T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNA TİPİ YAPILARDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ

YUNUS EMRE ŞİRİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

GEBZE
2020

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNA TİPİ YAPILARDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ

YUNUS EMRE ŞİRİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMANI
DR. ÖGR. ÜYESİ AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE
2020

T.R.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DETERMINATION OF EARTHQUAKE SAFETY IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

YUNUS EMRE ŞİRİN

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

EARTHQUAKE AND STRUCTURAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR

ASSIST. PROF. DR AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE

2020

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	**YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU**

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23/01/2020 tarih ve 2020/05 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 17/04/2020 tarihinde tez savunma sınavı yapılan YUNUS EMRE ŞİRİN'nin tez çalışması İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI Deprem ve Yapı Mühendisliği Yüksek Lisans Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI)	: DR.ÖĞR. ÜYESİ Ahmet Anıl DİNDAR
ÜYE	: DR.ÖĞR. ÜYESİ Ülgen Mert TUĞSAL
ÜYE	: DR.ÖĞR. ÜYESİ Ahmet GÜLLÜ

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

..…/……/…… tarih ve ……/…..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Prof. Dr. Ümit DEMİR
Gebze Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Ülkemizde 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007 [1]) ile birlikte ilk defa binaların doğrusal olmayan yöntemlerle mevcut durum performans değerlendirilmesinden bahsedilmiştir. Daha çok doğrusal yöntemlerle hesabın üzerinde durulduğu bu yönetmelik, 2019 yılı itibarıyla yerini Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY-2018 [2]) bırakmıştır. TBDY-2018'de [2] mevcut bina değerlendirmesi kısmı, doğrusal olmayan yöntemlerin zorunlu olduğu bir hal almıştır. Bu çalışmada her iki yönetmeliğin bina değerlendirmesi yöntemlerinin mevcut bir yapı üzerinde kıyaslamalı irdelenmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme aşamasında doğrusal olmayan yöntemlerden olan "Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi" kullanılmıştır. Her iki yönetmelikte de bu itme yönteminin hesabı tamamen aynı olduğu görülmüştür. Fakat TBDY-2018 [2] ile birlikte bu itme hesabından başka kısımlarda önemli değişiklikler yapılmıştır. Başlıca değişiklikler; güncellenmiş Türkiye Deprem Tehlike Haritası, elemanlarda çatlamış kesit tanımlamasına yönelik yeni hesaplama yaklaşımı ve elemanlarda analiz sonucunda oluşan plastik dönme ve birim şekildeğiştirme değerlerinin karşılaştırılmasında kullanılan sınır değerleridir. Bu çalışma, saha incelemesi daha önceden yapılmış mevcut bir bina üzerinde yapılmıştır. Bu nedenle binayı değerlendirme aşamasında modele yansıtılması gereken mevcut beton dayanım değerleri ve mevcut donatı sınıfı laboratuvar sonuçları hazırdır. Bina İstanbul ili, Maltepe ilçesinde yer almakta olup bodrum, zemin ve 6 normal kat ile birlikte toplamda 8 kattan oluşmaktadır. Betonarme çerçeve ve perdelerden oluşan karma bir taşıyıcı sisteme sahiptir. Bodrum katı tamamen toprak içinde kalmakta ve betonarme perdelerle çevrilidir. Yapıda düşey ve yatay herhangi bir düzensizlik bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında her iki yönetmelikte yer alan hesap adımları karşılaştırılmıştır ve sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: TBDY-2018, DBYBHY-2007, Sabit Tek Modlu İtme, Mevcut Bina Değerlendirme

SUMMARY

Building evaluation with nonlinear analysis methods was mentioned in Turkish Earthquake Code-2007 [1] for the first time. Turkish Earthquake Code-2007 [1] which uses linear analysis methods change to Turkish Earthquake Code-2018 [1] as from 2019. Building analysis section of Turkish Earthquake Code-2018 [2] has to use nonlinear analysis methods. In this study, building evaluation of both Turkish Earthquake Codes compared on an existing building. "Constant Single Mode Pushover" of nonlinear analysis methods used in evaluation process. Both Turkish Earthquake Codes uses totally same process in constant single mode pushover. But Turkish Earthquake Code-2018 [2] has some change except constant single mode pushover. These are updated Turkish Hazard Map, new calculation method for member (Column, Beam, Wall) cracked section values and limit values for plastic rotation values and strain values. Existing building of this study's fieldwork has been done before. In this case 3D model material parameters (concrete compressive strength, rebar class) of existing building have been known in this study. This building is in Maltepe, İstanbul. It has eight storeys as basement, ground floor and six typical floors. Structural system has reinforcement concrete frames and walls. Basement is totally underground and covered walls. There are no irregularities. In this study, both Turkish Earthquake Codes calculation steps and analysis results were compared.

Keywords: TEC-2018, TEC-2007, Constant Single Mode Pushover, Building Evaluation

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana değer katan hocalarıma, tüm eğitim hayatım boyunca bana olan güvenini hiç kaybetmemiş ve desteğini hiçbir zaman esirgememiş olan AİLEME en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLOLAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kapsam	2
1.2. İçerik	3
2. DÜNYA'DA MEVCUT YAPI DEĞERLENDİRİLMESİ	4
2.1. Mevcut Çalışmalar	4
2.2. Avrupa & ABD Yönetmeliklerinde Yaklaşımlar	4
2.2.1. Eurocode-8.3	4
2.2.2. ASCE 7	8
3. TÜRKİYE'DE MEVCUT YAPI DEĞERLENDİRİLMESİ	9
3.1. Mevcut Yapı Değerlendirme Gerekliliği	9
3.2. DBYBHY-2007 Mevcut Yapı Değerlendirme	10
3.3. TBDY-2018 Mevcut Yapı Değerlendirme	14
3.4. Yöntem	18
3.4.1. DBYBHY-2007	18
3.4.1.1. Akış Şeması	24
3.4.2. TBDY-2018	28
3.4.2.1. Akış Şeması	35
4. SAYISAL UYGULAMALAR	40
4.1. Bina Hakkında	40
4.2. DBYBHY-2007'ye Göre Performans Analizi	44
4.3. TBDY-2018'e Göre Performans Analizi	57
4.4. Talep/Kapasite Oranına Göre Kolon ve Kiriş Değerlendirmesi	73

4.5. Bir Düşey Taşıyıcı Elemanda Talep/Kapasite Oranı Karşılaştırılması 75
4.6. TBDY-2018 & DBYBHY-2007 Karşılaştırma 77
5. SONUÇ 86

KAYNAKLAR 88
ÖZGEÇMİŞ 89

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
BKS	:	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	:	Bina Yükseklik Sınıfı
DBYBHY -2007	:	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007
DTS	:	Deprem Tasarım Sınıfı
GÖ	:	Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
KH	:	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
KK	:	Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
RYTEİE	:	Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar
SH	:	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
ŞGDT	:	Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
TBDY-2018	:	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
η_{bi}	:	i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
Φ_{xin}	:	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x ekseni doğrultusundaki yatay birleşeni
Φ_{yin}	:	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y ekseni doğrultusundaki yatay birleşeni
ε_{cg}	:	Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ε_{cu}	:	Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ε_s	:	Donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi
ϕ_p	:	Plastik eğrilik istemi
ϕ_t	:	Toplam eğrilik istemi
ϕ_y	:	Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{xN1}	:	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ_{xN}	:	x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

θ_p	:	Plastik dönme istemi
ρ_s	:	Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacımsal oranı
ρ_{sm}	:	Kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı
$\omega_1^{(1)}$	:	Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
ω_B	:	İvme spektrumundaki karakteristik periyoda karşı gelen doğal açısal frekans
$\varepsilon_c^{(GO)}$	:	Göçme önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_c^{(KH)}$	:	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_c^{(SH)}$	:	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GO)}$	:	Göçme önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	:	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	:	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
ε_{su}	:	Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
ϕ_u	:	Göçme öncesi eğrilik
ω_{we}	:	Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
ρ_{sh}	:	Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı
$\rho_{sh,\ min}$	:	iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
$\theta_p^{(KH)}$	:	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı (rad)
$\theta_p^{(GO)}$	:	Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı (rad)
$\theta_p^{(SH)}$	:	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı (rad)
A(T)	:	Spektral ivme katsayısı
g	:	Yerçekimi ivmesi
I	:	Bina önem katsayısı

n	:	Hareketli yük katılım katsayısı
R	:	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	:	Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	:	Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$	:	Elastik spektral ivme (m/s2)
$S_{aR}(T_r)$	:	r'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme (m/s2)
T	:	Bina doğal titreşim periyodu (s)
T_1	:	Binanın birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	:	Spektrum karakteristik periyotları
A_c	:	Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
$a_1^{(i)}$	:	(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
b_w	:	Kirişin gövde genişliği
d	:	Kirişin veya kolonun faydalı yüksekliği
$d_1^{(i)}$	:	(i)'inci itme adımında elde edilen modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	:	Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
$(EI)_e$	:	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_0$	:	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cm}	:	Mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	:	Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{yw}	:	Çelik sargıda çeliğin akma dayanımı
h	:	Çalışan doğrultuda kesitin boyutu
h_k	:	Kolon boyu
L_p	:	Plastik mafsal boyu
M_{x1}	:	x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
N_D	:	Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan eksenel kuvvet
N_K	:	Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
S_{di1}	:	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(i)}$	:	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(p)}$	:	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe

		yerdeğiştirme istemi
V_e	:	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
a_1	:	Birinci (hakim) moda ait modal ivme
a_{y1}	:	Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
C_{R1}	:	Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
d_1	:	Birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:	Sayfa
2.1: Dönüştürülmüş taban kesme kuvveti-deplasman grafiği idealize hal.	6
2.2: Kısa periyot bölgesi talep deplasman değeri hesap grafiği.	7
2.3: Orta ve uzun periyot bölgesi talep deplasman değeri hesap grafiği.	7
3.1: Kesit hasar bölgeleri.	11
3.2: Kesit hasar bölgeleri	15
3.3: Sargılı, sargısız beton modelleri.	20
3.4: Çelik modeli.	20
3.5: $T_1^{(1)} \geq T_B$ durumu.	22
3.6: $T_1^{(1)} \leq T_B$ durumu.	23
3.7: $T_1^{(1)} \leq T_B$ durumu.	23
3.8: Akış şeması-1.	25
3.9: Akış şeması-2.	26
3.10: Akış şeması-3.	27
3.11: Sargılı, sargısız beton modelleri.	29
3.12: Çelik modeli.	30
3.13: Koordinat değişimi.	32
3.14: $T_1 \geq T_B$ durumu.	33
3.15: $T_1 \leq T_B$ durumu.	33
3.16: $T_1 \leq T_B$ durumu.	34
3.17: Akış şeması-1.	36
3.18: Akış şeması-2.	37
3.19: Akış şeması-3.	38
3.20: Akış şeması-4.	39
4.1: Bodrum kat.	41
4.2: Zemin kat.	41
4.3: 1.Normal kat.	42
4.4: 2.Normal kat.	42
4.5: 3.Normal kat.	42
4.6: 4.Normal kat.	43

4.7: 5.Normal kat. 43
4.8: 6.Normal kat. 43
4.9: Perspektif görünüm. 44
4.10: Bina kat sayısı. 45
4.11: X doğrultusu (V-u_N) grafiği. 46
4.12: Y doğrultusu (V-u_N) grafiği. 47
4.13: X doğrultusu modal kapasite diyagramı. 47
4.14: Y doğrultusu modal kapasite diyagramı. 48
4.15: Elastik ivme spektrum grafiği. 48
4.16: X Doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi. 49
4.17: Y doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi. 49
4.18: Gevrek durumda olan kirişler. 55
4.19: X doğrultusunda gevrek durumda olan kolonlar. 56
4.20: Y doğrultusunda gevrek durumda olan kolonlar. 57
4.21: Perspektif görünüm. 58
4.22: Etkin kesit rijitlik çarpanı karşılaştırma. 59
4.23: X doğrultusu taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi grafiği. 60
4.24: Y doğrultusu taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi grafiği. 60
4.25: X doğrultusu modal kapasite diyagramı. 61
4.26: Y doğrultusu modal kapasite diyagramı. 61
4.27: TDTH çıktısı. 62
4.28: Elastik ivme spektrum grafiği. 62
4.29: X doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi. 63
4.30: Y doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi. 63
4.31: Gevrek durumda olan kirişler. 70
4.32: X Doğrultusunda gevrek durumda olan kolonlar. 71
4.33: Y doğrultusunda gevrek durumda olan kolonlar. 72
4.34: Talep/Kapasite oranı aşılan kolonların oranı. 73
4.35: Talep/Kapasite oranı aşılan kolonların oranı. 74
4.36: 3.NK C26 kolonu. 75
4.37: 40/25 kolonu donatı detayı (4Ø14). 75
4.38: X doğrultusu periyotları. 77
4.39: Y doğrultusu periyotları. 77
4.40: DBYBHY-2007 - TBDY-2018 yatay elastik tasarım spektrumları. 78

4.41: DBYBHY-2007 X ve Y doğrultusu S_{ae} değerleri. 78
4.42: TBDY-2018 X ve Y doğrultusu S_{ae} değerleri. 78
4.43: X doğrultusu S_{de} değerleri. 79
4.44: Y doğrultusu S_{de} değerleri. 79
4.45: X doğrultusu S_{di} değerleri. 80
4.46: Y doğrultusu S_{di} değerleri. 80
4.47: X Doğrultusu talep deplasman değerleri. 80
4.48: Y doğrultusu talep deplasman değerleri. 81
4.49: X doğrultusu alt kesit hasar alan kolonların oranları. 81
4.50: X doğrultusu üst kesit hasar alan kolonların oranları. 81
4.51: Y doğrultusu alt kesit hasar alan kolonların oranları. 82
4.52: Y doğrultusu üst kesit hasar alan kolonların oranları. 82
4.53: Sol mesnet hasar alan kirişlerin oranı. 82
4.54: Sağ mesnet hasar alan kirişlerin oranı. 83
4.55: X doğrultusu gevrek olan kolonların oranları. 83
4.56: Y doğrultusu gevrek olan kolonların oranları. 83
4.57: Gevrek olan kirişlerin oranları oranı. 84
4.58: Sargısız beton modeli grafiği (2007&2018). 84
4.59: Çelik grafiği (2007&2018). 85

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:	Sayfa
3.1: Bilgi düzey katsayısı.	10
3.2: Bina önem katsayısı.	13
3.3: Bina performans hedefleri.	14
3.4: Bilgi düzey katsayısı.	14
3.5: Deprem yer hareketi düzeyleri.	16
3.6: Deprem tasarım sınıfı.	16
3.7: Bina önem katsayısı.	17
3.8: Bina performans hedefleri.	17
3.9: Köşe periyotları.	18
3.10: Etkin yer ivmesi katsayısı.	19
3.11: Bina önem katsayısı.	19
3.12: Bilgi düzey katsayısı.	19
3.13: Yerel zemin etki katsayısı (F_S).	29
3.14: Yerel zemin etki katsayısı (F_1).	29
3.15: Bilgi düzey katsayısı.	29
3.16: Etkin kesit rijitliği çarpanları.	30
4.1: Kolon ve kiriş sayıları.	40
4.2: Kiriş donatıları.	40
4.3: Kolon donatıları.	41
4.4: C1 kolonundaki etkin eğilme rijitliği.	45
4.5: Kütle katılım oranı.	45
4.6: X doğrultusu burulma düzensizliği.	46
4.7: Y doğrultusu burulma düzensizliği.	46
4.8: Modal analizden alınan değerler.	47
4.9: Deprem bölgesi.	48
4.10: Köşe periyotları.	48
4.11: X-Y doğrultusu doğrusal olmayan talep deplasman değerleri.	50
4.12: Kolonlarda X doğrultusu toplam eğrilik değerleri.	51
4.13: Kolonlarda Y doğrultusu toplam eğrilik değerleri.	51

4.14: Kirişlerde toplam eğrilik değerleri. 51
4.15: Kolonlarda X doğrultusunda hasar değerleri. 52
4.16: Kolonlarda Y doğrultusunda hasar değerleri. 52
4.17: Kirişlerde hasar değerleri. 52
4.18: Perdelerde X doğrultusunda hasar değerleri. 53
4.19: Perdelerde Y doğrultusunda hasar değerleri. 53
4.20: Kolonlarda X doğrultusunda kesme kontrolü. 53
4.21: Kolonlarda Y doğrultusunda kesme kontrolü. 54
4.22: Kirişlerde kesme kontrolü. 54
4.23: Perdelerde X doğrultusunda kesme kontrolü. 54
4.24: Perdelerde Y doğrultusunda kesme kontrolü. 54
4.25: Hasar alan kirişler. 55
4.26: X doğrultusunda hasar alan kolonlar. 56
4.27: Y doğrultusunda hasar alan kolonlar. 56
4.28: X doğrultusunda hasar alan perdeler. 57
4.29: Y doğrultusunda hasar alan perdeler. 57
4.30: Etkin kesit rijitliği çarpanı. 58
4.31: Kütle katılım oranı. 59
4.32: X doğrultusu burulma düzensizliği. 59
4.33: Y doğrultusu burulma düzensizliği. 60
4.34: Modal analizden alınan değerler. 61
4.35: X-Y doğrultusu doğrusal olmayan talep deplasman değerleri. 64
4.36: Kolonlarda X doğrultusunda göçme öncesi eğrilik. 65
4.37: Kolonlarda Y doğrultusunda göçme öncesi eğrilik. 65
4.38: Kirişlerde göçme öncesi eğrilik. 66
4.39: Kolonlarda X doğrultusunda hasar değerleri. 66
4.40: Kolonlarda Y doğrultusunda hasar değerleri. 67
4.41: Kirişlerde hasar değerleri. 67
4.42: Perdelerde X doğrultusu hasar değerleri. 67
4.43: Perdelerde Y doğrultusu hasar değerleri. 68
4.44: Kolonlarda X doğrultusunda kesme kontrolü. 68
4.45: Kolonlarda Y doğrultusunda kesme kontrolü. 68
4.46: Kirişlerde kesme kontrolü. 69
4.47: Perdelerde X doğrultusunda kesme kontrolü. 69

4.48: Perdelerde Y doğrultusunda kesme kontrolü. 69
4.49: X doğrultusunda hasar alan kirişler. 70
4.50: Y doğrultusunda hasar alan kirişler. 70
4.51: X doğrultusunda hasar alan kolonlar. 71
4.52: Y doğrultusunda hasar alan kolonlar. 71
4.53: X doğrultusunda hasar alan perdeler. 72
4.54: Y doğrultusunda hasar alan perdeler. 72
4.55: Kolon Talep/Kapasite oranları. 73
4.56: Kiriş Talep/Kapasite oranları. 74
4.57: 2018-X doğrultusu. 76
4.58: 2018-Y doğrultusu. 76
4.59: 2007-X doğrultusu. 76
4.60: 2007-Y doğrultusu. 76
4.61: T/K oranı-2018. 76
4.62: T/K oranı-2007. 76

1.GİRİŞ

Türkiye'de 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde oluşan büyük yıkımdan sonra mevcut yapı stoğunun değerlendirilmesinin elzem olduğu görülmüştür. Bu durum mevcut deprem yönetmeliğinin yetersizliğini göstermiştir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) [1] ile birlikte binaların deprem performanslarının değerlendirildiği bir bölüm yayınlanmıştır. Bu bölümde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden bahsedilmiştir. Daha çok doğrusal analiz yöntemlerinin üzerinde durulduğu bir bölüm olmuştur. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin ise bazı zaruri durumlar dışında kullanılması zorunlu olmayan yöntemler olduğu görülmüştür. Bu deprem yönetmeliği 2019 yılının başında güncellenerek Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) [2] adını almıştır. TBDY-2018'de [2] de doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden bahsedilmiştir. Fakat doğrusal olmayan analiz yöntemleri bu yönetmelikte daha çok öne çıkarılmıştır.

Bu çalışmada, hem DBYBHY-2007 [1] hem de TBDY-2018'de [2] bulunan doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden "Sabit Tek Modlu İtme Analizi" kullanılmıştır. Her iki yönetmelik şartlarına göre bina değerlendirilmiş ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. TBDY-2018 [2] ile birlikte elemanların etkin kesit rijitlik değerleri, elastik tasarım spektrumu ve performans sınır değerleri güncellenmiştir. Karşılaştırmanın odak noktası bu değerler olmuştur. Sabit tek modlu itme analizi için her iki yönetmelikte de aynı yol izlendiği görülmüştür. Bu süreçte önce yapının etkin kesit rijitlik değerleri tanımlanmıştır. Bu değerler TBDY-2018'de [2] daha düşük olduğu görülmüştür. İtme analizi yapmak için gerekli olan şartlar her iki yönetmelikte aynı ve çalışmadaki bina için sağlandığı görülmüştür. Deprem talebinin hesaplanması için elastik tasarım spektral ivme grafiği çizilmiştir. Elastik spektral ivme değerleri, TBDY-2018'de [2] DBYBHY-2007'ye [1] göre yükselen kolda ve plato kısmında daha yüksek, düşen kolda ise belli bir periyottan sonra daha düşük olduğu görülmüştür. TBDY-2018'de [1] binanın periyodundan dolayı elastik spektral ivme değerinin düştüğü görülmüştür. Bu durumda talep deplasman değerinin TBDY-2018'de [2] düştüğü görülmüştür. Bina her iki yönetmeliğin talep deplasman değerine göre itildiğinde, sünek davranışa karşılık gelen plastik şekildeğiştirme ve

gevrek davranışa karşılık gelen iç kuvvetlerin sınır değerleri ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Her iki yönetmeliğe göre yapının doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. TBDY-2018'de [2] bulunan sonuçlarla DBYBHY-2007'de [1] bulunan sonuçların birbirinden farklı olduğu ve TBDY-2018'de [2] yapının performansının daha olumsuz olduğu görülmüştür.

1.1.Kapsam

Türkiye'de 2007 yılından bu yana binaların değerlendirmesi bir yönetmelik kapsamına alınmıştır. DBYBHY-2007'ye [1] göre bina değerlendirmesi doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle yapılmaktadır. 2012 yılında 6306 sayılı kanun ek-2 kısmı Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2012) yayınlanmıştır ve yeni bir bina değerlendirme yaklaşımı oluşturulmuştur. RYTEİE-2012'ye göre bina değerlendirilmesi doğrusal olan yöntemler kullanılarak yapılmaktadır.

2019 yılı itibariyle binaların değerlendirilmesi ile ilgili yönetmelik ve esaslarda güncelleme yapılmıştır. TBDY-2018 [2] adıyla yayınlanan deprem yönetmeliğinde değerlendirme yöntemi olarak daha çok doğrusal olmayan yöntemler öne çıkarılmıştır. RYTEİE-2012'de değerlendirme yöntemi olarak doğrusal yöntemler hala kullanılmaktadır.

Bu tez kapsamında mevcut binaların değerlendirilmesine ilk kez başlanılan DBYBHY-2007 [1] ile mevcut binaların değerlendirilmesinde daha kapsamlı bir hal alan TBDY-2018 [2] yönetmeliklerinde bulunan tek modlu itme yöntemi karşılaştırılacaktır. RYTEİE-2012'ye göre bir değerlendirme yapılmayacaktır.

Bu çalışma özelinde DBYBHY-2007'den [1] farklı olarak TBDY-2018 [2] ile güncellenen deprem tehlike haritası, etkin kesit rijitlik değerleri, performans sınır değerleri karşılaştırılmış olacaktır.

1.2.İçerik

Bu tez 5 ana başlıktan oluşmaktadır. Birinci bölümde hangi çalışma özelinde odaklandığından bahsedilmektedir. İkinci bölümde dünyada bu tezin çalışma alanı olan yönetmeliklerden ve değerlendirme tarzlarından bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde Türkiye'de bu değerlendirme tarzının nasıl olduğundan bahsedilmektedir. Dördüncü bölümde Türkiye'deki yönetmelik dikkate alınarak yapılan bir sayısal örnekten bahsedilmektedir. Beşinci bölümde bu sayısal örneklerin sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmaktadır.

2.DÜNYA'DA MEVCUT YAPI DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Mevcut Çalışmalar

Northridge, Kobe ve Kocaeli depremleri gibi depremler sonucunda oluşan büyük çaplı hasarlar, bilim insanlarını dayanıma göre tasarımdan farklı olarak performansa bağlı tasarım üzerine çalışmalara itmiştir [8].

Performansa bağlı tasarımın başlangıcı olarak üç çalışma kabul edilmektedir. Bunlar SEAOC Vision 2000, ATC40 ve FEMA 273, 274 çalışmalarıdır [10]. İlerleyen yıllarda Building Seismic Safety Council (BSSC), American Society of Civil Engineers (ASCE) ve Earthquake Enginering Research Center of University of California at Berkeley (EERS-UCB) tarafından bu çalışmalara katkılarda bulunulmuştur.[5]

SEAOC Vision 2000, yapılara deprem performansları ve performans hedefleri için bir çerçeve geliştirmek hedefinde olmuştur. ATC40, yapısal durumu performans hedeflerine göre değerlendirmiştir. Sadece betonarme yapılar içindir ve elastik spektrayı kullanmıştır. Bugünkü doğrusal olmayan statik itme analizinin çıkış noktası olmuştur. FEMA 273, olasılıksal zemin hareketlerine göre birçok performans hedefi sunmuştur. Doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerden bahsedilmiştir [10].

Avrupa'da da Avrupa Birliği'nin bir çalışması olan Eurocode 8.3 (1998) ile birlikte mevcut yapıların deprem performanslarının incelendiği bir çalışma yayınlanmıştır. Doğrusal olmayan statik itme analizinde ATC 40 esas alınmıştır.

2.2 Avrupa & ABD Yönetmeliklerinde Yaklaşımlar

2.2.1.Eurocode-8.3

Mevcut yapı değerlendirmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerden bahsedilmiştir. Doğrusal yöntemlerden Yatay Kuvvet Metodu (Lateral Force Method Analysis) spektrumun köşe periyodu olan (T_C) dört katı ve iki saniye periyoduyla sınırlandırılmıştır. Ek olarak düzlemde düzensizlik bulundurması da sınırlandırılmıştır. Diğer doğrusal yöntem olan Modal Analiz (Modal Response

Spectrum Analysis) tüm binalara sınırlama olmadan uygulanabilmektedir. Doğrusal olmayan yöntemlerde hem Statik Analiz (Pushover) hem de Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz (Time History Dinamic Analysis) için herhangi bir sınırlandırılma yapılmamıştır.

Hem doğrusal hem de doğrusal olmayan analizde kesitin dönme kapasitesine göre değerlendirme yapılmaktadır. Bu değerlendirmede üç adet sınır değer bulunmaktadır. Bunlar:

- Göçme Öncesi (Near Collapse)
- Belirgin Hasar (Significant Damage)
- Sınırlı Hasar (Damage Limitation)

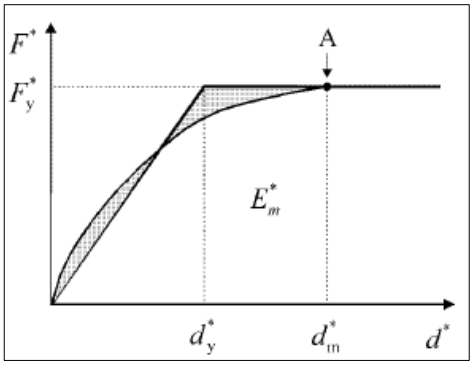
Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden biri olan Statik Analiz (Pushover)'de talep deplasman değeri, elastik spektrum grafiği içine yerleştirilen dönüştürülmüş taban kesme kuvveti-deplasman grafiği yardımıyla bulunmaktadır. Taban kesme kuvveti (F_b) ve deplasman (d_n) grafiği dönüşüm çarpanı (transformation factor) kullanılarak dönüştürülmektedir [3].

$$F^* = \frac{F_b}{\Gamma} \tag{2.1}$$

$$d^* = \frac{d_n}{\Gamma} \tag{2.2}$$

Dönüşümü çarpanı yardımıyla bulunan taban kesme kuvveti (F^*) - deplasman (d^*) grafiği idealize edilmektedir [3].(Şekil 2.1)

$$d_y^* = 2 \times \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right) \tag{2.3}$$



Şekil 2.1: Dönüştürülmüş taban kesme kuvveti-deplasman grafiği idealize hal.

İdealize edilmiş sistemin periyot hesabı ise Denklem (2.4)'te verilmiştir.

$$T^* = 2 \times \pi \times \sqrt{\frac{m^* \times d_y^*}{F_y^*}} \tag{2.4}$$

Bulunan idealize edilmiş sistemin periyot değeri kullanılarak elastik talep deplasman değeri bulunmaktadır.

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \times \left[\frac{T^*}{2 \times \pi}\right]^2 \tag{2.5}$$

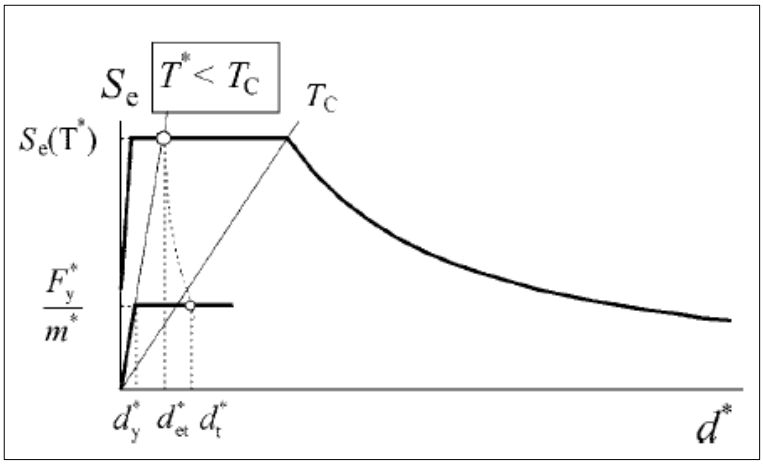
Talep deplasman değeri (d_t^*) yapının periyotunun kısa veya orta-uzun periyot bölgesinde olmasına göre farklı değer almaktadır. Kısa periyot bölgesi ($T^* < T_C$);
Eğer $F_y^*/m^* \geq S_e(T^*)$ ise

$$d_t^* = d_{et}^* \tag{2.6}$$

Eğer $F_y^*/m^* < S_e(T^*)$ ise

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{q_u} \times \left(1 + (q_u - 1) \times \frac{T_C}{T^*}\right) \geq d_{et}^* \tag{2.7}$$

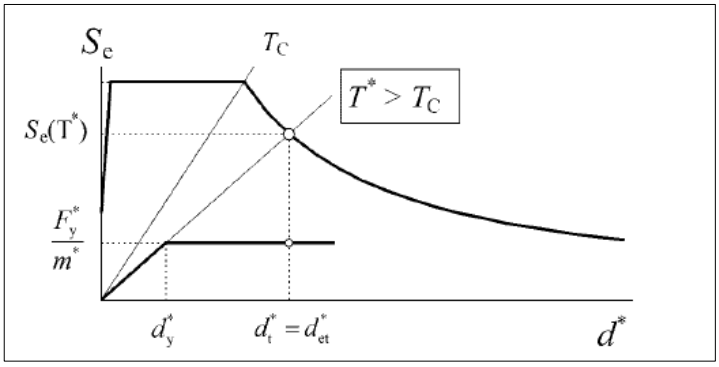
$$q_u = \frac{S_e(T^*) \times m^*}{F_y^*} \tag{2.8}$$



Şekil 2.2: Kısa periyot bölgesi talep deplasman değeri hesap grafiği.

Orta ve uzun periyot bölgesi ($T^* \geq T_C$);

$$d_t^* = d_{et}^* \tag{2.9}$$



Şekil 2.3: Orta ve uzun periyot bölgesi talep deplasman değeri hesap grafiği.

Bulunan bu değer dönüşüm çarpanı (transformation factor) ile dönüştürülerek modele uygulanacak talep deplasman değeri bulunmaktadır.

$$d_t = \Gamma \times d_t^* \tag{2.10}$$

2.2.2. ASCE 7

Mevcut yapı değerlendirmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerden bahsedilmiştir. Doğrusal yöntemler, Eşdeğer Yatay Yük (Equivalent Lateral Force), Modal Analiz (Modal Response Spectrum), Doğrusal Zaman Tanım Alanı Analiz (Linear Response History Analysis)'dir. Doğrusal olmayan yöntem Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz (Nonlinear Response History Analysis)'dir. Doğrusal olmayan yöntemlerden biri olan Doğrusal Olmayan Statik Analiz (Nonlinear Pushover Static Analysis) bu yönetmelikten çıkarılmıştır.

3.TÜRKİYE'DE MEVCUT YAPI DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1.Mevcut Yapı Değerlendirme Gerekliliği

Dünya'da 1990'lı yıllarda olan büyük depremlerden sonra mevcut yönetmeliklerdeki tasarım tarzının yetersizliği tartışılmaya başlanmıştır. Yeni bir tarz olarak şekildeğiştirmeye göre tasarım felsefesine odaklanılmıştır. Northridge (1994), Kobe (1995) ve Kocaeli (1999) gibi metropolleri etkileyen büyük depremler değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi gereken önemli miktarda yapıyı gözler önüne sermiştir [8]. Bu nedenlerle deprem yönetmeliği güncellenerek DBYBHY-2007 [1] yayınlanmış ve bu felsefeye odaklanılmıştır.

