T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTA KATLI BETONARME YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN İRDELENMESİ

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

GEBZE
2020

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTA KATLI BETONARME YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN İRDELENMESİ

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

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE
2020

T.R.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

STUDY OF EARTHQUAKE SAFETY IN MEDIUM-RISE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

YUNUS ÇELİK

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

EARTHQUAKE AND STRUCTURAL ENGINEERING PROGRAMME

THESIS SUPERVIOR

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 08/05/2020 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Yunus ÇELİK'in tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Deprem ve Yapı Mühendisliği Yüksek Lisans Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Anıl DİNDAR

ÜYE : Dr. Öğr. Üyesi Onur ŞEKER

ÜYE : Dr. Öğr. Üyesi 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

Türkiye'de 2007 yılında yürürlüğe giren DBYBHY-2007 ile mevcut bina performans analizi dikkate alınmaya başlanmıştır. Bu yönetmelikte doğrusal yöntemler daha çok dikkate alınmıştır fakat 2019 da yürürlüğe giren TBDY-2018 ile doğrusal olmayan yöntemler daha çok dikkate alınmıştır. Bu çalışma ile iki yönetmelik için mevcut bir yapının irdelenmesi gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Sabit Tek Modlu İtme Analizi Yöntemi kullanılmıştır. İki yönetmelik için de hesap yöntemi aynı iken yönetmeliğin dikkate aldığı önemli değişiklikler mevcuttur. Bunlar, deprem tehlike haritası, çatlamış kesit tanımları ve plastik dönme sınır değerleridir. Aynı model yayılı ve yığılı mafsal olarak kabul edilerek kıyaslaması yapılmıştır. Yayılı mafsal ataması yapılan modelde lif tanımlaması yapılmıştır. Bu tanımlama üç farklı şekilde yapılmıştır. Bu modeller mevcut programdaki kabul edilen lif adedi, programın kabul ettiği lif adedinin yarısı ve programın kabul ettiği lif adedinin iki katı olarak tanımlanmıştır. Bu şekilde mafsalların tanımlanma biçimlerindeki farklılıkların getirdiği sonuçlar incelenmiştir. DBYBHY2007'ye göre tasarlanıp hesaplanmış olan yapımız Gebze ilçesinde, bodrum, zemin ve 2 normal kat olmak üzere toplam 4 katlıdır. Bodrum kat perdeler ile çevrili diğer katlar çerçeve sistemdir. Bu çalışmada iki yönetmeliğe göre hesaplar yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

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

SUMMARY

The former national seismic code (DBYBHY 2007), which took effect in 2007 in Turkey, current building performance analysis has been taken into account. In this regulation, linear methods are mostly taken into consideration however, the currect national seismic TBDY-2018, which came into force in 2019, nonlinear methods have been taken more into consideration. With this study, an examination of the existing structure for the two regulations was carried out. Fixed Single Mode Push Analysis Method was used in the analysis. While the calculation method is the same for both regulations, there are important changes that the regulation takes into account. These are earthquake hazard map, cracked section definitions and plastic rotation limit values. Our structure, which was designed and calculated according to DBYBHY 2007, has a total of 4 floors in the district of Gebze, including basement, ground and 2 normal floors. The basement floor is a frame system with the other floors surrounded by curtains. In this study, calculations were made according to two regulations and the results were examined.

Key Words: TEC-2018, TEC-2007, Constant Single Mode Pushover Analysis, Building Evaluation, Earthquake Code

TEŞEKKÜR

Eğitim süresinde tanıdığım çalışmalarımda yardımını esirgemeyen arkadaşlarım İnşaat Müh. Yunus Emre ŞİRİN'e, İnşaat Müh. İmre ÜNER'e, İnşaat Müh. Ziya Can ÖREN'e, teknik ve donanımsal desteklerinden dolayı dostum Makine Müh. Okan SELVİTOP'a, eğitim süresince desteklerinden, gösterdikleri anlayıştan ve bana olan inançlarından dolayı bir bireyleri olmaktan gurur duyduğum tüm ÇELİK Ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak Yüksek Lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Gebze Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hocalarımdan, Prof. Dr. Bülent AKBAŞ'a, Tez Danışmanım Dr. Öğr.Üyesi Ahmet Anıl DİNDAR'a ve bana kattıkları bilgilerden dolayı tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER & KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLOLAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Konusu	1
1.2. Kapsam	2
2. MEVCUT BİNA DEĞERLENDİRME	4
2.1. Mevcut Bina Değerlendirmesinin Gerekliliği	5
2.2. Mevcut Bina değerlendirme Yöntemleri	6
2.2.1. Hızlı Değerlendirme Yöntemi (RBT)	6
2.2.2. Doğrusal Hesap Yöntemleri ile Deprem Hesabı	7
2.2.3. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri ile Deprem Hesabı	8
2.3. Doğrusal Olmayan Analizler	9
2.3.1. Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri	9
2.3.1.1. İtme analizi	9
2.3.1.2. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap	10
3. DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK İTME ANALİZİ	11
3.1. Yöntem	11
3.1.1. DBYBHY-2007 için Yöntem	11
3.1.2. TBDY-2018 için Yöntem	20
3.1.3. Modal Yerdeğiştirme Talebinin Doğrusal Olmayan Spektral Yerdeğiştirme Olarak Elde Edilmesi	29
4. SAYISAL ÖRNEK	34
4.1. Yapı Bilgileri	34
4.1.1. Modelin Tanımlanması	37

4.1.1.1. Malzeme tanımlanması 37
4.1.1.2. Model kesit tanımlanması 40
4.1.1.3. Yük kombinasyonları ve mafsal tanımlanması 42
4.2. Deprem Tehlike Haritası 1996 ve 2016 45
4.3. DBYBHY-2007 için İtme Analizi Sonuçları ve Hedef Deplasmanın Belirlenmesi 49
4.4. TBDY-2018 için İtme Analizi Sonuçları ve Hedef Deplasmanın Belirlenmesi 53
4.5. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine göre Yapılan Farklılıklar 56
4.5.1. Çatlamış Kesitlerin Tanımlanması 56
4.5.2. Periyotlar 58
4.5.3. Spektrum Tanımları 58
4.5.4. Taban Kesme Kuvvetleri 60
4.5.5. Göreli Kat Ötelemeleri 61
4.5.6. Birim Şekil Değiştirmeler 62
4.5.7. Yapının Performans Durumu 63
4.5.7.1. DBYBHY-2007'ye göre performans durumu 63
4.5.7.2. TBDY-2018'e göre performans durumu 64
4.5.8. Performans Durum Karşılaştırması 65
4.6. TBDY-2018'e Göre Modelin Yığılı Plastik Mafsal ve Yayılı Plastik Mafsal Kabul Edilerek Çözülmesi Kıyaslanması 68
4.6.1. Yığılı Mafsal Model için İtme Analizi Yapılması 69
4.6.2. TBDY-2018'e Göre Yayılı Mafsal ve Yığılı Mafsal Kabulü ile Yapılan Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması 74
4.7. Lif Sayısının Hasar Durumu Üzerindeki Etkisi 75
4.7.1. Lif Sayısının Betonarme Bir Eleman Üzerinden Sonuçlara Etkisinin İrdelenmesi 78
5. SONUÇ 81

KAYNAKLAR 82
ÖZGEÇMİŞ 83

SİMGELER & KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
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
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	:	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

$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	:	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)
$\theta_p^{(GÖ)}$	:	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
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

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
3.1:	Şekildeğiştirme sınırları.	12
3.2:	Şekildeğiştirme sınırları.	21
3.3:	Taban kesme-deplasman ve ivme-yerdeğiştirme grafiği.	26
3.4:	T1≥TB.	31
3.5:	T1<TB.	32
3.6:	T1<TB.	32
4.1:	3 Boyutlu model.	34
4.2:	Model örnek kat planı.	36
4.3:	Örnek kalıp planı.	36
4.4:	S420 çelik tanımlanması.	37
4.5:	Nonlinear malzeme tanımlanması.	37
4.6:	S420 gerilme-şekildeğiştirme grafiği.	38
4.7:	C25 beton tanımlanması.	38
4.8:	C25 beton nonlinear malzeme bilgisi.	39
4.9:	Beton gerilme-şekildeğiştirme grafiği.	39
4.10:	Örnek kolon kesiti tanımlanması.	40
4.11:	Örnek kolon kesiti donatı tanımlanması.	40
4.12	Örnek kiriş kesiti ve donatıları tanımlanması.	41
4.13:	Döşeme tanımlanması.	41
4.14:	Perde tanımlanması.	42
4.15:	Yük şablonları tanımlanması.	42
4.16:	Yükleme durumları.	42
4.17:	Programa yükleme durumu girilmesi.	43
4.18:	Yük katsayıları tanımlanması.	43
4.19:	Fiber mafsal tanımlanması.	44
4.20:	Kesitler için fiber mafsal atanması.	44
4.21:	Kirişlere atanan mafsallar.	45
4.22:	1996 yılı deprem tehlike haritası.	46
4.23:	1996 deprem bölgeleri haritasına göre nüfus dağılımı.	46
4.24:	Deprem tehlike haritası 2019.	47

4.25: X yönü modal kapasite diyagramı. 50
4.26: Y yönü modal kapasite diyagramı. 51
4.27: 2007 için yatay elastik tasarım spektrumu. 51
4.28: X yönü modal yerdeğiştirme talebi. 52
4.29: Y yönü modal yerdeğiştirme talebi. 52
4.30: X yönü modal kapasite diyagramı. 54
4.31: Y yönü modal kapasite diyagramı. 54
4.32: 2018 yatay elastik tasarım spektrumu. 55
4.33: X yönü modal yerdeğiştirme talebi. 55
4.34: Y yönü modal yerdeğiştirme talebi. 56
4.35: DBYBHY-2007 için yatay elastik ivme spektrumu. 58
4.36: Türkiye deprem tehlike haritası çıktısı. 59
4.37: TBDY-2018 için yatay elastik ivme spektrumu. 59
4.38: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 spektrum kıyaslaması. 60
4.39: İki yönetmelik için X ekseni taban kesme kuvveti-deplasman grafiği. 60
4.40: İki yönetmelik için Y ekseni taban kesme kuvveti-deplasman grafiği. 61
4.41: TBDY-2018'e göre göreli kat ötelemeleri. 61
4.42: DBYBHY-2007'ye göre göreli kat ötelemeleri. 62
4.43: Kolon hasar durumu kıyaslaması. 67
4.44: Kiriş hasar durumu kıyaslaması. 68
4.45: X yönü modal yerdeğiştirme talebi. 69
4.46: Y yönü modal yerdeğiştirme talebi. 70
4.47: Yığılı-yayılı mafsal kolon hasar durumu kıyaslaması. 74
4.48: Az sayıda lifli model kolon hasar durumları. 77
4.49: Normal sayıda lifli model kolon hasar durumları. 77
4.50: Fazla sayıda lifi model kolon hasar durumları. 78
4.51: Az sayıda lif (14 çelik + 8 beton). 78
4.52: Normal sayıda lif (14 çelik + 17 beton). 79
4.53: Fazla sayıda lif (14 çelik + 36 beton). 79
4.54: Beton lifleri hasar durumu kıyaslaması. 80

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		Sayfa
3.1:	Bilgi düzey katsayısı.	11
3.2:	Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.	20
3.3:	Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.	20
3.4:	Hareketli yük kütle katılım katsayısı.	22
3.5:	Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme yaklaşımları.	27
4.1:	Modal kütle katılım oranı.	35
4.2:	X doğrultusu burulma düzensizliği.	35
4.3:	Y doğrultusu burulma düzensizliği.	35
4.4:	Etkin yer ivmesi katsayıları.	48
4.5:	X-Y doğrultusu girdileri.	49
4.6:	X yönü modal kapasite diyagramı verileri.	49
4.7:	Y yönü modal kapasite diyagramı verileri.	50
4.8:	X-Y doğrultusu girdileri.	53
4.9:	DBYBHY-2007 için çatlamış kesit rijitliği hesabı.	57
4.10:	Etkin kesit rijitliği çarpanı.	57
4.11:	Zemin kat C1 kolonu için beton ve donatı şekildeğiştirme değerleri.	62
4.12:	DBYBHY-2007 için beton sınır değerleri.	64
4.13:	DBYBHY-2007 için çelik sınır değerleri.	64
4.14:	TBDY-2018'e göre beton ve çelik sınır değerleri.	65
4.15:	2007 kolon hasar durumları.	65
4.16:	2007 kiriş hasar durumları	66
4.17:	2018 kolon hasar durumları.	66
4.18:	2018 kiriş hasar durumları	66
4.19:	Kolonlarda X doğrultusunda kesme kontrolü.	70
4.20:	Kolonlarda Y doğrultusunda kesme kontrolü.	71
4.21:	Kirişlerde kesme kontrolü.	72
4.22:	Gevrek eleman sayıları.	73
4.23:	X doğrultusunda ileri hasardaki kolonların kesme kuvveti taşıma oranı.	73

4.24: Kiriş hasar durumları. 73
4.25: Kolon hasar durumları. 74
4.26: Yayılı-yığılı mafsal model için kolon hasar yüzdeleri. 74
4.27: Az sayıda lifli model kolon hasar durumu. 75
4.28: Az sayıda lifli model kiriş hasar durumu. 75
4.29: Normal sayıda lifli model kolon hasar durumu. 75
4.30: Normal sayıda lifli model kiriş hasar durumu. 76
4.31: Fazla sayıda lifli model kolon hasar durumu. 76
4.32: Fazla sayıda lifli model kiriş hasar durumu. 76
4.33: Beton lifleri için hasar durumları. 79
4.34: Çelik lifleri için hasar durumları. 80

1. GİRİŞ

1.1. Tezin Konusu

Son dönemlerde inşaat mühendisliği yapı tasarımı ve değerlendirilmesi alanında performansa dayalı tasarım önem kazanmaktadır. Performansa dayalı tasarım kavramı Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmış olup dünyaya yayılmıştır ve ülkemizde de yönetmeliklerde yer almaya başlamıştır. DBYBHY-2007 bölüm 7 de ve TBDY-2018 bölüm 15'te mevcut bina değerlendirme yöntemleri konularına yer verilmiştir. Mevcut bina değerlendirme temel olarak mevcutta imalatı gerçekleşmiş bir binanın durum değerlendirmesini içermektedir. Bunun amacı mevcut yapının yönetmelikte belirtilen sınır durumlara kıyaslanması, kullanımının kesintiye uğrayıp uğramayacağı konusunda bina analizi ve değerlendirmesi yapmaktır.

Bina performansı söz konusu olduğunda asıl etkin konu hasar durumları en reel olarak yer değiştirme ve şekil değiştirme ile ifade edilebilir. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapının dış yükler ve deprem etkileri altında davranışı öngörülebilmekte, yer değiştirme ve şekil değiştirmesine bağlı performansı belirlenebilmektedir.

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmede birden fazla analiz yöntemi ve program mevcuttur. Başlıca yöntemler zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve statik itme analizidir. Statik itme analizinde temel mantık yapının yükler ve hedef deplasman altında yapı kapasitesinin belirlenmesi, yapı elemanlarının gerilme şekil değiştirme değerlerinin elde edilmesini içerir.

Bu tezde amaç DBYBHY-2007 Bölüm 7 ve TBDY-2018 Bölüm 15 (Mevcut Binaların değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi) in arasındaki farkları, analizde dikkate alınan değerleri ETABSv17 ile yönetmeliklere göre yapılan çözümler sonucunda program çıktılarını kıyaslamaktır. 2007'ye göre hedef deplasman ve 2018'e göre hedef deplasman arasındaki farkı ortaya çıkarmak, aynı elemanlar, seçilen beton lifi ve seçile donatıların gerilme-şekil değiştirme değerlerini kıyaslamaktır. Ayrıca hedef deplasman değerinin elle hesap kontrolü yapılarak DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinin farkları kontrol edilecektir.

1.2.Kapsam

Bu çalışmanın amacı tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiş mevcut bir yapının deprem performansının DBYBHY-2007 Bölüm 7 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi ve 1 Ocak 2019'da yürürlüğe giren TBDY-2018 Bölüm 15 Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar bölümlerinde önerilen hesap adımlarından Doğrusal Olmaya Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı yöntemlerinden 2007 de Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü İle İtme Analizi yöntemi, 2018 de Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi dikkate alınarak ETABSv17 kullanılacaktır.

Mevcut Bina Değerlendirme Yöntemleri çalışmanın sonraki adımlarında açıklanacaktır. Hızlı değerlendirme Yöntemini içeren Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliği ve içerdiği yönergelere bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Kapsamlı Değerlendirme Yöntemi olarak kabul edilen DBYBHY-2007 Bölüm 7 ve TBDY-2018 Bölüm 15'in içerdiği adımlar bu çalışmanın kapsamındadır. Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinden Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz yöntemi yine bu çalışmanın kapsamı dışında olup dikkate alınan analiz yöntemi Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile İtme Analizidir.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hâkim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır [1].

Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi'nde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir itme adımında katlara etkiyen deprem yükü artımları, deprem dışı yüklemelerden sonraki birinci adımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli ile orantılı olarak tanımlanırlar. İtme hesabı sonucunda koordinatları tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti olan itme eğrisi elde edilir. Daha sonra bu eğriye uygulanan koordinat dönüşümü ile koordinatları modal yer değiştirme – modal sözde-ivme olan modal kapasite diyagramı elde edilir. Hesabın son aşamasında bu diyagram, tanımlanan deprem etkisi altında modal yer değiştirme

talebinin ve buna bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen iç kuvvet ve plastik şekil değiştirme taleplerinin hesaplanmasında esas alınır.

2.MEVCUT BİNA DEĞERLENDİRME

Mevcut Bina Değerlendirme, performans analizi yapılmasının amacı kısaca şu şekilde açıklanabilir; mevcut bir yapının yaşayabileceği depreme karşı sergileyeceği davranışı tahmin etmektir. Bu şekilde gerekli önlemler alınarak can ve mal kayıpları minimuma indirilebilir.

Mevcut Binanın deprem güvenliğinin belirlenmesi işlemi üç adım olarak görülebilir;

Kapasitenin belirlenmesi: Mevcut Binanın taşıyıcı sistem elemanlarının geometrik ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. Bu bilgileri kullanarak deprem etkisinde zorlanması beklenen eleman kesit kapasitelerinin hesabı.

Talebin Belirlenmesi: Dikkate alınacak deprem etkisinin seçilmesi ve bu depremde binada ortaya çıkacak kesit etkileri, şekil değiştirme ve yer değiştirmelerin hesabı.

Karşılaştırma ve Sonuç: Eleman ve kesitlerde bulunan kapasite ve talebin karşılaştırılarak beklenen hasar durumunun (taşıyıcı sistem performans durumunun) belirlenmesi.

Tepe yer değiştirmesi- Taban Kesme Kuvvetine bağlı performans analizini temel alan mevcut bina değerlendirme kavramı son dönemlerde Amerika Birleşik Devletleri'nde deprem bölgelerindeki mevcut yapıların güvenliklerinin irdelenmesi ve yeterli bulunmayan yapıların güçlendirilmesi çalışmalarıyla başlamış ve gelişmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde, 1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge depremleri sonrasında oluşan büyük hasar ve kayıplar deprem etkisi altında yeterli dayanımı öngören performans kriterlerine alternatif olarak, yer değiştirmeye bağlı daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yöntemlerin geliştirilmesi gerektiğini göstermiştir.

Bu gerekliliği karşılamak adına Applied Technology Council (ATC) tarafında Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings – ATC [ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, California.], FEMA 273 [FEMA-273, 1997. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.], FEMA 356[FEMA-356, 2000. Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency,

Washington.] raporları oluşturulup yayınlanmıştır. Sonrasında bu çalışmaların geliştirilmesi için ATC 55 projesi başlatılmış ve Proje sonuçlarını içeren FEMA 440 raporu (FEMA-440, 2005. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington.) hazırlanmıştır [2].

Türkiye de ise 1999 Kocaeli ve Düzce depremleri sonrasında mevcut yapıların deprem dayanımının irdelenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmesi amacıyla pratik uygulamalar başlatılmıştır. Fakat o tarihlerde mevcut yapılar üzerinde çalışmayı mümkün kılan yönetmelik bulunmadığı için bu tarz uygulamaların büyük bir kısmı o süreçte yürürlükte mevcut kullanılan 1998 Türk Deprem Yönetmeliği esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sakıncaları gidermek amacıyla 2003 yılında yürürlükteki yönetmeliğe mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bölüm eklenmiş ve yönetmeliğin diğer kısımları da buna göre gözden geçirilerek düzenlenmiştir.

Bu şekilde DBYBHY-2007 yönetmeliği yürürlüğe girmiş ve mevcut yapıların değerlendirme yöntemlerini içeren kısım 7. Bölümü Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi bu yönetmelikte yer almıştır. Ardından 2019 ya yürürlüğe giren TBDY-2018 de bu yöntemlere bölüm 15'te yer verilmiştir.

Bu yöntemlere tezin sonraki kısımlarında değinilmiş, açıklamalar yapılmış ve çalışma 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre gerçekleştirilmiştir.

2.1.Mevcut Bina Değerlendirmesinin Gerekliliği

Ülkemiz konumu itibariyle yoğun deprem kuşağında olduğundan yapıların depreme dayanıklı olarak inşa edilmesi gerekmektedir. Yapı stoku ağırlıklı olarak eski binalardan oluştuğu için ayrıca 1 Ocak 2019 tarihi itibariyle TBDY-2018 yürürlüğe girdiğinden dolayı mevcut yapıların dayanım durumunun belirlenmesi için Mevcut Bina Değerlendirilmesi gerekmektedir. 2018 TBDY'inde doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri yapı performanslarının belirlenmesi için detaylı bilgiler vermektedir. Birçok eski yapıda kullanılan malzeme ve kesitler yeni yönetmeliğe göre yeterli değildir. Bunun için yapılarda performans analizleri yapılmalı ve gerekli görüldüğü taktirde güçlendirme uygulaması gerçekleştirilmeli veya son dönemlerde

Kentsel Dönüşüm olarak adlandırılan uygulama olan yıkılıp yeniden yapılması gerekmektedir [3].

Meydana gelen depremlerde oluşan hasarlar incelendiğinde çoğunluğunun yetersiz dayanım, yetersiz rijitlik-sünekliğe sahip yapılarda oluştuğu görülmektedir. Bu sebeple mevcut bina değerlendirme son zamanlarda önem kazanmıştır.

Mevcut Bina Değerlendirmede amaç her şeyden önce can güvenliğidir. 17 Aralık 1999 Kocaeli depreminin yıkımı bu konuya önem vermek gerektiğini çok yıkıcı ve üzücü bir şekilde ortaya koymuştur. Sonrasında ise mal güvenliği için önemli bulunmaktadır. Yapılan yapıların milli servet olduğu unutulmamalı ve üretim yapılan, ticari önem taşıyan yapılarında ülkemize sağladığı katkıları kesintisiz sürdürebilmesi için mevcut değerlendirmeleri yapılmalı ve gerekli görülürse güçlendirilme uygulaması yapılmalıdır. Mühendisliğin en önemli amaçlarından olan emniyet ve ekonomi için mevcut yapılarda değerlendirme ve güçlendirme oldukça önem taşıyan bir konudur.

2.2. Mevcut Bina Değerlendirme Yöntemleri

2.2.1.Hızlı Değerlendirme Yöntemi (RBT)

2019 da yürürlüğe giren Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliğinde belirtilen yöntemleri içermektedir. RBT de genel olarak binanın yükleri ve kolon başına gelen yükleri hesaplanıp dayanım kriterlerine göre kontrol yapılır, yapının herhangi bir katında risk tespit edilirse bina riskli olarak değerlendirilir. RYTİEY' inde 1-8 kat arası, H<25m olan betonarme binalar için bilgi toplama risk tespiti kritik katta yapılır. Bu yönetmeliğe göre verimli bir analiz için eksiklikler şu şekilde sıralanabilir;

- Bilgi toplama işlemlerine (sıyırma, karot vb.) yönelik ilaveler gereklidir.
- Kritik kat tanımının açık olmadığı durumlar söz konusudur.
- Risk değerlendirmesinin her katta yapılmaması eksikliktir.
- Güçlendirilme elemanları için modelleme esasları ve risk sınırları mevcut değildir.
- Yapısal analizde eşdeğer deprem yükü veya mod birleştirme analizine izin verilmesi iki farklı sonuç ortaya çıkarabilmektedir.

•Yığma binaların risk tespitinde, tasarımda kullanılan yöntem kullanılır ve risk tespiti betonarme yapılar için kullanılan yöntem ile uyumsuzdur.

•Zemin sınıfının deprem tehlikesi üzerindeki etkisi gerçekçi bir şekilde dahil edilmemektedir.

•Hesap esasları ve modellemedeki belirsizlikler sebebi ile risk tespit yazılımları farklı sonuçlar vermektedir.

Bu şekilde eksiklikler mevcutken TBDY-2018 varken RYTEİE yönetmeliğine neden gerek vardır sorusunun cevabı ise her şeyden önce amaç farklılığıdır. Deprem Yönetmelikleri depreme dayanıklı tasarım için asgari esasları verir, bunun içinde birden fazla çözümü veya sonucu olabilir. Bina risk tespitinde amaç bir yapıya ilişkin yapılan çalışmalar sonucunda yapı yüksek riskli veya riskli değil diyerek net bir sonuç vermektir. Risk tespiti yapıldığında asıl hedef dönüşümdür. Risk tespitinde güvenli tarafta kalmak aşırı maliyetle, güvensiz tarafta kalmak ise felaket diyebileceğimiz durumlarla son bulabilir.

Kapsamlı değerlendirme yöntemi yürürlükte bulunan deprem yönetmeliğinde açıklanan yöntemlerdir. DBYBHY te Bölüm 7, TBDY de ise Bölüm 15 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi olarak adlandırılan bölümlerde bu yöntemlerden bahsedilmektedir.

Kapsamlı değerlendirmeyi TBDY-2018 Bölüm 15'i dikkate alarak şu şekilde özetleyebiliriz. Mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri tanımlanmıştır [5].

Hesap yöntemleri ise Doğrusal Hesap Yöntemleri ile Deprem Hesabı ve Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri ile Deprem Hesabı olarak ikiye ayrılır.

2.2.2. Doğrusal Hesap Yöntemleri ile Deprem Hesabı

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, yönetmelikte tanımlanmış olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve yine yönetmelikte tanımlı olan Mod Birleştirme Yöntemidir. Bu yöntemlerin adımları aşağıda belirtilmiştir.

Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği binalar yönetmelikte tablo olarak verilmiştir. Binaların deprem hesabında ek dış merkezlik göz önüne alınmayacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesabında R_a =1 alınacaktır. Mod Birleştirme Yöntemine göre deprem hesabında R_a =1 alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında bu doğrultuda hâkim olan modda elde edilen iç kuvvet yönleri esas alınacaktır.

2.2.3. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri ile Deprem Hesabı

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem etkisi altında yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu talep büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır.

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların değerlendirilmesinde kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri, yönetmelikte açıklanan Tek Modlu İtme Yöntemleri ve Çok Modlu İtme Yöntemleri ile Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'dir.

Temel olarak Riskli Bina Tespiti ve Deprem yönetmeliği arasındaki farktan bahsetmek gerekirse TBDY-2018 Amerika Yönetmeliklerini taban alarak uluslararası depreme dayanıklı tasarım bilgilerine göre güvenli tasarım prensipleri ortaya koyarken RYTEİE-2019 ülkemizde bulunan mevcut yapı stokuna, kentsel dönüşüm için belirlenen önceliklere göre yöntemler kullanmaktadır. TBDY-2018 can güvenliği performans seviyesini hedeflemekte olup tasarım için binanın göçmesinden oldukça geride bir performans seviyesi kullanmaktadır. RYTEİE-2019 ise 6306 sayılı Kanun'a uygun olarak göçme ve ağır hasar görme seviyesi beklenen binaları Riskli Yapı olarak belirlemeyi hedefler.

