MPa, akma dayanımı 220 MPa, kopma dayanımı 275 MPa olarak kabul edilmiştir.

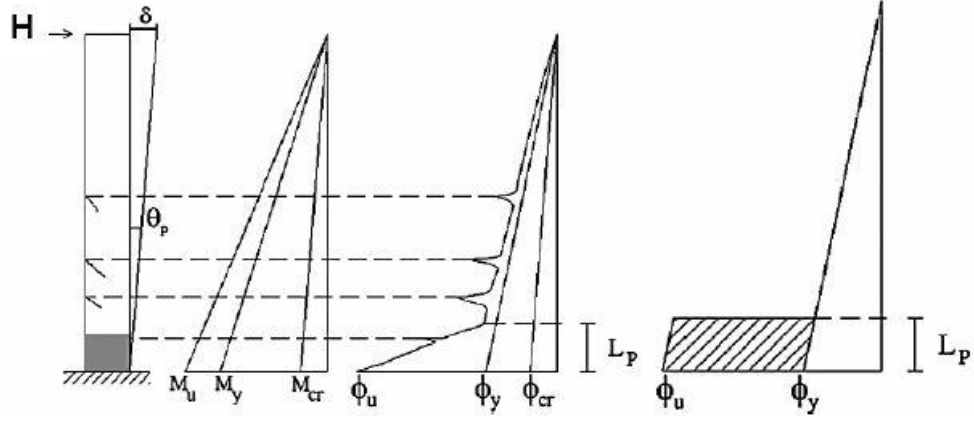
Gerilme-şekil değiştirme eğrileri belirlenen malzemelerin bulunduğu kesitlere ait moment-eğrilik ilişkisi, etkin kesit rijitliği göz önünde bulundurularak irdelenmiştir. Donatının akma anına kadar oluşan moment değerlerinde donatı doğrusal davranış gösterir. Bu bölgede beton gerilmeleri nispeten daha düşüktür ve moment-eğrilik ilişkisi doğrusal elastik kabul edilebilir. Fakat kesitteki eğilme momentinin arttığı ve çekme donatısının aktığı bölgede elastik ötesi davranış etkinliğini göstermeye başlar. Böylece momentte çok küçük artışlar meydana gelirken eğrilik değerinde ciddi artışlar oluşur ve kesitte güç tükenmesi meydana gelir.



Şekil 4.4: Moment-eğrilik ilişkisi (Celep 2017)

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi artan moment değeriyle birlikte doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin bir bölgede yoğunlaştığı ve plastik davranışın bu bölgede plastik mafsallık uzunluğunca yayıldığı bilinmektedir.

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi artan moment değeriyle birlikte doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin bir bölgede yoğunlaştığı ve plastik davranışın bu bölgede plastik mafsallık uzunluğunca yayıldığı bilinmektedir.



Şekil 4.5: Konsol kolon için eğrilik yoğunlaşması ve plastik mafsal

M_y : Akma momenti

M_u : Kopma momenti

ϕ_y : Akma momentine karşılık gelen eğrilik

ϕ_u : Kopma momentine karşılık gelen eğrilik

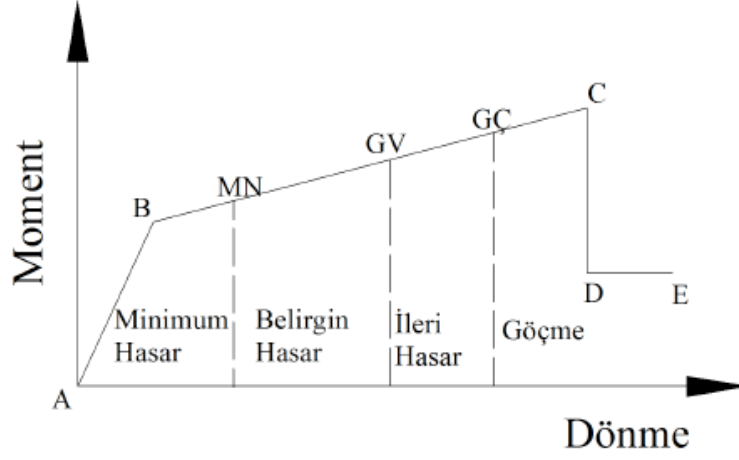
μ : Kesitin eğilme sünekliği

Yapıların deprem altındaki davranışını gerçekçi bir şekilde ifade edebilmek için elastik ötesi davranışı incelemek gerekmektedir. Bu hususta plastik mafsal ve plastik mafsal boyu önemli rol oynamaktadır. Plastik mafsal kavramı ile yapı elemanlarının aldığı hasar türü ve miktarı belirlenebilmektedir. Mevcut yönetmeliklerde plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu olarak tanımlanan plastik mafsal boyu, kesitin çalışan doğrultusundaki kesit yüksekliğinin yarısı olarak ifade edilmiştir.

$$L_p = 0.5h \quad (4.17)$$

Eğilme etkisi altındaki kesitlerde oluşan momentler ile şekil değiştirmeler elemanlarda dönmeleri meydana getirir ve plastik mafsallar moment-dönme bağıntısıyla ifade edilir. Bu doğrultuda moment-eğrilik ilişkisi moment-dönme bağıntısına çevrilir (Şekil 4.6). Kesit eğriliklerinin integrasyonu ile kesit dönmeleri elde edilir. Ardından bunların integrali ile düşey yer değiştirme değerleri bulunur.

Plastik mafsallar kesitlerin moment taşıma kapasitesine ulaştığı elemanlarda sabit moment altında oluşan ve artan plastik dönmeler ile oluşmaktadır.



Şekil 4.6: Moment-Dönme ilişkisi ve kesit hasar sınırları

Elemanlara ait plastik mafsalların modellere yansıtılması için dönme değerleri ve TDY-2007’de tarif edilen hasar sınırları belirlenmiştir. Belirlenen moment-dönme sınır değerleri SAP2000 programında ilgili kesitlere tanımlanmıştır.

A ve B noktaları arasındaki elastik eğriden sonra elastik ötesi davranışın başlayarak rijitliğin azaldığı ve C noktasında dayanımın ani düşüş gösterdiği görülmektedir. Dayanım kapasitesindeki belirgin artışın nispeten azaldığı B noktası elemanın akma anını temsil ederken C noktası güç tükenmesinin yaşandığı göçme durumunun başlangıcını göstermektedir.

Elemanların doğrusal ötesi kapasitesi hesaplanırken tanımlanan eğilme mafsallı modellere ek olarak kısa kiriş ve yetersiz enine donatı etkilerini temsil edebilmek için kolon ve kirişlere kesme mafsalları da tanımlanmıştır. Kesme mafsallarının bulunduğu tüm modellerde elemanların kesme kapasitelerine ulaştıklarında göçme durumunda oldukları düşünülmüştür. Kesme kapasiteleri TS500’de (TS500, 2000) bahsedildiği gibi (Denklem 4.18) hesaplanmıştır.

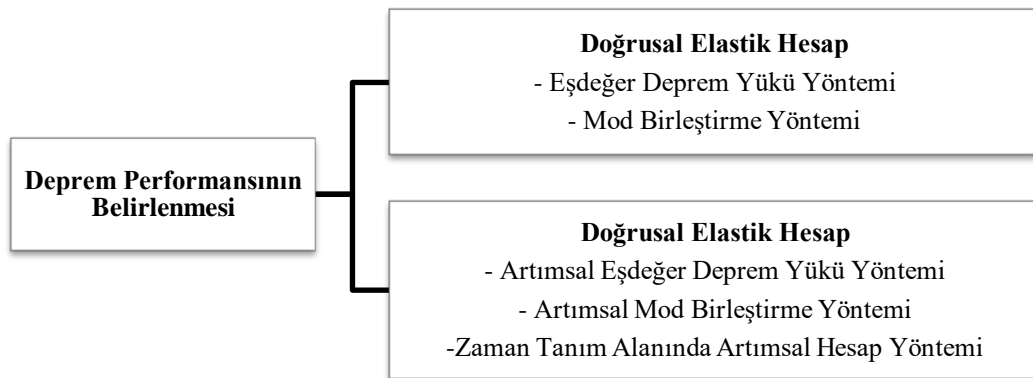
$$V_r = 0.182\sqrt{f_c}b_w d \left(1 + 0.07 \frac{N}{A_c}\right) + \frac{A_{sw}}{s} f_y d \quad (4.18)$$

4.3 Doğrusal Elastik Ötesi Modellerin Kapasitelerinin TDY-2007'ye Göre Belirlenmesi

Deprem performansı değerlendirilecek betonarme bir binanın öncelikle kapasite eğrilerinin araştırılması gerekmektedir. Döşeme yükleri kirişlere ve oradan kolonlara aktarılan sistemlerin sismik ağırlığı $W=G+nQ$ kombinasyonu ile belirlenmiştir. Yapılan doğrusal olmayan analiz için kolon ve kiriş elemanların uçlarına 2007 yönetmeliğinde belirtilen mesafelerde plastik mafsallar tanımlanmıştır. Her eleman kesiti için gerçekleştirilen moment eğrilik analizinden sonra Bölüm 4.2.3'te anlatıldığı üzere elde edilen kesit akma momentleri ve kesit hasar bölgelerine ait dönme değerleri modellere plastik mafsallık özellikleri olarak tanımlanmıştır.

Mevcut çok katlı betonarme binalara ait doğrusal elastik ötesi modeller oluşturulduktan sonra gerçekleştirilecek statik itme analizi desenini kararlaştırmak adına fiktif yük denkleminde yararlanılmıştır (Denklemler 4.1).

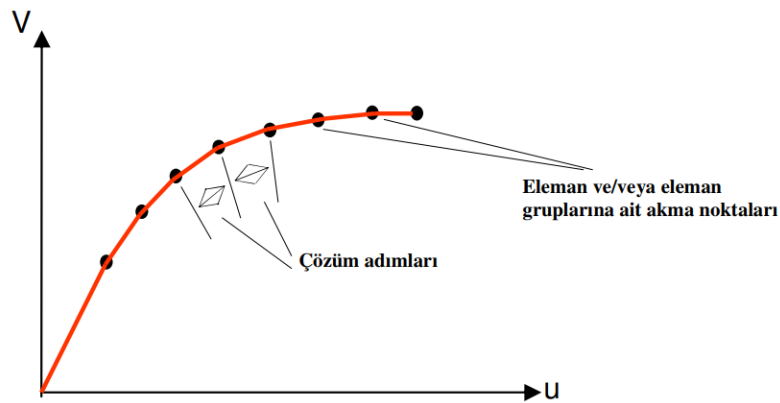
2007 yılında yayınlanan yönetmelikte betonarme binaların deprem performansının belirlenmesine yönelik yöntemler doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler olmak üzere Şekil 4.7'deki gibi ikiye ayrılmaktadır. Elastik yöntem bu tez çalışması kapsamında kullanılmadığı için üzerinde durulmamıştır.



Şekil 4.7: TDY-2007 Deprem performansının belirlenmesi için kullanılan analiz yöntemleri

4.3.1 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi

Statik itme (Pushover) analizi gerçekleştirilirken yapılara mevcut deplasman kapasitesine ulaşana kadar belirli bir yük desenine bağlı olarak yatay itme işlemi uygulanır. Binanın mevcut kapasitesine ulaşınca dek hasar aldığı bilinmektedir. Statik itme analizi sırasında meydana gelen toplam taban kesme kuvveti (V_t) ve maksimum çatı deplasman değerleri adım adım kaydedilir. Elde edilen kuvvet-deplasman eğrisi ile taşıyıcı elemanlarında tanımlanan mafsallarda oluşan hasarlar belirlenir.



Şekil 4.8: Taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirmesi (Koparan İ., 2006)

V: Taban kesme kuvveti

u: Çatı katı deplasmanı

Yapının dayanım ve süneklik kapasitesi doğrusal olmayan statik hesap yöntemi kullanılarak binanın adım adım ittirilmesi ile ölçülebilmektedir. Bu şekilde incelenen yapının deprem etkisi altında sahip olduğu kapasitesi elde edilir. Yapılarda oluşan toplam taban kesme kuvvetine karşılık gelen yatay doğrultudaki maksimum çatı deplasmanın oluşturduğu eğri, statik itme analizinden elde edilmiş olan kapasite eğrisini temsil etmektedir. Deprem talebi ile kıyaslanan kapasite eğrisinden binaların mevcut performans seviyeleri belirlenir.

4.3.2 Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi

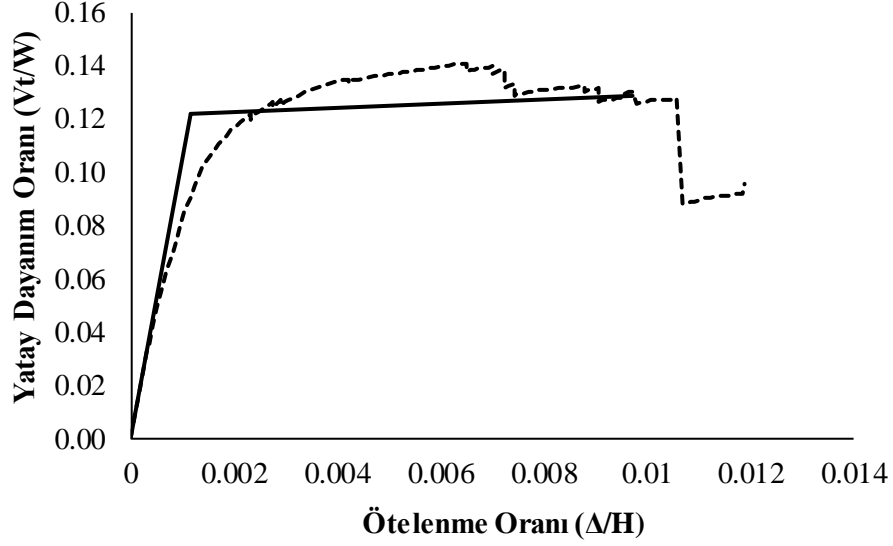
Oluşturulan üç boyutlu modellerde statik itme analizleri gerçekleştirilirken hakim modun titreşiminin yapı davranışına doğrudan etkili olduğu düşünülmüştür. Bu tür yapılarda yüksek modların yapıya etkilerinin birinci moda kıyasla oldukça küçük olduğu bilinmektedir. Taşıyıcı sistemlerin doğrusal olmayan davranışları sistem geometrisi, kesit ve malzeme özellikleri gibi tüm parametreler doğrultusunda statik itme analizi ile belirlenmiştir. Analizler sonucunda iki yatay doğrultuda kesme ve eğilme mafsallarının birlikte dikkate alındığı binalar için 2007 deprem yönetmeliğine uygun iki adet kapasite eğrisi elde edilmiştir. Kapasite eğrisinin y eksenini oluşturan taban kesme kuvvetleri bina ağırlığına, çatı yer değiştirmesi değerleri ise bina yüksekliğine bölünerek eksenler birimsiz hale getirilmiştir. Böylelikle tüm bina modelleri için elde edilen yatay dayanım oranı (V_t/W) – yatay ötelenme kapasitesi (Δ/H) eğrileri karşılaştırılabilir hale gelmiştir.



Şekil 4.9: Kapasite eğrisi verilen binanın SAP2000 programında oluşturulan taşıyıcı sistem modeli

Elde edilen kapasite eğrileri elastik bölgenin eğimi, yani binanın rijitliği korunacak şekilde iki doğrulu hale getirilmiştir. Bu işlem gerçekleştirilirken eğrilerin arasında kalan alanların eşit olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan bir binanın statik

ittirme analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisinin iki doğrulu hale getirilmiş hali Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10: Çok katlı betonarme örnek bir yapının kapasite eğrisi

4.4 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Deprem Taleplerinin TDY-2007'ye Göre Belirlenmesi

Doğrusal elastik olmayan bina modellerinin statik itme analiziyle önce kapasite eğrileri elde edilmiş ve ardından hasar sınırlarına ulaşılmıştır. Daha sonra çok katlı betonarme binaların deplasman talepleri TDY-2007'de belirtilen esaslar doğrultusunda belirlenerek deplasman kapasitesi değerleriyle karşılaştırılmıştır. Böylece mevcut binaların deprem performansları belirlenmiştir.

Statik itme analizi ile kapasite eğrisi elde edilen doğrusal olmayan bina modellerinin deprem performansının belirlenmesinde izlenen adımlar ve kullanılan (TDY-2007 Bölüm 7 ve Bilgilendirme Eki) formüller şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Kapasite eğrileri tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülerek modal kapasite eğrisi elde edilir (Tek serbestlik dereceli sistem için modal ivme – modal yerdeğiştirme eğrisi).

- 2- Tek serbestlik dereceli sistemin modal kapasite eğrisi, çizilen iki doğru ve kapasite eğrisi arasında kalan alanların eşitliği prensibine dayanarak doğrusal hale getirilir.
- 3- Deprem etkisinin talep spektrumu tespit edilir ve spektral ivme – spektral yerdeğiştirme eğrisine dönüştürülür.
- 4- Elde edilen yer değiştirme kapasiteleri ve yer değiştirme talepleri aynı grafik üzerinde çizilerek karşılaştırılır.
- 5- İki eğrinin kesiştirilmesiyle belirlenen performans noktasının mevcut yönetmelik performans hedefine uygunluğu tespit edilir.

Deprem spektrumunu S_a - S_d eksenleri üzerinde ifade etmek için Denklem 4.19 kullanılır.

$$S_d = \frac{S_a T_1^2}{4\pi^2} \quad (4.19)$$

Kapasite eğrisini S_a - S_d eksenleri üzerinde ifade etmek için Denklem 4.20 ve Denklem 4.21 kullanılır.

$$S_a = \frac{V_1}{M_1} \quad (4.20)$$

$$S_d = \frac{u_{N1}}{\emptyset_{N1} \Gamma_1} \quad (4.21)$$

T_1 : Başlangıçtaki itme adımında deprem doğrultusunda hakim (birinci) titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu

V_1 : X deprem doğrultusunda hakim moda ait taban kesme kuvveti

M_1 : Hakim moda ait modal kütle (TDY-2007, Denklem (2.15))

U_{N1} : X deprem doğrultusunda hakim moda ait çatı yerdeğiştirmesi

\emptyset_{N1} : X deprem doğrultusunda hakim moda ait çatı mod şekli genliği

Γ_1 : Deprem doğrultusunda hakim moda ait modal katkı çarpanı (TDY-2007, Denklem (7.3))

Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme (S_{di1}) değeri doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değerinin C_{R1} ile çarpımıyla Denklem 4.22'deki gibi ifade edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{del} \quad (4.22)$$

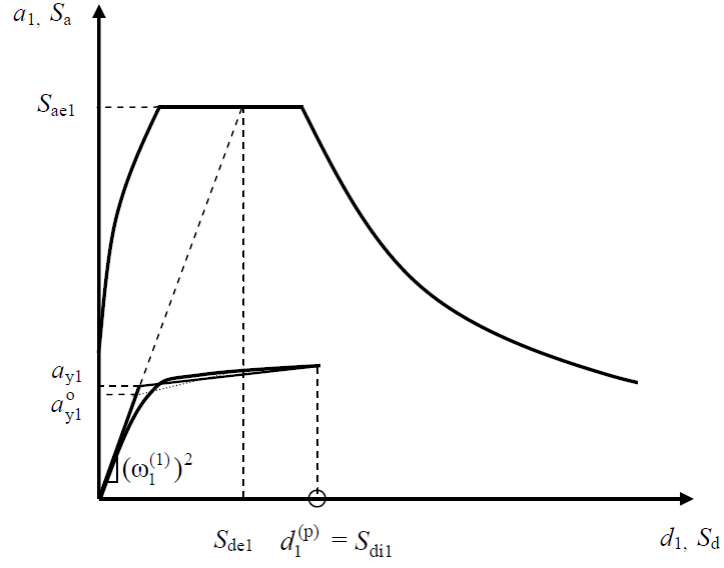
Deprem doğrultusundaki doğal titreşim periyodunun (T_1) spektral ivme-spektral yerdeğiştirme grafiğindeki konumuna göre spektral yerdeğiştirme oranı (C_{R1}) belirlenir. Doğal titreşim periyodunun deprem spektrumunun köşe periyodundan büyük olduğu durumda ($T_1 > T_B$) eşit yerdeğiştirme kuralı kullanılarak elastik ve elasto-plastik yerdeğiştirmelerin eşit olduğu kabul edilir ($C_{R1}=1$). Doğal titreşim periyodunun deprem spektrumunun köşe periyodundan küçük olduğu durumlarda ($T_1 < T_B$) elasto-plastik yerdeğiştirme değerinin elastik yerdeğiştirmenin C_{R1} katsayısıyla büyütülmesi gerekmektedir C_{R1} katsayısı Denklem 4.23'te verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (4.23)$$

Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı Denklem 4.24'de verildiği gibi elde edilmektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ael}}{a_{y1}} \quad (4.24)$$

Kapasite eğrisi iki doğrulu hale getirilirken dikkate alınan alanların eşitliği prensibi doğrultusunda akma dayanımına ait spektral ivme (a_{y1}) değeri belirlenir. 2007 deprem yönetmeliğinde (7. Bölüm Bilgilendirme Eki 7C) verilen spektrum eğrisi ile kapasite eğrisinin aynı düzlemde çizdirilmesi sonucu taşıyıcı sistemin performansının belirlenmesini ifade eden şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 4.11).

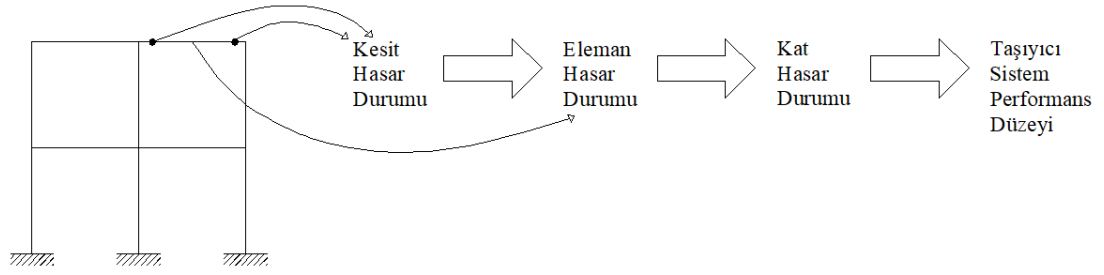


Şekil 4.11: Spektrum eğrisi ile kapasite eğrisinin kesiştirilerek yerdeğiştirmelerin bulunması (TDY-2007)

4.5 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Deprem Performanslarının TDY-2007'ye Göre Belirlenmesi

Öngörülen deprem etkisi altında oluşması beklenen hasar miktarının sınır durum olarak belirlenmesi ile performans düzeyleri ortaya çıkmaktadır. Deprem sonucu binada oluşan hasar, hasarla birlikte meydana gelen can güvenliği tehdidi ve ekonomik kayıplar bina performans düzeylerini etkilemektedir.

Yapı performans seviyesi, yapıda kullanılan malzemelerin, kesitlerin, taşıyıcı elemanların kapasitelerine ne zaman ulaştığına, kapasitelerinin ne kadarının kullanıldığına bakılarak belirlenmektedir. Şekil 4.12'de görüldüğü gibi yönetmelikte bina performans seviyesi kesitten başlayan ve binanın geneline uzanan bir dizi değerlendirmenin ardından belirlenebilmektedir.



Şekil 4.12: Hasar durumlarından taşıyıcı sistem performans düzeyine geçiş

Kesit hasar sınırları eleman hasar sınırlarını, eleman hasar sınırları ise taşıyıcı sistemin performans sınırlarını belirlemektedir. Bahsedilen değerlendirmeler yapının her iki doğrultusunda (X ve Y) ve her kat için yapılmalıdır (Celep 2017).

Mevcut çok katlı betonarme binaların her biri için iki eksen doğrultusu (X ve Y) göz önüne alınarak 2007 deprem yönetmeliğine uygun 2 farklı kapasite eğrisi bulunmuştur. Binaların yerdeğiştirme kapasiteleri ve deprem sonrası oluşan yerdeğiştirme talepleri karşılaştırılarak bina kapasitelerinin deprem talebini hangi oranda karşılayabildiği irdelenmiştir.

2007 deprem yönetmeliğinde binaların kullanım amacına ve türüne göre deprem düzeyleri ya da sağlamaları gereken performans düzeyleri farklılık göstermektedir. Çalışma kapsamında kullanılan konut binaların Tablo 4.2’de görüldüğü gibi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında Can Güvenliği Performans Hedefini sağlaması beklenmektedir.

Tablo 4.2: Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (TDY-2007)

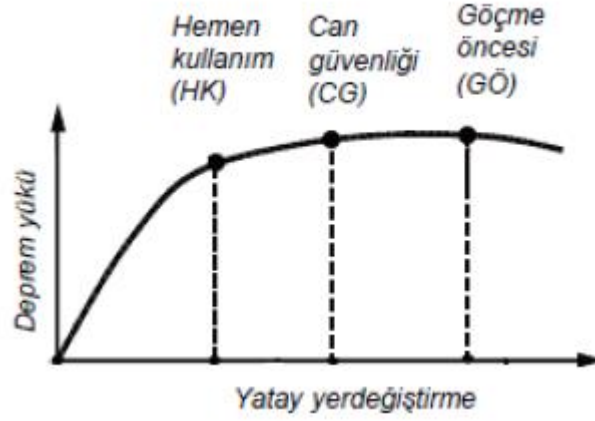
<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	<i>50 yılda %50</i>	<i>50 yılda %10</i>	<i>50 yılda %2</i>
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi

4.5.1 TDY-2007 Performans Bölgeleri

Ülkemizde yaşanan şiddetli depremlerin gerçekleşme sıklığına bakılarak yapının şiddetli bir depreme maruz kalma olasılığı binalarımızın ekonomik ömrü de göz önüne alındığında azımsanmayacak seviyededir. Yapılarımızın böyle bir depremde hasar görmemesini hedefleyerek yapacağımız tasarımlar ise ekonomik olmamaktadır. Bu sebeple yapılar şiddetli depremler sırasında hasar alması beklenerek tasarlanmaktadır. Performansa dayalı mühendislik uygulamalarında kabul edilen farklı hasar düzeyleri, hasarın meydana gelme sıklığı ve kullanım amacına bağlı olarak belirlenmektedir.

