

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDA TBDY 2018'E GÖRE BİR
GÜÇLENDİRME TASARIMININ DEPREM GÜVENLİĞİ
HESAPLARININ İRDELENMESİ

HASAN AVCI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

GEBZE

2023

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDA TBDY 2018'E
GÖRE BİR GÜÇLENDİRME TASARIMININ
DEPREM GÜVENLİĞİ HESAPLARININ
İRDELENMESİ

HASAN AVCI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE

2023

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**STUDYING OF SEISMIC SAFETY A
STRENGTHENING DESIGN ACCORDING
TO TBSC 2018 IN REINFORCED
CONCRETE STRUCTURES**

HASAN AVCI

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
EARTHQUAKE AND STRUCTURAL
ENGINEERING PROGRAM**

**THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. AHMET ANIL DİNDAR**

GEBZE

2023

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/01/2023 tarih ve 2023/06 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 07/02/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Hasan AVCI'nın tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem ve Yapı Mühendisliği Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Anıl DİNDAR

ÜYE

: Dr. Öğretim Üyesi Ülgen Mert TUĞSAL

ÜYE

: Dr. Öğretim Üyesi Ziya MÜDERRİSOĞLU

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

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

ÖZET

Bu tez çalışması kapsamında İstanbul ili, Ataşehir ilçesinde DBYBHY 2007 yönetmelik ve TS500 standartları gözetilerek tasarlanmış mevcut betonarme yapının dışına yeni bir çerçeve eklenerek, yapının TBDY 2018 kapsamında deprem performansı değerlendirilmek istenmiştir.

İlk olarak Ataşehir ilçesinde yer alması planlanan betonarme yapı, DBYBHY 2007 ve TS500 yönetmelikleri kapsamında analizleri ve tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Mevcut betonarme yapıya eklenmesi planlanan çerçeve yapının analiz ve tasarımları TBDY 2018 kapsamında gerçekleştirilmiştir. Eklenmesi planlanan çerçeve yapının tasarımında mevcut betonarme yapının davranışının ele alınabilmesi için yapılar birlikte modellenmiş düzensizlik kontrolleri ve deprem hesapları söz konusu model üzerinden gerçekleştirilmiştir. Eklenen çerçevenin mevcut binanın taşıyıcı sistemi ile birlikte çalışması için bu çerçeveler mevcut binanın döşemelerine gerekli yük aktarımını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Betonarme yapıya eklenmesi planlanan çerçeve sistem zemin katta düz kolonlu ve eğik kolonlu çerçeve olmak üzere iki farklı tasarım gerçekleştirilmiştir. Yapıların deprem performans analizlerinde zaman tanım alanında deprem hesabı yöntemi kullanılmıştır.

Bu tez kapsamında iki farklı çerçeve yapının deprem performans değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Yapıların tasarımında "Etabs" programı, deprem performans analizlerinde ise "Perform 3D" programı kullanılmıştır. Deprem performans analizleri sonucunda yapıların performans sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, yapılarda bulunan perdeler kesme kuvveti bakımından yetersiz bulunmuştur. Söz konusu yetersizlik eğik kolonlu yapıda daha olumsuz sonuçlar vermiştir. Kesme kuvveti yetersizliğinin tespit edilmesi üzerine güçlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: TBDY 2018, Zaman Tanım Alanında Analiz, Değerlendirme, Güçlendirme, Perform 3D.

SUMMARY

Within the scope of this thesis study, a new framework was added to the existing reinforced concrete structure designed with TSC 2007 regulation and TS500 standards in Ataşehir district of Istanbul and the earthquake performance of the structure was wanted to be assessment within the scope of TBSC 2018.

The first reinforced concrete structure, which is planned to be located in Ataşehir district, has been analyzed and designed within the scope of TSC 2007 and TS500 regulations.

The analysis and designs of the frame structure planned to be added to the existing reinforced concrete structure were carried out within the scope of TBSC 2018. In order to address the behavior of the existing reinforced concrete structure in the design of the frame structure planned to be added, structures together modeled irregularities controls and earthquake calculations were carried out through the model in question. These frames are designed to provide the necessary load transfer to the upholstery of the existing building in order for the added framework to work with the existing building system.

Within the scope of this thesis, the earthquake performance assessment and retrofit of two different framework buildings was realized. The "*Etabs*" program was used in the design of the structures and the "*Perform 3D*" program was used in earthquake performance analysis. As a result of earthquake performance analysis, the performance results of the structures were assessment. In the assessment, the structures were found to be insufficient in terms of shear wall shear force.

Key Words: TBSC 2018, Time History Analysis, Assessment, Retrofit, Perform 3D.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, değerli danışman hocam Dr. Ahmet Anıl Dindar'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli meslektaşım Yusuf Ak'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Son olarak eğitim hayatım boyunca yanımda duran, beni destekleyen aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLolar DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1.Tanım	1
1.2.Amaç	2
1.3.Kapsam	2
2. PERFORMANSA BAĞLI TASARIM KAVRAMI	3
2.1. Dayanıma Göre Tasarım	3
2.1.1. Rijitlik	3
2.1.2. Süneklik	4
2.2. Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım	4
2.2.1. Malzeme Davranışı	5
2.2.1.1. Beton Davranışı	5
2.2.1.2.Donatı Çeliği Davranışı	7
2.3.1.Doğrusal Olmayan Davranış	8
2.3.1.1.Yığılı Plastik Mafsal	8
2.3.1.2.Yayılı Plastik Mafsal	9
3.DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN HESAPLAR İÇİN TASARIM ESASLARI	11
3.1.DBYHBY 2007 Dayanıma Göre Tasarım Esasları	11
3.1.1.Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması	11
3.1.1.1. Etkin Yer İvmesi ve Bina Önem Katsayısı	11
3.1.1.2.Spektrum Katsayısı	12
3.1.2.Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	13

3.1.3.Hesap Yönteminin Seçilmesi	14
3.1.3.1.Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	14
3.1.3.2.Mod Birleştirme Yöntemi	15
3.1.4.Düzensiz Binaların Tanımı	15
3.1.5.Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması	16
3.1.6.Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Tasarım Kuralları	17
3.1.6.1.Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar	17
3.1.6.2.Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler	18
3.1.6.3.Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler	19
3.2.TBDY 2018 Dayanıma Göre Tasarım Esasları	21
3.2.1.Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	21
3.2.2.Yatay Elastik Tasarım Spektrumları	21
3.2.3.Düşey Elastik Tasarım Spektrumları	22
3.2.4.Deprem Tasarım Sınıfları ve Bina Yükseklik Sınıfları	23
3.2.5.Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	24
3.2.6.Düzensiz Binaların Tanımı	25
3.2.7.Yük Kombinasyonları	26
3.2.8.Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri	27
3.2.9.Hareketli Yüğü Kütle Katılım Katsayısı	27
3.2.10.Hesap Yönteminin Seçilmesi	28
3.2.10.1.Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	28
3.2.10.2.Mod Birleştirme Yöntemi	28
3.2.11.Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması	29
3.2.12.Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Tasarım Kuralları	30
3.2.12.1.Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar	30
3.2.12.2.Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler	31
3.3.TBDY 2018 Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım Esasları	32
3.3.1.Deprem Etkisi	32
3.3.2.Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri	33
3.3.2.1.Yığılı Plastik Davranış Modeli	33
3.3.2.2.Yayılı Plastik Davranış Modeli	33
3.3.3.Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar	34
3.3.4.Taşıyıcı Sistemin Etkin Kesit Rijitlikleri	35
3.3.5.Hesap Yönteminin Seçilmesi	35

3.3.5.1.İtme Yöntemleri	35
3.3.5.2.Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi	36
3.3.5.3.Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi	36
3.3.6.Şekildeğiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi	37
4. SAYISAL ÇALIşMALAR	39
4.1.Mevcut Betonarme Binanın DBYHBY 2007'e Göre Tasarımı	39
4.1.1.Bina Bilgileri	39
4.1.2.Deprem Tasarım Bilgileri ve Yükler	41
4.1.3.Modal Analiz Sonuçları	42
4.1.4.Deprem Hesabı	43
4.1.5.Yük Birleşimleri	44
4.1.6.Yapı Düzensizlikleri	44
4.1.7.Analiz Yöntemi	45
4.1.8.Görelİ Kat Ötelemelerinin Kontrolü	45
4.1.9.Kolon Tasarım Sonuçları	46
4.1.10.Kiriş Tasarım Sonuçları	49
4.1.11.Perde Tasarım Sonuçları	54
4.2.Eklenen Çerçeve Yapının TBDY 2018'e Göre Tasarımı	56
4.2.1.Bina Bilgileri	56
4.2.2.Deprem Tasarım Bilgileri ve Yükler	59
4.2.3.Modal Analiz Sonuçları	60
4.2.4.Deprem Hesabı	61
4.2.5.Yük Birleşimleri	62
4.2.6.Yapı Düzensizlikleri	63
4.2.7.Analiz Yöntemi	63
4.2.8.Görelİ Kat Ötelemelerinin Kontrolü	64
4.2.9.Kolon Tasarım Sonuçları	64
4.2.10.Kiriş Tasarım Sonuçları	66
4.3.Betonarme Yapının Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirilmesi	69
4.3.1.Yapı Modelinin Oluşturulması	69
4.3.1.1.Kolonların Modellenmesi	70
4.3.1.2.Perdelerin Modellenmesi	75
4.3.1.3.Kirişlerin Modellenmesi	76
4.3.2.Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi	79

4.3.3.Analiz Sonuçları	81
4.3.3.1.Kolon Analiz Sonuçları	84
4.3.3.2.Perde Analiz Sonuçları	85
4.3.3.3.Kiriş Analiz Sonuçları	88
4.4.Betonarme Perdelerin Güçlendirilmesi	90
5. SONUÇLAR	92
5.1.Gelecek Çalışmalar	93
KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve

Açıklamalar

Kısaltmalar

$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_s	: Boyuna donatı alanı
A_{sh}	: Enine donatı alanı
α_i	: Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklık
α_{se}	: Sargı donatısı etkinlik katsayısı
b_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
d_b	: Boyuna donatı çapı
E_c	: Betonun elastisite modülü
ϵ_c	: Beton basınç birim şekildeğiştirme
$\epsilon_c^{(GÖ)}$	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_c^{(KH)}$	: Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_c^{(SH)}$	: Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
ϵ_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirme
E_d	: Toplam deprem etkisi
$E_d^{(H)}$	: Yatay deprem etkisi
E_f	Lifli polimer şeritin elastisite modülü
$(EI)_e$	: Yığılı plastik davranışına göre etkin kesit rijitliği
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
ϵ_s	: Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirme
$\epsilon_s^{(GÖ)}$	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınırı
$\epsilon_s^{(KH)}$	: Kontrollü hasar performans birim şekildeğiştirme sınırı
$\epsilon_s^{(SH)}$	: Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim

	şekildeğiştirmesi sınırı
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{ce}	: Betonun beklenene basınçdayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınçdayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_{ctd}	Betonun tasarım eksenel dayanımı
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
ϕ_u	: Göçme öncesi eğrilik
ϕ_y	: Akma eğriliği
f_{ye}	: Çeliğin beklenen akma dayanımı
f_{yk}	: Çeliğin karakteristik akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatının akma dayanımı
H_N	: Bina toplam yüksekliği [m]
h_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
k_d	Eşdeğer basınç çubuğunun eksenel rijitliği
k_e	: Sargılama etkinlik katsayısı
L_p	: Plastik mafsallık boyu
M_y	: Etkin akma momenti
$\theta_p^{(GÖ)}$	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	: Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	: Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
θ_y	: Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı

ρ_s	: Toplam enine donatının hacimsel oranı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot spektral ivme katsayısı
V_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_{dy}	: Kirişin herhangi bir kesitinde yük katsayıları ile çarpılmamış düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e	: Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
w_f	: Lifli polimer şeritin genişliği
ω_{we}	: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
ρ_{sh}	: Perde yatay gövde donatı oranı
BKS	: Bina kullanım sınıfı
BYS	: Bina yükseklik sınıfı
DD-1	: Deprem yer hareket düzeyi-1
DD-2	: Deprem yer hareket düzeyi-2
DD-3	: Deprem yer hareket düzeyi-3
DD-4	: Deprem yer hareket düzeyi-4
DTS	: Deprem tasarım sınıfı
GÖ	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi
GTÜ	: Gebze Teknik Üniversitesi
KH	: Kontrollü hasar performans düzeyi
KK	: Kesintisiz kullanım performans düzeyi
LP	: Lifli Polimer
SH	: Sınırlı hasar performans düzeyi
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
2018	
TS 498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Sünekliğe bağlı olarak enerji tüketme özellikleri.	4
2.2: Sargılı-sargısız beton gerilme-şekildeğiştirme grafiği.	5
2.3: Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği.	7
2.4: Doğrusal olmayan çevrimsel davranış.	8
2.5: Moment eğrilik diyagramı.	9
2.6: Betonarme kolon elemanına ait lif modellemesi.	10
2.7: Perde elemanına ait lif modellemesi.	10
3.1: Yatay elastik tasarım spektrumu.	13
3.2: TBDY 2018 Yatay elastik tasarım spektrumu.	22
3.3: TBDY 2018 Düşey elastik tasarım spektrumu.	23
3.4: Yayılı plastik lif modeli.	34
4.1: Tipik normal kat.	40
4.2: Mevcut yapı 3 boyutlu modeli.	40
4.3: Yatay elastik spektrumu.	41
4.4: Kolon ve kiriş isimleri.	47
4.5: Kolon eksenel yük moment diyagramı.	49
4.6: Perde isimleri.	54
4.7: D1, D2, D3 donatı dizilimi.	55
4.8: D4, D5 donatı dizilimi.	55
4.9: 1.Yapı kesiti.	57
4.10: 2.Yapı kesiti.	58
4.11: Yapı planı.	58
4.12: Yatay elastik spektrumu.	59
4.13: Kolon ve kirişlere ait etkin kesit rijitlik değerleri.	61
4.14: Döşeme ve perdelerine ait etkin kesit rijitlik değerleri.	61
4.15: Kolon ve kiriş isimleri.	65
4.16: Kolon eksenel yük moment diyagramı.	66
4.17: Sırası ile 1.Yapı ve 2.Yapı kesitleri.	70
4.18: Sırası ile 1.Yapı ve 2.Yapı planları.	70
4.19: Beton ve donatı çeliği malzeme özellikleri.	71

4.20: Sargısız beton modeli.	72
4.21: Sargılı beton modeli.	72
4.22: Sargılı beton modeli limit değerleri.	73
4.23: Mevcut betonarme yapı donatı çeliği modeli	73
4.24: Donatı çeliği limit değerleri.	74
4.25: Kolon fiber bölgeleri.	74
4.26: Kolon fiber özelliklerinin tanımlanması.	75
4.27: Perde başlık bölgesi tanımlanması.	76
4.28: Perde gövde bölgesi tanımlanması.	76
4.29: Kiriş kesiti moment eğrilik grafiği.	77
4.30: Kiriş plastik dönme sınırları.	78
4.31: Hedef spektrumu.	79
4.32: Seçilen deprem kayıtlarının ivme zaman grafikleri.	80
4.33: Ölçeklendirilmiş deprem kayıtları.	81
4.34: Kesit hasar bölgeleri.	84
4.35: 1.Yapı kolon birim şekildeğiştirme değerleri.	84
4.36: 2.Yapı kolon birim şekildeğiştirme değerleri.	85
4.37: 1. ve 2.Yapıya ait kesme kuvvet sonuçları(kN).	85
4.38: 1.Yapıya ait perde birim şekildeğiştirme değerleri.	86
4.39: 2.Yapıya ait perde birim şekildeğiştirme değerleri.	86
4.40: 1.Yapıya ait perde kesme kuvvetleri(kN).	87
4.41: 2.Yapıya ait perde kesme kuvveti(kN).	87
4.42: 1.Yapıya ait kiriş dönme değerleri.	88
4.43: 2.Yapıya ait kiriş dönme değerleri.	88
4.44: 1.Yapıya ait kiriş kesme kuvvetleri	89
4.45: 2.Yapıya ait kiriş kesme kuvvetleri	89
4.46:Güçlendirme işlemi sonrasında perde kesme kuvvetleri.	91

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1: Ülkemizde yürürlüğe giren yönetmelikler.	1
3.1: Etkin yer ivmesi katsayısı.	12
3.2: Bina önem katsayısı.	12
3.3: Spektrum karakteristik katsayıları.	12
3.4: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(R).	13
3.5: Hareketli yük katılım katsayısı.	14
3.6: Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar.	14
3.7: Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.	24
3.8: Deprem tasarım sınıfları.	24
3.9: Bina yükseklik sınıfları.	24
3.10: Süneklik düzeyi yüksek betonarme yapılar için R ve D katsayıları.	25
3.11: Etkin kesit rijitliği çarpanları.	27
3.12: Hareketli yük kütle katılım katsayısı.	27
3.13: Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar.	28
4.1: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(R).	42
4.2: Hareketli yük katılım katsayısı.	42
4.3: Mevcut betonarme yapısı etkin periyotları(sn).	42
4.4: A1 burulma düzensizlikleri.	45
4.5: Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar.	45
4.6: Kat görelî ötelenme oranları.	46
4.7: Kolon tasarım sonuçları.	47
4.8: Kiriş tasarım sonuçları.	50
4.9: Perde boy donatı tasarım sonuçları.	55
4.10: Perde kesme donatıları.	56
4.11: Süneklik düzeyi yüksek betonarme yapılar için R ve D katsayıları.	60
4.12: Hareketli yük kütle katılım katsayısı.	60
4.13: 1.Yapı etkin periyotları(sn).	60
4.14: 2.Yapı etkin periyotları(sn).	61
4.15: 1.Yapı A1 burulma düzensizlikleri.	63
4.16: 2.Yapı A1 burulma düzensizlikleri.	63
4.17: 1.Yapı kat görelî ötelenme oranları.	64

4.18: Kolon tasarım sonuçları.	65
4.19: Kiriş tasarım sonuçları.	67
4.20: Deprem kayıtları ölçek katsayıları.	80
4.21: Mevcut betonarme yapısı etkin periyotları(sn).	81
4.22: Aks eklenen etkin periyotları(sn).	81
4.23: Mevcut yapı A1 burulma düzensizlikleri.	82
4.24: Aks eklenen yapı A1 burulma düzensizlikleri.	82
4.25: Yapı kütleleri ve deprem kuvvetleri.	82
4.26: Mevcut yapı göreceli ötelenme oranları.	83
4.27: Aks eklenen yapı göreceli ötelenme oranları.	83

1. GİRİŞ

1.1. Tanım

Ülkemizde yaşanan depremler sonucunda mevcut betonarme yapıların deprem etkileri karşısında dayanıksız olduğu bilinmektedir. Bu durum yapı stokunun inşa edildiği dönemdeki yönetmelik şartlarını sağlamamasından kaynaklanır. Söz konusu yapılar incelendiğinde malzeme kalitesi ve işçilik şartlarını sağlamadığı gözlemlenmiştir. Bu durumda mevcut betonarme yapı stokunun olası bir depremde istenilen performansı göstermeyeceği açıktır. Bu nedenlerden dolayı mevcut betonarme yapıların deprem etkileri altındaki performansının değerlendirilmesi ve gerekli görülmesi halinde güçlendirme işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Betonarme yapıların performans değerlendirmesi Ocak 2019'da yürürlüğe giren "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği" ile yapılmaktadır [1]. Depreme dayanıklı yapı tasarlamak ve deprem etkileri altında mevcut yapıların performanslarının belirlenmesi için ülkemizde geçmişten günümüze birçok yönetmelik hazırlanmış ve yürürlüğe girmiştir. Yürürlüğe giren yönetmelikler aşağıdaki gibidir.

Tablo 1.1: Ülkemizde yürürlüğe giren yönetmelikler.

Tarihi	Adı
1940	Zelzele Mıntıkları Muvakkat Talimatnamesi
1944	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği
1953	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1962	Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
1975	Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
1998	Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
2019	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

1.2. Amaç

Yapılar inşa edilirken, yapıldığı dönemin şartlarına ve ihtiyaçlarına göre tasarlanmaktadır. Ancak zaman geçtikçe mevcut yapılar dönemin ihtiyaçlarına inşaat alanı olarak cevap veremeyebilir. Bu durumda genel olarak mevcut yapıya ilave kat eklenerek inşaat alanı arttırılmaktadır. Kat ilavesi ile beraber inşaat alanı arttırılmakta ancak kat planı anlamında yapıda bir genişleme söz konusu olmamaktadır. Kat planı anlamında bir genişleme ihtiyacı olduğunda ise mevcut yapıya yeni çerçeveler eklenmekte ve kat planı arttırılmaktadır. İlave kat eklenmesi durumunda mevcut kesitlerde düşey yüklerden kaynaklı iç kuvvetlerde artış tespit edilmektedir. Yeni çerçeveler eklenmesi durumunda ise mevcut kesitlerde düşey yüklerden kaynaklı bir artış beklenmez iken, planda düzensizlikler gözlenebilir. Bu doğrultuda TBDY 2018, Bölüm 15(15.10.6.Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi) kapsamında mevcut betonarme binaya yeni aks eklenmesi durumunda oluşan yeni yapının deprem performansının irdelenmesi ve ihtiyaç duyulması halinde güçlendirme işlemlerinin yapılması amaçlanmaktadır.

1.3. Kapsam

Bu çalışma kapsamında 2007 deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış mevcut betonarme bir binaya yeni bir çerçeve eklenerek oluşan yapının deprem performansının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Eklenecek çerçeve yapı, zemin katta düz kolonlu ve eğik kolonlu olmak üzere iki farklı çerçeve tasarımı gerçekleştirilecektir. Eklenecek çerçeve yapılar mevcut yapı ile birlikte modellenip TBDY 2018'e göre zaman tanım alanında dinamik analizleri yapılarak deprem performansları karşılaştırılacaktır.

2. PERFORMANSA BAĞLI TASARIM KAVRAMI

Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemlerin tasarımı için iki ana yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar dayanıma göre tasarım ve şekildeğiştirmeye göre tasarım yaklaşımıdır.

2.1. Dayanıma Göre Tasarım

Depreme dayanıklı yapı tasarımı, farklı deprem seviyelerindeki olası deprem yer hareketleri altında, yapı taşıyıcı sisteminin öngörülen belirli deprem performans düzeylerini sağlayabilmesi olarak tanımlanmıştır [2].

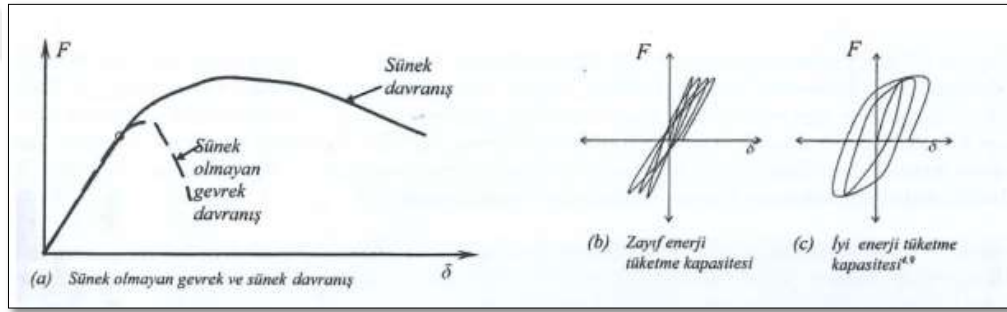
Dayanıma göre tasarımda esas olan kuvvetlerdir. Kesitlerdeki dönme oranları ve malzememin şekildeğiştirmeleri dikkate alınmaz. Dayanıma göre tasarım yaklaşımında öngörülen belirli bir performans hedefi için tanımlanan taşıyıcı sistem süneklik kapasitesine karşı gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir. Azaltılmış deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin doğrusal deprem hesabı yapılır. Bu hesaptan bulunan eleman azaltılmış iç kuvvetleri, gerekli durumlarda dayanım fazlalığı da dikkate alınarak, diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilerek dayanım talepleri elde edilir. Dayanım taleplerinin dayanım kapasitelerinin altında tespit edildiğinde tasarım tamamlanır [1]. Depreme dayanıklı bir yapı tasarımı yapılabilmesi için taşıyıcı sistemin yeterli dayanım, rijitlik ve süneklik özelliklerine sahip olması gerekmektedir.

2.1.1. Rijitlik

Rijitlik yapıya etkiyen kuvvetler altında yapının stabilitesini korumasıdır. Taşıyıcı sistemin yeterli rijitliğe sahip olması istenmektedir. Bunun nedeni yapıda tasarım yükleri etkisinde meydana gelen yerdeğiştirmelerin sınırlandırılmak istenmesidir. Yapıda oluşan göreceli ötelenmeler büyük olduğu takdirde taşıyıcı olmayan elemanların hasar almasına yol açmaktadır.