1999 yılında Kuzey Anadolu Fay (KAF) Hattı'nın kırılması sonucunda Marmara Bölgesi'nde 7.8 (M_s) büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem seksenli ve doksanlı yıllarda Türkiye'nin en fazla göç alan bölgesinde olmuştur. Deprem sonucunda 17480 kişi hayatını kaybetmiş, 73342 bina hasar almış veya yıkılmıştır [7]. Bu depremden üç ay sonra yine bu bölgeye yakın olan Düzce ilinde olan deprem sonucunda da 763 kişi hayatını kaybetmiş, 35519 bina hasar almış veya yıkılmıştır [7]. O dönemlerdeki yönetmeliklerin yetersizliği, nitelikli eleman azlığı, betonarmeyi oluşturan malzemelerin kalitesizliği binaları depreme karşı hazırlıksız hale getirmiş ve böyle bir tablo oluşmuştur. Bununla birlikte kısa sürede çok fazla göç, hazırlıksız ve plansız bir şehirleşme tabloyu daha kötü bir hale getirmiştir.

Bu depremler sonucunda oluşan tablo mevcut binaların değerlendirilmesi gerekliğini gündeme getirmiştir. DBYBHY-1998 yönetmeliği 9 yıl sonra düzenlenerek DBYBHY-2007 [1] çıkarılmıştır. DBYBHY-2007 [1] kapsamında 7.Bölüm olarak Mevcut Binaları Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi eklenmiştir. TBDY-2018 [2] yönetmeliğiyle birlikte bu bölüm daha kapsamlı bir hal alarak güncellenmiştir.

3.2.DBYBHY-2007 Mevcut Yapı Değerlendirme

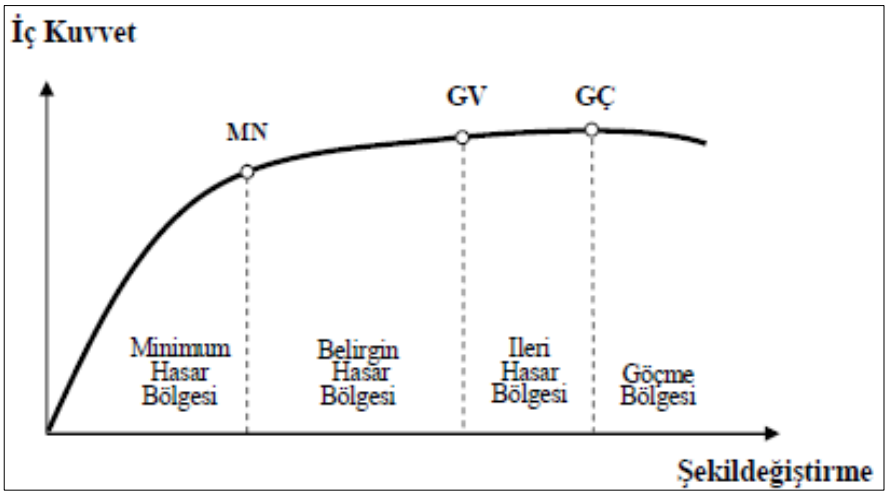
Mevcut yapıların değerlendirilmesi üç aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalar, saha çalışmaları, yapının modellenmesi ve analiz sonuçlarının yönetmelik sınırlarıyla karşılaştırılmasıdır. Değerlendirme aşamasına saha çalışmalarından başlanmaktadır. Yapı bilgi düzeyine (Tablo 3.1) göre sınırlı, orta, kapsamlı olarak sınıflandırılmaktadır. Sınırlı bilgi düzeyi, yapının taşıyıcı sistem projelerinin bulunmadığı durumdur. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılan ölçümlerle belirlenmektedir. Orta bilgi düzeyi, yapının projesi mevcut değilse sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılmaktadır. Mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje doğrulanmaktadır. Kapsamlı bilgi düzeyi, yapının projesi mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması için saha çalışmaları yapılmaktadır. Bu bilgiler ışığında yapıyı oluşturan malzemelerin kapasiteleri Bilgi Düzey Katsayısı'na göre düzenlenmektedir. Bilgi düzey katsayıları, eleman kapasitelerinin hesabında çarpan olarak uygulanmaktadır [1].

Tablo 3.1: Bilgi düzey katsayısı.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Modelleme aşamasında kolonlar ve kirişler çubuk, perdeler kabuk eleman olarak modellenmektedir. Doğrusal olmayan davranış modelinin tanımlanması için çubuk eleman olarak tanımlanabilen kolonlar, kirişler ve perdelerde yığılı plastik mafsal veya yayılı plastik mafsal tanımlaması yapılmaktadır. Yığılı plastik davranış modelinde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu kabul edilmektedir. Plastik mafsal boyu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit yüksekliğinin (h) yarısı olarak alınmaktadır. Plastik mafsal, kiriş ve kolon ekseni boyunca dağılı olan plastik şekildeğiştirmelerin belirli kesitte toplandığı kabulüdür [6]. Kesitlerdeki mafsallar, plastik şekildeğiştirme bölgesi'nin ortasına yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşık olarak çubuk elemanların net açıklıklarının uçlarıdır. Yayılı plastik davranış modelinde sonlu uzunluktaki uç bölgelerin (plastik şekildeğiştirme

bölgeleri) veya elemanın tüm uzunluğu boyunca doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri sürekli (yayılı) biçimde almak üzere kullanılmaktadır. Hesap yöntemleri olarak doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan yöntemlerden biri seçilmektedir. Doğrusal yöntemler, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemidir. Bu analizler sonucunda elemanların etki/kapasite oranlar (r) hesaplanmaktadır. Bu değerler yönetmeliğin verdiği hasar sınırlarıyla (r_s) karşılaştırılmaktadır. Doğrusal olmayan yöntemler, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi, zaman tanım alanında hesap yöntemidir. Bu analizler sonucunda kesitlerdeki mafsallarda oluşan toplam eğrilik değerleri bulunmaktadır. Bu eğrilik değerlerine karşılık gelen şekildeğiştirme (ε_c, ε_s) değerleri bulunmaktadır. Bu değerler yönetmeliğin verdiği şekildeğiştirme sınır değerleriyle karşılaştırılmaktadır. Kesitlerde oluşan hasarların sınır durumları (Şekil 3.1) Minimum Hasar (MH), Güvenlik Sınır (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dır. Kesitlerde minimum hasara ulaşamayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, minimum hasar ile güvenlik sınırı arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, güvenlik sınırı ile göçme sınırı arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, göçme sınırını aşan elemanlar Göçme Bölgesi'nde değerlendirilmektedir [1].



Şekil 3.1: Kesit hasar bölgeleri.

Kesitlerde oluşan hasarlar belirlendikten sonra bina performans düzeyi belirlenmektedir. Bu performans düzeyleri Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Göçme Öncesi'dir [1].

Hemen Kullanım Performans Düzeyi:

- Gevrek hasar gören elemanların güçlendirilmesi şartı yerine getirilmek zorundadır.
- Herhangi bir katta, her bir deprem doğrultusu için yapılan hesapta kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi'nde kalmak zorundadır.

Can Güvenliği Performans Düzeyi:

- Gevrek hasar gören elemanların güçlendirilmesi şartı yerine getirilmek zorundadır.
- Herhangi bir katta, her bir deprem doğrultusu için yapılan hesapta kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların(kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) , her bir katta üzerine gelen kesme kuvvetlerinin maksimum %20'sini alması gerekmektedir. Bu değer binanın en üst katında %40'a çıkabilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'nde kalmak zorundadır. Ancak alt ve üst kesitte Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranı %30'u aşmaması gerekmektedir.

Göçme Öncesi Performans Düzeyi:

- Gevrek hasar gören elemanlar Göçme Bölgesi'nde olduğu kabulü yapılır.
- Herhangi bir katta, her bir deprem doğrultusu için yapılan hesapta kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'nde kalmak zorundadır. Ancak alt ve üst kesitte Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan

kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranı %30'u aşmaması gerekmektedir.

Göçme Durumu:

- Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır.

Tüm bu işlemlerden sonra binanın performans hedefine göre değerlendirme tamamlanır. Binanın performans hedefi, deprem düzeyi ve binanın önem katsayısına göre belirlenir.

Bina kullanım amacı ve kullanım türüne göre dört farklı önem katsayısı vardır. Bina Önem Katsayısı (Tablo 3.2) performans hedefini belirlemede önemli parametrelerden biridir. Binanın deprem sonrasındaki kullanım durumunu işaret eder.

Tablo 3.2: Bina önem katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Binanın DBYBHY-2007 [1] sınır şartlarında, bina kullanım amacı ve türü, deprem aşılma olasılığına göre bina performans hedefi belirlenmektedir. Bina performans hedefleri (Tablo 3.3), Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG), Göçme Öncesi (GÖ) olarak üçe ayrılmaktadır.

Tablo 3.3: Bina performans hedefleri.

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Depremin Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
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			

3.3.TBDY-2018 Mevcut Yapı Değerlendirme

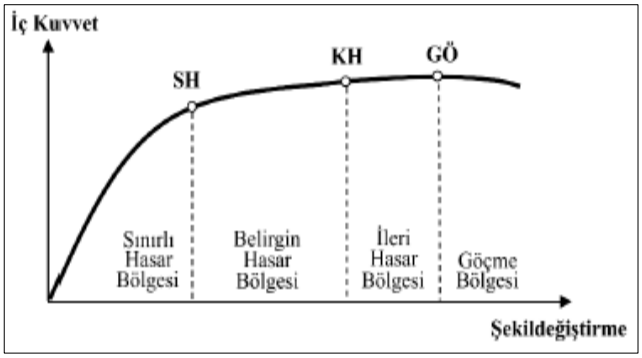
Mevcut yapıların değerlendirilmesi DBYBHY-2007'de [1] olduğu gibi üç aşamada yapılmaktadır. TBDY-2018'de [2] eleman kapasiteleri hesabında çarpan olarak kullanılan Bilgi Düzey Katsayısı (Tablo 3.4) değerleri, Sınırlı Bilgi Düzeyi ve Kapsamlı Bilgi Düzeyi olarak iki adete düşürülmüştür.

Tablo 3.4: Bilgi düzey katsayısı.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzey Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

Kolonlar, kirişler ve perdelerin modellenmesinde, doğrusal olmayan davranış modelinin tanımlanmasında DBYBHY-2007'ye [1] göre bir farklılık bulunmamaktadır. Doğrusal olmayan davranışı modellemek için DBYBHY-2007'de [1] olduğu gibi yayılı veya yığılı plastik mafsal tanımlanması yapılmaktadır. Hesap yöntemleri olarak doğrusal veya doğrusal olmayan yöntem seçilmektedir. Doğrusal yöntemler, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve modal hesap (Mod Birleştirme, Mod Toplama) yöntemidir [2]. Bu analizler sonucunda kesitlerdeki mafsallarda oluşan plastik dönmeler (θ_p), toplam eğrilik (ϕ_t) değerleri bulunmaktadır. Bulunan bu

değerler yönetmelikte bulunan şekildeğiştirme (ε_c, ε_s) veya plastik dönme (θ_p) sınır değerleriyle karşılaştırılmaktadır. Doğrusal olmayan yöntemler, itme (Sabit Tek Modlu İtme, Değişken Tek Modlu İtme, Çok Modlu İtme) yöntemi, zaman tanım alanında hesap yöntemidir [2]. Bu analizler sonucunda kesitlerdeki mafsallarda oluşan plastik dönmeler (θ_p), toplam eğrilik (ϕ_t) değerleri bulunmaktadır. Bulunan bu değerler yönetmelikte bulunan şekildeğiştirme (ε_c, ε_s) veya plastik dönme (θ_p) sınır değerleriyle karşılaştırılmaktadır. Kesitlerde oluşan hasarların sınır durumları (Şekil 3.2), Sınırlı Hasar(SH), Kontrollü Hasar(KH) ve Göçme Öncesi Hasar(GÖ)'dır [2]. Kesitlerde sınırlı hasara ulaşamayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi'nde, sınırlı hasar ile kontrollü hasar arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, kontrollü hasar ile göçme öncesi hasar arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, göçme öncesi hasarı aşan elemanlar Göçme Bölgesi'nde değerlendirilmektedir [2].



Şekil 3.2: Kesit hasar bölgeleri

Kesitlerde oluşan hasarlar belirlendikten sonra bina performans düzeyi belirlenmektedir. Bu performans düzeyleri Sınırlı Hasar, Kontrollü Hasar ve Göçmenin Önlenmesi'dir [2].

Sınırlı Hasar Performans Düzeyi;

DBYBHY-2007'ye [1] göre "Hemen Kullanım Performans Düzeyi" 'ne denk gelmektedir. Farklılık olarak, DBYBHY-2007'de [1] kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilirken, TBDY-2018'de [2] bu değer %20'ye çıkmıştır.

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi;

DBYBHY-2007'ye [1] göre "Can Güvenliği Performans Düzeyi" 'ne denk gelmektedir. Farklılık olarak, DBYBHY-2007'de [1] kirişlerin en fazla %30'u ileri hasar bölgesine geçebilirken, TBDY-2018'de [2] bu değer %35'e çıkmıştır.

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi;

DBYBHY-2007'ye [1] göre "Göçme Öncesi Performans Düzeyi" 'ne denk gelmektedir. TBDY-2018'de [2] DBYBHY-2007'ye [1] göre bir farklılık görülmemiştir.

Göçme Durumu;

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'ni sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır.

Tüm bu işlemlerden sonra binanın performans hedefine göre değerlendirme tamamlanmaktadır. Binanın performans hedefi, deprem tasarım sınıfı, deprem yer hareketi düzeyi ve binanın önem katsayısına göre belirlenmektedir.

Deprem yer hareketi düzeyi (Tablo 3.5) farklı aşılma olasılıkları ve tekrarlanma periyoduna göre dört düzeyden oluşmaktadır. Deprem yer hareketi düzeyi göz önüne alınan depremin büyüklüğünü göstermektedir. Bina performans hedefi belirlenirken bu parametre önemli bir etken olmaktadır.

Tablo 3.5: Deprem yer hareketi düzeyleri.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Aşılma Olasılığı (50 yılda)	Tekrarlanma Periyodu (yıl)
DD-1	%2	2475
DD-2	%10	475
DD-3	%50	72
DD-4	%68	43

Deprem tasarım sınıfı (Tablo 3.6), Güncellenmiş Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası'ndan alınan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ve bina kullanım sınıfı parametreleri ile dört farklı tasarım sınıfına ayrılmaktadır. Bina kullanım sınıfı parametresi dört farklı deprem sınıfını iki farklı gruba ayırmaktadır.

Tablo 3.6: Deprem tasarım sınıfı.

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS=1	BKS=2, 3
$S_{DS}<0.33$	DTS=4a	DTS=4
$0.33\leq S_{DS}<0.50$	DTS=3a	DTS=3
$0.50\leq S_{DS}<0.75$	DTS=2a	DTS=2
$0.75\leq S_{DS}$	DTS=1a	DTS=1

Bina, kullanım amacı göre üç farklı önem katsayısı alabilmektedir. Bina Önem Katsayısı (Tablo 3.7), deprem tasarım sınıfı değerlerini iki ayrı gruba ayırmaktadır. Bu ayrılma bina performans hedeflerini etkilemektedir.

Tablo 3.7: Bina önem katsayısı.

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Bina performans hedefi (Tablo 3.8), deprem düzeyine, dört farklı deprem tasarım sınıfına göre ayrılmaktadır. Bina performans hedefi tablosu mevcut bir binanın deprem yer hareketi düzeyi ve bina kullanım sınıfı değerlerine göre hedef değerlendirme yaklaşımını ve performans hedefini belirtmektedir.

Tablo 3.8: Bina performans hedefleri.

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

3.4.Yöntem

3.4.1. DBYBHY-2007

Deprem etkisi tanımlanırken, zemin şartlarına göre belirlenen yatay elastik tasarım spektrumu kullanılmaktadır. Bu değer hesaplanırken Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0), Bina Önem Katsayısı (I), Spektrum Katsayısı (S(T)) kullanılmaktadır. Ayrıca bu değer periyoda bağlı olarak değişmektedir.

$$S_{ae}(T) = A(T) \times g \tag{3.1}$$

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \tag{3.2}$$

Spektrum Katsayısı (S(T)), binanın periyoduna göre değer almaktadır. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B) bu hesapta etken parametrelerdir.

$$\begin{aligned} S(T) &= \left(1 + 1.5 \times \frac{T}{T_A}\right) && 0 \leq T \leq T_A \\ S(T) &= 2.5 && T_A < T \leq T_B \\ S(T) &= 2.5 \times \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} && T_B \leq T \leq T_L \end{aligned} \tag{3.3}$$

Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B) (Tablo 3.9), yerel zemin sınıfı parametrelerine göre dörde ayrılmaktadır. Bu periyotlar elastik spektrum eğrisini plato kısmının genişliğini belirlemektedir.

Tablo 3.9: Köşe periyotları.

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) (Tablo 3.10), dört farklı deprem bölgesi (deprem tehlike haritasına göre) bu değerler kullanılarak deprem hesabına girmektedir.

Tablo 3.10: Etkin yer ivmesi katsayısı.

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

Bina Önem Katsayısı (I) (Tablo 3.11), binanın deprem sonrasındaki kullanım amacını göstermektedir. Deprem sonrası kullanımı çok önemliden az önemliye doğru 1.5-1.0 arasında değer ile deprem hesabında yer almaktadır.

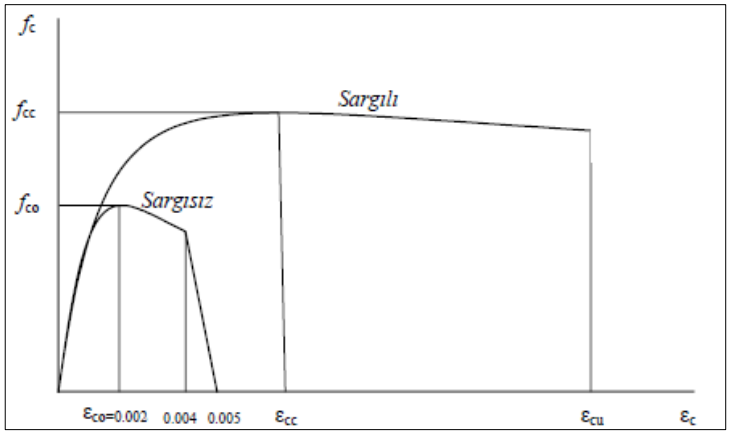
Tablo 3.11: Bina önem katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

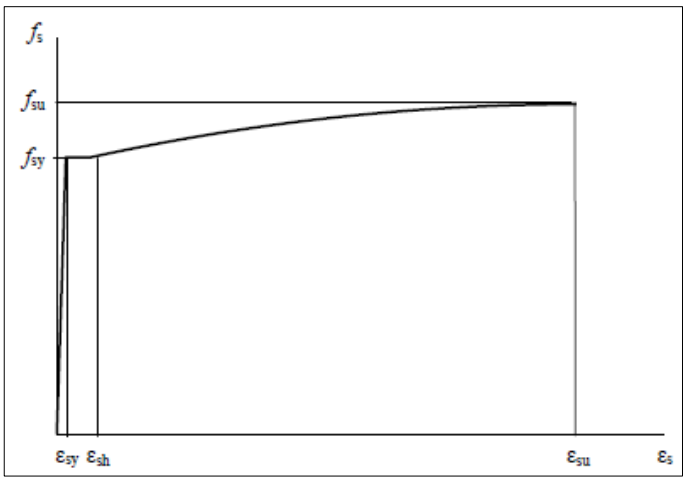
Beton ve çeliğin, bilgi düzeylerine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır. Beton ve çelik modelleri, başka bir model seçilmediği sürece yönetmeliğin esas aldığı modeller kullanılacaktır [1].

Tablo 3.12: Bilgi düzey katsayısı.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00



Şekil 3.3: Sargılı, sargısız beton modelleri.



Şekil 3.4: Çelik modeli.

İtme analizinin başlangıcında atanan rijitlik, kesitin göçme öncesi rijitliğinin gerçeğe yakın belirlenmesi için önem kazanmıştır [11]. Bu sebeple eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılmıştır [1]. Kirişlerin etkin kesit rijitlikleri 0.40, kolonların etkin kesit rijitlikleri 0.40-0.80 arasında değerlerle çarpılarak azaltma yapılmaktadır.

Kirişlerde,

$$(EI)_e = 0.40 \times (EI)_0 \tag{3.4}$$

Kolon ve perdelerde,

$$N_D/(A_c \times f_{cm}) \leq 0.10 \; olması \; durumunda: \; (EI)_e = 0.40 \times (EI)_0 \tag{3.5}$$

$$N_D/(A_c \times f_{cm}) \geq 0.40 \; olması \; durumunda: \; (EI)_e = 0.80 \times (EI)_0 \tag{3.6}$$

ara değerler için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Kolonlarda, perdelerde ve kirişlerde oluşan plastik dönme ve gerilme değerlerinin alınabilmesi için Yığılı Plastik Davranış (Plastik Mafsal) Modeli tanımlaması yapılmaktadır. Bu tanımlama kolonlarda ve kirişlerde net açıklıkların uçlarına, perdelerde ise alt uca konulabilmektedir [1].

İtme analizinden koordinatları tepe yerdeğiştirmesi ($u_{xN1}^{(i)}$) - taban kesme kuvveti ($V_{x1}^{(i)}$) olan itme eğrisi elde edilmektedir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst noktasından göz önüne alınan deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin uygulanan deprem doğrultusundaki toplamıdır. Daha sonra itme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümüyle, koordinatları modal yerdeğiştirme ($d_1^{(i)}$) - modal ivme ($a_1^{(i)}$) olan modal kapasite diyagramı elde edilmektedir [1].

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \tag{3.7}$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \times \Gamma_{x1}} \tag{3.8}$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \tag{3.9}$$

Modal kapasite diyagramından elde edilen en büyük yerdeğiştirme doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme olarak tanımlanmaktadır [1].

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \tag{3.10}$$

Modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ ‘nin denklemde yerine konulması ile uygulanan deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilmektedir [1].

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \times \Gamma_{x1} \times d_1^{(p)} \tag{3.11}$$

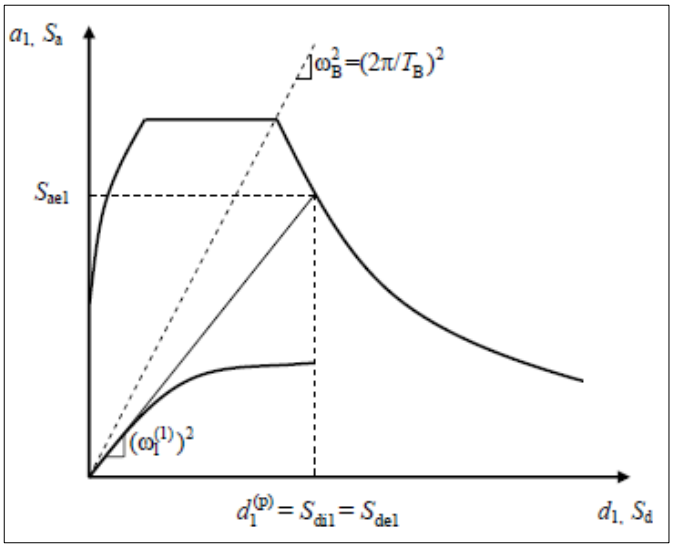
Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme, S_{di1}, itme adımının ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) modal ait $T_1^{(1)}$, başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1}'e bağlı olarak elde edilmektedir [1].

$$S_{di1} = C_{R1} \times S_{de1} \tag{3.12}$$

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \tag{3.13}$$

$T_1^{(1)} \geq T_B$ ise, doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1}, eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1}'e eşit olmaktadır [1].

$$C_{R1} = 1 \tag{3.14}$$

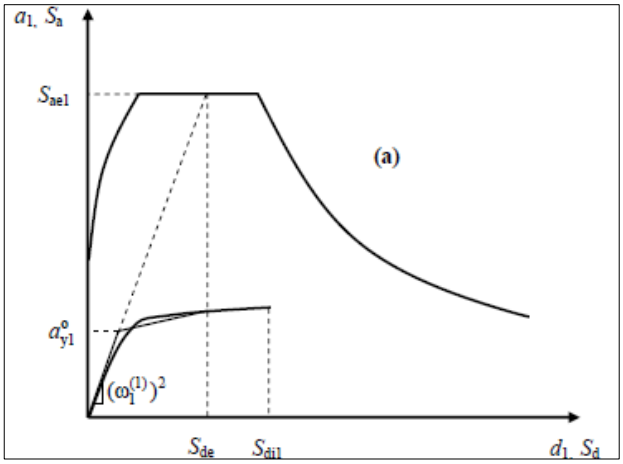


Şekil 3.5: $T_1^{(1)} \geq T_B$ durumu.

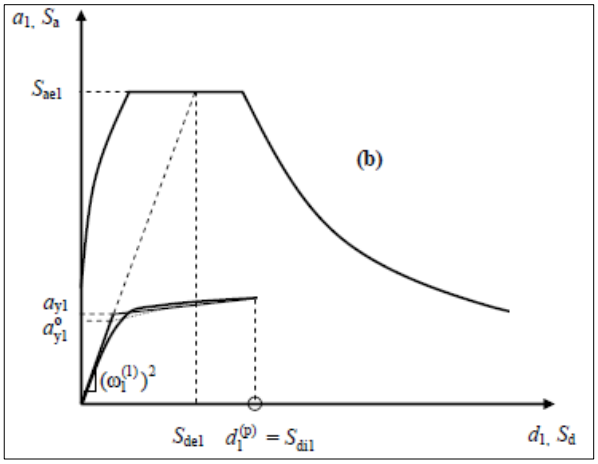
$T_1^{(1)} \leq T_B$ ise, doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} hesaplanırken C_{R1};

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) \times {T_B}/{T_1^{(1)}}}{R_{y1}} \geq 1 \tag{3.15}$$

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \tag{3.16}$$



Şekil 3.6: $T_1^{(1)} \leq T_B$ durumu.



Şekil 3.7: $T_1^{(1)} \leq T_B$ durumu.

Bulunan yerdeğiştirme ($u_{xN1}^{(p)}$) talebi kadar bina itildikten sonra kesitlerde oluşan plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik (ϕ_p) istemi hesaplanmaktadır. Plastik eğrilik istemi moment-eğrilik ilişkisiyle tanımlanan ϕ_y eşdeğer akma eğriliği ile toplanarak toplam eğrilik istemi (ϕ_t) elde edilmektedir [1].

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \tag{3.17}$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \tag{3.18}$$

Bulunan toplam eğrilik istemi herhangi bir moment eğrilik analizi yapan program yardımıyla birim şekil değiştirme değerlerine dönüştürülmektedir. Beton ve çeliğin

birim şekildeğiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri birim şekildeğiştirme kapasiteleriyle karşılaştırılmaktadır.

Minimum Hasar Sınırı (MN);

$$Beton\ için \quad \rightarrow \quad (\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \tag{3.19}$$

$$Çelik\ için \quad \rightarrow \quad (\varepsilon_{s})_{MN} = 0.010 \tag{3.20}$$

Güvenlik Sınırı (GV);

$$Beton\ için \quad \rightarrow \quad (\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 \times \left({}^{\rho_s}/_{\rho_{sm}}\right) \leq 0.0135 \tag{3.21}$$

$$Çelik\ için \quad \rightarrow \quad (\varepsilon_{s})_{GV} = 0.040 \tag{3.22}$$

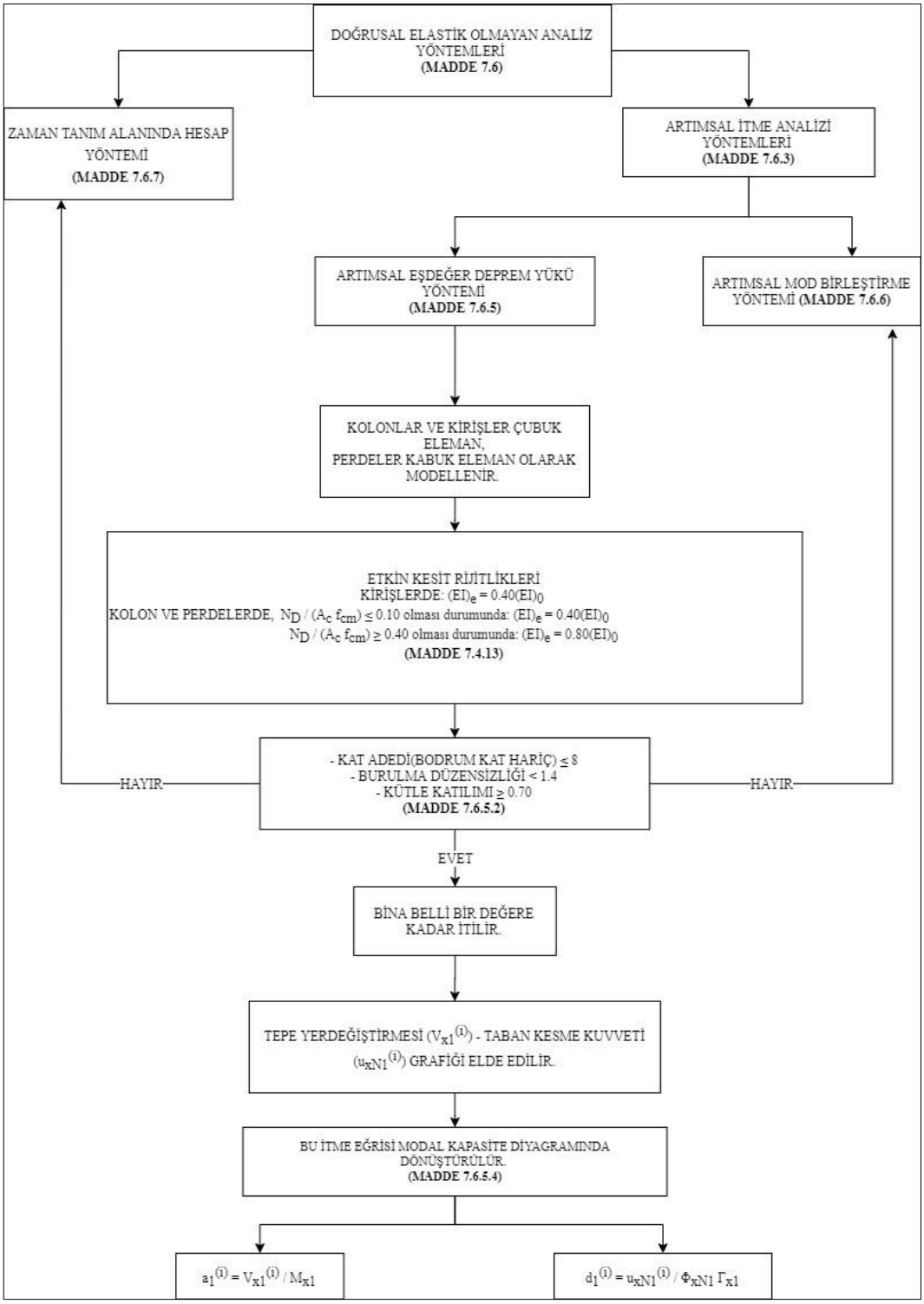
Göçme Sınırı (GÇ);

$$Beton\ için \quad \rightarrow \quad (\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 \times \left({}^{\rho_s}/_{\rho_{sm}}\right) \leq 0.018 \tag{3.23}$$

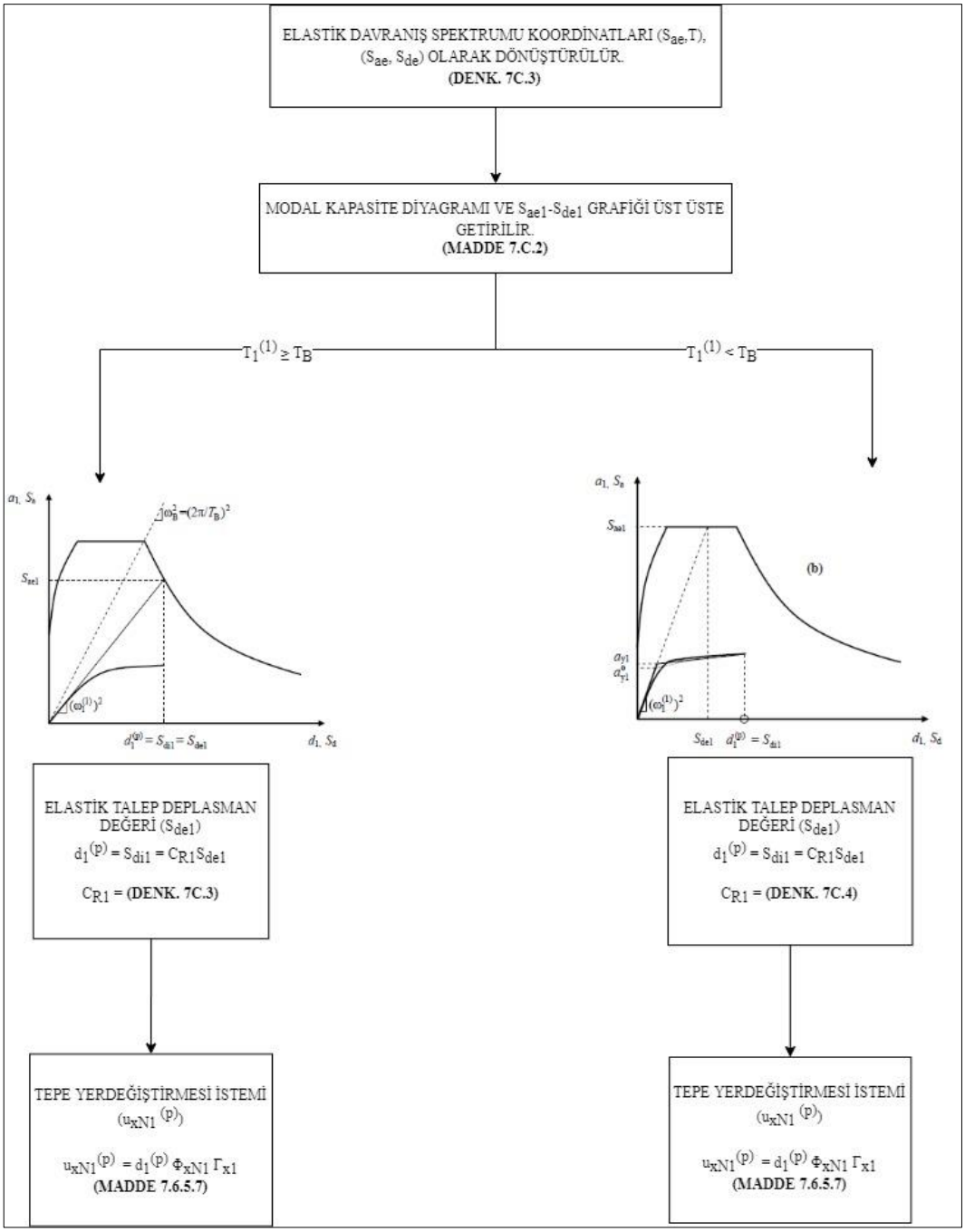
$$Çelik\ için \quad \rightarrow \quad (\varepsilon_{s})_{GC} = 0.060 \tag{3.24}$$