Bina performans düzeyi uygun tasarım depremi altında yapıda meydana gelmesi beklenen en büyük hasarı ifade etmektedir. Performans seviyelerini aynı mantıkla fakat farklı hesap yaklaşımları ile belirlemeyi amaçlayan ATC-40, FEMA-273 vb. gibi pek çok çalışma bulunmaktadır.



Şekil 4.13: Bina deprem performansları (Celep ve Gençoğlu 2009)

TDY-2007 Bölüm 7’de bina deprem performansının belirlenmesi ve yapıların ilgili performanslarda sağlaması beklenen şartlar açıklanmıştır. Yapıların bu dört performans düzeyinden hangisini sağladığının belirlenebilmesi için getirilen şartlar aşağıda verilmiştir.

4.5.1.1 Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi

Yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda Hemen Kullanım Performans Düzeyini sağlanması için herhangi bir katta sağlaması gereken şartlar:

- Kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Minimum Hasar Bölgesi’nde bulunmalıdır.
- Gevrek hasar gören elemanlar varsa, güçlendirildiğinde Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde kabul edilir.

4.5.1.2 Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi

Yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda Can Güvenliği Performans Düzeyini sağlanması için herhangi bir katta sağlaması gereken şartlar:

- İkincil kirişler hariç diğer kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olmalıdır.
- Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'ni aşmamalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

4.5.1.3 Göçme Öncesi (GÖ) Performans Düzeyi

Yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda Göçme Öncesi Performans Düzeyini sağlanması için herhangi bir katta sağlaması gereken şartlar:

- İkincil kirişler dışındaki diğer kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların hiçbiri İleri Hasar Bölgesi'ni aşmamış olmalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmamalıdır.

Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.5.1.4 Göçme Durumu

- Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır.

Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.6 Doğrusal Elastik Ötesi Modellerin TBDY-2018'e Göre Oluşturulması

2018 yılında Resmi Gazete'de yayınlanan ve 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği, mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi ile ilgili yeni bir hesap yaklaşımı önermektedir. Tıpkı 2007 yönetmeliğinde olduğu gibi doğrusal olmayan hesap yaklaşımının da önerildiği bu yönetmelik esas alınarak yapılan hesaplamaların, 2007 yönetmeliğine kıyasla farklı bina performansları vereceği görülmektedir. 2018 yönetmeliği, 2007 yönetmeliği ile kıyaslandığında pek çok alanda farklılıklar içermektedir. Eleman hasarlarının tarifinde kullanılan şekildeğiştirme sınırları, etkin kesit rijitliklerinin hesabı, yerel zemin sınıflarının tarifi, binalarda oluşacak deprem talebini tarif eden spektrumların hesabı ve performans değerlendirmesi sırasında göz önüne alınması gereken performans hedefleri de dahil olmak üzere 2018 yönetmeliği pek çok yeni kriter getirmektedir. Tez çalışması kapsamında göz önüne alınan binalar 2018 deprem yönetmeliğinde yer alan hükümler göz önüne alınarak modellenmiş ve her iki yönetmeliğin verdiği sonuçlar, kapasiteler, talepler ve elde edilen bina performansları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Denizli ilinde bulunan mevcut çok katlı betonarme binalar için TBDY-2018'e göre yapılan hesaplamalarda zemin sınıfı ZC olarak kabul edilmiştir. 2018 deprem yönetmeliğinde belirtilen zemin sınıfına bağlı parametreler AFAD'ın bina konumları ile uyumlu olarak yayınladığı yeni deprem tehlike haritası ile belirlenmiştir. Bina kullanım sınıfına bağlı değişen bina önem katsayısı 2007 yönetmeliğinde olduğu gibi 1 alınmıştır ($I=1$).

Çalışma kapsamında kullanılan bina modellerinin doğrusal olmayan davranışı incelenirken elemanlara tanımlanan plastik mafsallar TBDY-2018 koşullarına göre hesaplanmış ve 2007 yönetmeliğinde olduğu gibi kolon-kiriş uç bölgelerine tanımlanmıştır.

4.6.1 TBDY-2018 Çatlamış Kesit Rijitliği

Yapı taşıyıcı sistemlerinde maruz kaldıkları yükler nedeniyle oluşan çatlaklar kesit rijitliğini olumsuz etkilemektedir. 2018 yönetmeliğine göre doğrusal elastik olmayan davranışın incelenmesinde kullanılan çatlamış kesit rijitliği değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

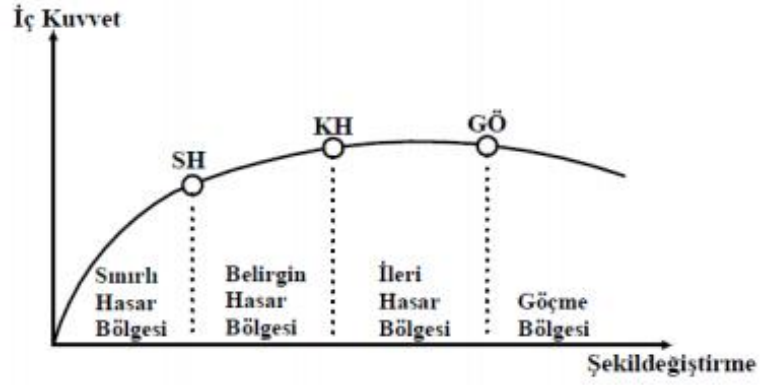
Tablo 4.3: Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde-Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde-Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

2007 yönetmeliğinde belirtilen çatlamış kesit rijitliği çarpanları 2018 yönetmeliğinde bir miktar farklılık göstermektedir. TBDY-2018’de çatlamış kesit rijitliği çarpanı çerçeve sistem kirişlerinde 0.35, çerçeve sisteme ait kolonlarda ise 0.70 olarak verilmiştir. 2018 yönetmeliğinde kolonlara ait çatlamış kesit rijitliği çarpanı 2007 yönetmeliğinden farklı olarak eksenel yük değerinden bağımsızdır.

4.6.2 TBDY-2018 Kesit Hasar Sınırları ve Bölgeleri

2007 yönetmeliğinde verilen kesit hasar sınırları TBDY-2018’de revize edilmiştir. TBDY-2018 kapsamında bahsedilen iç kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi üç sınır durumu göz önüne alınarak incelenmektedir. Bu hasar sınırları Şekil 4.14’deki gibi Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi (GÖ)’dir.



Şekil 4.14: Kesit hasar sınırları ve bölgeleri (TBDY-2018)

TBDY-2018’de kritik kesitlerin hasarında Sınırlı Hasar seviyesine ulaşamayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesinde, Sınırlı Hasar ile Kontrollü Hasar arasındaki elemanlar Belirgin Hasar Bölgesinde, Kontrollü Hasar ile Göçme Öncesi arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesinde, Göçme Öncesi değerini aşan elemanlar ise Göçme Bölgesinde yer aldığı kabul edilmiştir.

Betonarme bina elemanları için TBDY-2018’de belirtilen toplam birim şekildeğiştirme ve iç kuvvet sınırları Tablo 4.4’te verilmiştir. Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen beton birim şekildeğiştirmesi ($\epsilon_{c(GÖ)}$) formülü çalışma kapsamında modellenen dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perde elemanlar için verilmiştir. Bu formül dairesel kesitlerde farklılık göstermektedir.

Tablo 4.4: TBDY2018’de hasar sınırları için izin verilen birim şekildeğiştirmeler

Kesit Hasar Sınırları	Beton Birim Şekildeğiştirmesi	Donatı Birim Şekildeğiştirmesi
Sınırlı Hasar (SH)	$(\epsilon_c)_{SH} = 0.0025$	$(\epsilon_s)_{SH} = 0.0075$
Kontrollü Hasar (KH)	$(\epsilon_c)_{KH} = 0.75(\epsilon_c)_{GÖ}$	$(\epsilon_s)_{KH} = 0.75(\epsilon_s)_{GÖ}$
Göçmenin Önlenmesi (GÖ)	$(\epsilon_c)_{GÖ} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018$	$(\epsilon_s)_{GÖ} = 0.4\epsilon_{su}$

$(\epsilon_c)_{SH}$, $(\epsilon_c)_{KH}$ ve $(\epsilon_c)_{GÖ}$ değerleri sırasıyla Sınırlı Hasar Performans Düzeyi (SH), Kontrollü Hasar Performans Düzeyi (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için kesitin beton basınç birim şekil değıştirme üst sınırını temsil

ederken; $(\epsilon_s)_{SH}$, $(\epsilon_s)_{KH}$ ve $(\epsilon_s)_{GÖ}$ değerleri bu performans düzeylerindeki donatı çeliği birim sekil değıştirmesi üst sınırını ifade etmektedir.

$(\epsilon_s)_{GÖ}$ değeriinde ifade edilen ϵ_{su} çekme dayanımına karşılık gelen birim uzamayı tanımlamaktadır ve çalışmada kullanılan modellerde değeri S220 donatı için 0.12 alınmıştır (TBDY-2018, Tablo 5A.1). Donatı çeliklerine ait değerlerden bazıları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: TBDY2018'e göre donatı çeliklerine ait bilgiler

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su}/f_{sy}
S220	220	0.0011	0.011	0.12	1.2
S420	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	1.15 – 1.35

Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını ifade eden ω_{we} değeri Denklem 4.25'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (4.25)$$

Denklem 4.25'de kullanılan sargı donatısı etkinlik katsayısı (α_{se}) ve dikdörtgen kesit için hacimsel enine donatı oranını temsil eden ρ_{sh} değeriinin hesabı Denklem 4.26-4.27'te verilmiştir.

$$\alpha_{se} = \left(\frac{\sum \alpha_i^2}{6b_o h_o} \right) \left(1 - \frac{s}{2b_o} \right) \left(1 - \frac{s}{2h_o} \right) \quad (4.26)$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (4.27)$$

A_{sh} ve ρ_{sh} değerleri dikkate alınan doğrultuda enine donatının alanını ve hacimsel oranını, b_k bu doğrultuya dik yöndeki en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklığı, s enine donatı aralığını, b_o ve h_o sargı donatısı eksenlerinden ölçülen sargılı beton boyutlarını, α_i bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı ifade etmektedir.

4.6.3 TBDY-2018 Moment-Eğrilik Analizi ve Plastik Mafsal Kavramı

Betonarme yapılarda kesme ve eğilme etkileri altında malzeme birim şekildeğiştirme sınırlarına ulaşılması ile taşıyıcı elemanlarda moment oluşumu ve şekil değişimi meydana gelir. Oluşan moment ve sebep olduğu şekil değişikliklerinin iki ekseninde gösterilmesi sonucu oluşan eğri yapısal elemanların plastik şekildeğiştirme kapasitesi hakkında bilgi vermektedir. Dolayısıyla moment eğrilik grafiğinin altında kalan alanın artması ile sünekliğin arttığı yorumu yapılabilmektedir.

Sargılı beton davranışını irdelemek adına yapılan analizler sırasında Geliştirilmiş Kent ve Park Modeli kullanılmıştır (Park vd., 1982).

Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirme değeri (ϵ_{su}) S220 donatı çeliği için 2018 deprem yönetmeliğinde belirtildiği gibi 0.12 alınmıştır (Tablo 4.5). İç kuvvet kapasitelerinin hesabında kullanılan donatı çeliği karakteristik malzeme dayanımı yerine yönetmelikle uyumlu ortalama (beklenen) malzeme dayanımı esas alınmıştır (Tablo 4.6). Bu değer S220 donatı çeliği için 264 MPa olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.6: TBDY2018'e göre beklenen (ortalama) malzeme dayanımları

Beton	$f_{ce}=1.3 f_{ck}$
Donatı Çeliği	$f_{ye}=1.2 f_{yk}$
Yapı Çeliği (S235)	$f_{ye}=1.5 f_{yk}$
Yapı Çeliği (S275)	$f_{ye}=1.3 f_{yk}$
Yapı Çeliği (S355)	$f_{ye}=1.1 f_{yk}$
Yapı Çeliği (S460)	$f_{ye}=1.1 f_{yk}$

Deprem etkisi altında yapıların davranışını daha gerçekçi bir şekilde irdeleyebilmek adına yapıların elastik ötesi davranışları incelenmiştir.

Elemanlara ait plastik mafsalların modellere yansıtılması için TBDY-2018'de tarif edilen hasar sınırlarına karşılık gelen dönme değerleri belirlenmiştir. Belirlenen moment-dönme sınır değerleri SAP2000 programında ilgili kesitlere tanımlanmıştır. TBDY-2018'de belirtilen hasar durumlarına karşılık gelen dönme değerleri, moment-eğrilik analizi ile elde edilen akma anındaki moment kapasitesi ve nihai eğriliğe bağlı

olarak hesaplanmıştır. Denklem 4.28-4.30 kullanılarak Sınırlı Hasar (SH) performans düzeyi, Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyi için dönme değerleri elde edilmiştir.

$$\Theta_p^{(SH)} = 0 \quad (4.28)$$

$$\Theta_p^{(KH)} = 0.75\Theta_p^{(GÖ)} \quad (4.29)$$

$$\Theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{5} \left[(\delta_u - \delta_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \delta_u d_b \right] \quad (4.30)$$

2018 deprem yönetmeliğinde etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta sınırlı hasar performans düzeyi için taşıyıcı sistemde plastik mafsall oluşumuna izin verilmemiştir. Kontrollü hasar performans değerine karşılık gelen dönme değeri, göçmenin önlenmesi performans düzeyi için Denklem 4.30'da hesaplanan $\Theta_p^{(GÖ)}$ değerine bağlı olarak hesaplanmıştır.

Taşıyıcı sistem elemanlarına, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki kesit yüksekliğinin yarısı kadar mesafede plastik mafsallar atanmıştır ($L_p=0.5h$).

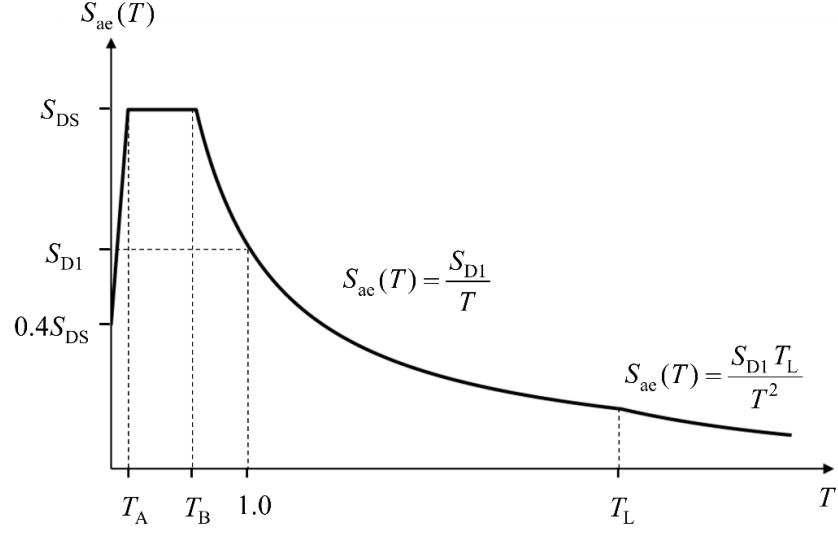
4.7 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Deprem Taleplerinin TBDY-2018'e Göre Belirlenmesi

Mevcut betonarme yapı stokunun büyük çoğunluğunu oluşturduğu düşünülen ve çalışma kapsamında kullanılan binaların 2018 yönetmeliği ile uyumlu kapasite eğrileri iki etkin deprem doğrultusu (X ve Y) için statik itme analizi ile belirlenmiştir. Doğrusal olmayan davranışı modellere yansıtılabilmek adına her eleman için TBDY-2018 koşullarına uygun olarak hesaplanan akma momenti ve hasar sınırlarına ait dönme değerleri, modellerde eleman uçlarına L_p mesafesinde atanan plastik mafsallar yardımıyla tanımlanmıştır.

Hasar sınırları elde edilen yapıların deplasman talepleri TBDY-2018'de verilen esaslar doğrultusunda hesaplanarak deplasman kapasitesi değerleriyle karşılaştırılmıştır. Böylece mevcut binaların deprem performansları belirlenmiştir.

2018 yönetmeliğine göre kapasiteleri elde edilen modellerin deplasman talepleri deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2)'ye göre belirlenmiştir. DD-2 deprem

yer hareketi, yönetmelikte spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketi olarak açıklanmaktadır. 2007 deprem yönetmeliğinde yapıların zemin sınıfına bağlı olarak değişen spektral ivme grafiği, 2018 yönetmeliğinde yapıların konumu ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.15).

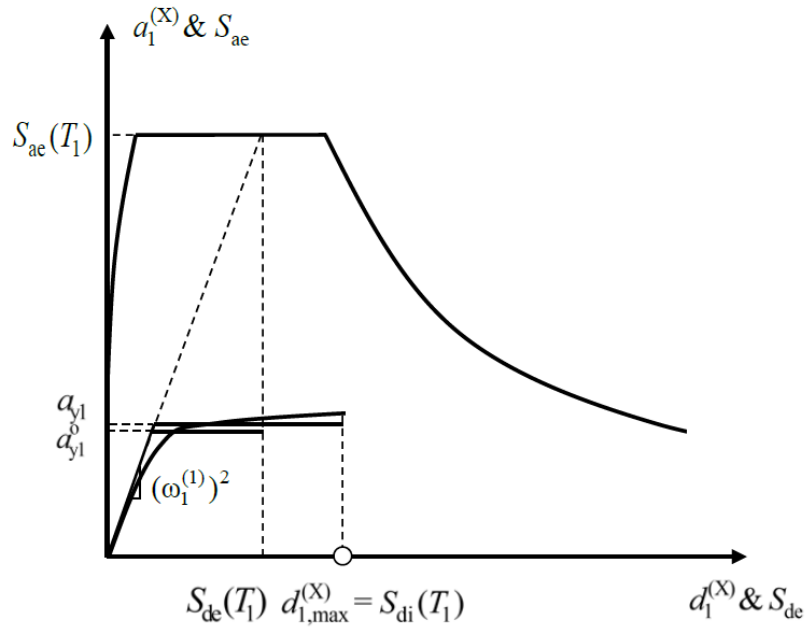


Şekil 4.15: Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY-2018)

Çeşitli kat sayılarına sahip mevcut binaların konumları kullanılarak tasarım ivme katsayıları (S_{DS} ve S_{D1}) elde edilmiştir. Her bina için değişiklik gösteren yatay tasarım spektrumu köşe periyotları (T_A ve T_B) Denklem 4.31'de verilen eşitlikler yardımıyla bulunmuştur. Dolayısıyla deprem yer hareketi düzeyi-2 için her binanın yatay elastik tasarım ivme spektrumu ($S_{ae}-T$) eğrisi belirlenmiştir. Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu (T_L) 6 s alınmıştır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (4.31)$$

Yatay elastik tasarım spektrum eğrileri belirlenen binaların deprem performanslarının hesabı için izlenen adımlar 2018 deprem yönetmeliğinde TDY-2007 ile benzer şekilde açıklanmıştır. Spektral ivme ve deplasman cinsinden tarif edilen deprem talebi ve bina kapasitesinin aynı grafikler üzerinde gösterimi Şekil 4.16'da gösterilmektedir.



Şekil 4.16: Spektrum eğrisi ile kapasite eğrisinin kesiştirilerek yerdeğıştirmelerin bulunması (TBDY-2018)

4.8 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Performans Düzeylerinin TBDY-2018'e Göre Belirlenmesi

Mevcut çok katlı betonarme binaların yerdeğıştirme kapasiteleri ve DD-2 deprem yer hareketi ile oluşan yerdeğıştirme talepleri karşılaştırılarak bina kapasitelerinin deprem talebini hangi oranda karşılayabildiği irdelenmiştir.

TBDY-2018'e göre mevcut binalar için performans hedeflerinin bina kullanım sınıfı, deprem tasarım sınıfı ve binanın serbest yüksekliği gibi çeşitli parametrelere bağlı olduğu görülmektedir. Deprem tasarım sınıfı, yapının bulunduğu sahanın deprem tehlikesini yansıtan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (S_{DS}) bağlı bir parametredir.

Çalışma kapsamında kullanılan konut binalarının Tablo 4.10'da verildiği gibi 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi (DD-2) için Kontrollü Hasar performans hedefini sağlaması beklenmektedir.

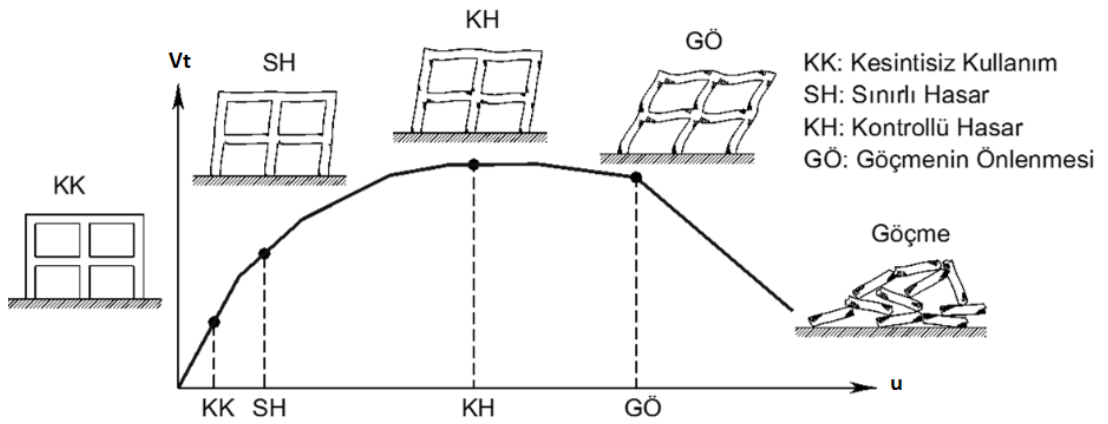
Tablo 4.7: Deprem tasarım sınıflarına göre binalar için performans hedefleri ve uygulanacak Değerlendirme/Tasarım yaklaşımları (TBDY-2018)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-
DD-2	KH	ŞGDT
DD-1	-	-

4.8.1 TBDY-2018 Performans Bölgeleri

Mevcut binaların deprem performansı, gerçekleşmesi beklenen deprem etkisinde binada meydana gelecek hasarın miktarına bağlı olarak TBDY-2018’de dört hasar durumu esas alınarak belirtilmiştir.

Performans düzeyi, uygun tasarım depremi altında yapıda meydana gelmesi beklenen en büyük hasarı ifade etmektedir.



Şekil 4.17: TBDY-2018’e göre bina performans düzeyleri

TBDY-2018 Bölüm 15’te binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar ve performans düzeylerine ait şartlar verilmiştir.

4.8.1.1 Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Öngörülen deprem sonrası taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın sınırlı düzeyde olduğu, doğrusal olmayan davranışın gerçekleştiği duruma karşılık gelmektedir.

Yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda Sınırlı Hasar Performans Düzeyini sağlanması için herhangi bir katta sağlaması gereken şartlar:

- Kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Sınırlı Hasar Bölgesi'nde bulunmalıdır.
- Gevrek hasar gören elemanlar varsa, güçlendirildiğinde Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'nde kabul edilir.

4.8.1.2 Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

Bina taşıyıcı sistem elemanlarında öngörülen deprem sonrası yapısal hasarın can güvenliğini tehdit etmeyecek düzeyde yani onarılabilecek miktarda olduğu duruma karşılık gelmektedir.

Yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda Kontrollü Hasar Performans Düzeyini sağlanması için herhangi bir katta sağlaması gereken şartlar:

- İkincil kirişler hariç diğer kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olmalıdır.
- Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'ni aşmamalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan

kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

4.8.1.3 Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde hasarın meydana geldiği duruma karşılık gelmektedir. Yapının kısmen ya da tamamen göçmesi önlenmiştir.

Yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyini sağlanması için herhangi bir katta sağlaması gereken şartlar:

- İkincil kirişler dışındaki diğer kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların hiçbiri İleri Hasar Bölgesi'ni aşmamış olmalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmamalıdır.

Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.8.1.4 Göçme Durumu

- Bina Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır.

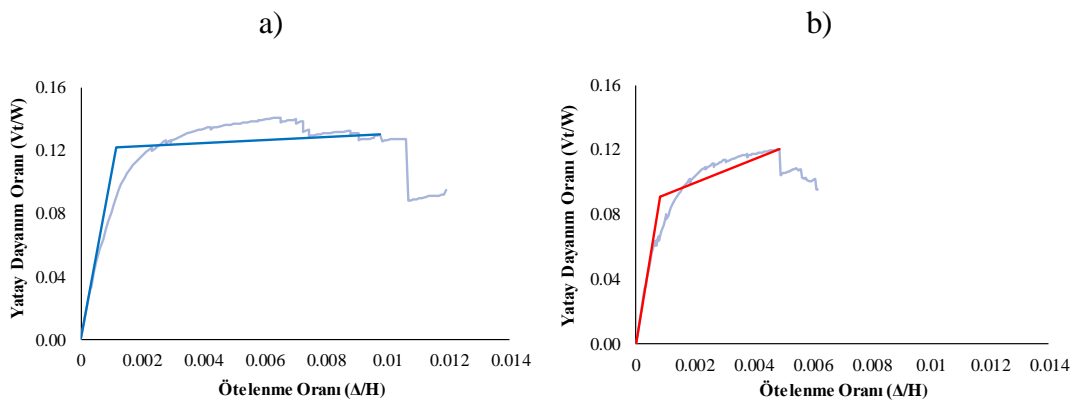
Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 BİNA KAPASİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1998 yılından önce inşa edilmiş 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 katlı mevcut betonarme binaların 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre kapasite eğrileri ve bu yönetmeliklere göre hesaplanan hasar sınırları değerlendirilmiştir. Yapıların statik itme analizi sonucu bulunan yatay dayanım kapasiteleri (V_t) bina ağırlığına, hesaplanan deplasman değerleri ise (Δ) bina yüksekliğine bölünerek dayanım ve deformasyon eksenleri birimsiz hale getirilmiş ve farklı özelliklerdeki binalar karşılaştırılabilir hale getirilmiştir.