2.1.2. Süneklik

Bir malzeme, bir kesit, bir eleman ya da bir taşıyıcı sistemin dayanımında ciddi bir azalma meydana gelmeden büyük deformasyon yapabilme yeteneğine süneklik denilmektedir [3]. Yapının yeterli sünekliğe sahip olacak şekilde tasarımının yapılmasındaki amaç yapının elastik sınırın ötesinde şekildeğiştirme kapasitesini arttırarak daha fazla enerji yutabilmesini sağlamaktır. Bir yapı sisteminin süneklik derecesine bağlı olarak davranış biçimleri ve enerji tüketme özellikleri Şekil 2.1’de sunulmuştur [4].



Şekil 2.1: Sünekliğe bağlı olarak enerji tüketme özellikleri.

2.2. Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım

Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için iki ana yaklaşımdan biri olan Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımı temelde üç parametreden oluşmaktadır. Bunlar kapasite, talep ve performansdır [5]. Talep, sismik hareketlerin yapıdan karşılamasını istediği yer değiştirme ve kesit tesirleri olarak tanımlanabilir. Performans ise yapının kapasitesinin sismik talepleri hangi oranda karşılayabileceği ile ilgilidir. Performansa dayalı tasarım en genel haliyle, bir yapının tasarım depremi etkisinde belirli bir yapısal performans, bir başka deyişle hasar öngörülerek şekil değiştirmeye dayalı tasarım yöntemleri de kullanılarak tasarlanmasıdır. Şekil değiştirme esaslı tasarım yöntemleri; malzemenin elastik ötesi davranışını hesaba katmaktadır.

Sargılı betonda beton basınç gerilmesi f_c , basınç birim şekildeğiştirmesi ϵ_c 'nin fonksiyonu olarak Denklem 2.1'de verilmiştir.

$$f_c = \frac{f_{cc}^{xr}}{r-1+x^r} \quad (2.1)$$

Bu bağıntıdaki sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki Denklem 2.2 ve 2.3'te verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (2.2)$$

$$f_{cc} = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (2.3)$$

Buradaki f_e etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için Denklem 2.4'te verilen değerlerin ortalaması olarak alınabilir:

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} ; f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (2.4)$$

Bu bağıntılarda f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını, k_e ise Denklem 2.5'te tanımlanan sargılama etkinlik katsayısı oranını göstermektedir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum \alpha_i^2}{6b_o h_o} \right) \left(1 - \frac{s}{2b_o} \right) \left(1 - \frac{A_s}{2b_o h_o} \right)^{-1} \quad (2.5)$$

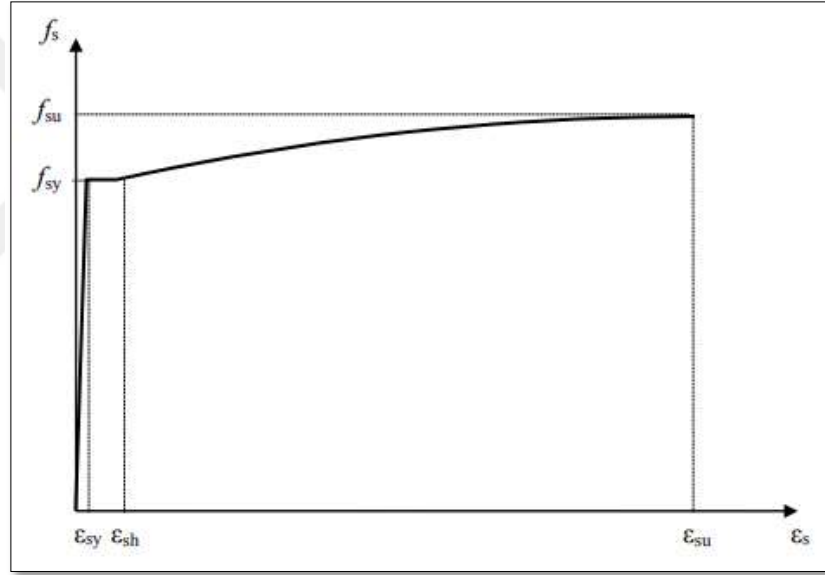
Burada α_i kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s boyuna doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir. Denklem 2.1'deki normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi x ile r değışkenine ilişkin bağıntılar Denklem 2.6 ve 2.7'de verilmiştir.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad ; \quad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad ; \quad \varepsilon_{co} \cong 0.002 \quad (2.6)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad ; \quad E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} [\text{MPa}] \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.7)$$

2.2.1.2. Donatı Çeliği Davranışı

Betonarme yapı elemanlarında çekmeye karşı mukavemeti zayıf olan betonun çekme gerilmelerini donatı çeliği karşılamaktadır. Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği Şekil 2.3'te verilmiştir [1].



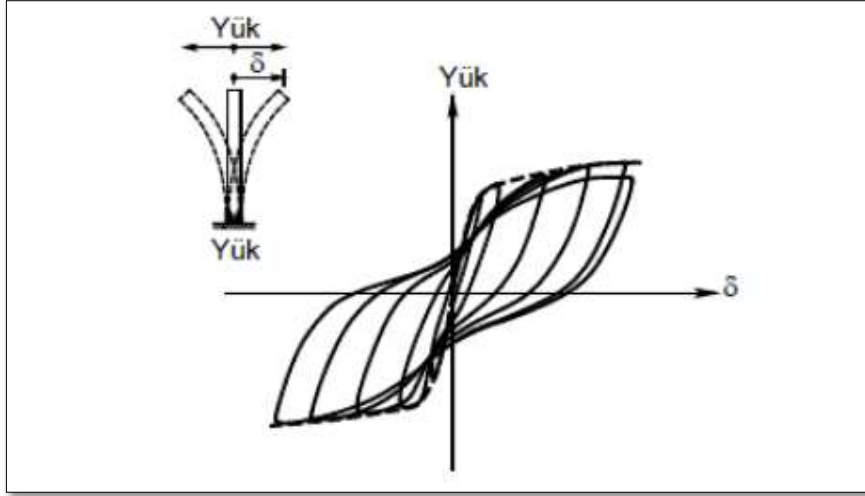
Şekil 2.3: Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği.

Şekil 2.3'te, f_{sy} donatı çeliğinde akma dayanımını, f_{su} donatı çeliğinde kopma anındaki dayanımı, ε_{sy} donatı çeliğinde akma anındaki birim şekildeğiştirmeyi, ε_s donatı çeliğinde pekleşme başlangıcı birim şekildeğiştirmesini, ε_{su} donatı çeliğinde kopma anındaki birim şekildeğiştirmeyi göstermektedir. Donatı çeliği için verilen gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları Denklem 2.8'de verilmektedir.

$$\begin{aligned} f_s &= E_s \varepsilon_s & \varepsilon_s &\leq \varepsilon_{sy} \\ f_s &= f_{sy} & \varepsilon_{sy} &< \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \\ f_s &= f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} & \varepsilon_{sh} &< \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \end{aligned} \quad (2.8)$$

2.3.1. Doğrusal Olmayan Davranış

Sistem elemanlarının elastik analizden farklı olarak belirli bir dayanım kapasitesine sahip olduğu durum doğrusal olmayan analiz olarak adlandırılmaktadır. Sisteme gelen yükler doğrultusunda eleman üzerindeki yük etkileri arttıkça eleman ve sistem rijitliğinde azalma olur. Bu doğrultuda eleman dayanım değerleri TBDY-2018 yönetmeliğince kabul edilen sınır değerlere ulaştığında mevcut yük durumu altında şekil değiştirme (deformasyon) yaparak enerji sönümler. Eleman, deformasyon kapasitesi aşıldıkça kadar enerji sönümlemeye devam eder. Eğilme etkisi altında yapılan tasarımlarda, sünek davranış gösteren sistem varsayımı yapıldığı için, gevrek davranışa göre, çevrimsel halkalarda çok daha fazla enerji tüketilmektedir, bu da bina taşıyıcı sisteminde sünekliğin önemini daha iyi açıklamaktadır [8]. Doğrusal olmayan analizdeki bu dayanım deformasyon ilişkisi “plastik mafsallar” kullanılarak modellenir. Plastik mafsallar için yığılı plastik davranış modeli ve yayılı plastik davranış modeli olarak iki farklı yöntem mevcuttur.

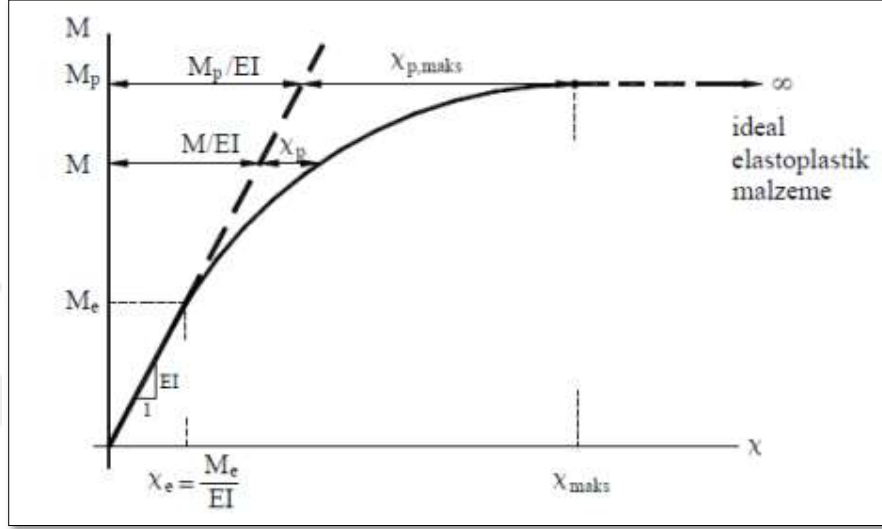


Şekil 2.4: Doğrusal olmayan çevrimsel davranış.

2.3.1.1. Yığılı Plastik Mafsall

Yığılı Plastik Davranış Modeli’nde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır [2]. Bu bölgeler dışında sistemin doğrusal elastik davrandığı kabul edilir. Kolon, kiriş ve geometrik uygunluğu sağlayan betonarme

perde elemanlarda yığılı plastik davranış modeli kullanılabilir. Şekil 2.5’de görülebileceği üzere akma momentinden küçük değerler için kesit doğrusal elastik davranırken, bu sınırdan sonra doğrusal olmayan şekilde değişimler görülmektedir.

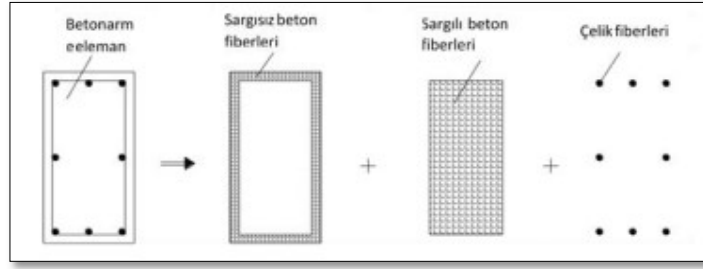


Şekil 2.5: Moment eğrilik diyagramı.

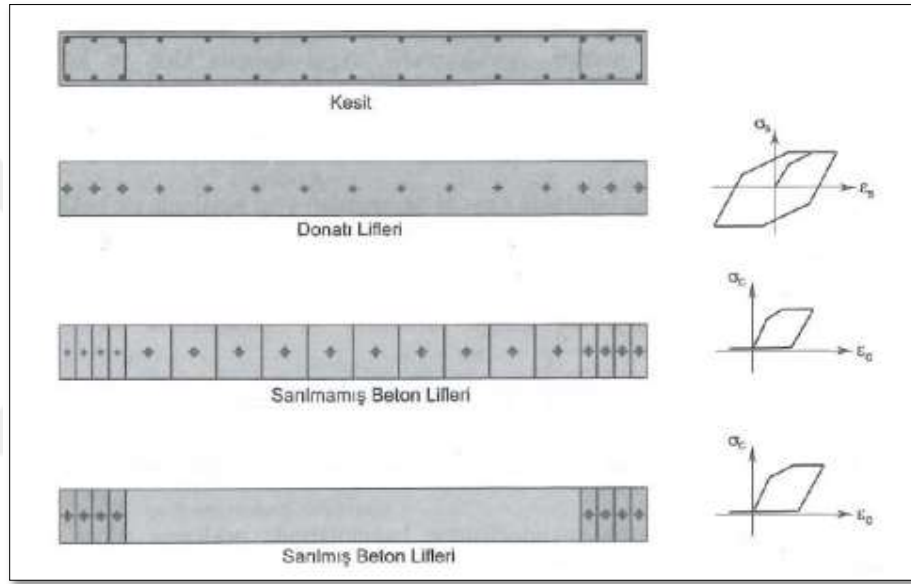
Şekil 2.5'te verilen M_e elastik momenti, X_e elastik eğriligi, M_p plastik momenti, $X_{p,maks}$ maksimum eğriligi, EI ise kesit rijitliğini ifade etmektedir.

2.3.1.2. Yayılı Plastik Mafsal

Yapının taşıyıcı sistemini oluşturan bütün elemanlarda yayılı plastik davranış modelinin kullanılabilmesi mümkündür. Fakat uygulamada çoğunlukla perde gibi düzlemsel elemanlarda bu model tercih edilir. Yayılı plastik davranış modelinde, plastik şekil değişimlerinin elemanın tüm uzunluğu boyunca yayılı bir biçimde olduğu kabul edilir. Bu modelde yapı elemanı sonlu hücrelere bölünüp, bu hücrelere doğrusal olmayan davranışı göz önüne alan kesit hücresi (lif) tanımlaması yapılır. Elemana malzemenin davranışını doğru bir şekilde inceleyecek kadar lif eleman tanımlanması, alınacak sonuçların gerçeğe daha yakın olmasını sağlar. Örnek olarak; bir perde ve kolona tanımlanacak lif elemanlar için sargısız beton, sargılı beton ve donatı çeliği için tanımlanan model görselleri aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 2.6: Betonarme kolon elemanına ait lif modellemesi.



Şekil 2.7: Perde elemanına ait lif modellemesi.

3. DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN HESAPLAR İÇİN TASARIM ESASLARI

Bu tez kapsamında DBYBHY 2007'e göre 7 katlı betonarme yapının tasarımı gerçekleştirilmiştir. Betonarme yapıya eklenen çerçeve yapıların tasarımı ise TBDY 2018'e göre yapılmıştır. Mevcut yapıya yeni bir çerçeve eklenmesi ile yapının deprem performansının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda yapının deprem etkileri altında değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi TBDY 2018'e göre doğrusal olmayan hesaplar ile yapılmıştır. Aşağıda sırası ile DBYBHY 2007'e göre tasarım esasları ve TBDY 2018'e göre tasarım ve şekildeğiştirmeye göre tasarım esasları sunulmaktadır.

3.1. DBYHBY 2007 Dayanıma Göre Tasarım Esasları

Bu bölümde mevcut betonarme yapının tasarımında esas alınacak kurallar irdelenecektir.

3.1.1. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan spektral ivme katsayısı $A(T)$, Denklem (3.1) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan elastik spektral ivme $S_{ae}(T)$, spektral ivme katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$\begin{aligned} A(T) &= A_o IS(T) \\ S_{ae}(T) &= A(T)g \end{aligned} \quad (3.1)$$

3.1.1.1. Etkin Yer İvmesi ve Bina Önem Katsayısı

Etkin yer ivmesi katsayısı A_o değerleri Tablo 3.1'de, bina önem katsayısı I değerleri ise Tablo 3.2'de sunulmaktadır.

Tablo 3.1: Etkin yer ivmesi katsayısı.

Deprem Bölgesi	A _o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablo 3.2: Bina önem katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı(I)
1.Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlike içeren binalar	1.5
2.İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyaların saklandığı binalar	1.4
3.İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1.2
4.Diğer binalar	1

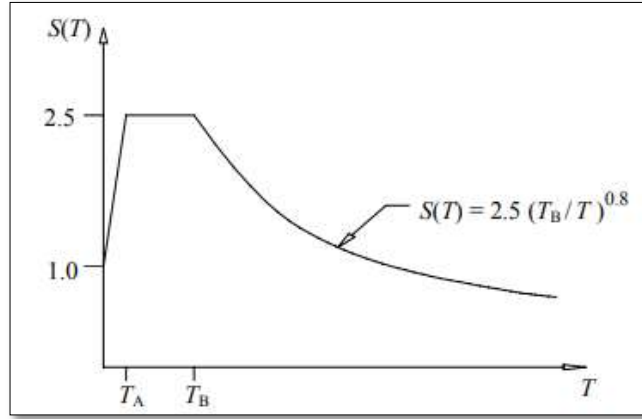
3.1.1.2. Spektrum Katsayısı

Spektrum katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denklem 3.2 ile hesaplanmaktadır. Spektrum karakteristik katsayıları Tablo 3.3'te sunulmaktadır. Yatay elastik tasarım spektrumu ise Şekil 3.1'de verilmektedir [7].

$$\begin{aligned}
 S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & 0 \leq T \leq T_A \\
 S(T) &= 2.5 & T_A < T \leq T_B \\
 S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & T_B < T
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Tablo 3.3: Spektrum karakteristik katsayıları.

Yerel Zemin Sınıfı	T _A (saniye)	T _B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90



Şekil 3.1: Yatay elastik tasarım spektrumu.

3.1.2. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Deprem yüğü azaltma katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Tablo 3.4'te tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R 'ye ve doğal titreşim periyodu T 'ye bağılı olarak Denklem (3.3) ile belirlenmektedir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı değeri Tablo 3.4'te sunulmaktadır.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.3)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T)$$

Tablo 3.4: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(R).

Bina Taşıyıcı Sistemi	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
1.1-Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
1.2-Deprem yüklerinin tamamının boşluklu perdelerle taşındığı binalar	4	7
1.3-Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
1.4-Deprem yüklerinin çerçeveler ve perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

3.1.3. Hesap Yönteminin Seçilmesi

3.1.3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti), V_t , Denklem(3.4) ile belirlenmektedir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o IW \quad (3.4)$$

W: Deprem yüklerini hesaplanmasında kullanılacak binanın toplam ağırlığı, Tablo 3.5'den görülebileceği üzere hareketli yük katsayıları η katsayısı oranında azaltılacaktır. Eşdeğer deprem yüğü hesabının uygulanabileceği binalar Tablo 3.6'da sunulmaktadır.

Tablo 3.5: Hareketli yük katılım katsayısı.

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

Tablo 3.6: Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar.

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} < 2.0$ koşulunun sağlandığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} < 2.0$ koşulunun sağlandığı binalar	$H_N \leq 25$ m
3,4	Diğer binalar	$H_N \leq 40$

3.1.3.2. Mod Birleştirme Yöntemi

Herhangi bir n'inci titreşim modunda göz önüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı Denklem (3.5) ile belirlenmektedir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_d(T_n)} \quad (3.5)$$

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenmektedir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, eşdeğer deprem yükü yönteminde bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), mod birleştirme yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denklem (3.6)'ya göre büyütülmektedir. B_B mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan büyüklük, B_D ise B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değerdir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (3.6)$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır.

3.1.4. Düzensiz Binaların Tanımı

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlardır.

Planda düzensizlik durumları;

- A1-Burulma düzensizliği: Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur.
- A2-Döşeme süreksizlikleri: Döşeme boşluk alanları toplamının kat brüt alanına oranının 1/3'den fazla olması durumu, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması, döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumlarıdır.
- A3-Planda çıkıntılar bulunması: Çıkıntı yapan kısım uzunluğunun aynı doğrultudaki plan uzunluğundan %20 fazla olması durumudur.

Düşeyde düzensizlik durumları;

- B1-Zayıf kat düzensizliği: Toplam etkili kesme alanının, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumudur.
- B2-Yumuşak kat düzensizliği: Bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu.
- B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur.

3.1.5. Etkin Görel Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görel kat ötelemesi " Δ_i ", Denklem (3.7) ile elde edilmektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.7)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi δ_i , Denklem (3.8) ile elde edilmektedir.

$$\delta_i = RA_i \quad (3.8)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denklem (3.8) ile hesaplanan δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$, Denklem (3.9)'da verilen koşulu sağlayacaktır.

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (3.9)$$

3.1.6. Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Tasarım Kuralları

3.1.6.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm'den ve enkesit alanı 75000 mm² den daha az olmamaktadır. Kolonun brüt enkesit alanı, N_{dm} düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dm}/(0.50f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır. Kolonlarda boyuna donatı brüt alanı kesitin %1'inden az, %4'ünden fazla olmayacaktır. En az donatı, dikdörtgen kesitli kolonlarda 4Ø16 veya 6 Ø 14 olacaktır.

Sarılma bölgelerinde kullanılacak enine donatıya ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir. Bu donatılar temelin içinde de, 300 mm' den ve en büyük boyuna donatı çapının 25 katından az olmayan bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

- Sarılma bölgelerinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Bu bölgede, boyuna doğrultudaki etriye ve çiroz aralığı en küçük enkesit boyutunun 1/3'ünden ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır.
- Etriye kolonlarda $N_d > 0.20A_c f_{ck}$ olması durumunda sarılma bölgelerindeki minimum toplam enine donatı alanı, Denklem (3.10)'da verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanacaktır. Bu hesapta kolonun çekirdek boyutu b_k , her iki doğrultu için ayrı ayrı göz önüne alınacaktır.

$$A_{sh} \geq 0.30sb_k \left[\left(A_c / A_{ck} \right) - 1 \right] \left(f_{ck} / f_{ywk} \right) \quad (3.10)$$

$$A_{sh} \geq 0.075sb_k \left(f_{ck} / f_{ywk} \right)$$

- $N_d \leq 0.20A_c f_{ck}$ olması durumunda, kolon sarılma bölgelerinde Denklem (3.10) ile verilen enine donatıların en az 2/3'ü, minimum enine donatı olarak kullanılacaktır.

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır.

$$(M_{ra} + M_{r\ddot{u}}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.11)$$

Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti V_e , Denklem (3.12) ile hesaplanacaktır.

$$V_e = (M_a + M_{\ddot{u}}) / l_n \quad (3.12)$$

Denklem (3.12) ile hesaplanan kesme kuvveti V_e , yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti V_d 'den daha küçük olmayacak ve ayrıca Denklem (3.13) ile verilen koşulları sağlayacaktır.

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e \leq 0.22A_w f_{cd} \quad (3.13)$$

3.1.6.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler

Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir. Kiriş

yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır.

Kiriş mesnetlerinde çekme donatılarının minimum oranı için Denklem (3.14) ile verilen koşula uyulacaktır.

$$\rho \geq 0.8 f_{ctd} / f_{yd} \quad (3.14)$$

Boyuna donatıların çapı 12 mm'den az olmayacaktır. Kirişin alt ve üstünde en az iki donatı çubuğu, kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunacaktır.

Kirişlerde enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti, V_e , depremin soldan sağa veya sağdan sola etkimesi durumları için ayrı ayrı ve elverişsiz sonuç verecek şekilde, Denklem (3.15) ile bulunacaktır.

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (3.15)$$

Denklem (3.15) ile hesaplanan kesme kuvveti V_e , Denklem (3.16) ile verilen koşulları sağlayacaktır.

$$\begin{aligned} V_e &\leq V_r \\ V_e &\leq 0.22 b_w d f_{cd} \end{aligned} \quad (3.16)$$

3.1.6.3. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

$H_w / \ell_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20 den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2\ell_w$ değerini aşmamak üzere, Denklem (3.17)'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$\begin{aligned} H_{cr} &\geq \ell_w \\ H_{cr} &\geq H_w / 6 \end{aligned} \quad (3.17)$$

Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Ø14'ten az olmayacaktır.

$H_w / \ell_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde, gözönüne alınan herhangi bir kesitte enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti V_e , Denklem(3.18) ile hesaplanmaktadır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (3.18)$$

Bu bağıntıda yer alan kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı $\beta_v = 1.5$ alınacaktır. Ancak, deprem yükünün tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda $\beta_v = 1.0$ alınabilir. Daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda $(M_p)_t = 1.25 (M_r)_t$ alınabilir. Düşey yükler ile birlikte $R_a = 2$ alınarak depremden hesaplanan kesme kuvvetinin Denklem (3.18) ile hesaplanan V_e 'den küçük olması durumunda, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

Perde kesitlerinin kesme dayanımı V_r , Denklem (3.19) ile hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \quad (3.19)$$

Denklem (3.18) ile hesaplanan kesme kuvveti V_e , Denklem (3.20) ile verilen koşulları sağlayacaktır.

$$\begin{aligned} V_e &\leq V_r \\ V_e &\leq 0.22 b_w d f_{cd} \end{aligned} \quad (3.20)$$

3.2. TBDY 2018 Dayanıma Göre Tasarım Esasları

Bu bölümde yeni yapılacak betonarme çerçevenin tasarımında esas alınacak kurallar irdelenecektir.