3.4.1.1. Akış Şeması

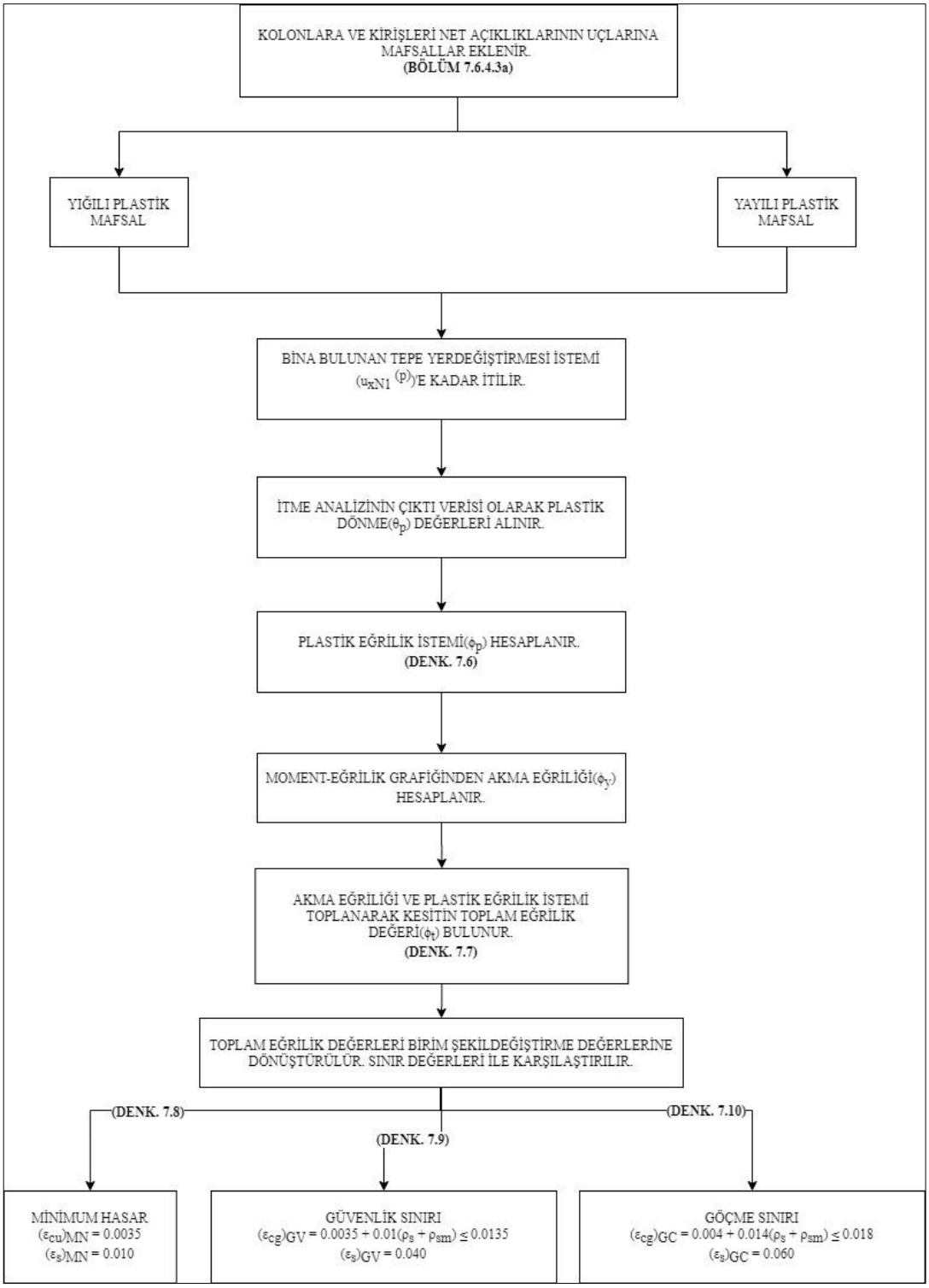
Yapılan analizin akış şeması olarak düzenlenmiş hali (Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10) ilerleyen sayfalarda gösterilmektedir.



Şekil 3.8: Akış şeması-1.



Şekil 3.9: Akış şeması-2.



Şekil 3.10: Akış şeması-3.

3.4.2. TBDY-2018

Deprem etkisi tanımlanırken, zemin şartlarına göre belirlenen yatay elastik tasarım spektrumu kullanılmaktadır. Bu değer hesaplanırken binanın periyodu (T), Yatay Tasarım Köşe Periyotları (T_A, T_B) ve Güncellenmiş Deprem Tehlike Haritası'ndan alınan Tasarım Spektral İvme Katsayıları (S_{DS}, S_{D1}) kullanılmaktadır.

$$
\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_A}\right) \times S_{DS} && 0 \le T \le T_A \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} && T_A \le T \le T_B \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} && T_B \le T \le T_L \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} && T_L \le T
\end{aligned}
\tag{3.25}
$$

Yatay Tasarım Spektrumu Köşe Periyotları (T_A, T_B), deprem tehlike haritasından alınan değerlerle belirlenmektedir. Bu değerler spektrum grafiğindeki plato kısmını oluşturmaktadır.

$$T_A = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.26}$$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları (S_{D1}, S_{DS}), Harita Spektral İvme Katsayılar (S_S,S_1), ve Yerel Zemin Etki Katsayıları (F_S,F_1)'nın çarpımıyla bulunmaktadır. TBDY-2018 [2] ile birlikte güncellenen Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na girilen koordinat değerleri yardımıyla, kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s) ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1)'na ulaşılmaktadır. Yerel zemin etki katsayıları (F_s, F_1) yerel zemin sınıfına bağlı olarak verilmişti. (Şekil 3.13, Şekil 3.14)

$$S_{DS} = S_s \times F_s \tag{3.27}$$

$$S_{D1} = S_1 \times F_1 \tag{3.28}$$

Tablo 3.13: Yerel zemin etki katsayısı (F_S).

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

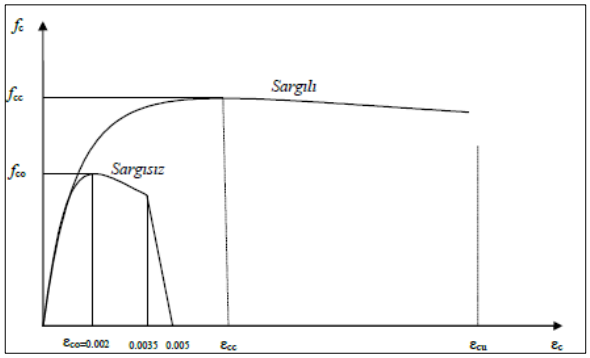
Tablo 3.14: Yerel zemin etki katsayısı (F_1).

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

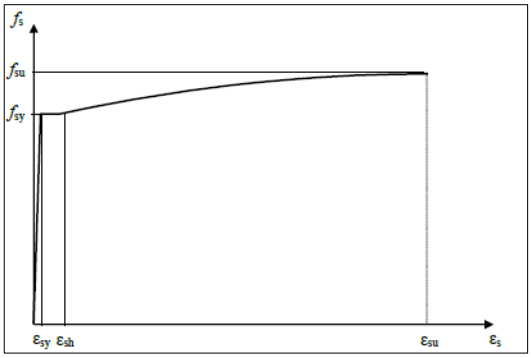
Beton ve çeliğin, bilgi düzeylerine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınmaktadır. Beton ve çelik modelleri olarak başka bir model seçilmediği sürece yönetmeliğin esas aldığı modeller kullanılacaktır.

Tablo 3.15: Bilgi düzey katsayısı.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzey Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00



Şekil 3.11: Sargılı, sargısız beton modelleri.



Şekil 3.12: Çelik modeli.

Kesitin göçme öncesi rijitliğinin gerçeğe yakın bulunması için kesitlere etkin kesit rijitliği ataması DBYBHY-2007 [1] ile birlikte gelmiştir. Bu yönetmelikte etkin kesit rijitliğinin hesabı için sadece eksenel yük dikkate alınmıştır. TBDY-2018 [2] ile birlikte bu durum [11]'de de önerildiği gibi eksenel yük ve donatı miktarının da hesaba katıldığı bir hesapla bulunmuştur. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlardan çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılmıştır [2]. Bu değerler doğrusal olarak modellenen elemanlarda aşağıdaki tablodan alınacaktır. Doğrusal olarak modellenmeyen elemanlarda bu değerler (3.29) ve (3.30)'da verilen formüller yardımıyla yapılmaktadır.

Tablo 3.16: Etkin kesit rijitliği çarpanları.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde-Döşeme(Düzlem İçi)	Eksenel	Kayma
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-Döşeme(Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
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

$$(EI)_e = \frac{M_y}{\theta_y} \times \frac{L_s}{3} \tag{3.29}$$

$$\theta_y = \frac{\phi_y \times L_s}{3} + 0.0015 \times \eta \times \left(1 + 1.5 \times \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\phi_y \times d_b \times f_{ye}}{8 \times \sqrt{f_{ce}}} \quad (3.30)$$

Kolonlarda, perdelerde ve kirişlerde oluşan plastik dönme ve gerilme değerlerinin alınabilmesi için Yığılı Plastik Davranış (Plastik Mafsal) Modeli tanımlaması yapılmaktadır. Bu tanımlama kolonlarda ve kirişlerde net açıklıkların uçlarına, perdelerde ise alt uca konulabilmektedir [2].

Sabit tek modlu itme yöntemi'nde, gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda k'ıncı itme adımında katlara etkiyen deprem yükü artımları, deprem dışı yüklemelerden sonraki birinci adımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan kat modal etkin kütleleri cinsinden ifade edilmektedir [2].

$$\Delta f_{ix1}^{(X,k)} = m_{ix1}^{(X.k)} \times \Delta a_1^{(X,k)} \; ; \; \Delta f_{iy1}^{(X,k)} = m_{iy1}^{(X.k)} \times \Delta a_1^{(X,k)} \quad (3.31)$$

Etkin kat kütlelerinin birinci adımda (k=1) hesaplanan birinci mod karşılıklarıdır. (n=1)

$$m_{ix1}^{(X,1)} = m_i \times \Phi_{ix1}^{(1)} \times \Gamma_1^{(X,1)} \; ; \; m_{iy1}^{(X,1)} = m_i \times \Phi_{iy1}^{(1)} \times \Gamma_1^{(X,1)} \quad (3.32)$$

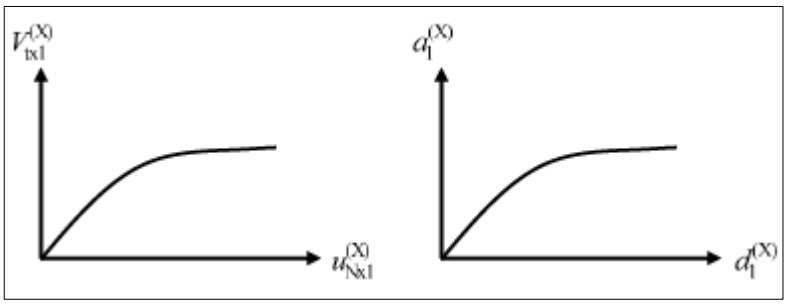
Modal sözde-ivme artımı ($\Delta a_1^{(X,k)}$), her bir itme adımının sonunda oluşan yeni bir plastik mafsalın akma koşulundan hesaplanmaktadır. Elde edilen modal sözde-ivme artımı, bir önceki adımın sonunda bulunan modal sözde-ivme değerine eklenerek k'ıncı adım sonundaki birikimli modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$ elde edilmektedir. Ya da bir diğer yolla deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X.k)}$ 'in, taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi $m_{tx1}^{(X,k)}$ 'e bölümünden bulunabilmektedir [2].

$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_{tx1}^{(X,k)}}{m_{tx1}^{(X,1)}} \quad (3.33)$$

Modal yerdeğiştirme $d_1^{(X)k}$, itme hesabında herhangi bir i'inci katta x doğrultusunda elde edilen yatay yerdeğiştirmeden hesaplanabilmektedir. Genellikle itme hesabında N'inci kattaki tepe yerdeğiştirmesi alınabilmektedir [2].

$$d_1^{(X,k)} = \frac{u_{Nx1}^{(X,k)}}{\Phi_{Nx1}^{(1)} \times \Gamma_1^{(X,1)}} \tag{3.34}$$

İtme hesabında taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi çizilmektedir. Daha sonra bu eğri yukarıdaki dönüşümler yapılarak modal sözde ivme – modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı elde edilmektedir [2]. (Şekil 3.13)



Şekil 3.13: Koordinat değişimi.

Modal kapasite diyagramından elde edilen en büyük yerdeğiştirme doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme olarak tanımlanmaktadır [2].

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \tag{3.35}$$

$$S_{di}(T_1) = C_R \times S_{de}(T_1) \tag{3.36}$$

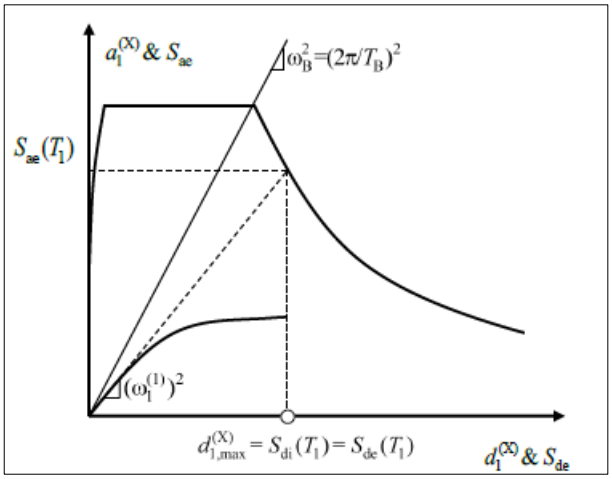
$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \tag{3.37}$$

Spektral yerdeğiştirme oranı (C_R), depremin süneklilik talebinin ($\mu(R_y, T_1)$), Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı (R_y)'na bölümünden bulunmaktadır [2].

a) Binanın periyodu (T_1), köşe periyodu olan (T_B)'den büyük olduğu durumlarda eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca depremin süneklilik talebi, akma dayanımı azaltma katsayısına (R_y) eşit alınır. ($T_1 > T_B$)

$$\mu(R_y, T_1) = R_y \tag{3.38}$$

$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} = 1 \tag{3.39}$$

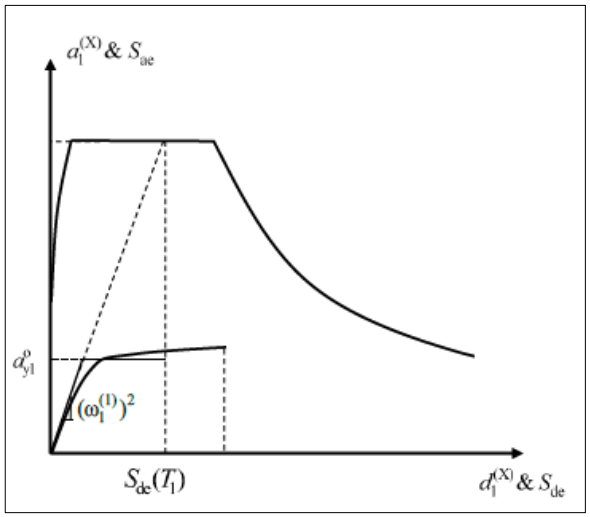


Şekil 3.14: $T_1 \geq T_B$ durumu.

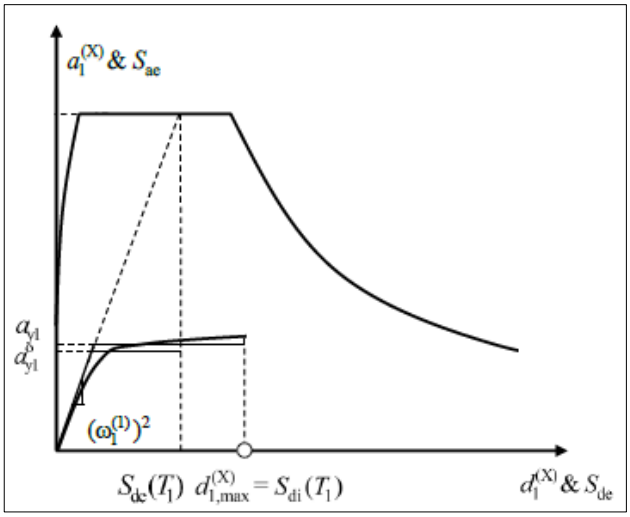
b) Binanın periyodu (T_1), köşe periyodu olan (T_B)'den küçük olduğu durumlarda depremin süneklilik talebi aşağıdaki denklem ile hesap edilir. ($T_1 \leq T_B$)

$$\mu(R_y, T_1) = 1 + (R_y - 1) \times \frac{T_B}{T_1} \tag{3.40}$$

$$C_R = \frac{1 + (R_y - 1) \times \frac{T_B}{T_1}}{R_y} \geq 1 \tag{3.41}$$



Şekil 3.15: $T_1 \leq T_B$ durumu.



Şekil 3.16: $T_1 \leq T_B$ durumu.

Bulunan yerdeğiştirme(u_{Nx1}^{x}) talebi kadar bina itildikten sonra mafsallardan plastik şekildeğiştirme ve plastik dönme talepleri alınmaktadır. Bu değerler plastik dönme ve şekildeğiştirme sınır değerleri ile karşılaştırılmaktadır [2].

Göçmenin önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi;

$$Beton\ için \quad \rightarrow \qquad \varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04 \times \sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \tag{3.42}$$

ω_{we}: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı

$$\omega_{we} = \alpha_{se}\ x\ \rho_{sh,min} \times \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \tag{3.43}$$

α_{se}: Sargı donatısı etkinlik katsayısı

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\Sigma a_i^2}{6 \times b_0 \times h_0}\right) \times \left(1 - \frac{s}{2 \times b_0}\right) \times \left(1 - \frac{s}{2 \times h_0}\right) \tag{3.44}$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k \times s} \tag{3.45}$$

$$Çelik\ için \quad \rightarrow \qquad \varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4 \times \varepsilon_{su} \tag{3.46}$$

$Plastik\ Dönme \quad \rightarrow$

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \times \left[(\phi_u - \phi_y) \times L_p \times \left(1 - 0.5 \times \frac{L_p}{L_s}\right) + 4.5 \times \phi_u \times d_b\right] \tag{3.47}$$

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi;

$$Beton\ için \quad \rightarrow \quad \varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \times \varepsilon_c^{(GÖ)} \tag{3.48}$$

$$Çelik\ için \quad \rightarrow \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \times \varepsilon_s^{(GÖ)} \tag{3.49}$$

$$Plastik\ Dönme \quad \rightarrow \quad \theta_p^{(KH)} = 0.75 \times \theta_p^{(GÖ)} \tag{3.50}$$

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi;

$$Beton\ için \quad \rightarrow \quad \varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \tag{3.51}$$

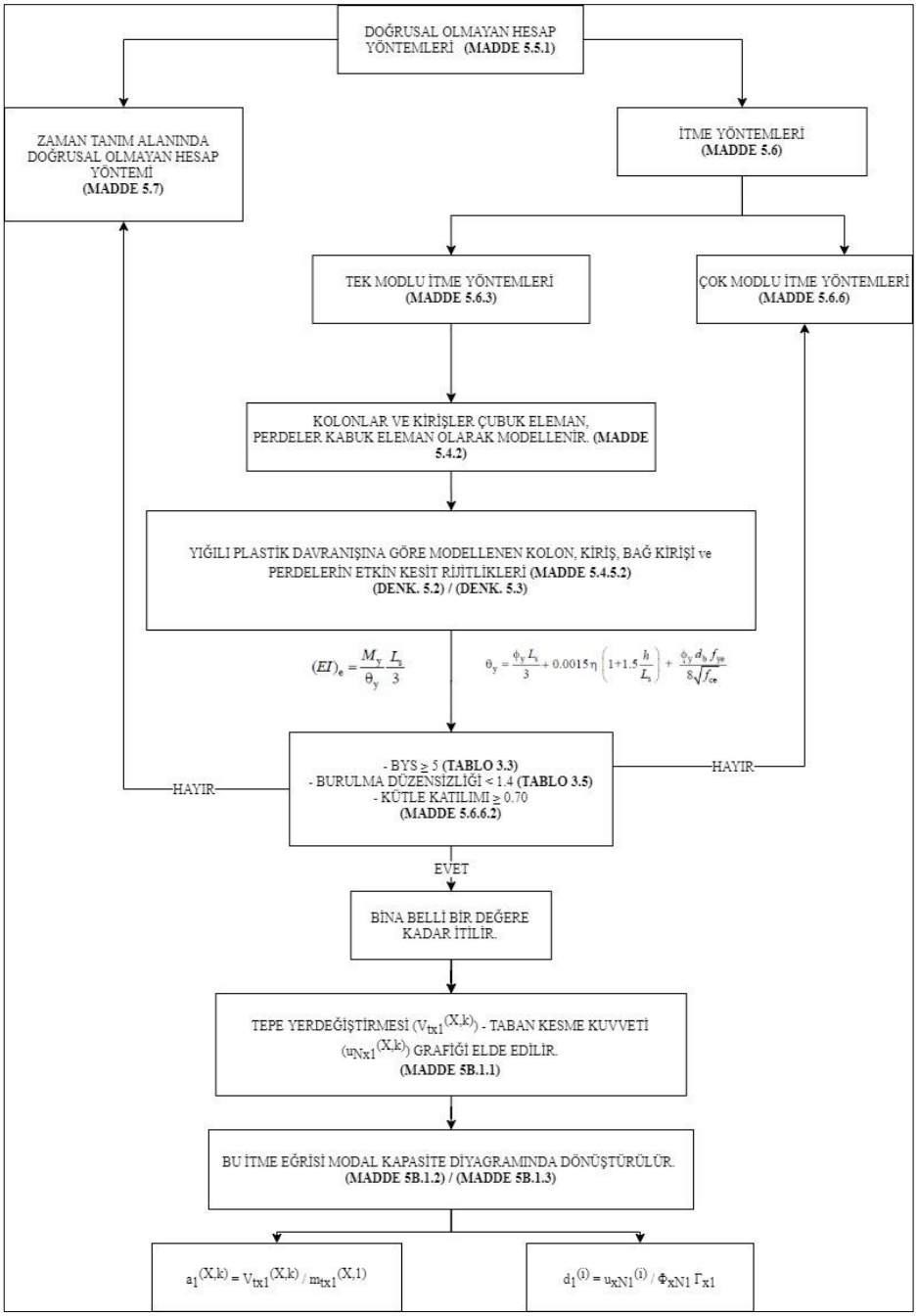
$$Çelik\ için \quad \rightarrow \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \tag{3.52}$$

$$Plastik\ Dönme \quad \rightarrow \quad \theta_p^{(SH)} = 0 \tag{3.53}$$

Sınır değerlerine binadaki mevcut duruma göre bazı düzeltmeler yapılır. Eğer kullanılan donatılar nervürsüz ise şekildeğiştirme talebi ve plastik dönme talebi 1.5 ile çarpılarak arttırılacaktır. ρ_{sh} hesabında 90 derece kapalı etriyelerin %30'u hesaba dahil edilebilir. L_s değeri L_p küçük alınmayacaktır. Şekildeğiştirme hesabı yapılan betonarme kesitin kesme kuvveti oran $V_e/(b_w \times d \times f_{ctm}) < 0.65$ ise hesaplanan şekildeğiştirme üst sınırları geçerlidir. Kesme kuvveti oranı 1.30'dan büyük ise hesaplanan şekil değiştirme üst sınırları 0.50 ile çarpılarak azaltılacaktır.

3.4.2.1. Akış Şeması

Yapılan analizin akış şeması olarak düzenlenmiş hali (Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19, Şekil 3.20) ilerleyen sayfalarda gösterilmektedir.



Şekil 3.17: Akış şeması-1.

YATAY ELASTİK TASARIM SPEKTRUMU ÇİZİLİR.
(MADDE 2.3.4)

DD-2 (50 YILDA %10) DEPREM HAREKETİ DÜZEYİNE İÇİN $S_{ae}(T)$ DEĞERLERİ HESAPLANIR.
(MADDE 2.3.4.1)

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \qquad (0 \le T \le T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \qquad (T_A \le T \le T_B)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \qquad (T_B \le T \le T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \qquad (T_L \le T)$$

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

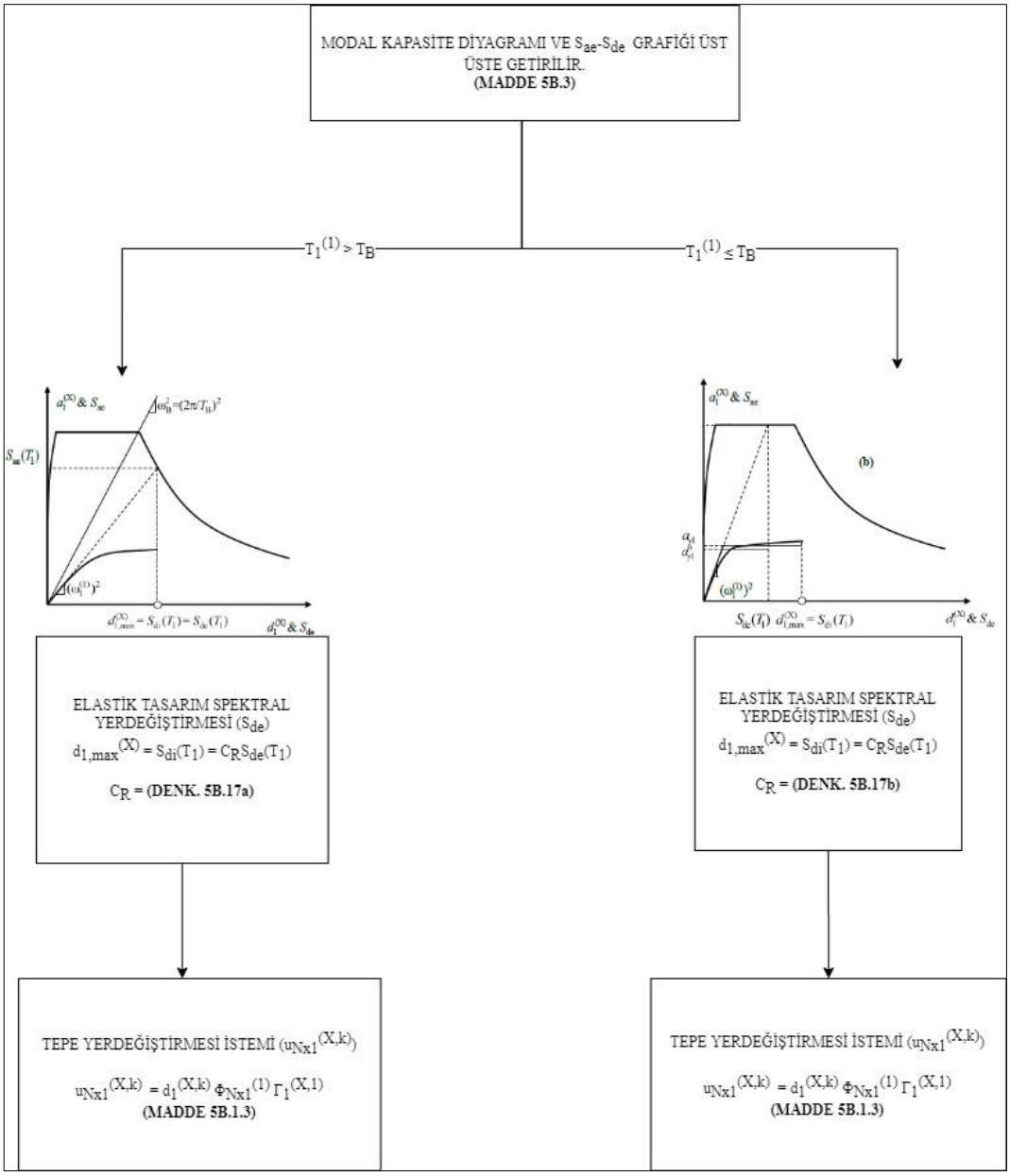
TDTH'DAN ALINAN HARİTA SPEKTRAL İVME DEĞERLERİ (S_S, S_1), ZEMİN PARAMETRELERİ (F_S, F_1) DEĞERLERİYLE ÇARPILIR VE S_{DS} VE S_{D1} DEĞERLERİ BULUNUR.
(MADDE 2.3.2.2)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_s					
	$S_s \le 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \ge 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır* **(Bkz.16.5)**.					

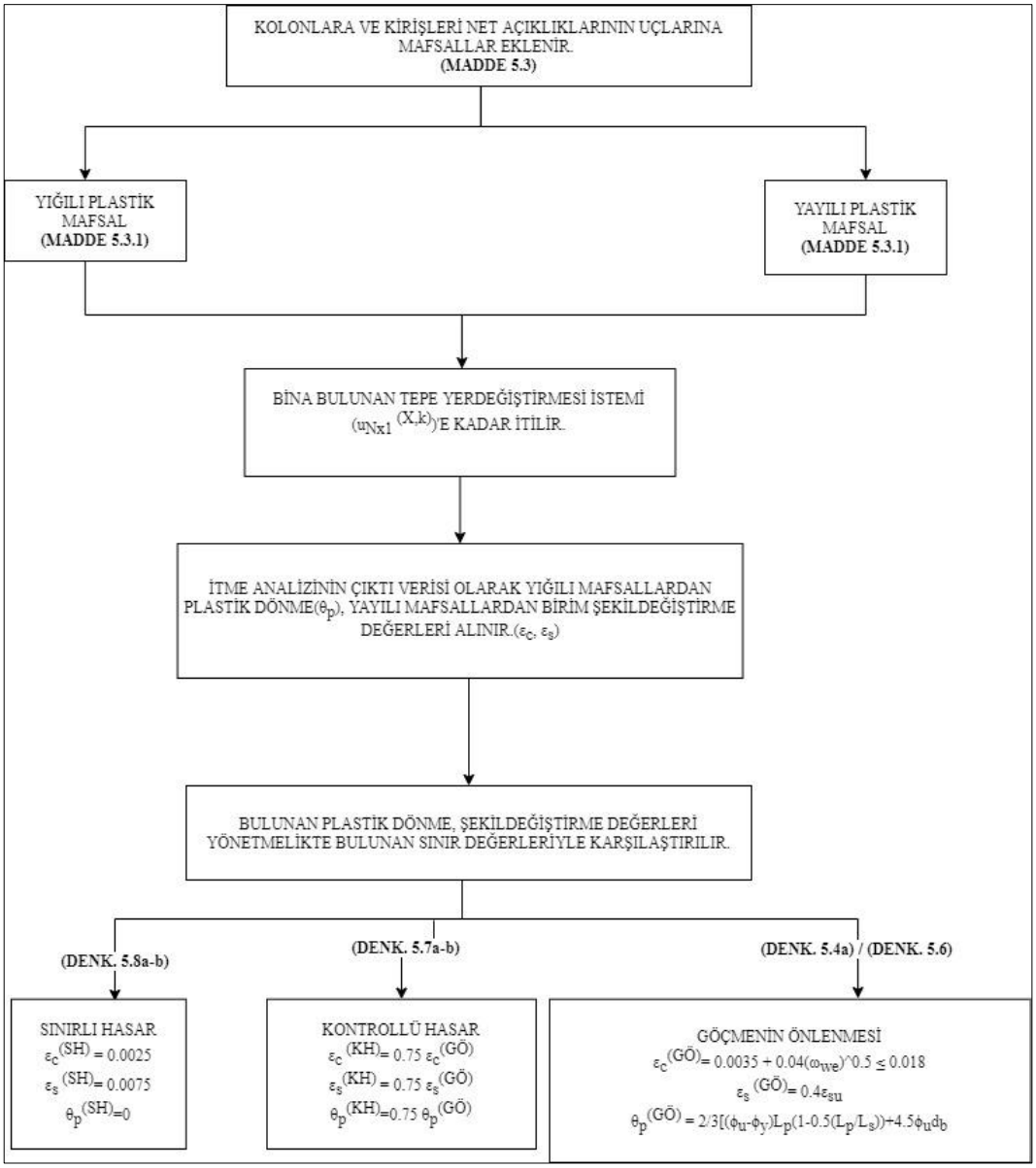
Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_1					
	$S_1 \le 010$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \ge 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır* **(Bkz.16.5)**.					

YATAY ELASTİK TASARIM SPEKTRUMU KOORDİNATLARI (S_{ae},T), (S_{ae}, S_{de}) OLARAK DÖNÜŞTÜRÜLÜR.

Şekil 3.18: Akış şeması-2.



Şekil 3.19: Akış şeması-3.