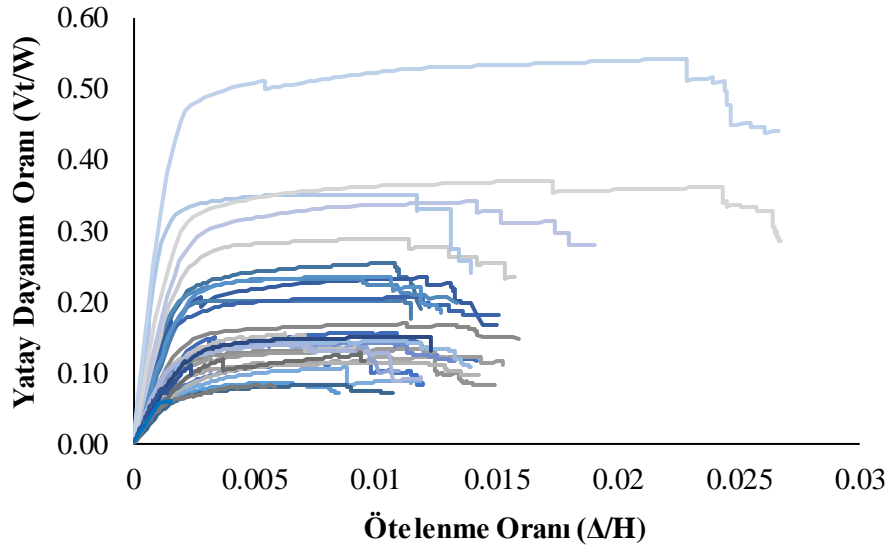
Yatay ekseninde ötelenme oranının Δ/H , düşey ekseninde yatay dayanım oranının V_t/W ile temsil edildiği kapasite eğrileri, alanların eşitliği prensibi göz önünde bulundurularak iki doğru hale getirilmiştir. Böylelikle akma anına ve maksimum deformasyon kapasitesine karşılık gelen değerler net bir biçimde ayıklanabilmiş ve kapasite eğrileri basitleştirilmiştir. Şekil 5.1’de seçilen örnek bir binanın 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre hesaplanan kapasite eğrilerinin iki doğru hale getirilme işlemi grafikler üzerinde gösterilmiştir.



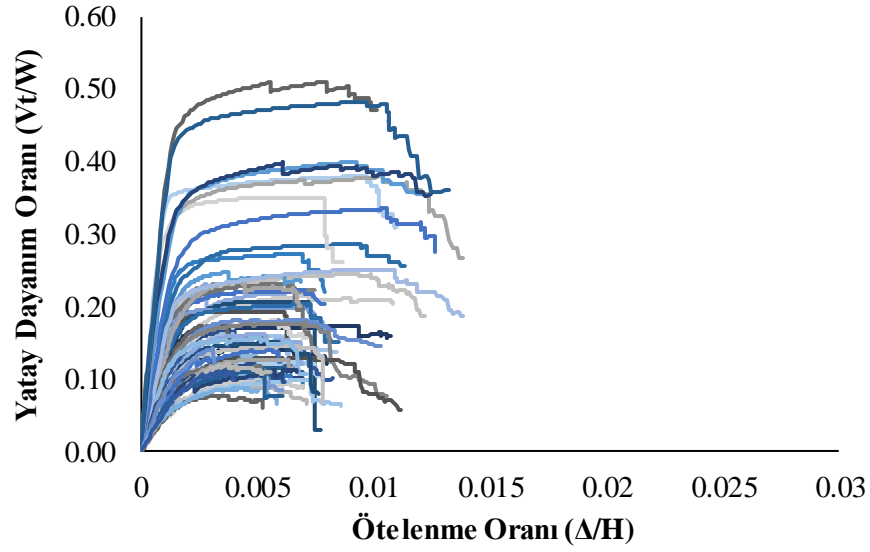
Şekil 5.1: 49 nolu bina için X yönünde hesaplanan kapasite eğrileri ve iki doğru halleri a) TDY-2007 b) TBDY-2018

30 adet mevcut betonarme binanın her iki deprem doğrultusu (XZ ve YZ) göz önüne alınarak yapılan analizler sonucunda, yatay dayanım oranı-ötelenme oranı grafikleri Şekil 5.2’de TDY-2007’ye, Şekil 5.3’te TBDY-2018’e göre verilmiştir. Grafikler incelendiğinde 2018 deprem yönetmeliğine göre analizleri yapılan modellerin deplasman kapasitelerinin, 2007 deprem yönetmeliğine göre analizleri yapılan modellerin deplasman kapasitelerinden çok daha düşük olduğu görülmektedir.

Yapıların deprem sonrası performansını taşıyıcı sistem elemanlarının hasar durumuna göre tarif eden şartlar, 2007 ve 2018 yönetmeliklerinde belirtilmiştir. Karşılaştırılan iki deprem yönetmeliği için elemanlarda oluşan hasar seviyesi, 2018 yönetmeliğinde değişen malzeme birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile doğrudan ilgilidir. Taşıyıcı sistem planları ve tanımlanan malzeme parametreleri aynı olmasına rağmen 2018 yılında yayımlanan yönetmelikte malzeme birim şekildeğiştirme kapasitelerinin hasar sınırları ve çatı katı ötelenme oranları üzerinde oldukça etkili olduğu görülmektedir (Şekil 5.2-5.3).

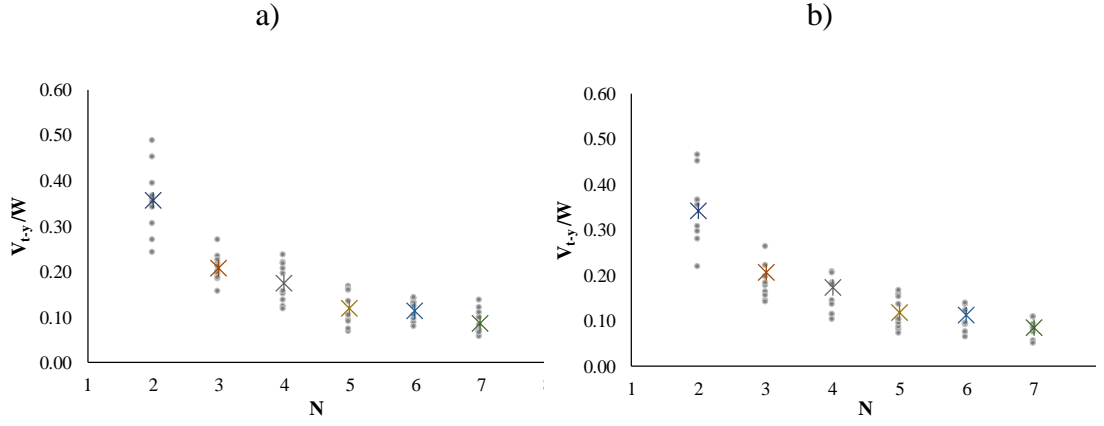


Şekil 5.2: Mevcut binaların TDY-2007’ye göre kapasite eğrileri



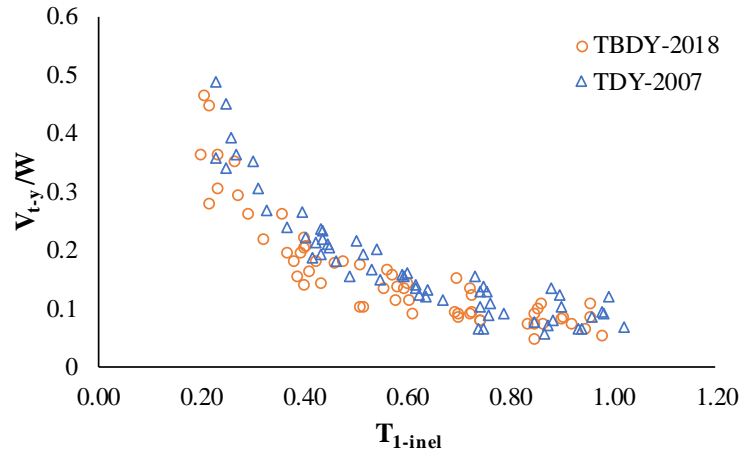
Şekil 5.3: Mevcut binaların TBDY-2018'ye göre kapasite eğrileri

Şekil 5.4'te çalışma kapsamında kullanılan mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018 koşullarına göre akma anına karşılık gelen yatay dayanım oranlarının ve ortalamalarının kat sayılarına göre değişimi verilmiştir. Çalışma kapsamında modellenen binalarda yatay dayanım oranında değişen yönetmelik ile birlikte büyük farklılıklar oluşmadığı anlaşılmaktadır. Yapılan incelemeler yatay dayanım oranlarında ortaya çıkan farkın esas itibari ile alanların eşitliği yönteminden kaynaklandığını göstermektedir. Ancak söz konusu grafiklerde her iki yönetmeliğe göre de kat sayılarına bağlı belirlenen yatay dayanım oranlarında azalma olduğu görülmektedir. Yönetmeliklerde yer alan minimum kesit boyutu ve minimum boyuna donatı koşulları özellikle düşük kat sayısına sahip binalarda dayanım fazlalığına sebep olmaktadır. Dolayısıyla düşük katlı yapılar göreceli olarak daha fazla yatay rijitlik ve dayanım kapasitesine sahiptir.



Şekil 5.4: Mevcut binaların yatay dayanım oranlarının kat sayısına göre değişimi
a) TDY-2007 b) TBDY-2018

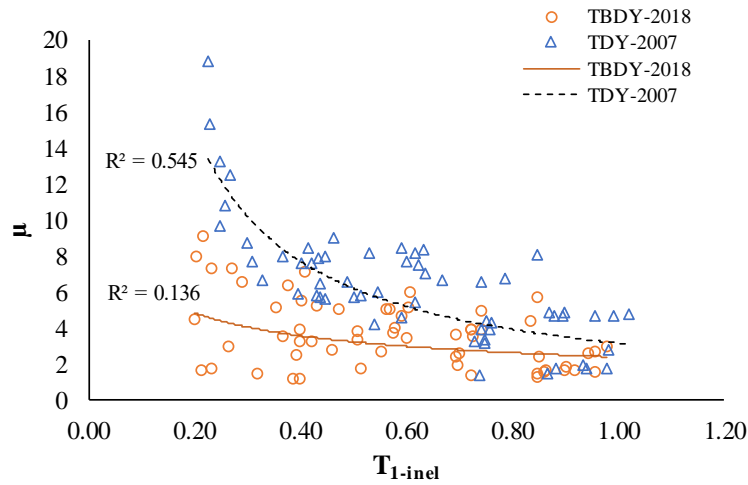
Şekil 5.5'te çalışma kapsamında kullanılan ve doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak modellenen binaların 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre yatay dayanım oranı ve periyot değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. Elde edilen yatay dayanım oranları karşılaştırıldığında, 2018 yönetmeliğine göre modellenen binaların yatay dayanım oranlarının az da olsa daha küçük değerler aldığı görülmektedir. Taşıyıcı sisteme ait kat sayısındaki artış ile birlikte elastik olmayan periyot değerleri de artmaktadır. Dolayısıyla Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te verilen grafiklerin birbiri ile uyumlu sonuç verdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5.5: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre yatay dayanım oranlarının elastik olmayan bina periyoduna bağlı değişimi

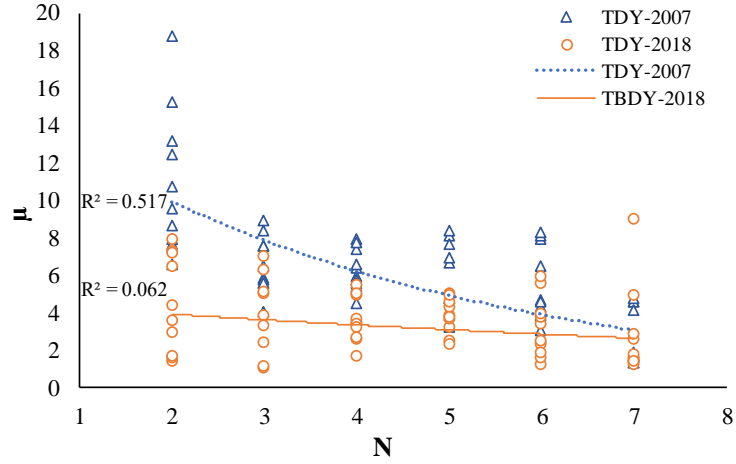
Şekil 5.6'da çalışma kapsamında kullanılan mevcut binaların 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre hesaplanan süneklik kapasitesi değerleri ile elastik olmayan bina periyodu arasında ilişki verilmiştir. TDY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre yapılan hesaplar sonucunda binaların periyotlarının artmasıyla süneklik kapasitelerinin azaldığı görülmektedir.

2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre deplasman kapasiteleri hesaplanan mevcut betonarme binaların, 2018 yönetmeliği koşullarına göre süneklik kapasiteleri 2007 yönetmeliğine kıyasla daha düşüktür. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te verilen kapasite eğrilerinde görüldüğü gibi TDY-2007 ve TBDY-2018 için bulunan deplasman kapasitesi değerleri (Δ_w/H) arasında ciddi derecede fark oluşmaktadır. Bu durum farklı yönetmelikler için hesaplanan süneklik kapasitesi değerleri arasındaki değişimi açıklamaktadır.



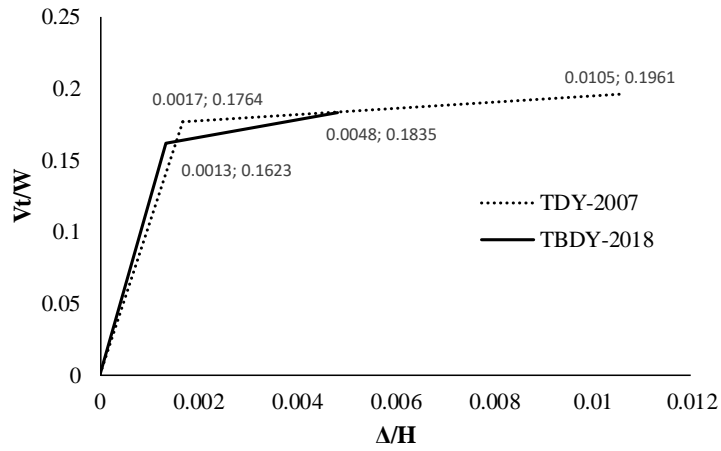
Şekil 5.6: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre süneklik kapasitesinin elastik olmayan bina periyoduna bağlı değişimi

Şekil 5.7'de TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre modellenen binalara ait süneklik kapasitelerinin kat sayısına bağlı olarak değişimi verilmiştir. Kat sayısının artışı ile birlikte süneklik kapasitelerinde azalma meydana gelmektedir. Bu durum 2007 yönetmeliğine göre yapılan hesapta daha da belirgin bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Süneklik kapasitesi-kat sayısı grafiği, elastik olmayan bina periyoduna bağlı değişen süneklik kapasitesinin gösterildiği Şekil 5.6 ile uyumlu sonuçlar vermektedir.



Şekil 5.7: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre süneklik kapasitelerinin kat sayısına bağlı değişimi

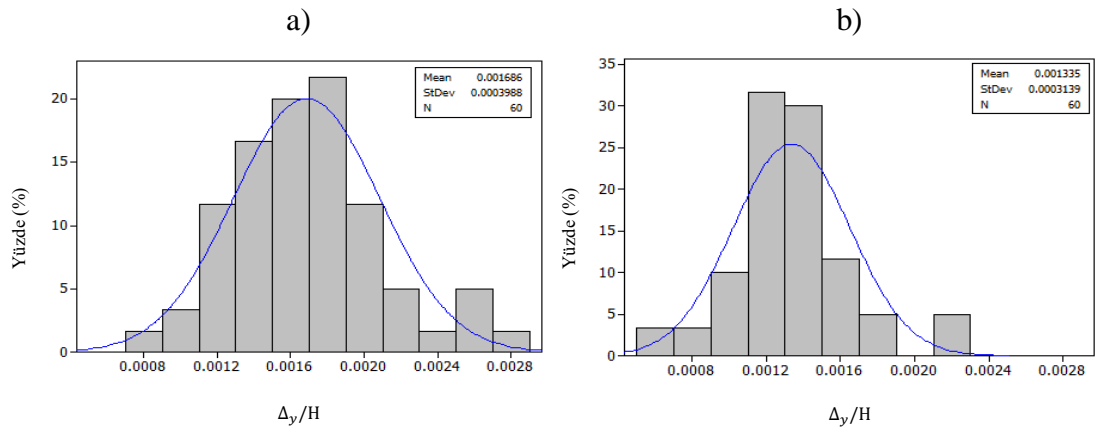
Şekil 5.8'de TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre modellenen binalara ait ortalama dayanım ve deplasman kapasiteleri verilmiştir. Şekil 5.8'de görüldüğü gibi, TDY-2007 binalarında elde edilen ortalama yatay dayanım oranı %17.64 iken, TBDY-2018 binalarından elde edilen ortalama yatay dayanım oranı %16.23'tür. Akma anına ait ortalama deplasman kapasitesi değerleri 2007 yönetmeliğine göre %0.17 olarak hesaplanırken; 2018 yönetmeliğinde bu değer ortalama %0.13 olarak bulunmuştur. Kapasite eğrilerinin iki doğrulu hale getirilmesi için kullanılan ve alanların eşitliği prensibine dayanan hesap yönteminin akma anı için hesaplanan ortalama yatay deplasman değerlerini değiştirebildiği görülmüştür.



Şekil 5.8: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre ortalama dayanım - ortalama deplasman grafiği

TDY-2007 için %1.05 olan maksimum deplasman kapasitelerinin ortalama değeri, TBDY-2018 için %0.48 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ortalama dayanım açısından yönetmelikler kıyaslandığında yakın değerler elde edilmesine rağmen, deformasyon kapasiteleri arasında çok büyük fark olduğunu göstermektedir. TBDY-2018’de değiştirilen eleman hasar sınırları, çok daha küçük ötelenme değerlerine izin vermekte ve bu yüzden de binaların deplasman kapasitelerinde ciddi kayıplar ortaya çıkmaktadır.

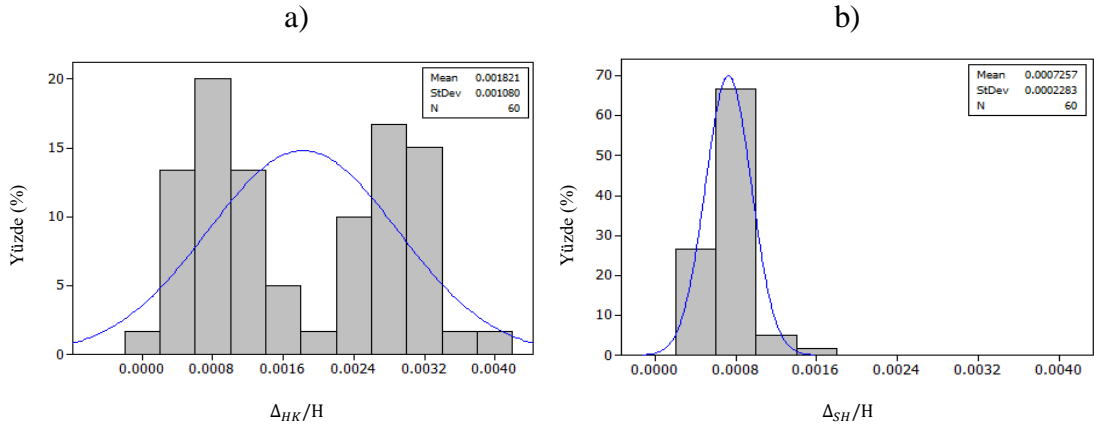
Şekil 5.9’da mevcut betonarme binaların TDY-2007 ve TBDY-2018 için akma anına karşılık gelen deplasman oranlarının dağılımı verilmiştir. 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan akma anındaki deplasman değerlerinin ortalaması %0.1686 iken; 2018 yönetmeliğine göre %0.1335 olmuştur. Buradan da anlaşılabilir gibi TBDY-2018’e göre hesaplanan akma anına karşılık gelen yatay ötelenme değerleri TDY-2007’ye göre hesaplanan değerlerden biraz daha düşüktür. Ayrıca 2007 yönetmeliğine göre bulunan yatay ötelenme değerlerinin standart sapması %0.03988 olarak bulunurken, 2018 yönetmeliğine göre %0.03139 olarak bulunmuştur. Bu durum 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan akma deplasmanlarının saçılımının daha düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.9: Mevcut binaların akma anına karşılık gelen yatay ötelenme değerlerinin dağılımı a) TDY-2007 b) TBDY-2018

Şekil 5.10’da incelenen binaların TDY-2007 ve TBDY-2018’e göre belirlenen hemen kullanım ve sınırlı hasar performans düzeylerine karşılık gelen deplasman oranlarının dağılımı verilmiştir. 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan hemen kullanım performans düzeyine karşılık gelen deplasman değerlerinin

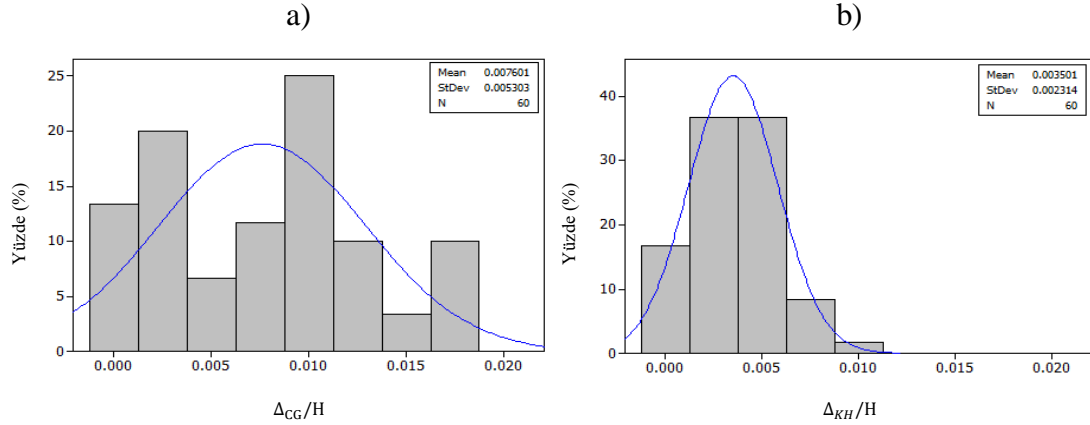
ortalaması %0.1821 olarak bulunurken, 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan sınırlı hasar performans düzeyine karşılık gelen deplasman değerlerinin ortalaması %0.07257 olarak bulunmuştur. Buradan da anlaşılacağı üzere TBDY-2018'e göre sınırlı hasar performans düzeyine karşılık gelen yatay ötelenme değerleri, TDY-2007'ye göre hesaplanan hemen kullanım performans düzeyine ait değerlerden çok daha düşüktür. Bu durum isimleri farklılaşsa da benzer performans düzeylerine karşılık gelen bu sınırlarda da azalma olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca 2007 yönetmeliğine göre bulunan değerlerin standart sapması %0.1080 olarak bulunurken, 2018 yönetmeliğine göre %0.02283 olarak bulunmuştur. Başka bir ifade ile söz konusu performans sınırı için 2018 yönetmeliğinin işaret ettiği ötelenme oranı, belli bir ötelenme oranında yoğunlaşmaktadır.



Şekil 5.10: Mevcut binaların hemen kullanım ve sınırlı hasar performans düzeylerine karşılık gelen yatay ötelenme değerlerinin dağılımı a) TDY-2007 b) TBDY-2018

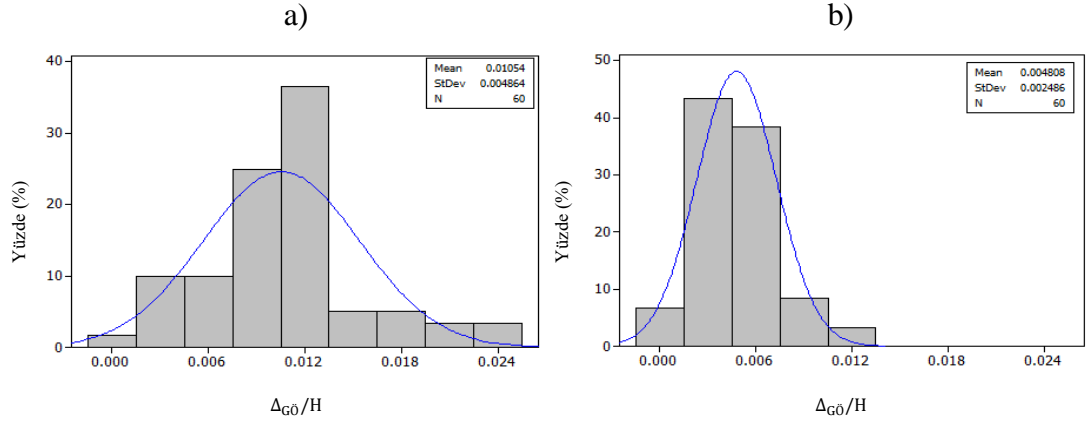
Şekil 5.11'de mevcut betonarme binaların TDY-2007 ve TBDY-2018 için can güvenliği performans düzeyi ve kontrollü hasar performans düzeyine karşılık gelen deplasman oranlarının dağılımı verilmiştir. 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan can güvenliği performans düzeyine karşılık gelen deplasman değerlerinin ortalaması %0.7601 olarak bulunurken 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan kontrollü hasar performans düzeyine karşılık gelen deplasman değerlerinin ortalaması %0.3501 olarak bulunmuştur. Buradan da anlaşılabilirdiği gibi TBDY-2018'e göre kontrollü hasar performans düzeyine karşılık gelen yatay ötelenme değerleri, TDY-2007'ye göre hesaplanan can güvenliği performans düzeyine ait değerlerden çok daha düşüktür. Ayrıca 2007 yönetmeliğine göre bulunan değerlerin

standart sapması %0.5303 olarak bulunurken, 2018 yönetmeliğine göre %0.2314 olarak bulunmuştur. Bu performans düzeyi için hesaplanan ötelenme oranlarının saçılımı konusunda da benzer bir durum olduğu görülmektedir.