TBDY-2019, tasarım/güçlendirme hedefine farklı yöntemlerle ulaşılmasına izin vermektedir. Ancak RYTEİE'e (2019) göre böyle bir yaklaşım mümkün değildir,

tek hesap yöntemi tek sonuç elde edilmelidir. RYTEİE (2019) bu hedef dışında bir performans tahmini için kullanılamamaktadır.

Bu çalışmada kapsamlı değerlendirme yöntemi ile 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre hesap yapılacaktır.

2.3.Doğrusal Olmayan Analizler

Doğrusal Olmayan Hesap yöntemleri ile deprem hesabının tanımı TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 de aynı şekilde geçmektedir. DBYBHY-2007 7.6.1; TBDY-2018 15.6.1. şu şekildedir: Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem etkisi altında yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu talep büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır.

DBYBHY-2007 de doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemidir. İki yöntem, bu yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

TBDY-2018 de 15.6.2. de şu şekilde açıklanmıştır. Mevcut veya güçlendirilmiş binaların değerlendirilmesinde kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri, yönetmelikte tanımlanan Tek Modlu İtme Yöntemleri, Çok Modlu İtme Yöntemleri ile Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemidir.

2.3.1.Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri

2.3.1.1.İtme analizi

Yapılar için, sabit düşey yükler altında, yatay yüklerin kademeli artırılmasıyla yapılan doğrusal olmayan hesap yöntemine "Statik itme Yöntemi" denir. Bu yöntem, binanın deprem esnasındaki davranışını daha gerçekçi olarak temsil ettiği için,

hesaplamaların daha doğru bir şekilde yapılmasına imkân tanımaktadır. Statik itme yönteminde binanın tüm elemanlarının deformasyon davranışları tanımlanır. Bu hesaplama yönteminde malzemenin elastiklik sınırları dışında kalan plastiklik kapasitesinden de yararlanılmaktadır [1].

DBYBHY-2007 kapsamında yer alan üç tip doğrusal olmayan analiz yöntemi vardır. Bunlar; Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. İlk iki yöntem, yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

2.3.1.2.Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır [4].

Bu çalışmada itme analizi yöntemi ve yönetmeliklerde bu analiz için belirtilen adımlara karşılık hesaplar yapılacak mevcut bina değerlendirmesi gerçekleştirilmiş olacaktır.

3.DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK İTME ANALİZİ

3.1.Yöntem

3.1.1.DBYBHY-2007 için Yöntem

DBYBHY-2007 için Bölüm 7 – Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi dikkate alınmıştır [1].

DBYBHY2007'de Mevcut binaların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap ve kurallar Bölüm 7 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi bölümünde yer almaktadır.

Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın deprem performansı bu bölümde verilen yöntemlerle belirlenemeyeceği dikkate alınmalıdır. Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın güçlendirilmesi ve daha sonra güçlendirilmiş binanın deprem performansının belirlenmesi için bu bölümde verilen esaslar uygulanabilir.

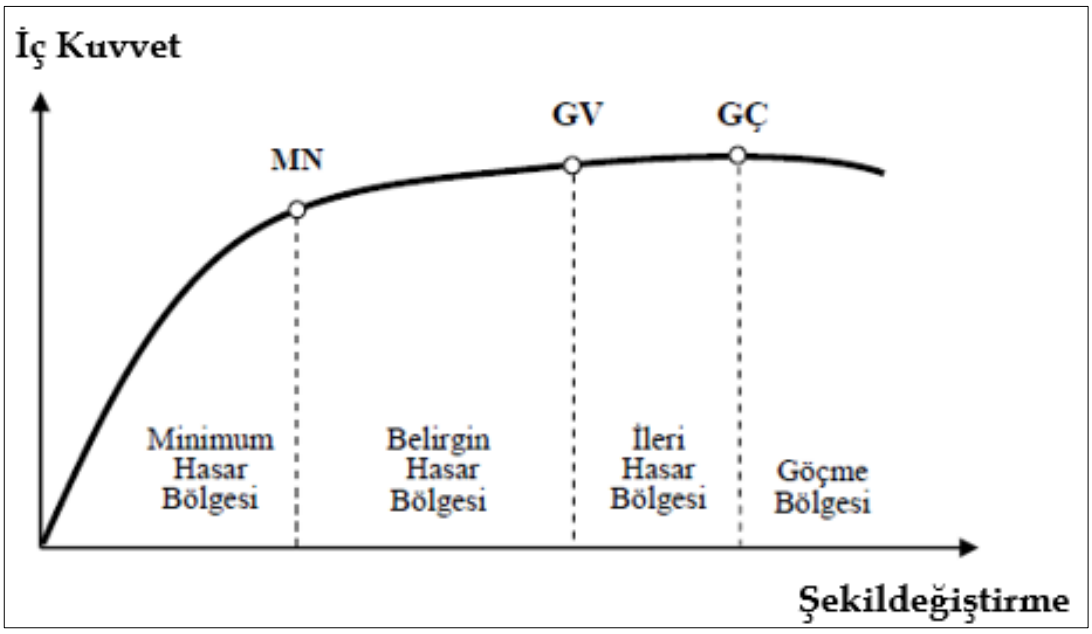
DBYBHY-2007 de Sınırlı bilgi düzeyi, orta bilgi düzeyi ve kapsamlı bilgi düzeyi olmak üzere üç bilgi düzeyi bulunmaktadır. Yapının projesi mevcut ise ve uygulamanın projeye uygun olduğu saptanmışsa Kapsamlı Bilgi Düzeyine sahip olunduğu kabul edilebilir.

Tablo 3.1: Bilgi düzey katsayısı.

Bilgi Düzeyi	**Bilgi Düzeyi Katsayısı**
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dır**.** Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Şekildeğiştirme sınırları.

Analiz yöntemleriyle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenmelidir.

DBYBHY-2007 bölüm 7'ye göre deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla tanımlanan doğrusal elastik veya tanımlanan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir.

Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem esas alınacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır (I =1.0).

Binaların Deprem Performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanmalıdır. Kat ağırlıkları aşağıda yer alan bağıntılarla hesaplanacaktır.

$$W = \sum_{i=1}^{N} wi \tag{3.1}$$

$$w_i = g_i + nq_i \tag{3.2}$$

Deprem kuvvetleri binaya her iki yön ve doğrultuda ayrı olarak etki ettirilmelidir. Zemin parametreleri DBYBHY-2007 bölüm 6 ya göre belirlenmelidir.

Binanın taşıyıcı sistem modeli deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli olmalıdır.

Döşemelerin rijit diyafram tanımlandığı yapılarda iki yünde yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri dikkate alınmalıdır.

Beton ve donatı çeliğinin mevcut dayanımları esas alınmalıdır.

Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınacaktır.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri (EI)e kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

- Kirişlerde: (EI)e = 0.40 (EI)o
- Kolon ve perdelerde, ND/(Ac $f$cm) ≤0.10 olması durumunda: (EI)e = 0.40 (EI)o
  ND/(Ac $f$cm) ≥0.40 olması durumunda: (EI)e = 0.80 (EI)o

Eksenel basınç kuvveti ND'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. ND, deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait (EI)o eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme

rijitliği (*EI*)e kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

Artımsal İtme Analizi kullanılarak yapılacak doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde izlenecek adımlar aşağıda özetlenmiştir.

Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin dikkate alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılacaktır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınacaktır.

Artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları "modal yer değiştirme-modal ivme" olarak tanımlanan birinci (hâkim) moda ait "modal kapasite diyagramı" elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte, elastik davranış spektrumu 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler dikkate alınarak, birinci (hâkim) moda ait modal yer değiştirme istemi belirlenecektir. Son aşamada, modal yer değiştirme istemine karşı gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

Artımsal itme analizinin Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması durumunda, göz önüne alınan bütün modlara ait "modal kapasite diyagramları" ile modal yer değiştirme istemleri de elde edilecek, bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekil değiştirme istemleri hesaplanacaktır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için ilgili birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır. Ayrıca, güçlendirilen dolgu duvarlarında göreli kat ötelemeleri cinsinden hesaplanan şekil değiştirme istemleri şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hâkim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi

altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dış merkezlik dikkate alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının ηbi <1.4 koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlenin toplam bina kütlesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde *sabit* kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hâkim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hâkim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme dikkate alınacaktır.

Sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları "tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti" olan itme eğrisi elde edilecektir. Tepe yer değiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, dikkate alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yer değiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları "modal yer değiştirme – modal ivme" olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

(i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hâkim) moda ait modal ivme a1(i) aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \tag{3.3}$$

(i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yer değiştirme $d_1^{(i)}$'nin hesabı için ise, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1}\Gamma_{x1}} \tag{3.4}$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1}, verilen ve x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımındaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1'den yararlanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir. Bu çalışmada modal katkı çarpanı değeri programdan alınmıştır.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \tag{3.5}$$

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için oluşturulan spektrum göz önüne alınarak birinci (hâkim) moda ait maksimum modal yer değiştirme, diğer deyişle modal yer değiştirme istemi hesaplanacaktır. Tanım olarak modal yer değiştirme istemi, $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan (nonlineer) spektral yer değiştirme S_{di1}'e eşittir:

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \tag{3.6}$$

Doğrusal olmayan (nonlineer) spektral yer değiştirme S_{di1}'in belirlenmesine ilişkin işlemler sonraki kısımlarda açıklanacaktır.

Son itme adımı i = p için belirlenen modal yer değiştirme istemi $d_1^{(p)}$'nin denklemde yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilecektir:

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1}\Gamma_{x1}d_1^{(p)} \tag{3.7}$$

Buna karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yer değiştirme, şekil değiştirme ve iç kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilecek veya tepe yer değiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır.

Beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınır değerleri aşağıda tanımlanmıştır:

Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirme üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{MN} = 0.010 \tag{3.8}$$

Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} = 0.040 \tag{3.9}$$

Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.060 \tag{3.10}$$

Göz önüne alınan enine donatıların “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması zorunludur.

Kolon-kiriş birleşim bölgeleri dışında tüm betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının gevrek kırılma kontrollerinde kullanılacak kesme kuvveti dayanımları TS-500’e göre belirlenecektir. Kesme kuvveti dayanımı hesabında, belirlenen bilgi düzeylerine göre tanımlanan mevcut dayanım değerleri kullanılacaktır. Kesme kuvveti dayanımının kesme kuvveti isteminden daha küçük olduğu elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır.

Betonarme kolon-kiriş birleşimleri için hesaplanacak kesme kuvveti isteminin verilen kesme dayanımını aşmaması gerekir. Ancak doğrusal olmayan analizde ilgili kolon için hesaplanan kesme kuvveti istemi kullanılacak, dayanım hesabında ise f_{cd} yerine mevcut beton dayanımı esas alınacaktır. Kesme kuvveti isteminin kesme

dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanacaktır.

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Yönetmelikte tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir. Burada verilen kurallar betonarme ve prefabrike betonarme binalar için geçerlidir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir.

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzey i'nde olduğu kabul edilir:

- Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir:

- Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.
- Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyini sağlayamıyorsa Göçme Durumundadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Yeni yapılacak binalar için tanımlanan ivme spektrumu, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere ayrıca aşağıda belirtilen iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır:

- 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.2: Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	**Depremin Aşılma Olasılığı**		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar	-	**HK**	**CG**
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar	-	**HK**	**CG**
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar	**HK**	**CG**	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar	-	**HK**	**GÖ**
Diğer Binalar	-	**CG**	-
HK: Hemen Kullanım; **CG**: Can Güvenliği; **GÖ**: Göçme Öncesi			

3.1.2.TBDY-2018 için Yöntem

TBDY-2018 de Mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri Bölüm 15 Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerini Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı için Özel Kurallar bölümünde yer almaktadır [5].

Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın deprem güvenliği bu bölümde verilen yöntemlerle belirlenemez.

Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın güçlendirilmesi ve daha sonra güçlendirilmiş binanın deprem performansının belirlenmesi için bu bölümde verilen esaslar uygulanabilir.

TBDY-2018 de sınırlı bilgi düzeyi ve kapsamlı bilgi düzeyi olarak iki bilgi düzeyi bulunmaktadır. Yapının projesi mevcut ise ve uygulamanın projeye uygun olduğu saptanmışsa Kapsamlı Bilgi Düzeyine sahip olunduğu kabul edilebilir.

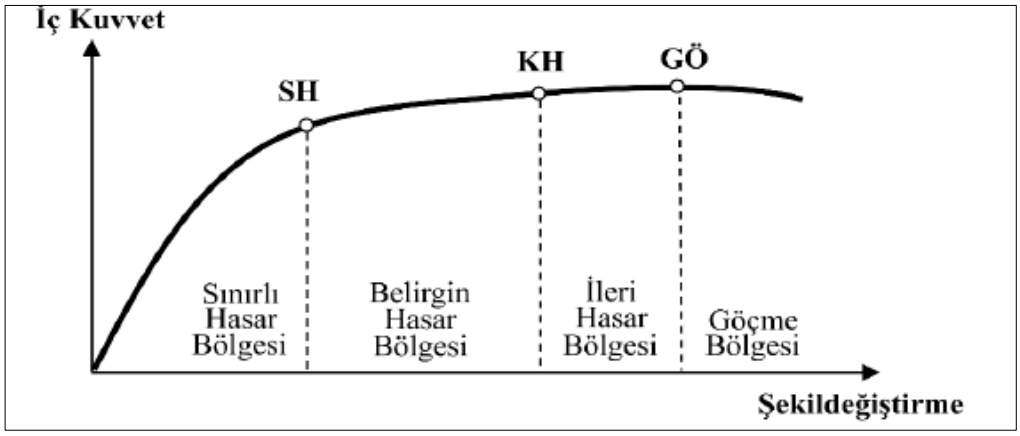
Tablo 3.3: Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.

Bilgi Düzeyi	**Bilgi Düzeyi Katsayısı**
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç hasar durumu ve hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar;

Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ) durumları ve bunların sınır değerleridir. Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı, göçme öncesi hasar durumu ise kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

Kritik kesitlerinin hasarı SH'a ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi'nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÖ'yü aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar.



Şekil 3.2: Şekildeğiştirme sınırları.

TBDY-2018 Bölüm 15'e göre deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla tanımlanan doğrusal veya tanımlanan doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir.

Deprem etkisinin tanımında, belirlenen deprem yer hareketi düzeyleri için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem esas alınacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır (I =1.0).

Binaların deprem performansı, binaya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Deprem hesabında kütleler aşağıda yer alan bağıntıya göre tanımlanacaktır.

$$w_j^{(S)} = w_{G,j}^{(S)} + n w_{Q,j}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} \tag{3.11}$$

Tablo 3.4: Hareketli yük kütle katılım katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı	**n**
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanmalıdır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay Yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır.

Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

- Deprem hesabında beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.
- Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.0035, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılacaktır. Etkin kesit rijitliklerinde programın otomatik hesapları kabul edilecektir.

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem etkisi altında yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu talep büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır.

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların değerlendirilmesinde kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri, Tek Modlu İtme Yöntemleri, Çok Modlu İtme Yöntemleri ile Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'dir.

Bu çalışmada kullanacağımız yöntem Sabit Tek Modlu İtme Yöntemidir. Tek Modlu İtme Yöntemleri yönetmelikte açıklanan doğrusal Mod Birleştirme Yöntemi'nin tek modlu uygulamasının doğrusal olmayan artımsal karşılığıdır.

Tek Modlu İtme Yöntemlerinin uygulanabilmesi için aşağıda verilen koşulların her ikisinin de sağlanması zorunludur:

- Herhangi bir katta ek dış merkezlik dikkate alınmaksızın doğrusal elastik davranış dikkate alınarak hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta bi < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir.
- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait taban kesme kuvveti etkin kütlesinin toplam bina kütlesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Tek Modlu İtme Yöntemleri'nde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda hâkim titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde deprem yer değiştirme talebi sınırına kadar monotonik olarak adım adım uygulanan deprem yükü artımlarının etkisi altında, taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönme, uzama, vb) ve iç kuvvet artımları ile bunların birikimli (kümülatif) değerleri hesaplanır. Son adımda, deprem talebine karşı gelen birikimli değerler, şekil değiştirmeye değerlendirmeye esas büyüklükler olarak elde edilir.

Tek Modlu İtme Yöntemleri, her katta döşemeler için rijit diyafram varsayımının yapıldığı ve serbestlik derecelerinin kat kütle merkezinde birbirine dik iki doğrultudaki yatay yer değiştirme bileşenleri ile düşey eksen etrafındaki dönme olarak tanımlandığı durum için açıklanmıştır. Kat döşemelerinde düzlem içi şekil değiştirmelere karşı gelen serbestlik derecelerinin göz önüne alınması durumunda da tek modlu itme yöntemleri aynı esaslar çerçevesinde uyarlanabilir.

Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi'nde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir itme adımında katlara etkiyen deprem yükü artımları, deprem dışı yüklemelerden sonraki birinci adımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli ile orantılı olarak tanımlanırlar. İtme hesabı sonucunda koordinatları tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti olan itme eğrisi elde edilir. Daha sonra bu eğriye uygulanan koordinat dönüşümü ile koordinatları modal yer değiştirme – modal sözde-ivme olan modal kapasite diyagramı elde edilir. Hesabın son aşamasında bu diyagram, tanımlanan deprem etkisi altında modal yer değiştirme talebinin ve buna bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen iç kuvvet ve plastik şekil değiştirme taleplerinin hesaplanmasında esas alınır. Yöntemin ayrıntıları yönetmelikte verilmiştir.

Sabit tek modlu itme yöntemi'nde, göz önüne 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 şekline göre hesaplanan kat modal etkin kütleleri cinsinden ifade edilirler:

$$\Delta f_{ix1}^{(X,k)} = m_{ix1}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad ; \quad \Delta f_{iy1}^{(X,k)} = m_{iy1}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad ;$$

$$\Delta f_{i\theta 1}^{(X,1)} = m_{i\theta 1}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)} \tag{3.12}$$

Burada $m_{ix1}(x,1)$, $m_{iy1}(x,1)$ ve $m_{i\Theta 1}(x,1$yönetmelikte verilen kat etkin kütlelerinin birinci adımda (k =1) hesaplanan birinci mod karşılıklarıdır (n =1):

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

$$m_{i\theta 1}^{(X,1)} = m_{i\theta} \Phi_{i\theta 1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \tag{3.13}$$

Bu bağıntılarda $\Gamma_1^{(x,1)}$, göz önüne alınan (X) deprem doğrultusu ve birinci titreşim modu için birinci itme adımında yönetmelikten hesaplanan modal katkı çarpanıdır. Sayısal çözümlemede ETABS v17 den alınan değer dikkate alınacaktır.

Ardışık iki mafsal oluşumu arasında tanımlanan k'ıncı itme adımında bilinmeyen büyüklük, birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in yönetmelikte yer alan modal sözde-ivme artımı $\Delta a1^{(X,k)}$'dır. Bu büyüklük, her bir adım sonunda oluşan yeni bir plastik mafsalın tanımlanan akma koşulundan hesaplanır. Elde edilen modal sözde-ivme artımı, bir önceki adımın sonunda bulunan sözde-ivme değerine eklenerek k'ıncı adım sonundaki birikimli modal sözde-ivme $a1^{(X,k)}$ elde edilir. Geleneksel itme hesabında $a1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için yazılan aşağıda belirtilen denklemden elde edilir:

$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_{tx1}^{(X,k)}}{m_{tx1}^{(X,1)}} \tag{3.14}$$

Bu bağıntıda yer alan taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi $m_{tx1}^{(X,1)}$, x ekseni doğrultusunda birinci itme adımındaki mod şekline göre tanımlanan ve tüm itme hesabı boyunca sabit olarak alınan kat modal etkin kütleleri $m_{ix1}^{(X,1)}$'lerin tüm katlardaki toplamıdır.

Birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal yer değiştirmesi $d_1^{(X)k}$, itme hesabından herhangi bir i'inci katta x doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden hesaplanabilir. Geleneksel itme hesabında bu amaçla N'inci kattaki tepe yer değiştirmesinden yararlanılır:

$$d_1^{(X,k)} = \frac{u_{Nx1}^{(X,k)}}{\Phi_{Nx1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}} \tag{3.15}$$

Geleneksel itme hesabında önce taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi çizilir ve daha sonra bu eğrinin koordinatları dönüştürülerek

modal tek serbestlik dereceli sisteme ait modal sözde ivme – modal yer değiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı elde edilir.

Geleneksel itme hesabında, modal yer değiştirmenin her adımda başlangıç adımındaki doğrusal sisteme ait sabit mod şekline bağlı olarak elde edilmesi nedeni ile yapılan yaklaşıklığı kısmen gidermek üzere, herhangi bir k'ıncı itme adımında elde edilen yer değiştirme artımı, yaklaşık olarak o adımdaki değişken mod şekli genliği olarak alınabilir.

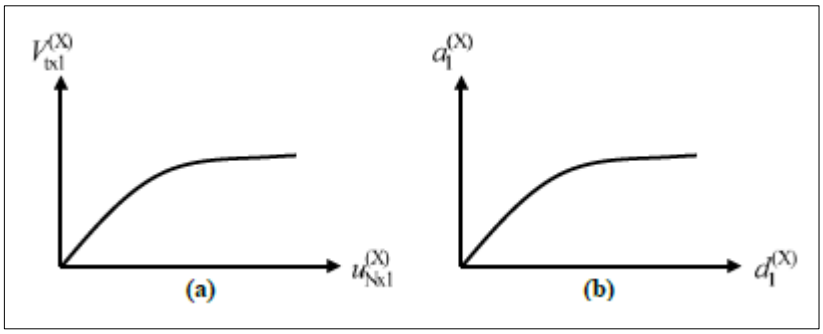
Bu bağlamda aşağıdaki bağıntı, tipik bir i'inci katta x doğrultusundaki serbestlik derecesi için yazılmıştır:

$$\bar{\Phi}_{ix1}^{(k)} \approx u_{ix1}^{(X,k)} - u_{ix1}^{(X,k-1)} \tag{3.16}$$

Bu durumda modal yer değiştirme denklemde olduğu üzere tepe yer değiştirmesine bağımlı olmaksızın, aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$d_1^{(X,k)} = d_1^{(X,k-1)} + \frac{1}{\bar{\Gamma}_1^{(X,k)}} \tag{3.17}$$

Burada $\Gamma_1^{(X,k)}$, tanımlanan yaklaşık mod şeklinden yararlanılarak her itme adımında hesaplanan yaklaşık modal katkı çarpanıdır.



Şekil 3.3: Taban kesme-deplasman ve ivme-yerdeğiştirme grafiği.

Düşey yüklerin şekil değiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertebe etkilerinin önemli olabileceği binalarda, Sabit Modlu İtme Yöntemi'nin taban kesme kuvvetine dayalı olması nedeni ile, bu etkiler uyumlu bir biçimde dikkate alınamadığından, yönetmelikte verilen Değişken Modlu İtme Yöntemi kullanılmalıdır.

Beton ve donatı çeliğinin elde edilen birim şekil değiştirme talepleri, aşağıda tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

Şekil değiştirme hesabı yapılan betonarme elemanların boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmişse, donatı çeliği birim şekil değiştirme talebi ve plastik dönme talebi 1.5 ile çarpılarak arttırılacaktır.

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek kiriş, perde ve kolon elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen birim şekil değiştirme ve plastik dönme üst sınırları (kapasiteleri) yönetmelikte tanımlanmıştır.

Şekil değiştirme hesabı yapılan betonarme kesitin kesme kuvveti oranı $V_e / b_{wd} f_{ctm} < 0.65$ ise hesaplanan şekil değiştirme üst sınırları geçerlidir.

Kesme kuvveti oranı 1.30'dan büyük ise hesaplanan şekil değiştirme üst sınırları0.50 ile çarpılarak azaltılacaktır. Ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem yer hareketi düzeyleri ve bu deprem yer hareketi düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme yaklaşımları.

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
(1) BYS>3 olan binalarda uygulanacaktır. (2) BYS=2, 3 olan binalarda uygulanacaktır. (3) Ön tasarım olarak yapılacaktır. (4) I=1.5 alınarak uygulanacaktır.				

Mevcut binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkili olup dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Yönetmelikte tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman performanslarına karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir.

Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir. Burada verilen kurallar betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar için geçerlidir.

Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

- Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35'i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki paragrafta tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.
- İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir.

Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

- Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin

Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir

- Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Bina Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.1.3.Modal Yerdeğiştirme Talebinin Doğrusal Olmayan Spektral Yerdeğiştirme Olarak Elde Edilmesi

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için aynı adımlar izlenecektir. Depremin modal yer değiştirme talebinin elde edilmesi, verilen deprem etkisi altında modal kapasite diyagramı tarafından temsil edilen modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yer değiştirmesinin hesabına karşı gelmektedir. Modal tek serbestlik dereceli sistemde en büyük yerdeğiştirme, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme olarak tanımlanır:

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \tag{3.18}$$

Burada $d_{1,max}^{(x)}$ modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yer değiştirmesini, Sdi(T1) ise taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyodu T1'e karşı gelen ve aşağıdaki denklem ile tanımlanan doğrusal olmayan spektral yer değiştirmeyi göstermektedir.

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \tag{3.19}$$

Burada Sde (T1) , tanımlanan elastik tasarım spektral yer değiştirmesini, CR ise tanımlanan spektral yer değiştirme oranını göstermektedir. Yukarıdaki denklemde yer alan yer alan spektral yer değiştirme oranı CR, aşağıda tanımlanmıştır:

$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \tag{3.20}$$

Burada akma dayanımı azaltma katsayısını gösteren Ry, dayanıma göre tasarım yaklaşımı için

Yönetmelikte verilen tanımdan farklı olarak, öngörülen süneklik kapasitesine bağlı olarak tanımlanan bir büyüklüğü değil, itme hesabından doğrudan elde edilen akma dayanımına bağlı bir büyüklüğü ifade etmektedir:

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{a_{y1}} \tag{3.21}$$

Bu bağıntıda fe ve Sae (T1) elastik dayanım talebini ve ona karşı gelen elastik spektral ivmeyi, f_y ve a_{y1} ise akma dayanımını ve ona karşı gelen akma sözde-ivmesini temsil etmektedir

Aşağıda belirtilen μ(Ry, T1), akma dayanımına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak ifade edilen süneklik talebidir.