Şekil 3.20: Akış şeması-4.

4.SAYISAL UYGULAMALAR

4.1.Bina Hakkında

Bina bodrum, zemin ve 6 normal kattan oluşmaktadır. Bodrum kat tamamen toprak altında tutuludur. Kat yükseklikleri bodrum katta 1.90 m, zemin katta 3.50 m, normal katlarda 2.90 m'dir. Bodrum kat alanı 120 m^2, zemin ve normal kat alanları 410 m^2'dir. Beton basınç dayanımı 6.23 MPa'dır. Çelik sınıfı S220'dir.

Tablo 4.1: Kolon ve kiriş sayıları.

KAT	KOLON SAYISI
6.NK	25
5.NK	25
4.NK	25
3.NK	25
2.NK	25
1.NK	25
ZK	25
BK	11

KAT	KİRİŞ SAYISI
6.NK	40
5.NK	40
4.NK	40
3.NK	40
2.NK	40
1.NK	40
ZK	42
BK	4

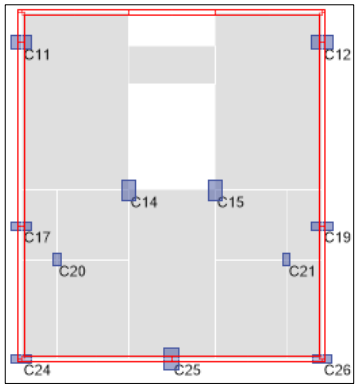
Döşemelerde kaplama yükü odalarda 1.20 kN/m^2, banyolarda 2.00 kN/m^2, hareketli yük odalarda 2.00 kN/m^2, balkonlarda 5.00 kN/m^2, merdivenlerde 3.50 kN/m^2 olarak alınmıştır. Kirişlere duvar yükleri 2.40-3.00 kN/m olarak atanmıştır. Kolon ve kiriş donatıları için donatı gerçekleşme katsayıları hesaplanmıştır. Kolonlarda ve kirişlerde bulunan donatılar minimum donatı oranıyla karşılaştırılarak bulunmuştur. Bu değerler kolonlarda 0.56, kirişlerde 0.68 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.2: Kiriş donatıları.

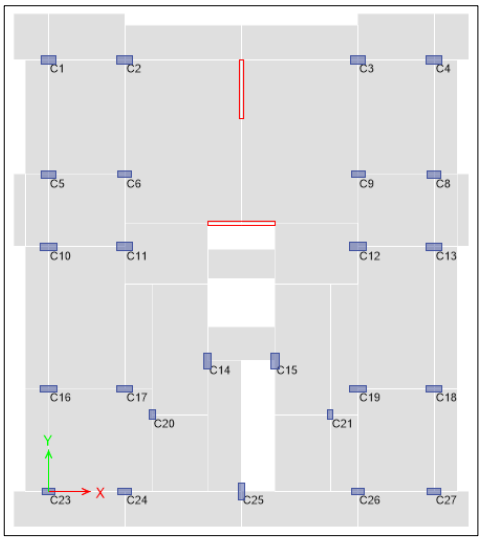
KİRİŞ	ALT MESNET	ÜST MESNET
90/30	2Ø16	3Ø16
70/30	2Ø16	2Ø16
30/30	2Ø10	2Ø10
100/30	3Ø14	3Ø16
35/30	2Ø10	2Ø12
15/70	2Ø10	2Ø12
20/50	2Ø10	2Ø12
15/50	2Ø8	2Ø10
20/70	2Ø12	3Ø12
15/85	2Ø12	2Ø12
20/85	3Ø12	3Ø12
15/60	2Ø8	2Ø12
40/35	2Ø12	3Ø12

Tablo 4.3: Kolon donatıları.

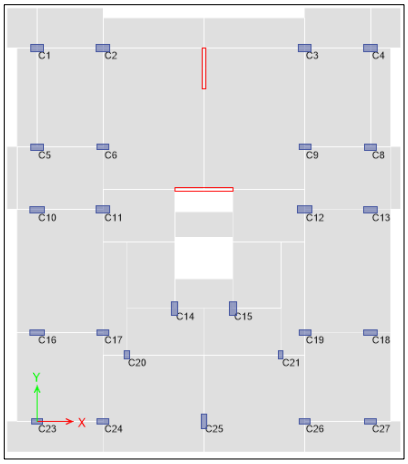
KOLON	KÖŞE	KENAR
55/30	4Ø14	2Ø16
40/30	4Ø12	2Ø12
30/25	4Ø12	-
50/30	4Ø14	2Ø14
25/30	4Ø12	-
25/40	4Ø14	-
50/25	4Ø12	2Ø14
60/30	4Ø14	2Ø16
65/30	4Ø14	4Ø14
65/25	4Ø14	2Ø14
25/60	4Ø14	2Ø14
70/30	4Ø14	4Ø14
25/70	4Ø14	2Ø16
45/25	4Ø12	2Ø14
65/35	6Ø14	2Ø16
60/25	4Ø14	2Ø14
55/25	4Ø14	2Ø14
45/70	6Ø14	6Ø14
70/35	4Ø14	4Ø16
50/70	6Ø16	4Ø14



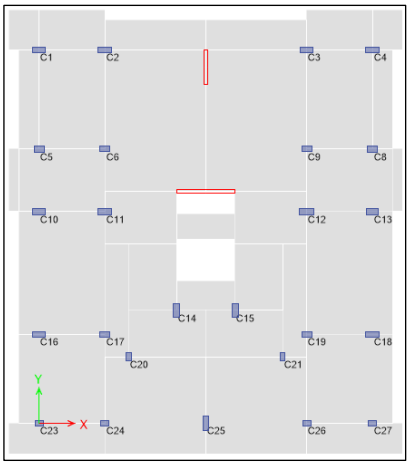
Şekil 4.1: Bodrum kat.



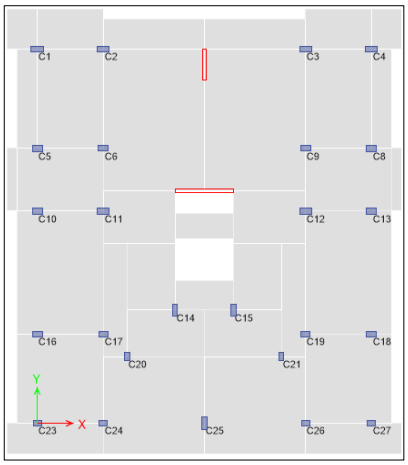
Şekil 4.2: Zemin kat.



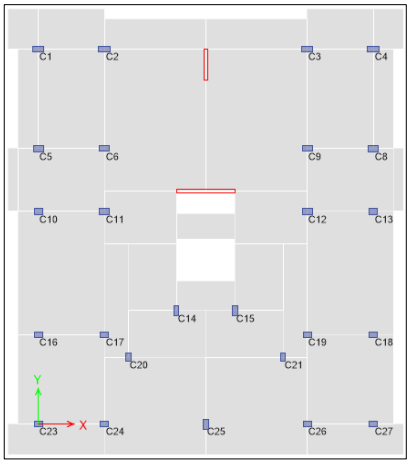
Şekil 4.3: 1.Normal kat.



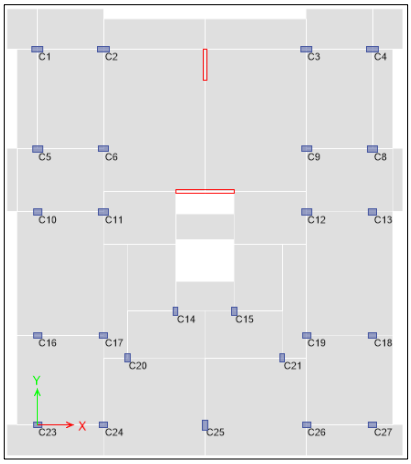
Şekil 4.4: 2.Normal kat.



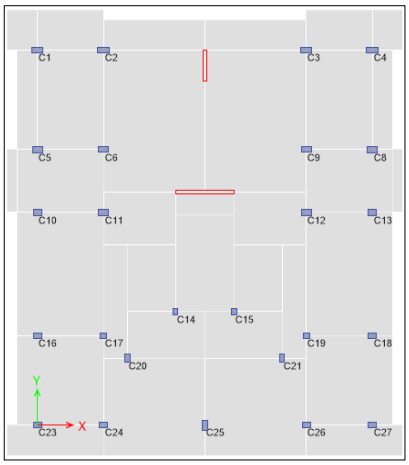
Şekil 4.5: 3.Normal kat.



Şekil 4.6: 4.Normal kat.



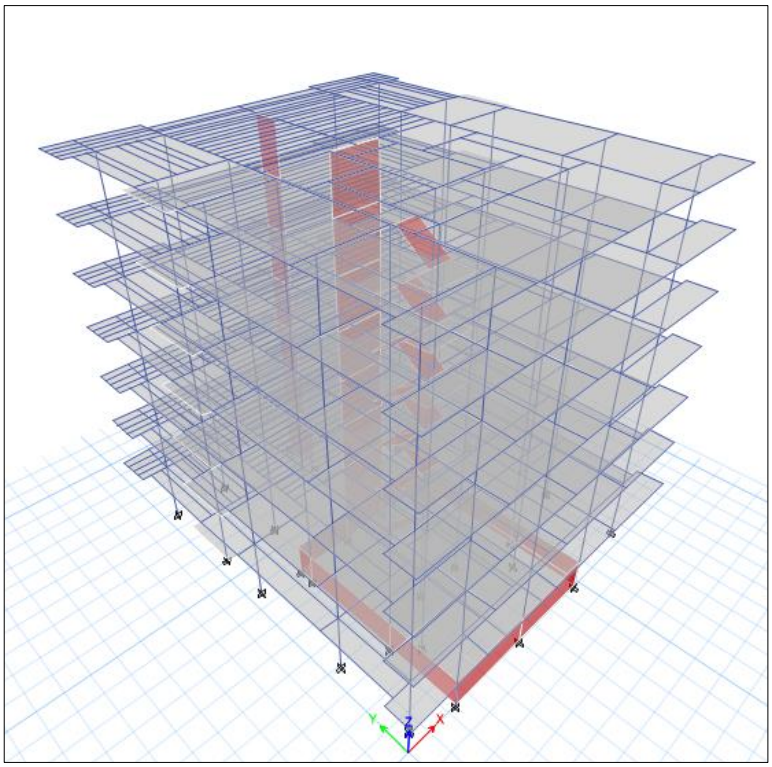
Şekil 4.7: 5.Normal kat.



Şekil 4.8: 6.Normal kat.

4.2.DBYBHY-2007'ye Göre Performans Analizi

Binanın üç boyutlu modeli kurulmuştur. Bina sekiz kattan oluşmaktadır. Kısmi bir bodrum katı bulunmaktadır. Katlarda döşemelere rijit diyafram tanımlaması yapılmıştır. Kolonlar ve kirişler çubuk eleman, perdeler kabuk eleman olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.9: Perspektif görünüm.

Eğilme etkisindeki çubuk ve kabuk elemanlarda, çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ uygulanmıştır. (Tablo 4.4)

Kirişlerde,

$$(EI)_e = 0.40\ x\ (EI)_0 \tag{4.1}$$

Kolon ve perdelerde,

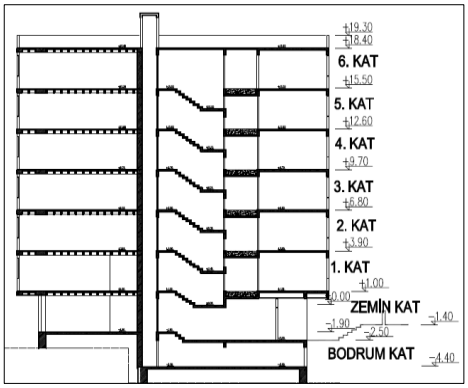
$$\frac{N_D}{(A_c x f_{cm})} \leq 0.10\ olması\ durumunda:\ (EI)_e = 0.40\ x\ (EI)_0 \tag{4.2}$$

$$\frac{N_D}{(A_c x f_{cm})} \geq 0.40 \; olması \; durumunda: \; (EI)_e = 0.80 \; x \; (EI)_0 \qquad (4.3)$$

Tablo 4.4: C1 kolonundaki etkin eğilme rijitliği.

Kat	Kolon	P	Kesit	fcm	Alan	Oran	Kontrol
-	-	kN	-	kN/m^2	m^2	-	
6.NK	C1	-115.8	C-55/30	6230	0.165	0.11	0.42
5.NK	C1	-277.8	C-55/30	6230	0.165	0.27	0.63
4.NK	C1	-439.2	C-55/30	6230	0.165	0.43	0.80
3.NK	C1	-601.9	C-60/30	6230	0.18	0.54	0.80
2.NK	C1	-765.8	C-65/30	6230	0.195	0.63	0.80
1.NK	C1	-931.1	C-65/35	6230	0.228	0.66	0.80
ZK	C1	-1093.2	C-65/35	6230	0.228	0.77	0.80

Kurulan modelde elemanlara etkin eğilme rijitlikleri tanımlandıktan sonra itme analizinin yapılabilmesi için yönetmelikte bulunan sınır şartlarının kontrolü yapılmıştır. Binanın sınır şartlarını karşıladığı görülmüştür. Bodrum kat hariç bina kat sayısı 8'i geçmemektedir. (Şekil 4.10)



Şekil 4.10: Bina kat sayısı.

Her iki deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış kabulüyle hesaplanan birinci hakim titreşim moduna ait etkin kütlenin, tüm binanın kütlesine oranı 0.70 değerini karşılamaktadır. (Tablo 4.5)

Tablo 4.5: Kütle katılım oranı.

Modal Kütle Katılım Oranı			
Mod	Periyot	UX	UY
2	1.49	-	0.71
3	1.18	0.72	-

Her iki deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış kabulüyle hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} < 1.4 koşulunu sağlamaktadır. (Tablo 4.6-Tablo 4.7)

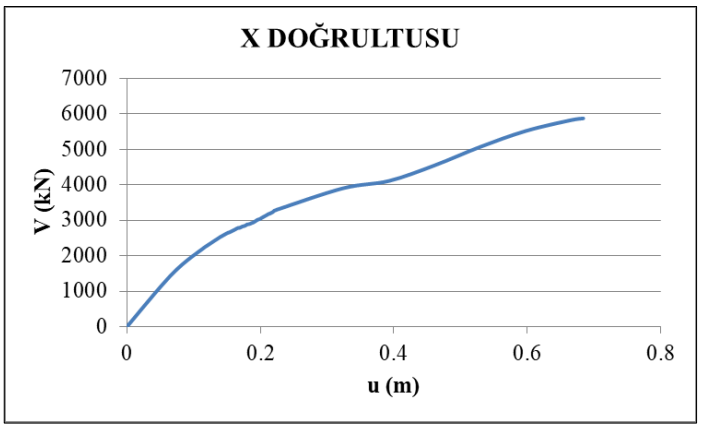
Tablo 4.6: X doğrultusu burulma düzensizliği.

Kat	Doğrultu	Maksimum	Minimum	Ortalama	Oran	η_{bi}<1.4
-	-	mm	mm	mm	-	-
6.NK	X	46.2	27.9	37.0	1.25	OK
5.NK	X	53.8	27.7	40.8	1.32	OK
4.NK	X	60.1	29.5	44.8	1.34	OK
3.NK	X	63.3	29.9	46.6	1.36	OK
2.NK	X	61.8	28.3	45.1	1.37	OK
1.NK	X	53.8	23.3	38.6	1.40	OK
ZK	X	37.3	17.6	27.5	1.36	OK
BK	X	0.7	0.3	0.5	1.36	OK

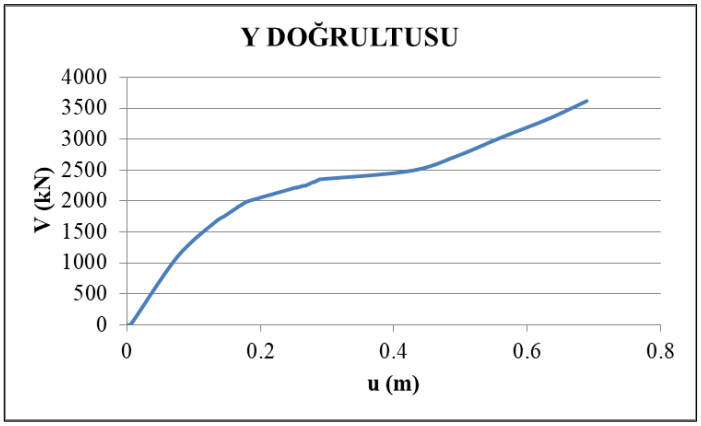
Tablo 4.7: Y doğrultusu burulma düzensizliği.

Kat	Doğrultu	Maksimum	Minimum	Ortalama	Oran	η_{bi}<1.4
-	-	mm	mm	mm	-	
6.NK	Y	46.5	40.3	43.4	1.07	OK
5.NK	Y	57.7	48.9	53.3	1.08	OK
4.NK	Y	68.6	57.5	63.1	1.09	OK
3.NK	Y	74.8	62.4	68.6	1.09	OK
2.NK	Y	71.8	58.8	65.3	1.10	OK
1.NK	Y	55.9	44.5	50.2	1.11	OK
ZK	Y	33.3	24.3	28.8	1.16	OK
BK	Y	0.2	0.2	0.2	1.06	OK

Binanın, itme analizinin ön şartlarını sağladığı anlaşıldıktan sonra bina belli bir değere kadar itilerek her iki deprem doğrultusu için ayrı ayrı taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi (V-u_N) ilişkisi olarak itme eğrisi elde edilmiştir. (Şekil 4.11-Şekil 4.12)



Şekil 4.11: X doğrultusu (V-u_N) grafiği.

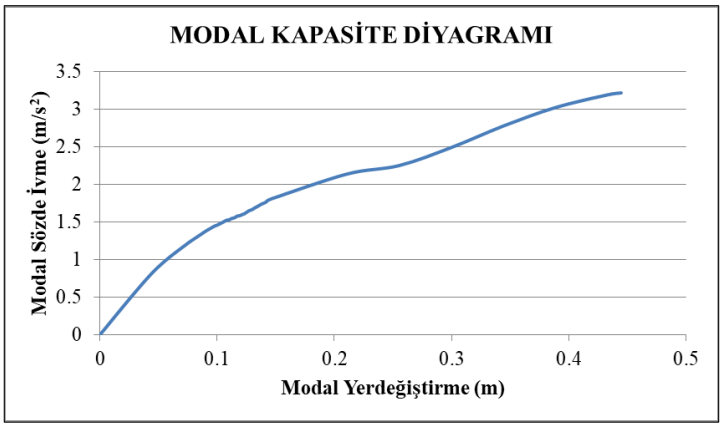


Şekil 4.12: Y doğrultusu (V-u_N) grafiği.

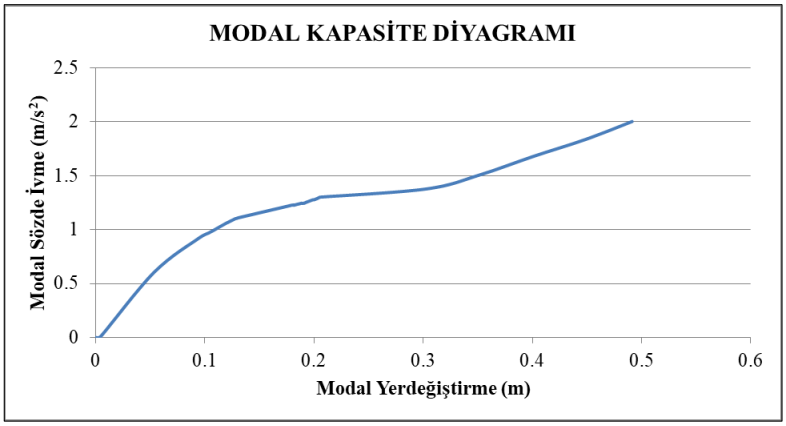
Bina belli bir noktaya kadar itildikten sonra itme eğrisi elde edilmiştir. Bu eğrinin, spektral yerdeğiştirme-spektral ivme (S_{de}-S_{ae}) grafiği olan doğrusal deprem spektrumunun içine yerleştirilerek depremin talep ettiği itme değerinin bulunması için, taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi (V-u_N) dönüştürülerek, koordinatları modal yerdeğiştirme-modal ivme (d_1,a_1) olan modal kapasite diyagramı oluşturulmuştur. (Şekil 4.13-Şekil 4.14)

Tablo 4.8: Modal analizden alınan değerler.

Doğrultu	X	Y
Γ_{N1}	*42.7*	*42.5*
Φ_{N1}	*3.60E-02*	*3.30E-02*
ΣM (t)	*2552*	*2552*
Modal Kütle Katılımı	*0.72*	*0.71*
M_1	*1826*	*1807*



Şekil 4.13: X doğrultusu modal kapasite diyagramı.



Şekil 4.14: Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.

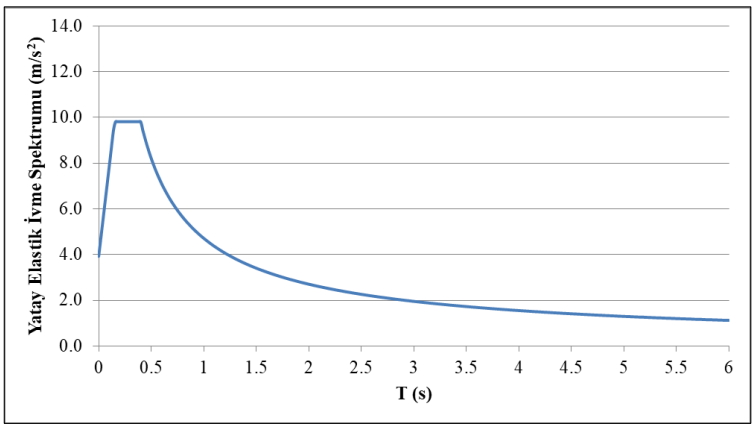
Binanın bulunduğu deprem bölgesi ve o bölgenin zemin özellikleri ışığında bir deprem spektrumu oluşturulmuştur. Binanın deprem bölgesi 1'dir ve A_0 değeri 0.4 olarak dikkate alınmıştır. (Tablo 4.9)

Tablo 4.9: Deprem bölgesi.

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

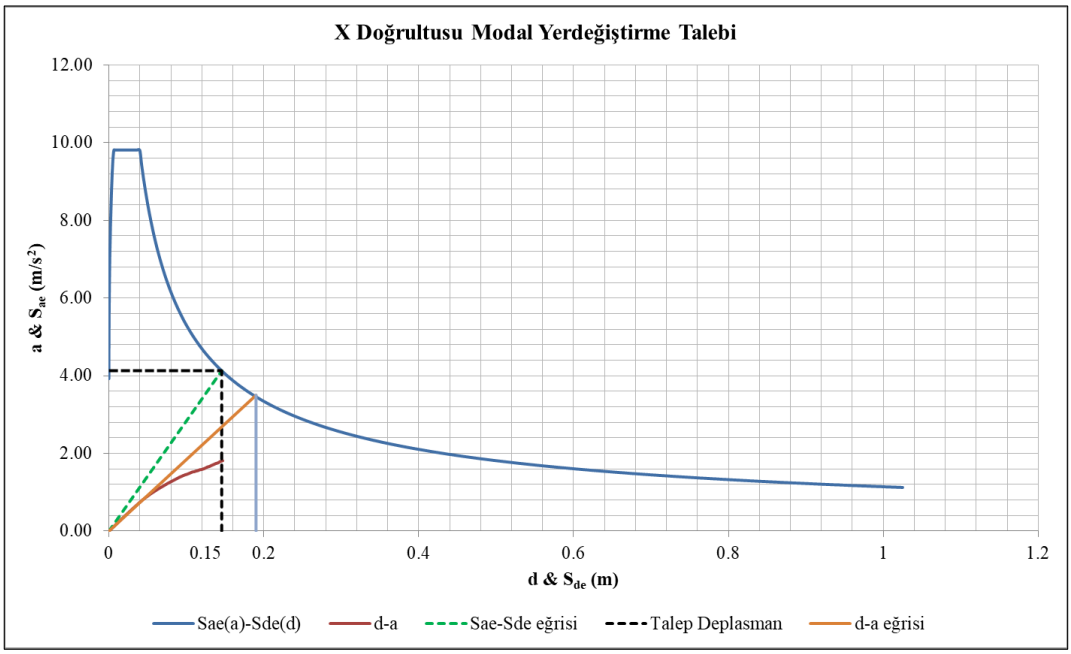
Tablo 4.10: Köşe periyotları.

Zemin Sınıfı	T_A	T_B
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

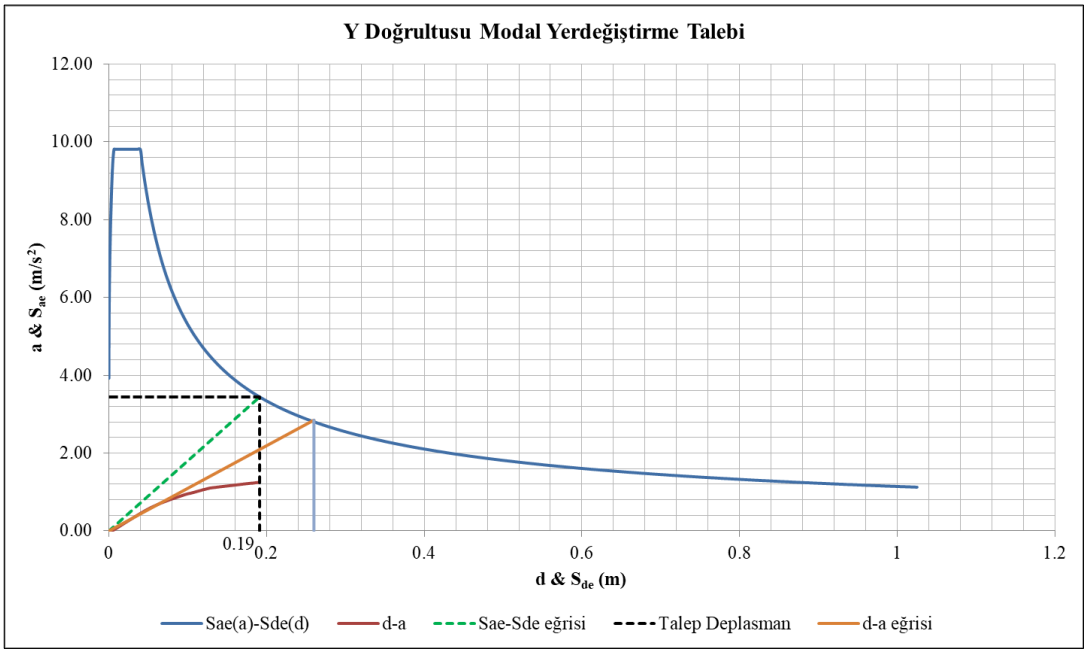


Şekil 4.15: Elastik ivme spektrum grafiği.

Oluşturulan elastik ivme spektrumu ile modal kapasite diyagramı üst üste yerleştirilmiş ve binanın doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değeri bulunmuştur. Bu elastik deplasman talepleri, binanın periyoduna karşılık gelen S_{ae}-S_{de} (S_{ae}-S_{de} eğrisi) değerleri kullanılarak bulunmuştur. X doğrultusu için 15 cm, Y doğrultusu için 19 cm'dir. (Şekil 4.16-Şekil 4.17)



Şekil 4.16: X Doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi.



Şekil 4.17: Y doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi.

Binanın bulunan doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değeri spektral yer değiştirme oranı C_R yardımıyla doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme değerine çevrilmiştir. Binanın periyodu X ve Y doğrultusunda sırasıyla 1.18 s, 1.49 s'dir. Bu değerler binanın bulunduğu zemine bağlı olarak bulunan köşe periyodu olan T_B değerinden büyük olduğundan, eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca, C_R değeri 1 olarak alınmıştır.

Binanın doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme değeri hesap edilmiştir. Bu değer itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şeklinin genliği ve modal katkı çarpanı ile çarpılarak binanın talep deplasman değeri hesap edilmiştir. Bu değerler X doğrultusu için 22 cm, Y doğrultusu için 27 cm olarak bulunmuştur. (Tablo 4.11)

Tablo 4.11: X-Y doğrultusu doğrusal olmayan talep deplasman değerleri.

X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
$T_X > T_B$			$T_Y > T_B$		
a	1.81	m/s^2	a	1.24	m/s^2
d	0.15	m	d	0.19	m
ω_1^2	28.30	-	ω_1^2	17.71	-
ω_1	5.32	rad/s	ω_1	4.21	rad/s
T	1.18	s	T	1.49	s
Sae	4.13	m/s^2	Sae	3.44	m/s^2
Sde	0.15	m	Sde	0.19	m
C_R	1	-	C_R	1	-
Sdi	0.15	m	Sdi	0.19	m
u	0.22	m	u	0.27	m

Bu aşamada artık binanın mevcut durumundaki elemanların değerlendirilmesine geçilmiştir. Elemanlarda oluşan hasarların tespiti için plastik mafsallar yerleştirilmiştir. Kolonlarda ve perdelerde yayılı plastik mafsal modeli kullanılmıştır. Kirişlerde ise yığılı plastik mafsal modeli kullanılmıştır. Plastik mafsallar kolonlarda ve kirişlerde, birleşim bölgelerinin hemen dışına yerleştirilmiştir.

Kesitlerde oluşan birim şekil değiştirme değerlerini bulmak için kesitin toplam eğriliğini (ϕ_t) hesaplamak gerekmektedir. Toplam eğrilik ise kesitlerde oluşan plastik eğriliğin (ϕ_p), akma eğriliğiyle (ϕ_y) toplanmasıyla bulunur. (Tablo 4.12-Tablo 4.13-Tablo 4.14) Plastik eğrilik, mafsallarda oluşan plastik dönme değerlerinin (θ_p),

plastik mafsal boyuna (L_p) değerine bölümünden bulunur. Akma eğriliği moment-eğrilik ilişkisi yardımıyla bulunur.

Tablo 4.12: Kolonlarda X doğrultusu toplam eğrilik değerleri.

X DOĞRULTUSU											
P	Kesit	M_y	ϕ_y	ϕ_p	ε_c^{ALT}	ε_s^{ALT}	ϕ_t	ϕ_p	$\varepsilon_c^{ÜST}$	$\varepsilon_s^{ÜST}$	ϕ_t
kN	-	kNm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-145	C-55/30	59	5.38E-03	4.36E-05	9.93E-04	1.66E-03	5.42E-03	3.64E-06	9.88E-04	1.65E-03	5.38E-03
-160	C-55/30	59	5.38E-03	1.24E-03	1.17E-03	2.08E-03	6.62E-03	1.05E-04	1.04E-03	1.65E-03	5.48E-03
-170	C-55/30	59	5.38E-03	1.56E-04	1.07E-03	1.64E-03	5.53E-03	1.05E-04	1.06E-03	1.63E-03	5.48E-03
-118	C-55/30	59	5.38E-03	1.42E-04	9.34E-04	1.76E-03	5.52E-03	5.45E-06	9.16E-04	1.70E-03	5.38E-03
-107	C-50/30	40	6.13E-03	5.20E-05	9.48E-04	1.78E-03	6.18E-03	4.00E-06	9.45E-04	1.76E-03	6.14E-03
-114	C-50/25	48	5.53E-03	9.36E-04	1.12E-03	1.73E-03	6.46E-03	7.40E-05	1.03E-03	1.44E-03	5.60E-03
-86	C-50/30	40	6.13E-03	1.52E-04	9.01E-04	1.86E-03	6.28E-03	2.00E-06	8.89E-04	1.81E-03	6.13E-03
-116	C-50/25	48	5.53E-03	2.52E-04	1.06E-03	1.49E-03	5.78E-03	7.20E-05	1.04E-03	1.43E-03	5.60E-03
-119	C-40/30	39	7.00E-03	3.78E-04	1.04E-03	1.49E-03	7.38E-03	4.50E-05	1.01E-03	1.40E-03	7.05E-03
-136	C-50/30	52	5.62E-03	1.00E-03	1.06E-03	1.85E-03	6.62E-03	2.00E-06	9.66E-04	1.50E-03	5.62E-03
-132	C-50/30	52	5.62E-03	1.07E-03	1.06E-03	1.88E-03	6.68E-03	4.00E-06	9.55E-04	1.52E-03	5.62E-03
-93	C-40/30	36	7.15E-03	1.79E-03	1.07E-03	1.99E-03	8.94E-03	4.25E-05	9.43E-04	1.52E-03	7.20E-03
-107	C-25/30	30	0.0119	3.34E-03	1.37E-03	1.65E-03	1.52E-02	4.80E-05	1.26E-03	1.11E-03	1.19E-02

Tablo 4.13: Kolonlarda Y doğrultusu toplam eğrilik değerleri.