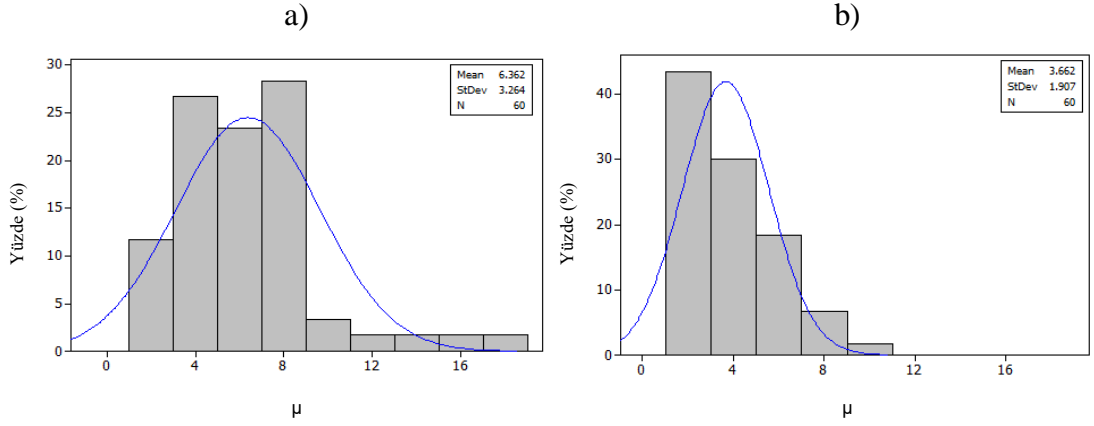
Şekil 5.11: Mevcut binaların can güvenliği ve kontrollü hasar performans düzeylerine karşılık gelen yatay ötelenme değerlerinin dağılımı
a) TDY-2007 b) TBDY-2018

Şekil 5.12’de mevcut betonarme binaların TDY-2007 ve TBDY-2018 için göçme öncesi performans düzeyi ve göçmenin önlenmesi performans düzeyine karşılık gelen deplasman oranlarının dağılımı verilmiştir. 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan göçme öncesi performans düzeyine karşılık gelen deplasman değerlerinin ortalaması %1.054 olarak bulunurken 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan göçmenin önlenmesi performans düzeyine karşılık gelen deplasman değerlerinin ortalaması %0.4808 olarak bulunmuştur. Buradan da anlaşılabilirdiği gibi TBDY-2018’e göre göçmenin önlenmesi performans düzeyine karşılık gelen yatay ötelenme değerleri TDY-2007’ye göre hesaplanan göçme öncesi performans düzeyine ait değerlerden çok daha düşüktür. Ayrıca 2007 yönetmeliğine göre bulunan değerlerin standart sapması %0.4864 olarak bulunurken, 2018 yönetmeliğine göre %0.2486 olarak bulunmuştur. TBDY-2018’ e göre hesaplanan ötelenme oranlarının varyasyon katsayısı, 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan değerlerin varyasyonundan çok daha düşüktür.



Şekil 5.12: Mevcut binaların göçme öncesi ve göçmenin önlenmesi performans düzeylerine karşılık gelen yatay ötelenme değerlerinin dağılımı
a) TDY-2007 b) TBDY-2018

Şekil 5.13'te mevcut betonarme binaların TDY-2007 ve TBDY-2018 için süneklik kapasitesi değerlerinin dağılımı verilmiştir. 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan süneklik kapasitesi değerlerinin ortalaması 6.362 olarak; 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan süneklik kapasitesi değerlerinin ortalaması 3.662 olarak bulunmuştur. Buradan da anlaşılabilirdiği gibi TBDY-2018'e göre hesaplanan süneklik kapasitesi değerleri TDY-2007'ye göre hesaplanan süneklik değerlerinden çok daha düşüktür. TBDY-2018 ile belirlenen eleman hasar sınırlarının ve bu hasar sınırlarına göre hesaplanan bina performans sınırlarının TDY-2007'ye kıyasla çok daha önce oluşması, binaların deplasman kapasitelerini ve dolayısı ile de süneklik kapasitelerini önemli ölçüde azaltmakta ve binaların göçme kapasitelerine daha erken ulaşmasına sebep olmaktadır. Ayrıca 2007 yönetmeliğine göre bulunan süneklik kapasitesi değerlerinin standart sapması 3.264 olarak bulunurken, 2018 yönetmeliğine göre 1.907 olarak bulunmuştur. 2018 yönetmeliğine göre bulunan değerlerin varyasyonunun daha düşük olması durumu burada da geçerliliğini korumaktadır.



Şekil 5.13: Mevcut binaların süneklik değerlerinin dağılımı a) TDY-2007
b) TBDY-2018

Mevcut betonarme binaların kapasite parametrelerinin dağılımlarından elde edilen sonuçlar özetlenecek olursa, 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan kapasite ile ilgili yapısal parametrelerin ortalama ve standart sapma değerleri çok daha düşüktür. Her iki yönetmelikte de benzer performans sınırlarına karşılık gelen deplasman kapasitelerinin ortalama ve standart sapma değerlerine bakıldığında, TBDY-2018'e göre bulunan değerlerin neredeyse yarı yarıya düştüğü görülmektedir. Bu durum 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan performans sınır değerlerinin çok daha erken oluştuğunu ve hemen hemen bütün performans seviyelerinde TBDY-2018'e göre elde edilen değerlerdeki saçılımın, TDY-2007'ye göre elde edilen değerlerin saçılımından daha düşük olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.1'de mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre hesaplanan performans sınırlarına ait ötelenme oranları ve TBDY-2018 ve TDY-2007 yönetmeliklerine göre bulunan ötelenmelerin birbirine oranları % cinsinden verilmiştir.

Tablo 5.1: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018 performans sınırlarına ait deplasman kapasitesi oranları (%)

		DEPLASMAN KAPASİTESİ									Karşılaştırma (%)			
N	MODEL	YÖN	TDY-2007				TBDY-2018				$\Delta_{2018}/\Delta_{2007}$			
			$\frac{\Delta_y}{H}$	$\frac{\Delta_{HK}}{H}$	$\frac{\Delta_{CG}}{H}$	$\frac{\Delta_{GÖ}}{H}$	$\frac{\Delta_y}{H}$	$\frac{\Delta_{SH}}{H}$	$\frac{\Delta_{KH}}{H}$	$\frac{\Delta_{GÖ}}{H}$	Akma	$\frac{SH}{HK}$	$\frac{KH}{CG}$	$\frac{GÖ}{GÖ}$
2	1	X	0,17	0,18	1,13	1,13	0,15	0,04	0,82	0,96	87,0	25,2	72,9	85,3
	2	Y	0,19	0,40	1,51	1,51	0,13	0,09	0,19	0,20	69,8	23,0	12,9	13,0
	3	X	0,12	0,17	1,16	1,16	0,07	0,07	0,11	0,11	57,9	37,6	9,9	9,9
	4	Y	0,12	0,32	0,68	2,30	0,09	0,06	0,39	0,39	70,9	19,7	57,3	16,9
	5	X	0,18	0,07	1,42	1,42	0,14	0,08	0,95	1,05	78,0	113,1	66,9	74,2
	6	Y	0,17	0,07	1,76	2,07	0,10	0,07	0,18	0,18	63,0	96,6	10,4	8,9
	7	X	0,20	0,09	1,65	1,71	0,13	0,06	0,40	0,39	67,0	69,0	24,0	23,0
	8	Y	0,17	0,13	1,69	1,83	0,13	0,03	0,60	0,93	74,9	25,1	35,8	50,6
	9	X	0,15	0,14	1,79	2,28	0,11	0,04	0,79	0,91	77,1	26,9	44,2	40,1
	10	Y	0,16	0,11	1,76	2,16	0,12	0,08	0,82	1,06	71,8	77,6	46,5	49,0
3	11	X	0,19	0,33	0,98	1,07	0,15	0,10	0,59	0,59	79,0	30,3	60,0	54,7
	12	Y	0,18	0,08	0,95	1,04	0,14	0,10	0,62	0,72	79,7	115,7	65,4	69,0
	13	X	0,17	0,05	0,10	1,31	0,14	0,11	0,19	0,33	79,3	221,9	194,3	25,4
	14	Y	0,27	0,34	1,12	1,13	0,21	0,16	0,72	0,72	77,6	46,6	63,8	63,3
	15	X	0,17	0,08	1,11	1,11	0,12	0,06	0,50	0,63	71,6	78,3	44,9	56,9
	16	Y	0,20	0,25	1,70	1,78	0,13	0,08	0,15	0,93	66,4	30,4	8,7	52,5
	17	X	0,19	0,07	0,84	1,12	0,13	0,08	0,15	0,15	66,3	114,5	17,5	13,1
	18	Y	0,22	0,06	0,14	1,22	0,11	0,09	0,13	0,13	50,1	141,0	94,4	10,6
	19	X	0,14	0,32	1,06	1,18	0,12	0,06	0,58	0,74	82,9	19,3	54,2	62,4
	20	Y	0,16	0,31	1,21	1,21	0,12	0,07	0,41	0,41	73,5	24,1	34,1	34,1
4	21	X	0,17	0,33	1,11	1,24	0,13	0,08	0,41	0,49	79,4	24,3	36,8	39,7
	22	Y	0,16	0,28	0,94	0,94	0,10	0,07	0,17	0,18	63,4	24,8	18,5	18,6
	23	X	0,15	0,26	0,95	0,95	0,12	0,06	0,52	0,65	80,2	24,8	54,7	68,6
	24	Y	0,18	0,31	1,02	1,03	0,14	0,09	0,59	0,72	80,4	28,6	57,7	69,5
	25	X	0,18	0,06	0,13	0,98	0,18	0,11	0,15	0,63	100,6	181,0	117,4	63,7
	26	Y	0,19	0,33	0,88	0,88	0,15	0,09	0,39	0,39	76,4	27,4	44,3	44,4
	27	X	0,18	0,18	0,18	1,19	0,14	0,08	0,16	0,74	81,0	42,7	89,2	62,1
	28	Y	0,15	0,26	1,18	1,18	0,12	0,05	0,38	0,38	78,7	20,8	32,2	32,3
	29	X	0,19	0,26	0,91	1,06	0,13	0,07	0,36	0,36	69,9	25,6	39,9	34,2
	30	Y	0,15	0,29	1,02	1,21	0,11	0,07	0,29	0,37	73,0	23,0	28,4	30,6

Tablo 5.1 (Devam): Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018 performans sınırlarına ait deplasman kapasitesi oranları (%)

		DEPLASMAN KAPASİTESİ								Karşılaştırma				
N	MODEL	YÖN	TDY-2007				TBDY-2018				$\Delta_{2018}/\Delta_{2007}$			
			$\frac{\Delta_y}{H}$	$\frac{\Delta_{HK}}{H}$	$\frac{\Delta_{CG}}{H}$	$\frac{\Delta_{GÖ}}{H}$	$\frac{\Delta_y}{H}$	$\frac{\Delta_{SH}}{H}$	$\frac{\Delta_{KH}}{H}$	$\frac{\Delta_{GÖ}}{H}$	Akma	$\frac{SH}{HK}$	$\frac{KH}{CG}$	$\frac{GÖ}{GÖ}$
5	31	X	0,15	0,13	0,14	0,98	0,11	0,07	0,16	0,45	78,5	53,2	113,4	45,8
	32	Y	0,12	0,05	0,05	1,00	0,07	0,04	0,05	0,26	57,0	80,1	117,6	26,2
	33	X	0,09	0,04	0,07	0,31	0,13	0,07	0,07	0,33	136,6	159,9	95,8	106,3
	34	Y	0,15	0,03	0,10	1,19	0,13	0,06	0,07	0,68	87,1	170,5	68,3	57,2
	35	X	0,14	0,26	0,65	0,65	0,13	0,04	0,42	0,56	94,2	14,7	64,7	84,9
	36	Y	0,12	0,26	0,48	0,48	0,13	0,06	0,40	0,51	105,9	22,4	83,4	105,5
	37	X	0,15	0,26	1,00	1,07	0,14	0,08	0,55	0,63	89,0	32,7	54,8	59,2
	38	Y	0,16	0,27	1,18	1,35	0,15	0,07	0,62	0,76	94,9	26,4	52,8	56,5
	39	X	0,25	0,27	1,21	1,21	0,22	0,06	0,51	0,53	88,5	23,5	42,1	43,5
	40	Y	0,25	0,08	0,57	0,82	0,22	0,09	0,47	0,53	88,8	107,1	83,7	65,0
6	41	X	0,19	0,10	0,10	0,88	0,15	0,08	0,10	0,38	79,4	84,7	100,5	43,6
	42	Y	0,13	0,24	0,95	1,06	0,13	0,04	0,61	0,72	97,0	17,4	64,3	68,5
	43	X	0,17	0,24	0,24	0,74	0,15	0,09	0,25	0,52	87,3	36,0	107,1	70,6
	44	Y	0,24	0,07	1,04	1,10	0,16	0,09	0,20	0,20	66,9	125,5	19,1	18,2
	45	X	0,16	0,27	0,44	0,63	0,16	0,06	0,20	0,62	99,4	20,9	46,1	98,6
	46	Y	0,20	0,20	0,21	0,55	0,12	0,09	0,20	0,20	62,4	43,6	96,6	36,4
	47	X	0,20	0,31	0,64	0,64	0,11	0,08	0,21	0,21	54,5	26,0	33,5	33,5
	48	Y	0,15	0,06	0,12	1,20	0,13	0,06	0,10	0,51	86,6	94,2	81,8	42,6
	49	X	0,12	0,10	0,69	0,98	0,08	0,03	0,06	0,49	68,9	33,1	8,8	49,8
	50	Y	0,13	0,26	0,85	0,85	0,11	0,06	0,38	0,38	80,3	21,9	44,5	44,5
7	51	X	0,22	0,12	0,15	1,02	0,15	0,09	0,17	0,23	70,8	81,7	116,0	22,8
	52	Y	0,26	0,26	0,28	1,19	0,19	0,13	0,21	0,50	72,8	51,5	74,3	41,8
	53	X	0,22	0,35	0,37	0,37	0,18	0,09	0,19	0,27	80,4	24,6	51,6	72,4
	54	Y	0,13	0,14	0,14	0,23	0,14	0,05	0,09	0,22	101,2	32,5	66,4	96,2
	55	X	0,18	0,11	0,85	0,88	0,11	0,07	0,33	0,33	59,7	57,8	38,3	37,0
	56	Y	0,18	0,09	0,61	0,76	0,11	0,04	0,06	0,53	58,6	40,9	9,6	68,9
	57	X	0,08	0,02	0,07	0,11	0,11	0,07	0,07	0,15	137,6	401,5	107,1	137,4
	58	Y	0,12	0,04	0,16	0,22	0,17	0,07	0,30	0,31	142,1	185,4	183,9	139,4
	59	X	0,11	0,05	0,05	0,15	0,09	0,07	0,50	0,13	87,3	154,0	1075,2	87,5
	60	Y	0,12	0,11	0,13	0,20	0,16	0,07	0,72	0,26	134,1	65,2	566,5	128,0

5.2 BİNALARIN DEPLASMAN TALEPLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İncelenen betonarme binaların konum bilgileri kullanılarak 2018 yönetmeliğinde tarif edilen spektrum bilgileri Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası üzerinden bulunmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 5.2’de gösterilmiştir. Hesaplamalar yapılırken incelenen binaların ZC gurubu zeminler üzerinde olduğu kabul edilmiştir. Bu tabloda her bina için bulunan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{ds}), 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{d1}), yatay tasarım spektrumu köşe periyotları (T_A ve T_B) ve sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu (T_L) değerleri verilmiştir.

Tablo 5.2: Mevcut binaların TBDY-2018’de belirtilen yatay tasarım spektrumu parametreleri

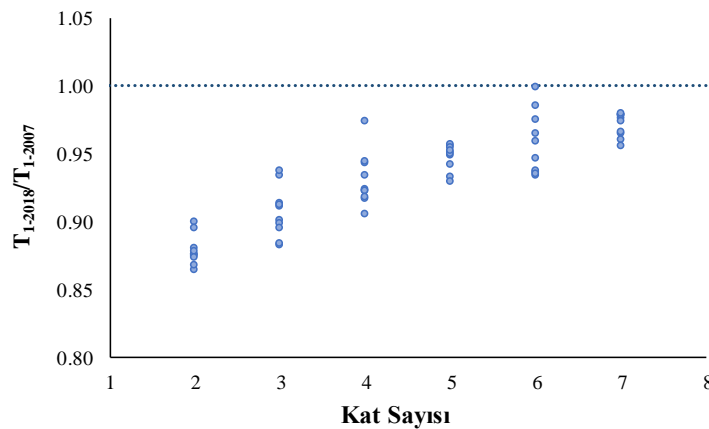
Model No	Kat Sayısı	S_{ds}	S_{d1}	T_A	T_B	T_L	Model No	Kat Sayısı	S_{ds}	S_{d1}	T_A	T_B	T_L
1	2	1.309	0.376	0.0574	0.2872	6	16	5	1.333	0.384	0.0576	0.2881	6
2	2	1.368	0.395	0.0577	0.2887	6	17	5	1.331	0.382	0.0574	0.2870	6
3	2	1.368	0.395	0.0577	0.2887	6	18	5	1.321	0.379	0.0574	0.2869	6
4	2	1.309	0.376	0.0574	0.2872	6	19	5	1.331	0.382	0.0574	0.2870	6
5	2	1.398	0.403	0.0577	0.2883	6	20	5	1.330	0.382	0.0574	0.2872	6
6	3	1.336	0.386	0.0578	0.2889	6	21	6	1.322	0.379	0.0573	0.2867	6
7	3	1.376	0.399	0.0580	0.2900	6	22	6	1.318	0.378	0.0574	0.2868	6
8	3	1.378	0.399	0.0579	0.2896	6	23	6	1.331	0.382	0.0574	0.2870	6
9	3	1.339	0.386	0.0577	0.2883	6	24	6	1.331	0.382	0.0574	0.2870	6
10	3	1.398	0.403	0.0577	0.2883	6	25	6	1.331	0.382	0.0574	0.2870	6
11	4	1.328	0.382	0.0575	0.2877	6	26	7	1.306	0.376	0.0576	0.2879	6
12	4	1.382	0.400	0.0579	0.2894	6	27	7	1.288	0.369	0.0573	0.2865	6
13	4	1.324	0.381	0.0576	0.2878	6	28	7	1.373	0.395	0.0575	0.2877	6
14	4	1.327	0.382	0.0576	0.2879	6	29	7	1.346	0.389	0.0578	0.2890	6
15	4	1.331	0.382	0.0574	0.2870	6	30	7	1.344	0.387	0.0576	0.2879	6

2007 yönetmeliğine göre hesap yapılırken ise incelenen bütün binaların 1. derece deprem bölgesinde olduğu ve binaların Z3 sınıfı yerel zeminler üzerine inşa edildiği kabul edilmiştir ($T_A=0.15s$, $T_B=0.60s$). Dolayısıyla ile 2007 yönetmeliğine göre yapılan hesapta maksimum spektrum ivmesi ve spektrum köşe periyodları sabit değerler alırken, 2018 yönetmeliğine göre yapılan hesapta bu parametreler her bina için farklı değerler almaktadır. Tablo 5.2’den de görüleceği gibi 2018 yönetmeliğine

göre hesaplanan maksimum spektrum ivmeleri 1.3g seviyelerindedir. Halbuki 2007 yönetmeliğinde bu değer 1. derece deprem bölgeleri için 1g'dir, yani daha düşüktür. Öte yandan 2018 yönetmeliğinde değiştirilen ve spektrumun sabit hız bölgesini ($T_B < T < T_L$) tarif eden ifadeler, bu bölgede daha küçük ivmeler ve dolayısı ile de daha küçük deplasman talepleri oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durum talep hesabı açısından kısa periyodlu binaları dezavantajlı, uzun periyodlu binaları ise avantajlı duruma getirebilecek bir etkiye sahiptir.

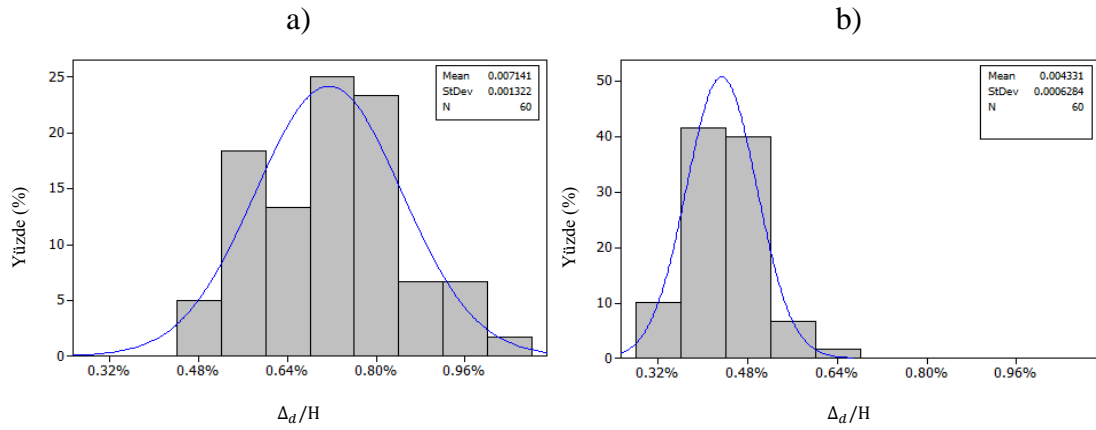
2018 deprem yönetmeliğinde çatlama kesit rijitliklerinin hesabı ile ilgili yapılan değişiklikler binaların titreşim periyotlarını değiştirdiği için talep hesabı üzerinde etkili olmaktadır. Yapılan hesaplamalar genel itibari ile 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan bina rijitliklerinin göreceli olarak daha fazla olduğunu, başka bir ifade ile 2018 yönetmeliğinde yer alan kurallara göre modellenen binaların titreşim periyotlarının göreceli olarak daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum talep hesabı sonuçlarını da etkilemekte ve 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman taleplerinin azalmasına sebep olmaktadır.

Şekil 5.14'te tez kapsamında ele alınan binaların 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre hesaplanan titreşim periyotlarının dağılımı verilmektedir. Bu şekilden de görüldüğü gibi 2018 yönetmeliğine göre modellenen binaların hepsinin titreşim periyotları 2007'ye göre hesaplanan periyotlardan daha küçüktür ve bu fark eksenel kuvvet düzeyinin daha düşük olduğu kolonlardan oluşan az katlı binalarda çok daha belirgindir.



Şekil 5.14: Mevcut binaların yönetmeliklere göre doğrusal elastik olmayan periyot oranlarının kat sayılarına göre değişimi

Her iki yönetmeliğe göre hesaplanan spektral deplasmanların çatı deplasmanına dönüştürülmesinden sonra elde edilen sonuçların dağılımına bakılmıştır. Şekil 5.15'te incelenen binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre hesaplanan deplasman taleplerinin dağılımı verilmiştir. 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman talebi değerlerinin ortalaması %0.71 olarak bulunurken 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman talebi değerlerinin ortalaması %0.43 olarak bulunmuştur. Ayrıca 2007 yönetmeliğine göre bulunan deplasman talebi değerlerinin standart sapması %0.13 olarak bulunurken, 2018 yönetmeliğine göre %0.063 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman taleplerinin hem daha küçük seviyelerde oluştuğunu, hem de bulunan değerlerin saçılımının daha düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.15: Mevcut binaların deplasman talebi değerlerinin dağılımı a) TDY-2007
b) TBDY-2018

Hem titreşim periyotlarında meydana gelen azalma, hem 2018 yönetmeliğinde sabit hız bölgesi için verilen formülasyon sebebiyle çok daha hızlı bir şekilde azalan spektrum ivmeleri ve hem de 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan T_B periyotlarının çok daha küçük oluşu, TBDY-2018'e göre hesaplanan deplasman taleplerinin ciddi oranda küçülmesinin sebebidir. Yenilenen deprem yönetmeliğine göre yapılan hesapta sadece hesaplanan deplasman kapasiteleri azalmamakta, aynı zamanda deplasman talepleri de azalmaktadır.

Tablo 5.3'te kat sayıları belirtilen mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'de tanımlanan koşullara göre deplasman talebi oranlarının değerleri ve TBDY-2018 değerlerinin TDY-2007 değerlerine oranları % cinsinden verilmiştir.