3.2.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Bu bölüm kapsamında deprem yer hareketi düzeylerinden bahsedilecektir. TBDY 2018'e göre dört farklı deprem yer hareketi tanımlanmıştır. Tanımlanan dört farklı deprem yer hareketi için düzeyi için deprem verilerine "<https://tdth.afad.gov.tr>" adresli internet sitesinden ulaşılabilir [22].

- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1(DD-1): 50 yılda aşılma olasılığı %2, tekrarlanma periyodu 2475 yıl.
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2(DD-2): 50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl. Standart tasarım yer hareketi olarak adlandırılmaktadır.
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3(DD-3): 50 yılda aşılma olasılığı %50, tekrarlanma periyodu 72 yıl.
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4(DD-4): 50 yılda aşılma olasılığı %68, tekrarlanma periyodu 43 yıl.

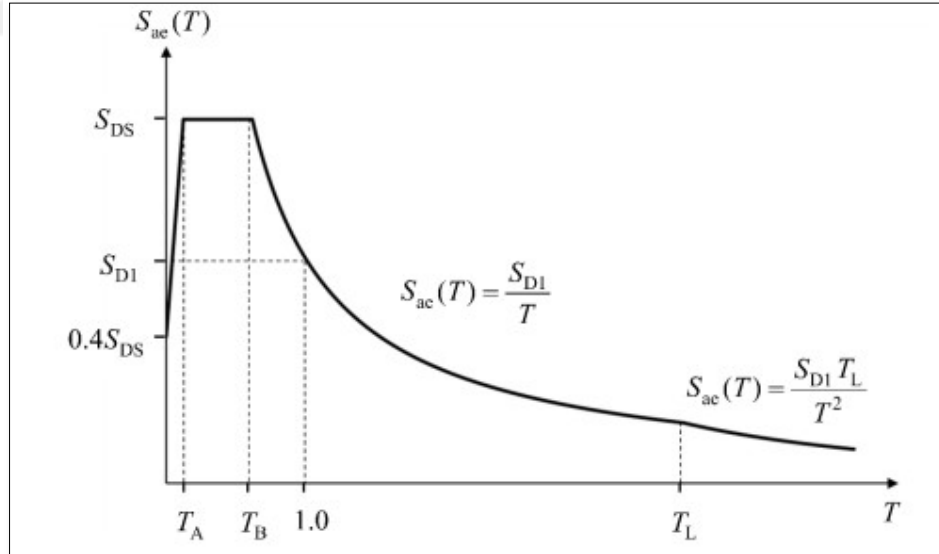
3.2.2. Yatay Elastik Tasarım Spektrumları

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi cinsinden Denklem 3.21'de verilmektedir.

$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & 0 \leq T \leq T_A \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & T_A \leq T \leq T_B \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & T_B \leq T \leq T_L \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & T_L \leq T
\end{aligned} \tag{3.21}$$

Burada S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayılarını, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B Denklem 3.22'de görülebileceği üzere S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır. T_L değeri 6 s'dir.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; \quad T_B = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.22}$$



Şekil 3.2: TBDY 2018 Yatay elastik tasarım spektrumu.

3.2.3. Düşey Elastik Tasarım Spektrumları

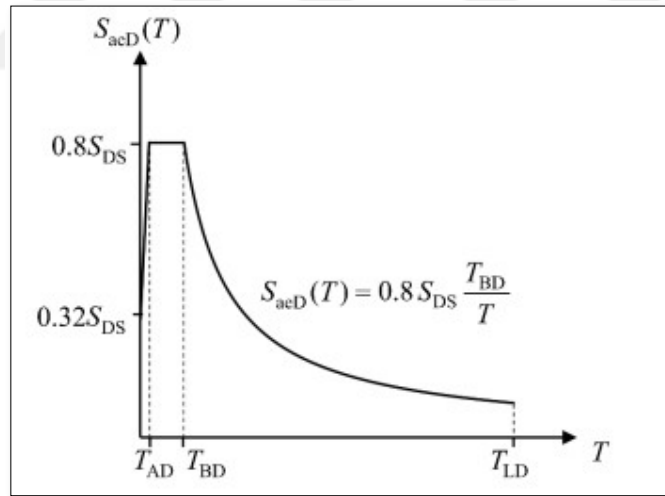
Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri

$S_{aeD}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi cinsinden Denklem 3.23'de verilmektedir.

$$\begin{aligned} S_{aeD}(T) &= \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}} \right) S_{DS} & 0 \leq T \leq T_{AD} \\ S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} & T_{AD} \leq T \leq T_{BD} \\ S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} & T_{BD} \leq T \leq T_{LD} \end{aligned} \quad (3.23)$$

T_{AD} ve T_{BD} düşey spektrum köşe periyotları ile T_{LD} periyodu Denklem 3.24'te verilmektedir.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (3.24)$$



Şekil 3.3: TBDY 2018 Düşey elastik tasarım spektrumu.

3.2.4. Deprem Tasarım Sınıfları ve Bina Yükseklik Sınıfları

Deprem tasarım sınıfları binanın kullanım sınıfına göre belirlenmektedir. Bina yükseklik sınıfları ise deprem tasarım sınıflarına göre belirlenmektedir. Bina kullanım sınıfları, deprem tasarım sınıfları ve bina yükseklik sınıfları aşağıdaki tablolarda özet olarak sunulmaktadır.

Tablo 3.7: Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım amacı	Bina Önem Katsayısı(I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar.	1.5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1.2
BKS=3	Diğer binalar	1.0

Tablo 3.8: Deprem tasarım sınıfları.

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

Tablo 3.9: Bina yükseklik sınıfları.

Bina Yükseklik Sınıfı	DTS= 1, 1a, 2, 2a	DTS=3, 3a	DTS =4, 4a
BYS=1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS=2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS=3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS=4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS=5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS=6	$10 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS=7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS=8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

3.2.5. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Deprem yüğü azaltma katsayısı R_a Denklem(3.25) ve Denklem(3.26) ile ifade edilmektedir. Süneklik düzeyi yüksek betonarme yapılar için taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı katsayıları Tablo 3.10'da sunulmaktadır. Azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$ Denklem(3.27) ile tanımlanmaktadır.

$$R_a = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (3.25)$$

$$R_a = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (3.26)$$

Tablo 3.10: Süneklik düzeyi yüksek betonarme yapılar için R ve D katsayıları.

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı(R)	Dayanım Fazlalığı Katsayısı(D)
A11:Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran çerçeveler ile karşılandığı binalar	8	3
A12:Deprem etkilerinin tamamının boşluklu perdeler ile karşılandığı binalar	7	2.5
A13:Deprem etkilerinin tamamının boşluksuz perdeler ile karşılandığı binalar	6	2.5
A14:Deprem etkilerinin tamamının boşluklu perdeler ve çerçeveler ile karşılandığı binalar	8	2.5
A15:Deprem etkilerinin tamamının boşluksuz perdeler ve çerçeveler ile karşılandığı binalar	7	2.5

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.27)$$

3.2.6. Düzensiz Binaların Tanımı

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlardır.

Planda düzensizlik durumları;

- A1-Burulma düzensizliği:Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur.
- A2-Döşeme süreksizlikleri: Döşeme boşluk alanları toplamının kat brüt alanına oranının 1/3'den fazla olması durumu, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının

bulunması, döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumlarıdır.

- A3-Planda çıkıntılar bulunması: Çıkıntı yapan kısım uzunluğunun aynı doğrultudaki plan uzunluğundan %20 fazla olması durumudur.

Düşeyde düzensizlik durumları;

- B1-Zayıf kat düzensizliği: Toplam etkili kesme alanının, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumudur.
- B2-Yumuşak kat düzensizliği: Bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu.
- B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur.

3.2.7. Yük Kombinasyonları

Düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$ Denklem (3.28) ile tanımlanmaktadır. Deprem etkileri Denklem(3.29) ile tanımlanmaktadır.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3)S_{DS}G \quad (3.28)$$

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X,Y)} \pm 0.3E_d^{(Y,X)} \quad (3.29)$$

Tasarımda esas alınacak yük birleşimleri ise Denklem(3.30)'da verilmektedir.

$$\begin{aligned} G+Q+0.2S+E_d^{(H)}+0.3E_d^{(Z)} \\ 0.9G+H+E_d^{(H)}-0.3E_d^{(Z)} \end{aligned} \quad (3.30)$$

3.2.8. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

Dayanıma Göre Tasarım kapsamında betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özelliklerinin modellenmesinde Tablo 3.11’de verilen etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılmaktadır.

Tablo 3.11: Etkin kesit rijitliği çarpanları.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde-Döşeme(Düzlem İçi)		
Perde	0.50	0.50
Bodrum Perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-Döşeme(Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum Perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.30	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde(eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

3.2.9. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı

Deprem yüklerini hesaplanmasında kullanılacak binanın toplam ağırlığı, Tablo 3.12’den görülebileceği üzere hareketli yük katsayıları η katsayısı oranında azaltılacaktır.

Tablo 3.12: Hareketli yük kütle katılım katsayısı.

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

3.2.10. Hesap Yönteminin Seçilmesi

3.2.10.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), V_{tE} , Denklem(3.31) ile belirlenmektedir.

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T_p) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (3.31)$$

Eşdeğer deprem yükü hesabının uygulanabileceği binalar Tablo 3.13'de sunulmaktadır.

Tablo 3.13: Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar.

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS=1,1a,2,2a	DTS=3,3a,4,4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_b \leq 2.0$ koşulunun sağlandığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

3.2.10.2. Mod Birleştirme Yöntemi

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenmektedir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, bina toplam deprem yükü V_t 'nin, eşdeğer deprem yükü yönteminde bina toplam deprem yükü V_{tE} 'ye oranının aşağıda tanımlanan B_{tE} değerinden küçük olması durumunda ($V_{tE} < \beta V_t$), mod birleştirme yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denklem (3.32)'ye göre büyütülmektedir.

$$B_{tE} = \frac{\gamma_E V_{tE}}{V_t} \geq 1 \quad (3.32)$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır.

3.2.11. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi " Δ_i ", Denklem (3.33) ile elde edilmektedir.

$$\Delta_i = u_i - u_{i-1} \quad (3.33)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi δ_i , Denklem (3.34) ile elde edilmektedir.

$$\delta_i = \frac{R}{I} \Delta_i \quad (3.34)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denklem (3.34) ile hesaplanan δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$, Denklem (3.35) ve Denklem(3.36)'da verilen koşulu sağlayacaktır. Duvarların bitişik olması durumunda Denklem(3.35), duvarlar arası derz olması durumunda Denklem(3.36) kullanılacaktır.

$$\lambda \frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.008\kappa \quad (3.35)$$

$$\lambda \frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.016\kappa \quad (3.36)$$

3.2.12. Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Tasarım Kuralları

3.2.12.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 300 mm'den daha az olmamaktadır. Kolonun brüt enkesit alanı, N_{dm} düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dm}/(0.40f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır. Kolonlarda boyuna donatı brüt alanı kesitin %1'inden az, %4'ünden fazla olmayacaktır. En az donatı, dikdörtgen kesitli kolonlarda 6 Ø 14 olacaktır.

Her bir kolonun alt ve üst uçlarında özel sarılma bölgeleri oluşturulacaktır. Sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, döşeme üst kotundan yukarıya doğru veya kolona bağlanan yüksekliği en büyük kirişin alt yüzünden başlayarak aşağıya doğru ölçülmek üzere, kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından, kolon en büyük kesit boyutunun 1.5 katından ve 500 mm'den, daha küçük olmayacaktır.

- Sarılma bölgelerinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Bu bölgede, boyuna doğrultudaki etriye ve çiroz aralığı en küçük enkesit boyutunun 1/3'ünden ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır.
- Etriyeli kolonlarda $N_d > 0.20A_c f_{ck}$ olması durumunda sarılma bölgelerindeki minimum toplam enine donatı alanı, Denklem (3.37)'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanacaktır. Bu hesapta kolonun çekirdek boyutu b_k , her iki doğrultu için ayrı ayrı göz önüne alınacaktır.

$$\begin{aligned} A_{sh} &\geq 0.30sb_k \left[\left(A_c / A_{ck} \right) - 1 \right] \left(f_{ck} / f_{ywk} \right) \\ A_{sh} &\geq 0.075sb_k \left(f_{ck} / f_{ywk} \right) \end{aligned} \quad (3.37)$$

- $N_d \leq 0.20A_c f_{ck}$ olması durumunda, kolon sarılma bölgelerinde Denklem (3.37) ile verilen enine donatıların en az 2/3'ü, minimum enine donatı olarak kullanılacaktır.

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü

momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır.

$$(M_{ra} + M_{r\ddot{u}}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.38)$$

Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti V_e , Denklem (3.39) ile hesaplanacaktır.

$$V_e = (M_a + M_{\ddot{u}}) / l_n \quad (3.39)$$

Düşey yükler ile birlikte D ile artırılmış depremden hesaplanan kesme kuvvetinin toplamının, Denklem (3.39) ile hesaplanan V_e 'den küçük olması durumunda, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır ayrıca Denklem (3.40) ile verilen koşulları sağlayacaktır.

$$\begin{aligned} V_e &\leq V_r \\ V_e &\leq 0.85 A_w \sqrt{f_{ck}} \end{aligned} \quad (3.40)$$

3.2.12.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler

Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir. Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır.

Kiriş mesnetlerinde çekme donatılarının minimum oranı için Denklem (3.41) ile verilen koşula uyulacaktır.

$$\rho \geq 0.8 f_{ctd} / f_{yd} \quad (3.41)$$

Boyuna donatıların çapı 12 mm'den az olmayacaktır. Kirişin alt ve üstünde en az iki donatı çubuğu, kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunacaktır.

Kirişlerde enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti, V_e , depremin soldan sağa veya sağdan sola etkimesi durumları için ayrı ayrı ve elverişsiz sonuç

verecek şekilde, Denklem (3.42) ile bulunacaktır. Düşey yükler ile birlikte D ile artırılmış depremde hesaplanan kesme kuvvetinin toplamının, Denklem (3.40) ile hesaplanan V_e 'den küçük olması durumunda, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır ayrıca Denklem (3.41) ile verilen koşulları sağlayacaktır.

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (3.42)$$

Denklem (3.42) ile hesaplanan kesme kuvveti V_e , Denklem (3.43) ile verilen koşulları sağlayacaktır.

$$\begin{aligned} V_e &\leq V_r \\ V_e &\leq 0.85 b_w d \sqrt{f_{ck}} \end{aligned} \quad (3.43)$$

3.3. TBDY 2018 Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım Esasları

Mevcut veya daha önce ön tasarımı yapılmış taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları ile uyumlu iç kuvvet – şekildeğiştirme bağıntıları belirlenir. Öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olarak seçilen deprem yer hareketleri altında, taşıyıcı sistemin statik veya zaman tanım alanında dinamik artımsal yöntemlerle hesabı yapılır, doğrusal olmayan sünük davranışa ilişkin şekildeğiştirme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir. Elde edilen şekildeğiştirme ve iç kuvvet talepleri, öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olarak tanımlanan şekildeğiştirme ve dayanım kapasiteleri ile karşılaştırılır. Mevcut binalar için, şekildeğiştirme ve dayanım taleplerinin bunlara karşı gelen şekildeğiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında olduğu veya onları aştığı gösterilerek şekildeğiştirmeye göre değerlendirme tamamlanır.

3.3.1. Deprem Etkisi

Taşıyıcı sistem elemanlarının değerlendirilmesinde esas alınmak üzere, deprem etkisinin, düşey yük etkisi ile birleşimi Denklem(3.44)'te tanımlanmıştır. Burada G sabit yük etkisini, S kar yükü etkisini, $E_d^{(z)}$ ise düşey deprem etkisini göstermektedir.

Etkin hareketli yük etkisi, Tablo 3.12 ile tanımlanan hareketli yük kütle katılım katsayısı η kullanılarak $Q_e = \eta Q$ olarak hesaplanacaktır.

$$G + Q_e + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (3.44)$$

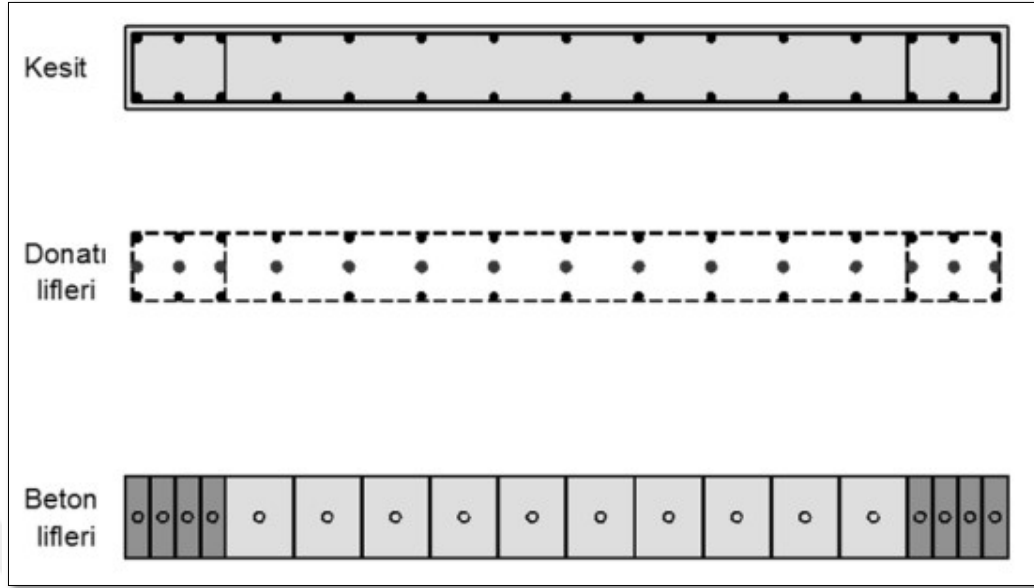
3.3.2. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

3.3.2.1. Yığılı Plastik Davranış Modeli

Çerçeve (çubuk) sonlu elemanları olarak modellenebilen kolon ve kirişlerde doğrusal olmayan davranış modeli olarak yığılı plastik davranış modeli kullanılabilir. Yığılı plastik davranış modelinde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır[19]. Plastik mafsalsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu L_p çalışan doğrultudaki kesit boyutu h 'nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0.5h$).

3.3.2.2. Yayılı Plastik Davranış Modeli

Binanın taşıyıcı sistemini oluşturan kolon, kiriş ve betonarme perdelerde doğrusal olmayan davranış modeli olarak yayılı plastik davranış modelleri de kullanılabilir. Yayılı plastik davranış modelleri, sonlu uzunluktaki uç bölgeleri (plastik şekil değiştirme bölgeleri) veya elemanın tüm uzunluğu boyunca doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri sürekli (yayılı) biçimde göz önüne almak üzere kullanılabilir. Yayılı plastik lif modeli Şekil 6.3'te gösterilmektedir[8].



Şekil 3.4: Yayılı plastik lif modeli.

3.3.3. Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar

- Bina taşıyıcı sistemleri daima üç boyutlu olarak modellenecektir.
- Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkisi daima göz önüne alınacaktır.
- Doğrusal sönüm oranı, aksi belirtilmedikçe, %5 alınacaktır.
- Eksenel kuvvetlerin şekildeğiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertebe etkileri göz önüne alınacaktır.
- Mevcut binaların şekildeğiştirmeye göre değerlendirilmesinde beton ve donatı çeliğinin mevcut dayanımları esas alınacaktır.
- Kiriş ve kolonlar, çerçeve (çubuk) sonlu elemanları olarak modelleneceklerdir. Doğrusal olmayan davranış, elemanların uçlarında tanımlanan sonlu plastik şekildeğiştirme bölgelerinde yığılı plastik davranış modeli ile veya yayılı plastik davranış modelleri ile modellenebilir. Uygulamada yığılı plastik mafsallı modelinin kullanımı genel olarak yeterli kabul edilebilir.
- Perdelerin modellenmesinde yığılı ya da yayılı plastik davranış modelleri kullanılabilir. Yüksek binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesabında yayılı plastik davranış modeli kullanmak zorunludur.

3.3.4. Taşıyıcı Sistemin Etkin Kesit Rijitlikleri

Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi ve perdelerin etkin kesit rijitlikleri Denklem (3.45)'e göre belirlenmektedir.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y} \frac{L_s}{3} \quad (3.45)$$

Burada M_y ve θ_y çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momentleri ile akma dönmelerinin ortalamalarını göstermektedir. L_s ise kesme açıklığıdır. Kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın yarısı olarak alınabilir. Plastik mafsallarda akma dönmesi θ_y Denklem(3.46) ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (3.46)$$

Burada Φ_y plastik mafsallardaki etkin akma eğriliğini göstermektedir. Kiriş ve kolonlarda $\eta = 1$, perdelerde ise $\eta = 0.5$ alınacaktır. h kesit yüksekliğidir. Akma durumu için donatı sıyrılması dönmesini ifade eden son terimde yer alan d_b mesnede kenetlenen donatı çeliklerinin ortalama çapını, f_{ce} ve f_{ye} ise betonun ortalama basınç dayanımı ile donatının ortalama akma dayanımını göstermektedir.

3.3.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi

Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri, itme yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi olmak üzere ikiye ayrılır.

3.3.5.1. İtme Yöntemleri

İtme yöntemleri, tek modlu itme yöntemleri ve çok modlu itme yöntemleri olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır.

Tek modlu itme yöntemlerinin uygulanabilmesi için aşağıda verilen koşulların her ikisinin de sağlanması zorunludur.

- Burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$
- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait taban kesme kuvveti etkin kütesinin toplam bina kütesine oranının en az 0.70 olması zorunludur.

3.3.5.2. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden diferansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonuna karşı gelir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi göz önüne alınmaktadır.

3.3.5.3. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi

Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda en az 11 deprem yer hareketi takımı kullanılmaktadır[1]. Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı sistemin (X) ve (Y) asal eksenleri doğrultusunda aynı anda birlikte etki ettirilmektedir. Daha sonra ivme kayıtlarının eksenleri 90 derece döndürülerek hesap tekrarlanır. Deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesinde aşağıdaki kurallar dikkate alınmaktadır.

- Tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır.
- Bir veya iki boyutlu hesap için seçilecek deprem kayıtlarının ve üç boyutlu hesap için seçilecek deprem kaydı takımlarının sayısı en az on bir olacaktır. Aynı depremden seçilecek kayıt veya kayıt takımı sayısı üçü geçmeyecektir.
- Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot

aralığındaki genliklerine oranının 1.3'ten daha küçük olmaması kuralına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir.

3.3.6. Şekildeğiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi

Göçmenin önlenmesi(GÖ) performans düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere yeni betonarme bina elemanlarında yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan beton ve donatı çeliği toplam birim şekildeğiştirmeleri $\varepsilon_c^{(GÖ)}$ ve $\varepsilon_s^{(GÖ)}$ için izin verilen sınırlar dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde aşağıda tanımlanmaktadır.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (3.47)$$

Bu bağıntılardaki ilk terim sargısız betonun (kabuk betonu) birim kısalmasına karşı gelmektedir. ω_{we} etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını göstermektedir.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (3.48)$$

Denklem(3.49)'da yer alan α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısını ρ_{sh} , minimum dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanını, f_{ywe} enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımını göstermektedir.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum \alpha_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (3.49)$$

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi Denklem(3.50)'de verilmektedir. Burada su ε_{su} çekme dayanımına karşı gelen birim uzamayı göstermektedir.