Y DOĞRULTUSU											
P	Kesit	M_y	ϕ_y	ϕ_p	ε_c^{ALT}	ε_s^{ALT}	ϕ_t	ϕ_p	$\varepsilon_c^{ÜST}$	$\varepsilon_s^{ÜST}$	ϕ_t
kN	-	kNm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-133	C-55/30	36	9.17E-03	2.00E-05	8.07E-04	1.44E-03	9.19E-03	6.67E-06	8.07E-04	1.44E-03	9.17E-03
-182	C-55/30	36	9.17E-03	4.83E-04	9.83E-04	1.37E-03	9.65E-03	1.93E-04	9.65E-04	1.33E-03	9.36E-03
-181	C-55/30	36	9.17E-03	2.57E-04	9.65E-04	1.33E-03	9.42E-03	5.27E-04	9.83E-04	1.37E-03	9.69E-03
-135	C-55/30	36	9.17E-03	5.00E-05	8.33E-04	1.42E-03	9.22E-03	4.33E-05	8.33E-04	1.42E-03	9.21E-03
-84	C-50/30	29	9.07E-03	4.67E-05	6.94E-04	1.53E-03	9.12E-03	6.67E-06	6.91E-04	1.52E-03	9.08E-03
-113	C-50/25	26	0.0121	5.56E-04	9.51E-04	1.52E-03	1.27E-02	1.48E-04	9.25E-04	1.45E-03	1.22E-02
-86	C-50/30	29	9.07E-03	4.67E-05	6.99E-04	1.53E-03	9.12E-03	8.00E-05	6.99E-04	1.53E-03	9.15E-03
-114	C-50/25	26	0.0121	1.80E-04	9.33E-04	1.46E-03	1.23E-02	3.56E-04	9.40E-04	1.48E-03	1.25E-02
-92	C-40/30	30	9.49E-03	1.93E-04	8.53E-04	1.50E-03	9.68E-03	1.60E-04	8.53E-04	1.50E-03	9.65E-03
-137	C-50/30	34	9.35E-03	2.77E-04	8.86E-04	1.46E-03	9.63E-03	3.33E-06	8.71E-04	1.41E-03	9.35E-03
-138	C-50/30	34	9.35E-03	1.33E-05	8.71E-04	1.41E-03	9.36E-03	9.33E-05	8.61E-04	1.44E-03	9.44E-03
-96	C-40/30	30	9.49E-03	3.33E-04	8.58E-04	1.53E-03	9.82E-03	5.67E-05	8.43E-04	1.49E-03	9.54E-03
-113	C-25/30	27	9.42E-03	1.97E-04	1.26E-03	1.12E-03	9.61E-03	1.00E-04	1.26E-03	1.12E-03	9.52E-03

Tablo 4.14: Kirişlerde toplam eğrilik değerleri.

Kesit	M_y	ϕ_y	ϕ_p	ε_c	ε_s	ϕ_t
-	kNm	-	-	-	-	-
B-90/30	23	8.23E-03	1.28E-01	3.50E-03	2.74E-02	1.36E-01
B-100/30	24	8.03E-03	1.43E-01	3.50E-03	3.07E-02	1.51E-01
B-20/50	15	4.25E-03	7.75E-02	3.50E-03	3.16E-02	8.17E-02
B-70/30	16	8.17E-03	1.67E-01	3.50E-03	3.61E-02	1.75E-01
B-35/30	9	8.62E-03	2.21E-01	3.50E-03	4.80E-02	2.29E-01
B-15/50	11	4.73E-03	5.94E-02	3.50E-03	2.53E-02	6.41E-02
B-30/30	6	8.23E-03	2.10E-01	1.91E-03	4.80E-02	2.18E-01
B-15/70	22	3.53E-03	3.64E-02	3.50E-03	2.24E-02	3.99E-02
B-20/70	33	3.59E-03	4.06E-02	3.50E-03	2.43E-02	4.42E-02
B-15/85	28	2.84E-03	3.51E-02	3.50E-03	2.70E-02	3.80E-02

Binaya depremin talep deplasman değeri uygulandığında elemanlarda oluşan birim şekildeğiştirme değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler sınır değerleriyle karşılaştırılarak binanın hasar durumu kontrol edilmiştir.

Kolonlarda ve kirişlerde, etriye aralığının yönetmeliklerde belirtilen aralıktan çok daha fazla olması sebebiyle, malzeme davranışı olarak sargısız beton modeli kullanılmıştır. Buna göre birim şekildeğiştirme "Minimum Hasar" sınır değeri 0.0035, "Güvenlik Sınırı" sınır değeri 0.0035, "Göçme Sınırı" sınır değeri 0.0040 olarak dikkate alınmıştır [1]. Mevcut binaların değerlendirilirken, depremden sonra insanların binadan canlı bir şekilde çıkması şartının sağlanması hedeflenmiştir. Yönetmelikte bu şart "Can Güvenliği Performans Düzeyi" olarak geçmektedir.

Can Güvenliği performans düzeyine göre, İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır [1].

Tablo 4.15: Kolonlarda X doğrultusunda hasar değerleri.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÇ)}$	$\varepsilon_s^{(GÇ)}$	$\varepsilon_c^{(GV)}$	$\varepsilon_s^{(GV)}$	$\varepsilon_c^{(MN)}$	$\varepsilon_s^{(MN)}$	ε_c^{ALT}	ε_s^{ALT}	$\varepsilon_c^{ÜST}$	$\varepsilon_s^{ÜST}$	Alt Mafsal Hasar Durumu	Üst Mafsal Hasar Durumu
ZK	C1	C-65/35	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	5.58E-03	3.48E-04	4.38E-03	2.54E-04	MH	MH
ZK	C2	C-65/35	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	7.60E-03	3.40E-04	2.87E-03	5.68E-06	MH	MH
ZK	C3	C-65/35	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	5.89E-03	3.86E-04	3.30E-03	3.74E-04	MH	MH
ZK	C4	C-65/35	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	6.27E-03	6.16E-04	3.06E-03	4.05E-04	MH	MH
ZK	C5	C-60/30	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	5.28E-03	1.99E-04	3.45E-03	2.89E-04	MH	MH

Tablo 4.16: Kolonlarda Y doğrultusunda hasar değerleri.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÇ)}$	$\varepsilon_s^{(GÇ)}$	$\varepsilon_c^{(GV)}$	$\varepsilon_s^{(GV)}$	$\varepsilon_c^{(MN)}$	$\varepsilon_s^{(MN)}$	ε_c^{ALT}	ε_s^{ALT}	$\varepsilon_c^{ÜST}$	$\varepsilon_s^{ÜST}$	Alt Mafsal Hasar Durumu	Üst Mafsal Hasar Durumu
ZK	C1	C-65/35	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.0035	0.01	3.19E-03	3.56E-04	3.10E-03	3.59E-04	MH	MH
ZK	C2	C-65/35	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.0035	0.01	3.31E-03	5.74E-04	2.99E-03	5.63E-04	MH	MH
ZK	C3	C-65/35	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.0035	0.01	2.99E-03	5.63E-04	3.31E-03	5.74E-04	MH	MH
ZK	C4	C-65/35	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.0035	0.01	3.08E-03	2.11E-04	2.96E-03	2.24E-04	MH	MH
ZK	C5	C-60/30	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.0035	0.01	3.06E-03	6.78E-04	3.06E-03	6.78E-04	MH	MH

Herhangi bir katta, her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir [1].

Tablo 4.17: Kirişlerde hasar değerleri.

Kat	Kiriş	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÇ)}$	$\varepsilon_s^{(GÇ)}$	$\varepsilon_c^{(GV)}$	$\varepsilon_s^{(GV)}$	$\varepsilon_c^{(MN)}$	$\varepsilon_s^{(MN)}$	$\varepsilon_{c(sol\ mesnet)}$	$\varepsilon_{s(sol\ mesnet)}$	$\varepsilon_{c(sağ\ mesnet)}$	$\varepsilon_{s(sağ\ mesnet)}$	Sol Mesnet	Sağ Mesnet
ZK	B1	B-90/30	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	3.48E-04	7.25E-03	2.86E-04	1.55E-03	MN	MN
ZK	B2	B-90/30	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	3.43E-04	3.22E-03	2.86E-04	1.55E-03	MN	MN
ZK	B3	B-100/30	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	2.71E-04	5.02E-03	2.49E-04	1.55E-03	MN	MN
ZK	B4	B-100/30	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	2.71E-04	5.02E-03	2.49E-04	1.55E-03	MN	MN
ZK	B5	B-20/50	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	3.69E-04	1.46E-03	3.69E-04	1.46E-03	MN	MN
ZK	B6	B-20/50	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	1.12E-03	9.60E-03	8.79E-04	6.78E-03	MN	MN

Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesinde olmalıdır [1].

Tablo 4.18: Perdelerde X doğrultusunda hasar değerleri.

Kat	Perde	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(GV)}$	$\varepsilon_s^{(GV)}$	$\varepsilon_c^{(MH)}$	$\varepsilon_s^{(MH)}$	ε_c	KONTROL	ε_s	KONTROL	Hasar Durumu
6.NK	W14	P-20/150	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	4.30E-05	MH	4.20E-05	MH	MH
6.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	1.54E-04	MH	1.48E-04	MH	MH
5.NK	W14	P-20/150	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	1.14E-04	MH	1.12E-04	MH	MH
5.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	1.44E-03	MH	1.38E-03	MH	MH
4.NK	W14	P-20/150	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	2.28E-04	MH	2.27E-04	MH	MH
4.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	6.08E-04	MH	5.81E-04	MH	MH
3.NK	W14	P-20/150	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	4.05E-04	MH	2.87E-04	MH	MH
3.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	4.39E-04	MH	4.25E-04	MH	MH
2.NK	W13	P-20/170	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	4.26E-04	MH	4.24E-04	MH	MH
2.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	2.14E-04	MH	2.12E-04	MH	MH
1.NK	W12	P-20/200	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	4.65E-04	MH	4.62E-04	MH	MH

Tablo4.19: Perdelerde Y doğrultusunda hasar değerleri.

Kat	Perde	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$	ε_c	KONTROL	ε_s	KONTROL	Hasar Durumu
6.NK	W14	P-20/150	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	2.73E-04	MH	2.52E-04	MH	MH
6.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	1.90E-05	MH	1.90E-05	MH	MH
5.NK	W14	P-20/150	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	8.84E-04	MH	8.05E-04	MH	MH
5.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	3.70E-05	MH	3.70E-05	MH	MH
4.NK	W14	P-20/150	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	1.01E-03	MH	9.34E-04	MH	MH
4.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	7.30E-05	MH	7.20E-05	MH	MH
3.NK	W14	P-20/150	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	9.02E-04	MH	8.56E-04	MH	MH
3.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	1.63E-04	MH	1.62E-04	MH	MH
2.NK	W13	P-20/170	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	5.89E-04	MH	5.73E-04	MH	MH
2.NK	W3	P-290/20	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	2.75E-04	MH	2.74E-04	MH	MH
1.NK	W12	P-20/200	0	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	5.85E-04	MH	5.73E-04	MH	MH

Kolonlarda, kirişlerde ve perdelerde gevrek kırılmaya karşılık gelen kesme kuvveti, bu taşıyıcı elemanların kapasiteleriyle karşılaştırılarak elemanların "sünek" veya "gevrek" olup olmadıkları kontrol edilmiştir. Kesme kuvveti TS500 [9]'de bulunan hesaba göre tayin edilmiştir. (Tablo 4.20-Tablo 4.21-Tablo 4.22-Tablo 4.23-Tablo 4.24)

Tablo 4.20: Kolonlarda X doğrultusunda kesme kontrolü.

X DOĞRULTUSU																	
Kolon Bilgisi				Beton Katkısı							Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma Türü
Kat	Kolon	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	γ	Nd (N)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_d (kN)	
6.NK	C1	550	300	6.23	0.87	0.07	144666	151656	67	**53**	79	250	220	**21**	74	19	SÜNEK
6.NK	C2	550	300	6.23	0.87	0.07	160101	151656	67	**54**	79	250	220	**21**	74	68	SÜNEK
6.NK	C3	550	300	6.23	0.87	0.07	169583	151656	67	**54**	79	250	220	**21**	75	38	SÜNEK
6.NK	C4	550	300	6.23	0.87	0.07	118060	151656	66	**53**	79	250	220	**21**	73	32	SÜNEK
6.NK	C5	500	300	6.23	0.87	0.07	107183	137456	60	**48**	79	250	220	**21**	69	14	SÜNEK
6.NK	C6	500	250	6.23	0.87	0.07	113959	113256	51	**41**	79	250	220	**17**	58	46	SÜNEK
6.NK	C8	500	300	6.23	0.87	0.07	86467	137456	59	**47**	79	250	220	**21**	68	21	SÜNEK
6.NK	C9	500	250	6.23	0.87	0.07	116281	113256	51	**41**	79	250	220	**17**	58	30	SÜNEK
6.NK	C10	400	300	6.23	0.87	0.07	119439	109056	49	**39**	79	250	220	**21**	60	21	SÜNEK
6.NK	C11	500	300	6.23	0.87	0.07	136026	137456	61	**49**	79	250	220	**21**	69	53	SÜNEK
6.NK	C12	500	300	6.23	0.87	0.07	131953	137456	61	**48**	79	250	220	**21**	69	51	SÜNEK
6.NK	C13	400	300	6.23	0.87	0.07	92698	109056	48	**39**	79	250	220	**21**	59	32	SÜNEK
6.NK	C14	250	300	6.23	0.87	0.07	106776	66456	32	**25**	79	250	220	**21**	46	16	SÜNEK
6.NK	C15	250	300	6.23	0.87	0.07	114611	66456	32	**25**	79	250	220	**21**	46	16	SÜNEK

Tablo 4.21: Kolonlarda Y doğrultusunda kesme kontrolü.

Y DOĞRULTUSU																	
Kolon Bilgisi				Beton Katkısı							Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma Türü
Kat	Kolon	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	γ	Nd (N)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_d (kN)	
6.NK	C1	300	550	6.23	0.87	0.07	133106	151656	66	**53**	79	250	220	**38**	91	5	SÜNEK
6.NK	C2	300	550	6.23	0.87	0.07	181749	151656	68	**54**	79	250	220	**38**	92	35	SÜNEK
6.NK	C3	300	550	6.23	0.87	0.07	181057	151656	68	**54**	79	250	220	**38**	92	35	SÜNEK
6.NK	C4	300	550	6.23	0.87	0.07	135223	151656	66	**53**	79	250	220	**38**	91	6	SÜNEK
6.NK	C5	300	500	6.23	0.87	0.07	84075	137456	59	**47**	79	250	220	**35**	82	16	SÜNEK
6.NK	C6	250	500	6.23	0.87	0.07	113094	113256	51	**41**	79	250	220	**35**	75	15	SÜNEK
6.NK	C8	300	500	6.23	0.87	0.07	86467	137456	59	**47**	79	250	220	**35**	82	19	SÜNEK
6.NK	C9	250	500	6.23	0.87	0.07	114133	113256	51	**41**	79	250	220	**35**	75	17	SÜNEK
6.NK	C10	300	400	6.23	0.87	0.07	91532	109056	48	**38**	79	250	220	**28**	66	23	SÜNEK
6.NK	C11	300	500	6.23	0.87	0.07	136610	137456	61	**49**	79	250	220	**35**	83	38	SÜNEK
6.NK	C12	300	500	6.23	0.87	0.07	137580	137456	61	**49**	79	250	220	**35**	83	39	SÜNEK
6.NK	C13	300	400	6.23	0.87	0.07	96174	109056	48	**39**	79	250	220	**28**	66	24	SÜNEK

Tablo 4.22: Kirişlerde kesme kontrolü.

X-Y DOĞRULTUSU																
Kiriş Bilgileri				Beton Katkısı					Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma Türü
Kat	Kiriş	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_e (kN)	
6.NK	B1	900	300	6.23	0.87	251056	102	**82**	79	250	220	**21**	103	51	SÜNEK
6.NK	B2	900	300	6.23	0.87	251056	102	**82**	79	250	220	**21**	103	45	SÜNEK
6.NK	B3	1000	300	6.23	0.87	279456	114	**91**	79	250	220	**21**	112	83	SÜNEK
6.NK	B4	1000	300	6.23	0.87	279456	114	**91**	79	250	220	**21**	112	80	SÜNEK
6.NK	B5	200	500	6.23	0.87	89056	38	**30**	79	250	220	**35**	65	27	SÜNEK
6.NK	B6	200	500	6.23	0.87	89056	38	**30**	79	250	220	**35**	65	31	SÜNEK
6.NK	B7	700	300	6.23	0.87	194256	79	**64**	79	250	220	**21**	84	34	SÜNEK
6.NK	B8	700	300	6.23	0.87	194256	79	**64**	79	250	220	**21**	84	34	SÜNEK
6.NK	B9	200	500	6.23	0.87	89056	38	**30**	79	250	220	**35**	65	33	SÜNEK
6.NK	B10	200	500	6.23	0.87	89056	38	**30**	79	250	220	**35**	65	25	SÜNEK
6.NK	B11	350	300	6.23	0.87	94856	40	**32**	79	250	220	**21**	53	10	SÜNEK

Tablo 4.23: Perdelerde X doğrultusunda kesme kontrolü.

X DOĞRULTUSU																	
Perde Bilgisi				Beton Katkısı							Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma Türü
Kat	Perde	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	γ	Nd (N)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_d (kN)	
6.NK	W14	200	1500	6.23	0.87	0.07	171	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	5	SÜNEK
6.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	566	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	50	SÜNEK
5.NK	W14	200	1500	6.23	0.87	0.07	341	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	2	SÜNEK
5.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	633	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	59	SÜNEK
4.NK	W14	200	1500	6.23	0.87	0.07	465	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	2	SÜNEK
4.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	593	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	76	SÜNEK
3.NK	W14	200	1500	6.23	0.87	0.07	769	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	4	SÜNEK
3.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	511	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	79	SÜNEK
2.NK	W13	200	1500	6.23	0.87	0.07	829	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	7	SÜNEK
2.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	401	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	75	SÜNEK
1.NK	W12	200	1500	6.23	0.87	0.07	912	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	4	SÜNEK
1.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	461	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	80	SÜNEK

Tablo 4.24: Perdelerde Y doğrultusunda kesme kontrolü.

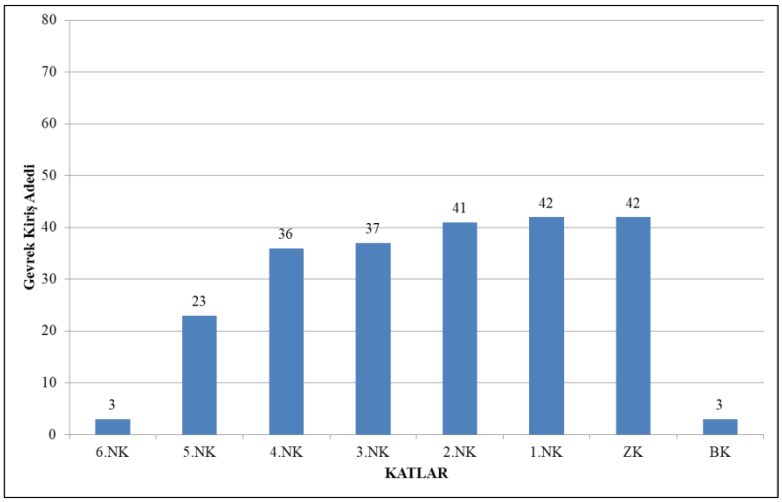
Y DOĞRULTUSU																	
Perde Bilgisi				Beton Katkısı							Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma Türü
Kat	Perde	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	γ	Nd (N)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_d (kN)	
6.NK	W14	1500	200	6.23	0.87	0.07	704	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	18	SÜNEK
6.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	77	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	1	SÜNEK
5.NK	W14	1500	200	6.23	0.87	0.07	803	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	20	SÜNEK
5.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	158	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	2	SÜNEK
4.NK	W14	1500	200	6.23	0.87	0.07	588	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	38	SÜNEK
4.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	239	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	3	SÜNEK
3.NK	W14	1500	200	6.23	0.87	0.07	792	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	54	SÜNEK
3.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	318	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	4	SÜNEK
2.NK	W13	1500	200	6.23	0.87	0.07	843	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	57	SÜNEK
2.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	399	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	5	SÜNEK
1.NK	W12	1500	200	6.23	0.87	0.07	828	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	67	SÜNEK
1.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	474	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	3	SÜNEK

Bulunan sonuçlara göre binada gevrek elemanların güçlendirilmesi şartıyla "**Can Güvenliği** " sınır şartının sağlandığı görülmüştür.

Gevrek elemanların güçlendirilmesi koşuluyla, herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişleri %30'u "İleri Hasar Bölgesi"'ne geçebilir [1]. Buna göre binada oluşan hasarın maksimum "Belirgin Hasar Sınırı"'na ulaştığından bu şart sağlanmıştır. (Tablo 4.25)

Tablo 4.25: Hasar alan kirişler.

X-Y DOĞRULTUSU										
		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	MH	ORAN
6.NK	SOL	79	0	0%	0	0%	0	0%	79	100%
	SAĞ	79	0	0%	0	0%	0	0%	79	100%
5.NK	SOL	79	0	0%	0	0%	0	0%	79	100%
	SAĞ	79	0	0%	0	0%	0	0%	79	100%
4.NK	SOL	79	0	0%	0	0%	1	1%	78	99%
	SAĞ	79	0	0%	0	0%	2	3%	77	97%
3.NK	SOL	79	0	0%	0	0%	1	1%	78	99%
	SAĞ	79	0	0%	0	0%	8	10%	71	90%
2.NK	SOL	79	0	0%	0	0%	3	4%	76	96%
	SAĞ	79	0	0%	0	0%	8	10%	71	90%
1.NK	SOL	79	0	0%	0	0%	5	6%	74	94%
	SAĞ	79	0	0%	0	0%	8	10%	71	90%
ZK	SOL	88	0	0%	0	0%	2	2%	86	98%
	SAĞ	88	0	0%	0	0%	7	8%	81	92%
BK	SOL	8	0	0%	0	0%	0	0%	8	100%
	SAĞ	8	0	0%	0	0%	0	0%	8	100%



Şekil 4.18: Gevrek durumda olan kirişler.

Gevrek elemanların güçlendirilmesi koşuluyla, herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda "İleri Hasar Sınırı" nı aşan kolonların kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır[1]. Buna göre

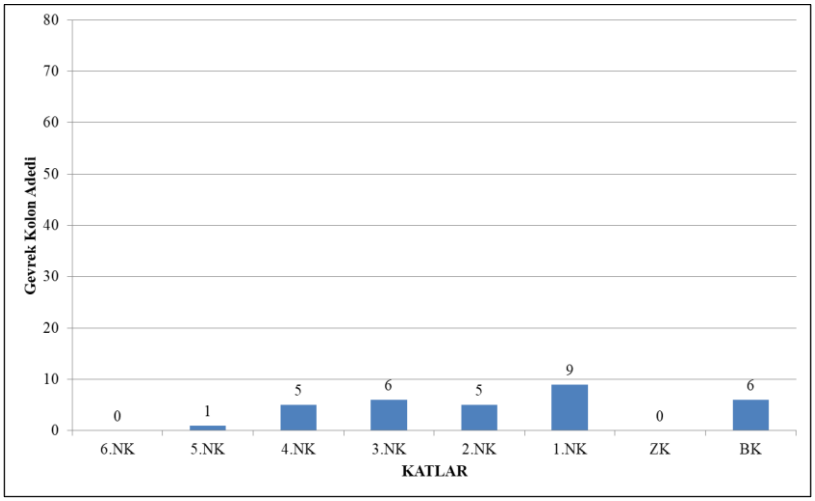
binada her iki doğrultuda da “Minimum Hasar Sınırı” nı aşan eleman bulunmadığından bu şart sağlanmıştır. (Tablo 4.26)

Tablo 4.26: X doğrultusunda hasar alan kolonlar.

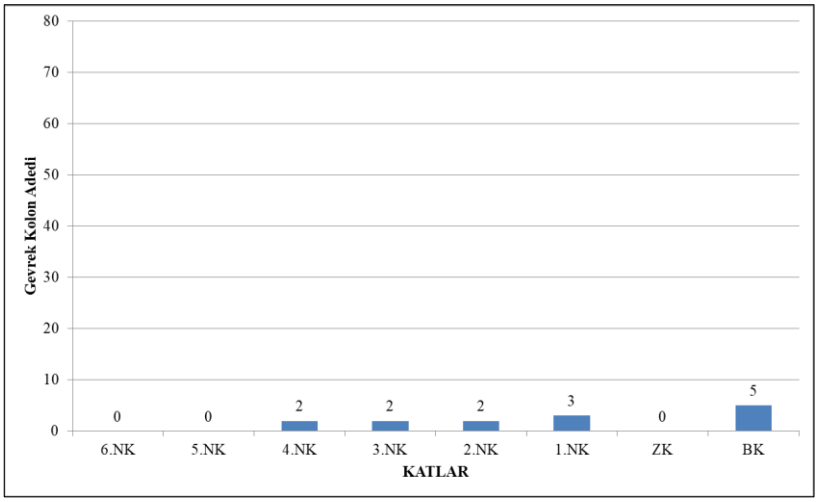
X DOĞRULTUSU										
		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	MH	ORAN
6.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
5.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
4.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
3.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
2.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
1.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
ZK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
BK	ALT	11	0	0%	0	0%	0	0%	11	100%
	ÜST	11	0	0%	0	0%	0	0%	11	100%

Tablo 4.27: Y doğrultusunda hasar alan kolonlar.

Y DOĞRULTUSU										
		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	MH	ORAN
6.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
5.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
4.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
3.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
2.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
1.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
ZK	ALT	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	0	0%	25	100%
BK	ALT	11	0	0%	0	0%	0	0%	11	100%
	ÜST	11	0	0%	0	0%	0	0%	11	100%



Şekil 4.19: X doğrultusunda gevrek durumda olan kolonlar.



Şekil 4.20: Y doğrultusunda gevrek durumda olan kolonlar.

Diğer taşıyıcı elemanların tümü “Minimum Hasar” veya “Belirgin Hasar” bölgesinde olmalıdır [1]. Buna göre binadaki diğer elemanlar bu şartı sağlamaktadır. Perde elemanlarında gevrek hasar alan eleman bulunmamaktadır.

Tablo 4.28: X doğrultusunda hasar alan perdeler.

	ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	MH	ORAN
6.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
5.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
4.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
3.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
2.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
1.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
ZK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
BK	11	0	0%	0	0%	0	0%	11	100%

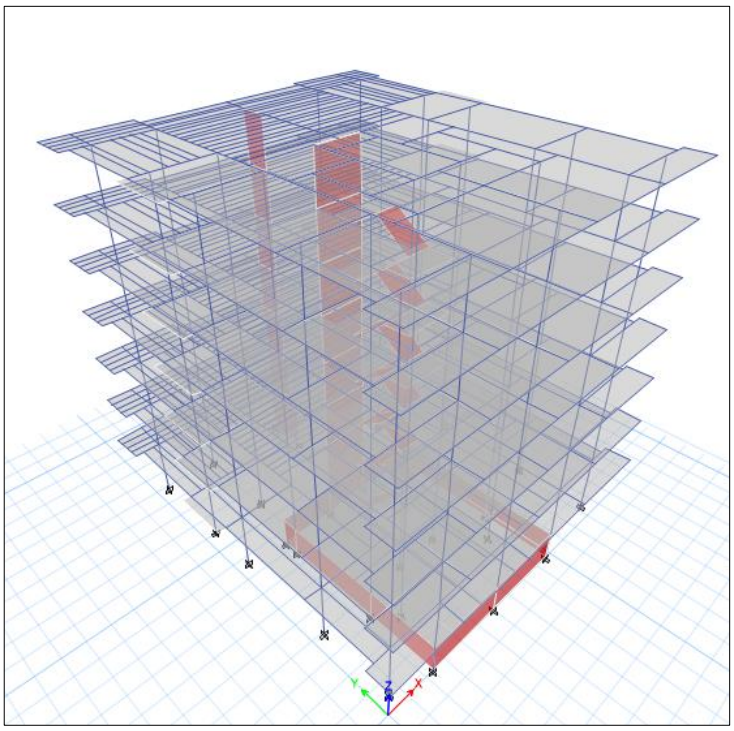
Tablo 4.29: Y doğrultusunda hasar alan perdeler.

	ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	MH	ORAN
6.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
5.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
4.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
3.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
2.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
1.NK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
ZK	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
BK	11	0	0%	0	0%	0	0%	11	100%

4.3.TBDY-2018’e Göre Performans Analizi

Binanın üç boyutlu modeli kurulmuştur. Bina sekiz kattan oluşmaktadır. Kısmi bir bodrum katı bulunmaktadır. Katlarda döşemelere rijit diyafram

tanımlaması yapılmıştır. Kolonlar ve kirişler çubuk eleman, perdeler kabuk eleman olarak tanımlanmıştır.

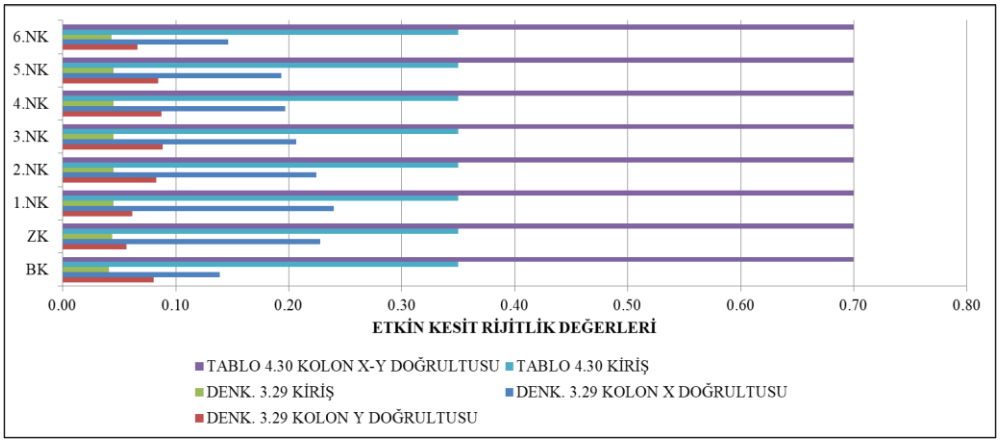


Şekil 4.21: Perspektif görünüm.

Eğilme etkisindeki çubuk ve kabuk elemanlarda, etkin kesit rijitliği çarpanları uygulanmıştır. Bu değerler Tablo 4.30'dan alınmıştır. Denklem 3.29 ve Denklem 3.30'a göre etkin kesit rijitlikleri hesaplanmış ve mertebe olarak verilmiştir. (Şekil 4.22)

Tablo 4.30: Etkin kesit rijitliği çarpanı.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde-Döşeme(Düzlem İçi)	Eksenel	Kayma
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-Döşeme(Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
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



Şekil 4.22: Etkin kesit rijitlik çarpanı karşılaştırma.

Kurulan modelde elemanlara etkin kesit rijitliği çarpanları tanımlandıktan sonra itme analizinin yapılabilmesi için yönetmelikte bulunan sınır şartlarının kontrolü yapılmıştır. Binanın sınır şartlarını karşıladığı görülmüştür. Bodrum kat hariç bina kat sayısı 8'i geçmemektedir. Her iki deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış kabulüyle hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlenin, tüm binanın kütlesine oranı 0.70 değerini karşılamaktadır.(Tablo 4.31)

Tablo 4.31: Kütle katılım oranı.

Modal Kütle Katılım Oranı			
Mod	Periyot	UX	UY
2	1.68	-	0.71
3	1.29	0.72	-

Her iki deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış kabulüyle hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} < 1.4 koşulunu sağlamaktadır. (Tablo 4.32-Tablo4.33)

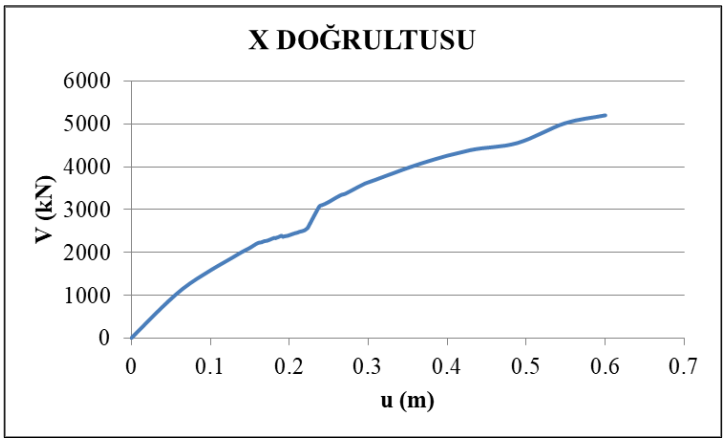
Tablo 4.32: X doğrultusu burulma düzensizliği.

Kat	Doğrultu	Max	Min	Ortalama	Oran	η_{bi}<1.4
-	-	mm	mm	mm		
6.NK	X	36.4	20.2	28.3	1.29	OK
5.NK	X	45.7	23.3	34.5	1.32	OK
4.NK	X	54.4	26.8	40.6	1.34	OK
3.NK	X	59.6	28.7	44.1	1.35	OK
2.NK	X	59.5	27.9	43.7	1.36	OK
1.NK	X	52.3	23.3	37.8	1.38	OK
ZK	X	33.9	15.5	24.7	1.37	OK
BK	X	0.8	0.4	0.6	1.38	OK

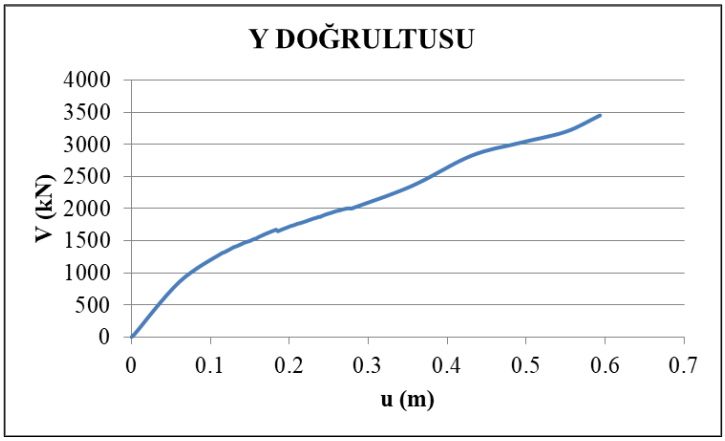
Tablo 4.33: Y doğrultusu burulma düzensizliği.