Tablo 5.3: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre deplasman talepleri ve oranları

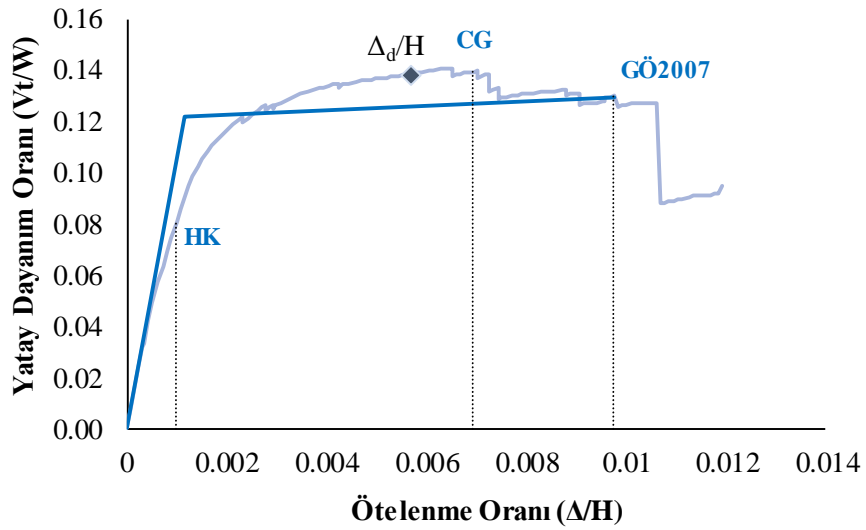
DEPLASMAN TALEBİ							
N	MODEL	TDY-2007		TBDY-2018		Karşılaştırma	
		$\frac{\Delta_{dx}}{H}$	$\frac{\Delta_{dy}}{H}$	$\frac{\Delta_{dx}}{H}$	$\frac{\Delta_{dy}}{H}$	$\frac{\Delta_{dx}^{2018}}{\Delta_{dx}^{2007}}$	$\frac{\Delta_{dy}^{2018}}{\Delta_{dy}^{2007}}$
2	1	0.76%	0.87%	0.48%	0.53%	0.636	0.610
	2	0.52%	0.46%	0.37%	0.32%	0.703	0.697
	3	0.68%	0.54%	0.47%	0.38%	0.681	0.705
	4	0.64%	0.51%	0.43%	0.36%	0.664	0.707
	5	0.47%	0.53%	0.36%	0.39%	0.771	0.732
3	6	0.72%	0.62%	0.45%	0.40%	0.632	0.647
	7	0.71%	0.96%	0.47%	0.61%	0.671	0.638
	8	0.81%	0.75%	0.49%	0.46%	0.608	0.620
	9	0.73%	0.76%	0.46%	0.47%	0.622	0.618
	10	0.70%	0.66%	0.46%	0.45%	0.657	0.670
4	11	0.84%	0.71%	0.49%	0.44%	0.583	0.610
	12	0.56%	0.68%	0.37%	0.43%	0.662	0.636
	13	0.82%	0.79%	0.51%	0.47%	0.615	0.594
	14	0.91%	0.56%	0.51%	0.36%	0.564	0.643
	15	0.64%	0.53%	0.39%	0.34%	0.609	0.634
5	16	0.85%	0.53%	0.49%	0.33%	0.570	0.626
	17	0.78%	0.60%	0.44%	0.36%	0.568	0.604
	18	0.95%	0.80%	0.53%	0.46%	0.561	0.575
	19	0.69%	0.63%	0.40%	0.38%	0.585	0.607
	20	1.04%	0.81%	0.58%	0.47%	0.557	0.583
6	21	0.93%	0.81%	0.53%	0.47%	0.567	0.589
	22	0.67%	0.83%	0.39%	0.45%	0.581	0.550
	23	0.66%	0.92%	0.39%	0.50%	0.595	0.540
	24	0.71%	0.56%	0.40%	0.33%	0.569	0.593
	25	0.57%	0.69%	0.34%	0.39%	0.604	0.570
7	26	0.70%	0.80%	0.40%	0.44%	0.568	0.547
	27	0.82%	0.73%	0.45%	0.40%	0.544	0.557
	28	0.88%	0.62%	0.50%	0.38%	0.568	0.611
	29	0.60%	0.79%	0.36%	0.45%	0.608	0.573
	30	0.69%	0.76%	0.41%	0.43%	0.587	0.564

5.3 BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Şekil 5.16'da TDY-2007'ye göre statik itirme analizi yapılan örnek bir bina için elde edilen kapasite eğrisi ve bu eğrinin iki doğrulu hale getirilmiş hali aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. TDY-2007'de tanımlanan Hemen Kullanım (HK), Can

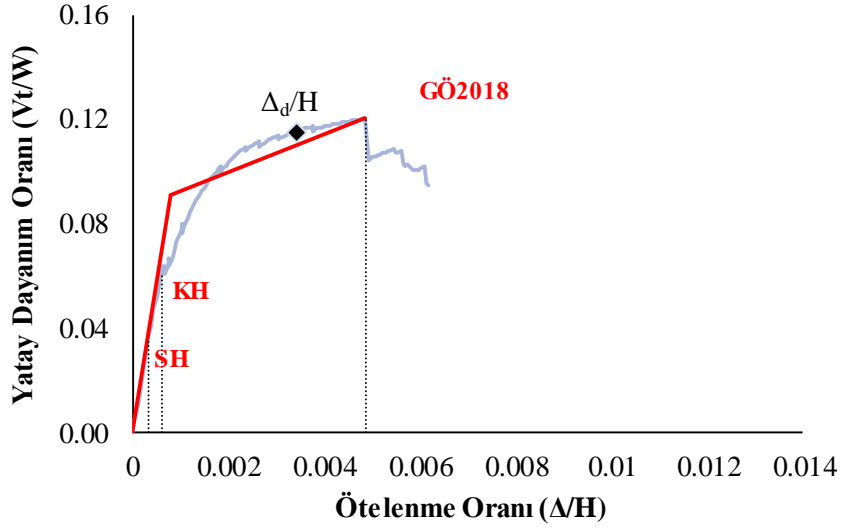
Güvenliği (CG), Göçme Öncesi (GÖ) performans noktaları ve hesaplanan deplasman talebi değeri de (Δ_d/H) işaretlenerek kapasite eğrisi üzerinde gösterilmiştir.

2007 deprem yönetmeliği kullanılarak hesaplanan ve Şekil 5.16'da örnek olarak gösterilen konut binasının 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında can güvenliğini sağlaması beklenmektedir. Beklenen deprem etkisi altında hesaplanan deplasman talebi değerinin “Hemen Kullanım” ve “Can Güvenliği” performans sınırlarının arasında kaldığı ve “Can Güvenliği” performans düzeyini sağladığı görülmektedir.



Şekil 5.16: Bina 49 (X yönü) için kapasite eğrisinin iki doğrusu ve deplasman talebinin hasar sınırlarına göre durumu (TDY-2007)

Şekil 5.17'de, Şekil 5.16'da TDY-2007 için performansı belirlenen örnek binanın TBDY-2018'e göre statik itirme analizi ile bulunan kapasite eğrisi ve iki doğrusu hale getirilmiş hali aynı eksenler üzerinde gösterilmiştir. TDY-2018'de tanımlanan Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH), Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans noktaları ve her binanın konumuna bağlı değişen parametreler dikkate alınarak hesaplanan deplasman talebi değeri bina yüksekliğine bölünerek (Δ_d/H) kapasite eğrisi üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 5.17: Bina 49 (X yönü) için kapasite eğrisinin iki doğrulu hali ve deplasman talebinin hasar sınırlarına göre durumu (TBDY-2018)

2018 deprem yönetmeliğine göre incelenen ve Şekil 5.17’de örnek olarak gösterilen konut binasının güvenli sayılabilmesi için 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi (DD-2) altında “Kontrollü Hasar” performans hedefini sağlaması gerekmektedir. Ancak 2007 deprem yönetmeliğine göre “Can Güvenliği” performans düzeyini sağlayan örnek binanın, 2018 deprem yönetmeliğine göre “Kontrollü Hasar” performans düzeyini aşarak “Göçmenin Önlenmesi” performans düzeyini sağladığı görülmektedir.

TDY-2007’ye göre modellenen mevcut binalardan kat sayılarına bağlı olarak elde edilen kapasite ve talep parametrelerinin merkezi eğilim ölçüleri Tablo 5.4’te verilmiştir.

Tablo 5.4: Mevcut binaların TDY-2007'ye göre kapasite ve talep parametreleri oranlarına ait merkezi eğilim ölçüleri

Kat Sayısı	Parametre	T_{1-inel}	$\frac{\Delta_y}{H}$	$\frac{\Delta_u}{H}$	$\frac{V_{t(y)}}{W}$	$\frac{V_{t(u)}}{W}$	μ	$\frac{\Delta_d}{H}$
2	Maksimum	0.365	0.20%	2.30%	0.488	0.539	18.82	0.87
	Minimum	0.226	0.12%	1.13%	0.241	0.256	6.63	0.46
	Ortalama	0.277	0.16%	1.76%	0.356	0.386	11.12	0.60
	CoVar	0.158	15.24%	23.81%	0.202	0.213	0.33	21.44
3	Maksimum	0.540	0.27%	1.78%	0.267	0.284	8.97	0.96
	Minimum	0.393	0.14%	1.04%	0.156	0.169	4.14	0.62
	Ortalama	0.443	0.19%	1.22%	0.207	0.223	6.62	0.74
	CoVar	0.095	18.42%	16.48%	0.141	0.143	0.21	11.64
4	Maksimum	0.667	0.19%	1.24%	0.236	0.259	8.00	0.91
	Minimum	0.433	0.15%	0.88%	0.116	0.132	4.59	0.53
	Ortalama	0.537	0.17%	1.07%	0.175	0.193	6.37	0.70
	CoVar	0.150	9.20%	11.58%	0.238	0.220	0.17	17.88
5	Maksimum	0.897	0.25%	1.35%	0.166	0.197	8.44	1.04
	Minimum	0.530	0.09%	0.31%	0.066	0.087	3.25	0.53
	Ortalama	0.715	0.16%	0.91%	0.119	0.141	5.81	0.77
	CoVar	0.163	31.26%	35.10%	0.317	0.275	0.33	19.51
6	Maksimum	0.982	0.24%	1.20%	0.140	0.156	8.32	0.93
	Minimum	0.617	0.12%	0.55%	0.077	0.101	2.75	0.56
	Ortalama	0.791	0.17%	0.86%	0.114	0.130	5.44	0.73
	CoVar	0.150	21.49%	24.26%	0.191	0.149	0.37	17.10
7	Maksimum	1.020	0.26%	1.19%	0.135	0.150	4.78	0.88
	Minimum	0.737	0.08%	0.11%	0.057	0.060	1.33	0.60
	Ortalama	0.899	0.16%	0.51%	0.086	0.103	2.81	0.74
	CoVar	0.099	33.40%	74.86%	0.297	0.290	0.52	11.54

TDY-2018'e göre modellenen mevcut binalardan kat sayılarına bağlı olarak elde edilen kapasite ve talep parametrelerinin merkezi eğilim ölçüleri Tablo 5.5'te verilmiştir. Bu tablolarda verilen değerler 2018 yönetmeliğine göre belirlenen deplasman kapasitelerinin ve buna bağlı olarak belirlenen süneklik kapasitelerinin ciddi oranda azaldığını, 2018 deprem yönetmeliğinin 2007 yönetmeliğine kıyasla çok daha muhafazakâr bir yaklaşım sergilediğini göstermektedir.

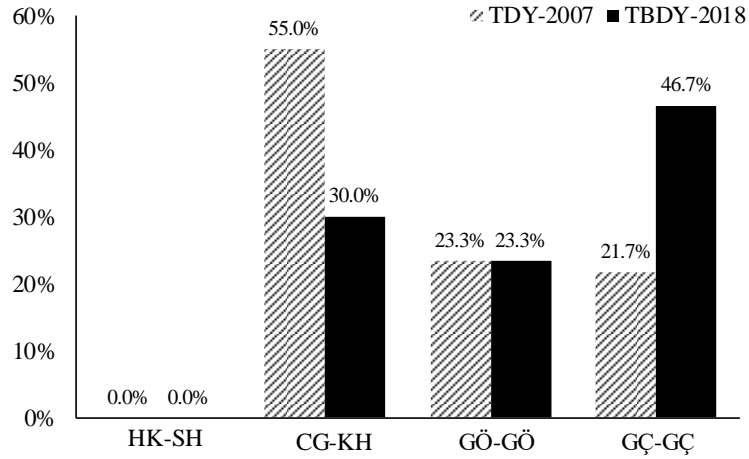
Tablo 5.5: Mevcut binaların TBDY-2018'e göre kapasite ve talep parametreleri oranlarına ait merkezi eğilim ölçüleri

Kat Sayısı	Parametre	T_{1-inel}	$\frac{\Delta_y}{H}$	$\frac{\Delta_u}{H}$	$\frac{V_{t(y)}}{W}$	$\frac{V_{t(u)}}{W}$	μ	$\frac{\Delta_d}{H}$
2	Maksimum	0.319	0.15%	1.06%	0.465	0.489	9.05	0.53
	Minimum	0.198	0.07%	0.11%	0.220	0.222	1.48	0.32
	Ortalama	0.243	0.12%	0.62%	0.337	0.358	5.05	0.41
	CoVar	0.157	20.11%	60.61%	0.222	0.214	0.55	15.21
3	Maksimum	0.506	0.21%	0.93%	0.263	0.263	7.09	0.61
	Minimum	0.354	0.11%	0.13%	0.142	0.148	1.14	0.40
	Ortalama	0.401	0.14%	0.53%	0.184	0.199	3.93	0.47
	CoVar	0.101	20.41%	47.58%	0.193	0.183	0.49	10.75
4	Maksimum	0.604	0.18%	0.74%	0.207	0.248	5.50	0.51
	Minimum	0.397	0.10%	0.18%	0.103	0.121	1.74	0.34
	Ortalama	0.500	0.13%	0.49%	0.157	0.185	3.65	0.43
	CoVar	0.153	16.53%	35.82%	0.235	0.241	0.31	14.11
5	Maksimum	0.852	0.22%	0.76%	0.167	0.181	5.06	0.58
	Minimum	0.507	0.07%	0.26%	0.073	0.087	2.37	0.33
	Ortalama	0.677	0.14%	0.52%	0.115	0.136	3.79	0.44
	CoVar	0.164	30.88%	27.44%	0.285	0.247	0.26	16.36
6	Maksimum	0.943	0.16%	0.72%	0.138	0.156	6.01	0.53
	Minimum	0.578	0.08%	0.20%	0.065	0.093	1.26	0.33
	Ortalama	0.758	0.13%	0.42%	0.098	0.120	3.40	0.42
	CoVar	0.157	18.88%	40.73%	0.249	0.187	0.45	14.68
7	Maksimum	0.979	0.19%	0.53%	0.110	0.127	4.97	0.50
	Minimum	0.721	0.09%	0.13%	0.049	0.058	1.33	0.36
	Ortalama	0.872	0.14%	0.29%	0.082	0.104	2.15	0.42
	CoVar	0.094	22.33%	42.20%	0.225	0.195	0.50	9.09

Çalışma kapsamında kullanılan mevcut betonarme binaların doğrusal olmayan statik itme analizlerinin ardından elde edilen çatı deplasman talepleri performans düzeylerine ait sınır değerler ile karşılaştırılmış ve binaların deprem performansları belirlenmiştir. Yukarıdaki tablolardan da görüleceği gibi 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman taleplerinin daha küçük olması, kapasitede meydana gelen azalmanın gerisinde kalmaktadır. Bu durum ise binaların genel performanslarının olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır.

Şekil 5.18'de mevcut betonarme binaların 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre performans düzeylerinin dağılımı verilmiştir. 2007 yönetmeliğine göre yapılan 60 statik itme analizi sonucunda binaların %55'inin Can Güvenliği performans düzeyini, %23.3'ünün Göçme Öncesi performans düzeyini sağladığı ve %21.7'sinin

göçme bölgesinde olduğu görülmüştür. 2018 yönetmeliğine göre yapılan 60 statik itme analizi sonucunda ise binaların %30'unun Kontrollü Hasar performans düzeyini, %23.3'ünün Göçmenin Önlenmesi performans düzeyini sağladığı ve binaların %46.7'sinin göçme bölgesinde olduğu anlaşılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan binalardan hiçbiri Hemen Kullanım performans düzeyi ve Sınırlı Hasar performans düzeyini sağlamamaktadır.



Şekil 5.18: Mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre performans düzeyleri

TDY-2007 ve TBDY-2018'de tarif edilen bina performanslarının belirlenmesinde kullanılan ve taşıyıcı elemanların hasar durumlarını tarif eden koşullar sırasıyla Bölüm 4.5.1 ve Bölüm 4.8.1'de açıklanmıştır. Doğrusal olmayan analizler sonucunda elemanlarda oluşan hasar seviyesi ve dağılımı göz önünde bulundurularak performans noktalarının TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre belirlenmesi için gerekli sınır şartları Tablo 5.6 ve Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.6: TDY-2007’de tanımlanan performans düzeyi şartları

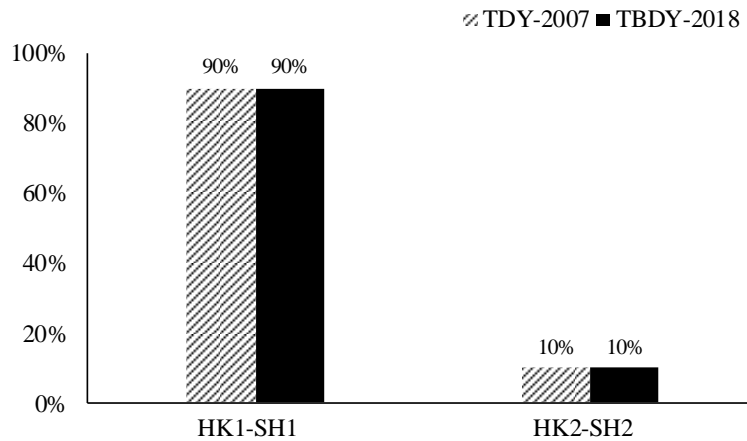
Performans Düzeyi		Belirleyici Eleman	Açıklama
Hemen Kullanım	HK1	Kiriş	Herhangi bir katta deprem doğrultusunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
	HK2	Kolon	Taşıyıcı diğer elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'ndedir
Can Güvenliği	CG1	Kiriş	Birincil kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir
	CG2	Kolon	İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olabilir
	CG3	Kolon	Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı'nı aşmış kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin o kattaki kesme kuvvetine oranı %30'u aşmamalıdır.
	CG4	Kiriş/Kolon	Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir.
Göçme Öncesi	GÖ1	Kiriş	Birincil kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir
	GÖ2	Kolon	Tüm diğer taşıyıcı elemanlar Göçme Bölgesi'nde değildir.
	GÖ3	Kolon	Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı'nı aşmış kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin o kattaki kesme kuvvetine oranı %30'u aşmamalıdır.

Tablo 5.7: TBDY-2018’de tanımlanan performans düzeyi şartları

Performans Düzeyi		Belirleyici Eleman	Açıklama
Sınırlı Hasar	SH1	Kiriş	Herhangi bir katta deprem doğrultusunda kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
	SH2	Kolon	Taşıyıcı diğer elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi'ndedir
Kontrollü Hasar	KH1	Kiriş	Birincil kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir
	KH2	Kolon	İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olabilir
	KH3	Kolon	Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı'nı aşmış kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin o kattaki kesme kuvvetine oranı %30'u aşmamalıdır.
	KH4	Kiriş/Kolon	Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir.
Göçmenin Önlenmesi	GÖ1	Kiriş	Birincil kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir
	GÖ2	Kolon	Tüm diğer taşıyıcı elemanlar Göçme Bölgesi'nde değildir.
	GÖ3	Kolon	Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı'nı aşmış kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin o kattaki kesme kuvvetine oranı %30'u aşmamalıdır.

Statik itme analizi sonucunda, yönetmeliklerde belirtilen performans düzeylerinin sınır şartlarından hangisi önce gerçekleşiyorsa, incelenen binada o koşul dikkate alınarak binaların performans düzeyleri belirlenmiştir.

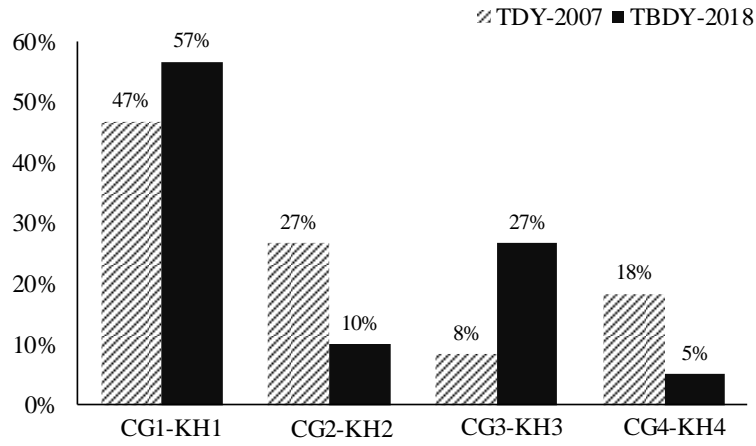
Şekil 5.19’da mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018’e göre Hemen Kullanım ve Sınırlı Hasar performans düzeyi sınırlarını belirleyen şartların dağılımı verilmiştir. Şekilde verilen grafik incelendiğinde 2007 yönetmeliğine göre yapılan 60 adet doğrusal olmayan statik itme analizinin %90’ı önce kiriş, %10’u önce kolon şartını aşarak Hemen Kullanım performans düzeyini aşmaktadır. 2018 yönetmeliğine göre yapılan 60 adet doğrusal olmayan statik itme analizi sonucunda bu dağılım değerlerinde farklılık oluşmadığı tespit edilmiştir. 2007 yönetmeliğinde %10 olarak belirlenen kiriş hasarı sınırlamasının (SH1) 2018 yönetmeliğinde %20 şeklinde revize edilmesi, incelenen binalar açısından önemli bir fark oluşturmamıştır.



Şekil 5.19: Mevcut binaların hemen kullanım ve sınırlı hasar performans düzeyini belirleyen kriterlerin dağılımı

Şekil 5.20’de mevcut binaların TDY-2007 ve TBDY-2018’e göre Can Güvenliği ve Kontrollü Hasar performans düzeyi sınırlarını belirleyen şartların dağılımı verilmiştir. Şekilde verilen grafik incelendiğinde 2007 yönetmeliğine göre yapılan 60 adet doğrusal olmayan statik itme analizden %47’si CG1, %27’si CG2, %8’i CG3, %18’i CG4 şartını aşarak Can Güvenliği performans düzeyini aşmaktadır. 2018 yönetmeliğine göre yapılan hesaplamalarda ise 2007 yönetmeliğinde “Can Güvenliğine” karşılık gelen “Kontrollü Hasar” durumu irdelenmiş ve 60 adet

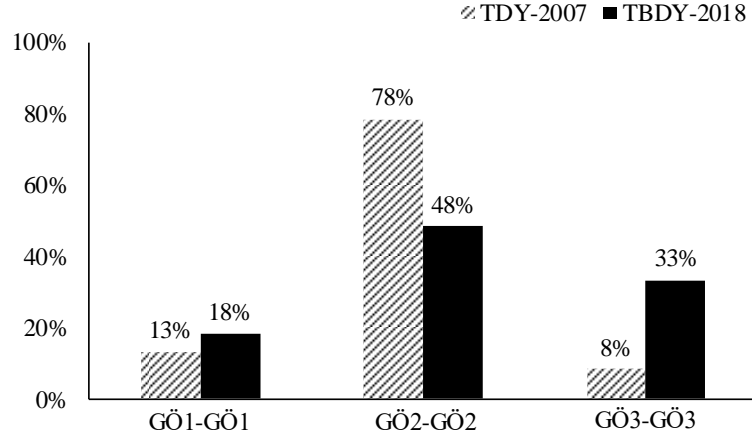
analizin %57'si KH1, %10'u KH2, %27'si KH3, %5'i KH4 şartını aşarak Kontrollü Hasar performans düzeyini geçtiği görülmüştür.



Şekil 5.20: Mevcut binaların can güvenliği ve kontrollü hasar performans düzeyini belirleyen kriterlerin dağılımı

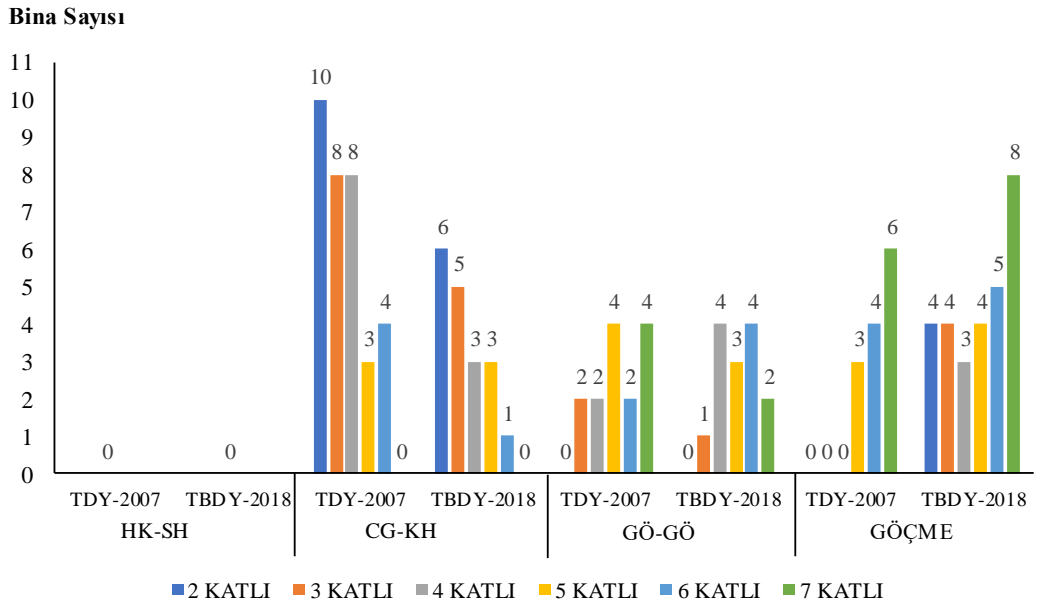
Şekil 5.21’de mevcut binaların TDY-2007 de tarif edilen “Göçme Öncesi” ve TBDY-2018’de tarif edilen “Göçmenin Önlenmesi” performans düzeylerinin dağılımı verilmiştir. Şekilde verilen grafik incelendiğinde 2007 yönetmeliğine göre yapılan 60 adet doğrusal olmayan statik itme analizden %13’ü GÖ1, %78’i GÖ2, %8’i GÖ3 şartını aşarak Göçme Öncesi performans düzeyini geçmektedir. 2018 yönetmeliğine göre yapılan 60 adet doğrusal olmayan statik itme analizinden ise %18’i GÖ1, %48’i GÖ2, %33’ü GÖ3 şartını aşarak Göçmenin Önlenmesi performans düzeyini geçmektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan modeller 1998 yılından önce inşa edilmiş (1975 yönetmeliğine uygun tasarlanmış) binalardan oluşmaktadır. Kapasite tasarımı ilkelerine uyulmadan tasarlanan bu binaların büyük bir çoğunluğunun GÖ2 (kolon) şartını aşarak Göçme bölgesine geçtiği görülmektedir. TDY1975 şartlarına göre tasarlanan binalarda yetersiz malzeme özellikleri ve yetersiz yanıl donatı miktarı ve rijitlik kayıplarına sebep olan üst katlarda kolon boyutlarındaki azalmalar, bu durumun sebepleri olarak gösterilebilir. Bu şekilden de görüldüğü gibi 2018 yönetmeliği 2007 yönetmeliğine göre daha karamsar bir tablo ortaya çıkartmaktadır.