- Depremin süneklik talebi μ(Ry, T1) , eşit yer değiştirme kuralı uyarınca rijitliği fazla olmayan taşıyıcı sistemler için Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı Ry'a eşit alınır:

$$\mu(R_y, T_1) = R_y \qquad T_1 > T_B \tag{3.22}$$

- Rijitliği fazla taşıyıcı sistemler için ise aşağıda yer alan denklem kullanılabilir:

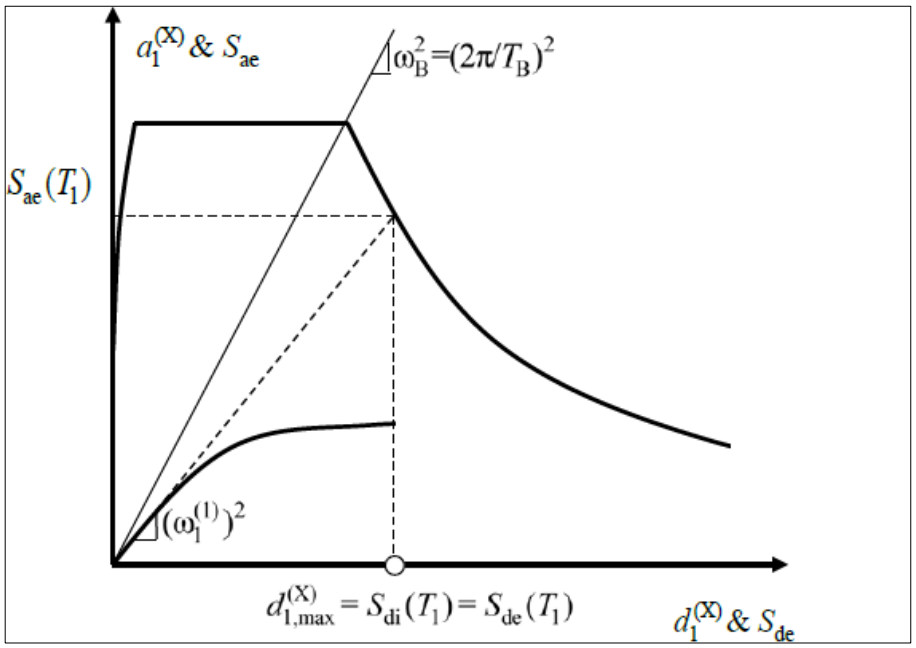
$$\mu(R_y, T_1) = 1 + (R_y - 1)\frac{T_B}{T_1} \qquad T_1 \leq T_B \tag{3.23}$$

Spektral yerdeğiştirme oranı C_R, aşağıdaki şekilde ifade edilir:

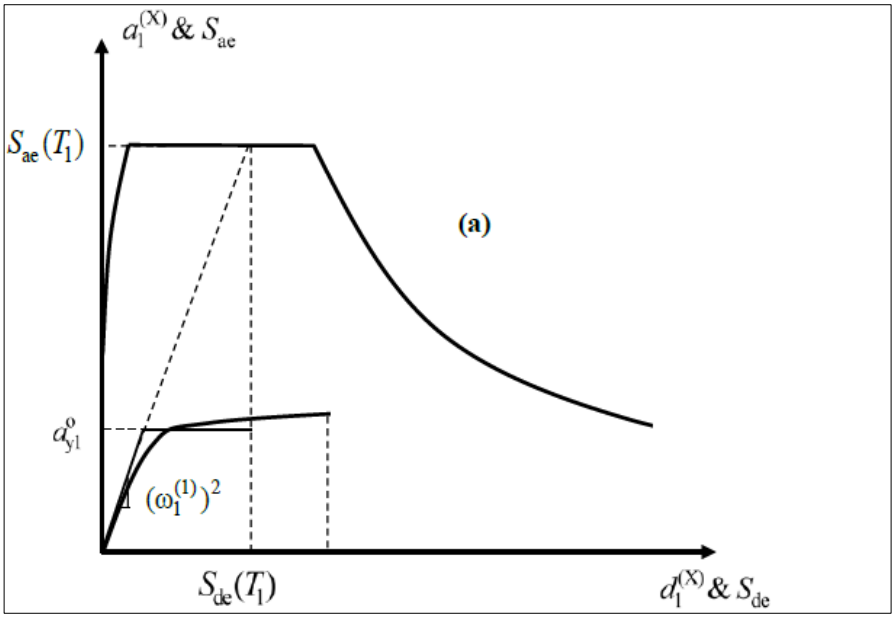
$$C_R = 1 \qquad T_1 > T_B$$

$$C_R = \frac{1 + (R_y - 1)\frac{T_B}{T_1}}{R_y} \qquad T_1 \leq T_B \tag{3.24}$$

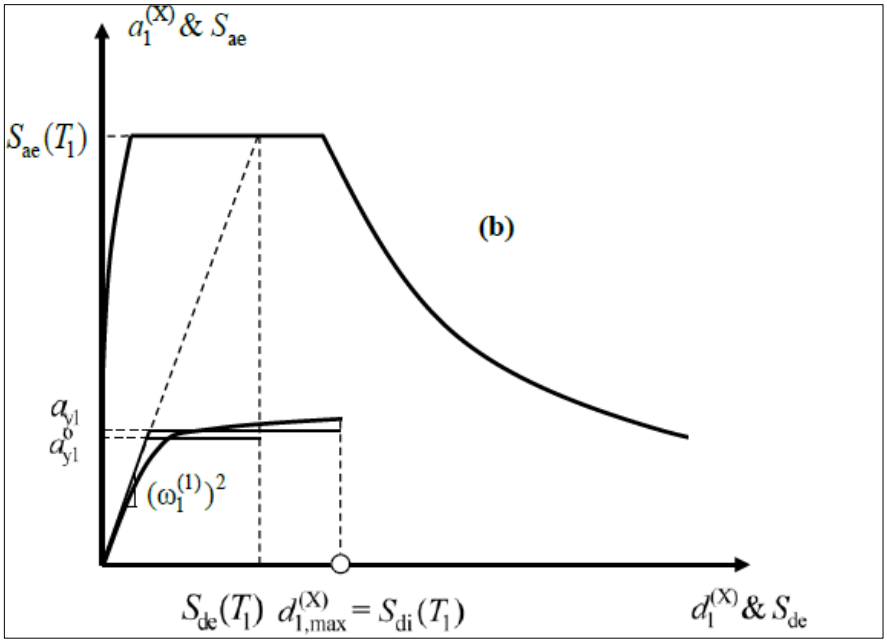
Yönetmelikte kullanılan grafiklerle açıklamak gerekirse $T_1 > T_B$ durumunda C_R hesabı Şekil 3.4'e göre yapılır, $T_1 \leq T_B$ ise CR=1 alınır. Grafikler aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 3.4: $T_1 \geq T_B$.



Şekil 3.5: $T_1<T_B$.



Şekil 3.6: $T_1<T_B$.

TBDY-2018'de Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans düzeyi için yapılacak olan performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere yığılı plastik davranış modeline göre hesaplanan plastik dönmeler için izin verilen sınır aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3}\left[(\phi_u - \phi_y)L_p\left(1 - 0.5\frac{L_p}{L_s}\right) + 4.5\phi_u d_b\right] \tag{3.25}$$

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi için yapılacak olan performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekildeğiştirmeler $\varepsilon_C^{(KH)}$ ve $\varepsilon_S^{(KH)}$ ile plastik dönme $\Theta_p^{(KH)}$ sınırları, Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\varepsilon_s^{(G\ddot{O})}$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75\theta_p^{(G\ddot{O})} \tag{3.26}$$

Sınırlı Hasar (SH) performans düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere toplam şekildeğiştirmeler $\varepsilon_C^{(SH)}$ ve $\varepsilon_S^{(SH)}$ aşağıdaki bağıntı ile tanımlanmıştır.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075$$

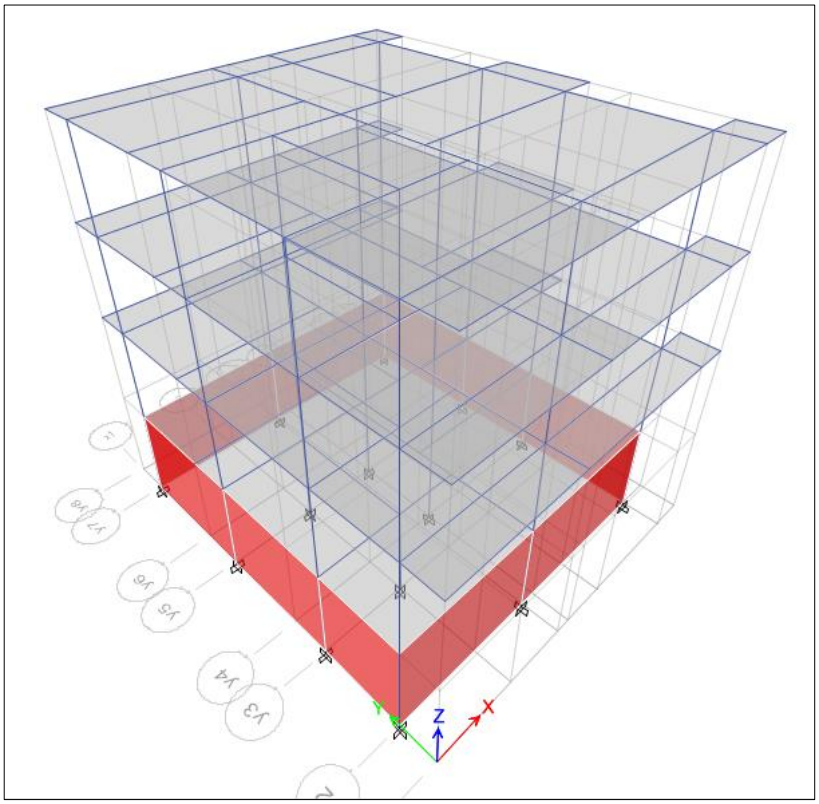
$$\theta_p^{(SH)} = 0 \tag{3.27}$$

4.SAYISAL ÖRNEK

4.1.Yapı Bilgileri

Yapı Kocaeli Gebze'de yapılmış kat yükseklikleri 2.80, Bodrum kat perdeler ile çevrelenmiş üzerindeki 3 kat kolon ve kirişler kullanılarak çerçeveli sistemle oluşturulmuş toplam 4 katlı bir yapıdır.

- Zemin sınıfı ZC
- Kullanılan donatı S420
- Kullanılan Beton C25
- DBYBHY-2007 için 1. Derece Deprem Bölgesi
- TBDY-2018 için AFAD'dan bilgiler alınmıştır.
- Hareketli Yük: 2.00 kN/m2 olarak yönetmelikten alınmıştır.
- Gkaplama: 3.80 kN/m2 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1: 3 boyutlu model.

Yapının Bodrum Kat perdelerle çevrelenmiş kat hariç her iki yönde de kütle katılım oranı %70'in üzerindedir. Katlar rijit diyafram olarak tanımlanmıştır. Yapının örnek kat planları ve kalıp planları aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.1: Modal kütle katılım oranı.

Mod	**Periyot**	**UX**	**UY**
1	0.375	0.00	0.70
3	0.314	0.77	0.00

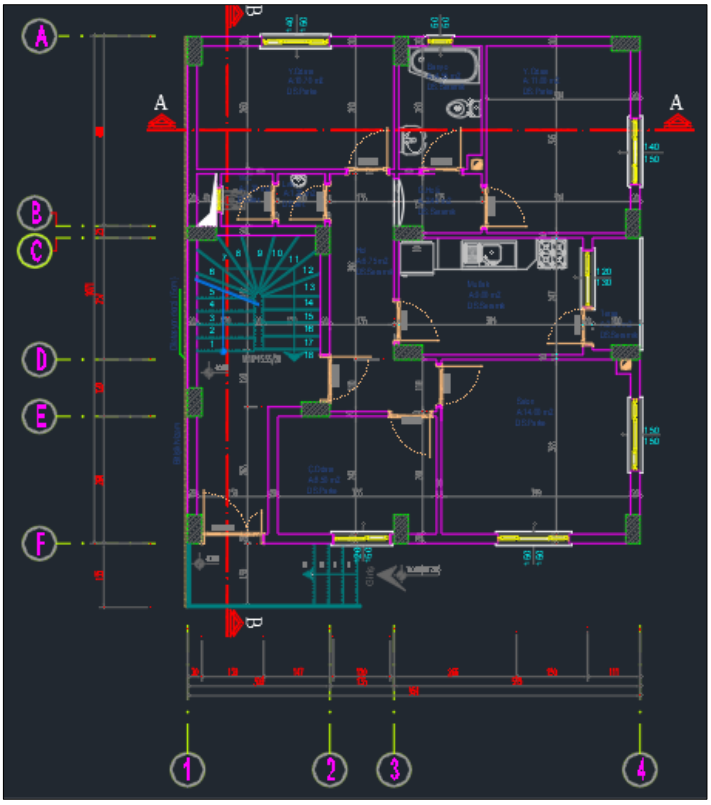
Tablo 4.2: X doğrultusu burulma düzensizliği.

Kat	Göreli Max.	Göreli Min.	Ortalama	Oran
	mm	mm	mm	
2.NK	41.00	39.00	40.00	1.03
1.NK	46.00	46.00	46.00	1.00
ZK	33.86	32.87	33.37	1.01
BK	1.14	1.13	1.14	1.00

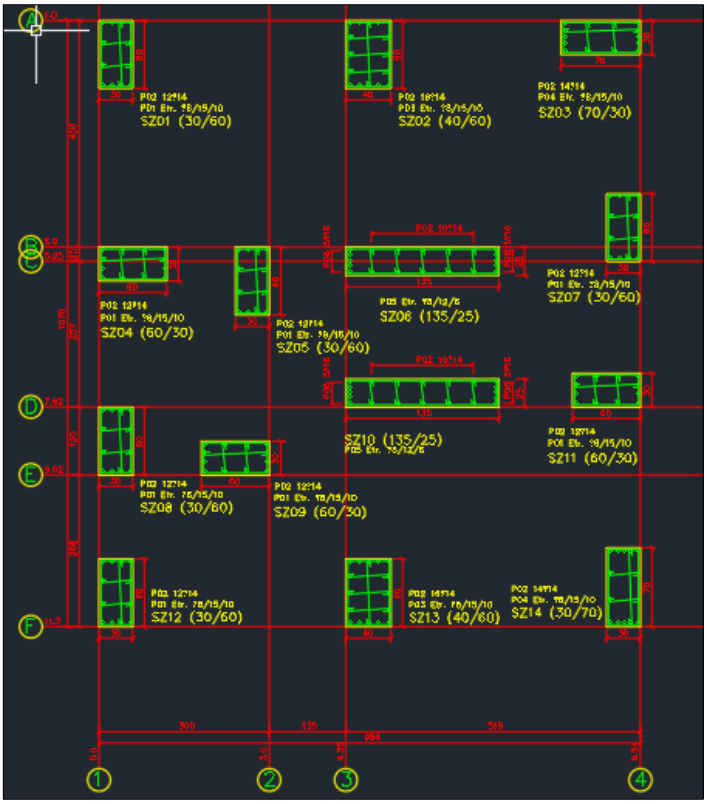
Tablo 4.3: Y doğrultusu burulma düzensizliği.

Kat	Göreli Max.	Göreli Min.	Ortalama	Oran
	mm	mm	mm	
2.NK	41.00	35.00	38.00	1.08
1.NK	56.00	48.00	52.00	1.08
ZK	41.20	35.23	38.22	1.08
BK	0.80	0.77	0.79	1.02

Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 te görüldüğü gibi yapılan kontroller doğrultusunda Burulma Düzensizliği oranları 1.4 ten küçüktür. Yapı gerekli şartı sağlamaktadır.



Şekil 4.2: Model örnek kat planı.

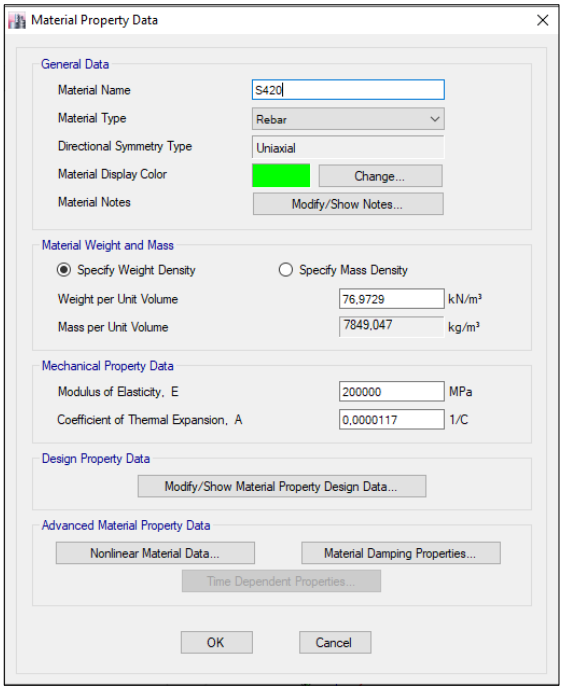


Şekil 4.3: Örnek kalıp planı.

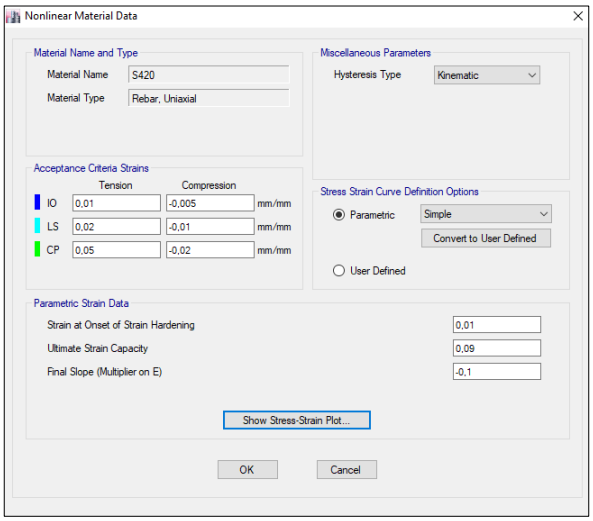
4.1.1.Modelin Tanımlanması

4.1.1.1.Malzeme tanımlanması

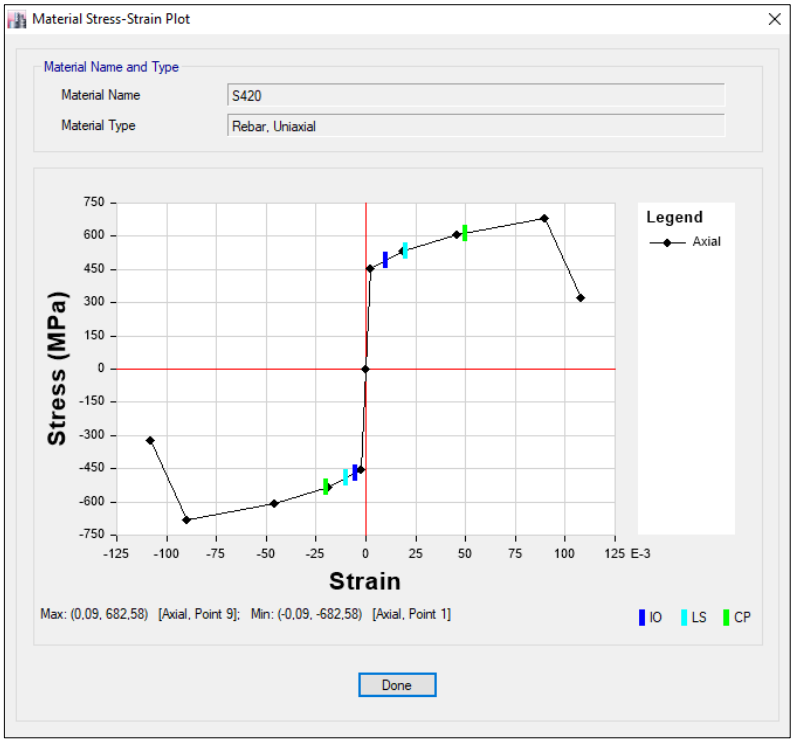
Modelin tanımlanması için programa ilk olarak s420 çelik ve C25 Beton yönetmelik ve TS500 değerleri dikkate alınarak tanımlanmıştır.



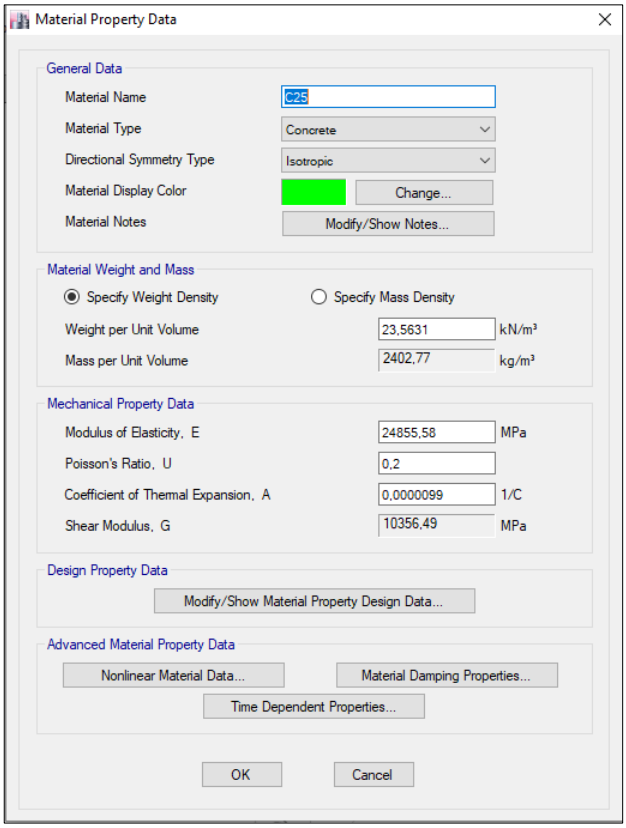
Şekil 4.4: S420 çelik tanımlanması.



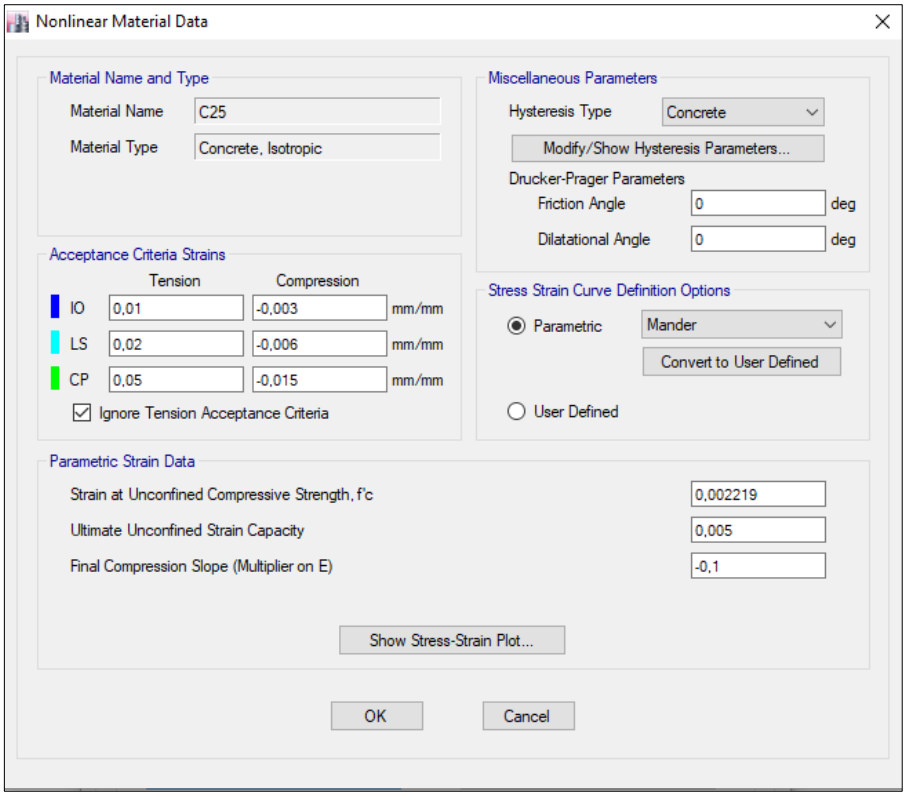
Şekil 4.5: Nonlinear malzeme tanımlanması.



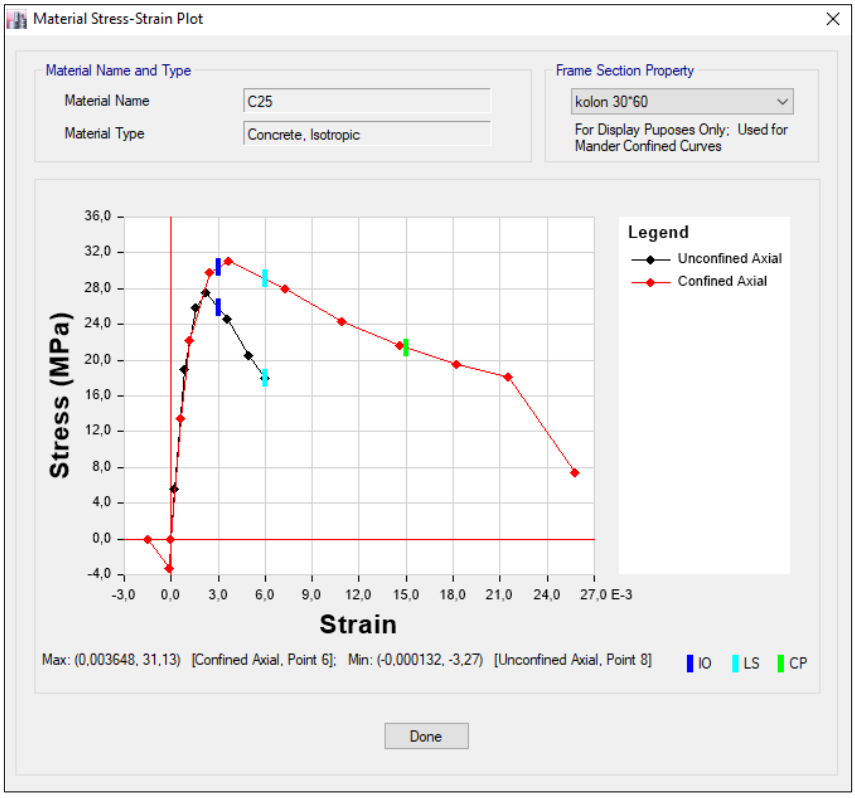
Şekil 4.6: S420 gerilme-şekildeğiştirme grafiği.



Şekil 4.7: C25 beton tanımlanması.

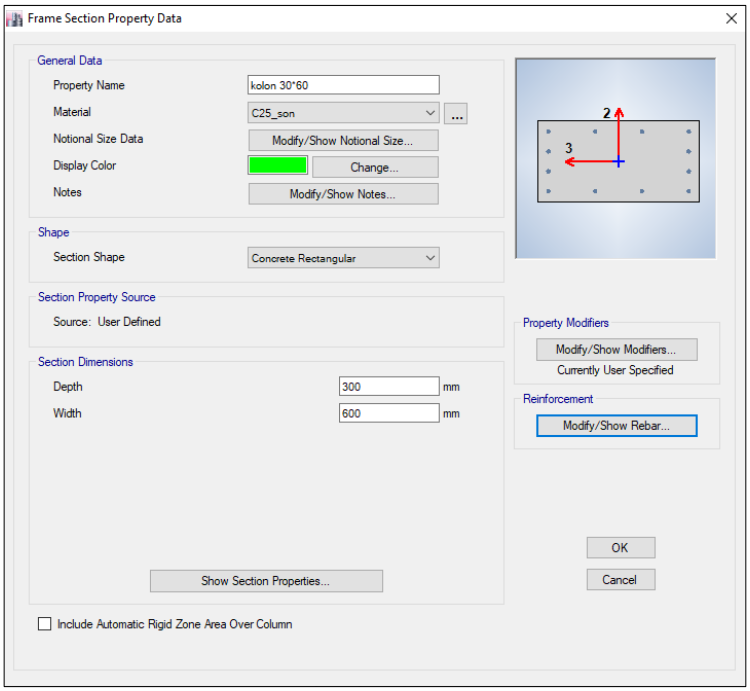


Şekil 4.8: C25 beton nonlinear malzeme bilgisi.