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (3.50)$$

Yığılı plastik davranış modeli esas alınarak yapılan analiz sonucunda bulunan plastik dönmelerin sınır değerleri, kesitteki eksenel kuvvetin değeri ve yönetmelikte

sunulan donatı ve beton modelleri hesaba katılarak yapılan eğrilik analizinden elde edilen sonuçlara göre Denklem(3.51)'de verilen denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[\left(\phi_u - \phi_y \right) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (3.51)$$

Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında 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 Denklem(3.52)'de tanımlanmaktadır.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(G\ddot{O})} ; \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(G\ddot{O})} ; \theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(G\ddot{O})} \quad (3.52)$$

Sınırlı Hasar (SH) performans düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekildeğiştirmeler $\varepsilon_c^{(SH)}$ ve $\varepsilon_s^{(SH)}$ ile plastik dönme $\theta_p^{(SH)}$ sınırları, sınırlı hasar performans düzeyi Denklem(3.53)'te tanımlanmaktadır.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 ; \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 ; \theta_p^{(SH)} = 0 \quad (3.53)$$

4. SAYISAL ÇALIŞMALAR

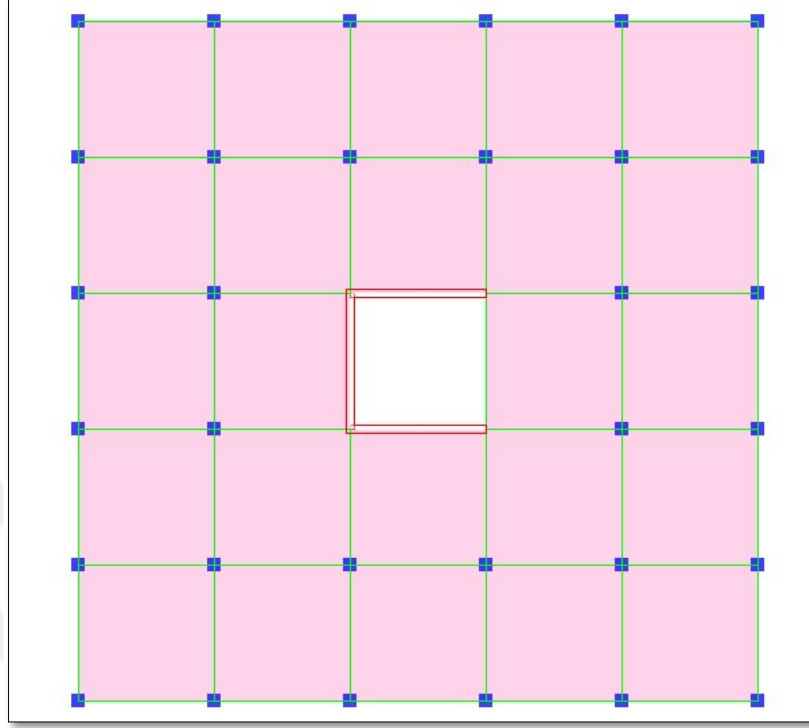
Tez çalışması kapsamında mevcut betonarme bir yapıya yeni çerçeve eklenerek oluşan yeni yapının TBDY 2018'e göre deprem performansı değerlendirilecektir. Mevcut yapı DBYBHY 2007'e göre tasarım kriterlerini sağlamaktadır. Bu tez kapsamında sırasıyla mevcut yapının DBYBHY 2007'e göre tasarımı, eklenecek çerçeve sistemin TBDY 2018'e göre tasarımı ve yapının deprem performansı değerlendirilecektir. Betonarme yapının tasarımında "ETABS" [9] programı kullanılmış olup, betonarme yapının deprem performansının değerlendirilmesi aşamasında ise "Perform 3D" programı kullanılmıştır.

4.1. Mevcut Betonarme Binanın DBYHBY 2007'e Göre Tasarımı

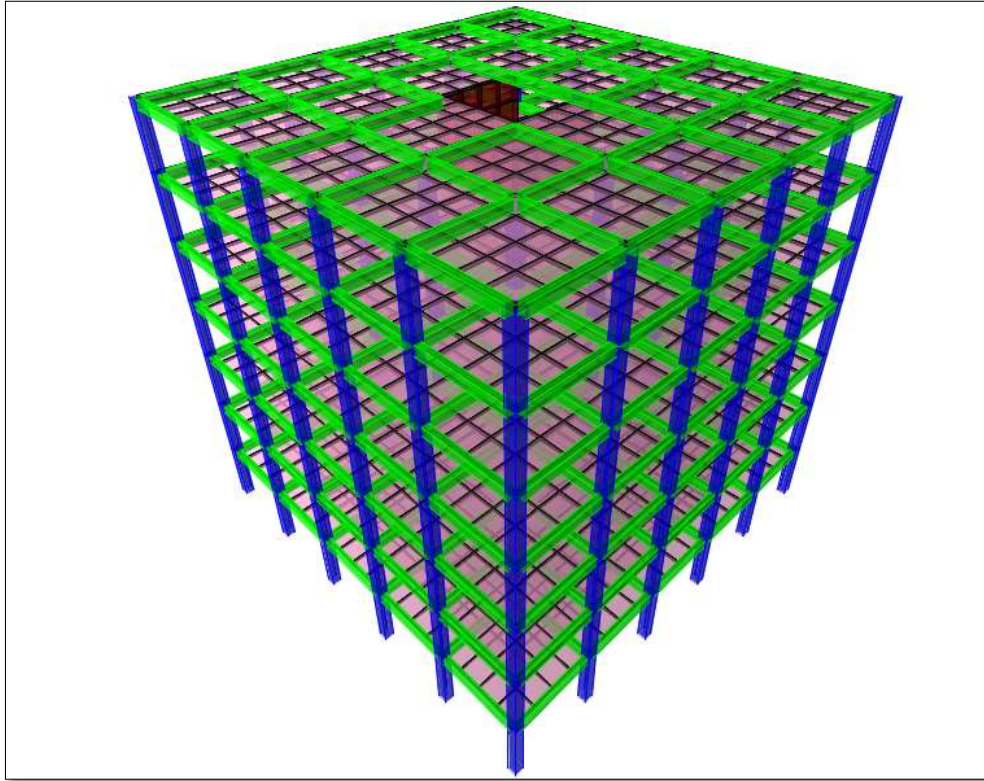
4.1.1. Bina Bilgileri

Mevcut betonarme yapı İstanbul ili Ataşehir ilçesinde bulunmaktadır. Betonarme yapı 7 kattan oluşan bir ofis binasıdır. Aks açıklıkları 4 m, kat yükseklikleri 3 m'dir. Yapı taşıyıcı sistemi yüksek sünek perde ve çerçeve elemanlardan oluşmaktadır. Yapı genel bilgileri aşağıda verilmektedir.

- Kolon kesitleri : 40x40 cm
- Kiriş kesitleri : 25x40 cm
- Perde kalınlığı : 25 cm
- Döşeme tipi : Plak döşeme
- Döşeme kalınlığı : 12 cm
- Beton sınıfı : C25
- Donatı sınıfı : S420



Şekil 4.1: Tipik normal kat.

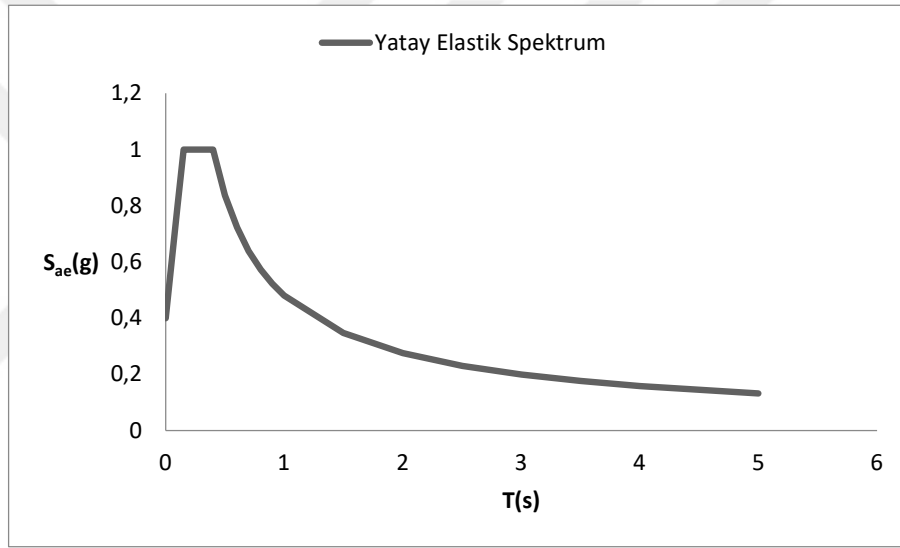


Şekil 4.2: Mevcut yapı 3 boyutlu modeli.

4.1.2. Deprem Tasarım Bilgileri ve Yükler

Mevcut betonarme yapı deprensellik bilgileri aşağıda sunulmaktadır.

- A_o : 0.4
- Zemin sınıfı : Z2
- T_A, T_B : 0.15, 0.40
- Bina önem katsayısı : 1



şekil 4.3: Yatay elastik spektrumu.

Betonarme yapı tasarımda kullanılacak kaplama, hareketli ve dış cephelerde bulunan duvar yükleri sırası ile 2 kN/m^2 , 5 kN/m^2 ve 8 kN/m^2 'dir[10].

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ise Tablo 4.1'de görülebileceği üzere her iki yön içinde süneklik düzeyi yüksek sistemler için verilen, $R=7$ seçilmiştir.

Tablo 4.1: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(R).

Bina Taşıyıcı Sistemi	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
1.1-Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
1.2-Deprem yüklerinin tamamının boşluklu perdelerle taşındığı binalar	4	7
1.3-Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
1.4-Deprem yüklerinin çerçeveler ve perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

4.1.3. Modal Analiz Sonuçları

Mevcut betonarme yapının kütlesi hesaplanırken yapının kendi ağırlığı, kaplama yükü, duvar yükü ve Tablo 4.2'den görülebileceği üzere " $\eta=0.3$ " katsayısı ile azaltılan hareketli yüklerin toplamı olarak dikkate alınmıştır. Yapıya ait periyot değerleri Tablo 4.3'te sunulmaktadır.

Tablo 4.2: Hareketli yük katılım katsayısı.

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

Tablo 4.3: Mevcut betonarme yapısı etkin periyotları(sn).

Kütle Katılım Oranları				
Mod Numarası	Periyot	U _x	U _y	R _z
1	0.89	0.00	0.12	0.68
2	0.56	0.71	0.00	0.00
3	0.50	0.00	0.61	0.12

4.1.4. Deprem Hesabı

Tablo 4.3'te verilen periyot değerlerine göre hesaplanan deprem kuvvetleri aşağıda sunulmaktadır. Deprem hesabı Bölüm 3.1'de anlatıldığı şekilde yapılacaktır.

- Yapı periyotları her iki yönde de T_B değerinden büyük olarak hesaplanmıştır. Bu doğrultuda;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8}$$
$$S(T_x) = 2.5 \left(\frac{0.40}{0.56} \right)^{0.8} = 1.91 \quad ; \quad S(T_y) = 2.5 \left(\frac{0.40}{0.50} \right)^{0.8} = 2.09$$
$$A(T) = A_o IS(T) \quad ; \quad S_{ae}(T) = A(T)g$$
$$A(T_x) = 0.4 \times 1 \times 1.91 = 0.76 \quad ; \quad A(T_y) = 0.4 \times 1 \times 2.09 = 0.84$$

- R katsayısının seçiminde perde elemanlarının aldığı kesme kuvveti oranı dikkate alınmaktadır. Perde kesme kuvveti oranı 0.75'den büyük olduğu durumda R katsayısı aşağıda görülebileceği üzere azaltılmıştır. Perdelerin kesme kuvveti oranı X yönünde 0.86, Y yönünde ise 0.79 bulunmuştur (α_s =Kesme kuvveti oranı).

$$R = 10 - 4\alpha_s$$
$$R_x = 6.56 \quad ; \quad R_y = 6.84$$

- Her iki yönde de periyot değerlerinin T_A değerinden büyük olması sebebiyle $R_a=R$ olarak alınmıştır.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$
$$R_a(T) = R \quad (T_A < T)$$

- Bölüm 4.1.2'de belirtilen yükleme durumu dikkate alınarak hesaplanan yapı kütlesi ve taban kesme kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o IW$$

Yapı kütlesi: 28855 kN

X yönü deprem kuvveti: $28855 \times 0.76 / 6.56 = 3343$ kN

Y yönü deprem kuvveti: $28855 \times 0.84 / 6.84 = 3546$ kN

4.1.5. Yük Birleşimleri

Yük birleşimleri DBYBHY 2007 ve TS 500'e uygun olarak düzenlenmiştir [11]. Analizlerde kullanılan kombinasyonlar aşağıda sunulmaktadır.

- $G+Q \pm E_x \pm 0.3E_y$
- $G+Q \pm E_y \pm 0.3E_x$
- $0.9G \pm E_x \pm 0.3E_y$
- $0.9G \pm E_y \pm 0.3E_x$
- $G+Q$
- $1.4G+1.6Q$

4.1.6. Yapı Düzensizlikleri

Mevcut betonarme yapısında planda ve düşeyde herhangi bir düzensizlik bulunmamaktadır. A1 burulma düzensizliği hesabı aşağıdaki tabloda verilmektedir. Burulma düzensizlik oranları Y doğrultusunda 1.2'den büyük 2.0'den küçük olması sebebiyle ek dışmerkezlilik oranları "D_i" oranında arttırılmıştır.

Tablo 4.4: A1 burulma düzensizlikleri.

Kat Kotu	$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(X)})_{max}$	η_{bix}	$(\Delta_i^{(Y)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(Y)})_{max}$	η_{biy}
+21.00	2.82	2.92	1.04	2.35	2.81	1.20
+18.00	3.05	3.22	1.06	2.78	3.78	1.36
+15.00	3.14	3.37	1.07	3.09	4.62	1.49
+12.00	3.08	3.35	1.09	3.25	5.23	1.61
+9.00	2.76	3.07	1.11	3.17	5.43	1.71
+6.00	2.14	2.44	1.14	2.74	4.95	1.81
+3.00	1.10	1.30	1.18	1.64	2.96	1.80

4.1.7. Analiz Yöntemi

Mevcut betonarme binası için yapı yüksekliğinin 25 m'den az ve yapıda burulma düzensizliğinin de olmaması ile birlikte eşdeğer deprem yükü yönteminin analizlerde kullanılabileceği görülmüştür.

Tablo 4.5: Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar.

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} < 2.0$ koşulunun sağlandığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} < 2.0$ koşulunun sağlandığı binalar	$H_N \leq 25$ m
3,4	Diğer binalar	$H_N \leq 40$

4.1.8. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

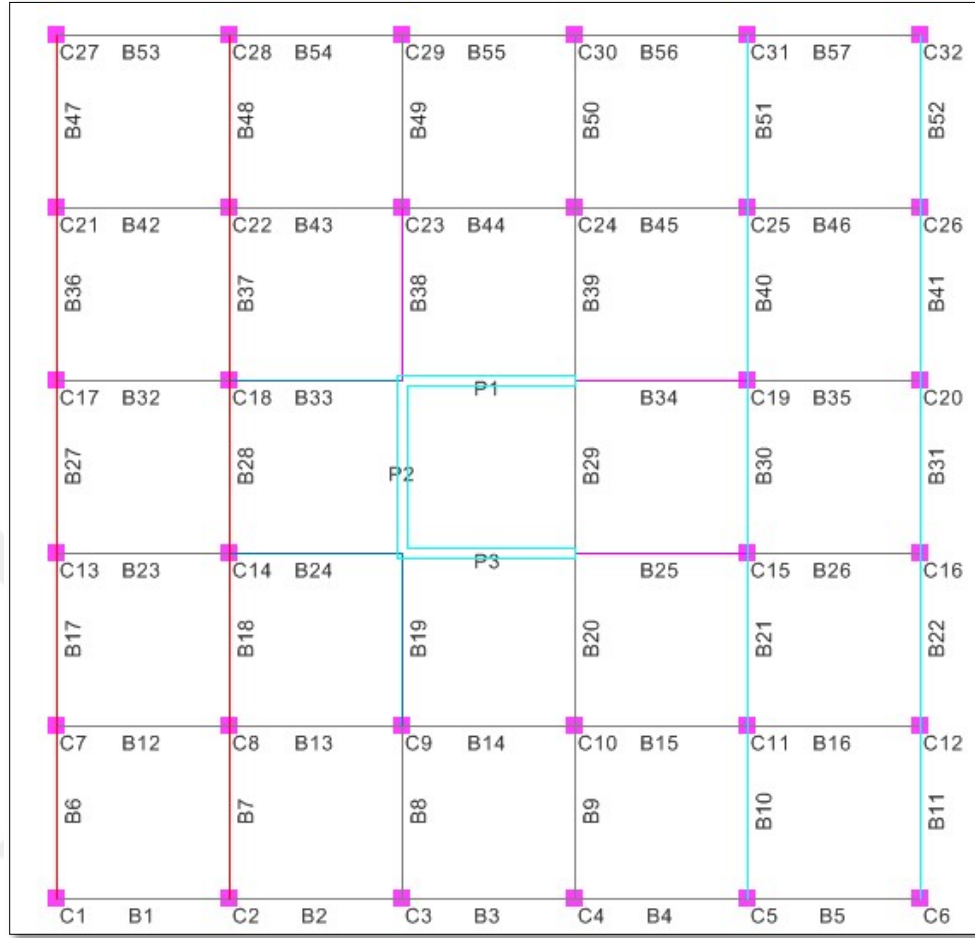
Görelî kat öteleme kontrolü Bölüm 3.1.5'de açıklandığı üzere yapılmış olup, Tablo 4.6'da sunulmaktadır.

Tablo 4.6: Kat görelî ötelenme oranları.

Kat Yüksekliği(h_i)(mm)	(Δ_i^(X))_{max}	δ_X/h_i	(Δ_i^(Y))_{max}	δ_Y/h_i	Limit Değer
3000	2.92	0.0010	2.81	0.0066	0.02
3000	3.22	0.0011	3.78	0.0088	0.02
3000	3.37	0.0011	4.62	0.0108	0.02
3000	3.35	0.0011	5.23	0.0122	0.02
3000	3.07	0.0010	5.43	0.0127	0.02
3000	2.44	0.0008	4.95	0.0116	0.02
3000	1.30	0.0004	2.96	0.0069	0.02

4.1.9. Kolon Tasarım Sonuçları

Yapı kolon tasarımı "ETABS" yazılımı ile gerçekleştirilmiş olup tasarım yönetmeliği olarak TS500-2000 yönetmeliği seçilmiştir, taşıyıcı sistem olarak ise “High Ductile” (Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler) seçilmiştir. Tasarım kriterleri Bölüm 3.1.6'da verilmiştir. Tasarım sonuçları Tablo 4.7'de sunulmaktadır. Kolon donatılarında minimum donatı yeterli olmaktadır. Bu doğrultuda sadece 1.kat donatıları verilmektedir. Kolonlar için seçilen boy donatılar 8Ø16'dır(%1).



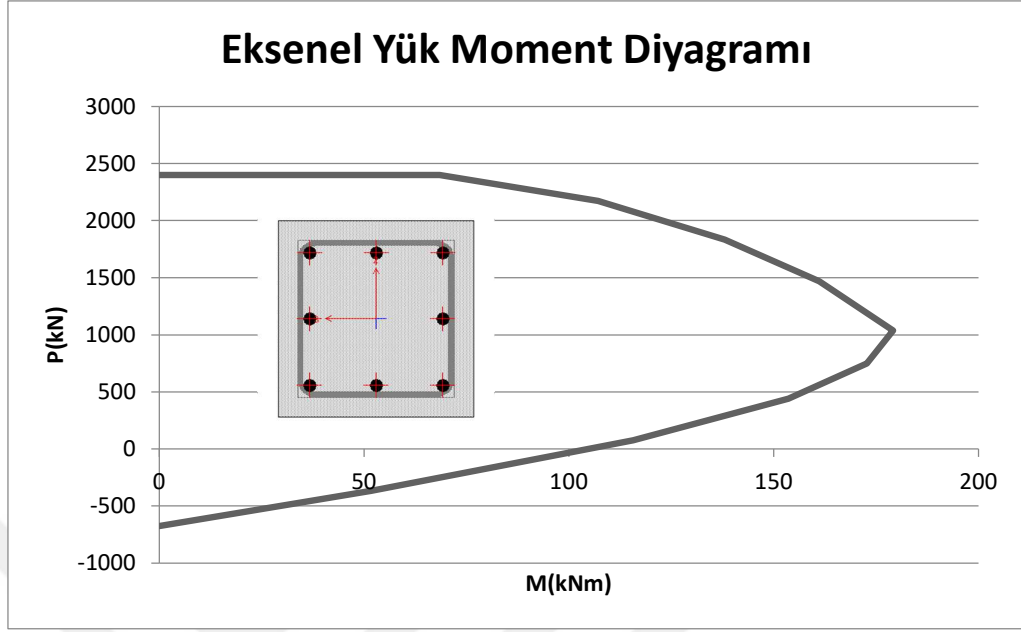
Şekil 4.4: Kolon ve kiriş isimleri.

Tablo 4.7: Kolon tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kolon İsmi	P(kN)	M(majör)(kNm)	M(minör)(kNm)	Donatı Oranı
+3.00	C1	789.51	-51.16	-21.32	1%
+3.00	C2	1318.61	35.60	-12.68	1%
+3.00	C3	1329.49	35.90	-12.54	1%
+3.00	C4	1085.75	-50.84	-58.91	1%
+3.00	C5	1121.35	-51.47	-74.31	1%
+3.00	C6	334.07	49.37	75.73	1%
+3.00	C7	1304.19	-11.53	35.21	1%
+3.00	C8	1868.56	2.17	50.45	1%
+3.00	C9	1767.14	47.71	2.44	1%

Tablo 4.7(Devamı): Kolon tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kolon İsmi	P(kN)	M(majör)(kNm)	M(minör)(kNm)	Donatı Oranı
+3.00	C10	1801.86	48.65	1.79	1%
+3.00	C11	1875.60	50.92	0.71	1%
+3.00	C12	1024.07	40.27	91.29	1%
+3.00	C13	1315.41	-11.39	-35.52	1%
+3.00	C14	1760.30	3.89	47.53	1%
+3.00	C15	1804.37	-48.72	0.13	1%
+3.00	C16	984.18	26.57	90.41	1%
+3.00	C17	1315.41	-11.39	35.52	1%
+3.00	C18	1760.30	3.89	-47.53	1%
+3.00	C19	1804.37	-48.72	-0.13	1%
+3.00	C20	984.18	26.57	-90.41	1%
+3.00	C21	1304.19	-11.53	-35.21	1%
+3.00	C22	1868.56	2.17	-50.45	1%
+3.00	C23	1767.14	47.71	-2.44	1%
+3.00	C24	1801.86	48.65	-1.79	1%
+3.00	C25	1875.60	50.92	-0.71	1%
+3.00	C26	1024.07	40.27	-91.29	1%
+3.00	C27	789.51	-51.16	21.32	1%
+3.00	C28	1318.61	35.60	12.68	1%
+3.00	C29	1329.49	35.90	12.54	1%
+3.00	C30	1085.75	-50.84	58.91	1%
+3.00	C31	1121.35	-51.47	74.31	1%
+3.00	C32	334.07	49.37	-75.73	1%



Şekil 4.5: Kolon eksenel yük moment diyagramı.

Kolon kesme donatı hesabının detayları aşağıda sunulmaktadır. Tüm kolonlarda seçilen donatı 3 kollu Ø12/10/15 cm'dir(3.39 cm²). Maksimum tasarım kesme kuvveti ise 110 kN olarak bulunmuştur.

$$A_{sh} \geq 0.30sb_k \left[\left(A_c / A_{ck} \right) - 1 \right] \left(f_{ck} / f_{ywk} \right) \geq 3.09 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075sb_k \left(f_{ck} / f_{ywk} \right) \geq 1.4 \text{ cm}^2$$

$$V_r = V_c + V_w$$

$$V_c = 0.8V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b d = 0.8 \times 0.65 \times 1.17 \times 400 \times 360 = 87 \text{ kN}$$

$$V_w = \left(\frac{A_{sw}}{s} \right) f_{ywd} d = \left(\frac{339}{100} \right) 365 \times 360 = 445 \text{ kN}$$

$$V_r = 87 + 445 = 532 \text{ kN} > 110 \text{ kN}$$

4.1.10. Kiriş Tasarım Sonuçları

Yapı kiriş tasarımı "ETABS" yazılımı ile gerçekleştirilmiş olup tasarım yönetmeliği olarak TS500-2000 yönetmeliği seçilmiştir, taşıyıcı sistem olarak ise “High Ductile” (Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler) seçilmiştir. Tasarım kriterleri Bölüm 3.1.6'da verilmiştir. Tipik kat tasarım sonuçları Tablo 4.8'de sunulmaktadır.