Şekil 5.21: Mevcut binaların göçme öncesi ve göçmenin önlenmesi performans düzeyini belirleyen kriterlerin dağılımı

Şekil 5.22’de çalışma kapsamında kullanılan mevcut betonarme binaların TDY2007 ve TBDY-2018’e göre performans düzeylerinin kat sayılarına göre dağılımı verilmiştir. Göçme durumundaki binalar incelendiğinde; 2018 yönetmeliğine göre göçme durumundaki binaların sayısında artış olduğu ve bu durumdan bütün binaların etkilendiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5.22: Mevcut binaların kat sayısına ve TDY-2007 ve TBDY-2018’e göre performans düzeyleri

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışması kapsamında 1975 yönetmeliğine göre inşa edilmiş 30 adet mevcut binanın deprem performansları TDY-2007 ve TBDY-2018’de tarif edilen doğrusal olmayan statik itme analizi ile ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında modellenen binalar, mevcut yapı stokunu daha gerçekçi yansıtması için Denizli ilinde inşa edilmiş ve halen kullanılmakta olan 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 katlı yapılardan seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve yapılacak diğer çalışmalar için öneriler bu konu başlığı altında maddeler halinde verilmiştir;

- 2018 deprem yönetmeliğine göre oluşturulan modellerin hesaplanan deplasman kapasitelerinin 2007 deprem yönetmeliğine göre bulunan deplasman kapasitelerinden çok daha düşük olduğu görülmüştür. Akma anına ait ortalama deplasman değerleri TDY-2007’de %0.17 iken TBDY-2018’de %0.13 olarak bulunmuştur. Maksimum deplasman kapasitesi ortalamaları ise TDY-2007 için %1.05, TBDY-2018 için %0.48 olarak bulunmuştur.
- 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri koşullarına göre yatay dayanım (V_{t-y}/W) oranları karşılaştırıldığında 2018 deprem yönetmeliğine göre elde edilen değerlerde az da olsa bir azalma meydana geldiği görülmüştür. TDY-2007 koşullarına göre modellenen binalardan elde edilen ortalama yatay dayanım oranı %17.64 olarak bulunurken TBDY-2018 binalarında %16.23 olarak elde edilmiştir. Kapasite eğrilerini iki doğrulu hale getirmek için kullanılan alanların eşitliği yaklaşımının bu sonuç üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.
- Binalardaki kat sayısının artışı ile TDY-2007 ve TBDY-2018’e göre hesaplanan süneklik kapasitelerinde azalmalar görülmüştür. 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan süneklik kapasitelerinin 2007 deprem yönetmeliğine göre bulunan süneklik kapasitelerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Bina modellerinin ortalama süneklik kapasitesi TDY-2007 koşullarına göre 6.36 olarak bulunurken TBDY-2018 için bu değer ortalama 3.66 olarak elde edilmiştir. Aradaki fark oldukça büyüktür.

- TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre hesaplanan yatay dayanım kapasitelerinin kat sayısı ile ters orantılı değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan yatay dayanım kapasitelerinin 2007 yönetmeliğine göre bulunan yatay dayanım kapasitelerinden nispeten daha düşük olduğu görülmüştür.
- TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre yapılan hesaplar sonucunda yapıların elastik olmayan periyotlarının artışı ile birlikte süneklik ve yatay dayanım kapasitelerinin azaldığı görülmüştür. Bu durum kat sayısına bağlı olarak elde edilen süneklik ve yatay dayanım sonuçlarını doğrular niteliktedir.
- Hemen kullanım performans düzeyi ve sınırlı hasar performans düzeyine karşılık gelen yatay ötelenme oranlarının ortalaması; 2007 yönetmeliğinde %0.18 iken 2018 yönetmeliğinde %0.07 olarak bulunmuştur. İncelenen yönetmeliklerin bahsedilen performans seviyelerine ait ortalama deplasman kapasitesi oranları arasında neredeyse 2.5 kat fark bulunmaktadır.
- Can güvenliği performans düzeyi ve kontrollü hasar performans düzeyine karşılık gelen deplasman oranları karşılaştırıldığında; binaların can güvenliği performans seviyesi için hesaplanan ötelenme oranlarının ortalaması %0.76 bulunurken, 2018 yönetmeliğine göre yapılan hesapta bu değer %0.35 seviyesine düşmektedir. CG (TDY-2007) performans seviyesindeki deplasman oranlarının, KH (TBDY-2018) performans seviyesindeki deplasman oranlarının 2 katından fazla olduğu anlaşılmıştır.
- Modellenen binalarda "Göçme Öncesi" (TDY-2007) ve "Göçmenin Önlenmesi" (TBDY-2018) performans düzeylerine karşılık gelen deplasmanların ortalamaları karşılaştırılmıştır. Aynı performans hedefini temsil eden bu değerlerin ortalaması TDY-2007'ye göre %1.05 bulunurken, TBDY-2018'e göre bu değer %0.48 hesaplanmıştır. Bulunan bu değerler 2018 yönetmeliğinin 2007 yönetmeliğine göre benzer performans hedefleri için çok daha karamsar değerler öngördüğünü göstermektedir.
- 2018 yönetmeliğine göre her bina için belirlenen spektrum eğrisine ait köşe periyotlarının (T_A , T_B) 2007 yönetmeliğinde alınan değerlerden (0.15, 0.6) çok daha küçük olduğu görülmüştür. Maksimum spektrum ivme değerlerindeki artışa rağmen, hem (T_B) köşe periyodunun küçülmesi, hem de

sabit hız bölgesi için önerilen bağıntıların yenilenmesi 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan deprem taleplerinin görelî olarak azalmasına sebep olmuştur.

- Gerçekleştirilen statik itme analizleri ile 2018 yönetmeliğine göre bulunan doğrusal elastik ötesi periyotların 2007 yönetmeliğine göre bulunan doğrusal elastik ötesi periyotlardan daha küçük hesaplanmıştır. 2018 yönetmeliğinde revize edilen etkin rijitlik hesabı yaklaşımı, özellikle az katlı binaların rijitliğinin artmasına ve titreşim periyotlarının azalmasına sebep olmaktadır.
- Mevcut binaların performanslarının 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre karşılaştırılması için bulunan deplasman talebi oranlarına bakıldığında, 2018 yönetmeliğinde binaların konumu ile ilişkilendirilerek hesaplanan deplasman taleplerinin ve bu taleplerin saçılımının daha düşük olduğu anlaşılmıştır.
- Çalışma kapsamında modellenen mevcut betonarme binaların 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri esaslarına göre bulunan performans noktaları karşılaştırılmış, 2007 yönetmeliğine göre Can Güvenliği performans hedefini sağlayan binalardan pek çoğunun 2018 yönetmeliğindeki karşılığı olan Kontrollü Hasar performans hedefini sağlamadığı görülmüştür.
- Bulunan sonuçlar 2018 yönetmeliğine uygun olarak modellenen ve göçme durumunda olduğu tespit edilen binaların, 2007 yönetmeliğine göre modellenen ve göçme durumunda olduğu belirlenen binalardan neredeyse 2 kat daha fazla olduğunu göstermektedir. 2018 yönetmeliğine göre yapılan hesaplamalar çok daha karamsar bir tablo ortaya koymaktadır.
- Binalar yönetmeliklerdeki performans düzeylerini belirleyen eleman hasar durumları açısından da değerlendirilmiştir. 2007 yönetmeliğinin “Hemen Kullanım” düzeyi ile 2018 yönetmeliğinin “Sınırlı Hasar” performans düzeyleri karşılaştırılmış ve incelenen yönetmeliklere göre eşit sayıda kolon ve kirişin ilgili hasar düzeylerini aşması ile bu performans düzeylerinin aşıldığı anlaşılmıştır.
- Modellenen binaların performansı 2018 yönetmeliğine göre değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler 2007 yönetmeliğine göre “Sınırlı Hasar” gördüğü ya da “Can Güvenliğini “sağladığı belirlenen pek çok binanın 2018 yönetmeliğine göre “Göçme” durumunda olduğunu göstermiştir. Her iki yönetmeliğin benzer binalar için öngördüğü performans tahminleri arasında oldukça büyük farklar olabildiği görülmüştür.

7. KAYNAKLAR

Akdeniz, İ., “Mevcut Binaların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler İle Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2008).

Akkar, S., “İhtimal Hesaplarına Dayalı Güncellenmiş Türkiye Sismik Tehlike Haritası ve Deprem Tasarımına Etkileri”, *Yeni Nesil Deprem Yönetmelikleri ve Deprem Mühendisliğinde Yeni Teknolojiler Kongresi*, Ankara, (2015).

Aktekin, B., “1975 Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Boyutlandırılmış Bir Yapının Güncel Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2009).

Aydınoğlu, M.N., Celep, Z., Özer E., Sucuoğlu, H., “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı”, İPKB, İstanbul, (2012).

Celep, Z., Gençoğlu, M., “Deprem Yönetmeliği (2007) Doğrusal Olmayan Çözümleme Yöntemlerine Basit Örnekler”, *Prof. Yusuf Berdan, Prof. İsmet Aka, Prof. Mehmet Rahmi Bilge ve Prof. Dr. Halit Demir Betonarme Yapılar Semineri*, İstanbul, (2008).

Celep, Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, İstanbul, (2017).

TDY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, (2007).

Demir, A. ve Kayhan, A.H., “Deprem Yönetmeliği 2007 Ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği İle Uyumlu Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması”, *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir, (2017).

Erol, C., “Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2014).

Hasan, R., Xu, L. ve Grierson, D.E., “Push-over analysis for performance-based design”, *Computers and Structures*, 80(31), 2483-2493, (2002).

Karaesmen, E., Öncesiyle Sonrasıyla Deprem, Ankara: Atılım Üniversitesi Yayınları, (2008).

Keleşoğlu, Ö., Çakar, H. ve Polat, A., “Mevcut Betonarme Bir Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Önerisi”, *Int. J. Pure Appl. Sci.*, 3(2), 58-67, (2017).

Kesim, B., “Statik İtme Analizi Yöntemiyle Mevcut Bir Betonarme Yapının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2005).

Keskin, E. ve Bozdoğan, K.B., “2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi”, *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 74-90, (2018).

Kilar, V. ve Peter, F., “Simple Push-Over Analysis Of Asymmetric Buildings”, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 26(2), 233-249, (1997).

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM), Büyük Depremler,

<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/personel/comoglu/depremedir/index.htm>

Koparan, İ., “Mevcut Betonarme Binaların Performans Analizleri” Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).

Oral, K., “Statik İtme Analizi Kullanılarak Mevcut Bir Betonarme Yapının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2005).

Özmen, H.B., İnel, M., Bilgin, H., “Sargılı Beton Davranışının Betonarme Eleman Ve Sistem Davranışına Etkisi”, *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 22(2), 375-382, (2007).

Özmen, H.B. ve İnel, M., “Betonarme Yapılarda Malzeme Dayanımı Ve Detaylandırma Özelliklerinin Sismik Hasar Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi”, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, (2011).

Özmen, H.B., İnel, M. ve Şenel, Ş.M., “Mevcut Türk Betonarme Yapı Stoku Dayanım Ve Deformasyon Özellikleri”, *7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, (2011).

Saral, E., “Betonarme Yüksek Binaların Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri İle Deprem Performanslarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2015).

Sezen, H., Elwood, K.J., Whittaker, A.S., Mosalam, K.M., Wallace, J.W. & Statnton, J.F., “Structural Engineering Reconnaissance of the August 17, 1999, Kocaeli (İzmit), Turkey, Earthquake”, *Pacific Earthquake Engineering Research Center*, 7-26, University of California, USA, (2000).

Sinani, B., “Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Performansının Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde, (2014).

Sucuoğlu, H., “2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi” *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 444-445 (4), 25-36, (2006).

Şenel, Ş.M., Palancı, M., Kalkan, A. ve Yılmaz, Y., “2007 Yönetmeliğinde Tarif Edilen Hasar Sınırlarının Bina Performans Düzeyleri İle İlişkisi”, 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Hatay, (2013^a).

Şenel, Ş.M., Palancı, M., Kalkan, A. ve Yılmaz, Y., “Modelleme Tekniklerinin Mevcut Binaların Deprem Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması”, 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Hatay, (2013^b).

TBDY, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, (2018).

TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1987).

TS-500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2000).

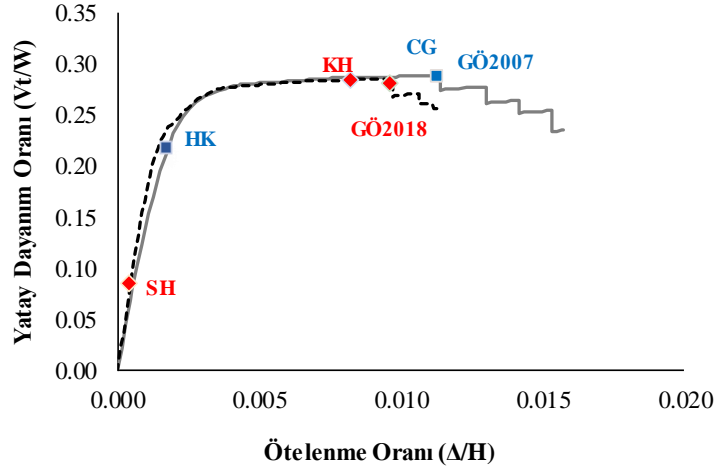
Tunç, G. ve Tanfener, T., “2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi”, 3. *Ulusal Yapı Kongresi Ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik Ve Erişilebilirlik*, Ankara, (2016).

Yıldırım, A., “Betonarme Bir Binanın Doğrusal Olmayan Yöntemle Deprem Performansının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2006).

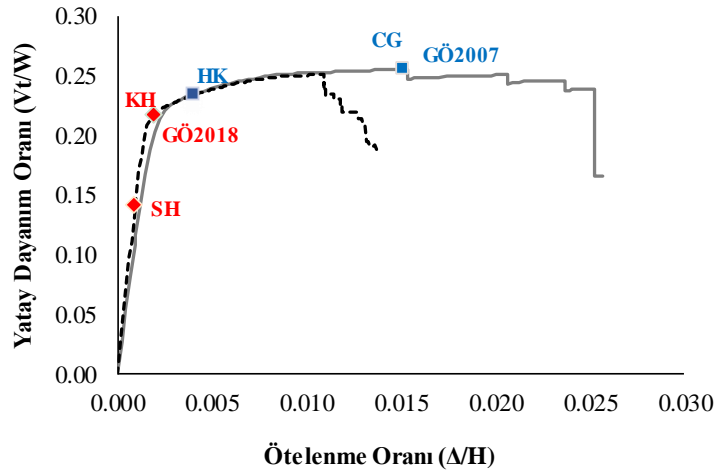
EKLER

8. EKLER

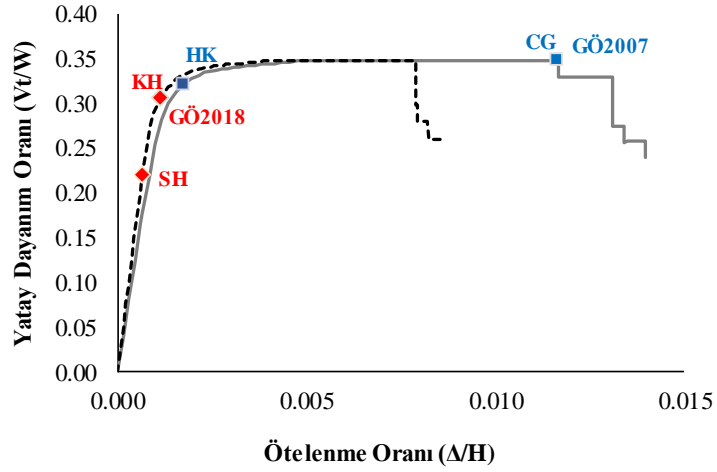
EK A Binaların TDY-2007 ve TBDY-2018'e Göre Kapasite Eğrileri



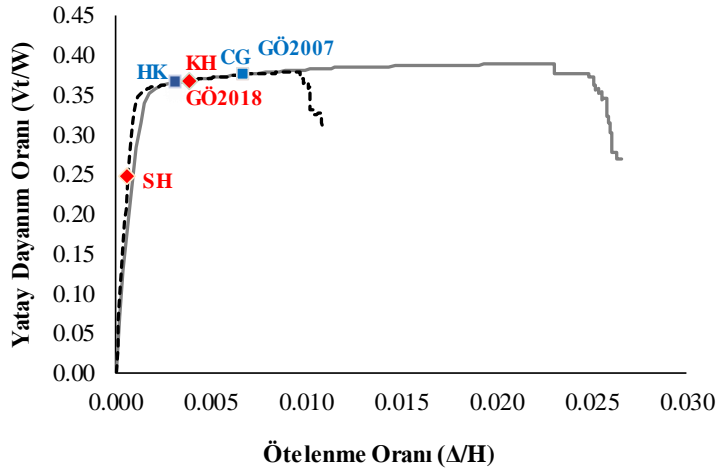
Şekil A.1: Bina modeli 1-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



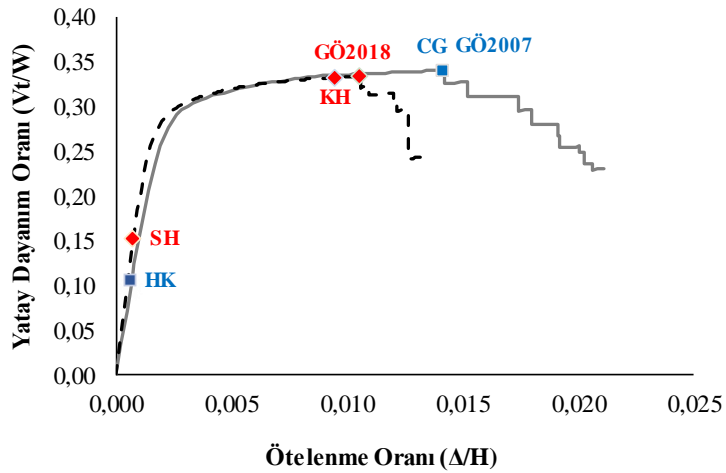
Şekil A.2: Bina modeli 1-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



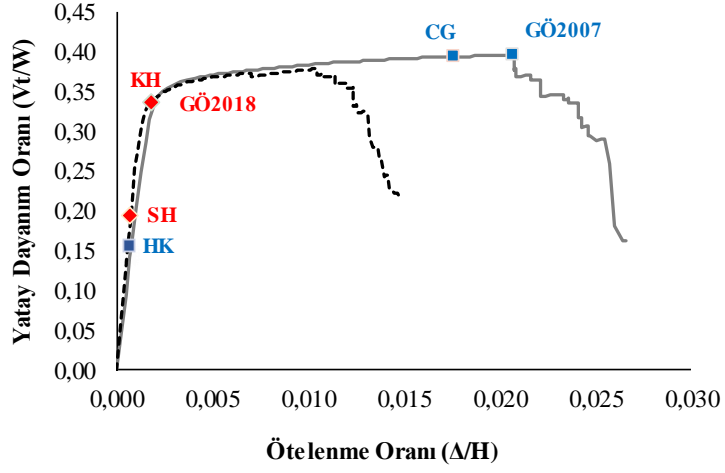
Şekil A.3: Bina modeli 2-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



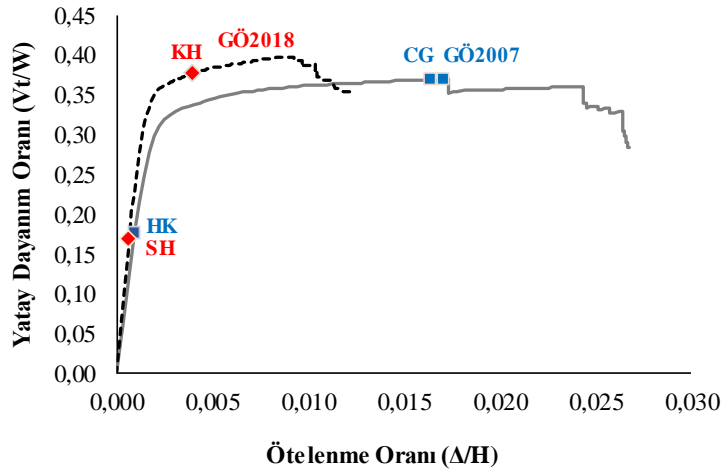
Şekil A.4: Bina modeli 2-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



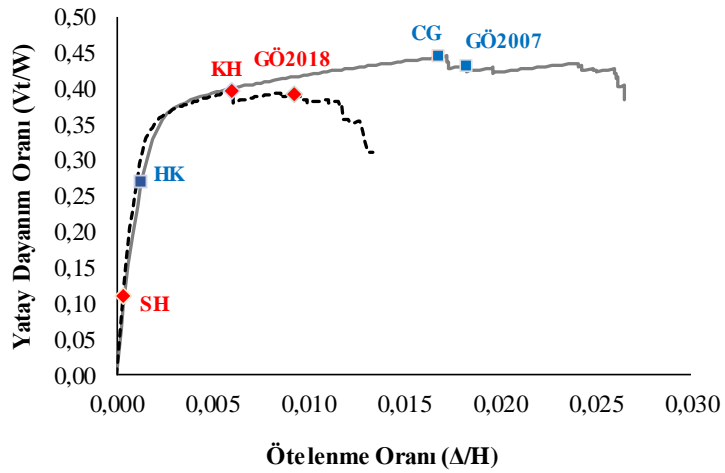
Şekil A.5: Bina modeli 3-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



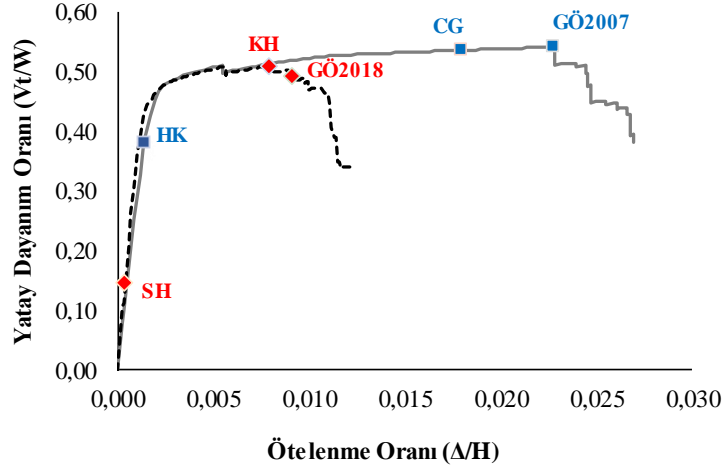
Şekil A.6: Bina modeli 3-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



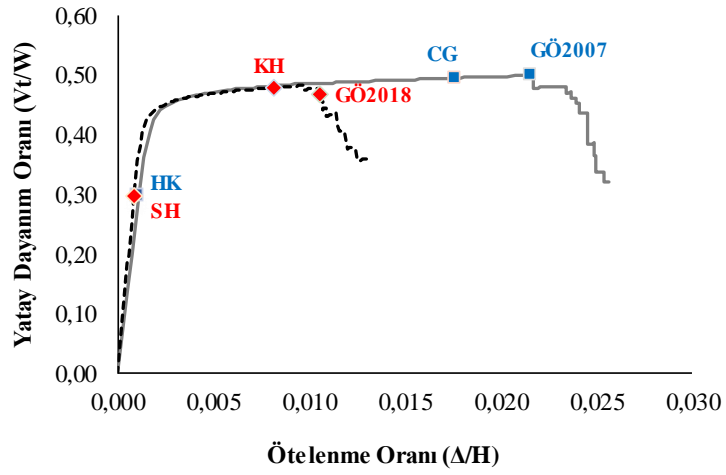
Şekil A.7: Bina modeli 4-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



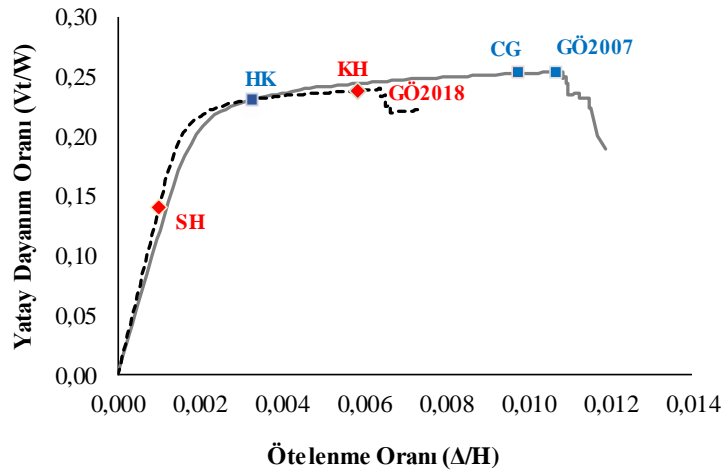
Şekil A.8: Bina modeli 4-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



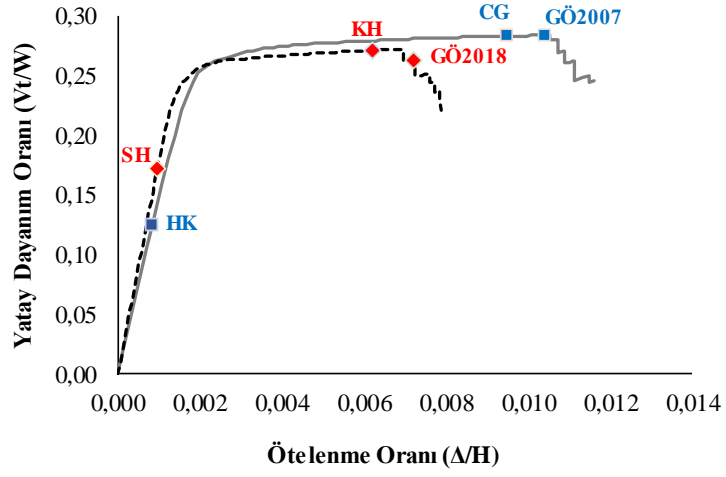
Şekil A.9: Bina modeli 5-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



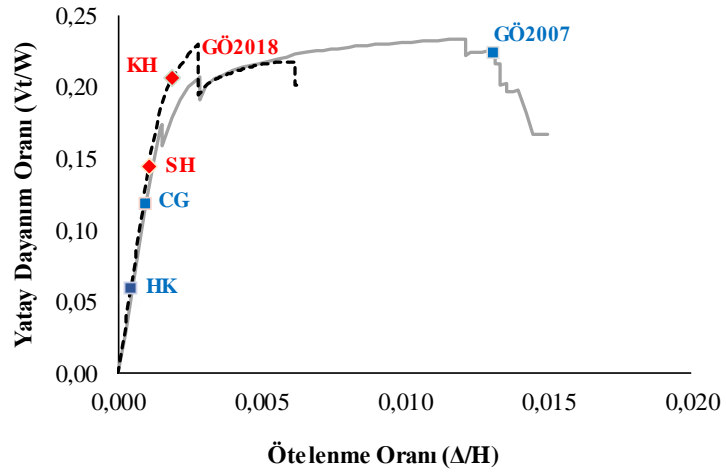
Şekil A.10: Bina modeli 5-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