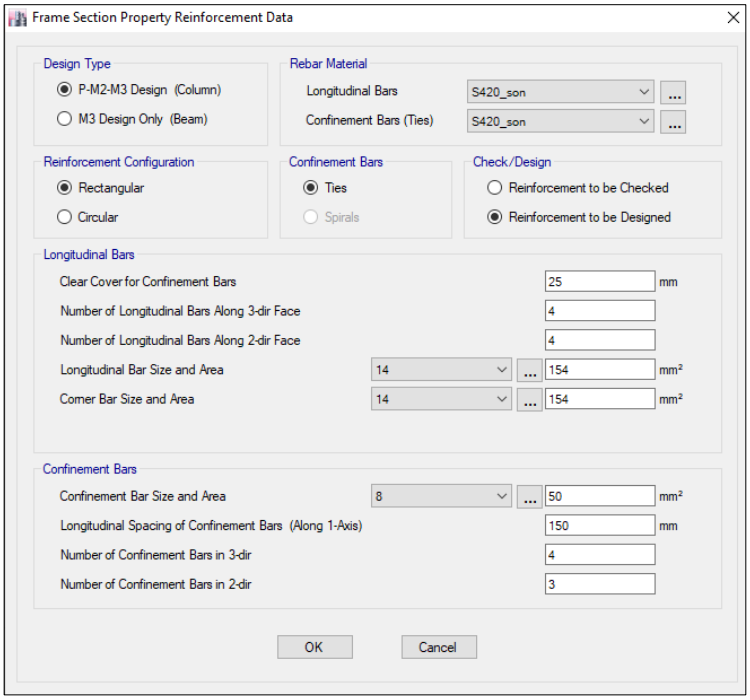


Şekil 4.9: Beton gerilme-şekildeğiştirme grafiği.

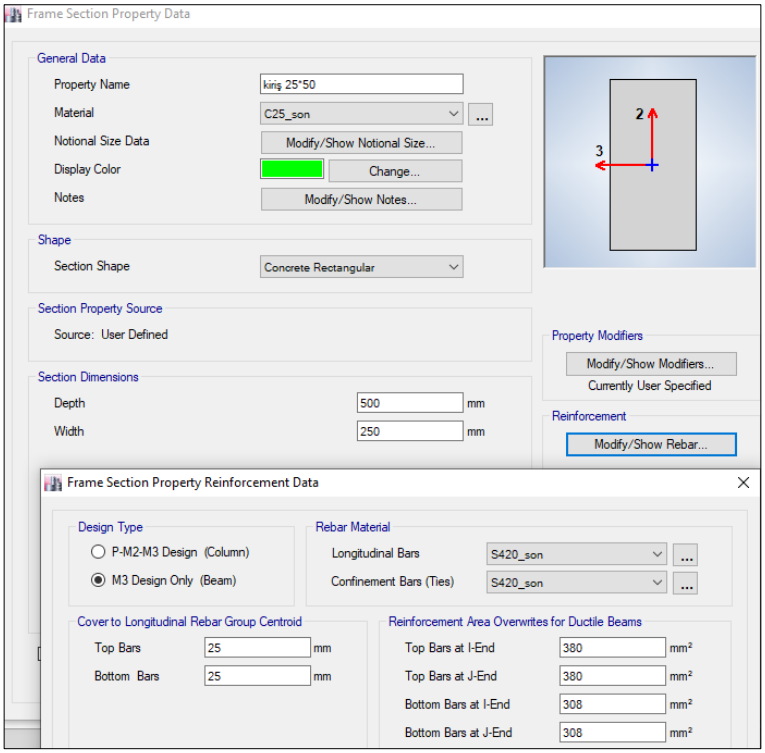
4.1.1.2. Model kesit tanımlanması



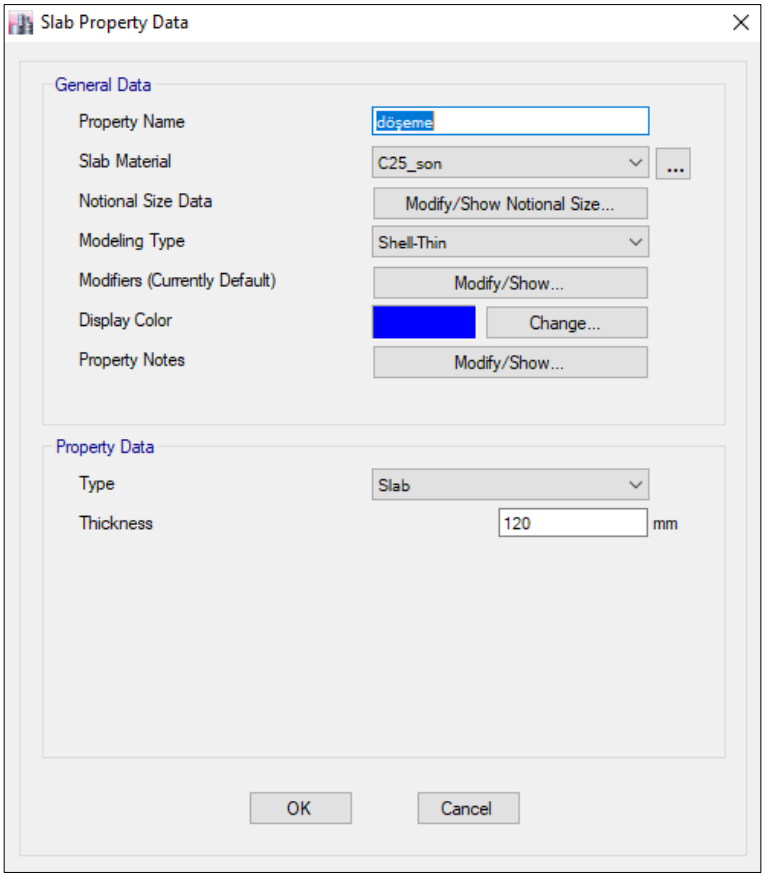
Şekil 4.10: Örnek kolon kesiti tanımlanması.



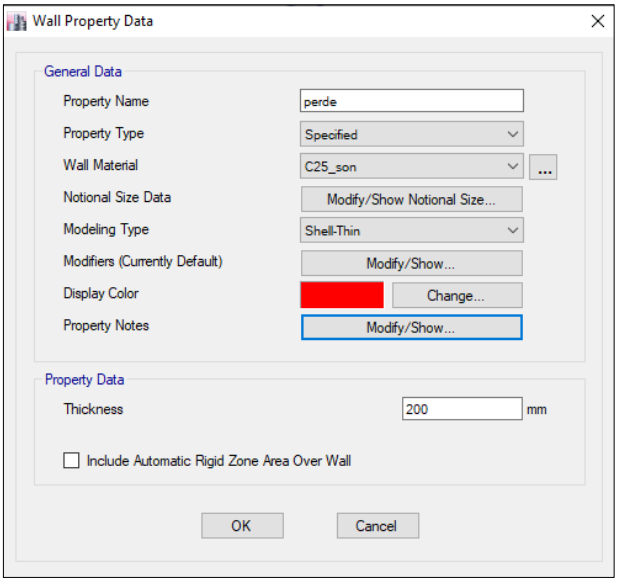
Şekil 4.11: Örnek kolon kesiti donatı tanımlanması.



Şekil 4.12: Örnek kiriş kesiti ve donatıları tanımlanması.

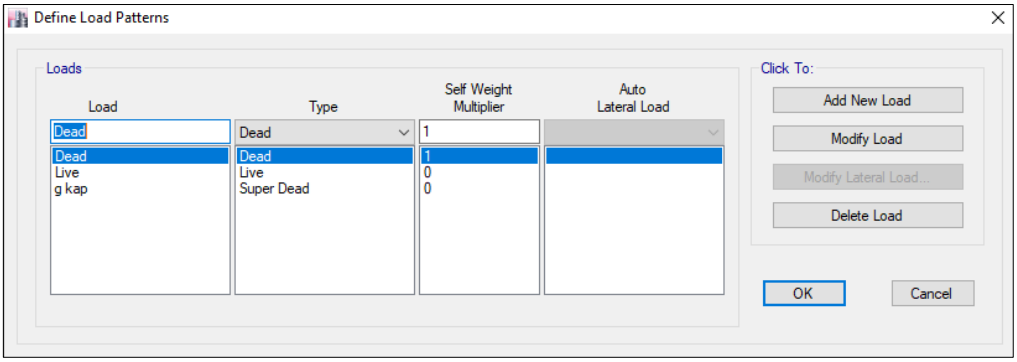


Şekil 4.13: Döşeme tanımlanması.

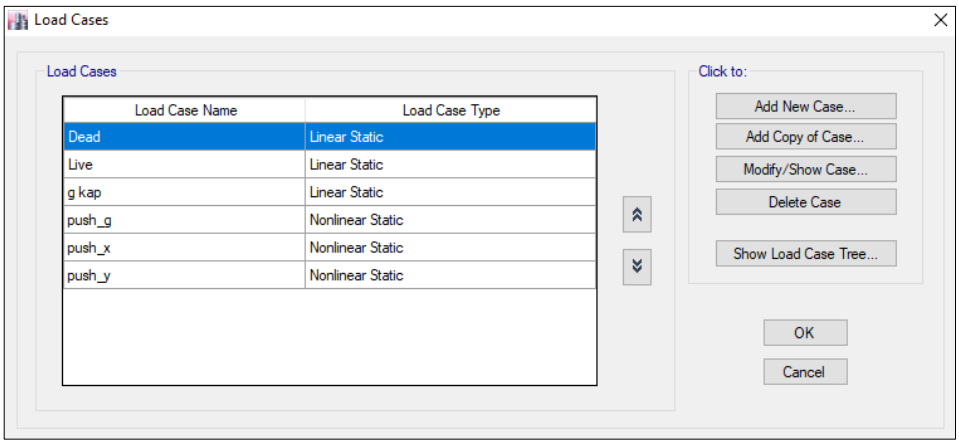


Şekil 4.14: Perde tanımlanması.

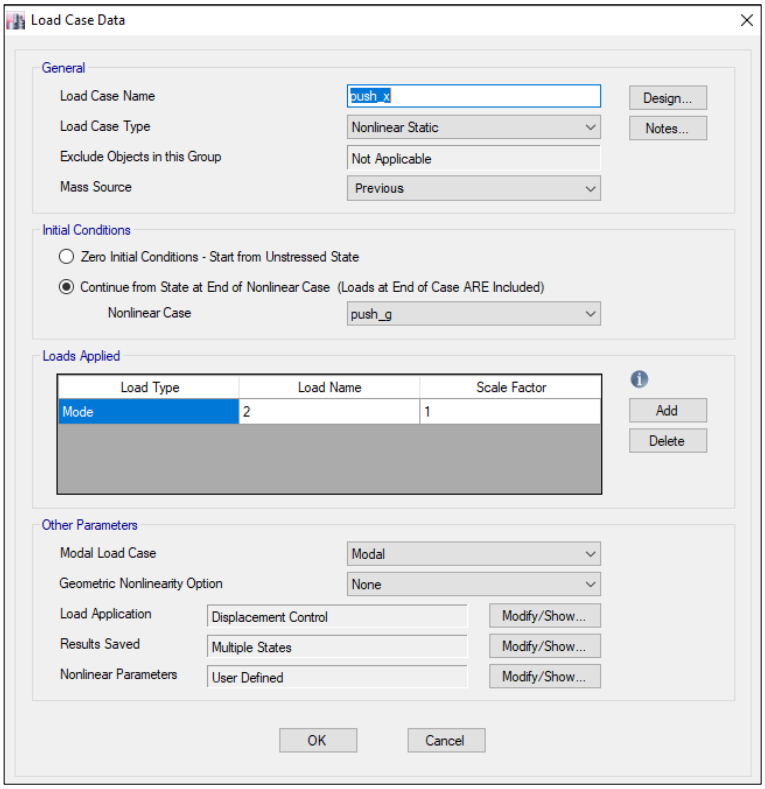
4.1.1.3. Yük kombinasyonları ve mafsal tanımlanması



Şekil 4.15: Yük şablonları tanımlanması.

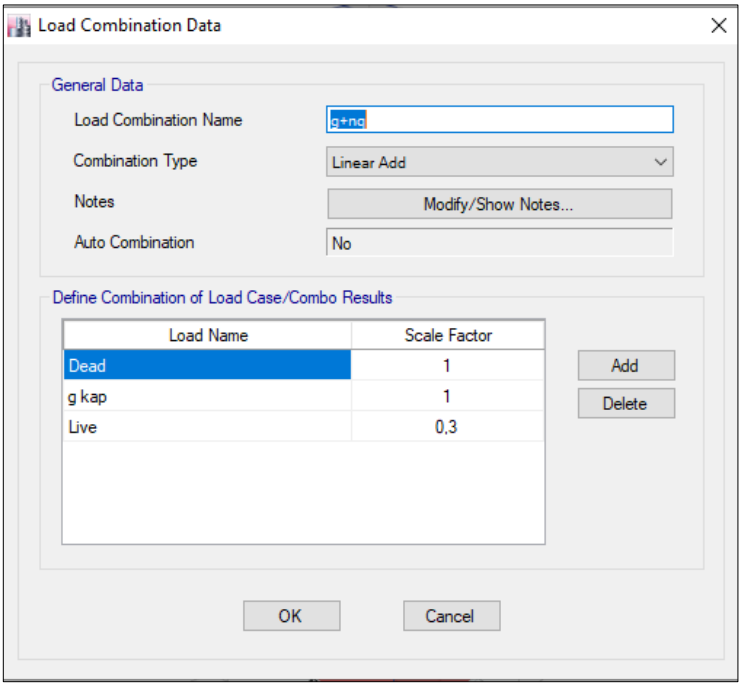


Şekil 4.16: Yükleme durumları.



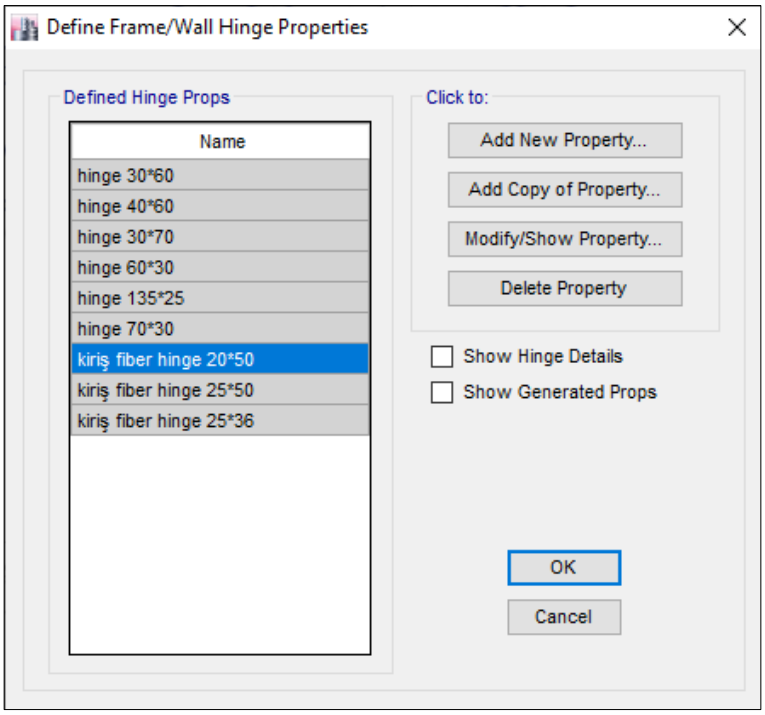
Şekil 4.17: Programa yükleme durumu verileri girilmesi.

Yük kombinasyonları zati yük katsayıları 1, hareketli yük katsayıları 0,3 olarak tanımlanmıştır.

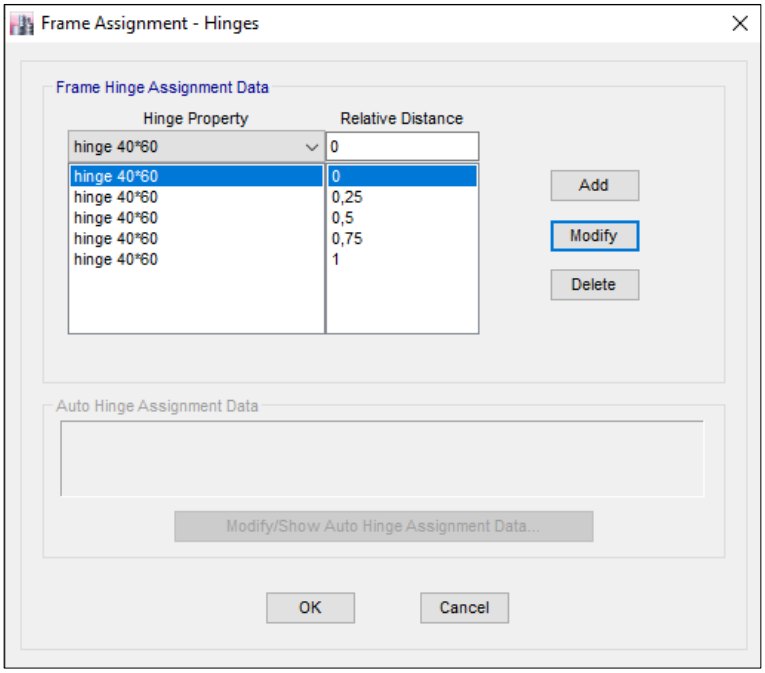


Şekil 4.18: Yük katsayıları tanımlanması.

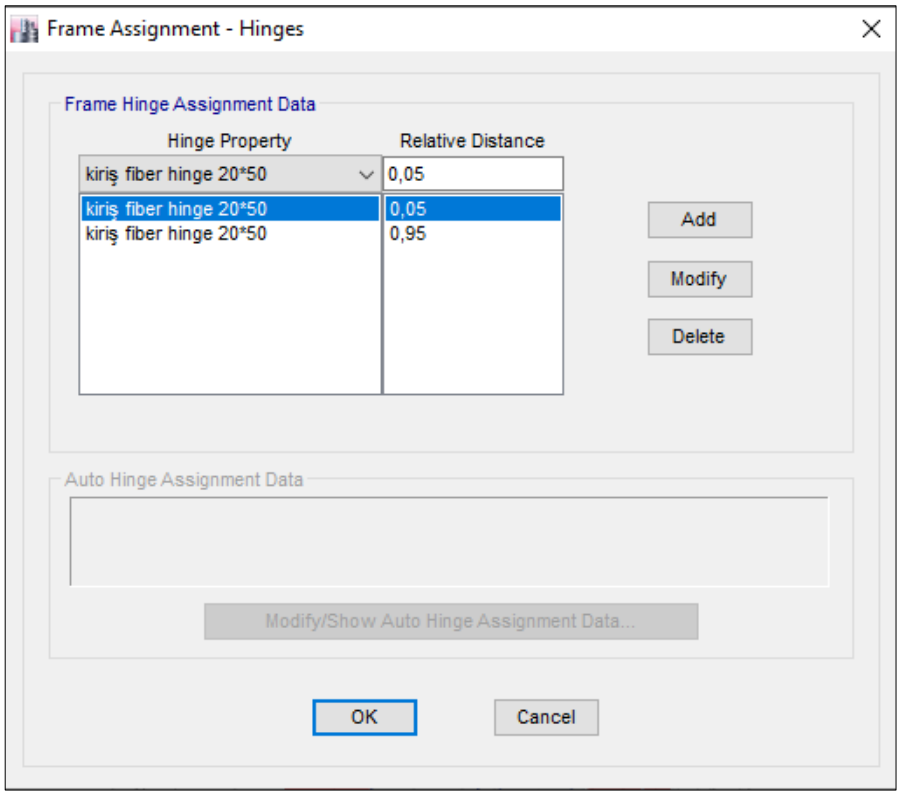
Yapı modeli tüm elemanlar fiber mafsallı olarak tanımlanmıştır. P-M2-M3 seçilmiştir. Kolonların 0, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1 oranlı bölgelerine toplamda 5 adet, kirişlerin 0.05 ve 0.95 olmak üzere ilk ve son noktalarına mafsal atanmıştır.



Şekil 4.19: Fiber mafsal tanımlanması.



Şekil 4.20: Kesitler için fiber mafsal atanması.



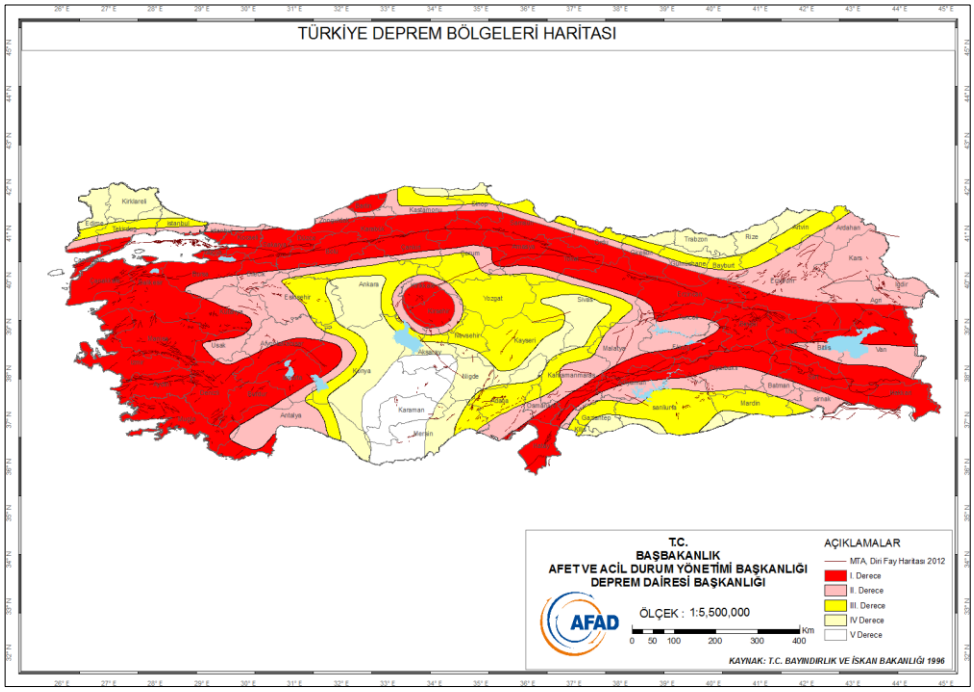
Şekil 4.21: Kirişlere atanan mafsallar.

Modelin tamamlanması sonucu gerekli analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz yönetmelikte belirtilen Sabit Tek Modlu İtme analizi kurallarına göre yapılmıştır. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre hedef deplasmanlar hesaplanmıştır. Hesaplanan deplasmanlara göre yapı analizleri tekrar gerçekleştirilmiştir. Hedef deplasman hesabında izlenen yollar ve DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre sonuçların kıyaslanması sonraki aşamalarda açıklanacaktır.

4.2.Deprem Tehlike Haritası 1996 ve 2016

Türkiye de ilk olarak deprem bölgeleri haritası 1945'te Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası olarak hazırlanmıştır. Harita Büyük Hasara Uğramış Bölgeler, Tehlikeli Yer Sarsıntı Bölgeleri ve Tehlikesiz Bölgeler olarak üçe ayrılmıştır. Zaman içerisinde teknolojik gelişmelere bağlı olarak 1947, 1963, 1972, 1996 ve son olarak 2018 yılında güncellenmiştir [6].

1996 yılı Türkiye deprem bölgeleri haritası Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından Türkiye'de 50 yıl içerisinde %90 ihtimalle aşılmayacak yer ivmelerini göstermektedir. Bakanlar Kurulunun 18.04.1996 gün 96/8109 sayılı kararıyla Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası adıyla yürürlüğe giren bu haritaya göre Türkiye; Birinci, İkinci, Üçüncü, Dördüncü ve Beşinci Derece Deprem Bölgeleri olarak beş bölgeye ayrılmıştır. Haritada yer ivmesinin 0.40 g ve daha büyük olacağı bölgeler birinci; yer ivmesinin 0.30-0.40 g arası olması beklenen bölgeler ikinci; yer ivmesinin 0.20-0.30g arasında olması beklenen gölgeler üçüncü; yer ivmesinin 0.10-0.20 g arası olması beklenen bölgeler dördüncü ve yer ivmesinin 0.10 g den küçük olması beklenen bölgeler beşinci derece deprem bölgesini göstermektedir.



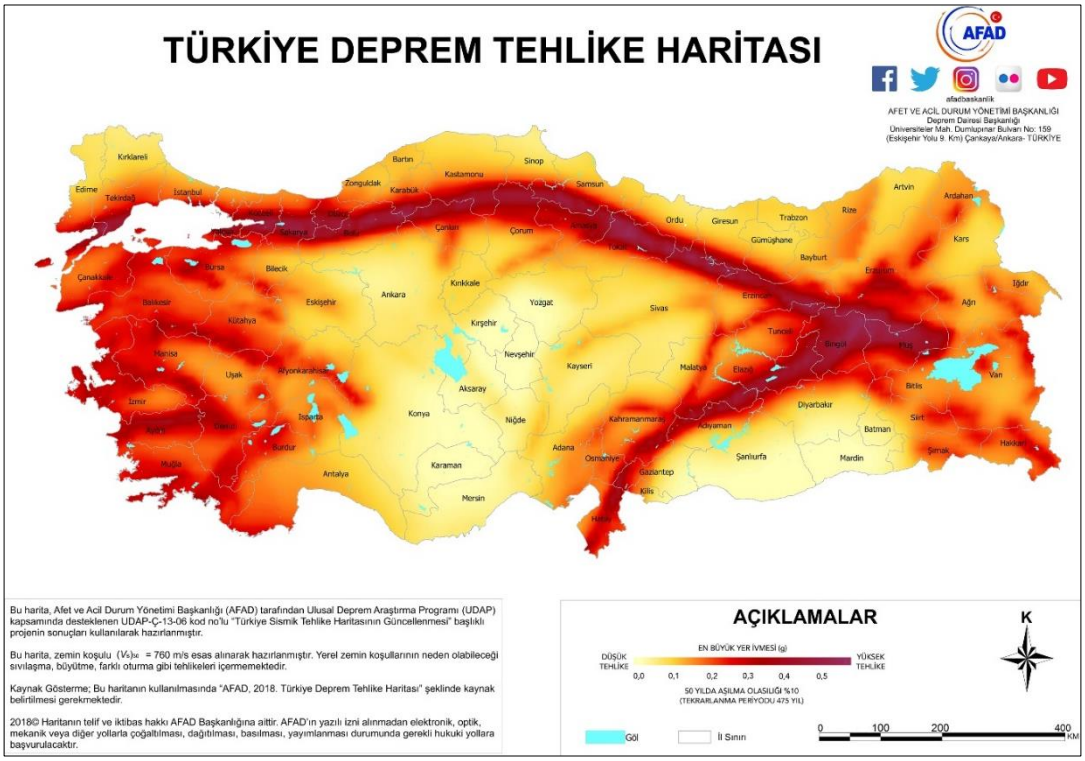
Şekil 4.22: 1996 yılı deprem tehlike haritası.

Deprem Bölgesi	Alan (km^2)	%	Nüfus (1990)	%	Nüfus (1997)	%
I.Derece	328.995	42	25.052.683	44	28.498.740	45
II.Derece	186.411	24	14.642.950	26	16.674.656	26
III.Derece	139.594	18	8.257.582	15	9.334.138	15
IV.Derece	97.894	12	7.534083	13	8.129.711	13
V.Derece	32.051	4	985.737	2	1.107.757	2
TOPLAM	**784.945**	**100**	**56.473.035**	**100**	**63.745.000**	

Şekil 4.23: 1996 deprem bölgeleri haritasına göre nüfus dağılımı.