Tablo 4.8: Kiriş tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kiriş İsmi	Lokasyon	(-) Moment(kNm)	(-)Donatı Alanı(cm ²)	(+) Moment(kNm)	(+)Donatı Alanı(cm ²)
+9.00	B1	End-I	-68	5	37	3
+9.00	B1	Middle	0	2	17	2
+9.00	B1	End-J	-64	5	33	3
+9.00	B2	End-I	-63	5	34	3
+9.00	B2	Middle	0	2	15	2
+9.00	B2	End-J	-67	5	0	3
+9.00	B3	End-I	-63	5	34	3
+9.00	B3	Middle	0	2	15	2
+9.00	B3	End-J	-67	5	0	3
+9.00	B4	End-I	-63	5	34	3
+9.00	B4	Middle	0	2	16	2
+9.00	B4	End-J	-67	5	0	3
+9.00	B5	End-I	-61	5	35	3
+9.00	B5	Middle	0	2	18	2
+9.00	B5	End-J	-72	6	0	3
+9.00	B6	End-I	-37	3	0	2
+9.00	B6	Middle	0	2	16	2
+9.00	B6	End-J	-8	2	0	2
+9.00	B7	End-I	-50	4	0	2
+9.00	B7	Middle	0	2	42	3
+9.00	B7	End-J	-43	3	2	2
+9.00	B8	End-I	-60	5	0	2
+9.00	B8	Middle	0	2	43	3
+9.00	B8	End-J	-51	4	11	2
+9.00	B9	End-I	-72	6	0	3
+9.00	B9	Middle	0	2	42	3
+9.00	B9	End-J	-63	5	32	2
+9.00	B10	End-I	-83	7	46	4
+9.00	B10	Middle	0	2	42	3
+9.00	B10	End-J	-74	6	42	3
+9.00	B11	End-I	-93	8	59	5
+9.00	B11	Middle	0	2	34	3
+9.00	B11	End-J	-84	7	55	4
+9.00	B12	End-I	-66	5	0	3
+9.00	B12	Middle	0	2	42	3
+9.00	B12	End-J	-62	5	0	2

Tablo 4.8(Devamı): Kiriş tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kiriş İsmi	Lokasyon	(-) Moment(kNm)	(-)Donatı Alanı(cm ²)	(+) Moment(kNm)	(+)Donatı Alanı(cm ²)
+9.00	B13	End-I	-61	5	32	2
+9.00	B13	Middle	0	2	38	3
+9.00	B13	End-J	-67	5	0	3
+9.00	B14	End-I	-59	5	5	2
+9.00	B14	Middle	0	2	37	3
+9.00	B14	End-J	-62	5	0	2
+9.00	B15	End-I	-62	5	0	2
+9.00	B15	Middle	0	2	38	3
+9.00	B15	End-J	-66	5	0	3
+9.00	B16	End-I	-58	5	8	2
+9.00	B16	Middle	0	2	42	3
+9.00	B16	End-J	-70	6	0	3
+9.00	B17	End-I	-34	3	0	2
+9.00	B17	Middle	0	2	15	2
+9.00	B17	End-J	-34	3	0	2
+9.00	B18	End-I	-47	4	0	2
+9.00	B18	Middle	0	2	38	3
+9.00	B18	End-J	-48	4	0	2
+9.00	B19	End-I	-62	5	50	4
+9.00	B19	Middle	-36	3	40	3
+9.00	B19	End-J	-111	10	0	4
+9.00	B20	End-I	-66	5	48	4
+9.00	B20	Middle	0	2	40	3
+9.00	B20	End-J	-81	7	0	3
+9.00	B21	End-I	-77	6	43	3
+9.00	B21	Middle	0	2	38	3
+9.00	B21	End-J	-78	6	42	3
+9.00	B22	End-I	-86	7	53	4
+9.00	B22	Middle	0	2	28	2
+9.00	B22	End-J	-86	7	54	4
+9.00	B23	End-I	-61	5	12	2
+9.00	B23	Middle	0	2	43	3
+9.00	B23	End-J	-56	4	0	2
+9.00	B24	End-I	-62	5	53	4
+9.00	B24	Middle	-40	3	39	3
+9.00	B24	End-J	-118	10	0	5
+9.00	B25	End-I	-121	10	0	5
+9.00	B25	Middle	-36	3	42	3
+9.00	B25	End-J	-75	6	55	4
+9.00	B26	End-I	-52	4	12	2
+9.00	B26	Middle	0	2	42	3
+9.00	B26	End-J	-66	5	0	2
+9.00	B27	End-I	-34	3	0	2
+9.00	B27	Middle	0	2	15	2
+9.00	B27	End-J	-34	3	0	2
+9.00	B28	End-I	-44	3	0	2

Tablo 4.8(Devamı): Kiriş tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kiriş İsmi	Lokasyon	(-) Moment(kNm)	(-)Donatı Alanı(cm ²)	(+) Moment(kNm)	(+)Donatı Alanı(cm ²)
+9.00	B28	End-J	-44	3	0	2
+9.00	B29	End-I	-33	3	0	2
+9.00	B29	Middle	0	2	2	2
+9.00	B29	End-J	-33	3	0	2
+9.00	B30	End-I	-75	6	41	3
+9.00	B30	Middle	0	2	37	3
+9.00	B30	End-J	-75	6	41	3
+9.00	B31	End-I	-86	7	54	4
+9.00	B31	Middle	0	2	28	2
+9.00	B31	End-J	-86	7	54	4
+9.00	B32	End-I	-61	5	19	2
+9.00	B32	Middle	0	2	43	3
+9.00	B32	End-J	-56	4	0	2
+9.00	B33	End-I	-62	5	53	4
+9.00	B33	Middle	-40	3	39	3
+9.00	B33	End-J	-118	10	0	5
+9.00	B34	End-I	-121	10	0	5
+9.00	B34	Middle	-36	3	42	3
+9.00	B34	End-J	-75	6	55	4
+9.00	B35	End-I	-52	4	17	2
+9.00	B35	Middle	0	2	42	3
+9.00	B35	End-J	-66	5	0	2
+9.00	B36	End-I	-34	3	0	2
+9.00	B36	Middle	0	2	15	2
+9.00	B36	End-J	-34	3	0	2
+9.00	B37	End-I	-48	4	0	2
+9.00	B37	Middle	0	2	38	3
+9.00	B37	End-J	-47	4	3	2
+9.00	B38	End-I	-111	10	0	4
+9.00	B38	Middle	-36	3	40	3
+9.00	B38	End-J	-62	5	50	4
+9.00	B39	End-I	-81	7	0	3
+9.00	B39	Middle	0	2	40	3
+9.00	B39	End-J	-66	5	48	4
+9.00	B40	End-I	-78	6	42	3
+9.00	B40	Middle	0	2	38	3
+9.00	B40	End-J	-77	6	43	3
+9.00	B41	End-I	-86	7	54	4
+9.00	B41	Middle	0	2	29	2
+9.00	B41	End-J	-86	7	53	4
+9.00	B42	End-I	-66	5	0	3
+9.00	B42	Middle	0	2	42	3
+9.00	B42	End-J	-62	5	0	2
+9.00	B43	End-I	-61	5	32	2
+9.00	B43	Middle	0	2	38	3
+9.00	B43	End-J	-67	5	0	3

Tablo 4.8(Devamı): Kiriş tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kiriş İsmi	Lokasyon	(-) Moment(kNm)	(-)Donatı Alanı(cm ²)	(+) Moment(kNm)	(+)Donatı Alanı(cm ²)
+9.00	B44	Middle	0	2	37	3
+9.00	B44	End-J	-62	5	0	2
+9.00	B45	End-I	-62	5	0	2
+9.00	B45	Middle	0	2	38	3
+9.00	B45	End-J	-66	5	0	3
+9.00	B46	End-I	-58	5	22	2
+9.00	B46	Middle	0	2	42	3
+9.00	B46	End-J	-70	6	0	3
+9.00	B47	End-I	-1	2	1	2
+9.00	B47	Middle	0	2	17	2
+9.00	B47	End-J	-37	3	0	2
+9.00	B48	End-I	-43	3	0	2
+9.00	B48	Middle	0	2	42	3
+9.00	B48	End-J	-50	4	0	2
+9.00	B49	End-I	-51	4	0	2
+9.00	B49	Middle	0	2	43	3
+9.00	B49	End-J	-60	5	9	2
+9.00	B50	End-I	-63	5	32	2
+9.00	B50	Middle	0	2	42	3
+9.00	B50	End-J	-72	6	0	3
+9.00	B51	End-I	-74	6	42	3
+9.00	B51	Middle	0	2	42	3
+9.00	B51	End-J	-83	7	46	4
+9.00	B52	End-I	-84	7	55	4
+9.00	B52	Middle	0	2	34	3
+9.00	B52	End-J	-93	8	59	5
+9.00	B53	End-I	-68	5	37	3
+9.00	B53	Middle	0	2	5	2
+9.00	B53	End-J	-64	5	33	3
+9.00	B54	End-I	-63	5	34	3
+9.00	B54	Middle	0	2	2	2
+9.00	B54	End-J	-67	5	0	3
+9.00	B55	End-I	-63	5	34	3
+9.00	B55	Middle	0	2	2	2
+9.00	B55	End-J	-67	5	0	3
+9.00	B56	End-I	-63	5	34	3
+9.00	B56	Middle	0	2	2	2
+9.00	B56	End-J	-67	5	0	3
+9.00	B57	End-I	-61	5	35	3
+9.00	B57	Middle	-1	2	1	2
+9.00	B57	End-J	-72	6	0	3

Kiriş kesme donatı hesabının detayları aşağıda sunulmaktadır. Tüm kirişlerde Ø8/10/15 etriye kullanılmıştır. En fazla kuvvet alan kirişin kesme donatısı hesabı verilmiştir.

$$V_e = V_{dy} + (M_a + M_{ü}) / l_n = 40 + (133 + 127) / 4 = 105 \text{ kN}$$

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e \leq 0.22 A_w f_{cd} = 0.22 \times 250 \times 360 \times 17 = 336 \text{ kN}$$

$$V_r = V_c + V_w$$

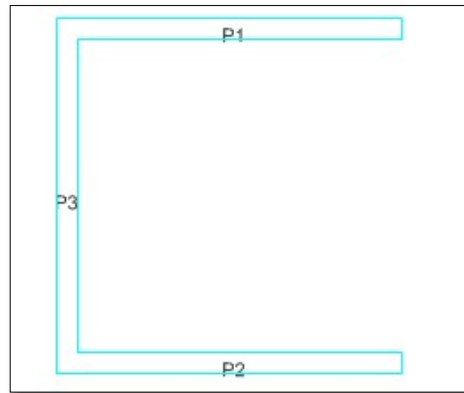
$$V_c = 0.8 V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b d = 0.8 \times 0.65 \times 1.17 \times 250 \times 360 = 55 \text{ kN}$$

$$V_w = \left(\frac{A_{sw}}{s} \right) f_{ywd} d = \left(\frac{100}{100} \right) 365 \times 360 = 131 \text{ kN}$$

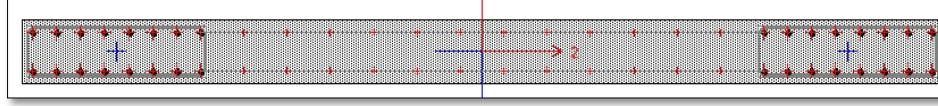
$$V_r = 55 + 131 = 186 \text{ kN} > 105 \text{ kN}$$

4.1.11. Perde Tasarım Sonuçları

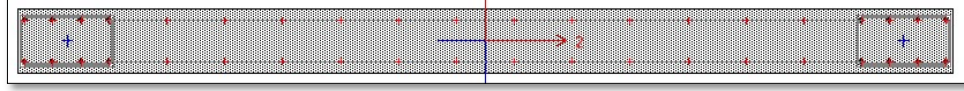
Yapı perde tasarımı "ETABS" yazılımı ile gerçekleştirilmiş olup tasarım yönetmeliği olarak TS500-2000 yönetmeliği seçilmiştir, taşıyıcı sistem olarak ise “High Ductile” (Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler) seçilmiştir. Tasarım kriterleri Bölüm 3.1.6’da verilmiştir. Donatı tasarımı ve başlık genişliklerinde kritik kat yüksekliği dikkate alınmıştır.



Şekil 4.6: Perde isimleri.



Şekil 4.7: D1, D2, D3 donatı dizilimi.



Şekil 4.8: D4, D5 donatı dizilimi.

Tablo 4.9: Perde boy donatı tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kesit İsmi	Donatı Dizilimi	Talep/Kapasite Oranları	Başlık Genişliği	Başlık Boy Donatısı	Gövde Boy Donatısı
+21.00	P1	D5	0.322	40	8Ø14	Ø12/25
+18.00	P1	D5	0.389	40	8Ø14	Ø12/25
+15.00	P1	D5	0.683	40	8Ø14	Ø12/25
+12.00	P1	D4	0.940	40	8Ø16	Ø12/25
+9.00	P1	D3	0.911	80	16Ø18	Ø12/25
+6.00	P1	D2	0.932	80	16Ø22	Ø12/25
+3.00	P1	D1	0.925	80	16Ø26	Ø12/25
+21.00	P2	D5	0.156	40	8Ø14	Ø12/25
+18.00	P2	D5	0.380	40	8Ø14	Ø12/25
+15.00	P2	D5	0.259	40	8Ø14	Ø12/25
+12.00	P2	D4	0.647	40	8Ø16	Ø12/25
+9.00	P2	D3	0.718	80	16Ø18	Ø12/25
+6.00	P2	D2	0.892	80	16Ø22	Ø12/25
+3.00	P2	D1	0.927	80	16Ø26	Ø12/25
+21.00	P3	D5	0.322	40	8Ø14	Ø12/25
+18.00	P3	D5	0.389	40	8Ø14	Ø12/25
+15.00	P3	D5	0.683	40	8Ø14	Ø12/25
+12.00	P3	D4	0.940	40	8Ø16	Ø12/25
+9.00	P3	D3	0.911	80	16Ø18	Ø12/25
+6.00	P3	D2	0.932	80	16Ø22	Ø12/25
+3.00	P3	D1	0.911	80	16Ø26	Ø12/25

Tablo 4.10: Perde kesme donatıları.

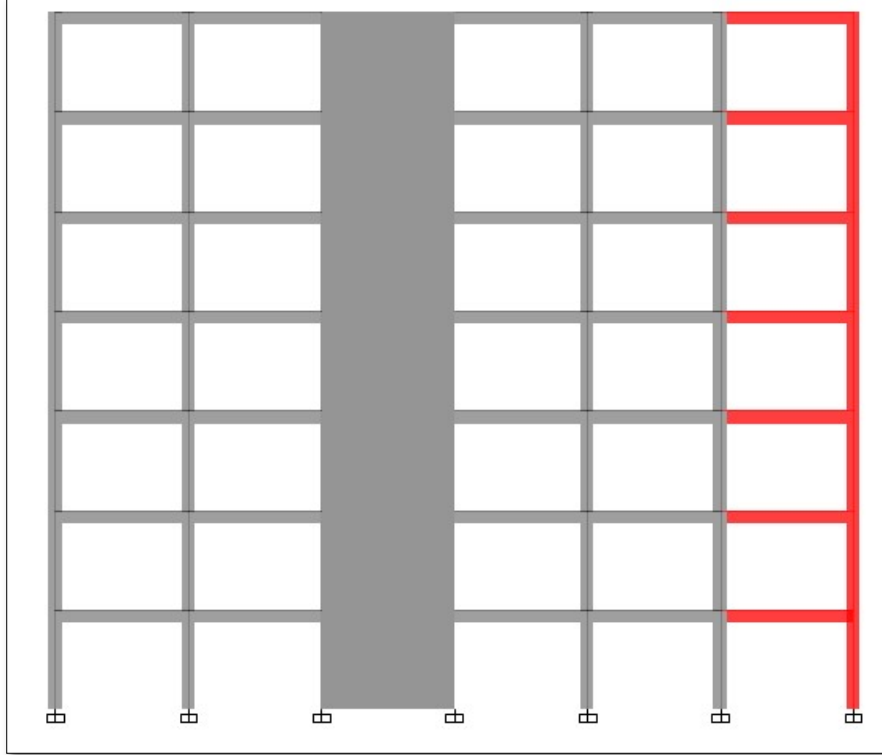
Kat Kotu	Perde İsimleri	Başlık Kesme Donatısı	Gövde Kesme Donatısı
+21.00	P1	Ø12/10	Ø10/20
+21.00	P2	Ø12/10	Ø10/20
+21.00	P3	Ø12/10	Ø10/20
+18.00	P1	Ø12/10	Ø10/20
+18.00	P2	Ø12/10	Ø10/20
+18.00	P3	Ø12/10	Ø10/20
+15.00	P1	Ø12/10	Ø12/15
+15.00	P2	Ø12/10	Ø12/15
+15.00	P3	Ø12/10	Ø12/15
+12.00	P1	Ø12/10	Ø14/15
+12.00	P2	Ø12/10	Ø14/15
+12.00	P3	Ø12/10	Ø14/15
+9.00	P1	Ø12/10	Ø12/15
+9.00	P2	Ø12/10	Ø12/15
+9.00	P3	Ø12/10	Ø12/15
+6.00	P1	Ø12/10	Ø12/15
+6.00	P2	Ø12/10	Ø12/15
+6.00	P3	Ø12/10	Ø12/15
+3.00	P1	Ø12/10	Ø12/15
+3.00	P2	Ø12/10	Ø12/15
+3.00	P3	Ø12/10	Ø12/15

4.2. Eklenen Çerçeve Yapının TBDY 2018'e Göre Tasarımı

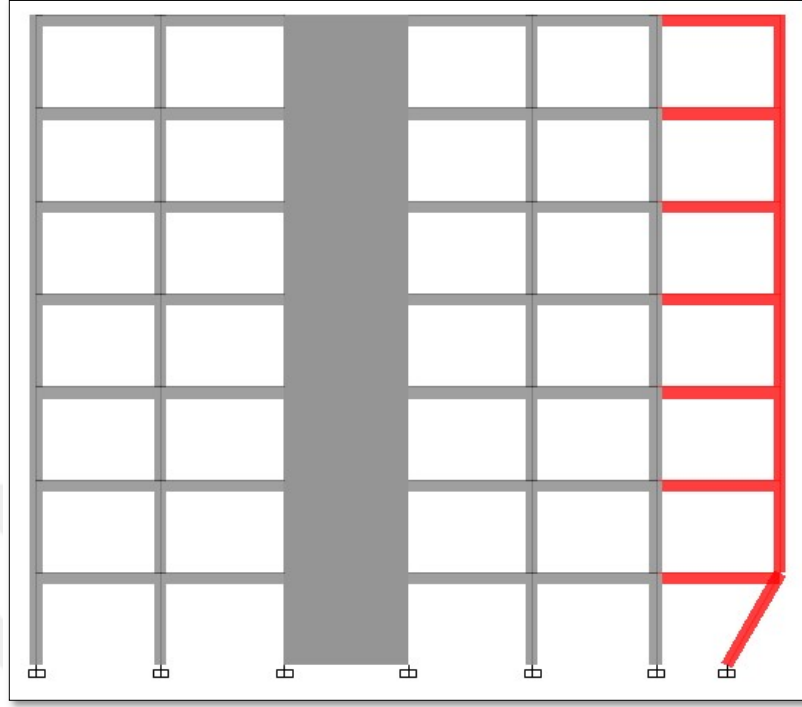
4.2.1. Bina Bilgileri

Mevcut betonarme yapıya ilave edilecek çerçeve yapı 1.katta düz kolonlu ve eğik kolonlu olmak üzere iki farklı şekilde tasarlanacaktır. İki çerçeve yapısının da bilgileri aşağıda verilmektedir. Düz kolonlu çerçeve yapı 1. yapı, eğik kolonlu çerçeve yapı ise 2. yapı olarak adlandırılmaktadır.

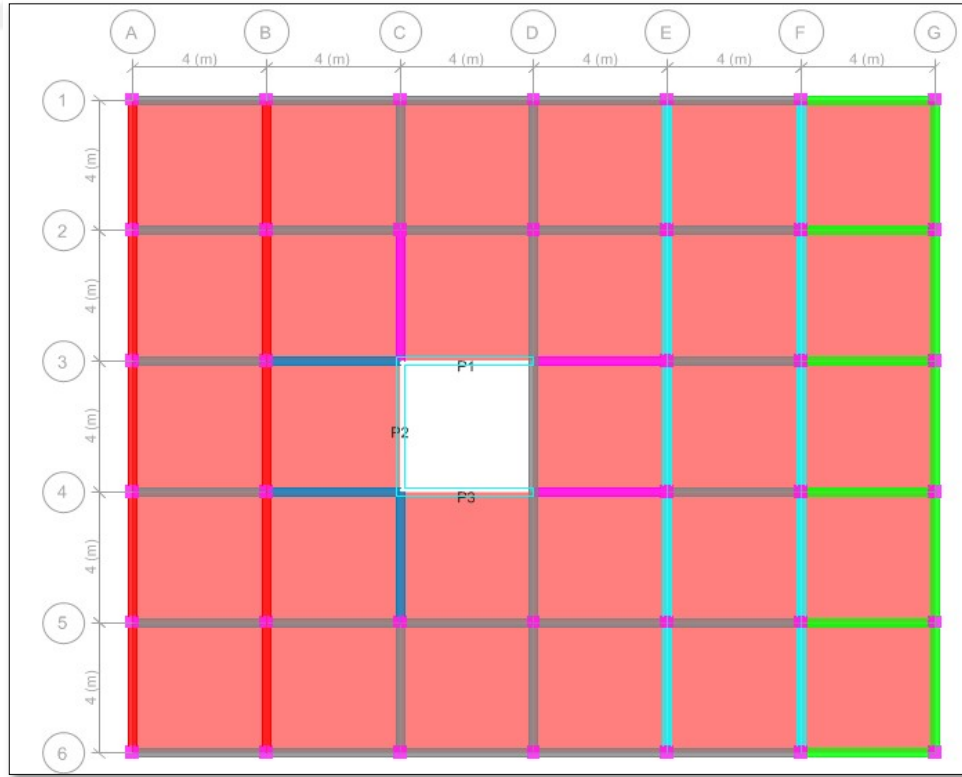
- Kolon kesitleri : 40x40 cm
- Kiriş kesitleri : 25x40 cm
- Döşeme tipi : Plak döşeme
- Döşeme kalınlığı : 12 cm
- Beton sınıfı : C25
- Donatı sınıfı : S420



Şekil 4.9: 1.Yapı kesiti.



Şekil 4.10: 2.Yapı kesiti.

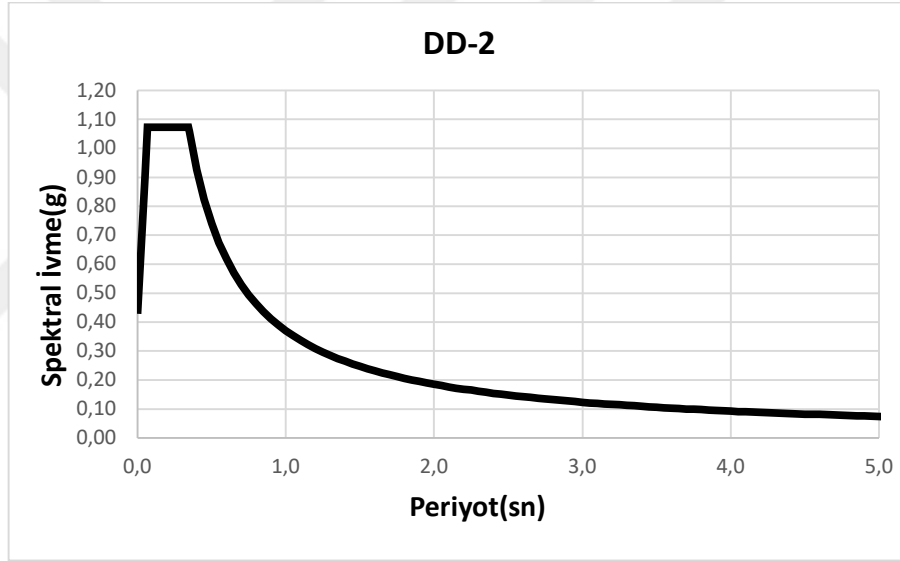


Şekil 4.11: Yapı planı.

4.2.2. Deprem Tasarım Bilgileri ve Yükler

Mevcut betonarme yapı depremsellik bilgileri aşağıda sunulmaktadır.

- S_S, S_{DS} : 0.896, 1.075
- S_1, S_{D1} : 0.248, 0.372
- DTS, BYS : 1, 5
- Zemin sınıfı : ZC
- T_A, T_B : 0.069, 0.305
- Bina önem katsayısı : 1



şekil 4.12: Yatay elastik spektrumu.