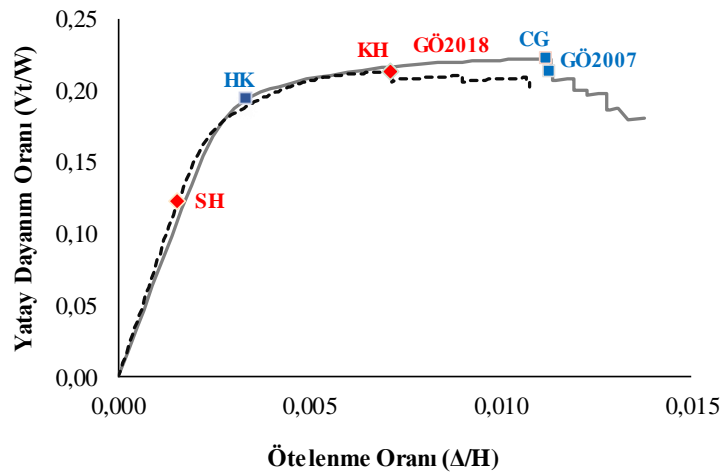
Şekil A.11: Bina modeli 6-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



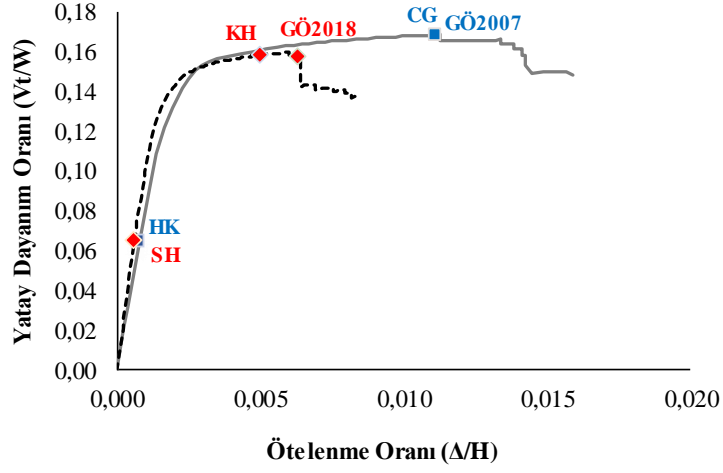
Şekil A.12: Bina modeli 6-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



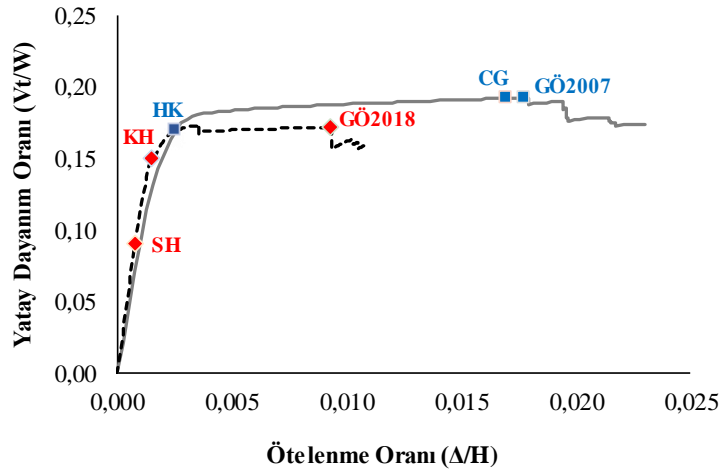
Şekil A.13: Bina modeli 7-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



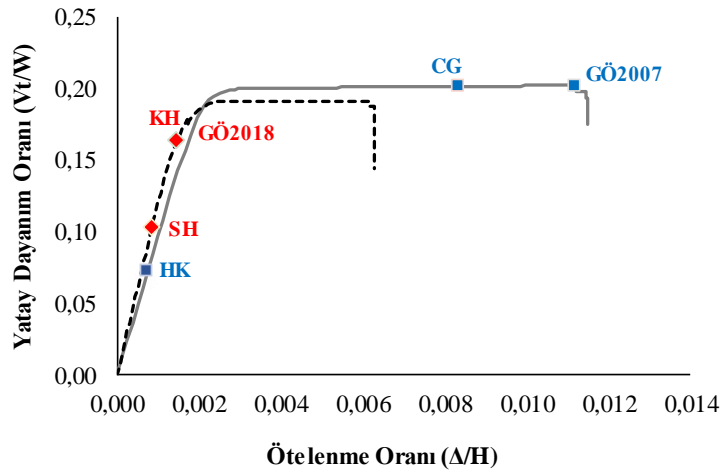
Şekil A.14: Bina modeli 7-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



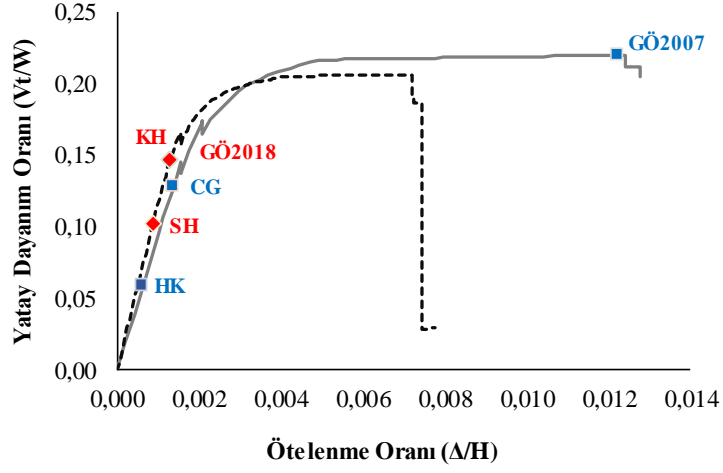
Şekil A.15: Bina modeli 8-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



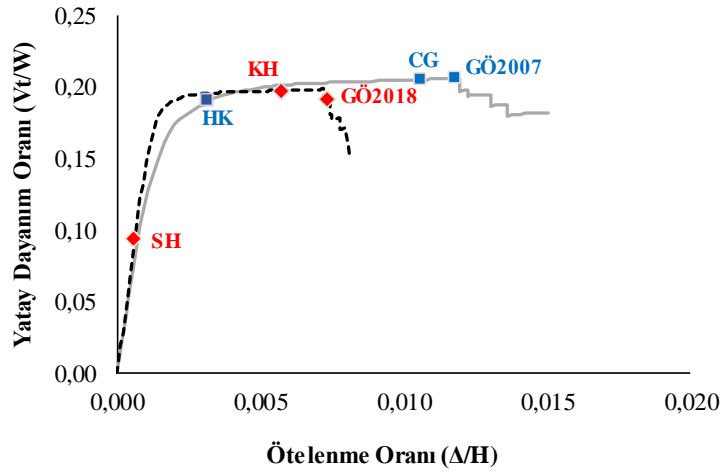
Şekil A.16: Bina modeli 8-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



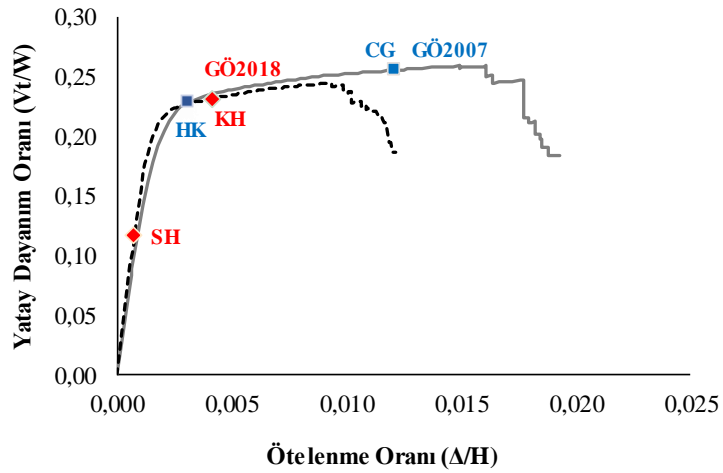
Şekil A.17: Bina modeli 9-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



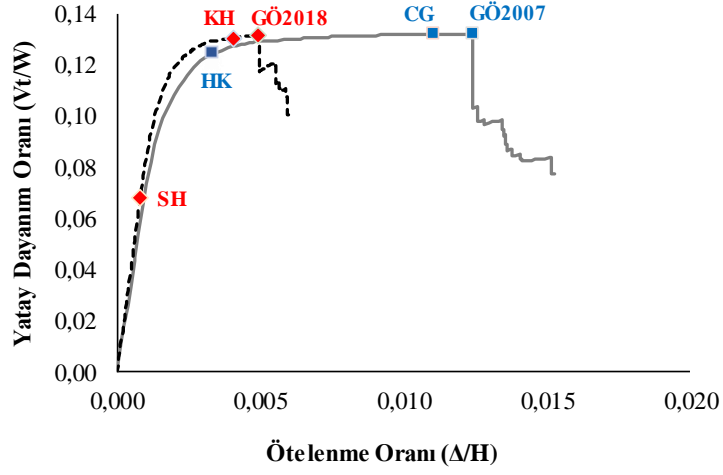
Şekil A.18: Bina modeli 9-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



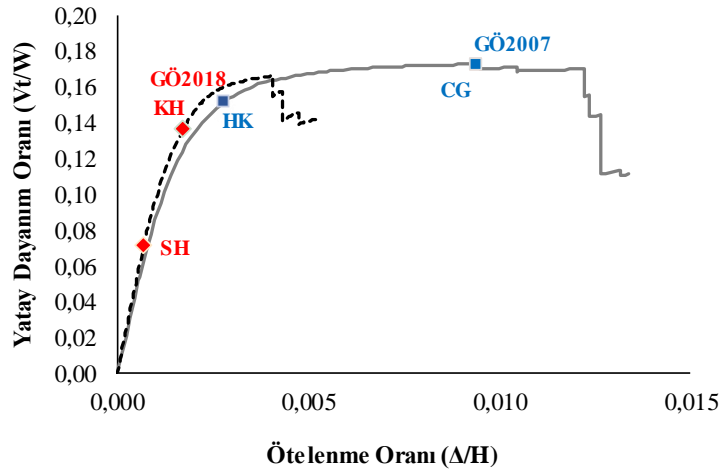
Şekil A.19: Bina modeli 10-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



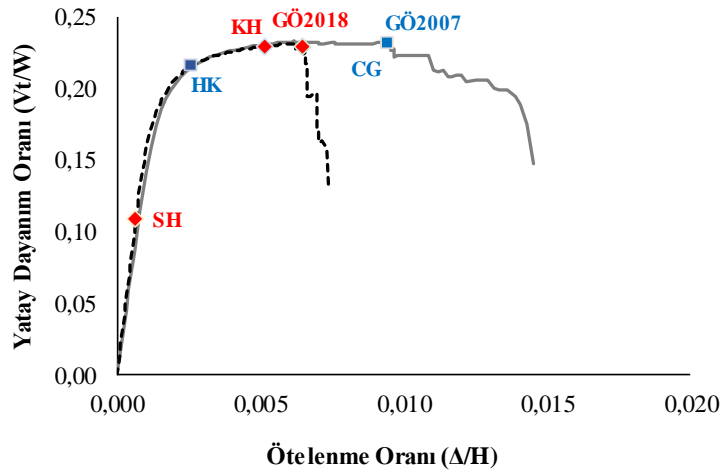
Şekil A.20: Bina modeli 10-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



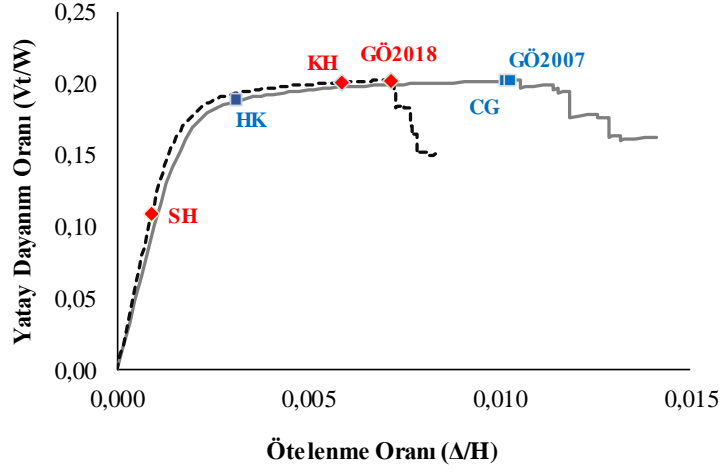
Şekil A.21: Bina modeli 11-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



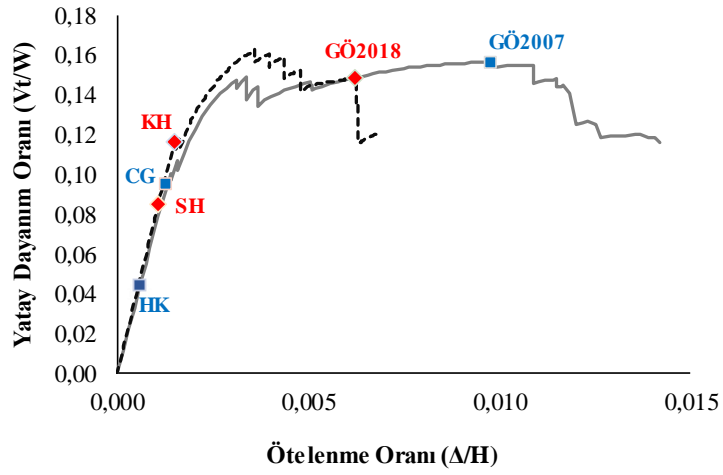
Şekil A.22: Bina modeli 11-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



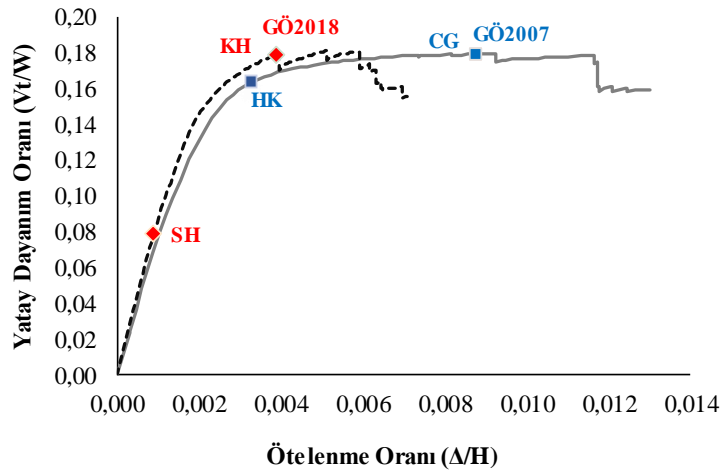
Şekil A.23: Bina modeli 12-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



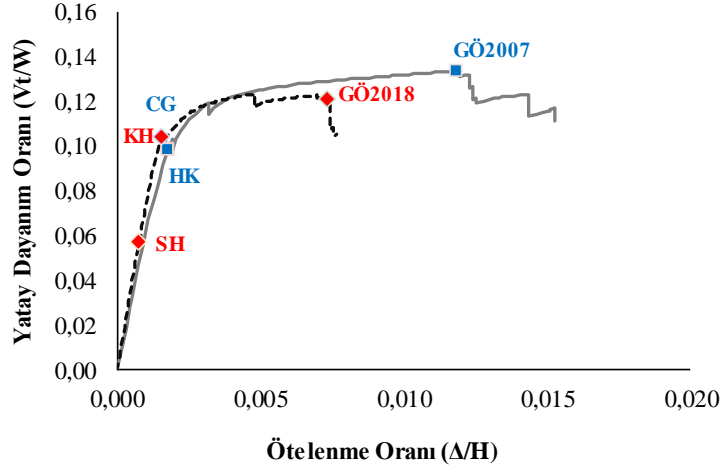
Şekil A.24: Bina modeli 12-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



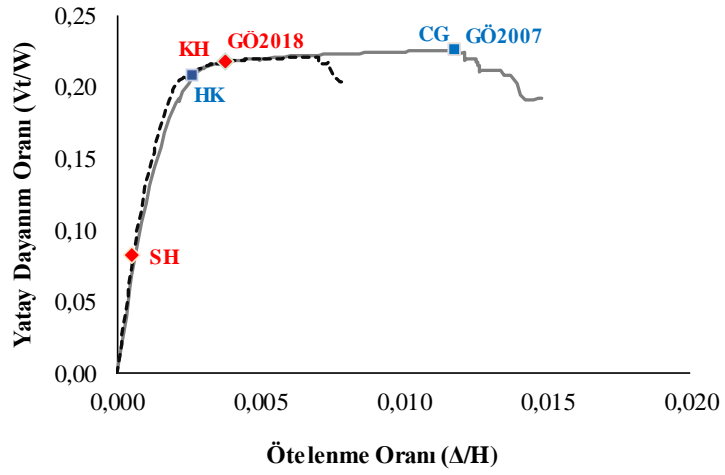
Şekil A.25: Bina modeli 13-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



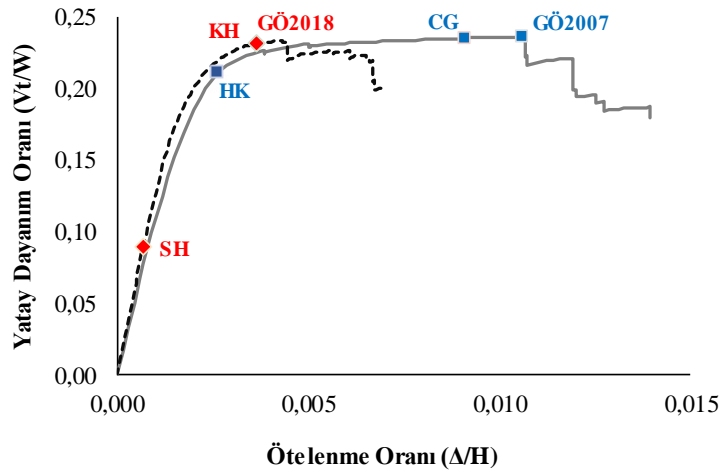
Şekil A.26: Bina modeli 13-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



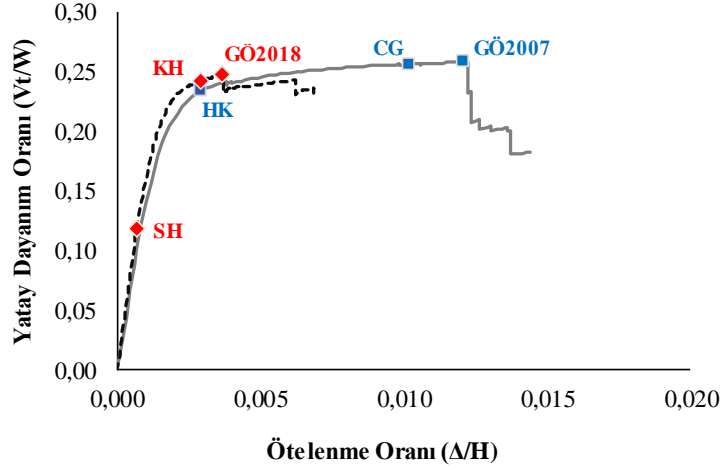
Şekil A.27: Bina modeli 14-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



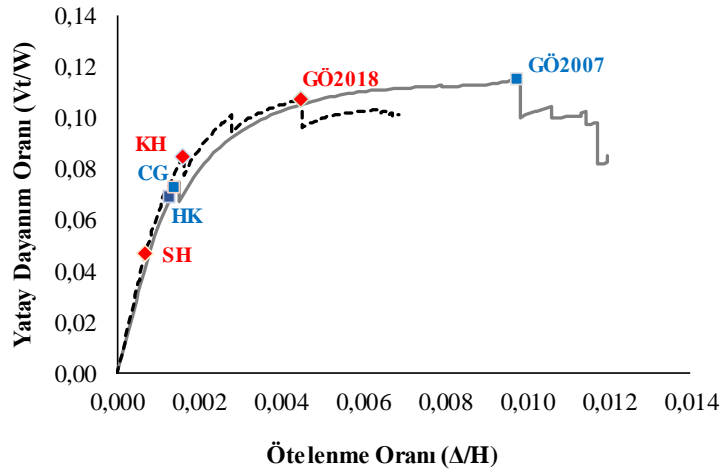
Şekil A.28: Bina modeli 14-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



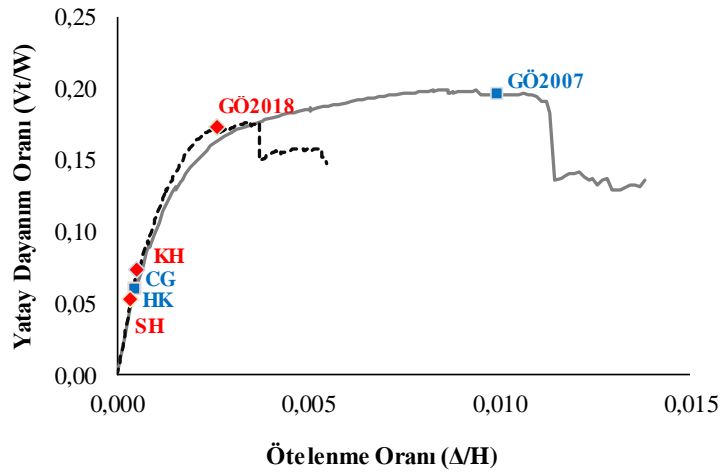
Şekil A.29: Bina modeli 15-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



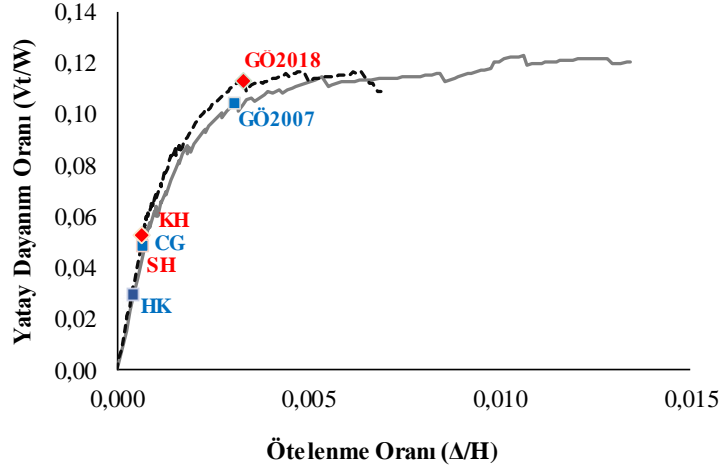
Şekil A.30: Bina modeli 15-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



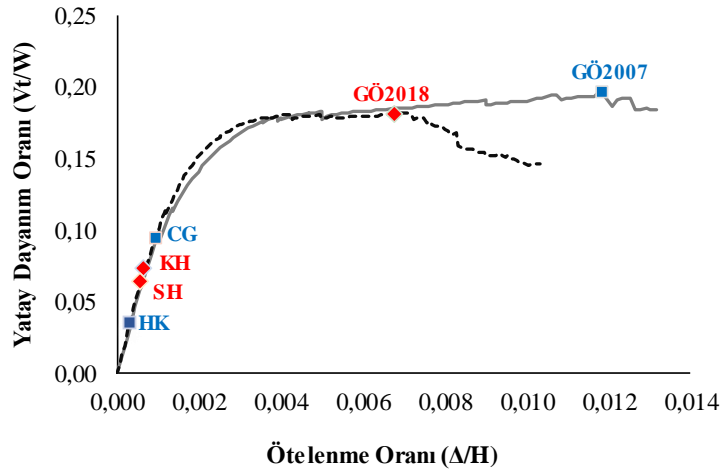
Şekil A.31: Bina modeli 16-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



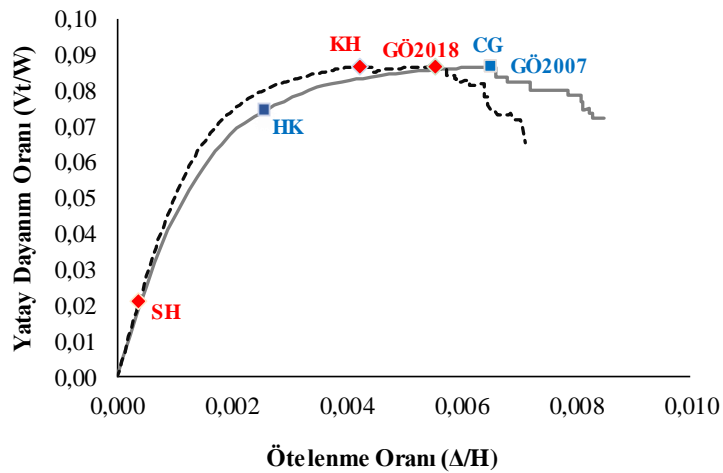
Şekil A.32: Bina modeli 16-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



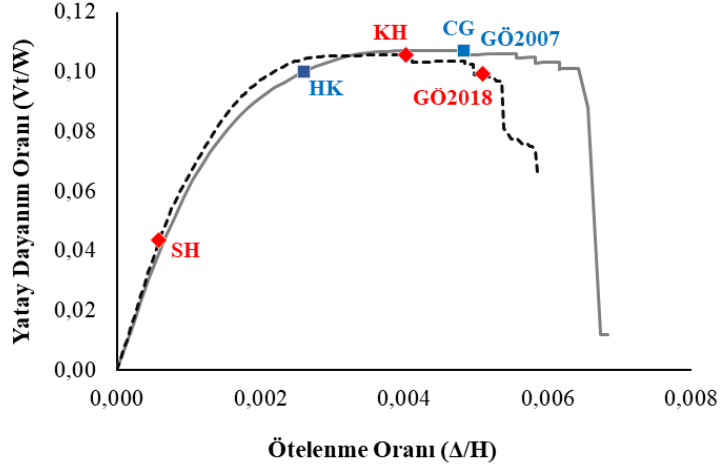
Şekil A.33: Bina modeli 17-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



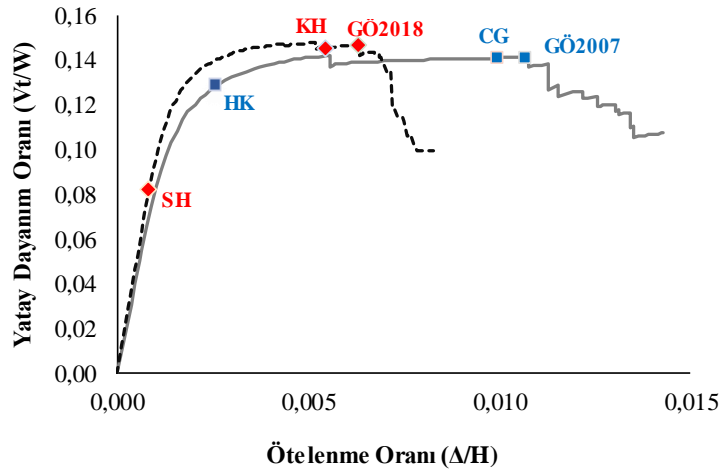
Şekil A.34: Bina modeli 17-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