1 Ocak 2019 a kadar yürürlüte kalan 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası yürürlükte olduğu 23 yıl süre zarfında İzmit Körfez Depremi, Düzce Depremi, Van Depremi gibi büyük depremler ve orta büyüklükte depremler meydana gelmiştir. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü tarafından 2012 yılında yayınlanan diri fay haritasına göre ülke genelinde yaklaşık 50 adet olarak bilinen diri fay sayısının bu miktarın iki katından daha fazla 326 adet olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu sebeplerden dolayı 1996 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından yenilenmiş 18 Mart 2018 tarih ve 30364 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Yeni Harita 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir.



Şekil 4.24: Deprem tehlike haritası 2019.

Yeni harita en güncel deprem kaynak parametreleri, deprem katalogları ve yeni nesil matematiksel modeller dikkate alınarak çok daha fazla ve ayrıntılı veriyle hazırlanmıştır. Yeni haritada, bir önceki haritadan farklı olarak deprem bölgeleri yerine en büyük yer ivmesi değerleri gösterilmiş ve "deprem bölgesi" kavramı ortadan kaldırılmıştır.

Deprem tehlike haritası RİSK haritası değildir. RİSK haritası olması için bu tehlike haritası üzerinde yapıların, nüfusun deprem anında etkilenme durumunu

bilmek, ekonomik kayıpları saptamak ve depremin çevreye vereceği zararları hesaplayıp bu zarar ve kayıp sonuçlarını gösteren harita oluşturmak gerekir.

Yeni harita, AFAD Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) tarafından desteklenen Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi başlıklı proje ile kamu ve üniversite iş birliği kapsamında hazırlanmıştır [7].

Haritada renkler ivme değerlerine karşılık gelmektedir. Rengin açık sarıdan koyu kırmızıya doğru geçişi tehlikenin düşükten yükseğe doğru artışını ifade etmektedir.

Tüm dünyada bu tür haritalar bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak belli dönemlerde güncellenmektedir. Dolayısıyla Ülkemizde de 1996 yılında hazırlanmış olan `Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası` yer bilimleri ve mühendislik alanlarındaki son gelişmeler dikkate alınarak güncellenmiştir.

Bu haritalar, AFAD Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) tarafından desteklenen "Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi" başlıklı proje ile Kamu ve Üniversite iş birliği kapsamında hazırlanmıştır.

Bu haritalar, ülke genelinde tek bir zemin koşulu ((Vs)30=760 m/s) esas alınarak hazırlanmıştır.

S_S, S_1, PGA ve PGV değerleri, zemin koşulu $(V_S)_{30}$=760 m/s esas alınarak hazırlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından elde edilen değerlerdir. Bu menüde seçilen yerel zemin sınıfı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre S_{DS} ve S_{D1} hesaplarındaki yerel zemin etki katsayılarının belirlenmesinde kullanılmaktadır [3].

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası 1996 ya göre etkin yer ivmesi katsayısı tablosu Tablo 4.4 te gösterilmeiştir.

Tablo 4.4: Etkin yer ivmesi katsayıları.

Deprem Bölgesi	**A_0**
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

4.3.DBYBHY-2007 için İtme Analizi Sonuçları ve Hedef Deplasmanın Belirlenmesi

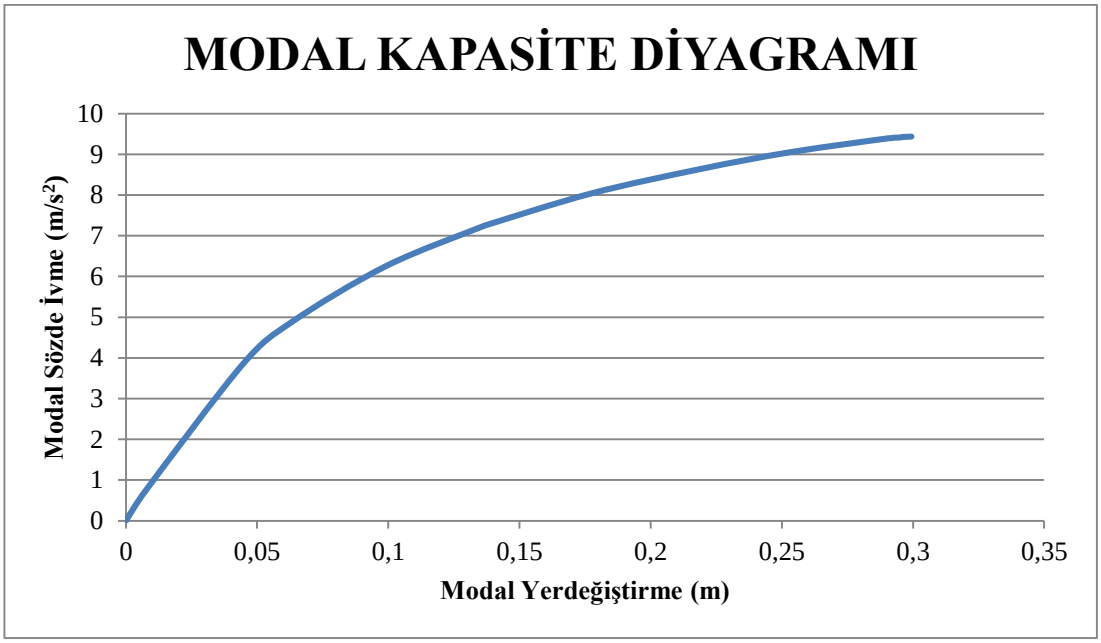
DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre gerekli değerler programdan alınmıştır, itme adımları başlangıçta yapı yüksekliğinin %2 si kadar itilmiştir. (0.224m) Ardından elde edilen değerlerler ile her iki doğrultu için modal kapasite diyagramları oluşturulmuştur.

Tablo 4.5: X-Y doğrultusu girdileri.

X DIRECTION		***Y DIRECTION***	
Γ_{xN1}	21.19	Γ_{xN1}	20.20
Φ_{xN1}	3.10E-02	Φ_{xN1}	9.18E-02
ΣM (t)	583	***ΣM (t)***	583
Modal Participation Mass Ratio	0.77	***Modal Participation Mass Ratio***	0.70
M_{x1}	449	M_{x1}	408

Tablo 4.6: X doğrultusu modal kapasite diyagramı verileri.

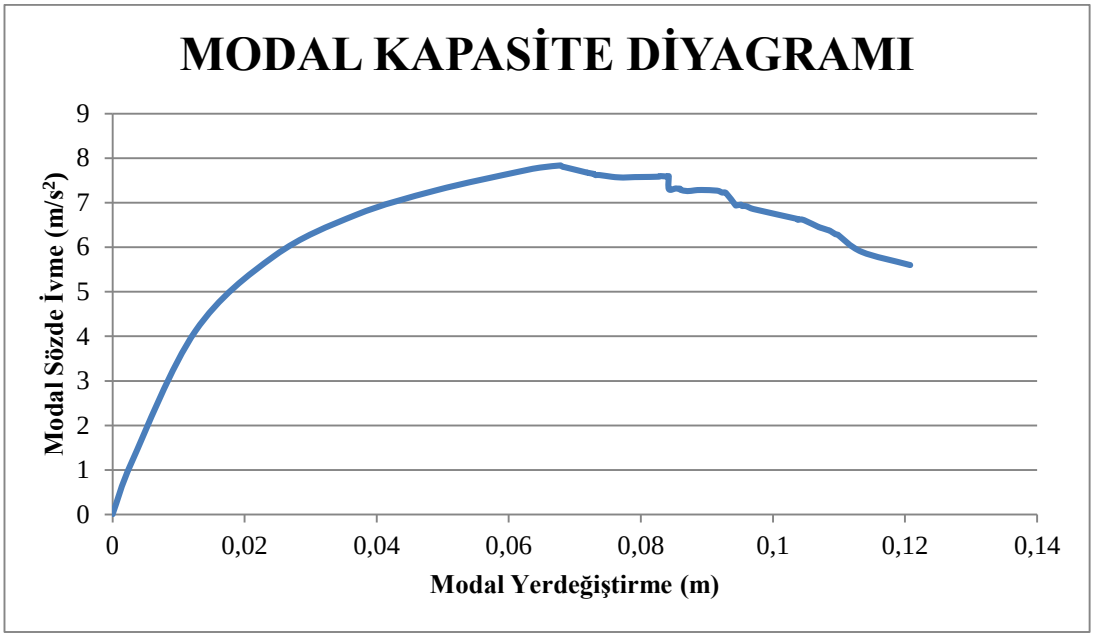
u	**V**	**M**	**Φ**	**Γ**	**d**	**a**
m	**kN**	**ton**	**-**		**m**	**m/s²**
0	0	449	3.10E-02	21.19	0	0
0.004965	333.3901	449	3.10E-02	21.19	0.007559	0.742666
0.029479	1737.383	449	3.10E-02	21.19	0.044882	3.870225
0.041423	2188.396	449	3.10E-02	21.19	0.063067	4.874909
0.065138	2808.617	449	3.10E-02	21.19	0.099173	6.256526
0.089878	3255.548	449	3.10E-02	21.19	0.136840	7.252117
0.089882	3255.574	449	3.10E-02	21.19	0.136846	7.252175
0.116555	3609.841	449	3.10E-02	21.19	0.177456	8.041348
0.14385	3878.519	449	3.10E-02	21.19	0.219012	8.639858
0.166283	4063.591	449	3.10E-02	21.19	0.253167	9.052128
0.190652	4216.137	449	3.10E-02	21.19	0.290269	9.391942
0.193452	4225.401	449	3.10E-02	21.19	0.294532	9.412579
0.194598	4232.100	449	3.10E-02	21.19	0.296276	9.427503
0.194646	4232.066	449	3.10E-02	21.19	0.296349	9.427426
0.196608	4235.748	449	3.10E-02	21.19	0.299337	9.435629



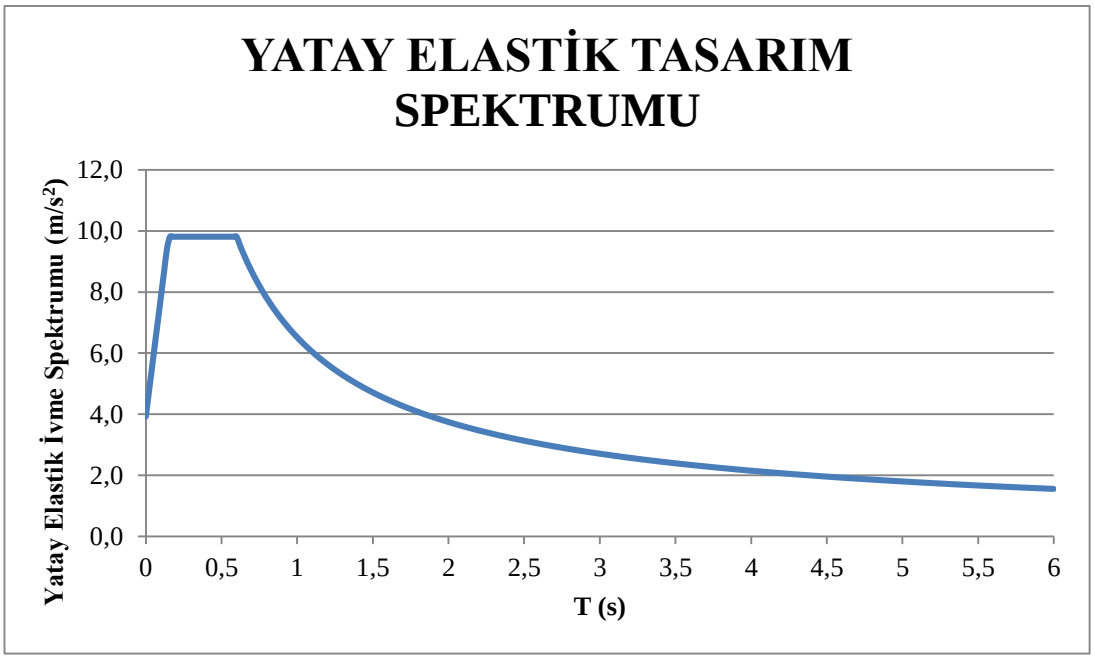
Şekil 4.25: X doğrultusu modal kapasite diyagramı.

Tablo 4.7: Y doğrultusu modal kapasite diyagramı verileri.

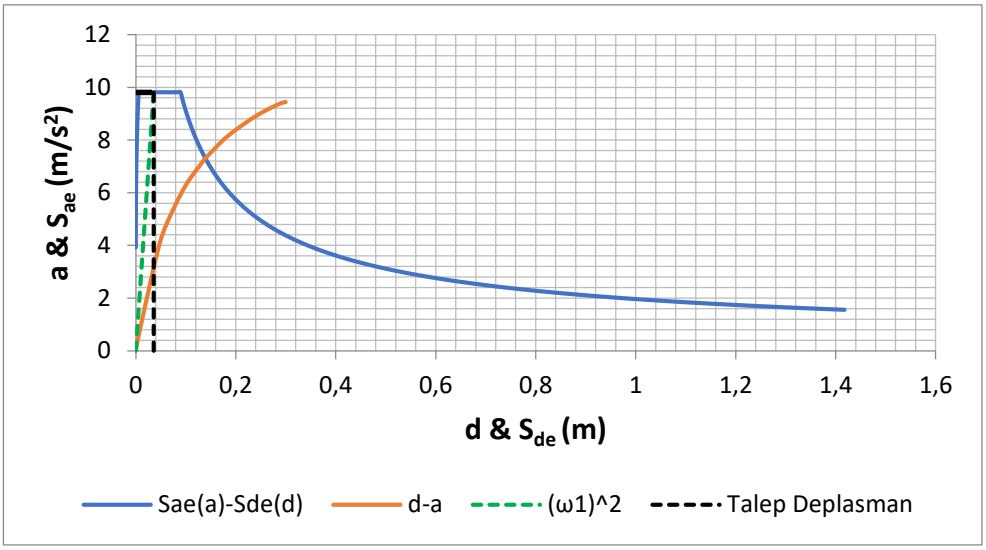
u	V	M	Φ	Γ	d	a
m	kN	ton	-		m	m/s²
0	0	408	9.18E-02	20.20	0	0
0.005361	476.4846	408	9.18E-02	20.20	0.002891	1.167568
0.023263	1679.148	408	9.18E-02	20.20	0.012544	4.114551
0.045459	2368.407	408	9.18E-02	20.20	0.024513	5.803497
0.068338	2743.454	408	9.18E-02	20.20	0.03685	6.722505
0.090791	2968.362	408	9.18E-02	20.20	0.048957	7.273614
0.114224	3141.092	408	9.18E-02	20.20	0.061593	7.696868
0.120044	3177.546	408	9.18E-02	20.20	0.064731	7.786196
0.125796	3197.464	408	9.18E-02	20.20	0.067833	7.835002
0.125834	3197.225	408	9.18E-02	20.20	0.067853	7.834416
0.126546	3183.344	408	9.18E-02	20.20	0.068237	7.800403
0.126988	3181.509	408	9.18E-02	20.20	0.068476	7.795904
0.133379	3130.412	408	9.18E-02	20.20	0.071922	7.670698
0.13338	3130.452	408	9.18E-02	20.20	0.071922	7.670796
0.135136	3119.836	408	9.18E-02	20.20	0.072869	7.644783



Şekil 4.26: Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.

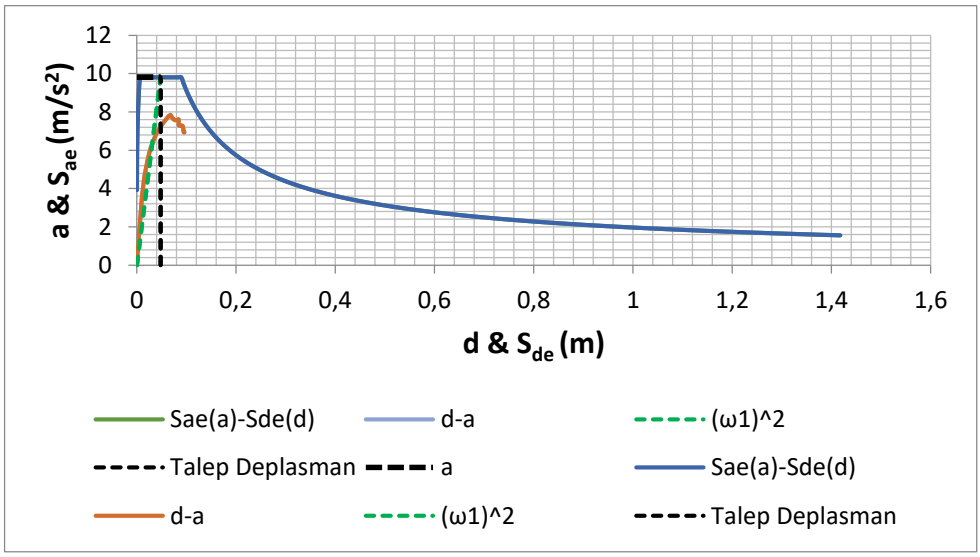


Şekil 4.27: 2007 için yatay elastik tasarım spektrumu.



Şekil 4.28: X doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi.

- Sde1=Sae1/(w1)2
- Elastik Deplasman=0.036451 Sde1*CR=0.048682
- Ux=Sde1* ΦxN1* ΓxN1 = 0.02
- Hedef Deplasman: 0.02*CR=0.032m



Şekil 4.29: Y doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi.

- Elastik Deplasman=0.047454 Sde1*CR=0.057937
- Ux=Sde1* ΦxN1* ΓxN1 = 0.0880
- Hedef Deplasman: 0.02*CR=0.10744m

Yönetmelikteki adımlara göre elastik deplasman hesaplanmış ve ux değeri bulunmuştur. Bulunan değer dikkate alınarak her iki doğrultu için itme hedef deplasman değeri dikkate alınacaktır.

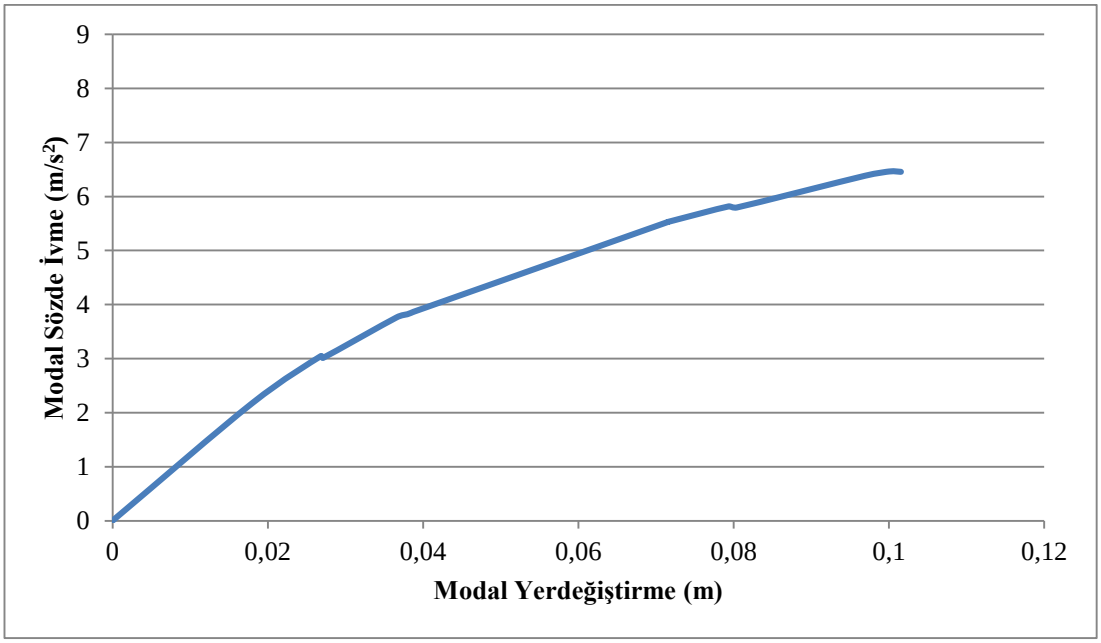
DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre X yönü için hesaplanan hedef tepe deplasman değeri 0.032m, Y yönü için hesaplanan hedef deplasman değeri 0.1074m dir. Analiz hedef tepe deplasmanı X yönü için 0.032m, Y yönü için 0.1074 seçilerek tekrarlanacaktır.

4.4.TBDY-2018 için İtme Analizi Sonuçları ve Hedef Deplasman Belirlenmesi

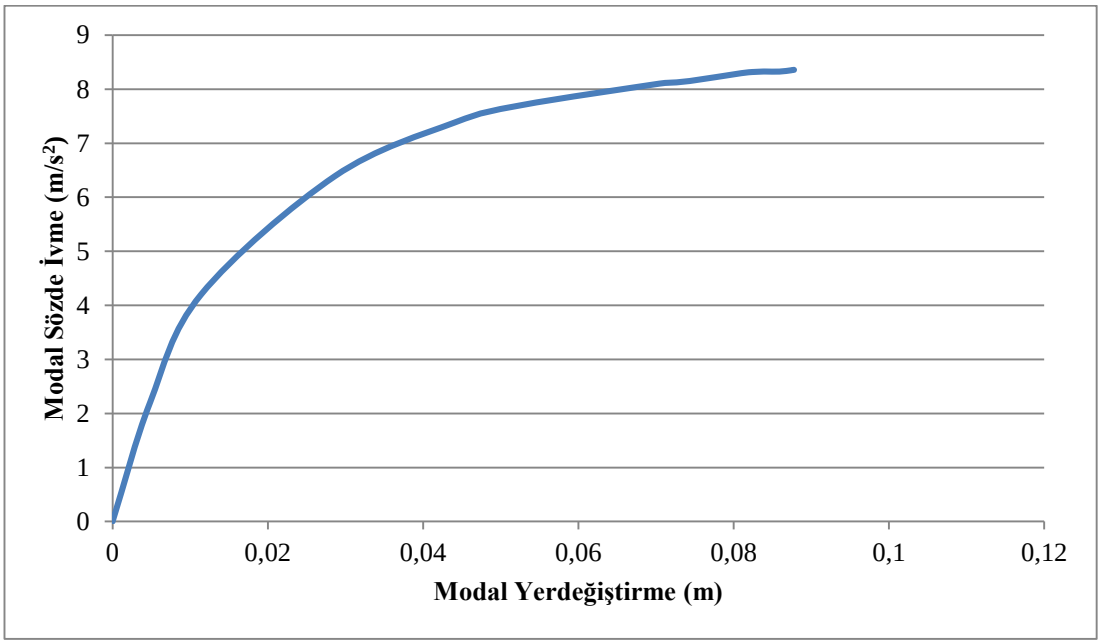
TBDY-2018 yönetmeliğine göre de gerekli değerler programdan alınmıştır, itme adımları başlangıçta yapı yüksekliğinin %2 si kadar itilmiştir. (0,224m) Ardından elde edilen değerlerler ile her iki doğrultu için modal kapasite diyagramları oluşturulmuştur.

Tablo 4.8: X-Y doğrultusu girdileri.

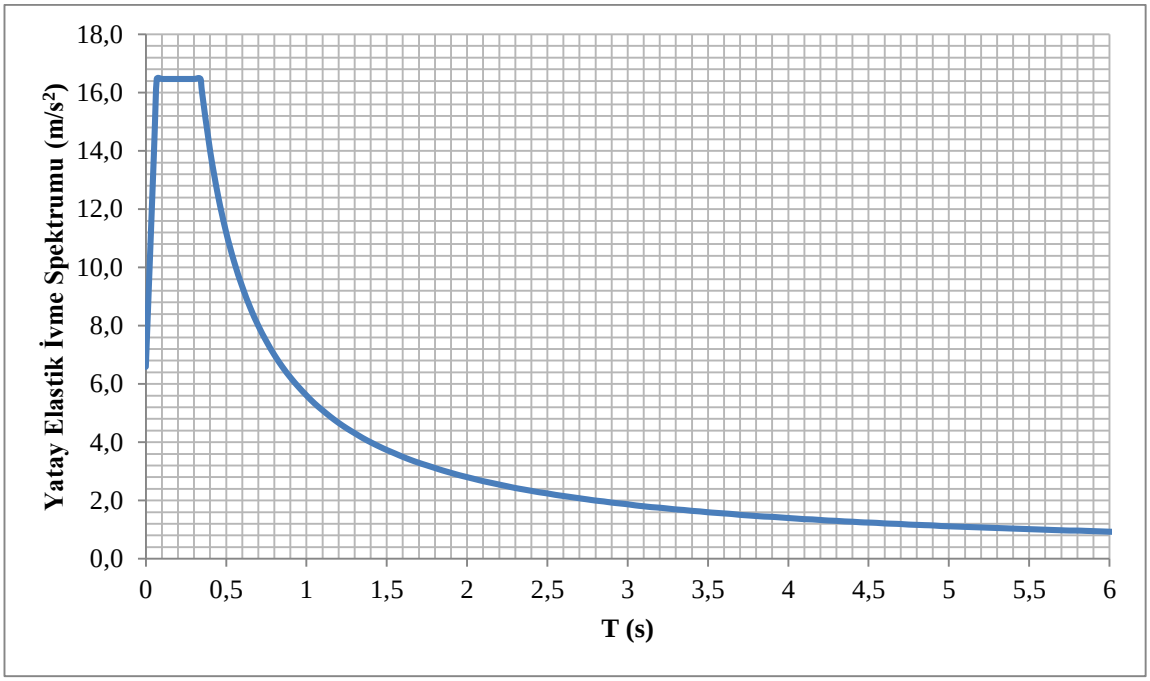
X DIRECTION		***Y DIRECTION***	
Γ_{xN1}	21.19	Γ_{xN1}	20.20
Φ_{xN1}	3.00E-02	Φ_{xN1}	9.00E-02
ΣM (t)	583	***ΣM (t)***	583
Modal Participation Mass Ratio	0.77	***Modal Participation Mass Ratio***	0.70
M_{x1}	449	M_{x1}	408



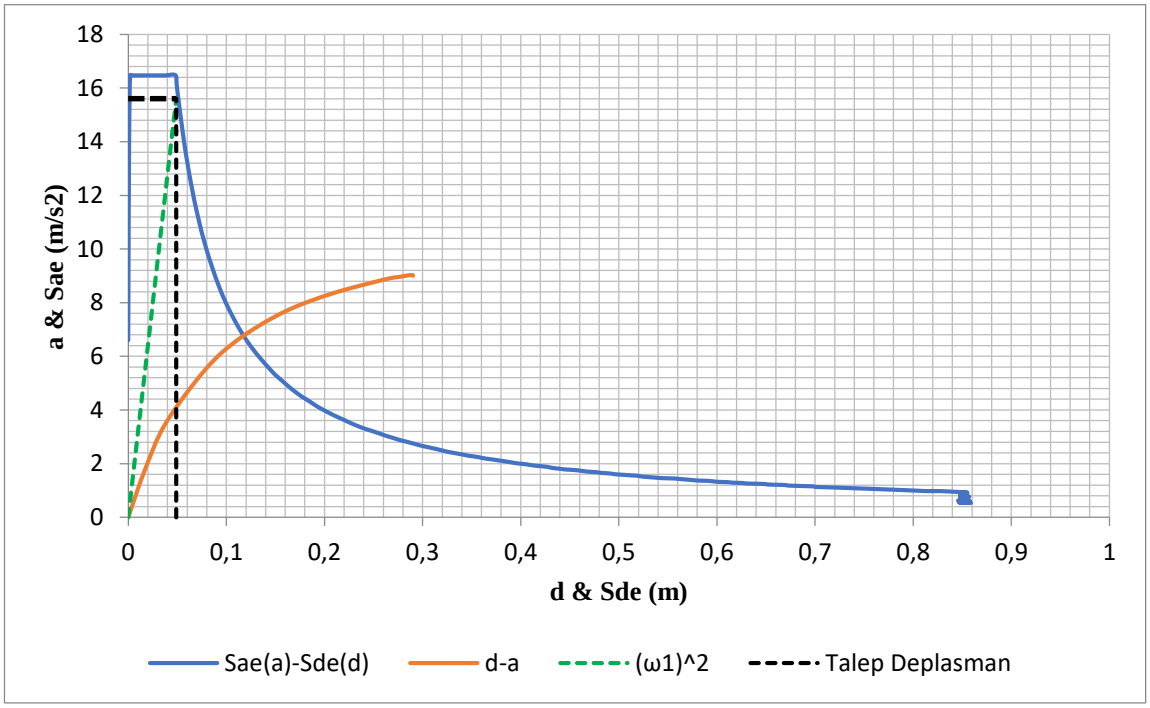
Şekil 4.30: X doğrultusu modal kapasite diyagramı.