Betonarme yapı tasarımda kullanılacak kaplama, hareketli ve dış cephelerde bulunan duvar yükleri sırası ile 2 kN/m², 5kN/m² ve 8kN/m'dir[10].

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ise Tablo 4.1'de görülebileceği üzere her iki yön içinde süneklik düzeyi yüksek sistemler için verilen, R=7, D=2.5 seçilmiştir.

Tablo 4.11: Süneklik düzeyi yüksek betonarme yapılar için R ve D katsayıları.

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı(R)	Dayanım Fazlalığı Katsayısı(D)
A11:Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran çerçeveler ile karşılandığı binalar	8	3
A12:Deprem etkilerinin tamamının boşluklu perdeler ile karşılandığı binalar	7	2.5
A13:Deprem etkilerinin tamamının boşluksuz perdeler ile karşılandığı binalar	6	2.5
A14:Deprem etkilerinin tamamının boşluklu perdeler ve çerçeveler ile karşılandığı binalar	8	2.5
A15:Deprem etkilerinin tamamının boşluksuz perdeler ve çerçeveler ile karşılandığı binalar	7	2.5

4.2.3. Modal Analiz Sonuçları

Betonarme yapıların kütlesi hesaplanırken yapının kendi ağırlığı, kaplama yükü, duvar yükü ve Tablo 4.12'den görülebileceği üzere " $\eta=0.3$ " katsayısı ile azaltılan hareketli yüklerin toplamı olarak dikkate alınmıştır. Yapılara ait periyot değerleri Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'te sunulmaktadır.

Tablo 4.12: Hareketli yük kütle katılım katsayısı.

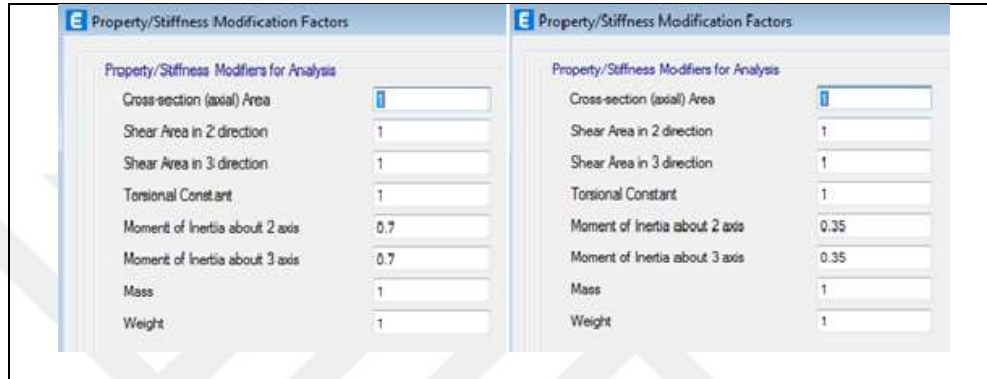
Binanın Kullanım Amacı	η
Depo.antrepo vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

Tablo 4.13: 1.Yapı etkin periyotları(sn).

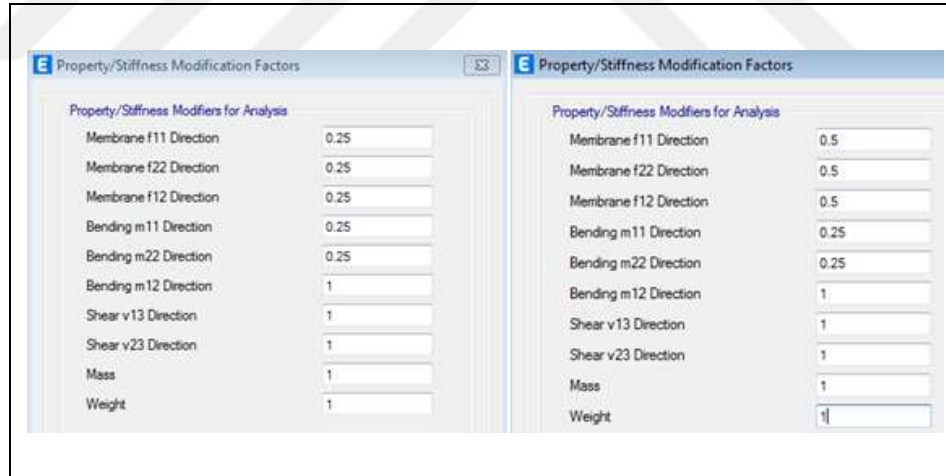
Kütle Katılım Oranları				
Mod Numarası	Periyot	Ux	Uy	Rz
1	1.35	0.00	0.21	0.58
2	0.86	0.70	0.00	0.00
3	0.73	0.00	0.52	0.20

Tablo 4.14: 2.Yapı etkin periyotları(sn).

Kütle Katılım Oranları				
Mod Numarası	Periyot	U _x	U _y	R _z
1	1.36	0.00	0.21	0.58
2	0.88	0.73	0.00	0.00
3	0.75	0.00	0.52	0.20



Şekil 4.13: Kolon ve kirişlere ait etkin kesit rijitlik değerleri.



Şekil 4.14: Döşeme ve perdelerine ait etkin kesit rijitlik değerleri.

4.2.4. Deprem Hesabı

Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'te verilen periyot değerlerine göre hesaplanan deprem kuvvetleri aşağıda sunulmaktadır. Yapı periyotlarının benzer olması sebebiyle yalnızca 1.Yapı deprem hesabı verilmiştir. Deprem hesabı Bölüm 3.2'de anlatıldığı şekilde yapılacaktır.

- Yapı periyotları her iki yönde de T_B değerinden büyük olarak hesaplanmıştır. Bu doğrultuda;

$$S_{aex}(T) = \frac{S_{DI}}{T} = \frac{0.372}{0.860} = 0.43$$

$$S_{aey}(T) = \frac{S_{DI}}{T} = \frac{0.372}{0.730} = 0.51$$

- R katsayısının seçiminde perde elemanlarının aldığı devrilme momenti oranı dikkate alınmaktadır. Bu nedenle R katsayısı 4/5 oranında azaltılmıştır.
- Her iki yönde de periyot değerlerinin T_B değerinden büyük olması sebebiyle $R_a=R$ olarak alınmıştır.

$$R_a = \frac{R}{I} \quad T > T_B$$

- Bölüm 4.2.2'de belirtilen yükleme durumu dikkate alınarak hesaplanan yapı kütlesi ve deprem kuvvetleri;

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T_p) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$$

Yapı kütlesi: 34004 kN

X yönü deprem kuvveti: $34004 \times 0.43 / 5.6 = 2611$ kN

Y yönü deprem kuvveti: $34004 \times 0.51 / 5.6 = 3096$ kN

4.2.5. Yük Birleşimleri

Yük birleşimleri TBDY 2018 ve TS 500[11]'e uygun olarak düzenlenmiştir. Analizlerde kullanılan kombinasyonlar aşağıda sunulmaktadır.

- $G+Q+0.2S \pm E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$
- $0.9G \pm E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)}$
- $G+Q$
- $1.4G+1.6Q$

4.2.6. Yapı Düzensizlikleri

Betonarme yapılarda planda ve düşeyde herhangi bir düzensizlik bulunmamaktadır. A1 burulma düzensizliği hesabı aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4.15: 1.Yapı A1 burulma düzensizlikleri.

Kat Kotu	$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(X)})_{max}$	η_{bix}	$(\Delta_i^{(Y)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(Y)})_{max}$	η_{biy}
+21.00	4.36	4.47	1.03	4.18	5.47	1.31
+18.00	4.75	4.94	1.04	5.19	7.93	1.53
+15.00	4.88	5.15	1.05	6.05	10.28	1.70
+12.00	4.78	5.10	1.07	6.62	12.11	1.83
+9.00	4.29	4.64	1.08	6.68	12.99	1.95
+6.00	3.32	3.66	1.10	5.94	12.15	2.05
+3.00	1.69	1.89	1.12	3.41	6.95	2.04

Tablo 4.16: 2.Yapı A1 burulma düzensizlikleri.

Kat Kotu	$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(X)})_{max}$	η_{bix}	$(\Delta_i^{(Y)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(Y)})_{max}$	η_{biy}
+21.00	4.40	4.52	1.03	4.14	5.43	1.31
+18.00	4.79	4.98	1.04	5.15	7.89	1.53
+15.00	4.92	5.18	1.05	6.01	10.23	1.70
+12.00	4.81	5.12	1.07	6.58	12.05	1.83
+9.00	4.32	4.67	1.08	6.64	12.91	1.95
+6.00	3.35	3.68	1.10	5.85	11.95	2.04
+3.00	1.78	1.99	1.12	3.47	7.02	2.02

4.2.7. Analiz Yöntemi

Betonarme yapılarda A1 burulma düzensizliği bulunması sebebiyle mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Benzer değerler elde edilmesinden dolayı yalnızca 1.Yapıya ait sonuçlar verilmiştir($\gamma_E=0.9$).

$$B_{tE} = \frac{\gamma_E V_{tE}}{V_t} \geq 1$$

Mod birleştirme ve eşdeğer deprem yükü ile hesaplanan kuvvetler aşağıda verilmiştir. Yukarıdaki formül kullanılarak mod birleştirme yöntemi ile elde edilen kuvvetler B_{tE} oranında artırılmıştır.

$$R_{sx}=2281 \text{ kN}, R_{sy}=2020 \text{ kN}; E_x=2611 \text{ kN}, E_y=3096 \text{ kN}$$

$$R_{sx}=2281 \times 1.03=2350 \text{ kN}, R_{sy}=2020 \times 1.38=2787 \text{ kN}$$

4.2.8. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Görelî kat öteleme kontrolü Bölüm 3.2.9'da açıklandığı üzere yapılmış olup, Tablo 4.17'de sunulmaktadır($\lambda=0.4$).

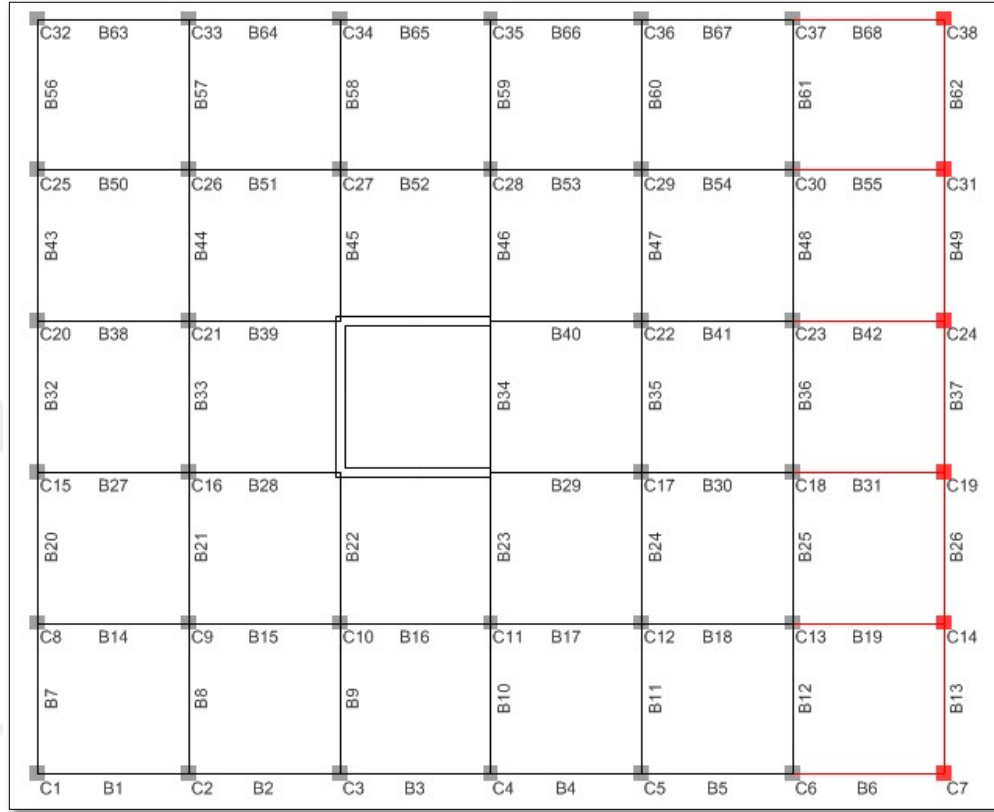
Tablo 4.17: 1.Yapı kat göreli ötelenme oranları.

Kat Yüksekliği(h_i)(mm)	$(\Delta_i^{(X)})_{\max}$	δ_x/h_i	$(\Delta_i^{(Y)})_{\max}$	δ_y/h_i	Limit Değer
3000	3.37	0.006	2.77	0.005	0.02
3000	3.65	0.007	3.27	0.006	0.02
3000	3.75	0.007	3.55	0.007	0.02
3000	3.64	0.007	3.69	0.007	0.02
3000	3.29	0.005	3.66	0.007	0.02
3000	2.59	0.005	3.34	0.006	0.02
3000	1.37	0.003	2.05	0.004	0.02

4.2.9. Kolon Tasarım Sonuçları

Yapı kolon tasarımı "ETABS" yazılımı ile gerçekleştirilmiş olup tasarım yönetmeliği olarak TS500-2000(R2018) yönetmeliği seçilmiştir, taşıyıcı sistem olarak ise “High Ductile” (Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler) seçilmiştir. Tasarım kriterleri Bölüm 3.2.9'da verilmiştir. Tasarım sonuçları Tablo 4.18'de sunulmaktadır. Kolon donatılarında minimum donatı yeterli olmaktadır. Bu doğrultuda 2.yapıya ait

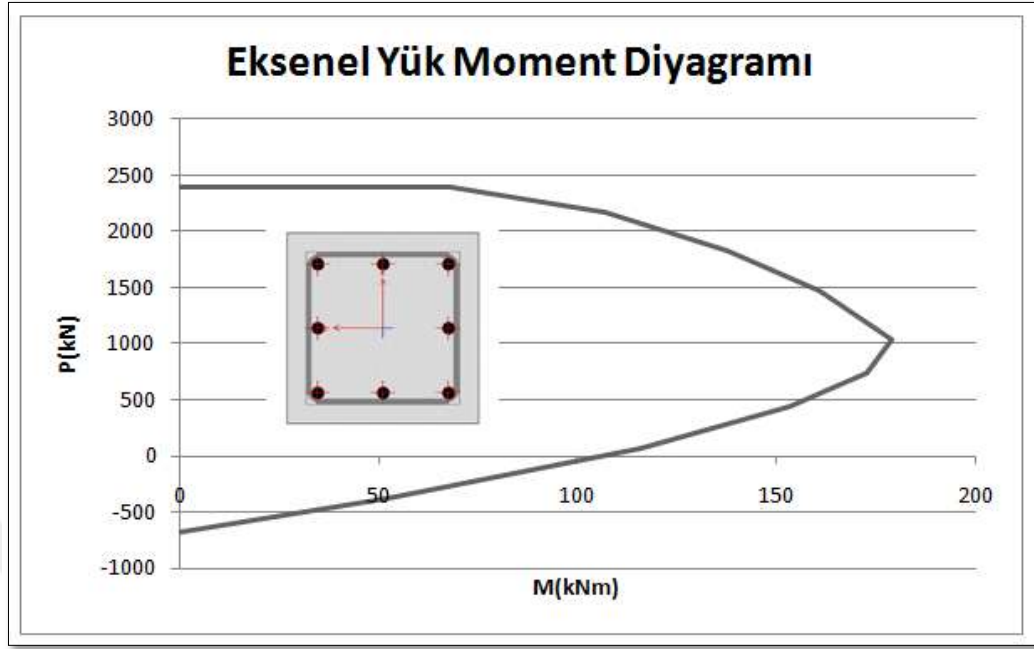
en olumsuz sonuçlar veren 1.kat donatıları verilmektedir. Kolonlar için seçilen boy donatılar 8Ø16'dır(%1).



Şekil 4.15: Kolon ve kiriş isimleri.

Tablo 4.18: Kolon tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kolon İsmi	P(kN)	M(majör)(kNm)	M(minör)(kNm)	Donatı Oranı
+3.00	C7	762.41	-99.20	-51.03	1%
+3.00	C14	1771.50	-100.66	-47.83	1%
+3.00	C19	1781.69	-101.02	48.11	1%
+3.00	C24	1781.69	-101.02	-48.11	1%
+3.00	C31	1771.50	-100.66	47.83	1%
+3.00	C38	762.41	-99.20	51.03	1%



Şekil 4.16: Kolon eksenel yük moment diyagramı.

Kolon kesme donatı hesabının detayları aşağıda sunulmaktadır. Tüm kolonlarda seçilen donatı 3 kollu Ø12/10/15 cm'dir (3.39 cm²). Maksimum tasarım kesme kuvveti ise 100 kN olarak bulunmuştur.

$$A_{sh} \geq 0.30 s b_k \left[\left(A_c / A_{ck} \right) - 1 \right] \left(f_{ck} / f_{ywk} \right) \geq 3.09 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075 s b_k \left(f_{ck} / f_{ywk} \right) \geq 1.4 \text{ cm}^2$$

$$V_r = V_c + V_w$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b d = 0.8 \times 0.65 \times 1.17 \times 400 \times 360 = 87 \text{ kN}$$

$$V_w = \left(\frac{A_{sw}}{s} \right) f_{ywd} d = \left(\frac{339}{100} \right) 365 \times 360 = 445 \text{ kN}$$

$$V_r = 87 + 445 = 532 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

4.2.10. Kiriş Tasarım Sonuçları

Yapı kiriş tasarımı "ETABS" yazılımı ile gerçekleştirilmiş olup tasarım yönetmeliği olarak TS500-2000(R2018) yönetmeliği seçilmiştir, taşıyıcı sistem olarak ise "High Ductile" (Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler) seçilmiştir. Tasarım kriterleri Bölüm 3.2.9'da verilmiştir. Tipik kat tasarım sonuçları Tablo 4.19'da sunulmaktadır.

Tablo 4.19: Kiriş tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kiriş İsmi	Lokasyon	(-) Moment(kNm)	(-)Donatı Alanı(cm ²)	(+) Moment(kNm)	(+)Donatı Alanı(cm ²)
+6.00	B6	End-I	-54.31	4	0.00	2
+6.00	B6	Middle	0.00	1	32.36	3
+6.00	B6	End-J	-37.57	3	22.57	2
+6.00	B13	End-I	-97.98	8	60.89	5
+6.00	B13	Middle	0.00	2	35.60	3
+6.00	B13	End-J	-93.06	8	59.52	5
+6.00	B19	End-I	-53.04	4	0.00	2
+6.00	B19	Middle	0.00	1	44.69	4
+6.00	B19	End-J	-35.96	3	28.04	2
+6.00	B26	End-I	-93.83	8	58.25	5
+6.00	B26	Middle	0.00	2	32.58	3
+6.00	B26	End-J	-94.26	8	58.52	5
+6.00	B31	End-I	-50.99	4	0.00	2
+6.00	B31	Middle	0.00	1	44.84	4
+6.00	B31	End-J	-33.63	3	28.24	2
+6.00	B37	End-I	-94.09	8	58.36	5
+6.00	B37	Middle	0.00	2	32.44	3
+6.00	B37	End-J	-94.09	8	58.36	5
+6.00	B42	End-I	-50.99	4	0.00	2
+6.00	B42	Middle	0.00	1	44.84	4
+6.00	B42	End-J	-33.63	3	28.24	2
+6.00	B49	End-I	-94.26	8	58.52	5
+6.00	B49	Middle	0.00	2	32.58	3
+6.00	B49	End-J	-93.83	8	58.25	5
+6.00	B55	End-I	-53.04	4	0.00	2
+6.00	B55	Middle	0.00	1	44.69	4
+6.00	B55	End-J	-35.96	3	28.04	2
+6.00	B62	End-I	-93.06	8	59.52	5
+6.00	B62	Middle	0.00	2	35.60	3
+6.00	B62	End-J	-97.98	8	60.89	5
+6.00	B68	End-I	-54.31	4	0.00	2
+6.00	B68	Middle	0.00	1	32.36	3
+6.00	B68	End-J	-37.57	3	22.57	2
+6.00	B6	End-I	-54.31	4	0.00	2
+6.00	B6	Middle	0.00	1	32.36	3
+6.00	B6	End-J	-37.57	3	22.57	2

Tablo 4.19(Devamı): Kiriş tasarım sonuçları.

Kat Kotu	Kiriş İsmi	Lokasyon	(-) Moment(kNm)	(-)Donatı Alanı(cm ²)	(+) Moment(kNm)	(+)Donatı Alanı(cm ²)
+6.00	B13	Middle	0.00	2	35.60	3
+6.00	B13	End-J	-93.06	8	59.52	5
+6.00	B19	End-I	-53.04	4	0.00	2
+6.00	B19	Middle	0.00	1	44.69	4
+6.00	B19	End-J	-35.96	3	28.04	2
+6.00	B26	End-I	-93.83	8	58.25	5
+6.00	B26	Middle	0.00	2	32.58	3
+6.00	B26	End-J	-94.26	8	58.52	5
+6.00	B31	End-I	-50.99	4	0.00	2
+6.00	B31	Middle	0.00	1	44.84	4
+6.00	B31	End-J	-33.63	3	28.24	2
+6.00	B37	End-I	-94.09	8	58.36	5
+6.00	B37	Middle	0.00	2	32.44	3
+6.00	B37	End-J	-94.09	8	58.36	5
+6.00	B42	End-I	-50.99	4	0.00	2
+6.00	B42	Middle	0.00	1	44.84	4
+6.00	B42	End-J	-33.63	3	28.24	2
+6.00	B49	End-I	-94.26	8	58.52	5
+6.00	B49	Middle	0.00	2	32.58	3
+6.00	B49	End-J	-93.83	8	58.25	5
+6.00	B55	End-I	-53.04	4	0.00	2
+6.00	B55	Middle	0.00	1	44.69	4
+6.00	B55	End-J	-35.96	3	28.04	2
+6.00	B62	End-I	-93.06	8	59.52	5
+6.00	B62	Middle	0.00	2	35.60	3
+6.00	B62	End-J	-97.98	8	60.89	5
+6.00	B68	End-I	-54.31	4	0.00	2
+6.00	B68	Middle	0.00	1	32.36	3
+6.00	B68	End-J	-37.57	3	22.57	2
+6.00	B6	End-I	-54.31	4	0.00	2
+6.00	B6	Middle	0.00	1	32.36	3
+6.00	B6	End-J	-37.57	3	22.57	2

Kiriş kesme donatı hesabının detayları aşağıda sunulmaktadır. Tüm kirişlerde Ø8/10/15 etriye kullanılmıştır. En fazla kuvvet alan kirişin kesme donatısı hesabı verilmiştir.

$$V_e = V_{dy} + (M_a + M_{ii}) / l_n = 42 + (135 + 84) / 4 = 96 \text{ kN}$$

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e \leq 0.85 b_w d \sqrt{f_{ck}} = 0.85 \times 250 \times 360 \times \sqrt{25} = 382 \text{ kN}$$

$$V_r = V_c + V_w$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b d = 0.8 \times 0.65 \times 1.17 \times 250 \times 360 = 55 \text{ kN}$$

$$V_w = \left(\frac{A_{sw}}{s} \right) f_{ywd} d = \left(\frac{100}{100} \right) 365 \times 360 = 131 \text{ kN}$$

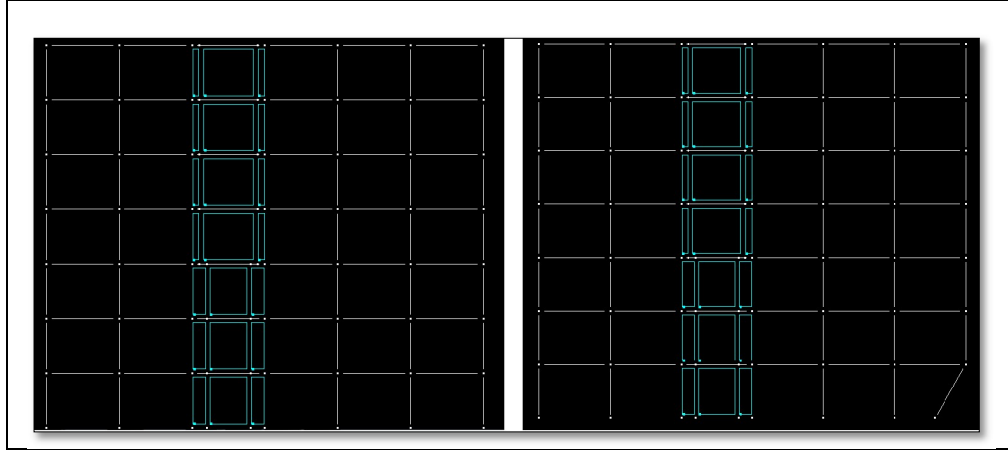
$$V_r = 55 + 131 = 186 \text{ kN} > 96 \text{ kN}$$

4.3. Betonarme Yapının Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirilmesi

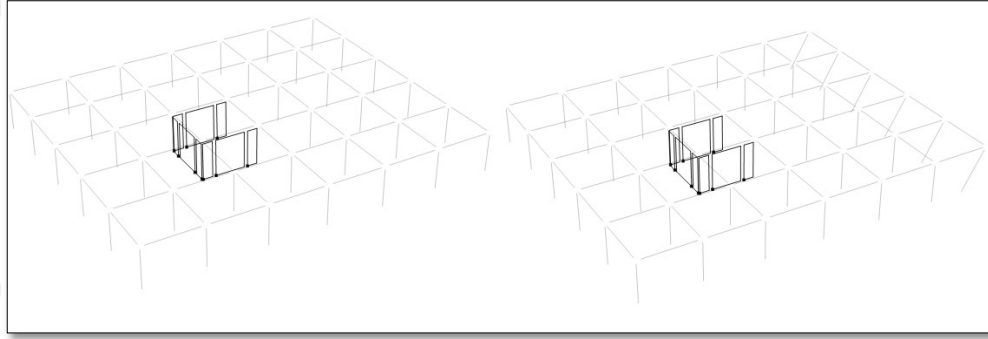
Bu bölümde betonarme yapının TBDY 2018'e göre deprem performansı zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilecektir. Deprem performansı analizlerinde "Perform 3D" programı kullanılmış, kesit analizlerinde ise "SAP2000" programı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarının alınmasında "*Betonarme Yapılarda Deprem Güvenliğinin Olasılıksal İrdelenmesine Yönelik Bir Hesap Aracının Geliştirilmesi*" adlı yüksek lisans tezi sonucu ortaya çıkan yazılımdan faydalanılmıştır [21].