Kat	Doğrultu	Max	Min	Ortalama	Oran	η_{bi}<1.4
-	-	mm	mm	mm		
6.NK	Y	40.2	34.8	37.5	1.07	OK
5.NK	Y	58.9	50.2	54.5	1.08	OK
4.NK	Y	76.7	65.1	70.9	1.08	OK
3.NK	Y	86.8	73.6	80.2	1.08	OK
2.NK	Y	85.4	71.5	78.4	1.09	OK
1.NK	Y	68.0	55.9	62.0	1.10	OK
ZK	Y	39.6	30.3	34.9	1.13	OK
BK	Y	0.3	0.3	0.3	1.08	OK

Binanın itme analizinin ön şartlarını sağladığı anlaşıldıktan sonra bina belli bir değere kadar itilerek her iki deprem doğrultusu için ayrı ayrı taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi (V_{tx}-u_{Nx}) ilişkisi olarak itme eğrisi elde edilmektedir. (Şekil 4.33-Şekil 4.34)



Şekil 4.23: X doğrultusu taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi grafiği.

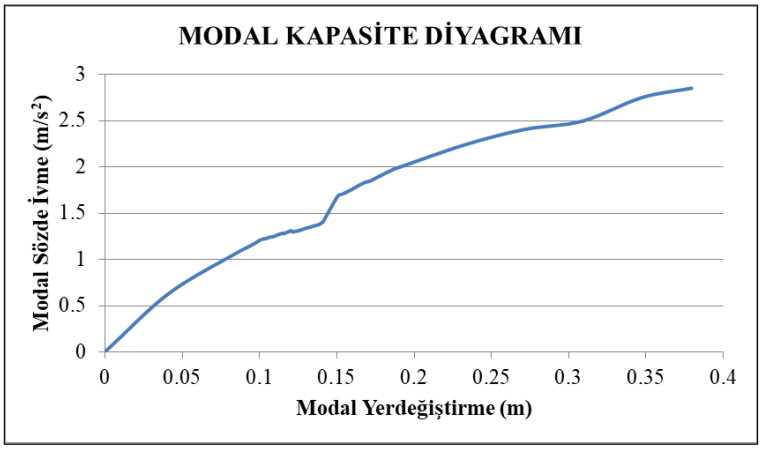


Şekil 4.24: Y doğrultusu taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi grafiği.

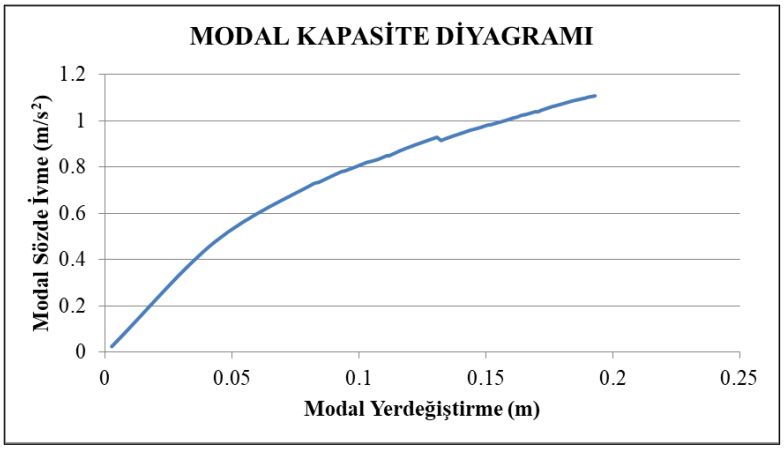
Bina belli bir noktaya kadar itildikten sonra itme eğrisi elde edilmiştir. Bu eğrinin, spektral yerdeğiştirme-spektral ivme (S_{de}-S_{ae}) grafiği olan doğrusal deprem spektrumunun içine yerleştirilerek depremin talep ettiği itme değerinin bulunması için, taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi (V_{tx}-u_{Nx}) dönüştürülerek, koordinatları modal yerdeğiştirme-modal ivme (d_1,a_1) olan modal kapasite diyagramı oluşturulmuştur. (Şekil 4.25-Şekil 4.26)

Tablo 4.34: Modal analizden alınan değerler.

Doğrultu	X	Y
Γ_{N1}	*42.7*	*42.5*
Φ_{N1}	*3.70E-02*	*3.30E-02*
ΣM (t)	*2552*	*2552*
Modal Kütle	*0.72*	*0.71*
M_1	*1826*	*1803*



Şekil 4.25: X doğrultusu modal kapasite diyagramı.



Şekil 4.26: Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.

TBDY-2018 [2] ile birlikte uygulamaya giren "Türkiye Deprem Tehlike Haritası" üzerinden zemin grubu ve deprem yer düzeyi 'ne bağlı olarak S_{DS}(kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı) ve S_{D1}(1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı) bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak yatay elastik tasarım spektrumu oluşturulmuştur. (Şekil 4.27)

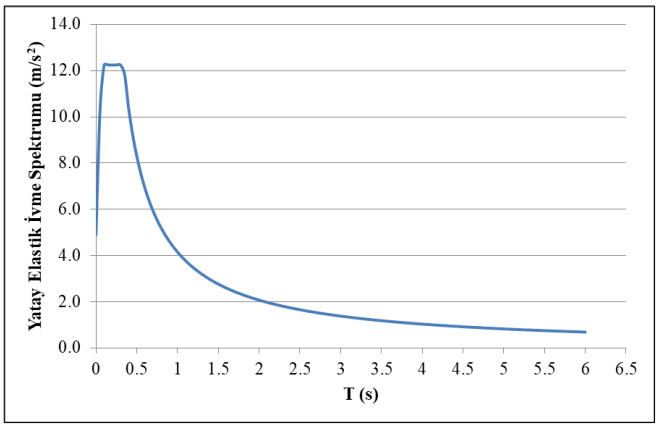
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	KONUT	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
Enlem:	40.948932°	
Boylam	29.101129°	

Çıktılar

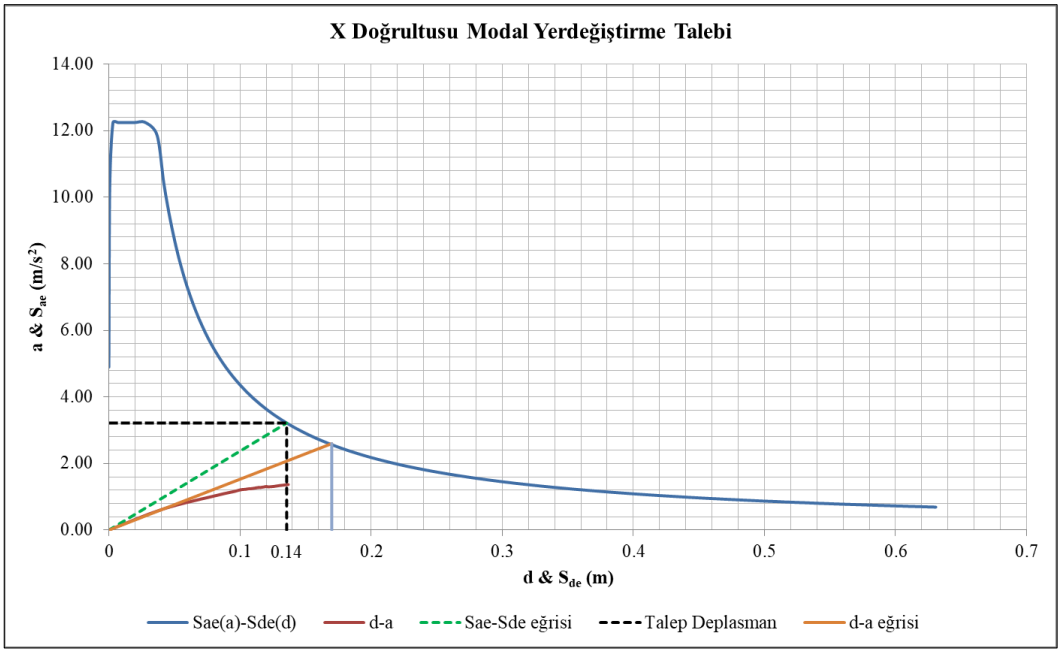
S_S = 1.040 S_1 = 0.282 PGA=0.428 PGV=26.105

Şekil 4.27: TDTH çıktısı.

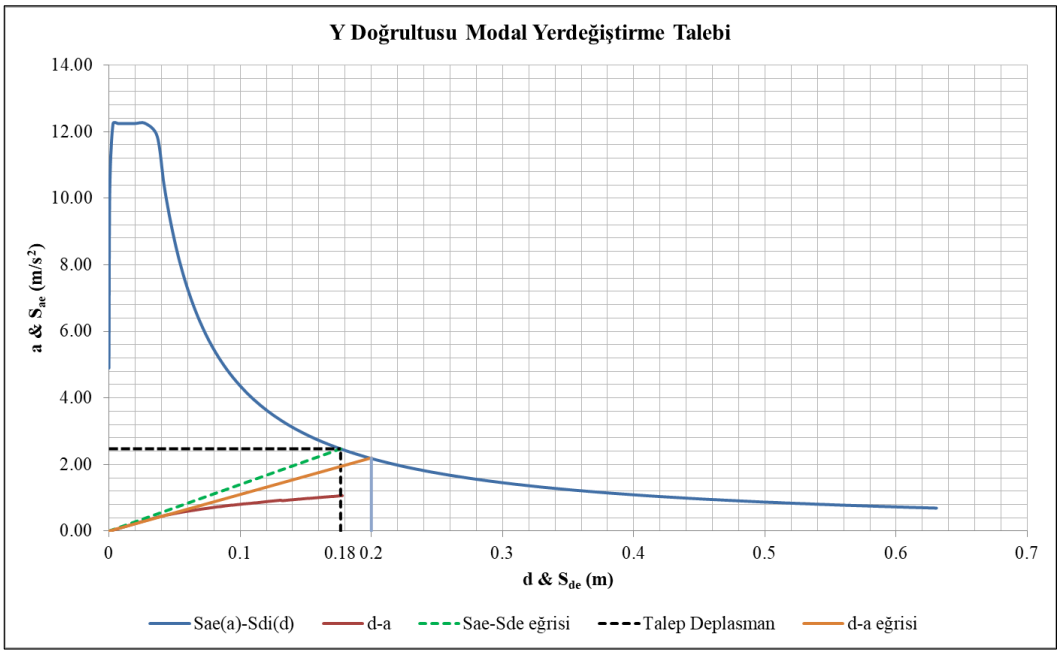


Şekil 4.28: Elastik ivme spektrum grafiği.

Oluşturulan yatay elastik tasarım spektrumu ile modal kapasite diyagramı üst üste yerleştirilmiş ve binanın doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değeri bulunmuştur. Bu elastik deplasman talepleri, binanın periyoduna karşılık gelen S_{ae}-S_{de} (S_{ae}-S_{de} eğrisi) değerleri kullanılarak bulunmuştur. X doğrultusu için 14 cm, Y doğrultusu için 18 cm'dir. (Şekil 4.29-Şekil 4.30)



Şekil 4.29: X doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi.



Şekil 4.30: Y doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi.

Binanın bulunan doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değeri spektral yer değiştirme oranı C_R yardımıyla doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme değerine çevrilmiştir. Binanın periyodu X ve Y doğrultusunda sırasıyla 1.29 s, 1.68 s'dir. Bu değerler binanın bulunduğu zemine bağlı olarak bulunan köşe periyodu olan T_B

değerinden büyük olduğundan, eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca, C_R değeri 1 olarak alınmıştır [2].

Binanın doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme değeri hesap edilmiştir. Bu değer itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şeklinin genliği ve modal katkı çarpanı ile çarpılarak binanın talep deplasman değeri hesap edilmiştir. Bu değerler X doğrultusu için 21 cm, Y doğrultusu için 25 cm olarak hesap edilmiştir. (Tablo 4.35)

Tablo 4.35: X-Y doğrultusu doğrusal olmayan talep deplasman değerleri.

X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
$T_X > T_B$			$T_Y > T_B$		
a	1.37	m/s^2	a	1.07	m/s^2
d	0.14	m	d	0.18	m
ω_1^2	23.72	-	ω_1^2	13.97	-
ω_1	4.87	rad/s	ω_1	3.74	rad/s
T	1.29	s	T	1.68	s
Sae	3.22	m/s^2	Sae	2.47	m/s^2
Sde	0.14	m	Sde	0.18	m
C_R	1	-	C_R	1	-
Sdi	0.14	m	Sdi	0.18	m
di	0.21	m	di	0.25	m

Bu aşamada artık binanın mevcut durumundaki elemanların değerlendirilmesine geçilmiştir. Elemanlarda oluşan hasarların tespiti için plastik mafsallar yerleştirilmiştir. Kolonlarda ve perdelerde yayılı plastik mafsal modeli kullanılmıştır. Kirişlerde ise yığılı plastik mafsal modeli kullanılmıştır. Plastik mafsallar kolonlarda ve kirişlerde, birleşim bölgelerinin hemen dışına yerleştirilmiştir.

Kesitlerin sınır plastik dönme değerleri her bir performans düzeyine göre hesaplanmıştır. Göçme öncesi eğrilik (ϕ_u), kesitin beton veya çelik malzemelerinden birinin ulaşabileceği maksimum birim şekildeğiştirme eğriliğidir. Akma eğriliği (ϕ_y), kesitteki donatının akma eğriliğidir. Plastik mafsal boyu (L_p), çalışan doğrultudaki kesitin yüksekliğinin yarısına eşit alınır. Kesme açıklığı (L_s), kolon kirişlerdeki net açıklığın yarısı olarak alınır. Boyuna ortalama donatı çapı (d_b), kesitteki ortalama boyuna donatı çapıdır [2]. Bu değerler yardımıyla "Göçme Öncesi" plastik dönme sınır değeri hesaplanmıştır. Göçme Öncesi plastik dönme sınır değerinin 0.75

değeriyle çarpılması “Kontrollü Hasar” plastik dönme sınır değerini vermiştir. İlk hasar sınırı olan “Sınırlı Hasar” plastik dönme sınır değeri kesiti 0 (sıfır) olarak dikkate alınmıştır.

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \times \left[\left(\phi_u - \phi_y\right) \times L_p \times \left(1 - 0.5 \times \frac{L_p}{L_s}\right) + 4.5 \times \phi_u \times d_b\right] \quad (4.4)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \times \theta_p^{(G\ddot{O})} \quad (4.5)$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (4.6)$$

Tablo 4.36: Kolonlarda X doğrultusunda göçme öncesi eğrilik.

				X		
P	Kesit	M_y	ϕ_y	ε_c	ε_s	ϕ_u
kN	-	kNm	m^{-1}	-	-	m^{-1}
-119	C-55/30	58.79	5.38E-03	3.50E-03	1.40E-02	3.61E-02
-176	C-55/30	58.79	5.38E-03	3.50E-03	1.32E-02	3.35E-02
-159	C-55/30	58.79	5.38E-03	3.50E-03	1.32E-02	3.35E-02
-143	C-55/30	58.79	5.38E-03	3.50E-03	1.40E-02	3.61E-02
-84	C-50/30	44.16	5.42E-03	3.50E-03	1.48E-02	4.09E-02
-120	C-50/25	48.90	5.49E-03	3.50E-03	1.20E-02	3.46E-02
-108	C-50/30	52.96	5.27E-03	3.50E-03	1.48E-02	4.09E-02
-116	C-50/25	48.90	5.49E-03	3.50E-03	1.20E-02	3.46E-02
-93	C-40/30	35.79	7.23E-03	3.50E-03	1.32E-02	4.81E-02
-136	C-50/30	52.96	5.27E-03	3.50E-03	1.34E-02	3.77E-02
-127	C-50/30	52.96	5.27E-03	3.50E-03	1.34E-02	3.77E-02
-130	C-40/30	39.41	7.25E-03	3.50E-03	1.32E-02	4.81E-02
-111	C-25/30	29.55	0.0117	3.50E-03	1.26E-02	8.17E-02

Tablo 4.37: Kolonlarda Y doğrultusunda göçme öncesi eğrilik.

			Y		
P	M_y	ϕ_y	ε_c	ε_s	ϕ_u
kN	kNm	m^{-1}	-	-	m^{-1}
-119	35.68	9.01E-03	3.50E-03	1.68E-02	8.17E-02
-160	35.68	9.10E-03	3.50E-03	1.60E-02	7.85E-02
-159	35.68	9.10E-03	3.50E-03	1.60E-02	7.85E-02
-119	35.68	9.01E-03	3.50E-03	1.68E-02	8.17E-02
-91	28.37	8.84E-03	3.50E-03	1.72E-02	8.33E-02
-119	26.07	0.0118	3.50E-03	0.0159	9.81E-02
-90	28.37	8.84E-03	3.50E-03	1.72E-02	8.33E-02
-123	26.07	0.0118	3.50E-03	0.0159	9.81E-02
-94	28.94	9.52E-03	3.50E-03	1.64E-02	8.01E-02
-126	32.20	9.26E-03	3.50E-03	1.60E-02	7.85E-02
-127	32.20	9.26E-03	3.50E-03	1.60E-02	7.85E-02
-96	28.94	9.52E-03	3.50E-03	1.64E-02	8.01E-02
-106	25.54	0.00925	3.50E-03	4.40E-03	3.21E-02

Tablo 4.38: Kirişlerde göçme öncesi eğrilik.

Kesit	M_y	ϕ_y	ε_c	ε_s	ϕ_u
	kNm	m^{-1}	-	-	m^{-1}
B-90/30	23.449	8.23E-03	3.50E-03	2.74E-02	1.36E-01
B-100/30	23.6555	8.03E-03	3.50E-03	3.07E-02	1.51E-01
B-20/50	15.3736	4.25E-03	3.50E-03	3.16E-02	8.17E-02
B-70/30	15.7865	8.17E-03	3.50E-03	3.61E-02	1.75E-01
B-35/30	8.699	8.62E-03	3.50E-03	4.80E-02	2.29E-01
B-15/50	10.888	4.73E-03	3.50E-03	2.53E-02	6.41E-02
B-30/30	6.1582	8.23E-03	1.91E-03	4.80E-02	2.18E-01
B-15/70	22.207	3.53E-03	3.50E-03	2.24E-02	3.99E-02

Binaya depremin talep deplasman değeri uygulandığında elemanlarda oluşan plastik dönme değerleri alınmıştır. Bu değerler sınır değerleriyle karşılaştırılarak binanın hasar durumu kontrol edilmiştir.

Kolonlarda ve kirişlerde, etriye aralığının yönetmeliklerde belirtilen aralıktan çok daha fazla olması sebebiyle, malzeme davranışı olarak sargısız beton modeli kullanılmıştır. Plastik dönme sınır değerleri malzeme kapasitesine göre her bir eleman için hesaplanmıştır. Her eleman için aynı olan birim şekildeğiştirme "Sınırlı Hasar" sınır değeri 0.0035, "Kontrollü Hasar Sınırı" sınır değeri 0.0026, "Göçmenin Önlenmesi" sınır değeri 0.0025 olarak dikkate alınmıştır. Mevcut binaların değerlendirilirken, depremden sonra insanların binadan canlı bir şekilde çıkması şartının sağlanması hedeflenmiştir. Yönetmelikte bu şart "Kontrollü Hasar Performans Düzeyi" olarak geçmektedir.

Kontrollü Hasar performans düzeyine göre, İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır [2].

Tablo 4.39: Kolonlarda X doğrultusunda hasar değerleri.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$	$\theta_p^{(SH)}$	$\theta_{Alt\ Mafsal}$	$\theta_{Üst\ Mafsal}$	Alt Mafsal Hasar Durumu	Üst Mafsal Hasar Durumu
6.NK	C1	C-55/30	0.004	0.05	0.0044	0.0026	0.04	0.0033	0.003	0.008	0	1.49E-04	4.47E-04	BH	BH
6.NK	C2	C-55/30	0.004	0.05	0.0040	0.0026	0.04	0.0030	0.003	0.008	0	2.54E-04	4.64E-04	BH	BH
6.NK	C3	C-55/30	0.004	0.05	0.0040	0.0026	0.04	0.0030	0.003	0.008	0	8.03E-04	3.62E-03	BH	İH
6.NK	C4	C-55/30	0.004	0.05	0.0044	0.0026	0.04	0.0033	0.003	0.008	0	4.13E-04	3.14E-04	BH	BH
6.NK	C5	C-50/30	0.004	0.05	0.0050	0.0026	0.04	0.0038	0.003	0.008	0	1.70E-04	2.01E-04	BH	BH
6.NK	C6	C-50/25	0.004	0.05	0.0037	0.0026	0.04	0.0028	0.003	0.008	0	3.21E-04	3.72E-04	BH	BH
6.NK	C8	C-50/30	0.004	0.05	0.0050	0.0026	0.04	0.0038	0.003	0.008	0	3.00E-04	3.57E-04	BH	BH
6.NK	C9	C-50/25	0.004	0.05	0.0037	0.0026	0.04	0.0028	0.003	0.008	0	7.32E-04	1.95E-03	BH	BH
6.NK	C10	C-40/30	0.004	0.05	0.0058	0.0026	0.04	0.0044	0.003	0.008	0	1.15E-03	1.61E-03	BH	BH
6.NK	C11	C-50/30	0.004	0.05	0.0046	0.0026	0.04	0.0035	0.003	0.008	0	9.86E-04	1.37E-03	BH	BH
6.NK	C12	C-50/30	0.004	0.05	0.0046	0.0026	0.04	0.0035	0.003	0.008	0	7.25E-04	1.44E-03	BH	BH
6.NK	C13	C-40/30	0.004	0.05	0.0058	0.0026	0.04	0.0044	0.003	0.008	0	1.82E-04	4.34E-04	BH	BH
6.NK	C14	C-25/30	0.004	0.05	0.0090	0.0026	0.04	0.0067	0.003	0.008	0	1.45E-03	5.43E-04	BH	BH

Tablo 4.40: Kolonlarda Y doğrultusunda hasar değerleri.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$	$\theta_p^{(SH)}$	$\theta_{Alt\ Mafsal}$	$\theta_{Üst\ Mafsal}$	Alt Mafsal Hasar Durumu	Üst Mafsal Hasar Durumu
6.NK	C1	C-55/30	0.004	0.05	0.0102	0.0026	0.04	0.0077	0.003	0.008	0	4.77E-04	7.74E-04	BH	BH
6.NK	C2	C-55/30	0.004	0.05	0.0098	0.0026	0.04	0.0073	0.003	0.008	0	2.78E-04	3.27E-04	BH	BH
6.NK	C3	C-55/30	0.004	0.05	0.0098	0.0026	0.04	0.0073	0.003	0.008	0	3.06E-04	3.65E-03	BH	BH
6.NK	C4	C-55/30	0.004	0.05	0.0102	0.0026	0.04	0.0077	0.003	0.008	0	5.25E-04	8.76E-04	BH	BH
6.NK	C5	C-50/30	0.004	0.05	0.0105	0.0026	0.04	0.0078	0.003	0.008	0	6.15E-04	1.49E-03	BH	BH
6.NK	C6	C-50/25	0.004	0.05	0.0109	0.0026	0.04	0.0082	0.003	0.008	0	4.34E-03	3.87E-03	BH	BH
6.NK	C8	C-50/30	0.004	0.05	0.0105	0.0026	0.04	0.0078	0.003	0.008	0	6.74E-04	1.53E-03	BH	BH
6.NK	C9	C-50/25	0.004	0.05	0.0109	0.0026	0.04	0.0082	0.003	0.008	0	4.51E-03	2.75E-03	BH	BH
6.NK	C10	C-40/30	0.004	0.05	0.0100	0.0026	0.04	0.0075	0.003	0.008	0	1.91E-04	2.64E-04	BH	BH
6.NK	C11	C-50/30	0.004	0.05	0.0098	0.0026	0.04	0.0073	0.003	0.008	0	4.37E-04	3.80E-04	BH	BH
6.NK	C12	C-50/30	0.004	0.05	0.0098	0.0026	0.04	0.0073	0.003	0.008	0	4.26E-04	4.37E-04	BH	BH
6.NK	C13	C-40/30	0.004	0.05	0.0100	0.0026	0.04	0.0075	0.003	0.008	0	1.77E-04	2.99E-04	BH	BH
6.NK	C14	C-25/30	0.004	0.05	0.0031	0.0026	0.04	0.0024	0.003	0.008	0	7.52E-04	1.28E-03	BH	BH
6.NK	C15	C-25/30	0.004	0.05	0.0031	0.0026	0.04	0.0024	0.003	0.008	0	1.19E-03	1.30E-03	BH	BH

Herhangi bir katta, her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir [2].

Tablo 4.41: Kirişlerde hasar değerleri.

Kat	Kiriş	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$	$\theta_p^{(SH)}$	$\theta_{X\text{-sol mesnet}}$	$\theta_{X\text{-sağ mesnet}}$	$\theta_{Y\text{-sol mesnet}}$	$\theta_{Y\text{-sağ mesnet}}$	X-Sol Mesnet Hasar Durumu	X-Sağ Mesnet Hasar Durumu	Y-Sol Mesnet Hasar Durumu	Y-Sağ Mesnet Hasar Durumu
ZK	B1	B-90/30	0.0035	0.048	0.0117	0.0026	0.036	0.0061	0.0025	0.0075	0	0.003633	0	0.003882	0	BH	SH	BH	SH
ZK	B2	B-90/30	0.0035	0.048	0.0084	0.0026	0.036	0.0031	0.0025	0.0075	0	0.005355	0	0.003606	0	İH	SH	İH	SH
ZK	B3	B-100/30	0.0035	0.048	0.0147	0.0026	0.036	0.0087	0.0025	0.0075	0	0.003323	0	0.003402	0	BH	SH	BH	SH
ZK	B4	B-100/30	0.0035	0.048	0.0182	0.0026	0.036	0.0134	0.0025	0.0075	0	0.004487	0	0.00345	0	BH	SH	BH	SH
ZK	B5	B-20/50	0.0035	0.048	0.0078	0.0026	0.036	0.0058	0.0025	0.0075	0	0	0.00023	0	0.000101	SH	BH	SH	BH
ZK	B6	B-20/50	0.0035	0.048	0.0040	0.0026	0.036	0.0015	0.0025	0.0075	0	0.005754	0.008352	0	0	GB	GB	SH	SH
ZK	B7	B-70/30	0.0035	0.048	0.0224	0.0026	0.036	0.0168	0.0025	0.0075	0	0.001815	0.004373	0	0.004446	BH	BH	SH	BH
ZK	B8	B-70/30	0.0035	0.048	0.0224	0.0026	0.036	0.0168	0.0025	0.0075	0	0.000378	0.004824	0.004334	0	BH	BH	BH	SH
ZK	B9	B-20/50	0.0035	0.048	0.0040	0.0026	0.036	0.0015	0.0025	0.0075	0	0.005573	0.0075	0	0	GB	GB	SH	SH
ZK	B10	B-20/50	0.0035	0.048	0.0078	0.0026	0.036	0.0058	0.0025	0.0075	0	0.000342	0	0.000342	0	BH	SH	BH	SH
ZK	B11	B-35/30	0.0035	0.048	0.0300	0.0026	0.036	0.0225	0.0025	0.0075	0	0.000665	0.007625	0.000665	0.000657	BH	BH	BH	BH
ZK	B12	B-15/50	0.0035	0.048	0.0052	0.0026	0.036	0.0039	0.0025	0.0075	0	0.003218	0	0.003213	0	BH	SH	BH	SH
ZK	B13	B-15/50	0.0035	0.048	0.0051	0.0026	0.036	0.0038	0.0025	0.0075	0	0	0	0	3.45E-05	SH	SH	SH	BH
ZK	B14	B-15/50	0.0035	0.048	0.0052	0.0026	0.036	0.0039	0.0025	0.0075	0	0.002297	0.004391	0	0	BH	İH	SH	SH
ZK	B15	B-15/50	0.0035	0.048	0.0052	0.0026	0.036	0.0039	0.0025	0.0075	0	0.004274	0	0.003054	0	İH	SH	BH	SH

Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesinde olmalıdır [2].

Tablo 4.42: Perdelerde X doğrultusu hasar değerleri.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$	ε_c	KONTROL	ε_s	KONTROL	Hasar Durumu
6.NK	W14	P-20/150	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	6.00E-05	SH	5.85E-05	SH	SH
6.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	2.04E-04	SH	1.95E-04	SH	SH
5.NK	W14	P-20/150	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	1.58E-04	SH	1.55E-04	SH	SH
5.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	2.09E-03	SH	2.01E-03	SH	SH
4.NK	W14	P-20/150	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	3.48E-04	SH	3.45E-04	SH	SH
4.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	7.14E-04	SH	6.87E-04	SH	SH
3.NK	W14	P-20/150	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	6.00E-04	SH	5.93E-04	SH	SH
3.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	6.02E-04	SH	5.82E-04	SH	SH
2.NK	W13	P-20/170	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	6.18E-04	SH	6.17E-04	SH	SH
2.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	3.50E-04	SH	3.45E-04	SH	SH
1.NK	W12	P-20/200	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	6.56E-04	SH	6.54E-04	SH	SH
1.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	6.93E-04	SH	6.78E-04	SH	SH
ZK	W1	P-20/250	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	8.67E-04	SH	8.49E-04	SH	SH
ZK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	4.39E-03	GB	4.18E-03	SH	GB

Tablo 4.43: Perdelerde Y doğrultusu hasar değerleri.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$	ε_c	KONTROL	ε_s	KONTROL	Hasar Durumu
6.NK	W14	P-20/150	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.000341	SH	3.18E-04	SH	SH
6.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.000027	SH	2.55E-05	SH	SH
5.NK	W14	P-20/150	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.001445	SH	1.48E-03	SH	SH
5.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	5.25E-05	SH	5.25E-05	SH	SH
4.NK	W14	P-20/150	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.001286	SH	1.21E-03	SH	SH
4.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	7.95E-05	SH	7.95E-04	SH	SH
3.NK	W14	P-20/150	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.001109	SH	1.07E-03	SH	SH
3.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.000159	SH	1.59E-04	SH	SH
2.NK	W13	P-20/170	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.00093	SH	9.05E-04	SH	SH
2.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.000251	SH	2.51E-04	SH	SH
1.NK	W12	P-20/200	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.00111	SH	1.08E-03	SH	SH
1.NK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.000345	SH	3.44E-04	SH	SH
ZK	W1	P-20/250	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.00581	GB	5.46E-03	SH	GB
ZK	W3	P-290/20	0.004	0.05	0.0026	0.04	0.003	0.008	0.000432	SH	4.32E-04	SH	SH

Kolonlarda, kirişlerde ve perdelerde gevrek kırılmaya karşılık gelen kesme kuvveti, bu taşıyıcı elemanların kapasiteleriyle karşılaştırılarak elemanların "sünek" veya "gevrek" olup olmadıkları kontrol edildi. Kesme kuvveti TS500 [9]'de bulunan hesaba göre tayin edildi.

Tablo 4.44: Kolonlarda X doğrultusunda kesme kontrolü.

X DOĞRULTUSU																	
Kolon Bilgisi				Beton Katkısı							Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma Türü
Kat	Kolon	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	γ	Nd (N)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_d (kN)	
6.NK	C1	550	300	6.23	0.87	0.07	118706	151656	66	**53**	79	250	220	**21**	73	34	SÜNEK
6.NK	C2	550	300	6.23	0.87	0.07	176040	151656	68	**54**	79	250	220	**21**	75	35	SÜNEK
6.NK	C3	550	300	6.23	0.87	0.07	159264	151656	67	**54**	79	250	220	**21**	74	63	SÜNEK
6.NK	C4	550	300	6.23	0.87	0.07	142538	151656	67	**53**	79	250	220	**21**	74	15	SÜNEK
6.NK	C5	500	300	6.23	0.87	0.07	83988	137456	59	**47**	79	250	220	**21**	68	18	SÜNEK
6.NK	C6	500	250	6.23	0.87	0.07	120214	113256	51	**41**	79	250	220	**17**	58	21	SÜNEK
6.NK	C8	500	300	6.23	0.87	0.07	108028	137456	60	**48**	79	250	220	**21**	69	11	SÜNEK
6.NK	C9	500	250	6.23	0.87	0.07	116029	113256	51	**41**	79	250	220	**17**	58	44	SÜNEK
6.NK	C10	400	300	6.23	0.87	0.07	92656	109056	48	**39**	79	250	220	**21**	59	35	SÜNEK
6.NK	C11	500	300	6.23	0.87	0.07	136198	137456	61	**49**	79	250	220	**21**	69	46	SÜNEK
6.NK	C12	500	300	6.23	0.87	0.07	127368	137456	60	**48**	79	250	220	**21**	69	47	SÜNEK
6.NK	C13	400	300	6.23	0.87	0.07	129790	109056	49	**39**	79	250	220	**21**	60	19	SÜNEK
6.NK	C14	250	300	6.23	0.87	0.07	110863	66456	32	**25**	79	250	220	**21**	46	18	SÜNEK
6.NK	C15	250	300	6.23	0.87	0.07	97904	66456	31	**25**	79	250	220	**21**	46	15	SÜNEK
6.NK	C16	400	250	6.23	0.87	0.07	97912	89856	41	**33**	79	250	220	**17**	50	28	SÜNEK
6.NK	C17	300	250	6.23	0.87	0.07	117600	66456	32	**26**	79	250	220	**17**	43	20	SÜNEK
6.NK	C18	400	250	6.23	0.87	0.07	120359	89856	41	**33**	79	250	220	**17**	50	14	SÜNEK
6.NK	C19	300	250	6.23	0.87	0.07	99849	66456	31	**25**	79	250	220	**17**	42	15	SÜNEK
6.NK	C20	250	400	6.23	0.87	0.07	64875	89856	40	**32**	79	250	220	**28**	59	14	SÜNEK

Tablo 4.45: Kolonlarda Y doğrultusunda kesme kontrolü.