Şekil 4.31: Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.

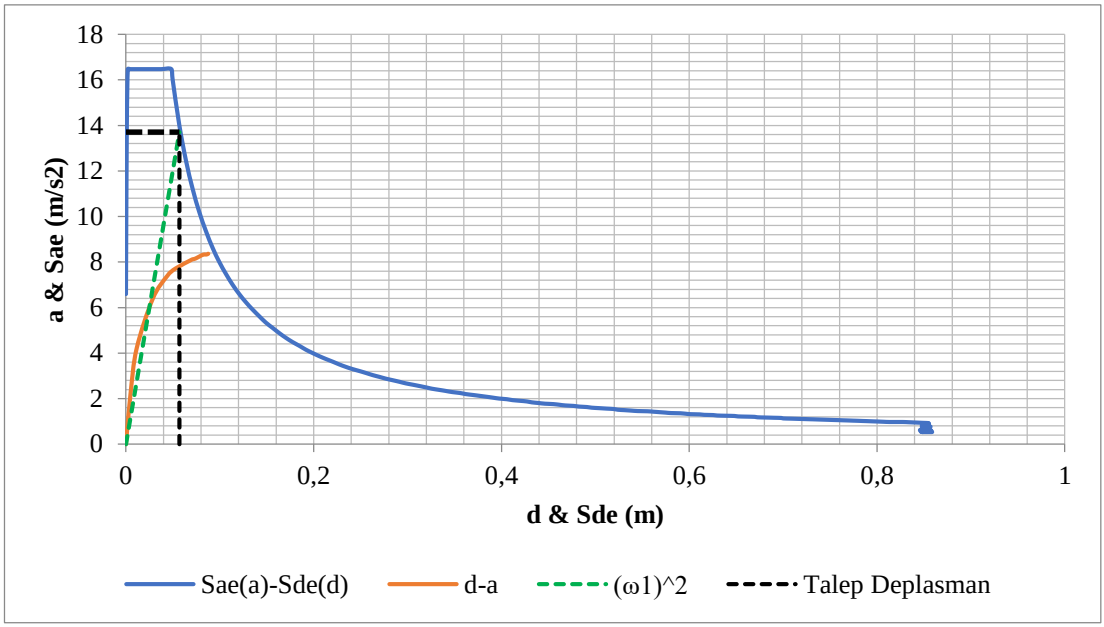


Şekil 4.32: 2018 yatay elastik tasarım spektrumu.



Şekil 4.33: X doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi.

- Elastik Deplasman= 0.05153m
- Ux= Sde1*ΦxN1*ΓxN1=0.03m



Şekil 4.34: Y doğrultusu modal yerdeğiştirme talebi.

- Elastik Deplasman= 0.05862m
- Ux= Sde1*ΦxN1*ΓxN1=0.11m

TBDY-2018 yönetmeliğine göre X yönü için hesaplanan hedef tepe deplasman değeri 0.03m, Y yönü için hesaplanan hedef deplasman değeri 0.11m dir. Analiz hedef tepe deplasmanı X yönü için 0.03m, Y yönü için 0.11m seçilerek tekrarlanacaktır.

Her iki yönetmelik için tekrarlanan analizlerin sonuçları DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinin kıyaslanmasında kullanılacaktır.

4.5. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine göre Yapılan Farklılıklar

4.5.1.Çatlamış Kesitlerin Tanımlanması

DBYBHY-2007 için çatlamış kesit rijitlikleri yönetmelikte belirtilen aşağıda yer alan bağıntılarla hesaplanmıştır.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri (EI)e kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

- Kirişlerde: (EI)e = 0.40 (EI)o
- Kolon ve perdelerde, $ND/(Ac\ fcm) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)e = 0.40\ (EI)o$
  $ND/(Ac\ fcm) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)e = 0.80\ (EI)o$

Tablo 4.9: 2007 için çatlamış kesit rijitliği hesabı.

Kat	Kolon No	Boyut	b(cm)	h(cm)	ND(N)	Ac(mm^2)	fcm(Mpa)	ND/ac*fcm
Story1	C1	30*60	30	60	267223.6	180000	25	0.059
Story1	C2	40*60	40	60	796864.1	240000	25	0.133
Story1	C3	30*70	30	70	436569.8	210000	25	0.083
Story1	C4	30*60	30	60	294711.7	180000	25	0.065
Story1	C5	60*30	60	30	307358.1	180000	25	0.068
Story1	C6	135*25	135	25	470350.2	337500	25	0.056
Story1	C7	60*30	60	30	502392.2	180000	25	0.112
Story1	C8	60*30	60	30	402494.3	180000	25	0.089
Story1	C9	30*60	30	60	318013.9	180000	25	0.071
Story1	C10	135*25	135	25	525785.2	337500	25	0.062
Story1	C11	30*60	30	60	499146.2	180000	25	0.111
Story1	C12	30*60	30	60	312260.0	180000	25	0.069
Story1	C13	40*60	40	60	902524.7	240000	25	0.150
Story1	C14	70*30	70	30	451717.4	210000	25	0.086

TBDY-2018 için çatlamış kesit rijitlikleri yönetmelikte belirtilen aşağıda yer tabloda belirtilen değerlere göre tanımlanmıştır.

Tablo 4.10: Etkin kesit rijitliği çarpanı (TBDY-2018).

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 elaman	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

Tablo 4.10 da belirtildiği üzere Çubuk elemanlar için Kolonlarda 0.70, kirişlerde 0.35 değeri dikkate alınmış, programa tanımlanarak analiz yapılmıştır.

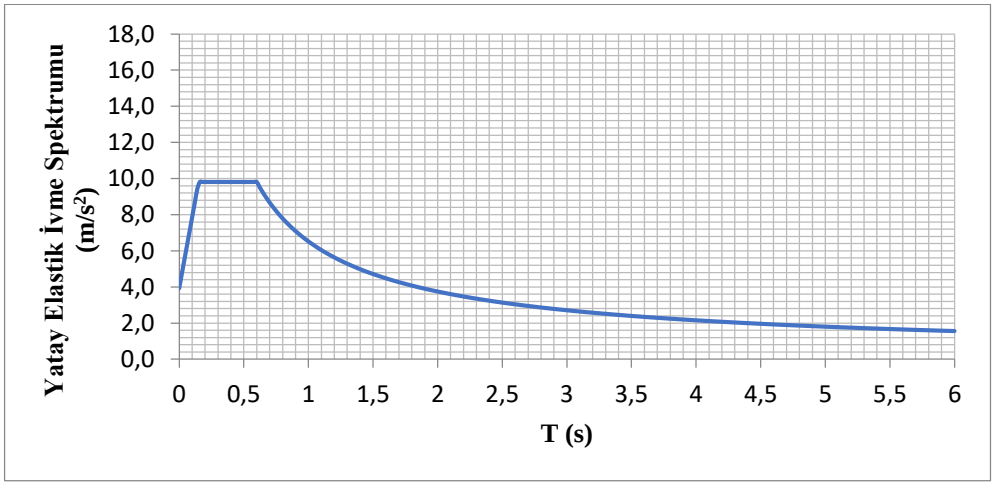
4.5.2.Periyotlar

DBYBHY-2007 ye göre 1. Modda Y yönü için hakim periyot 0.44sn, TBDY-2018 de 1. Modda Y yönünde hakim periyot 0.41 sn dir. Farklılığın temel sebebi kabul edilen etkin kesit rijitliğinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

4.5.3. Spektrum Tanımları

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için spektrumlar farklı tanımlanmaktadır. DBYBHY-2007 için Deprem bölgelerine göre A_0, etkin yer ivmesi katsayısı dikkate alınır. Köşe periyotları ve spektrumun tamamı sadece zemin özellikleriyle değişkenlik gösterir. Zemin etkisi sadece spektrumun azalan bölgesine etki eder. TBDY-2018 için hız, ivme ve deplasman bölgesi olmak üzere spektrum 3 bölümden oluşmaktadır. Spektrum haritalardan alınan SS ve S1 dikkate alınarak oluşturulur. Böylelikle spektrum deprem büyüklüğü, zemin özellikleri ve faya yakınlık etkisini göz önüne alarak oluşturulmaktadır. Yönetmelikte zemin etki katsayıları da (VS)30= 760 m/sn olmayan zeminler için tanımlanmıştır.

DBYBHY-2007 için yönetmelikte zemin sınıfına göre belirlenen spektrum aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.35. DBYBHY-2007 için yatay elastik ivme spektrumu.

TBDY-2018 için önceki bölümlerde açıklaması bulunan ve TBDY2018 ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre, yapı koordinatı bilgisi ile AFAD tan alınan değerlerle belirlenen spektrum aşağıdaki gibidir [7].

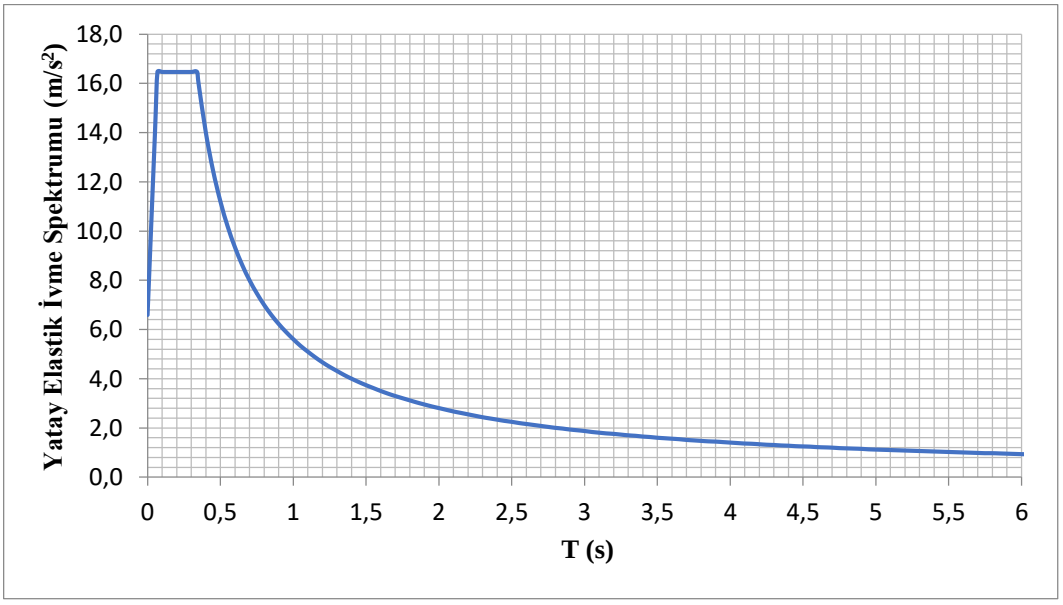
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	tez	
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:	40.779139°	
Boylam	29.40588°	

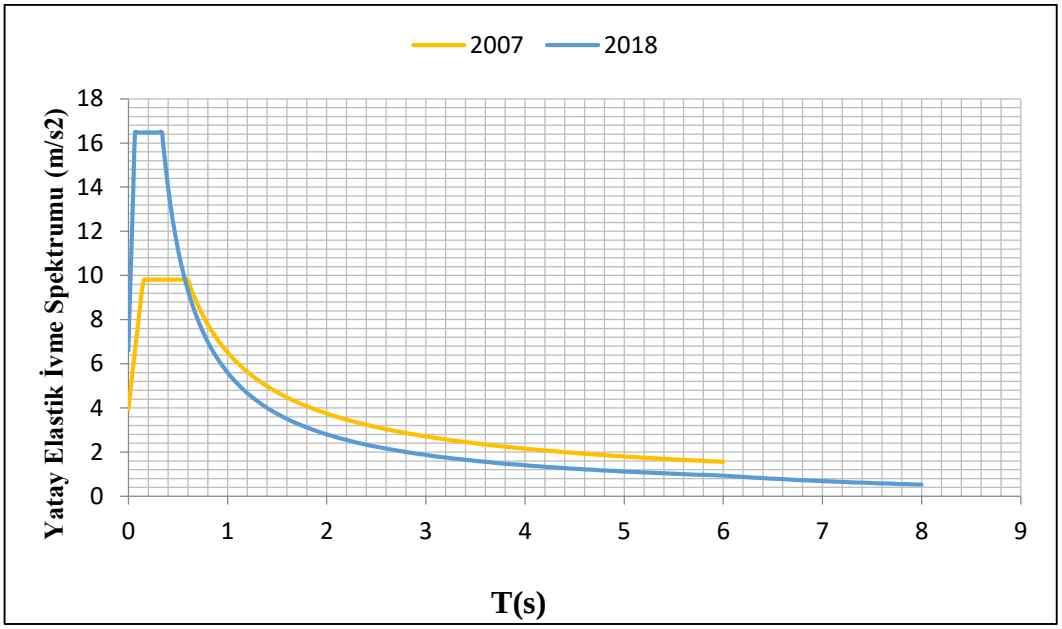
Çıktılar

S_S = 1.399 S_1 = 0.381 PGA=0.572 PGV=42.785

Şekil 4.36: Türkiye deprem tehlike haritası çıktısı.



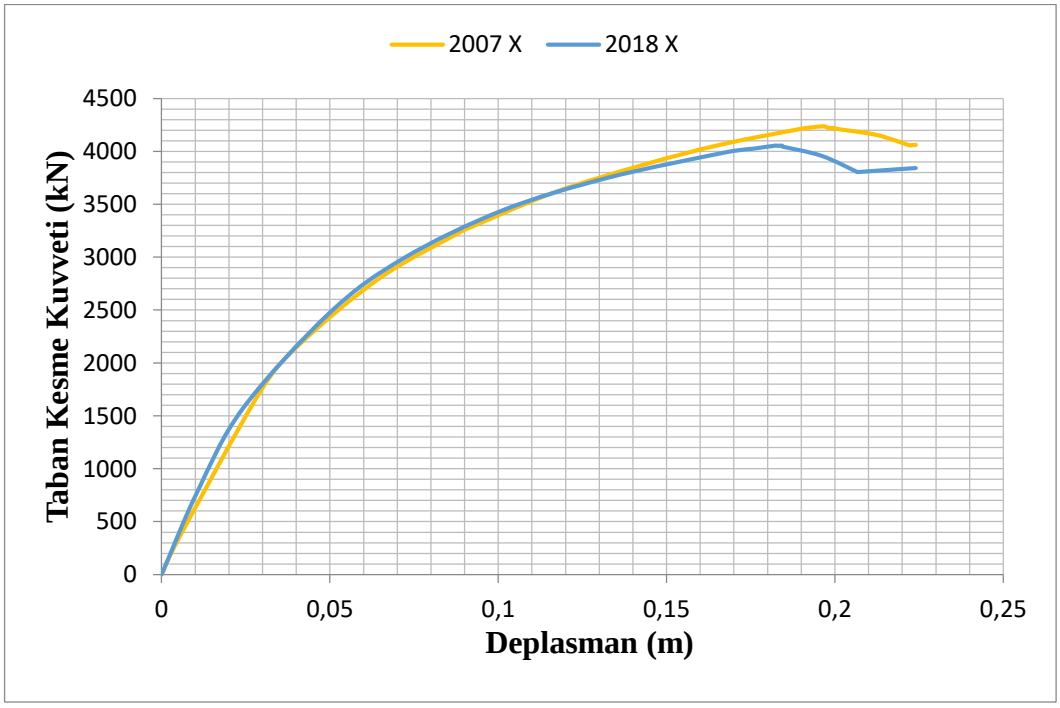
Şekil 4.37: TBDY-2018 için yatay elastik ivme spektrumu.



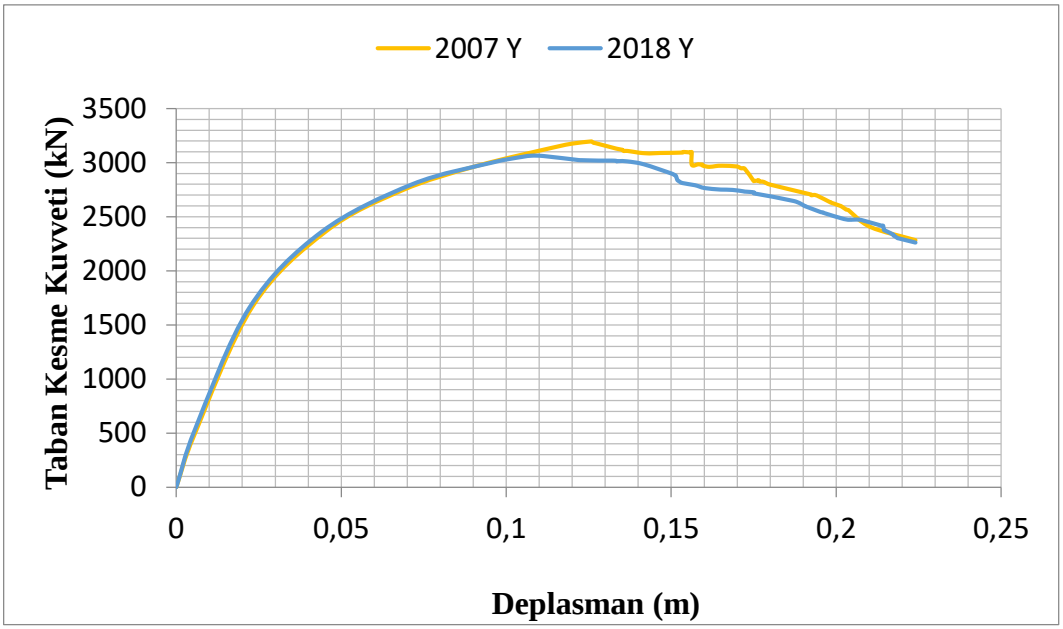
Şekil 4.38: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 spektrum kıyaslaması.

4.5.4.Taban Kesme Kuvvetleri

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için her iki yöndeki deplasman-taban kesme kuvveti grafiği aşağıdaki gibidir .



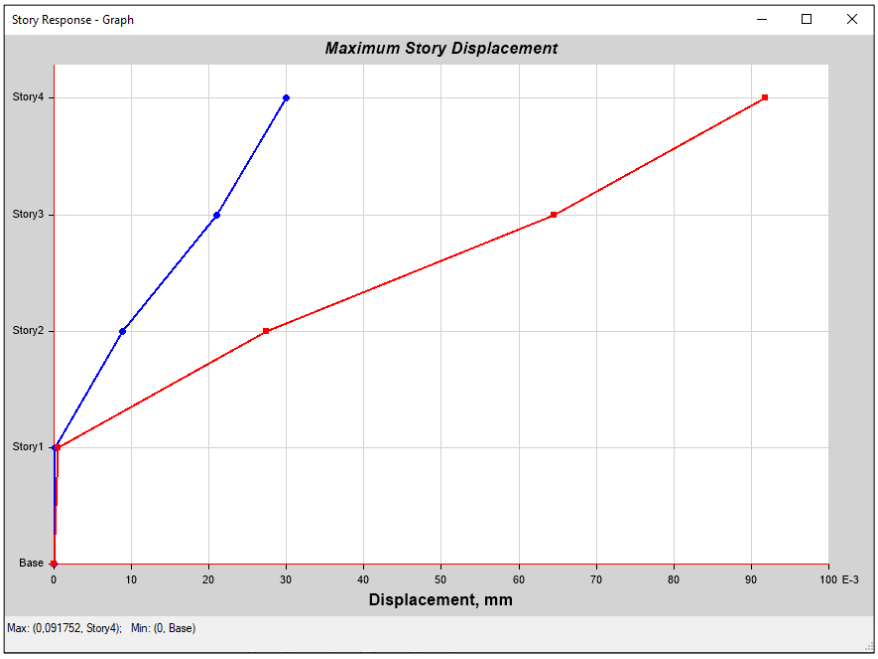
Şekil 4.39: İki yönetmelik için X ekseni taban kesme kuvveti-deplasman grafiği.



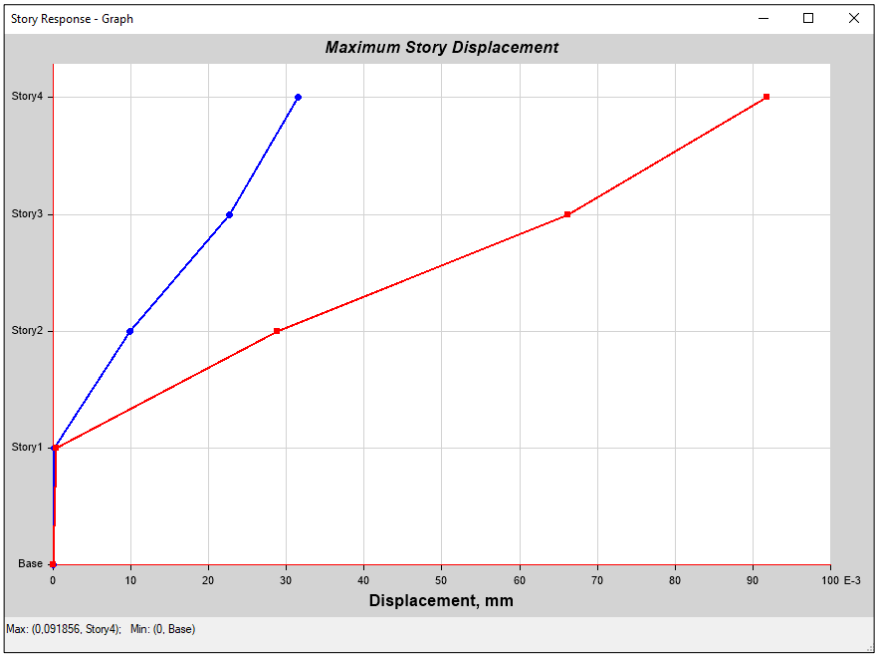
Şekil 4.40: İki yönetmelik için Y ekseni taban kesme kuvveti-deplasman grafiği.

4.5.5.Göreli Kat Ötelemeleri

TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 için programda hesaplanan göreli kat ötemeleri;



Şekil 4.41: TBDY-2018'e göre göreli kat ötelemeleri.



Şekil 4.42: DBYBHY 2007'ye göre göreli kat ötelemeleri.

Göreli kat ötelemeleri 2007 için X doğrultusunda 0.0315m; Y doğrultusunda 0.092m; 2018 için X doğrultusunda 0.03m, Y doğrultusunda 0.0917m dir.

4.5.6. Birim Şekil Değiştirmeler

Aynı kolon için 2007 ve 2018 yönetmelikleri için birim şekil değiştirme değerleri tablo 4.11. de gösterilmiştir.

Tablo 4.11: Zemin kat C1 kolonu için beton ve donatı şekildeğiştirme değerleri.

	Beton	2018	2007	Çelik	2018	2007
Zemin Kat	C1	0.000028	0.000625	C1	0.000649	0.000050
Zemin Kat	C1	0.000026	0.000526	C1	0.000159	0.000043
Zemin Kat	C1	0.000024	0.000428	C1	0.000036	0.000054
Zemin Kat	C1	0.000044	0.000051	C1	0.000027	0.000279
Zemin Kat	C1	0.000078	0.000039	C1	0.000454	0.000054
Zemin Kat	C1	0.00063	0.000056	C1	0.000093	0.000047
Zemin Kat	C1	0.000729	0.000054	C1	0.000039	0.000111
Zemin Kat	C1	0.000828	0.000052	C1	0.000031	0.000448
Zemin Kat	C1	0.000033	0.000318	C1	0.000584	0.000051
Zemin Kat	C1	0.000031	0.000258	C1	0.000519	0.000053
Zemin Kat	C1	0.000030	0.000207	C1	0.000028	0.000331
Zemin Kat	C1	0.000043	0.000045	C1	0.000029	0.000383

Tablo 4.11: Devamı.

Zemin Kat	C1	0.000055	0.000041	C1	0.000119	0.000050
Zemin Kat	C1	0.000072	0.00004	C1	0.000250	0.000043
Zemin Kat	C1	0.000343	0.000052	C1	0.001672	0.000036
Zemin Kat	C1	0.000401	0.00005	C1	0.005592	0.000029
Zemin Kat	C1	0.00047	0.000049	C1	0.000057	0.015498
Zemin Kat	C1	0.000028	0.001545	C1	0.000048	0.011220
Zemin Kat	C1	0.000066	0.000029	C1	0.000039	0.006941
Zemin Kat	C1	0.007107	0.000027	C1	0.000031	0.002663

4.5.7. Yapının Performans Durumu

4.5.7.1.DBYBHY-2007 ye göre performans durumu

DBYBHY-2007 için Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları aşağıdaki gibidir.

- Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\varepsilon_s) = 0.010 \tag{4.1}$$

- Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho/\rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} = 0.040 \tag{4.2}$$

- Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014(\rho/\rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.060 \tag{4.3}$$

Bu sınır değerler dikkate alınarak oluşturulan beton için kıyası Tablo4.12’de, çelik için kıyası Tablo4.13’te gösterilmektedir.

Tablo 4.12: DBYBHY-2007 için beton sınır değerleri.

KAT	KOLON	Şekildeğiştirme	GÇ	GV	MN	KONTROL
Zemin Kat	C1	0.000625	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000526	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000428	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000051	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000039	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000056	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000054	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000052	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000318	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000258	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000207	0.018	0.0135	0.0035	MH
Zemin Kat	C1	0.000045	0.018	0.0135	0.0035	MH

Tablo 4.13: DBYBHY-2007 için çelik sınır değerleri.

KAT	KOLON	Şekildeğiştirme	GÇ	GV	MN	KONTROL
Zemin Kat	C1	0.000050	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000043	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000054	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000279	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000054	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000047	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000111	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000448	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000051	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000053	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000331	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000383	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000050	0.06	0.04	0.01	MH
Zemin Kat	C1	0.000043	0.06	0.04	0.01	MH

4.5.7.2.TBDY-2018'e göre performans durumu

TBDY-2018 için hasar performans sınır değerleri şu şekilde belirtilmiştir.

Kontrollü Hasar Performans düzeyi sınır değerleri;

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(GÖ)} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\varepsilon_s^{(GÖ)}$$
$$\theta_p^{(KH)} = 0.75\theta_p^{(GÖ)} \tag{4.4}$$

Sınırlı Hasar Performans Düzeyi sınır değerleri;

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \tag{4.5}$$

2018 kolonlar için dikkate alınan sınır tablo 4.14'te gösterilmektedir.

Tablo 4.14: TBDY-2018'e göre beton sınır değerleri.