4.3.1. Yapı Modelinin Oluşturulması

Yapıların şekildeğiştirmeye göre deprem performansının belirlenmesi için yapılan analizler Perform 3D programında gerçekleştirilmiştir. Mevcut betonarme yapıya eklenen yeni çerçeveler 1. katta düz kolonlu ve eğik kolonlu olmak üzere iki ayrı analiz modeli oluşturulmuştur. Düz kolonlu çerçeve yapısı 1.Yapı, eğik kolonlu çerçeve yapısı ise 2.Yapı olarak adlandırılmaktadır. Analiz modellerine ait program görselleri aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 4.17: Sırası ile 1.Yapı ve 2.Yapı kesitleri.

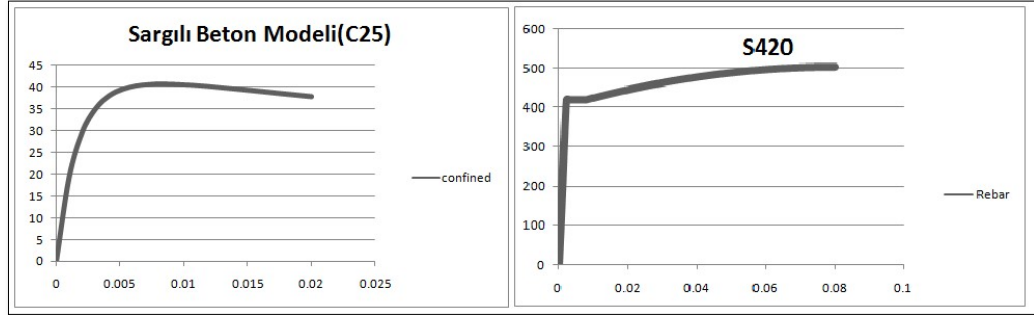


Şekil 4.18: Sırası ile 1.Yapı ve 2.Yapı planları.

4.3.1.1. Kolonların Modellenmesi

Betonarme yapıya ait kolonların doğrusal olmayan davranışı yayılı plastik mafsallı model ile tanımlanmıştır. Kolonlarda oluşan eğilme ve eksenel yüklerden meydana gelen gerilme-şekildeğiştirmeleri daha gerçekçi tespit edebilmek için yayılı plastik mafsallı model kullanılmıştır [13]. Yayılı plastik mafsallı modelinde kesitlerin beton ve donatı özellikleri küçük parçacıklara bölünerek ifade edilmektedir. Beton malzeme özelliği etriye dışında kalan kabuk kısmı için sargısız beton modeli ile ifade edilirken, etriye içinde kalan çekirdek kısım ise sargılı beton modeli ile ifade edilmektedir [14]. Donatı çeliği malzeme modeli ise Bölüm 2'de anlatıldığı üzere tanımlanmaktadır. Mevcut betonarme yapının beton ve donatı çeliği için malzeme özellikleri sırası ile $f_{ck} = 25$ MPa ve $f_{yk} = 420$ MPa kullanılmış iken, eklenen çerçeve yapılarının malzeme dayanımlarında ise beklenen malzeme özellikleri kullanılmıştır. Eklenen çerçeve yapı için beton ve donatı çeliği malzeme özellikleri sırası ile

$f_{ce}=1.3f_{ck}$ ve $f_{ye}=1.2f_{yk}$ 'dir. Eklenen çerçeve yapısına ait beklenen beton ve donatı çeliği malzeme özellikleri Şekil 4.19'da sunulmaktadır. Perform 3D programına ait beton ve donatı çeliği malzeme modellerine ait görseller aşağıda verilmektedir [15].



Şekil 4.19: Beton ve donatı çeliği malzeme özellikleri.

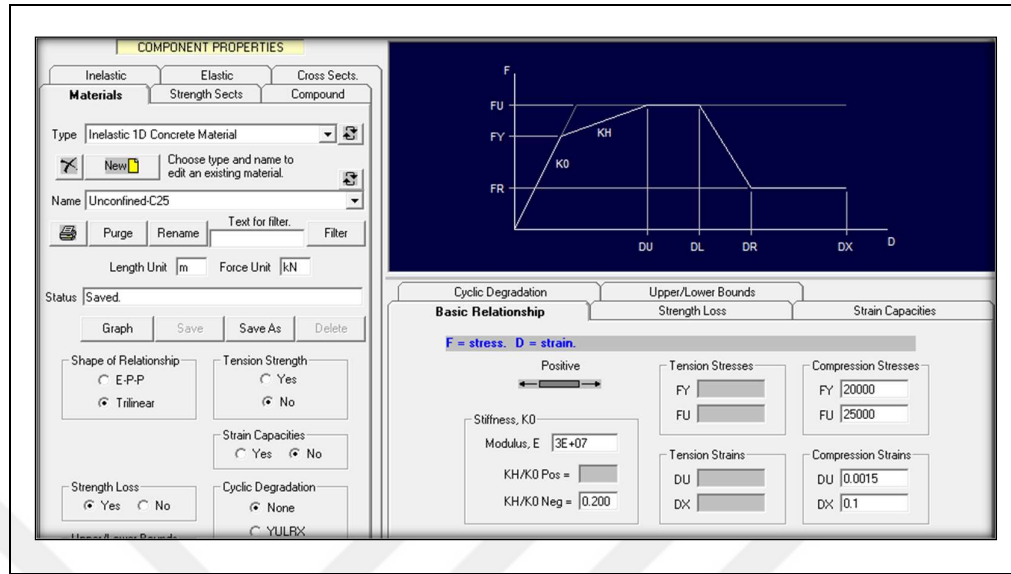
Detayları 3.Bölümde anlatılan sargılı beton modeline ait limit değerlerin hesaplanmasına ait detaylar aşağıda sunulmaktadır.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{4 \times 140^2 + 4 \times 140^2}{6 \times 304 \times 304}\right) \left(1 - \frac{100}{2 \times 304}\right) \left(1 - \frac{100}{2 \times 304}\right) = 0.5 \quad \rho_{sh} = 0.011$$

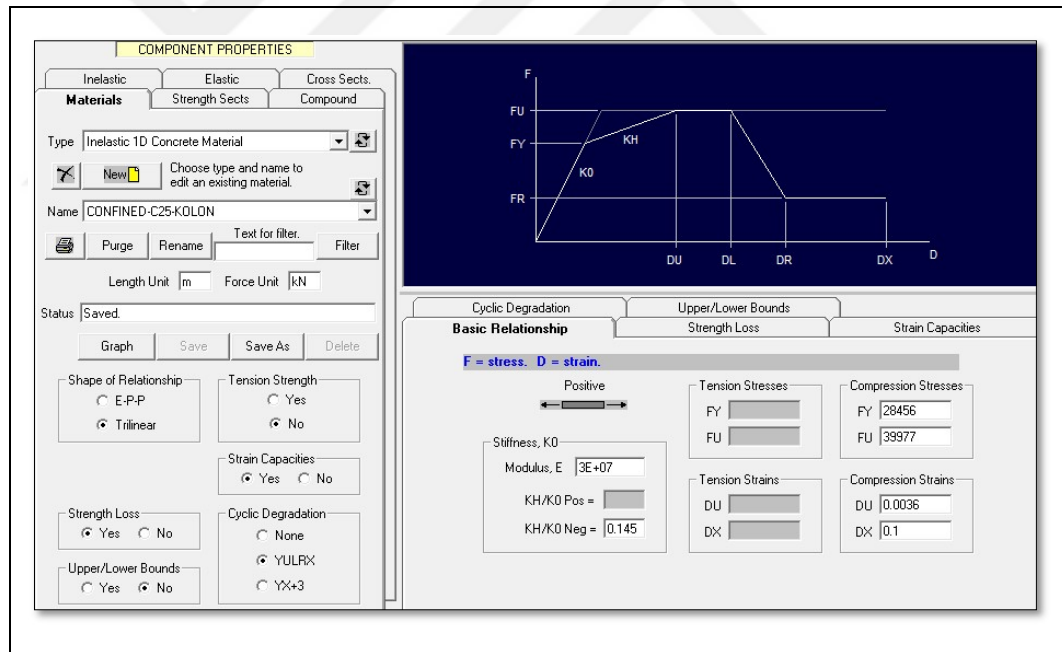
$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh, min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}}; \omega_{we} = 0.5 \times 0.011 \times \frac{420}{25} = 0.09$$

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{0.09} = 0.015 \leq 0.018$$

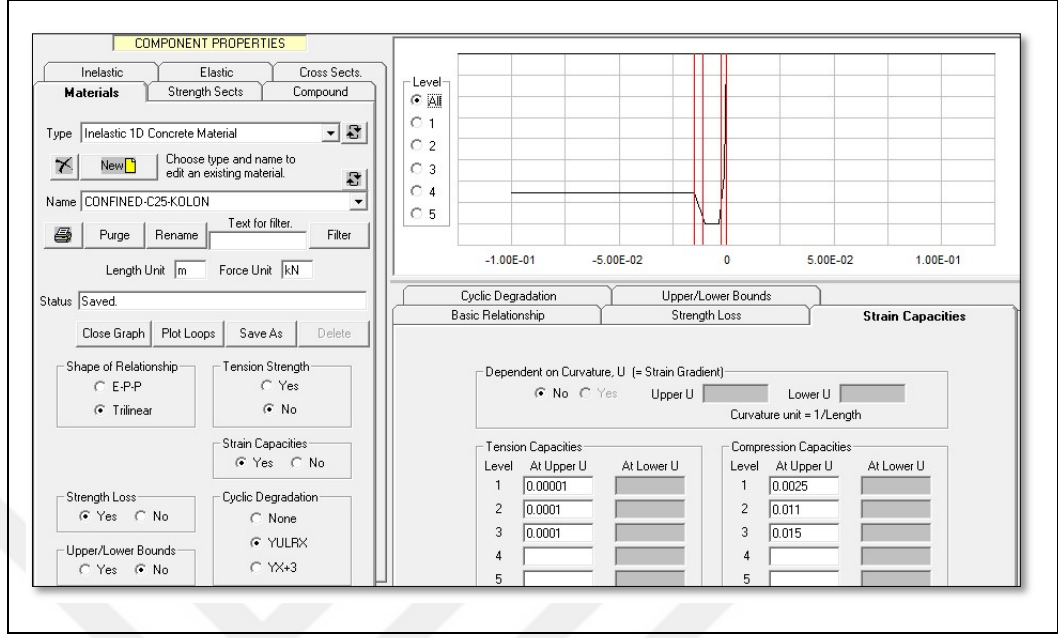
$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.011; \varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025$$



Şekil 4.20: Sargısız beton modeli.



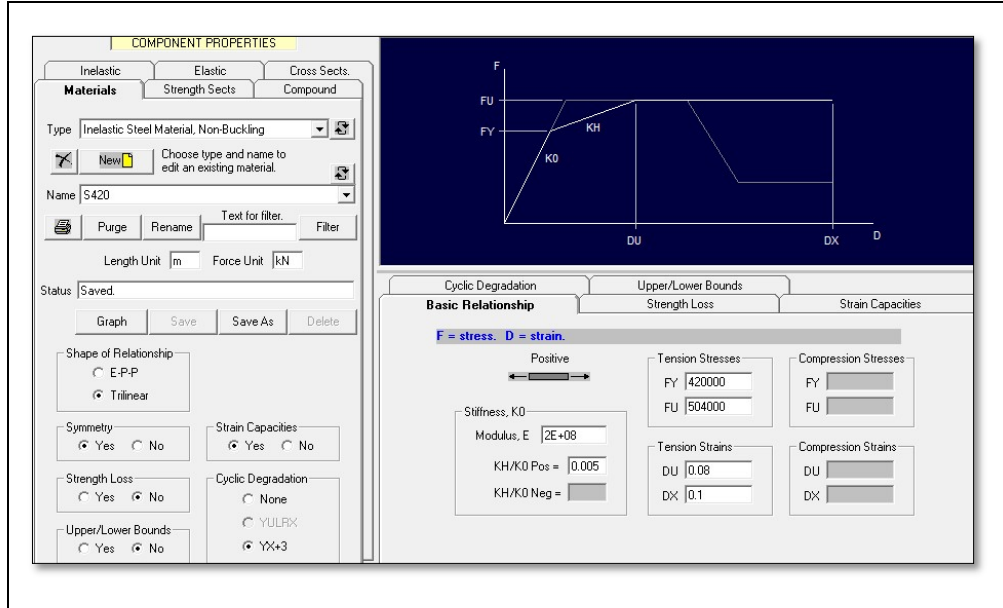
Şekil 4.21: Sargılı beton modeli.



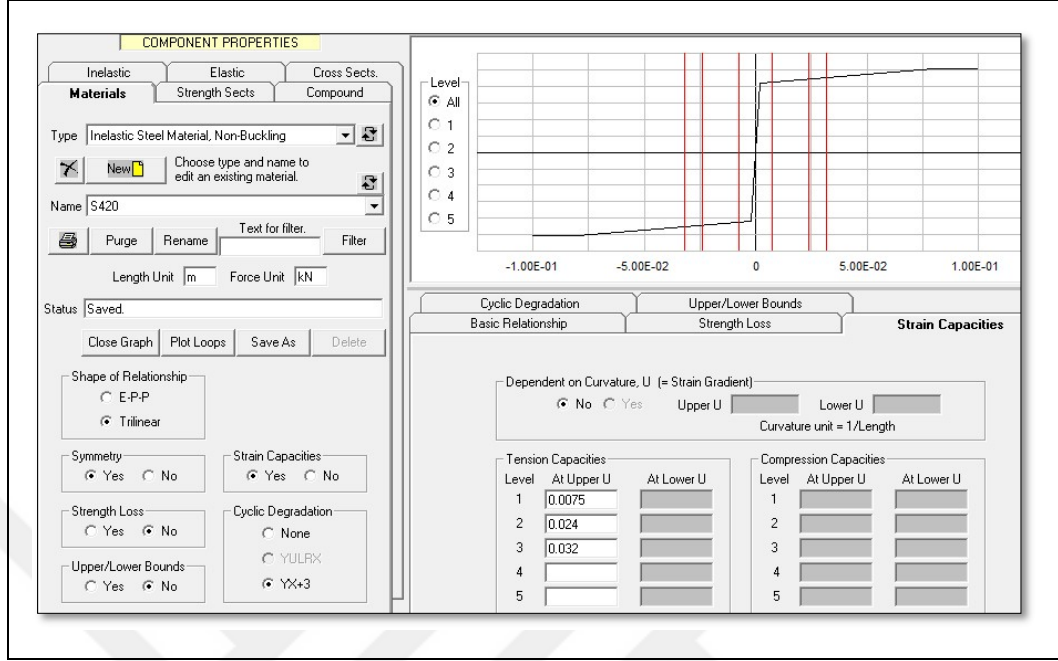
Şekil 4.22: Sargılı beton modeli limit değerleri.

Detayları 3.Bölümde anlatılan donatı çeliği modeline ait limit değerlerin hesaplanmasına ait detaylar aşağıda sunulmaktadır.

$$\epsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4\epsilon_{su} \ ; \ \epsilon_{su} = 0.08 \ \epsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.032, \epsilon_s^{(KH)} = 0.024, \epsilon_s^{(SH)} = 0.0075$$

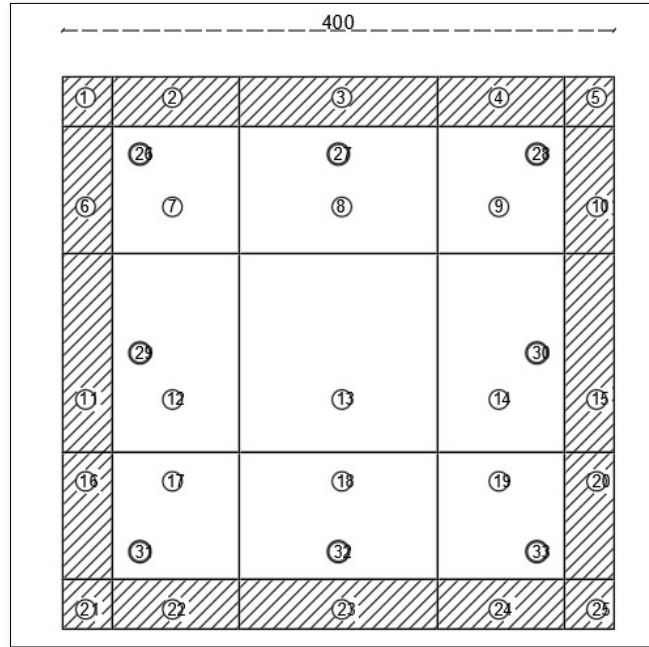


Şekil 4.23: Mevcut betonarme yapı donatı çeliği modeli



Şekil 4.24: Donatı çeliği limit değerleri.

Kolon kesitleri yayılı plastik mafsal modeli ile tanımlanmıştır. Bu doğrultuda kolon kesitleri Şekil 4.25'ten görülebileceği üzere fiber alanlara bölünmüştür. Kabuk kısmı sargısız beton modeli ile, çekirdek kısmı sargılı beton modeli ile tanımlanırken donatı çeliği ise detayları Şekil 4.23'te verilen donatı modeli ile tanımlanmıştır.



Şekil 4.25: Kolon fiber bölgeleri.

33 fiber bölgeye ayrılan kolon kesitinin Perform 3D programına ait model görseli Şekil 4.26'da sunulmaktadır. Bölgelere ayrılan kesit parçaları, alanlarına ve koordinatlarına göre programa tanımlanmıştır.

Şekil 4.26: Kolon fiber özelliklerinin tanımlanması.

4.3.1.2. Perdelerin Modellenmesi

Betonarme yapıya ait perdelerin doğrusal olmayan davranışı yayılı plastik mafsallı model ile tanımlanmıştır. Perdelerde oluşan eğilme ve eksenel yüklerden meydana gelen gerilme-şekil değiştirmeleri daha gerçekçi tespit edebilmek için yayılı plastik mafsallı model kullanılmıştır [13]. Yayılı plastik mafsallı modelinde kesitlerin beton ve donatı özellikleri küçük parçacıklara bölünerek ifade edilmektedir. Perde elemanlar başlık ve gövde elemanlar olarak bölgelere ayrılmaktadır. Başlık bölgeleri sargılı malzeme modeli ile tanımlanırken, perde gövdesinde doğrusal olmayan davranış beklenmediği için sargısız beton modeli ile tanımlanmaktadır. Donatı çeliği malzeme modeli ise Bölüm 2'de anlatıldığı üzere tanımlanmaktadır. Perde başlık ve gövde modellenmesine ait görseller Şekil 4.27 ve 4.28'de sunulmaktadır.

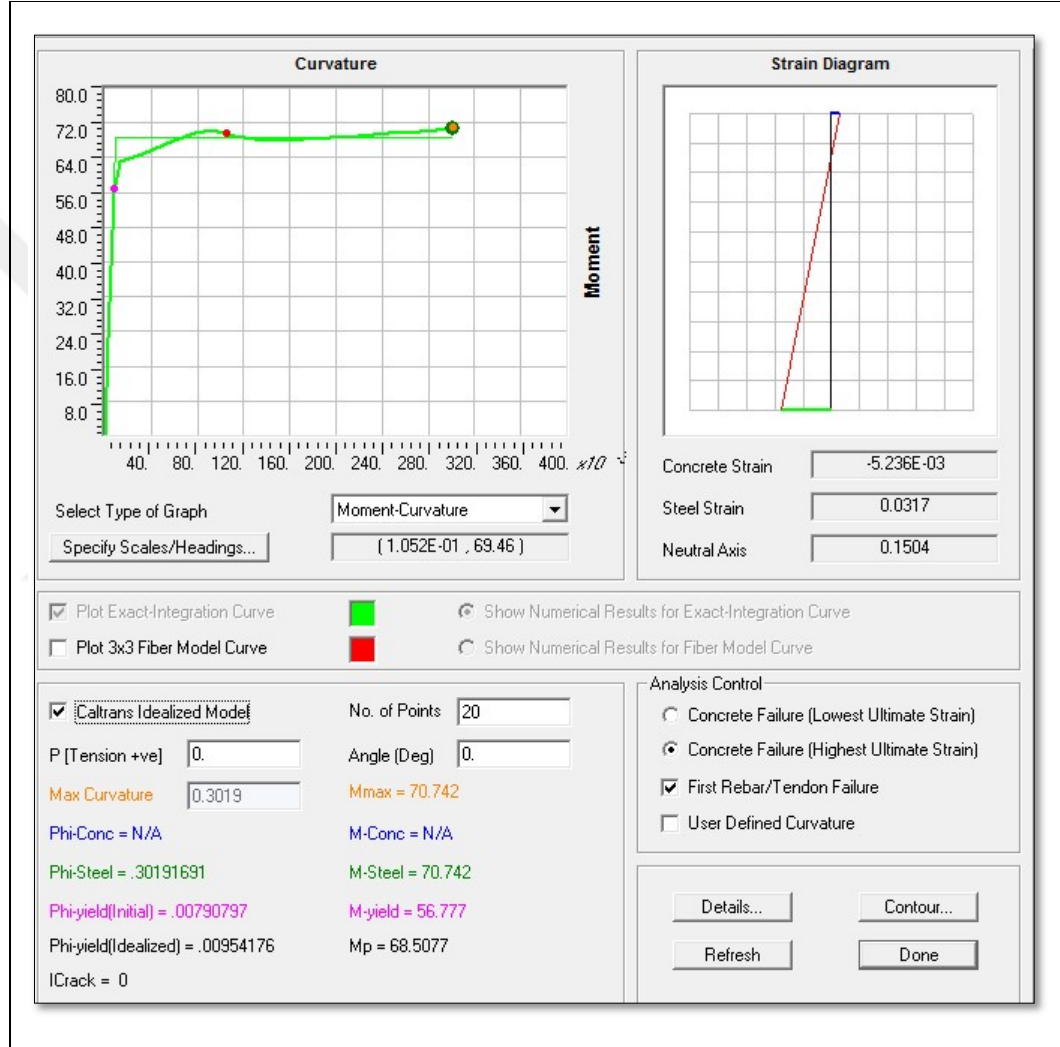
Şekil 4.27: Perde başlık bölgesi tanımlanması.

Şekil 4.28: Perde gövde bölgesi tanımlanması.