Y DOĞRULTUSU																
Kolon Bilgisi				Beton Katkısı							Etriye Katkısı				Kontrol	
Kat	Kolon	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	γ	Nd (N)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_d (kN)
6.NK	C1	300	550	6.23	0.87	0.07	118706	151656	66	**53**	79	250	220	**38**	91	25
6.NK	C2	300	550	6.23	0.87	0.07	159527	151656	67	**54**	79	250	220	**38**	92	17
6.NK	C3	300	550	6.23	0.87	0.07	159264	151656	67	**54**	79	250	220	**38**	92	18
6.NK	C4	300	550	6.23	0.87	0.07	118808	151656	66	**53**	79	250	220	**38**	91	26
6.NK	C5	300	500	6.23	0.87	0.07	91094	137456	59	**48**	79	250	220	**35**	82	27
6.NK	C6	250	500	6.23	0.87	0.07	118957	113256	51	**41**	79	250	220	**35**	75	29
6.NK	C8	300	500	6.23	0.87	0.07	89773	137456	59	**48**	79	250	220	**35**	82	27
6.NK	C9	250	500	6.23	0.87	0.07	123229	113256	51	**41**	79	250	220	**35**	75	29
6.NK	C10	300	400	6.23	0.87	0.07	94340	109056	48	**39**	79	250	220	**28**	66	7
6.NK	C11	300	500	6.23	0.87	0.07	126188	137456	60	**48**	79	250	220	**35**	83	19
6.NK	C12	300	500	6.23	0.87	0.07	127368	137456	60	**48**	79	250	220	**35**	83	19
6.NK	C13	300	400	6.23	0.87	0.07	96278	109056	48	**39**	79	250	220	**28**	66	7
6.NK	C14	300	250	6.23	0.87	0.07	105910	66456	32	**25**	79	250	220	**17**	43	22
6.NK	C15	300	250	6.23	0.87	0.07	97440	66456	31	**25**	79	250	220	**17**	42	23
6.NK	C16	250	400	6.23	0.87	0.07	97912	89856	41	**33**	79	250	220	**28**	60	15

Tablo 4.46: Kirişlerde kesme kontrolü.

X-Y DOĞRULTUSU															
Kiriş Bilgileri				Beton Katkısı					Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma
Kat	Kiriş	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_e (kN)	Türü
6.NK	B1	900	300	6.23	0.87	251056	102	**82**	79	250	220	**21**	103	74	SÜNEK
6.NK	B2	900	300	6.23	0.87	251056	102	**82**	79	250	220	**21**	103	100	SÜNEK
6.NK	B3	1000	300	6.23	0.87	279456	114	**91**	79	250	220	**21**	112	118	GEVREK
6.NK	B4	1000	300	6.23	0.87	279456	114	**91**	79	250	220	**21**	112	145	GEVREK
6.NK	B5	200	500	6.23	0.87	89056	38	**30**	79	250	220	**35**	65	35	SÜNEK
6.NK	B6	200	500	6.23	0.87	89056	38	**30**	79	250	220	**35**	65	35	SÜNEK
6.NK	B7	700	300	6.23	0.87	194256	79	**64**	79	250	220	**21**	84	26	SÜNEK
6.NK	B8	700	300	6.23	0.87	194256	79	**64**	79	250	220	**21**	84	30	SÜNEK
6.NK	B9	200	500	6.23	0.87	89056	38	**30**	79	250	220	**35**	65	31	SÜNEK
6.NK	B10	200	500	6.23	0.87	89056	38	**30**	79	250	220	**35**	65	20	SÜNEK
6.NK	B11	350	300	6.23	0.87	94856	40	**32**	79	250	220	**21**	53	10	SÜNEK
6.NK	B12	150	500	6.23	0.87	64856	28	**23**	79	250	220	**35**	57	6	SÜNEK
6.NK	B13	150	500	6.23	0.87	64856	28	**23**	79	250	220	**35**	57	2	SÜNEK

Tablo 4.47: Perdelerde X doğrultusunda kesme kontrolü.

X DOĞRULTUSU																	
Perde Bilgisi				Beton Katkısı							Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma
Kat	Perde	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	γ	Nd (N)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_d (kN)	Türü
6.NK	W14	200	1500	6.23	0.87	0.07	171	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	24	SÜNEK
6.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	566	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	7	SÜNEK
5.NK	W14	200	1500	6.23	0.87	0.07	341	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	29	SÜNEK
5.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	633	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	2	SÜNEK
4.NK	W14	200	1500	6.23	0.87	0.07	465	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	38	SÜNEK
4.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	593	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	2	SÜNEK
3.NK	W14	200	1500	6.23	0.87	0.07	769	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	41	SÜNEK
3.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	511	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	3	SÜNEK
2.NK	W13	200	1500	6.23	0.87	0.07	829	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	41	SÜNEK
2.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	401	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	3	SÜNEK
1.NK	W12	200	1500	6.23	0.87	0.07	912	273056	114	**91**	79	250	220	**104**	195	40	SÜNEK
1.NK	W3	2900	200	6.23	0.87	0.07	461	530656	220	**176**	79	250	220	**14**	189	4	SÜNEK

Tablo 4.48: Perdelerde Y doğrultusunda kesme kontrolü.

Y DOĞRULTUSU																	
Perde Bilgisi				Beton Katkısı							Etriye Katkısı				Kontrol		Kırılma
Kat	Perde	b_W (mm)	d (mm)	f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	γ	Nd (N)	A_C (mm^2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	A_{SW} (mm^2)	s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_W (kN)	V_r (kN)	V_d (kN)	Türü
6.NK	W14	1500	200	6.23	0.87	0.07	704	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	0	SÜNEK
6.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	77	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	8	SÜNEK
5.NK	W14	1500	200	6.23	0.87	0.07	803	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	0	SÜNEK
5.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	158	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	14	SÜNEK
4.NK	W14	1500	200	6.23	0.87	0.07	588	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	0	SÜNEK
4.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	239	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	23	SÜNEK
3.NK	W14	1500	200	6.23	0.87	0.07	792	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	1	SÜNEK
3.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	318	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	27	SÜNEK
2.NK	W13	1500	200	6.23	0.87	0.07	843	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	1	SÜNEK
2.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	399	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	27	SÜNEK
1.NK	W12	1500	200	6.23	0.87	0.07	828	273056	114	**91**	79	250	220	**14**	105	1	SÜNEK
1.NK	W3	200	2900	6.23	0.87	0.07	474	530656	220	**176**	79	250	220	**200**	376	28	SÜNEK

Bulunan sonuçlara göre binanın TBDY-2018'e [2] göre karşılaması gereken "Kontrollü Hasar " sınır şartını sağlamadığı görülmüştür.

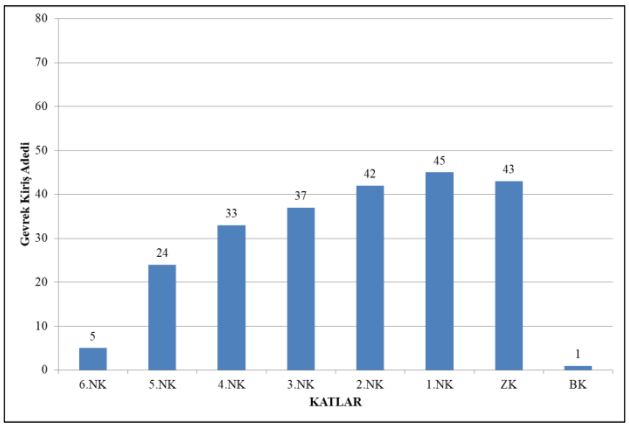
Gevrek elemanların güçlendirilmesi koşuluyla, herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişleri %35'i "İleri Hasar Bölgesi" ne geçebilir. Buna göre her bir deprem doğrultusunda "Göçme Bölgesi"nde kirişler olduğundan bu şart sağlanamamıştır. (Tablo 4.49-Tablo 4.50) S220 donatı kullanıldığından talep değerleri 1.5 ile çarpılarak arttırılmıştır. Kesitin kesme kuvveti oranına göre şekildeğiştirme üst sınır değerleri 0.50 ile çarpılarak azaltılmıştır [2].

Tablo 4.49: X doğrultusunda hasar alan kirişler.

X DOĞRULTUSU										
		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	SH	ORAN
6.NK	SOL	79	2	3%	0	0%	29	37%	48	61%
	SAĞ	79	1	1%	3	4%	41	52%	34	43%
5.NK	SOL	79	3	4%	7	9%	50	63%	19	24%
	SAĞ	79	5	6%	6	8%	45	57%	23	29%
4.NK	SOL	79	5	6%	9	11%	48	61%	17	22%
	SAĞ	79	10	13%	8	10%	39	49%	22	28%
3.NK	SOL	79	8	10%	9	11%	44	56%	18	23%
	SAĞ	79	13	16%	6	8%	39	49%	21	27%
2.NK	SOL	79	9	11%	8	10%	42	53%	20	25%
	SAĞ	79	18	23%	3	4%	38	48%	20	25%
1.NK	SOL	79	10	13%	13	16%	36	46%	20	25%
	SAĞ	79	15	19%	10	13%	34	43%	20	25%
ZK	SOL	88	11	13%	8	9%	43	49%	26	30%
	SAĞ	88	14	16%	9	10%	41	47%	24	27%
BK	SOL	8	0	0%	1	13%	4	50%	3	38%
	SAĞ	8	1	13%	0	0%	6	75%	1	13%

Tablo 4.50: Y doğrultusunda hasar alan kirişler.

Y DOĞRULTUSU										
		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	SH	ORAN
6.NK	SOL	79	1	1%	3	4%	38	48%	37	47%
	SAĞ	79	0	0%	1	1%	28	35%	50	63%
5.NK	SOL	79	5	6%	7	9%	39	49%	28	35%
	SAĞ	79	0	0%	4	5%	42	53%	33	42%
4.NK	SOL	79	10	13%	6	8%	37	47%	26	33%
	SAĞ	79	0	0%	4	5%	45	57%	30	38%
3.NK	SOL	79	13	16%	6	8%	35	44%	25	32%
	SAĞ	79	3	4%	3	4%	43	54%	30	38%
2.NK	SOL	79	13	16%	7	9%	33	42%	26	33%
	SAĞ	79	3	4%	5	6%	42	53%	29	37%
1.NK	SOL	79	12	15%	9	11%	33	42%	25	32%
	SAĞ	79	3	4%	5	6%	42	53%	29	37%
ZK	SOL	88	19	22%	4	5%	35	40%	30	34%
	SAĞ	88	3	3%	10	11%	36	41%	39	44%
BK	SOL	8	0	0%	1	13%	4	50%	3	38%
	SAĞ	8	1	13%	0	0%	5	63%	2	25%



Şekil 4.31: Gevrek durumda olan kirişler.

Gevrek elemanların güçlendirilmesi koşuluyla, herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda "İleri Hasar Sınırı" nı aşan kolonların kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. Buna göre binada "Göçme Bölgesi"nde %92 oranında eleman olduğundan bu şart

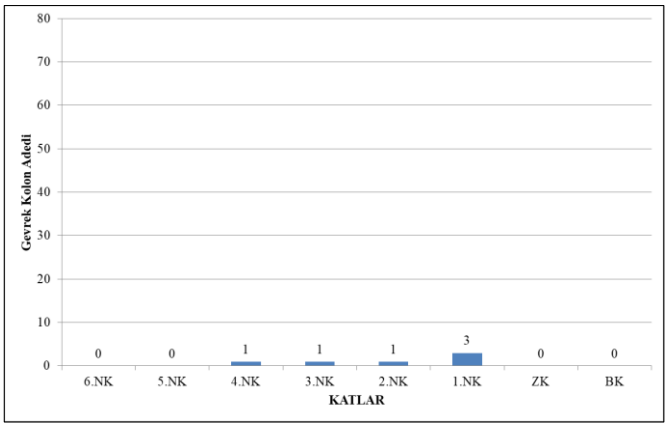
sağlanamamıştır. (Tablo 4.51-Tablo 4.52) S220 donatı kullanıldığından talep değerleri 1.5 ile çarpılarak arttırılmıştır. Kesitin kesme kuvveti oranına göre şekildeğiştirme üst sınır değerleri 0.50 ile çarpılarak azaltılmıştır [2].

Tablo 4.51: X doğrultusunda hasar alan kolonlar.

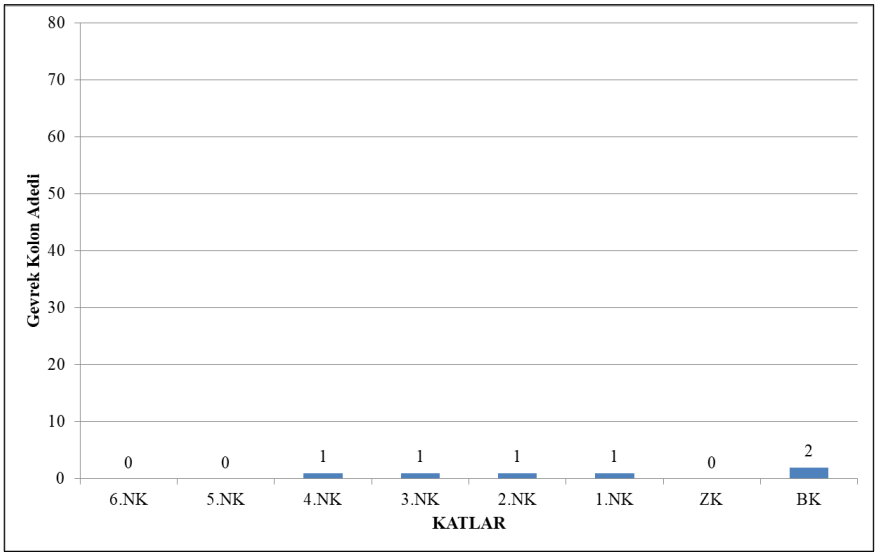
X DOĞRULTUSU								
		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN
6.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	1	4%	24	96%
5.NK	ALT	25	1	4%	0	0%	24	96%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	25	100%
4.NK	ALT	25	8	32%	5	20%	12	48%
	ÜST	25	4	16%	8	32%	13	52%
3.NK	ALT	25	15	60%	2	8%	8	32%
	ÜST	25	11	44%	2	8%	12	48%
2.NK	ALT	25	11	44%	4	16%	10	40%
	ÜST	25	8	32%	2	8%	15	60%
1.NK	ALT	25	23	92%	0	0%	2	8%
	ÜST	25	10	40%	3	12%	12	48%
ZK	ALT	25	22	88%	3	12%	0	0%
	ÜST	25	5	20%	3	12%	17	68%
BK	ALT	11	0	0%	0	0%	11	100%
	ÜST	11	0	0%	1	9%	10	91%

Tablo 4.52: Y doğrultusunda hasar alan kolonlar.

Y DOĞRULTUSU								
		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN
6.NK	ALT	25	0	0%	0	0%	25	100%
	ÜST	25	0	0%	0	0%	25	100%
5.NK	ALT	25	3	12%	2	8%	20	80%
	ÜST	25	1	4%	1	4%	23	92%
4.NK	ALT	25	9	36%	2	8%	14	56%
	ÜST	25	14	56%	3	12%	8	32%
3.NK	ALT	25	20	80%	1	4%	4	16%
	ÜST	25	20	80%	1	4%	4	16%
2.NK	ALT	25	19	76%	2	8%	4	16%
	ÜST	25	16	64%	3	12%	6	24%
1.NK	ALT	25	25	100%	0	0%	0	0%
	ÜST	25	11	44%	4	16%	10	40%
ZK	ALT	25	24	96%	1	4%	0	0%
	ÜST	25	7	28%	5	20%	13	52%
BK	ALT	11	1	9%	0	0%	10	91%
	ÜST	11	2	18%	0	0%	9	82%



Şekil 4.32: X Doğrultusunda gevrek durumda olan kolonlar.



Şekil 4.33: Y doğrultusunda gevrek durumda olan kolonlar.

Diğer taşıyıcı elemanların tümü "Sınırlı Hasar" veya "Belirgin Hasar" bölgesinde olmalıdır. Buna göre binadaki diğer elemanlarda bu şartı sağlamamaktadır. Perde elemanlarında gevrek hasar alan eleman bulunmamaktadır.

Tablo 4.53: X doğrultusunda hasar alan perdeler.

		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	SH	ORAN
6.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
5.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
4.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
3.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
2.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
1.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
ZK	ALT	2	1	50%	0	0%	0	0%	1	50%
BK	ALT	11	0	0%	0	0%	0	0%	11	100%

Tablo 4.54: Y doğrultusunda hasar alan perdeler.

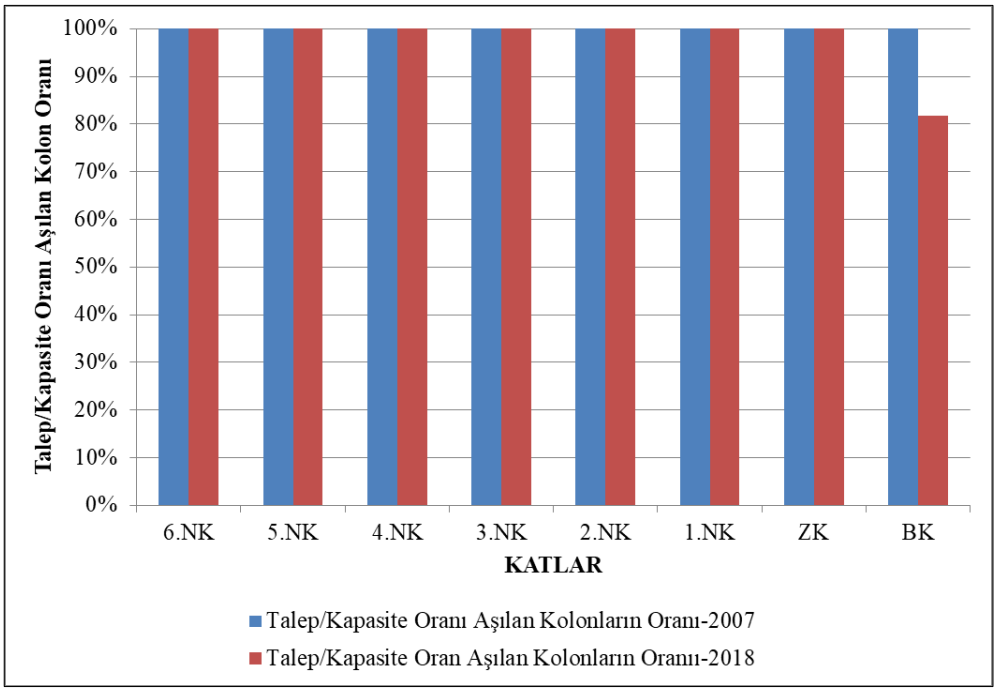
		ADET	GB	ORAN	İH	ORAN	BH	ORAN	SH	ORAN
6.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
5.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
4.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
3.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
2.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
1.NK	ALT	2	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
ZK	ALT	2	1	50%	0	0%	0	0%	1	50%
BK	ALT	11	0	0%	0	0%	0	0%	11	100%

4.4.Talep/Kapasite Oranına Göre Kolon ve Kiriş Değerlendirmesi

Bu çalışmada doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak mevcut bir binanın değerlendirmesi yapılmıştır. Buna ilave olarak Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımı olan talep/kapasite oranına göre bir değerlendirme yapılmıştır. Elemanların TBDY-2018 [2] ve DBYBHY-2007 [1]'ye göre hesaplanan talep/kapasite oranları karşılaştırılmıştır. Talep değeri hesaplanırken azaltılmamış deprem kuvvetleri ve arttırılmamış düşey yüklerin olduğu kombinasyon dikkate alınmıştır. Kapasite değeri ise kesit tanımlaması yapılan bir programdan alınmıştır.

Tablo 4.55: Kolon Talep/Kapasite oranları.

TBDY-2018					DBYBHY-2007				
Kat	Kolon	Kesit	T/K Oranı	Kontrol	Kat	Kolon	Kesit	T/K Oranı	Kontrol
6.NK	C1	SDC-55/30	6	T/K AŞILDI	6.NK	C1	SDC-55/30	7	T/K AŞILDI
6.NK	C2	SDC-55/30	7	T/K AŞILDI	6.NK	C2	SDC-55/30	8	T/K AŞILDI
6.NK	C3	SDC-55/30	8	T/K AŞILDI	6.NK	C3	SDC-55/30	9	T/K AŞILDI
6.NK	C4	SDC-55/30	6	T/K AŞILDI	6.NK	C4	SDC-55/30	6	T/K AŞILDI
6.NK	C5	SDC-50/30	5	T/K AŞILDI	6.NK	C5	SDC-50/30	7	T/K AŞILDI
6.NK	C6	SDC-50/25	9	T/K AŞILDI	6.NK	C6	SDC-50/25	10	T/K AŞILDI
6.NK	C8	SDC-50/30	6	T/K AŞILDI	6.NK	C8	SDC-50/30	7	T/K AŞILDI
6.NK	C9	SDC-50/25	9	T/K AŞILDI	6.NK	C9	SDC-50/25	10	T/K AŞILDI
6.NK	C10	SDC-40/30	6	T/K AŞILDI	6.NK	C10	SDC-40/30	8	T/K AŞILDI
6.NK	C11	SDC-50/30	10	T/K AŞILDI	6.NK	C11	SDC-50/30	12	T/K AŞILDI

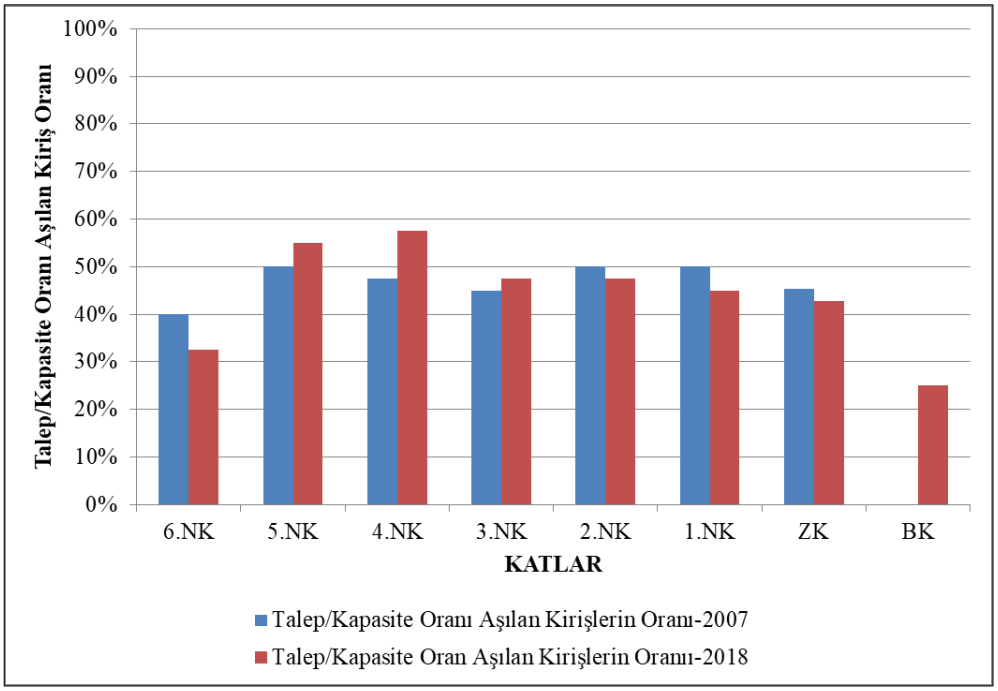


Şekil 4.34: Talep/Kapasite oranı aşılan kolonların oranı.

Tablo 4.56: Kiriş Talep/Kapasite oranları.

TBDY-2018				
Kat	Kiriş	Kesit	T/K Oranı	Kontrol
6.NK	B5	SDB-20/50	0.1	T/K AŞILMADI
6.NK	B8	SDB-70/30	0.4	T/K AŞILMADI
6.NK	B11	SDB-35/30	2.1	T/K AŞILDI
6.NK	B12	SDB-15/50	0.1	T/K AŞILMADI
6.NK	B13	SDB-15/50	0.1	T/K AŞILMADI
6.NK	B14	SDB-15/50	2.9	T/K AŞILDI
6.NK	B15	SDB-15/50	0.0	T/K AŞILMADI
6.NK	B16	SDB-15/50	0.1	T/K AŞILMADI
6.NK	B17	SDB-15/50	1.9	T/K AŞILDI
6.NK	B22	SDB-30/30	0.5	T/K AŞILMADI

DBYBHY-2007				
Kat	Kiriş	Kesit	T/K Oranı	Kontrol
6.NK	B5	SDB-20/50	0.1	T/K AŞILMADI
6.NK	B8	SDB-70/30	1.9	T/K AŞILDI
6.NK	B11	SDB-35/30	2.9	T/K AŞILDI
6.NK	B12	SDB-15/50	0.1	T/K AŞILMADI
6.NK	B13	SDB-15/50	0.1	T/K AŞILMADI
6.NK	B14	SDB-15/50	2.8	T/K AŞILDI
6.NK	B15	SDB-15/50	0.1	T/K AŞILMADI
6.NK	B16	SDB-15/50	0.2	T/K AŞILMADI
6.NK	B17	SDB-15/50	1.3	T/K AŞILDI
6.NK	B22	SDB-30/30	0.3	T/K AŞILMADI

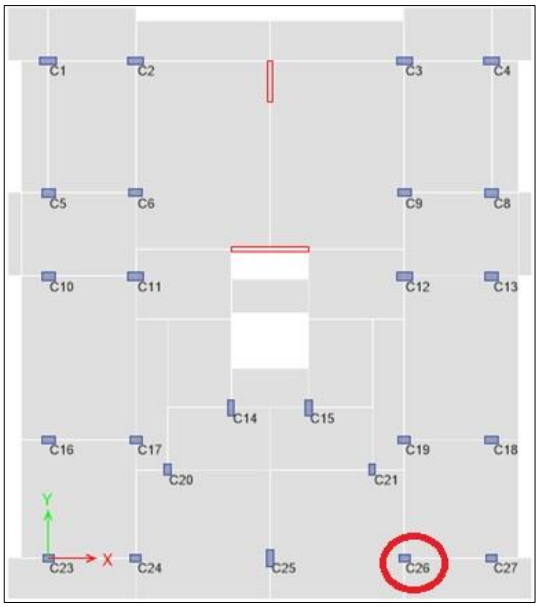


Şekil 4.35: Talep/Kapasite oranı aşılan kolonların oranı.

Modele yapılan doğrusal analiz (Mod Birleştirme) ile elemanlara gelen talep değerleri bulundu. Bu değerler elemanların kapasiteleriyle karşılaştırıldığında yukarıdaki sonuçlar elde edildi. Buna göre kolonların, bodrum kat hariç, tamamında talep/kapasite oranı 1 değerini aşmıştır. Kirişlerde ise her katta, talep/kapasite oranı 1 değerini aşmış eleman bulunmaktadır.

4.5.Bir Düşey Taşıyıcı Elemanda Talep/Kapasite Oranı Karşılaştırması

Bu bölüm, çalışmanın başından bu yana bulunan değerlerin bir eleman özelinde görülmesi üzerine bir bölümdür. Buna göre 3.NK katta bulunan 40/25 boyutunda C26 adında köşe kolonu seçilmiştir. (Şekil 4.36) C26 kolonunda 4 adet 14 mm çapında donatı bulunmaktadır. Beton basınç dayanımı 6.23 MPa, çelik çekme dayanımı 220 MPa'dır. Betonda sargısız beton modeli, çelikte mander modeli kullanılmıştır.



Şekil 4.36: 3.NK C26 kolonu.

Şekil 4.37: 40/25 kolonu donatı detayı (4Ø14).

TBDY-2018'e [2] göre yapılan hesapta kolonun plastik dönme "Göçme Öncesi" sınır değeri X doğrultusunda 0.0008, Y doğrultusunda 0.0012, "Kontrollü Hasar" sınır değeri X doğrultusunda 0.0006, Y doğrultusunda 0.0009 olarak hesaplanmıştır. "Sınırlı Hasar" sınır değeri olarak kesitte herhangi bir plastik dönme oluşmaması kabulü yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda X doğrultusunda ve Y doğrultusunda eleman "Göçme Bölgesi"'ne geçmiştir. (Tablo 4.57-Tablo 4.58)

Tablo 4.57: 2018-X doğrultusu.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$	$\theta_p^{(SH)}$	$\theta_{Alt\ Mafsal}$	$\theta_{Üst\ Mafsal}$	Alt Mafsal Hasar Durumu	Üst Mafsal Hasar Durumu
3.NK	C26	C-40/25	0.004	0.05	0.0008	0.0026	0.04	0.0006	0.003	0.008	0	2.01E-03	9.81E-04	GB	GB

Tablo 4.58: 2018-Y doğrultusu.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$	$\theta_p^{(SH)}$	$\theta_{Alt\ Mafsal}$	$\theta_{Üst\ Mafsal}$	Alt Mafsal Hasar Durumu	Üst Mafsal Hasar Durumu
3.NK	C26	C-40/25	0.004	0.05	0.0012	0.0026	0.04	0.0009	0.003	0.008	0	3.16E-03	1.70E-03	GB	GB

DBYBHY-2007 [1]'ye göre yapılan hesapta kolonun birim şekildeğiştirme "Göçme Sınırı" sınır değeri beton için 0.004, çelik için 0.06 alınmıştır. "Güvenlik Sınırı" sınır değeri beton için 0.0035, çelik için 0.04 alınmıştır. "Minimum Hasar" sınır değeri beton için 0.0035, çelik için 0.01 alınmıştır. Yapılan analiz sonucunda X doğrultusunda ve Y doğrultusunda elemanlar "Minimum Hasar Bölgesi"'nde kalmıştır. (Tablo 4.59-Tablo 4.60)

Tablo 4.59: 2007-X doğrultusu.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÇ)}$	$\varepsilon_s^{(GÇ)}$	$\varepsilon_c^{(GV)}$	$\varepsilon_s^{(GV)}$	$\varepsilon_c^{(MN)}$	$\varepsilon_s^{(MN)}$	ε_c^{ALT}	ε_s^{ALT}	$\varepsilon_c^{ÜST}$	$\varepsilon_s^{ÜST}$	Alt Mafsal Hasar Durumu	Üst Mafsal Hasar Durumu
3.NK	C26	C-40/25	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.004	0.01	5.23E-03	1.34E-03	2.96E-03	7.22E-04	MH	MH

Tablo 4.60: 2007-Y doğrultusu.

Kat	Kolon	Kesit	$\varepsilon_c^{(GÇ)}$	$\varepsilon_s^{(GÇ)}$	$\varepsilon_c^{(GV)}$	$\varepsilon_s^{(GV)}$	$\varepsilon_c^{(MN)}$	$\varepsilon_s^{(MN)}$	ε_c^{ALT}	ε_s^{ALT}	$\varepsilon_c^{ÜST}$	$\varepsilon_s^{ÜST}$	Alt Mafsal Hasar Durumu	Üst Mafsal Hasar Durumu
3.NK	C26	C-40/25	0.004	0.06	0.0035	0.04	0.0035	0.01	2.96E-03	5.32E-04	2.96E-03	5.32E-04	MH	MH

Talep/Kapasite oranı C26 kolonu hem TBDY-2018 [2] hem de DBYBHY-2007 [1] sırasıyla 9 ve 15 değerleri alarak talep/kapasite oranının maksimum olması gereken 1 değerin aşmıştır.

Tablo 4.61: T/K oranı-2018.

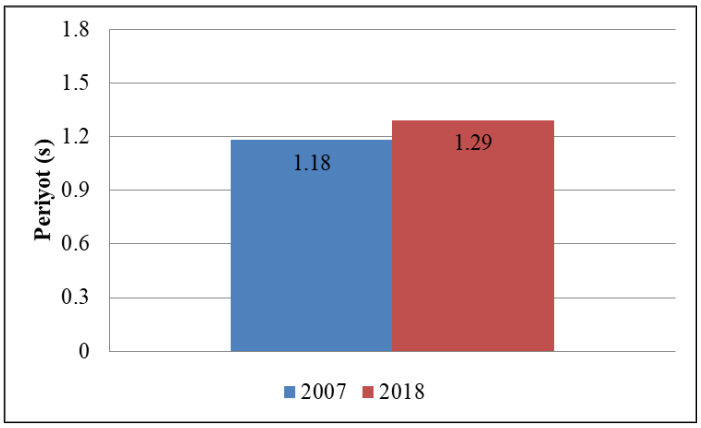
Kat	Kolon	Kesit	T/K Oranı	Kontrol
3.NK	C26	SDC-40/25	9	T/K AŞILDI

Tablo 4.62: T/K oranı-2007.

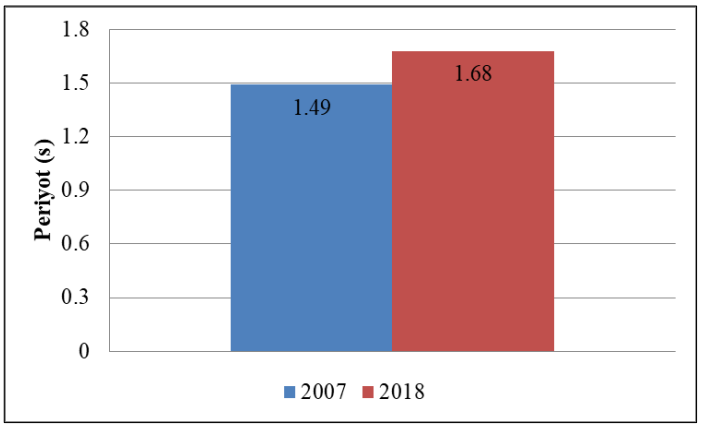
Kat	Kolon	Kesit	T/K Oranı	Kontrol
3.NK	C26	SDC-40/25	15	T/K AŞILDI

4.6. TBDY-2018 & DBYBHY-2007 Karşılaştırma

Bu bölümde hem TBDY-2018 [2] hem de DBYBHY-2007 [1] yönetmeliklerine göre yapılan analizler karşılaştırılmıştır. İlk olarak etkin kesit rijitlik değerlerindeki değişiklikler göze çarpmıştır. Bina, X ve Y doğrultularında, DBYBHY-2007 [1]'ye göre sırasıyla 1.18 s, 1.49 s, TBDY-2018'e [2] göre sırasıyla 1.29 s, 1.68 s periyotlar bulunmuştur. (Şekil 4.38-Şekil 4.39) Buna göre binanın TBDY-2018'de [2] etkin kesit rijitlik değerlerinin düştüğü görülmektedir.