KOLON ADI	b	h	GÖÇME ÖNCESİ		KONTROLLÜ HASAR		SINIRLI HASAR	
	m	m	$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\varepsilon_c^{(KH)}$	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\varepsilon_c^{(SH)}$	$\varepsilon_s^{(SH)}$
S4_C1	0.30	0.60	0.0084	0.032	0.006300	0.024	0.0025	0.0075
S4_C2	0.40	0.60	0.0093	0.032	0.006975	0.024	0.0025	0.0075
S4_C3	0.30	0.70	0.0078	0.032	0.005850	0.024	0.0025	0.0075
S4_C4	0.30	0.60	0.0084	0.032	0.006300	0.024	0.0025	0.0075
S4_C5	0.60	0.30	0.0123	0.032	0.009225	0.024	0.0025	0.0075
S4_C6	1.35	0.25	0.0180	0.032	0.013500	0.024	0.0025	0.0075
S4_C7	0.60	0.30	0.0123	0.032	0.009225	0.024	0.0025	0.0075
S4_C8	0.60	0.30	0.0123	0.032	0.009225	0.024	0.0025	0.0075
S4_C9	0.30	0.60	0.0084	0.032	0.006300	0.024	0.0025	0.0075
S4_C10	1.35	0.25	0.0180	0.032	0.013500	0.024	0.0025	0.0075
S4_C11	0.30	0.60	0.0084	0.032	0.006300	0.024	0.0025	0.0075
S4_C12	0.30	0.60	0.0084	0.032	0.006300	0.024	0.0025	0.0075
S4_C13	0.40	0.60	0.0093	0.032	0.006975	0.024	0.0025	0.0075
S4_C14	0.70	0.30	0.0125	0.032	0.009375	0.024	0.0025	0.0075

4.5.8. Performans Durumu Karşılaştırması

Yönetmelikler dikkate alınarak performans durum karşılaştırması yapıldığında elde edilen veriler doğrultusunda her iki yönetmelik için kolon ve kiriş hasar durumları tablolarda belirtilmektedir.

Tablo 4.15: 2007 kolon hasar durumları.

2007 Kolon Hasar Durumu				
	MH	BH	İH	GB
2.NK	13	1	0	0
1.NK	6	8	0	0
ZK	0	8	4	2
BK	14	0	0	0
Toplam	33	17	4	2

Tablo 4.16: 2007 kiriş hasar durumları.

2007 Kiriş Hasar Durumu				
	MH	BH	İH	GB
2.NK	42	0	0	0
1.NK	42	0	0	0
ZK	41	1	0	0
BK	12	0	0	0
Toplam	137	1	0	0

DBYBHY-2007 ye göre yapılan analiz sonuçlarına göre yapıda bulunan 56 adet kolondan 2'si göçme bölgesinde, 4'ü ileri hasar bölgesinde, 17 tanesi belirgin hasar bölgesinde, 33 tanesi de minimum hasar bölgesindedir. En çok hasar gören katın zemin kat olduğu belirgindir.

Tablo 4.17: 2018 kolon hasar durumları.

2018 Kolon Hasar Durumu				
	SH	BH	İH	GB
2.NK	12	2	0	0
1.NK	2	10	1	1
ZK	0	6	3	5
BK	14	0	0	0
Toplam	28	18	4	6

Tablo 4.18: 2018 Kiriş hasar durumları.

2018 Kiriş Hasar Durumu				
	SH	BH	İH	GB
2.NK	42	0	0	0
1.NK	42	0	0	0
ZK	40	2	0	0
BK	12	0	0	0
Toplam	136	2	0	0

Sonuçlar dikkate alındığında 2007 de kirişlerin yalnızca biri Belirgin Hasar Bölgesindedir. 2018 yönetmeliğine göre iki adet kiriş belirgin hasar bölgesindedir.

Kolonlar dikkate alındığında zemin katta 2018 de 6 adet göçme bölgesinde. 2007 de 2 adet göçme bölgesinde eleman bulunmaktadır. Bu durumda yapının can güvenliği sağladığı söylenemez.

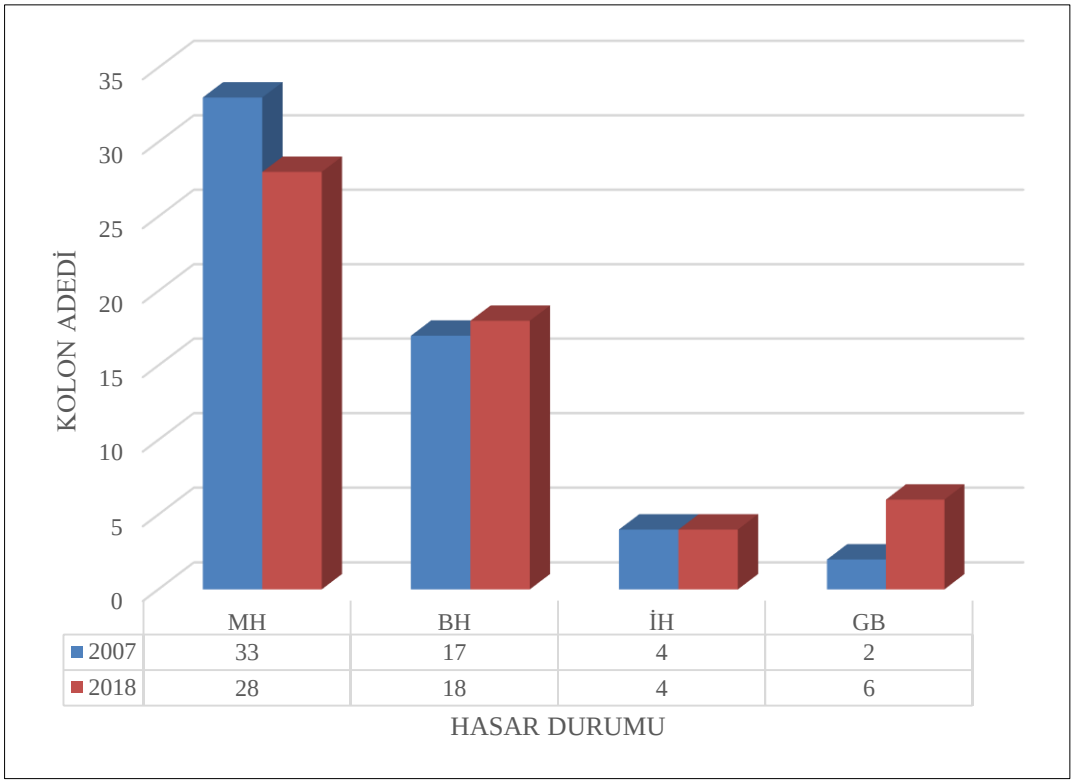
DBYBHY-2007 için kolonların;

- %3.6 sı Göçme Bölgesinde;
- %7.14 ü İleri Hasar Bölgesinde;
- %30.35 i Belirgin Hasar Bölgesinde;
- %58.93 ü Minimum Hasar Bölgesindedir.

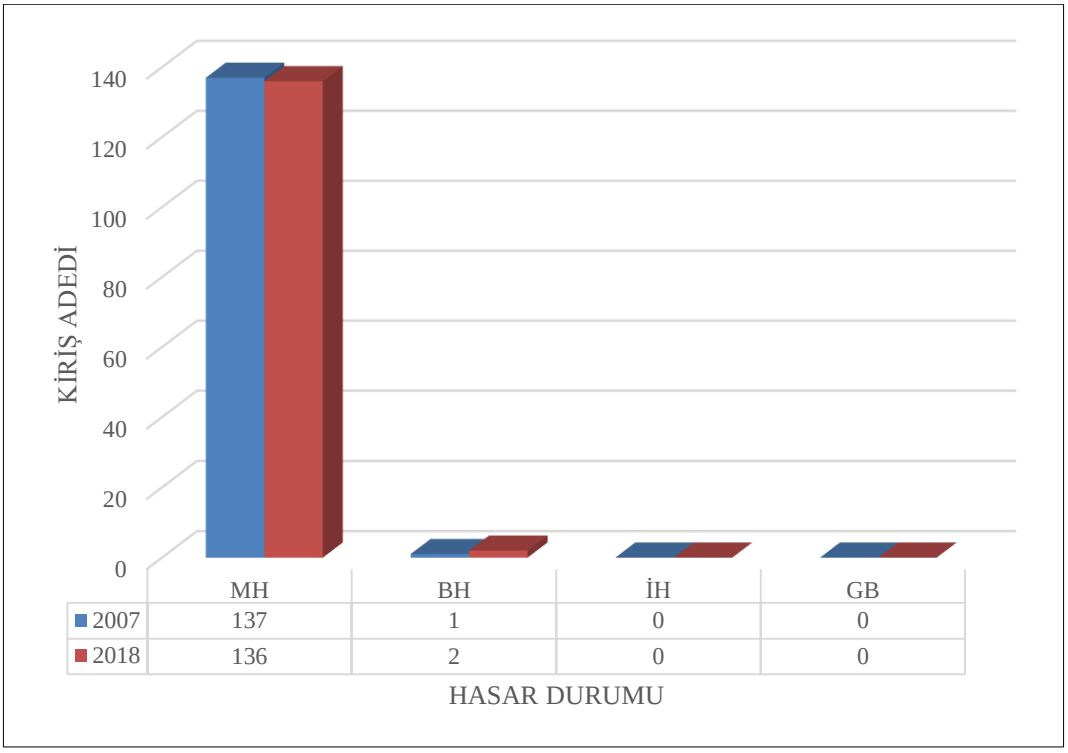
TBDY-2018 için kolonların:

- %10.71 i Göçme Bölgesinde;
- %7.14 ü İleri Hasar Bölgesinde;
- %32.14 ü Belirgin Hasar Bölgesinde;
- %50 si Sınırlı Hasar Bölgesindedir.

Kolon ve kirişlerin iki yönetmelik için kıyaslaması Şekil 4.43: Kolon hasar durumu kıyaslaması ve Şekil 4.44: Kiriş hasar durumu kıyaslaması olarak histogramlar ile aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 4.43: Kolon hasar durumu kıyaslaması.



Şekil 4.44: Kiriş hasar durumu kıyaslaması.

4.6. TBDY-2018'e Göre Modelin Yığılı Plastik Mafsal ve Yayılı Plastik Mafsal Kabul Edilerek Çözülmesi Kıyaslanması

Önceki bölümde yayılı plastik mafsal olarak kabul ettiğimiz modelde mafsalları yığılı olarak tanımlayıp çözüm yapılacaktır. Aralarındaki farkı yapılan kabullerden kaynaklanmaktadır.

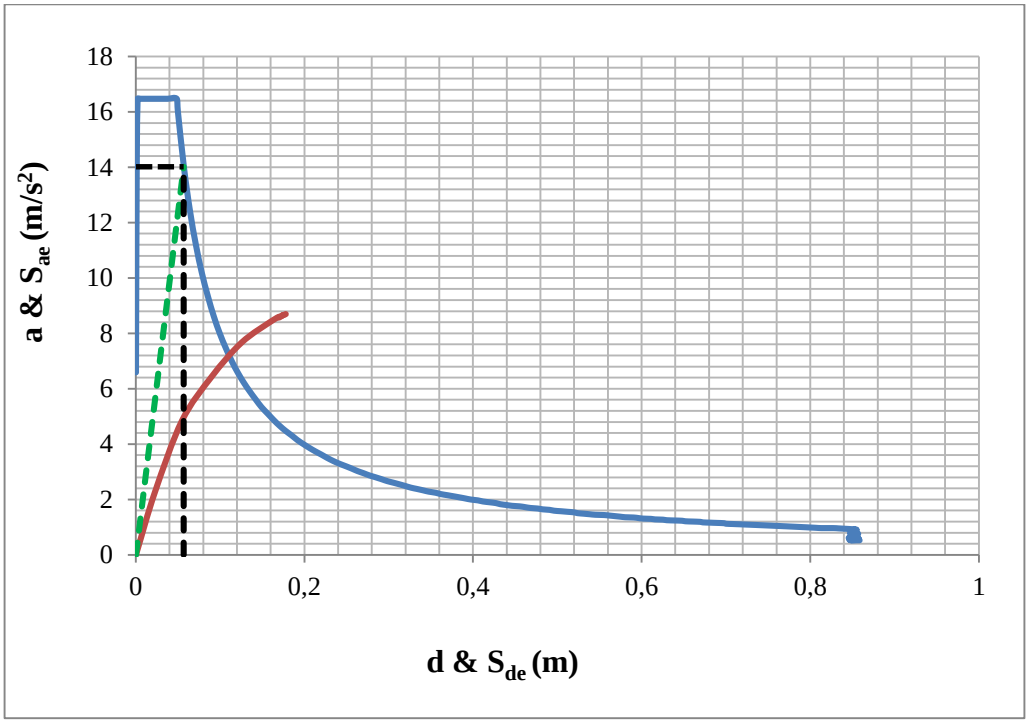
Yığılı plastik davranış modelinde kolon kiriş elemanları çerçeve sonlu elemanları olarak modellenebilmektedir ve plastik şekil değiştirmeleri düzgün yayılı şekilde dağıldığı varsayılmaktadır. Yığılı plastisitede plastik deformasyonlar doğrusal bir elastik elemanın uç noktalarında toplanmıştır ve bu uç bölgelerin moment-dönme ilişkilerine dayanmaktadır.

Yayılı plastik davranış modelinde, tüm eleman uzunluğu boyunca ya da plastik şekildeğiştirmelerin gerçekleştiği bölgelerdeki doğrusal olmayan şekil değiştirmeler yayılı olarak kabul edilmektedir. Avantaj olarak yığılı plastik modellere göre yapı

elemanların gerçek davranışına daha yakın bir yaklaşım sağlamaktadır. Ancak doğrusal olmayan davranışın gerçekleşeceği belirlenmiş bir yer yoktur.

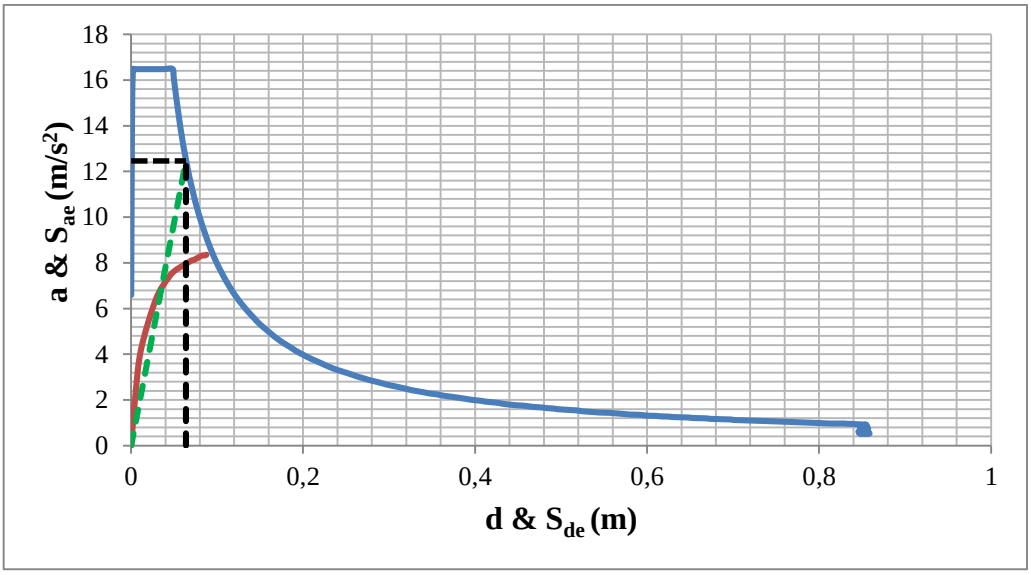
4.6.1. Yığılı Mafsal Model İçin İtme Analizi Yapılması

Yayılı mafsal olarak analizleri gerçekleştirilen modeli yığışı mafsal olarak kabul ederek modelde gerekli mafsal tanımlamasını tekrar yaparak analizleri TBDY-2018'e göre yeniden yapılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.45: X yönü modal yerdeğiştirme talebi.

- Elastik Deplasman= 0.05685m
- Ux= Sde1*ΦxN1*ΓxN1=0.04m



Şekil 4.46: Y yönü modal yerdeğiştirme talebi.

- Elastik Deplasman= 0.0639m
- Ux= Sde1*ΦxN1*ΓxN1=0.11m

Tablo 4.19: Kolonlarda X doğrultusunda kesme kontrolü.

KOLON ADI	b_w	d	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctk}	f_{ctd}	f_{yk}	f_{yd}/f_{ywd}	N_d	γ	V_{cr}	V_c	Φ	A_{sw}	s	V_w	V_r	V_{max}	V_e	
	mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N	-	kN	kN	mm	mm^2	mm	kN	kN	kN	kN	
S4_C1	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	59999.8	0.1	140	112	8	50	150	73	185	660	56.0	SÜNEK
S4_C2	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	145150.3	0.1	190	152	8	50	150	73	225	880	96.8	SÜNEK
S4_C3	300	700	25	16.7	1.75	1.17	420	365	97769.5	0.1	164	132	8	50	150	86	217	770	32.8	SÜNEK
S4_C4	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	51426.3	0.1	139	111	8	50	150	73	185	660	80.0	SÜNEK
S4_C5	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	80673.0	0.1	141	113	8	50	150	37	149	660	176.5	GEVREK
S4_C6	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	120798.8	0.1	262	210	8	50	150	31	240	1238	46.0	SÜNEK
S4_C7	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	90337.7	0.1	141	113	8	50	150	37	150	660	69.6	SÜNEK
S4_C8	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	68628.5	0.1	140	112	8	50	150	37	149	660	117.1	SÜNEK
S4_C9	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	83833.3	0.1	141	113	8	50	150	73	186	660	109.0	SÜNEK
S4_C10	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	134555.9	0.1	263	210	8	50	150	31	241	1238	55.8	SÜNEK
S4_C11	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	89297.4	0.1	141	113	8	50	150	73	186	660	52.0	SÜNEK
S4_C12	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	73077.2	0.1	140	112	8	50	150	73	186	660	67.7	SÜNEK
S4_C13	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	162411.3	0.1	191	152	8	50	150	73	226	880	145.9	SÜNEK
S4_C14	700	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	105145.3	0.1	165	132	8	50	150	37	169	770	68.0	SÜNEK
S3_C1	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	121856.6	0.1	143	114	8	50	150	73	188	660	60.7	SÜNEK
S3_C2	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	286215.4	0.1	197	158	8	50	150	73	231	880	117.8	SÜNEK
S3_C3	300	700	25	16.7	1.75	1.17	420	365	196953.8	0.1	170	136	8	50	150	86	221	770	44.8	SÜNEK
S3_C4	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	105997.9	0.1	142	114	8	50	150	73	187	660	77.2	SÜNEK
S3_C5	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	159453.5	0.1	145	116	8	50	150	37	153	660	181.3	GEVREK
S3_C6	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	240343.0	0.1	269	215	8	50	150	31	246	1238	370.1	GEVREK
S3_C7	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	182648.0	0.1	146	117	8	50	150	37	154	660	84.1	SÜNEK
S3_C8	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	138598.0	0.1	144	115	8	50	150	37	152	660	121.0	SÜNEK
S3_C9	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	165382.6	0.1	145	116	8	50	150	73	190	660	111.9	SÜNEK
S3_C10	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	267045.3	0.1	270	216	8	50	150	31	247	1238	401.9	GEVREK
S3_C11	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	181040.8	0.1	146	117	8	50	150	73	190	660	55.5	SÜNEK
S3_C12	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	148535.3	0.1	144	116	8	50	150	73	189	660	79.7	SÜNEK
S3_C13	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	321438.6	0.1	199	159	8	50	150	73	233	880	162.0	SÜNEK
S3_C14	700	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	210699.9	0.1	170	136	8	50	150	37	173	770	119.7	SÜNEK
S2_C1	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	184623.8	0.1	146	117	8	50	150	73	190	660	88.5	SÜNEK
S2_C2	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	435798.4	0.1	205	164	8	50	150	73	238	880	158.4	SÜNEK
S2_C3	300	700	25	16.7	1.75	1.17	420	365	297351.0	0.1	175	140	8	50	150	86	226	770	80.1	SÜNEK
S2_C4	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	159327.6	0.1	145	116	8	50	150	73	189	660	92.7	SÜNEK
S2_C5	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	237767.7	0.1	149	119	8	50	150	37	156	660	181.3	GEVREK
S2_C6	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	357987.3	0.1	275	220	8	50	150	31	251	1238	399.5	GEVREK

Tablo 4.20: Kolonlarda Y doğrultusunda kesme kontrolü.

KOLON ADI	b_w	d	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctk}	f_{ctd}	f_{yk}	f_{yd}/f_{ywd}	N_d	γ	V_{cr}	V_c	Φ	A_{sw}	s	V_w	V_r	V_{max}	V_e	
	mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N	-	kN	kN	mm	mm^2	mm	kN	kN	kN	kN	
S4_C1	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	59999.8	0.1	140	112	8	50	150	73	185	660	86.7	SÜNEK
S4_C2	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	145150.3	0.1	190	152	8	50	150	73	225	880	149.1	SÜNEK
S4_C3	300	700	25	16.7	1.75	1.17	420	365	97769.5	0.1	164	132	8	50	150	86	217	770	108.6	SÜNEK
S4_C4	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	51426.3	0.1	139	111	8	50	150	73	185	660	198.0	GEVREK
S4_C5	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	80673.0	0.1	141	113	8	50	150	37	149	660	109.1	SÜNEK
S4_C6	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	120798.8	0.1	262	210	8	50	150	31	240	1238	130.5	SÜNEK
S4_C7	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	90337.7	0.1	141	113	8	50	150	37	150	660	115.6	SÜNEK
S4_C8	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	68628.5	0.1	140	112	8	50	150	37	149	660	116.0	SÜNEK
S4_C9	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	83833.3	0.1	141	113	8	50	150	73	186	660	202.0	GEVREK
S4_C10	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	134555.9	0.1	263	210	8	50	150	31	241	1238	127.2	SÜNEK
S4_C11	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	89297.4	0.1	141	113	8	50	150	73	186	660	268.9	GEVREK
S4_C12	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	73077.2	0.1	140	112	8	50	150	73	186	660	79.3	SÜNEK
S4_C13	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	162411.3	0.1	191	152	8	50	150	73	226	880	167.8	SÜNEK
S4_C14	700	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	105145.3	0.1	165	132	8	50	150	37	169	770	127.6	SÜNEK
S3_C1	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	121856.6	0.1	143	114	8	50	150	73	188	660	193.1	GEVREK
S3_C2	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	286215.4	0.1	197	158	8	50	150	73	231	880	364.2	GEVREK
S3_C3	300	700	25	16.7	1.75	1.17	420	365	196953.8	0.1	170	136	8	50	150	86	221	770	305.9	GEVREK
S3_C4	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	105997.9	0.1	142	114	8	50	150	73	187	660	264.9	GEVREK
S3_C5	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	159453.5	0.1	145	116	8	50	150	37	153	660	122.3	SÜNEK
S3_C6	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	240343.0	0.1	269	215	8	50	150	31	246	1238	161.2	SÜNEK
S3_C7	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	182648.0	0.1	146	117	8	50	150	37	154	660	110.7	SÜNEK
S3_C8	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	138598.0	0.1	144	115	8	50	150	37	152	660	117.7	SÜNEK
S3_C9	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	165382.6	0.1	145	116	8	50	150	73	190	660	281.5	GEVREK
S3_C10	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	267045.3	0.1	270	216	8	50	150	31	247	1238	175.9	SÜNEK
S3_C11	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	181040.8	0.1	146	117	8	50	150	73	190	660	595.4	GEVREK
S3_C12	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	148535.3	0.1	144	116	8	50	150	73	189	660	172.9	SÜNEK
S3_C13	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	321438.6	0.1	199	159	8	50	150	73	233	880	365.3	GEVREK
S3_C14	700	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	210699.9	0.1	170	136	8	50	150	37	173	770	163.1	SÜNEK
S2_C1	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	184623.8	0.1	146	117	8	50	150	73	190	660	236.1	GEVREK
S2_C2	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	435798.4	0.1	205	164	8	50	150	73	238	880	475.0	GEVREK
S2_C3	300	700	25	16.7	1.75	1.17	420	365	297351.0	0.1	175	140	8	50	150	86	226	770	300.5	GEVREK
S2_C4	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	159327.6	0.1	145	116	8	50	150	73	189	660	308.1	GEVREK
S2_C5	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	237767.7	0.1	149	119	8	50	150	37	156	660	136.0	SÜNEK
S2_C6	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	357987.3	0.1	275	220	8	50	150	31	251	1238	343.2	GEVREK
S2_C7	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	273951.1	0.1	151	121	8	50	150	37	158	660	161.4	GEVREK
S2_C8	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	208199.6	0.1	148	118	8	50	150	37	155	660	139.0	SÜNEK
S2_C9	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	248025.0	0.1	150	120	8	50	150	73	193	660	387.9	GEVREK
S2_C10	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	398711.4	0.1	277	222	8	50	150	31	252	1238	320.0	GEVREK
S2_C11	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	272484.0	0.1	151	121	8	50	150	73	194	660	547.2	GEVREK
S2_C12	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	224336.1	0.1	148	119	8	50	150	73	192	660	254.4	GEVREK
S2_C13	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	486018.2	0.1	208	166	8	50	150	73	240	880	483.0	GEVREK
S2_C14	700	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	315981.1	0.1	176	141	8	50	150	37	178	770	279.2	GEVREK
S1_C1	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	39750.8	0.1	139	111	8	50	150	73	184	660	2.0	SÜNEK
S1_C2	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	120730.7	0.1	188	151	8	50	150	73	224	880	32.1	SÜNEK
S1_C3	300	700	25	16.7	1.75	1.17	420	365	63085.7	0.1	163	130	8	50	150	86	216	770	4.9	SÜNEK
S1_C4	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	48117.6	0.1	139	111	8	50	150	73	185	660	3.2	SÜNEK
S1_C5	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	313216.6	0.1	153	123	8	50	150	37	159	660	57.8	SÜNEK
S1_C6	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	473896.8	0.1	281	225	8	50	150	31	255	1238	362.0	GEVREK
S1_C7	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	81057.2	0.1	141	113	8	50	150	37	149	660	5.1	SÜNEK
S1_C8	600	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	57526.1	0.1	140	112	8	50	150	37	148	660	3.9	SÜNEK
S1_C9	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	326681.7	0.1	154	123	8	50	150	73	197	660	185.5	SÜNEK
S1_C10	1350	250	25	16.7	1.75	1.17	420	365	525729.0	0.1	284	227	8	50	150	31	258	1238	331.1	GEVREK
S1_C11	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	79610.7	0.1	141	113	8	50	150	73	186	660	13.5	SÜNEK
S1_C12	300	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	41750.1	0.1	139	111	8	50	150	73	184	660	1.9	SÜNEK
S1_C13	400	600	25	16.7	1.75	1.17	420	365	136771.4	0.1	189	151	8	50	150	73	225	880	24.1	SÜNEK
S1_C14	700	300	25	16.7	1.75	1.17	420	365	64734.7	0.1	163	130	8	50	150	37	167	770	6.6	SÜNEK

Tablo 4.21: Kirişlerde kesme kontrolü.