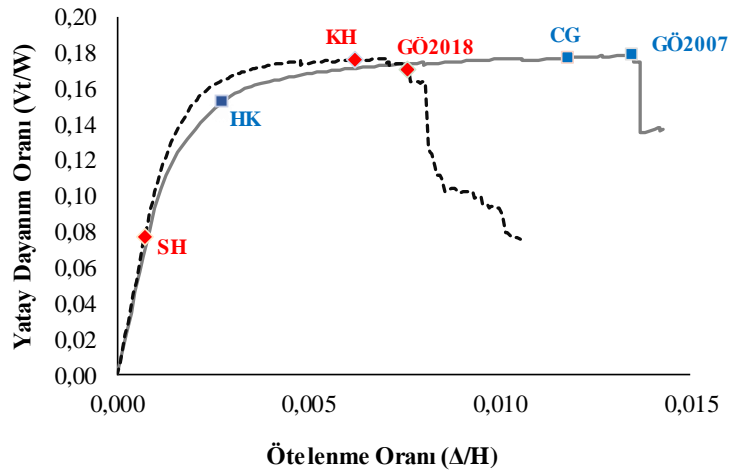
Şekil A.35: Bina modeli 18-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



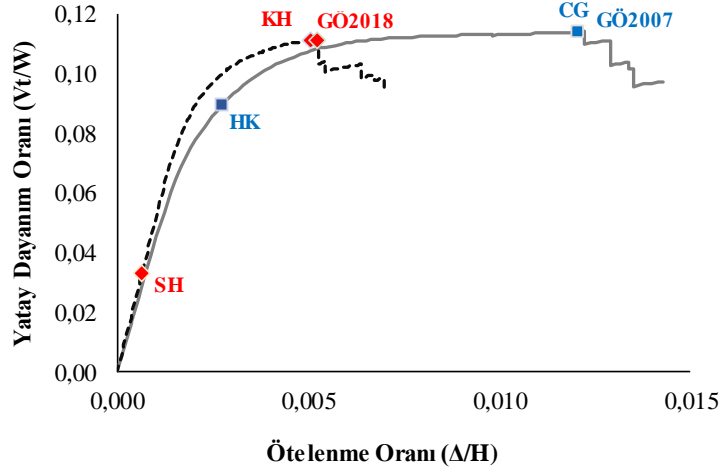
Şekil A.36: Bina modeli 18-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



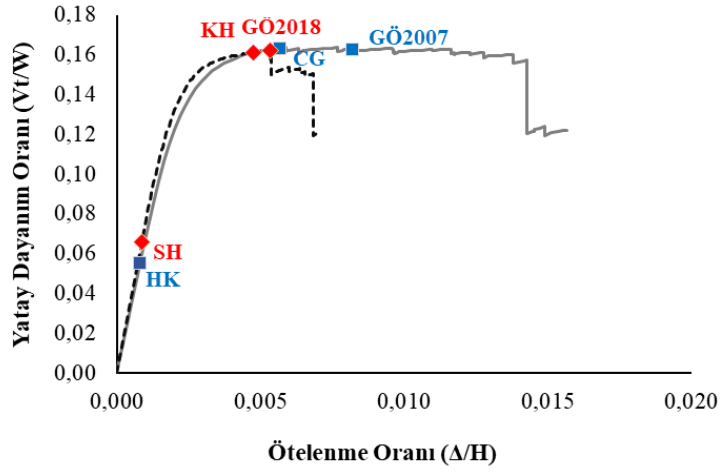
Şekil A.37: Bina modeli 19-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



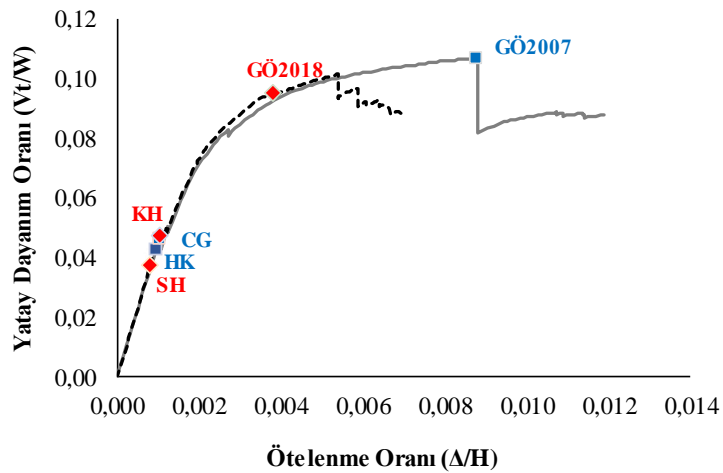
Şekil A.38: Bina modeli 19-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



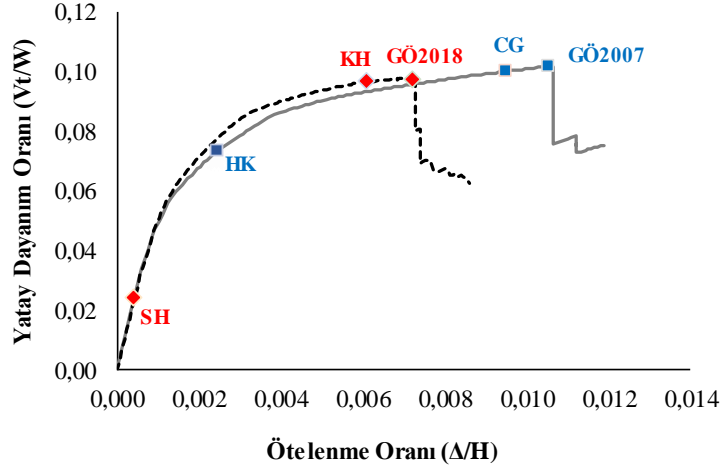
Şekil A.39: Bina modeli 20-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



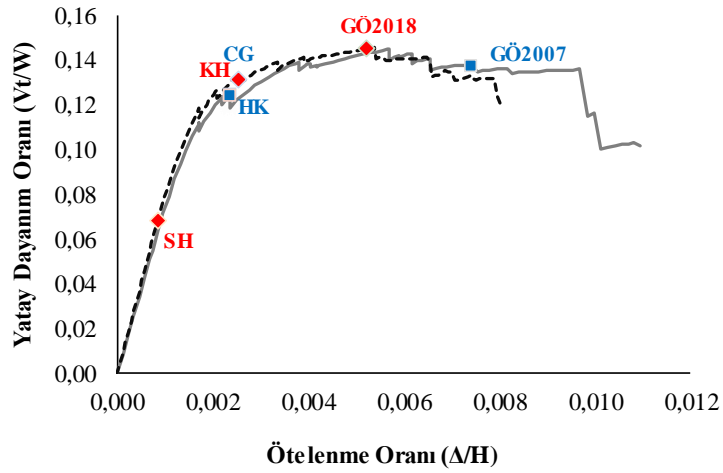
Şekil A.40: Bina modeli 20-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



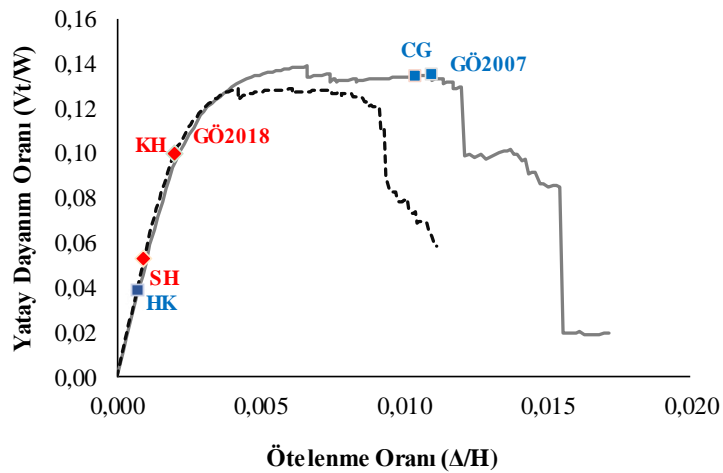
Şekil A.41: Bina modeli 21-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



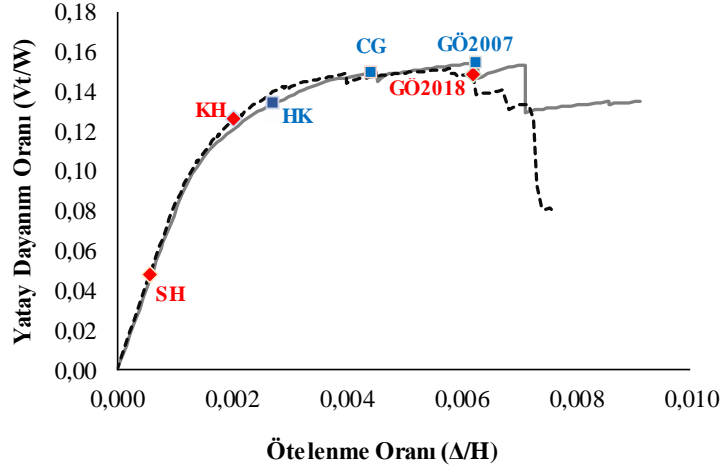
Şekil A.42: Bina modeli 21-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



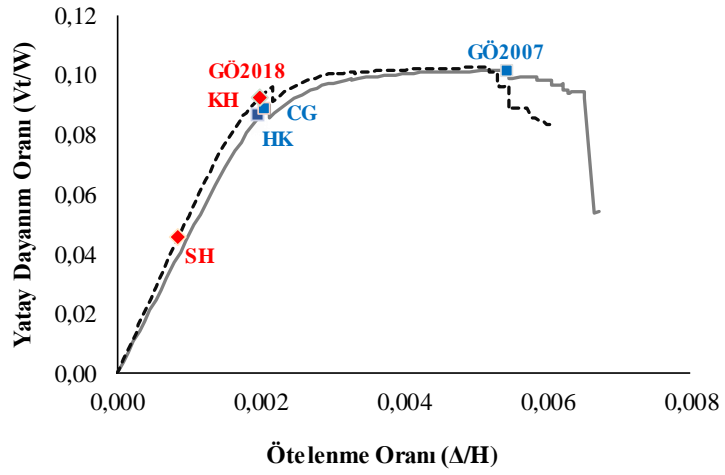
Şekil A.43: Bina modeli 22-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



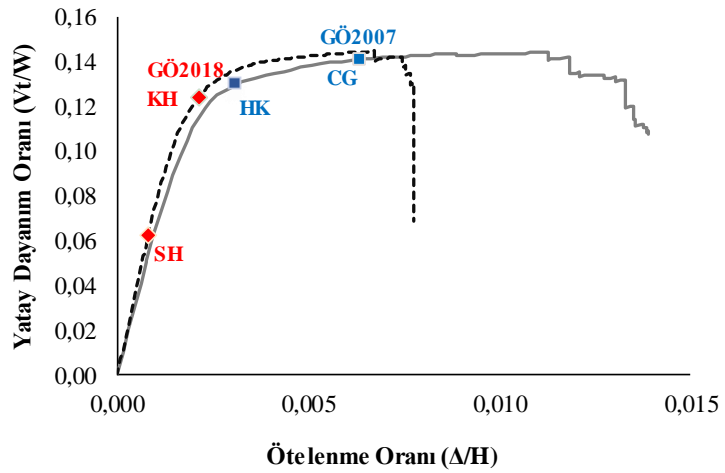
Şekil A.44: Bina modeli 22-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



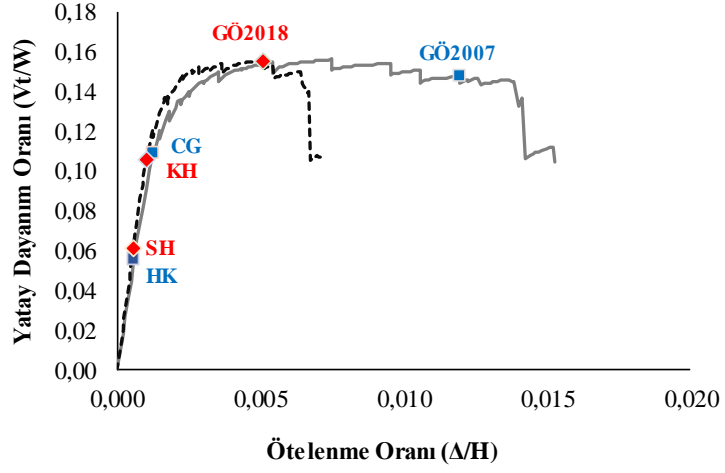
Şekil A.45: Bina modeli 23-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



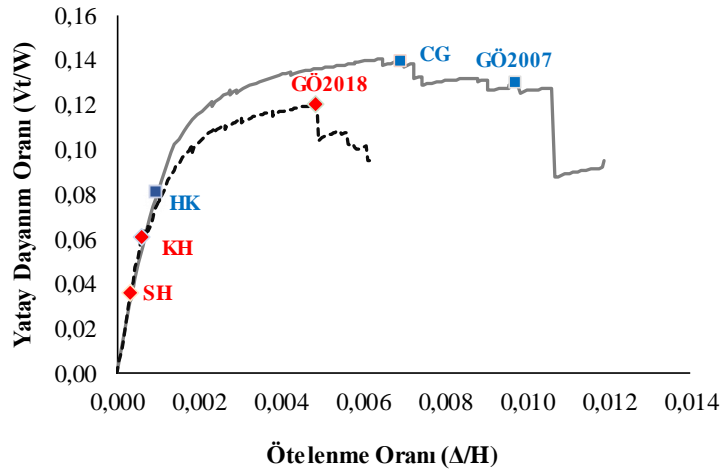
Şekil A.46: Bina modeli 23-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



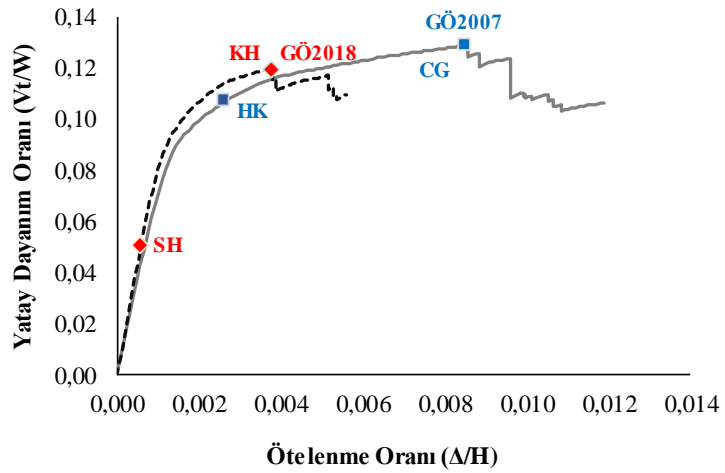
Şekil A.47: Bina modeli 24-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



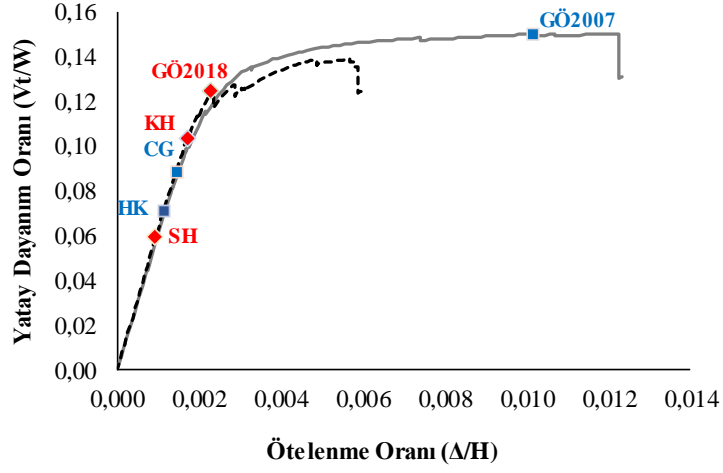
Şekil A.48: Bina modeli 24-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



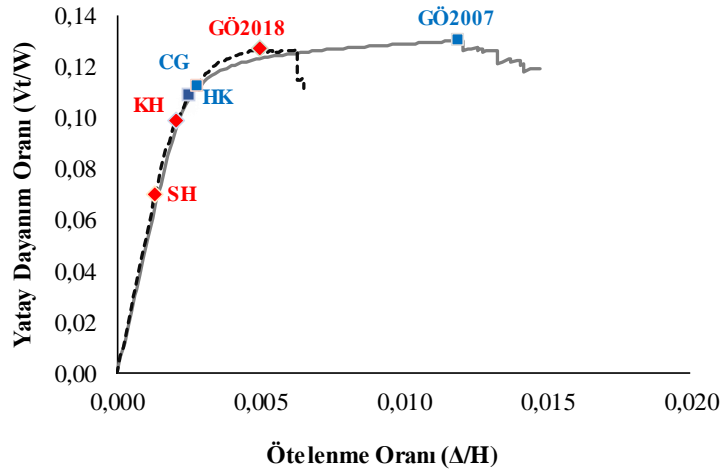
Şekil A.49: Bina modeli 25-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



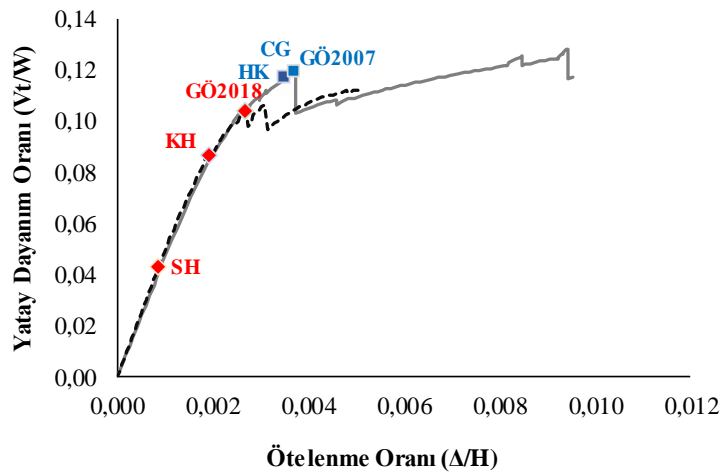
Şekil A.50: Bina modeli 25-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



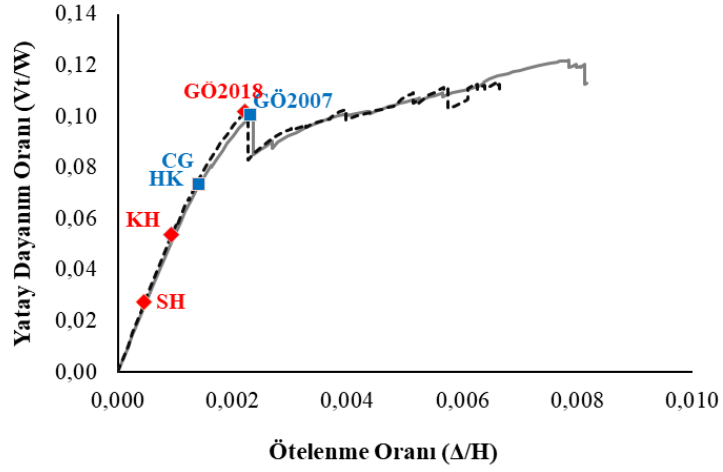
Şekil A.51: Bina modeli 26-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



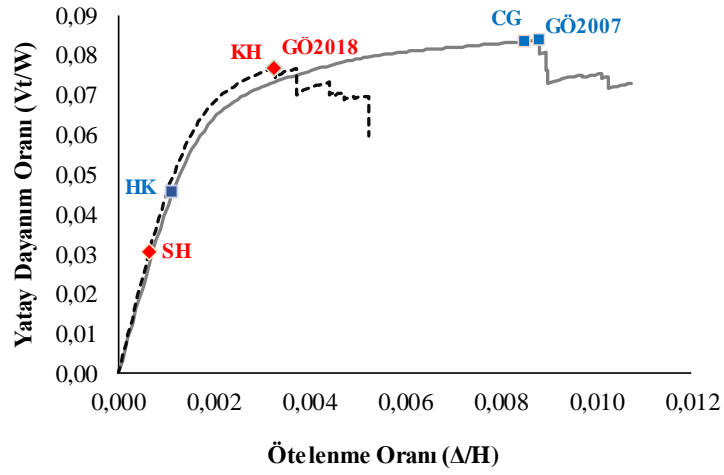
Şekil A.52: Bina modeli 26-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



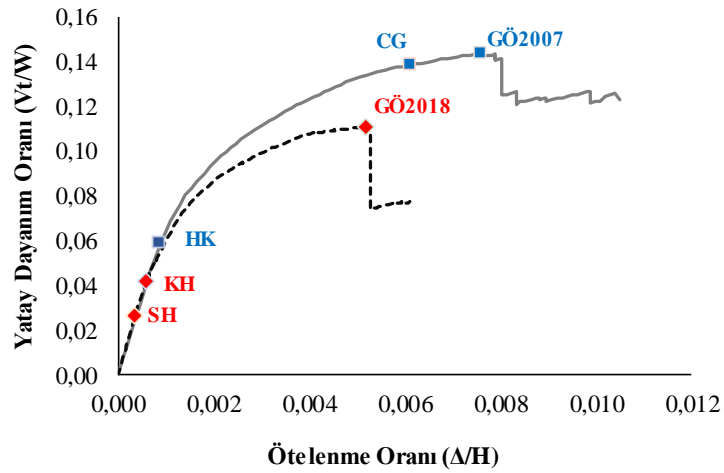
Şekil A.53: Bina modeli 27-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



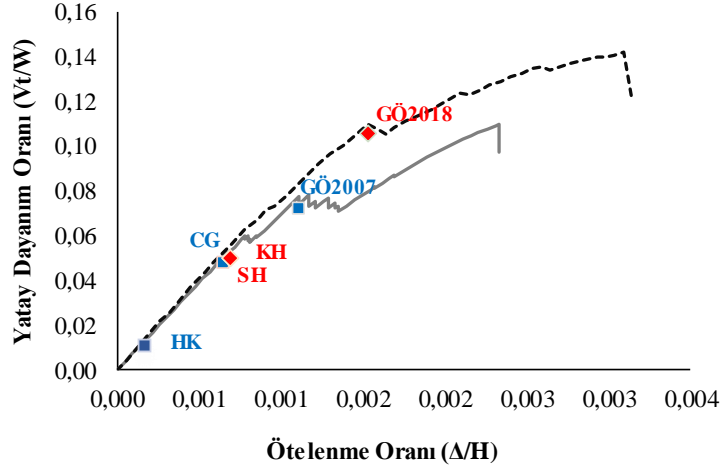
Şekil A.54: Bina modeli 27-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



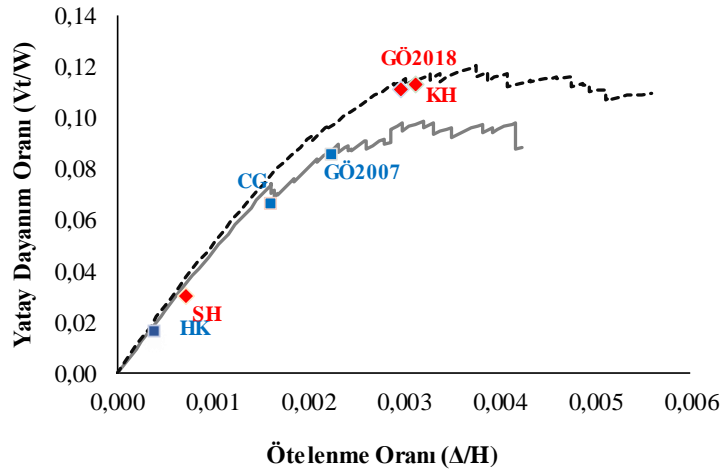
Şekil A.55: Bina modeli 28-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



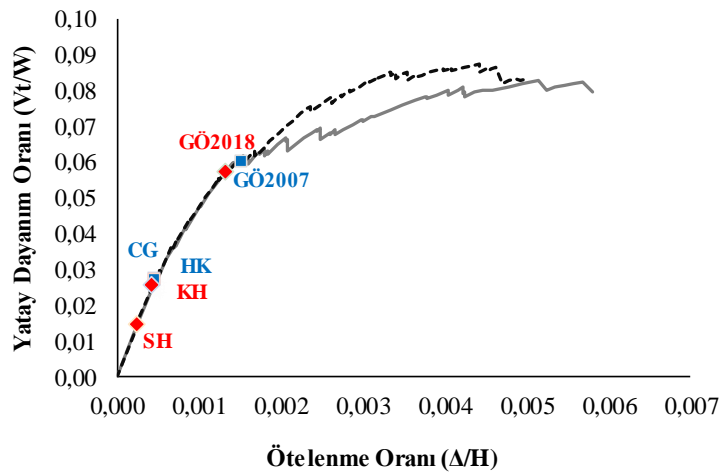
Şekil A.56: Bina modeli 28-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



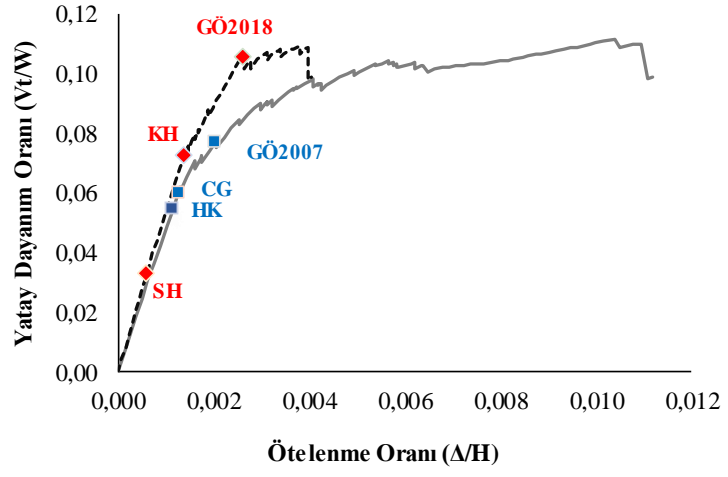
Şekil A.57: Bina modeli 29-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



Şekil A.58: Bina modeli 29-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



Şekil A.59: Bina modeli 30-X yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları



Şekil A.60: Bina modeli 30-Y yönü kapasite eğrileri ve hasar sınırları

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İlkay Balıkçı
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara 26/10/1995
Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi
Elektronik posta : ilkay.balikci@hotmail.com
İletişim Adresi : ÇANKAYA / ANKARA