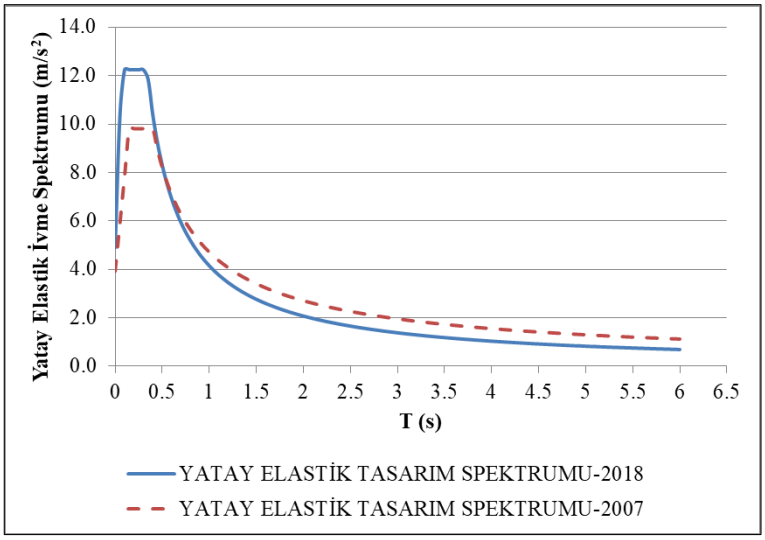


Şekil 4.38: X doğrultusu periyotları.

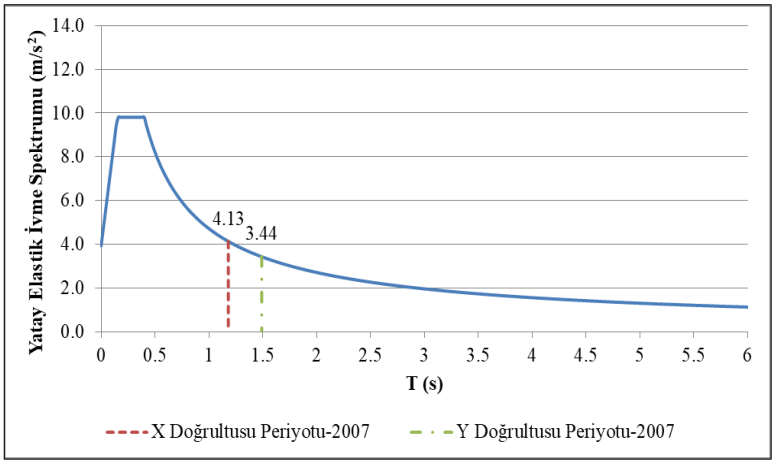


Şekil 4.39: Y doğrultusu periyotları.

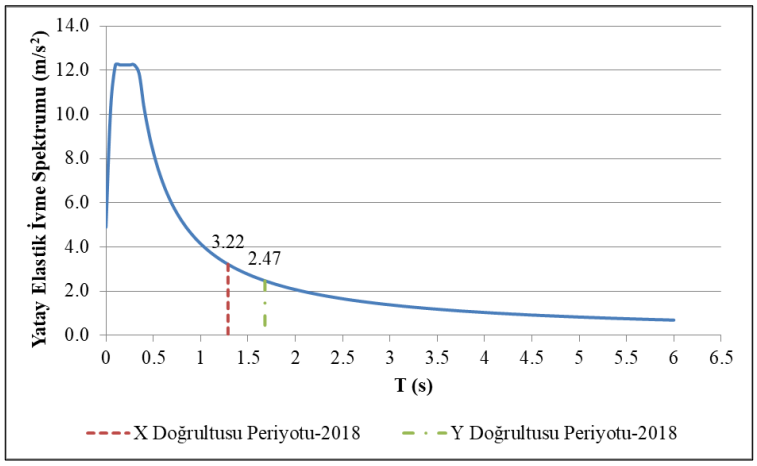
Deprem Tehlike Haritası'nın güncellenmesi elastik spektral ivme (S_{ae}) değerlerinin değişmesine sebep olmuştur. (Şekil 4.40) TBDY-2018'de [2] binanın rijitliğinin düşmesi periyotları arttırmıştır. Artan periyotlar ve değişen spektra, elastik spektral ivme (S_{ae}) değerlerinin düşmesine neden olmuştur. (Şekil 4.41-Şekil 4.42)



Şekil 4.40: DBYBHY-2007 - TBDY-2018 yatay elastik tasarım spektrumları.

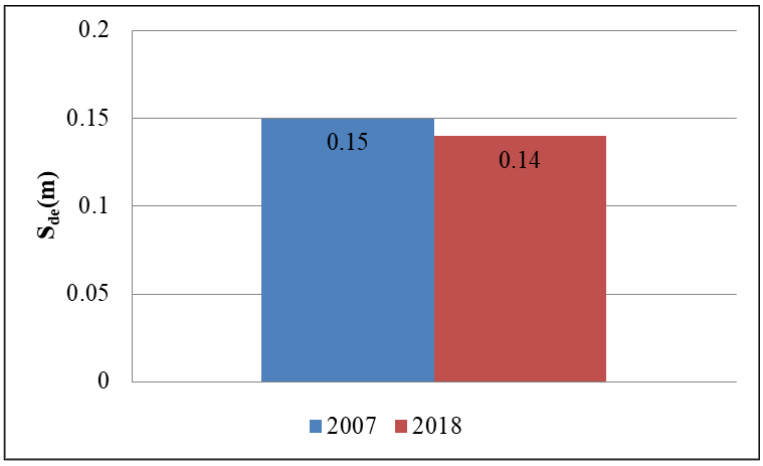


Şekil 4.41: DBYBHY-2007 X ve Y doğrultusu S_{ae} değerleri.

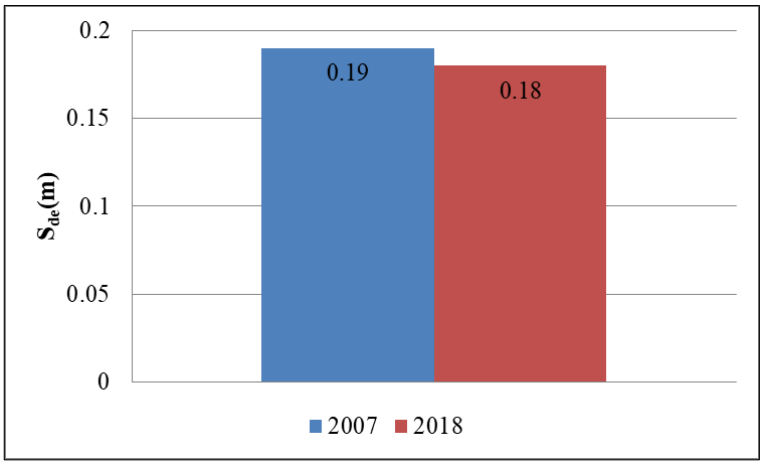


Şekil 4.42: TBDY-2018 X ve Y doğrultusu S_{ae} değerleri.

TBDY-2018'de [2] elastik spektral ivme (S_{ae}) değerinin düşmesi ve periyotların artması elastik spektral yerdeğiştirme (S_{de}) değerinin düşürmüştür. (Şekil 4.43-Şekil 4.44)

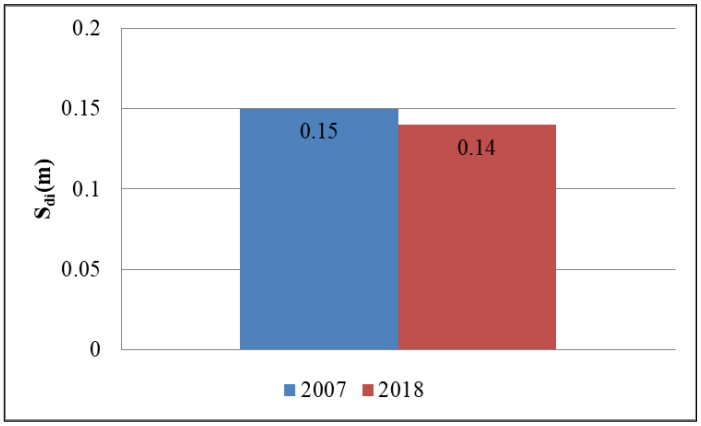


Şekil 4.43: X doğrultusu S_{de} değerleri.

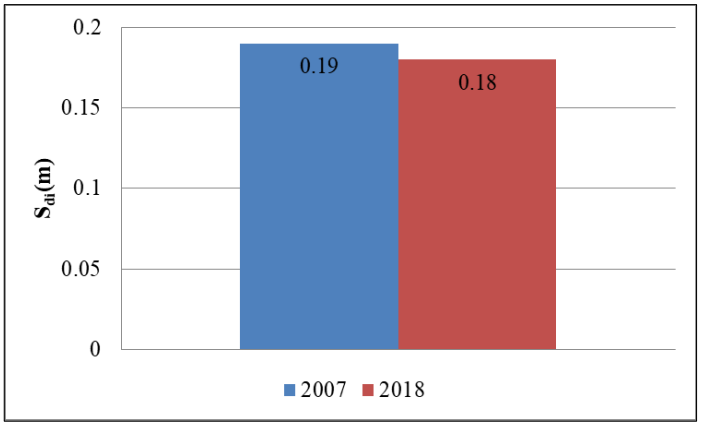


Şekil 4.44: Y doğrultusu S_{de} değerleri.

Elastik olmayan spektral yerdeğiştirme (S_{di}) değeri, her iki deprem yönetmeliğinde bina periyotlarının köşe periyodu (T_B) değerini geçmesinden dolayı eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca (C_R=1) elastik spektral yerdeğiştirme (S_{de}) değerine eşit olarak alınmıştır. Dolayısıyla TBDY-2018'de [2] elastik olmayan spektral yerdeğiştirme (S_{di}) değeri de azalmıştır. (Şekil 4.45-Şekil 4.46)

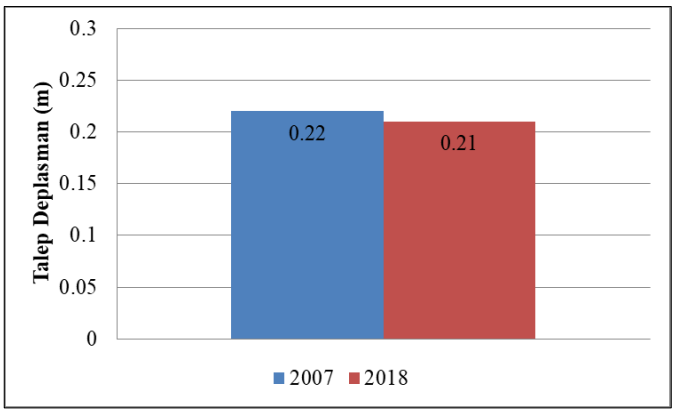


Şekil 4.45: X doğrultusu S_{di} değerleri.

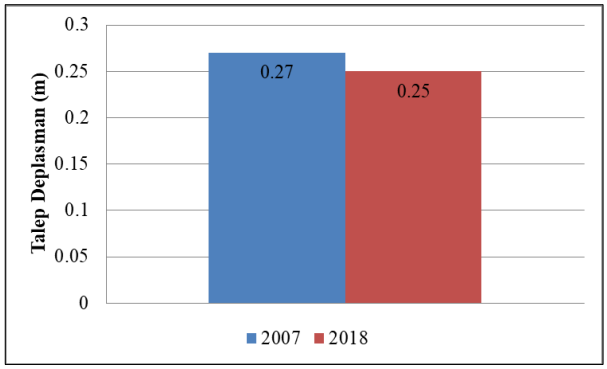


Şekil 4.46: Y doğrultusu S_{di} değerleri.

Binanın itme analizi için spektrum grafiğinden alınan talep deplasman değerinin de TBDY-2018'de [2] DBYBHY-2007'ye [1] göre daha az çıktığı görülmüştür. (Şekil 4.47-Şekil 4.48)

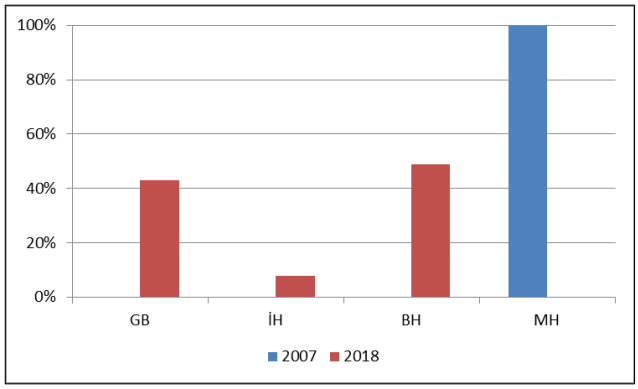


Şekil 4.47: X Doğrultusu talep deplasman değerleri.

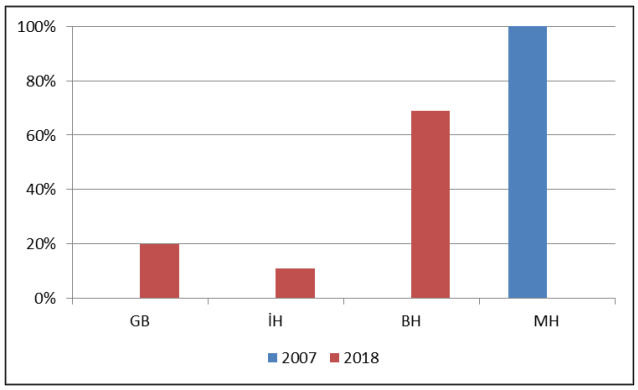


Şekil 4.48: Y doğrultusu talep deplasman değerleri.

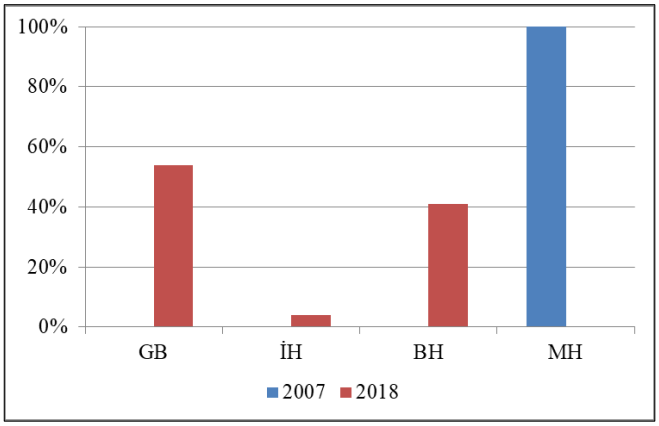
Her iki yönetmeliğe (TBDY-2018 [2], DBYBHY-2007 [1]) göre bulunan talep deplasman değerlerine bina itildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Talep deplasman değerleri neredeyse aynı çıkmasına rağmen kolonlarda hasar oranları DBYBHY-2007'ye [1] göre "Minimum Hasar Bölgesi"'nde, TBDY-2018'e [2] göre "Belirgin Hasar Bölgesi"'nde, "İleri Hasar Bölgesi"'nde, "Göçme Bölgesi"'nde elemanlar bulunmaktadır. (Şekil 4.49-Şekil 4.50-Şekil 4.51-Şekil 4.52)



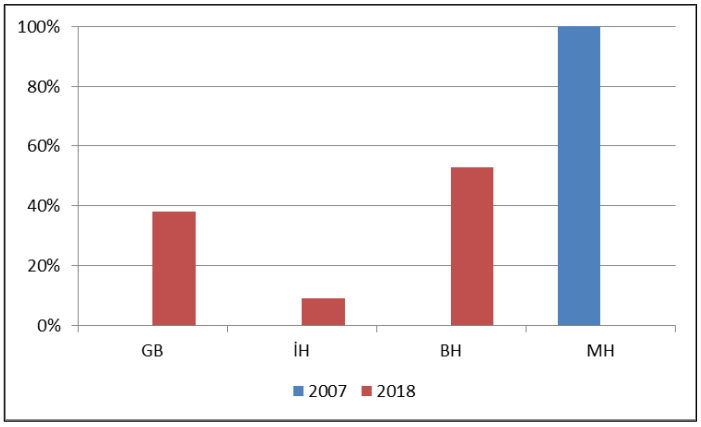
Şekil 4.49: X doğrultusu alt kesit hasar alan kolonların oranları.



Şekil 4.50: X doğrultusu üst kesit hasar alan kolonların oranları.

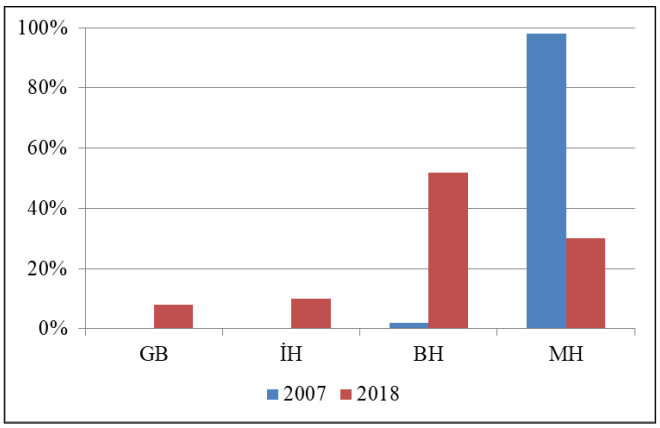


Şekil 4.51: Y doğrultusu alt kesit hasar alan kolonların oranları.

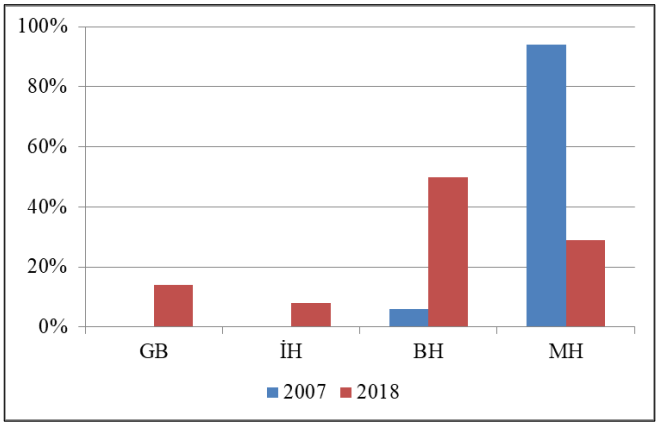


Şekil 4.52: Y doğrultusu üst kesit hasar alan kolonların oranları.

İtme analizi sonucunda kirişlerde, DBYBHY-2007'ye [1] göre maksimum "Belirgin Hasar Bölgesi"'nde eleman bulunurken, TBDY-2018'e [2] göre yapılan analizde tüm hasar bölgelerinde elemanlar bulunmaktadır. (Şekil 4.53-Şekil 4.54)

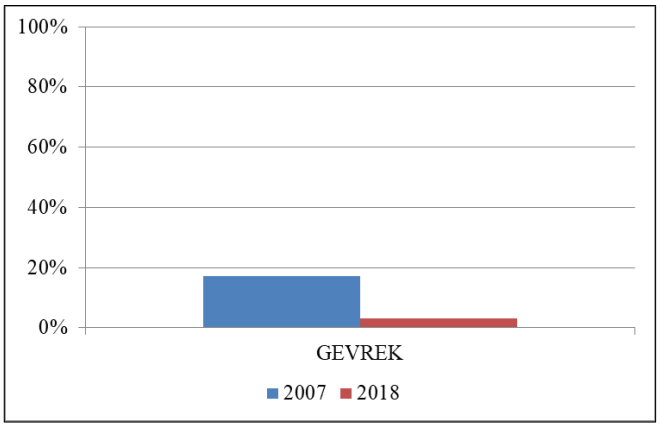


Şekil 4.53: Sol mesnet hasar alan kirişlerin oranı.

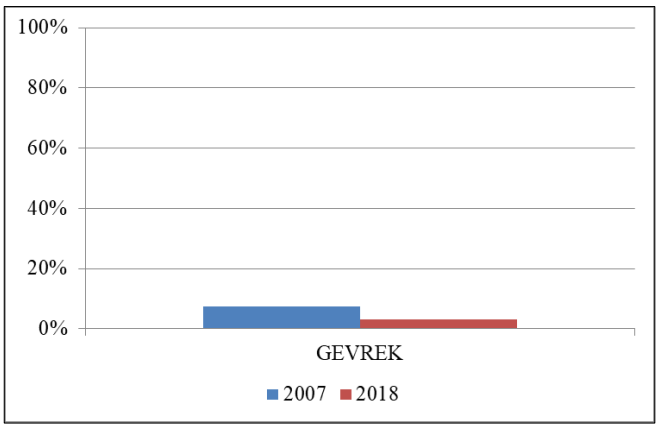


Şekil 4.54: Sağ mesnet hasar alan kirişlerin oranı.

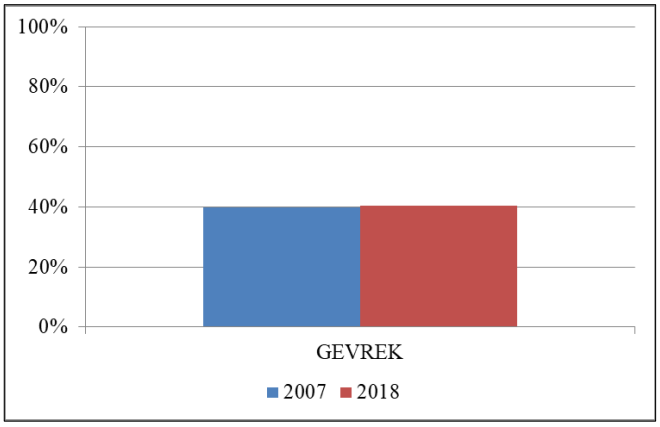
Gevrek eleman hasar kontrolünde, kolonlarda DBYBHY-2007'de [1] TBDY-2018'e [2] göre daha fazla gevrek eleman tespit edilmiştir. Kirişlerde her iki yönetmelikte de aynı gevrek eleman oranı bulunmuştur. (Şekil 4.55-Şekil 4.56-Şekil 4.57)



Şekil 4.55: X doğrultusu gevrek olan kolonların oranları.

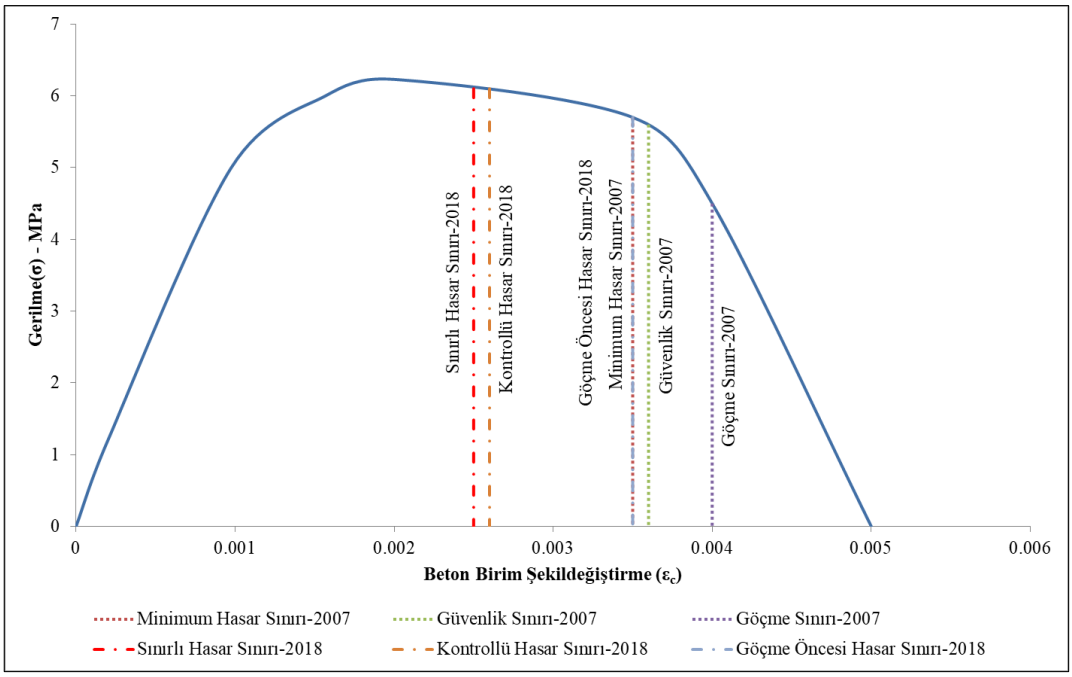


Şekil 4.56: Y doğrultusu gevrek olan kolonların oranları.



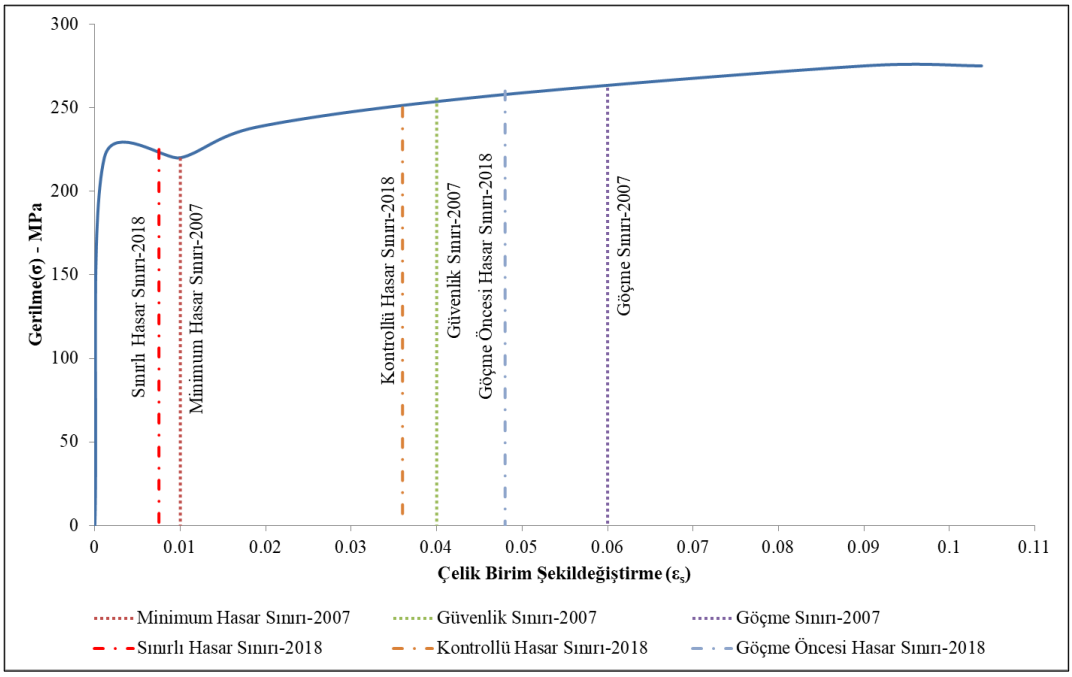
Şekil 4.57: Gevrek olan kirişlerin oranları oranı.

Elemanlarda etriyelerin düz donatı olması, sıklaştırma yapılmaması ve 25-40 arasında değişen etriye yerleşimlerinden dolayı sargısız beton modeli dikkate alınmıştır. Buna göre TBDY-2018'e [2] göre betonun, "Göçme Öncesi" birim şekildeğiştirme sınırı 0.0035, "Kontrollü Hasar" birim şekildeğiştirme sınırı 0.0026, "Sınırlı Hasar" birim şekildeğiştirme sınırı 0.0025 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.58) Çeliğin, "Göçme Öncesi" birim şekildeğiştirme sınırı 0.048, "Kontrollü Hasar" birim şekildeğiştirme sınırı 0.036, "Sınırlı Hasar" birim şekildeğiştirme sınırı 0.0075 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.59)



Şekil 4.58: Sargısız beton modeli grafiği (2007&2018).

DBYBHY-2007'e [1] göre betonun, "Göçme Sınırı" birim şekildeğiştirme sınırı 0.0040, "Güvenlik Sınırı" birim şekildeğiştirme sınırı 0.0035, "Minimum Hasar" birim şekildeğiştirme sınırı 0.0035 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.58) Çeliğin, "Göçme Sınırı" birim şekildeğiştirme sınırı 0.060, "Güvenlik Sınırı" birim şekildeğiştirme sınırı 0.040, "Sınırlı Hasar" birim şekildeğiştirme sınırı 0.010 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.59)



Şekil 4.59: Çelik grafiği (2007&2018).

5.SONUÇ

Bu çalışmada mevcut bir binanın DBYHBY-2007 [1] ve TBDY-2018 [2] yönetmelikleri kullanılarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirme yöntemi olarak doğrusal olmayan değerlendirme yöntemlerinden biri olan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi seçilmiştir.

TBDY-2018'de [2] bir önceki yönetmelik olan DBYBHY-2007 [1] itme analizi akış şeması aynıdır. Fakat modelleme, kullanılacak spektrum ve bina hasar düzeyini belirleyen parametreler değişmiştir. TBDY-2018'de [2] bina rijitliği DBYBHY-2007'ye [1] göre daha azdır ve TBDY-2018'de [2] periyot değerleri DBYBHY-2007'ye [1] göre daha büyük çıkmıştır. Deprem Tehlike Haritası'nın güncellenmesiyle periyota ve zemin parametrelerine bağlı elastik spektral ivme (S_{ae}) değeri hesabındaki değişiklik TBDY-2018'de [2] DBYBHY-2007'e [1] göre daha küçük bir S_{ae} değeri çıkarmıştır. Bu değerin küçülmesi elastik spektral yerdeğiştirme (S_{de}) değerinin küçülmesini anlamına gelmiştir. Binanın periyodu köşe periyotunu (T_B) geçtiği için eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca elastik olmayan spektral yerdeğiştirme (S_{di}) değeri S_{de} değerine eşit olmaktadır. Buna göre Elastik olmayan spektral yerdeğiştirmeye bağlı, modal parametrelerle çarpıldığında, bulunan talep deplasman değeri TBDY-2018'de [2] DBYBHY-2007'ye [1] göre düşük bir değer çıkmıştır.

Analiz sonucunda bulunan plastik dönme ve birim şekildeğiştirme değerleri, yönetmeliklerdeki (TBDY-2018 [2], DBYBHY-2007 [1]) sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre bina TBDY-2018'de [2] performans hedefi olan "Kontrollü Hasar Performans Düzeyi" sağlanamamıştır. DBYBHY-2007'de [1] ise performans hedefi olan "Can Güvenliği Performans Düzeyi" binada gevrek hasar gören elemanlar bulunduğundan sağlanamamıştır. Sargısız beton modeli için, TBDY-2018'de [2] hesaplanan sınır değerleri DBYBHY-2007'ye [1] göre daha düşük hesaplanmıştır. Ayrıca TBDY-2018'de [2], nervürsüz donatı kullanılmasından dolayı talep değerlerinin 1.5 ile çarpılması, kesme kuvveti kontrolünden sonra bazı elemanlarda şekildeğiştirme üst sınırlarının 0.50 ile çarpılması sınır değerlerinin biraz daha düşmesine sebep olmuştur. Bu durum, DBYBHY-2007'de [1] elemanlar Minimum Hasar Düzeyinde iken TBDY-2018'de [2] farklı performans düzeylerinde olmasını açıklamıştır.

Bu çalışmada kullanılan Sabit Tek Modlu İtme Analizi yerine diğer modların etkinliğinin ilave edildiği Çok Modlu İtme Analizi veya gerçek deprem kayıtlarının kullanıldığı Zaman Tanım Alanında Analiz olursa daha doğru sonuçlara ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

[1] BİB, (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

[2] AFAD, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

[3] EC, (2005), Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance – Part3: Assessment and Retrofitting of Buildings, European Commission.

[4] ASCE, (2017), Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers.

[5] Kaya M. P., (2006), "Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemleri Karşılaştırılması Üzerine Sayısal Bir İnceleme" , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

[6] Web 1, (2011), http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/32b8c93564bf9a0_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=12, (Erişim Tarihi: 20/10/2019).

[7] Web 2, (1999), http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/tLarge2.htm , (Erişim Tarihi: 21/12/2019).

[8] Web 3, (2011), http://imoistanbul.org/imoarsiv/2011-seminer-notlari/donem-2/gokturkonem.pdf ,(Erişim Tarihi: 04/11/2019).

[9] BİB, (2000), Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Bayındırlı ve İskan Bakanlığı.

[10] Ghobarah A., (2001), " Performance-Based Design in Earthquake Engineering: State of Development" Engineering Structures, 23(2001), 878-884.

[11] Kumbasar N., (2014), " Betonarme Kesitlerin Eğilme Rijitliği" İMO Teknik Dergi, 2015 7265-7278, Yazı 443.

ÖZGEÇMİŞ

Yunus Emre Şirin, 1994 yılında Samsun'da doğdu. 2012 yılında başladığı Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2016 yılında başarıyla tamamladı. 2017 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Deprem ve Yapı Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2017 yılından bu yana özel bir firmada statik ofis mühendisi olarak çalışmaktadır.