KİRİŞ ADI	b_w	d	γ_{mc}	γ_{ms}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctk}	f_{ctd}	f_{yk}	f_{yd}/f_{ywd}	V_{cr}	V_c	Φ	A_{sw}	s	V_w	V_r	V_{max}	V_e	
	mm	mm	-	-	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	kN	kN	mm	mm^2	mm	kN	kN	kN	kN	
S4_B1	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B2	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B3	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B4	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B5	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B6	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B7	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B8	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B9	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B10	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	121	SÜNEK
S4_B11	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	121	SÜNEK
S4_B12	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	121	SÜNEK
S4_B13	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	121	SÜNEK
S4_B16	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	121	SÜNEK
S4_B17	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	95	SÜNEK
S4_B18	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	95	SÜNEK
S4_B19	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	95	SÜNEK
S4_B22	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	95	SÜNEK
S4_B23	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	296	GEVREK
S4_B24	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B25	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B26	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B27	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B28	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B29	250	360	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	68	55	8	50	150	44	99	330	296	GEVREK
S4_B30	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B31	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B32	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B33	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B34	250	360	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	68	55	8	50	150	44	99	330	296	GEVREK
S4_B35	250	360	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	68	55	8	50	150	44	99	330	296	GEVREK
S4_B36	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B37	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B38	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B39	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B40	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B41	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B42	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B43	250	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	95	76	8	50	150	61	137	458	296	GEVREK
S4_B44	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	296	GEVREK
S4_B45	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	296	GEVREK
S4_B46	200	500	1.5	1.2	25	16.7	1.75	1.17	420	365	76	61	8	50	150	61	122	367	296	GEVREK

TBDY-2018 madde 3.5.1'e göre bina performans hedefi DD-2 deprem yer hareketine göre Kontrollü Hasar Performans hedefinin sağlanması gerekmektedir. Kontrollü hasar performans hedefinin sağlanması için yapıda Gevrek eleman bulunmamalıdır. Fakat yapılan analizler sonucunda yapıda gevrek olarak hasar gören eleman sayıları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo4.22: Gevrek eleman sayıları.

GEVREK OLARAK HASAR GÖREN KİRİŞLER		X DOĞRULTUSU GEVREK OLARAK HASAR GÖREN KOLONLAR		Y DOĞRULTUSU GEVREK OLARAK HASAR GÖREN KOLONLAR	
KAT	**KİRİŞ SAYISI**	**KAT**	**KOLON SAYISI**	**KAT**	**KOLON SAYISI**
2.NK	24	**2.NK**	1	**2.BK**	3
1.NK	18	**1.NK**	3	**1.NK**	7
ZK	30	**ZK**	4	**ZK**	12
BK	0	**BK**	2	**BK**	2

İleri Hasar Bölgesindeki düşey elemanların her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu değer %40 olabilir.

Tablo 4.23: X doğrultusu ileri hasardaki kolonların kesme kuvveti taşıma oranı.

X DOĞRULTUSU							
KAT	GB	İH	BH	SH	İH+GB	SH+BH+İH+GB	ORAN
2.NK	0	0	380	616	0	997	0%
1.NK	0	0	768	267	0	1034	0%
ZK	418	0	743	0	418	1161	36%
BK	0	0	0	141	0	141	0%

Belirlenen hedef deplasmanlar doğrultusunda X yönünde 4cm. Y yönünde 11cm modelimiz itilerek analiz yapılmıştır ve gerekli sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Yığılı Mafsal kabul edilerek çözümlenen model için eleman hasar durumları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 4.24: Kiriş hasar durumları.

GB	İH	BH	SH
0	5	46	87
0%	4%	33%	63%

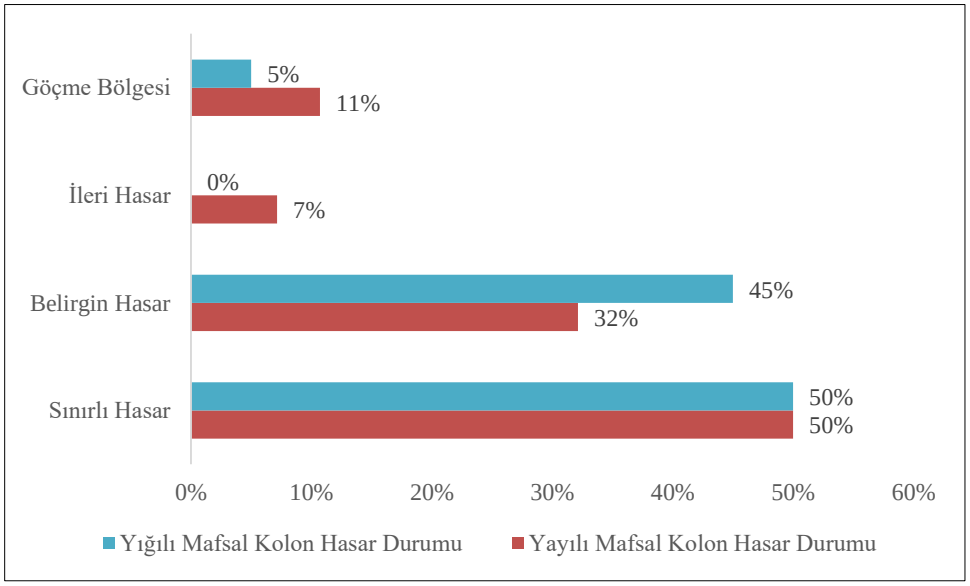
Tablo 4.25: Kolon hasar durumları.

GB	İH	BH	SH
3	0	25	28
5%	0%	45%	50%

4.6.2. TBDY-2018'e Göre Yayılı Mafsal ve Yığılı Mafsal Kabulü İle Yapılan Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması

Tablo 4.26: Yayılı-yığılı mafsal model için kolon hasar yüzdeleri.

Yayılı Mafsal Kolon Hasar Durumu		**Yığılı Mafsal Kolon Hasar Durumu**	
Sınırlı Hasar	50%	Sınırlı Hasar	50%
Belirgin Hasar	32%	Belirgin Hasar	45%
İleri Hasar	7%	İleri Hasar	0%
Göçme Bölgesi	11%	Göçme Bölgesi	5%



Şekil 4.47: Yığılı-yayılı mafsal kolon hasar durumu kıyaslaması.

Yukarıdaki grafikte de görüldüğü üzere yayılı mafsal kabulünde kolonları daha fazla hasar aldığını söyleyebiliriz.

4.7. Lif Sayısının Hasar Durumu Üzerindeki Etkisi

Modelde lif sayıları değiştirilerek kıyaslama yapılmıştır. ETABS v17 de Fiber Hinge tanımlandığında kesit her bir donatı bir lif, beton kesiti de 17 parçaya bölünerek lif olarak tanımlanmaktadır. Lif sayıları Az. Normal ve Fazla olarak farklı sayıda parçalara ayrıldığında sonuçlar aşağıdaki gibi olmaktadır.

Bu kıyaslamalar doğrultusunda Normal olarak atanan lif sayısı ile Az sayıda lif tanımlaması yapıldığında hasar durumuna ait değişkenlik görülmemektedir. Fazla sayıda lif tanımlandığında ise hasar durumunda bir artış saptanmıştır.

Lif sayısındaki artış betonarme eleman parçalarının analizinde daha verimli olmaktadır.

Tablo 4.27: Az sayıda lifli model kolon hasar durumu.

AZ Lif Kolon Hasar Durumu				
	MH	BH	İH	GB
2.NK	13	1	0	0
1.NK	6	8	0	0
ZK	0	8	4	2
BK	14	0	0	0
Toplam	33	17	4	2

Tablo 4.28: Az sayıda lifli model kiriş hasar durumu.

AZ Lif Kiriş Hasar Durumu				
	MH	BH	İH	GB
2.NK	42	0	0	0
1.NK	42	0	0	0
ZK	41	1	0	0
BK	12	0	0	0
Toplam	137	1	0	0

Tablo 4.29: Normal sayıda lifli model kolon hasar durumu.

Normal Lif Kolon Hasar Durumu				
	SH	BH	İH	GB
2.NK	12	2	0	0
1.NK	2	10	1	1
ZK	0	6	3	5
BK	14	0	0	0

Tablo 4.30: Normal sayıda lifli model kiriş hasar durumu.

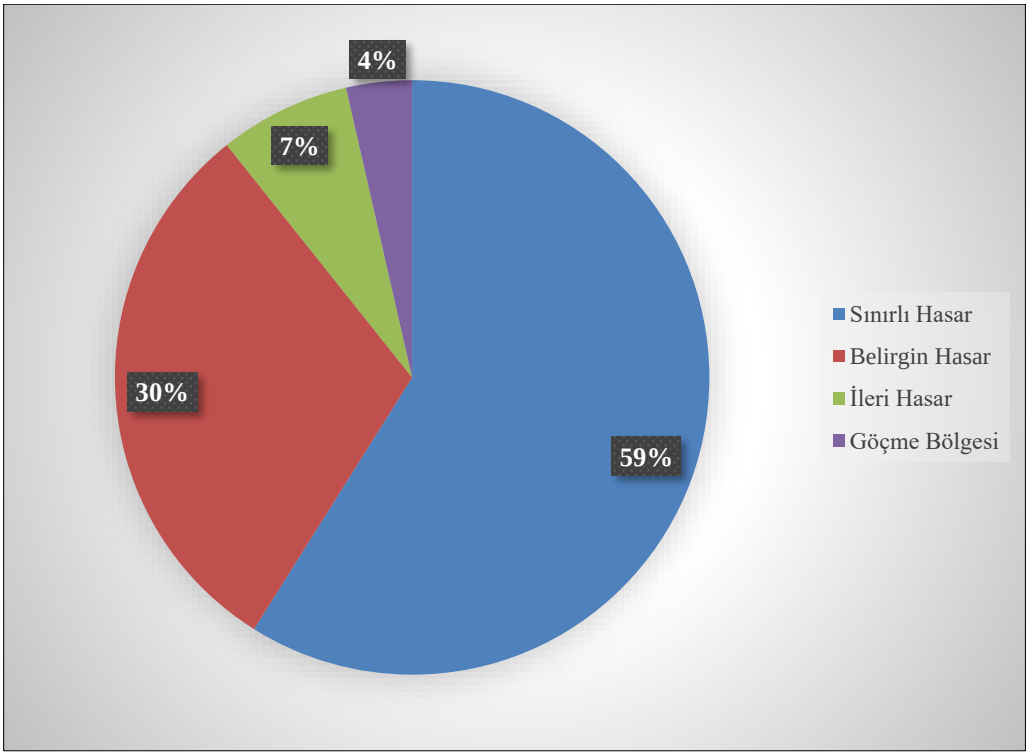
Normal Lif Kiriş Hasar Durumu				
	SH	BH	İH	GB
2.NK	42	0	0	0
1.NK	42	0	0	0
ZK	40	2	0	0
BK	12	0	0	0
Toplam	136	2	0	0

Tablo 4.31: Fazla sayıda lifli model kolon hasar durumu.

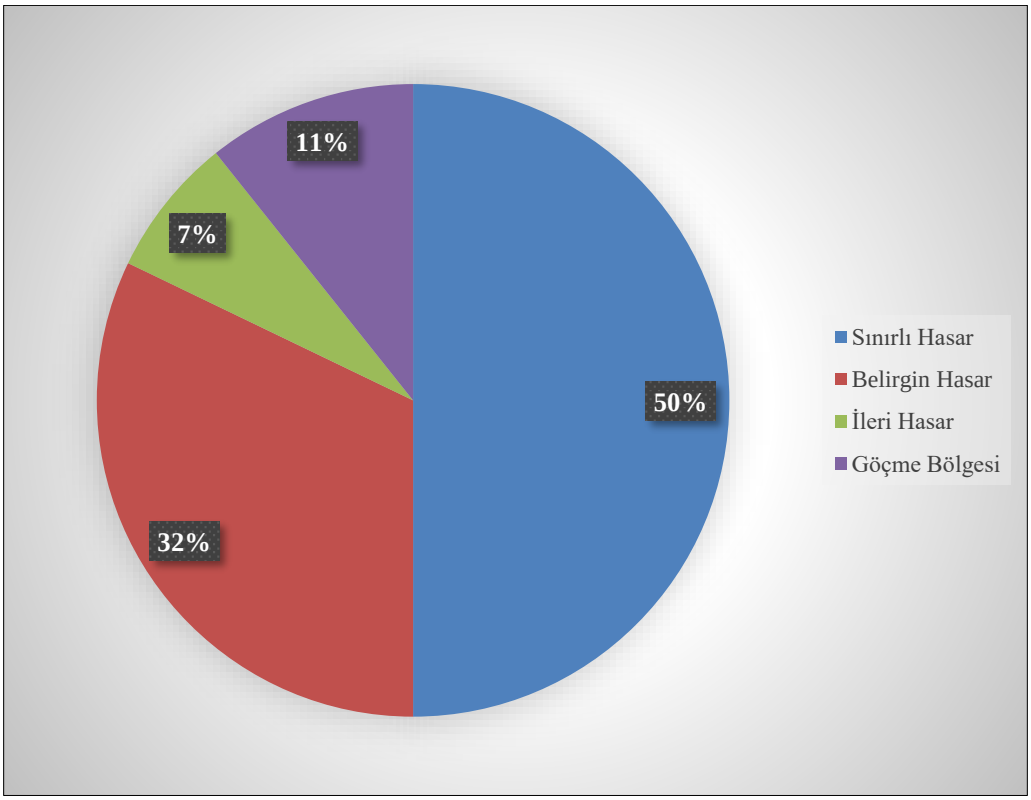
Fazla Lif Kolon Hasar Durumu				
	SH	BH	İH	GB
2.NK	9	5	0	0
1.NK	1	8	2	3
ZK	0	2	0	12
BK	14	0	0	0
Toplam	24	15	2	15

Tablo 4.32: Fazla sayıda lifli model kiriş hasar durumu.

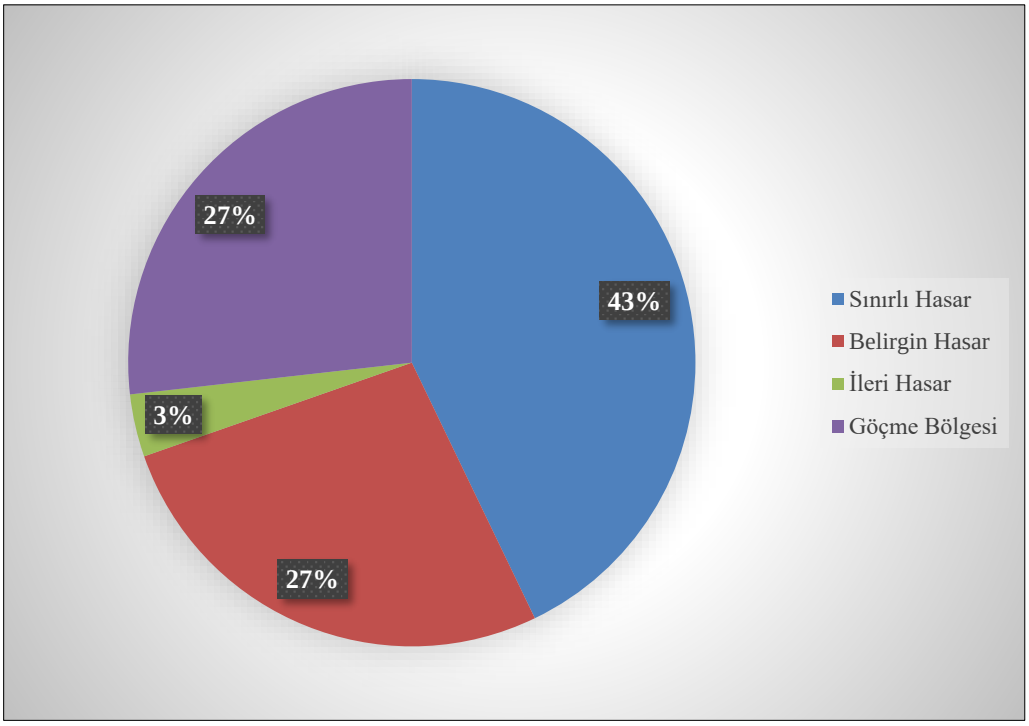
Fazla Lif Kiriş Hasar Durumu				
	SH	BH	İH	GB
2.NK	42	0	0	0
1.NK	42	0	0	0
ZK	40	1	1	0
BK	12	0	0	0
Toplam	136	1	1	0



Şekil 4.48: Az sayıda lifli model kolon hasar durumları.



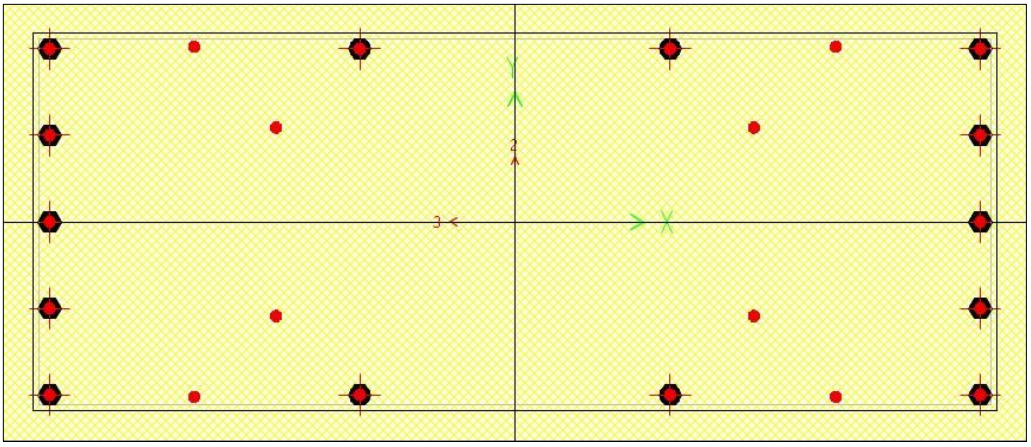
Şekil 4.49: Normal sayıda lifli model kolon hasar durumları.



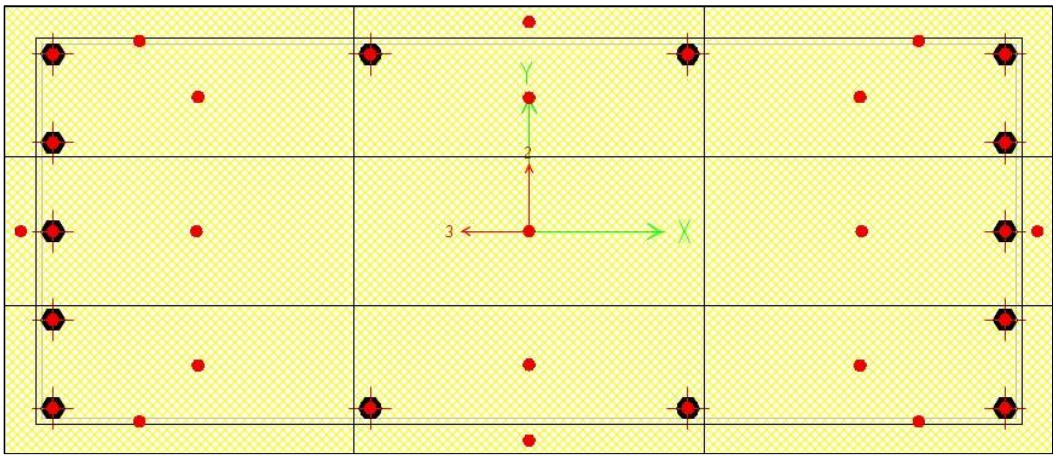
Şekil 4.50: Fazla sayıda lifli model kolon hasar durumları.

4.7.1. Lif Sayısının Betonarme Bir Eleman Üzerinden Sonuçlara Etkisinin İrdelenmesi

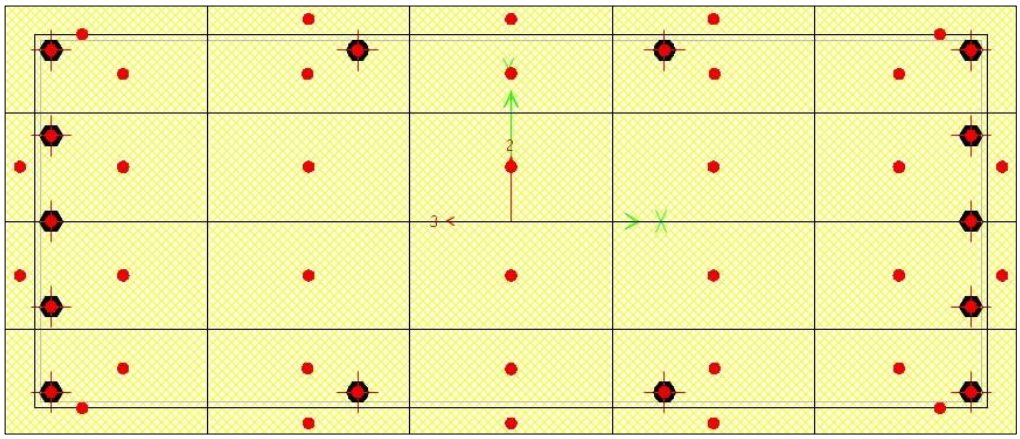
Modelde Zemin katta yer alan S2_C3 kolonunun alt mafsalı olan C3H6 fiber mafsalı ele alınarak farklı lif sayıları aşağıdaki görsellerde olduğu gibi programa alan ve koordinatları girilerek tanımlanmıştır.



Şekil 4.51: Az sayıda lif (14 çelik+8 beton).



Şekil 4.52: Normal sayıda lif (14 çelik+17 beton).



Şekil 4.53: Fazla sayıda lif (14 çelik+36 beton).

Şekillerde görüldüğü lif sayısı ne olursa olsun her bir donatı bir lif olarak tanımlanır, beton ise eksenler doğrultusunda parçalara bölünerek liflere ayrılır.

Aynı yapıda, aynı yükler altında, aynı elemanda farklı sayıda liflere göre gerçekleştirilen analiz çıktıları sonucunda lif hasar durumları aşağıda yer alan tabloda gösterilmektedir.

Tablo 4.33: Beton lifleri için hasar durumları.

Beton Lifleri					
Az Lif		**Normal Lif**		**Fazla Lif**	
Hasar Durumu	**Lif Sayısı**	**Hasar Durumu**	**Lif Sayısı**	**Hasar Durumu**	**Lif Sayısı**
Sınırlı Hasar	7	Sınırlı Hasar	15	Sınırlı Hasar	22

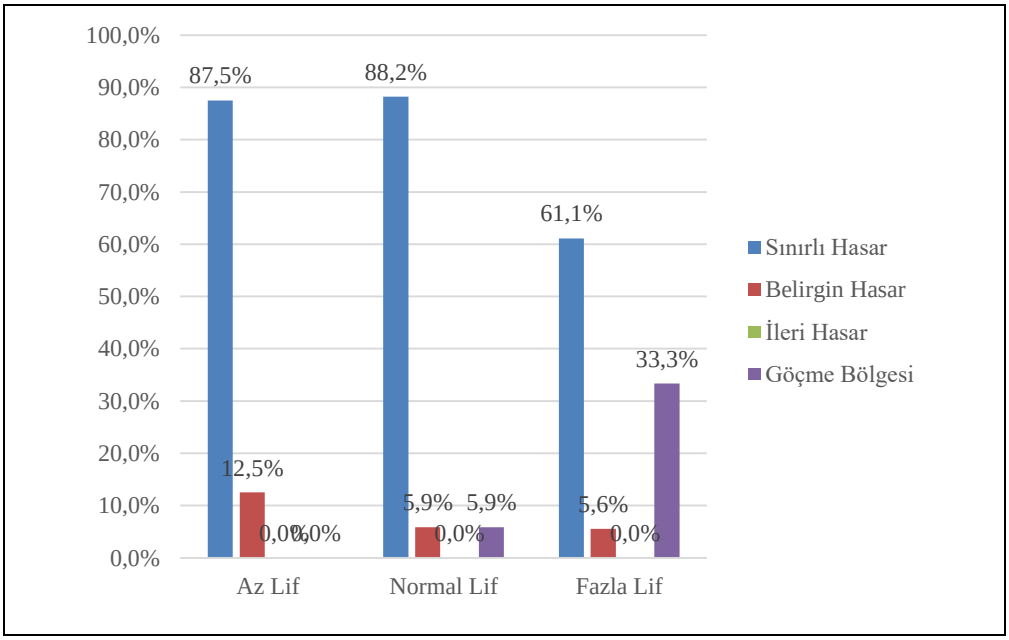
Tablo 4.33: Devamı.

Belirgin Hasar	1	Belirgin Hasar	1	Belirgin Hasar	2
İleri Hasar	0	İleri Hasar	0	İleri Hasar	0
Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	1	Göçme Bölgesi	12

Tablo 4.34: Çelik lifleri için hasar durumları.

Çelik Lifleri					
Az Lif		**Normal Lif**		**Fazla Lif**	
Hasar Durumu	**Lif Sayısı**	**Hasar Durumu**	**Lif Sayısı**	**Hasar Durumu**	**Lif Sayısı**
Sınırlı Hasar	14	Sınırlı Hasar	13	Sınırlı Hasar	12
Belirgin Hasar	0	Belirgin Hasar	1	Belirgin Hasar	2
İleri Hasar	0	İleri Hasar	0	İleri Hasar	0
Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0

Çelik lifleri sayısında bir fark bulunmamasına rağmen kesitteki lif sayısı arttırıldığında hasar görme durumu değişmiştir. Beton Lifleri için hasar durumlarına göre yüzde olarak kıyaslama aşağıda yer alan grafikte görülmektedir.



Şekil 4.54: Beton lifleri hasar durumu kıyaslaması.

Bu sonuçlar doğrultusunda lif sayısı arttıkça eleman hasar durumunda da artış gözlemlenmektedir.

5.SONUÇ

Bu çalışma ile mevcut bir yapının DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelikleri doğrultusunda performans analizi yapılmıştır. Analiz yöntemi olarak her iki yönetmelikte de yer alan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi kullanılmıştır. Tamamlanan analizler sonucuna bağlı olarak yapılan incelemede aşağıdaki konular belirlenmiştir.

- 2019 tarihi itibari ile yürürlüğe giren TBDY-2018 yönetmeliğinin DBYBHY-2007' den farklı olan parametrelerinin bina performansını etkilediği görülmüştür. Etkin rijitlikler, spektrum farklılıkları, sınır değerler etkili olan parametrelerdir.
- Yapının göçme her iki yönetmelik sınır değerlerine göre göçme bölgesinde elemanı bulunduğu için yapının Can Güvenliği sağlayamayacağını söyleyebiliriz.
- Bu çalışmanın sonucunda TBDY-2018'in DBYBHY-2007'ye göre daha güvenilir tarafta kaldığını söyleyebiliriz.
- Modeli yığılı ve yayılı mafsal olarak tanımladığımızda sonuçlarda değişiklik olduğu gözlenmiştir. Yayılı mafsal kabulünün kesitleri daha çok zorladığı görülmektedir.
- Kesitlerdeki lif sayısının analiz sonuçlarını etkilediği, lif sayısı arttıkça kesitlerde aynı yükler altında daha çok hasar gözlemlendiği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

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

[2] ATC. (1996). "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC-40)". Applied Technology Council. Redwood City. California.

[3] 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.

[4] Celep Z., (2008) "Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme", İkinci Baskı, Beta Basım Yayım.

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

[6] Özmen B., (2012), "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi" Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 55, Sayı 1, 43-53.

[7] Web 1(20018), https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml (Erişim Tarihi: 21/01/2020)

ÖZGEÇMİŞ

Yunus ÇELİK. 1992 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğretim, ortaokul ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. Lisans eğitimini memleketi olan Trabzon'da 2011-2015 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği bölümünde 2.52 not ortalamasıyla tamamladı. 2016 Şubat ayında Güz eğitim öğretim döneminde Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem ve Yapı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programına başladı. Temmuz 2017'den beri Mumcu Mimarlık Turizm San. Ve Tic. Ltd. Şti.'nde Uzman Mühendis olarak mimari ve inşaat işleri sorumlusu ünvanıyla çalışmaya devam etmektedir.