4.3.1.3. Kirişlerin Modellenmesi

Betonarme yapıya ait kiriş elemanlarının doğrusal olmayan davranışı yığılı plastik mafsallık modeli ile tanımlanmıştır. Çubuk elemanların deprem etkisi altında oluşan şekil değiştirmeleri mesnet bölgelerinde oluşmaktadır [16]. Mesnet bölgesi dışında kalan bölgeler ise elastik davranış göstermektedir [17]. Yığılı plastik mafsallık

özelliği gösteren bölgenin boyuna plastik mafsallık boyu denilmektedir [18]. TBDY 2018'e göre plastik mafsallık boyu kesit yüksekliğinin yarısı olarak tanımlanmaktadır ($L_p=0.5h$). Yığılı plastik modeli ile ilgili hesap ve program görselleri aşağıda sunulmaktadır [12]. Hesap örneği verilen kiriş elemanının alt ve üst donatıları 3Ø14'dür.



Şekil 4.29: Kiriş kesiti moment eğrilik grafiği.

Şekil 4.27'den görülebileceği üzere $\phi_y=0.009$, $M_p=68$, $\phi_u=0.1$ bulunmuştur.

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

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[(0.1 - 0.009) \times 200 \left(1 - 0.5 \frac{200}{2000} \right) + 4.5 \times 0.1 \times 14 \right] = 0.015 \text{ rad}$$

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için plastik dönme sınırı 0.015 rad bulunmuştur. Detayları 3.Bölümde anlatıldığı üzere kontrollü hasar düzeyi için plastik dönme sınırı ise 0.011 rad bulunmuştur.

Şekil 4.30: Kiriş plastik dönme sınırları.

Yığılı plastik mafsal tanımlamalarında kullanılan etkin kesit rijitlik çarpanına ait hesaplar aşağıda sunulmaktadır. Etkin kesit rijitlik katsayısı 0.12 bulunmuştur.

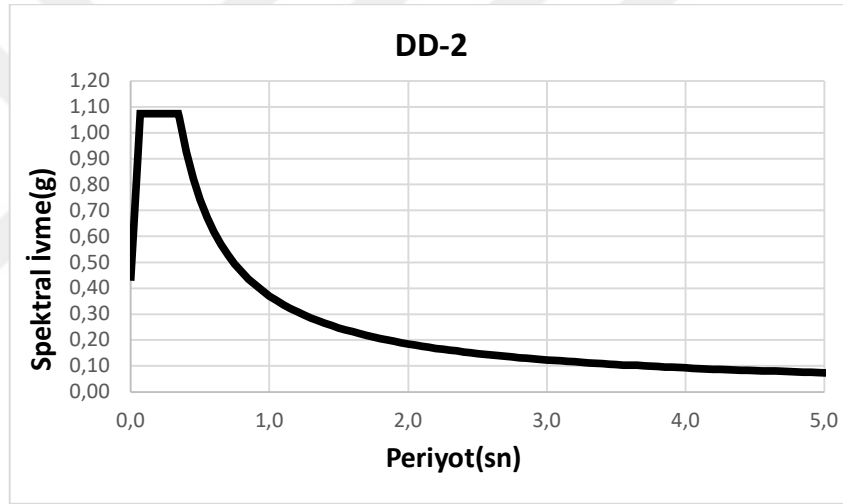
$$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0.0015 \eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8 \sqrt{f_{ce}}}$$

$$\theta_y = \frac{0.000009 \times 2}{3} + 0.0015 \times 1 \left(1 + 1.5 \frac{400}{2000} \right) + \frac{0.000009 \times 14 \times 504}{8 \sqrt{32.5}} = 0.009$$

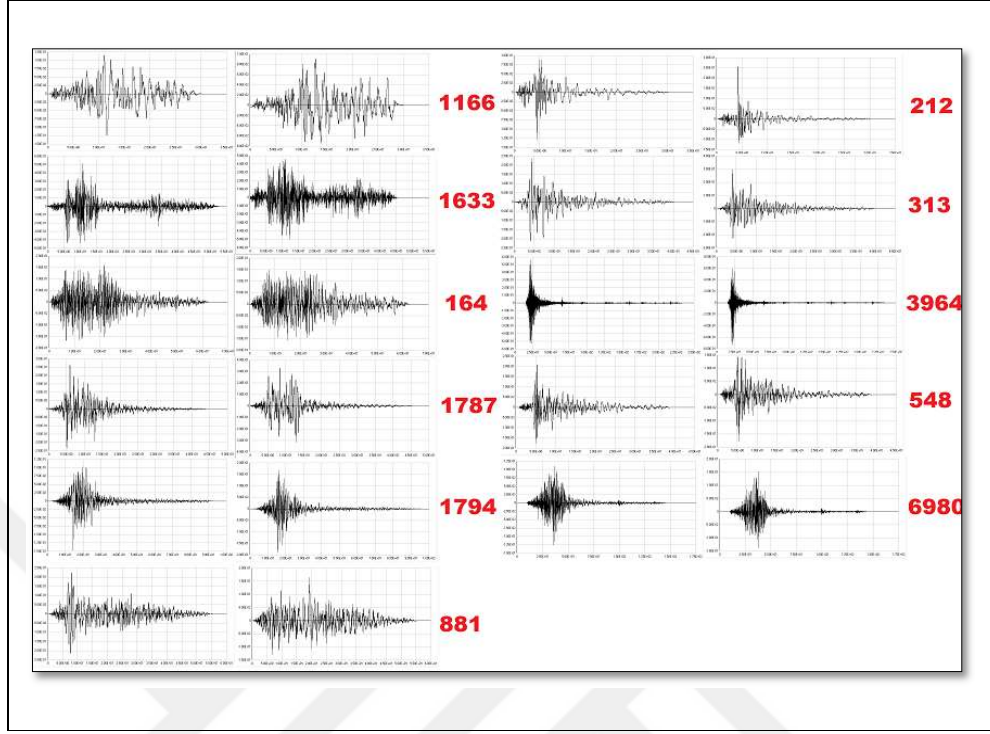
$$(EI)_e = \frac{M_y}{\theta_y} \frac{L_s}{3} = 4.85 \times 10^{12}; (EI)_o = 4.16 \times 10^{13}; \frac{(EI)_e}{(EI)_o} = 0.12$$

4.3.2. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaplar için 11 adet deprem kaydı seçilmiştir. Deprem kayıtları "PEER Ground Motion Database" veritabanından TBDY 2018'deki kurallar gözetilerek seçilmiştir. Seçilen deprem kayıtları Şekil 4.31'de sunulan hedef spektruma göre basit ölçeklendirme yöntemine göre ölçeklendirilmiştir.



Şekil 4.31: Hedef spektrumu.

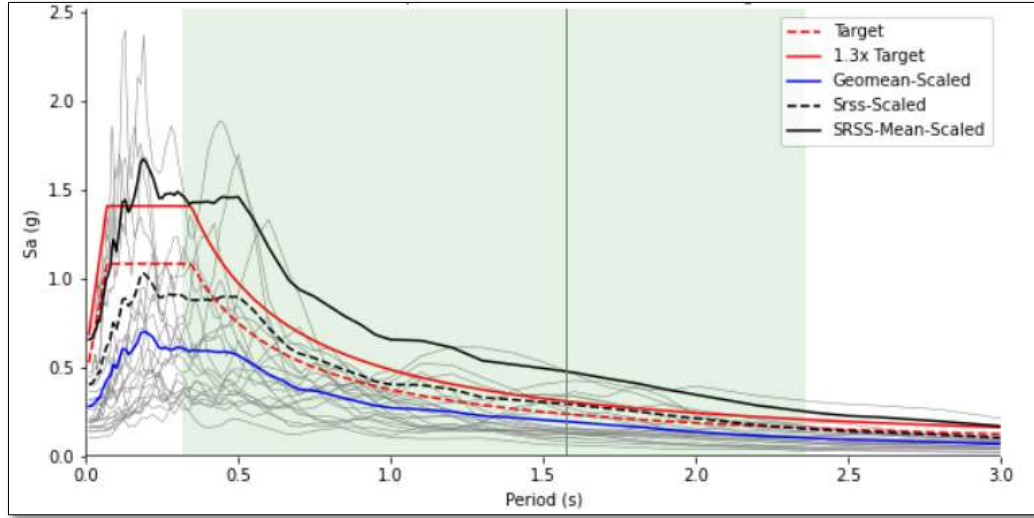


Şekil 4.32: Seçilen deprem kayıtlarının ivme zaman grafikleri.

Seçilen deprem kayıtlarının her iki bileşeninin karelerinin toplamının karekökü hesaplanarak bileşke spektrum elde edilmiştir. 11 kayıt için elde edilen bileşke spektrumların ortalaması alınmış, $0.2T_p$ ile $1.5T_p$ arasındaki genliklerin hedef spektrum genliklerinden 1.3 katı büyüklüğünde olması gerekmektedir [20]. Seçilen deprem kayıtlarının listesi Tablo 4.20'de sunulmaktadır. Ölçeklendirilen deprem kayıtlarının görseli ise Şekil 4.33'te sunulmaktadır.

Tablo 4.20: Deprem kayıtları ölçek katsayıları.

Kayıt No	Kayıt İsmi	Ölçek Katsayısı
RSN1633	Manjil İran	1.4479
RSN1794	Hector Mine	1.7375
RSN164	İmperial Valley	1.9473
RSN3964	Tottori Japan	1.5818
RSN548	Chalfant Valley	1.6877
RSN6980	Darfield New Zealand	1.7809
RSN1166	Kocaeli Türkiye	1.8624
RSN881	Landers	1.9170
RSN1787	Hector Mine	1.9387
RSN313	Corinth Greece	1.9731
RSN212	Livermore	2.0270



Şekil 4.33: Ölçeklendirilmiş deprem kayıtları.

4.3.3. Analiz Sonuçları

Mevcut ve aks eklenen yapılara ait periyot değerleri, burulma düzensizlikleri, taban kesme kuvvetleri ve kat ötelenmeleri aşağıda tablolar halinde sunulmaktadır.

Tablo 4.21: Mevcut betonarme yapısı etkin periyotları(sn).

Kütle Katılım Oranları				
Mod Numarası	Periyot	U _x	U _y	R _z
1	0.89	0.00	0.12	0.68
2	0.56	0.71	0.00	0.00
3	0.50	0.00	0.61	0.12

Tablo 4.22: Aks eklenen etkin periyotları(sn).

Kütle Katılım Oranları				
Mod Numarası	Periyot	U _x	U _y	R _z
1	1.35	0.00	0.21	0.58
2	0.86	0.70	0.00	0.00
3	0.73	0.00	0.52	0.20

Tablo 4.23: Mevcut yapı A1 burulma düzensizlikleri.

Kat Kotu	$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(X)})_{max}$	η_{bix}	$(\Delta_i^{(Y)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(Y)})_{max}$	η_{biy}
+21.00	2.82	2.92	1.04	2.35	2.81	1.20
+18.00	3.05	3.22	1.06	2.78	3.78	1.36
+15.00	3.14	3.37	1.07	3.09	4.62	1.49
+12.00	3.08	3.35	1.09	3.25	5.23	1.61
+9.00	2.76	3.07	1.11	3.17	5.43	1.71
+6.00	2.14	2.44	1.14	2.74	4.95	1.81
+3.00	1.10	1.30	1.18	1.64	2.96	1.80

Tablo 4.24: Aks eklenen yapı A1 burulma düzensizlikleri.

Kat Kotu	$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(X)})_{max}$	η_{bix}	$(\Delta_i^{(Y)})_{ort}$	$(\Delta_i^{(Y)})_{max}$	η_{biy}
+21.00	4.36	4.47	1.03	4.18	5.47	1.31
+18.00	4.75	4.94	1.04	5.19	7.93	1.53
+15.00	4.88	5.15	1.05	6.05	10.28	1.70
+12.00	4.78	5.10	1.07	6.62	12.11	1.83
+9.00	4.29	4.64	1.08	6.68	12.99	1.95
+6.00	3.32	3.66	1.10	5.94	12.15	2.05
+3.00	1.69	1.89	1.12	3.41	6.95	2.04

Tablo 4.25: Yapı kütleleri ve deprem kuvvetleri.

	Yapı Kütleleri(kN)	Ex(kN)	Ey(kN)
Mevcut Yapı	28855	3343	3546
Aks Eklenen Yapı	34023	2611	3096

Tablo 4.26: Mevcut yapı görelî ötelenme oranları.

Kat Yüksekliği(h _i)(mm)	(Δ _i ^(X)) _{max}	δ _x /h _i	(Δ _i ^(Y)) _{max}	δ _y /h _i	Limit Değer
3000	2.92	0.0010	2.81	0.0066	0.02
3000	3.22	0.0011	3.78	0.0088	0.02
3000	3.37	0.0011	4.62	0.0108	0.02
3000	3.35	0.0011	5.23	0.0122	0.02
3000	3.07	0.0010	5.43	0.0127	0.02
3000	2.44	0.0008	4.95	0.0116	0.02

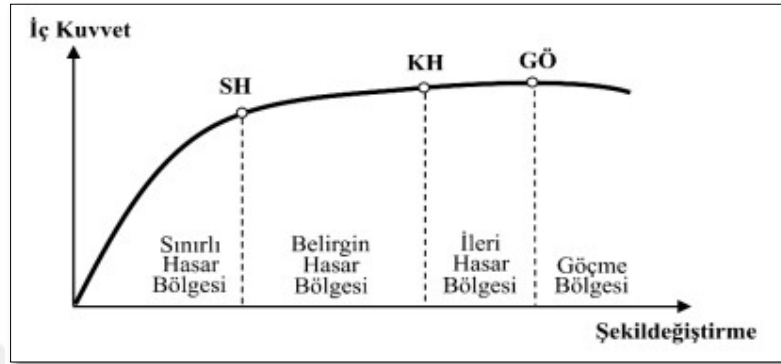
Tablo 4.27: Aks eklenen yapı görelî ötelenme oranları.

Kat Yüksekliği(h _i)(mm)	(Δ _i ^(X)) _{max}	δ _x /h _i	(Δ _i ^(Y)) _{max}	δ _y /h _i	Limit Değer
3000	3.37	0.006	2.77	0.005	0.02
3000	3.65	0.007	3.27	0.006	0.02
3000	3.75	0.007	3.55	0.007	0.02
3000	3.64	0.007	3.69	0.007	0.02
3000	3.29	0.005	3.66	0.007	0.02
3000	2.59	0.005	3.34	0.006	0.02
3000	1.37	0.003	2.05	0.004	0.02

Betonarme yapının analizleri DD2 yer hareketi için seçilen 11 adet deprem kaydı ile zaman tanım alanında analizleri gerçekleştirilmiştir. TBDY 2018'e göre DD2 yer hareketi için bina performans seviyesi "Kontrollü Hasar"dır . Kontrollü hasar performans düzeyi için aşağıdaki kriterlerin sağlanması gerekmektedir.

- Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, kirişlerin en fazla %35'i ileri hasar bölgesine geçebilir.
- Düşey elemanlar (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) için ise, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların

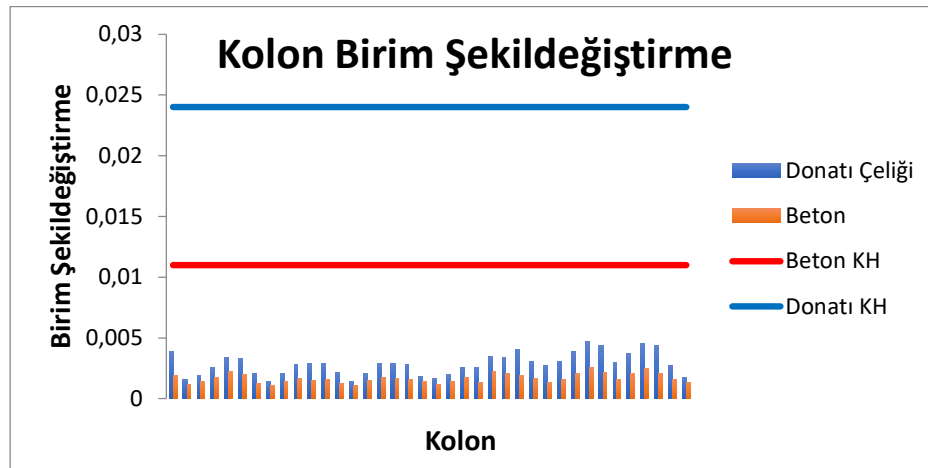
kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.



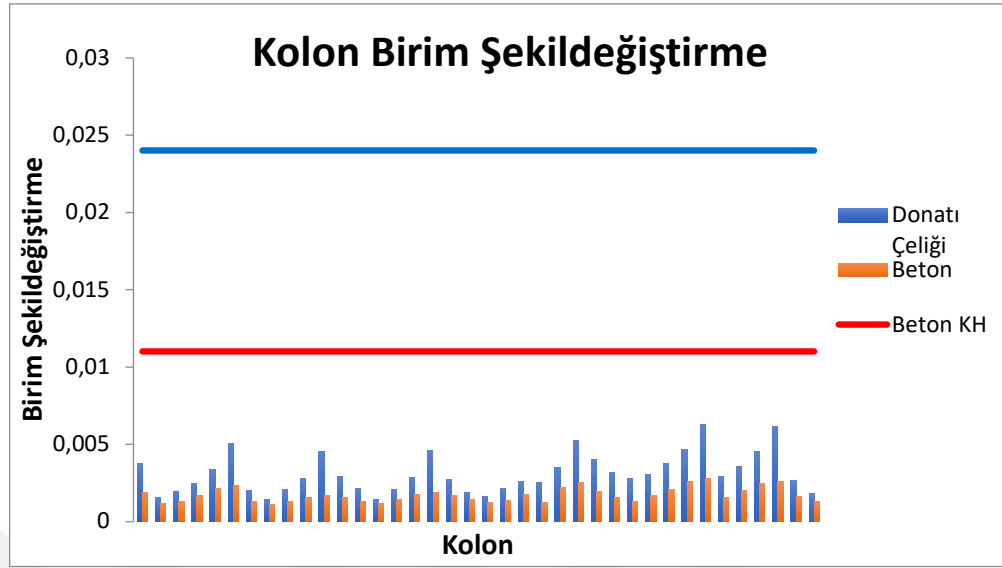
Şekil 4.34: Kesit hasar bölgeleri.

4.3.3.1. Kolon Analiz Sonuçları

Betonarme yapılara ait kolon analiz sonuçları bu bölümde sunulmaktadır. Beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirme değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Gösterilen değerler 22 deprem kaydının ortalamasından elde edilmiştir. 1. ve 2. yapı kolon sonuçları 1. kat kolonları için verilmiş olup her iki yapıda da performans seviyesi kontrollü hasar kriterlerini sağlamaktadır. 2.yapı birim şekil değiştirme değerlerinin, 1.yapıya oranla %10 seviyesinde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Eğik kolon kesitlerinde ise bu oranın %20 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

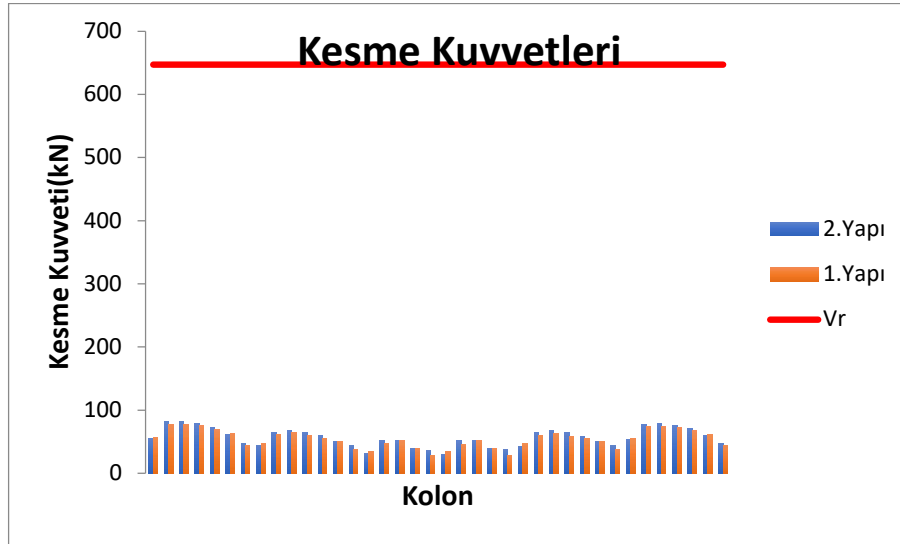


Şekil 4.35: 1.Yapı kolon birim şekil değiştirme değerleri.



Şekil 4.36: 2.Yapı kolon birim şekildeğiştirme değerleri.

1. ve 2. yapıya ait kolon kesme kuvveti sonuçları Şekil 4.33'de sunulmaktadır. 2.yapıya ait kesme kuvveti değerlerinin 1.yapıya oranla %5 mertebesinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

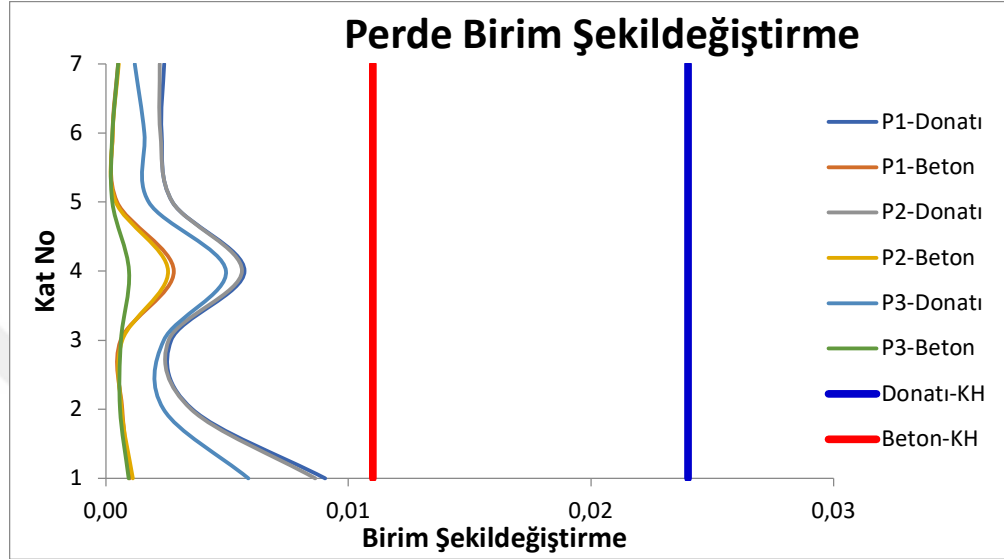


Şekil 4.37: 1. ve 2.Yapıya ait kesme kuvvet sonuçları(kN).

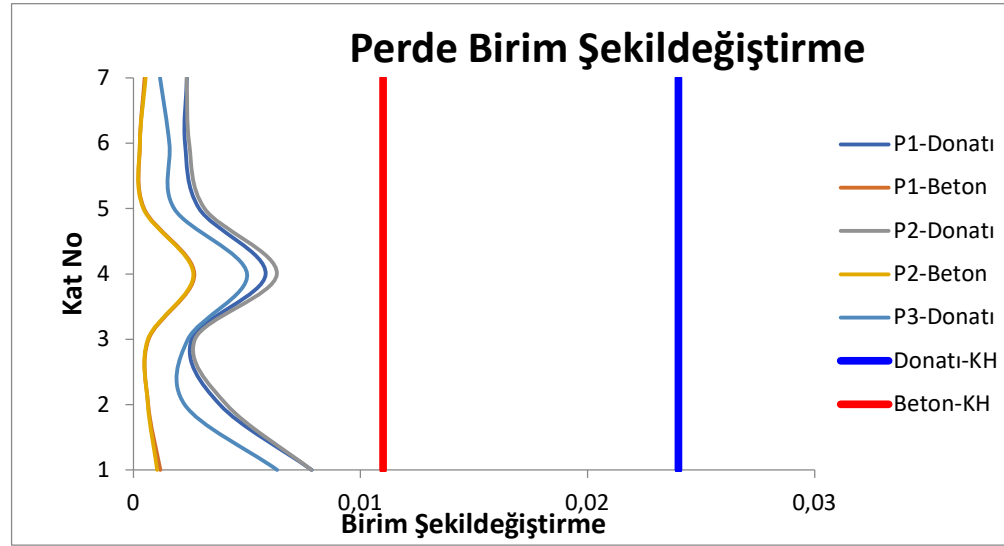
4.3.3.2. Perde Analiz Sonuçları

Betonarme yapılara ait perde analiz sonuçları bu bölümde sunulmaktadır. Beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirme değerleri grafiksel olarak

gösterilmiştir. Gösterilen değerler 11 deprem kaydının ortalamasından elde edilmiştir. Verilen grafikler incelendiğinde her iki yapıda da performans seviyesi kontrollü hasar kriterlerini sağlamaktadır.



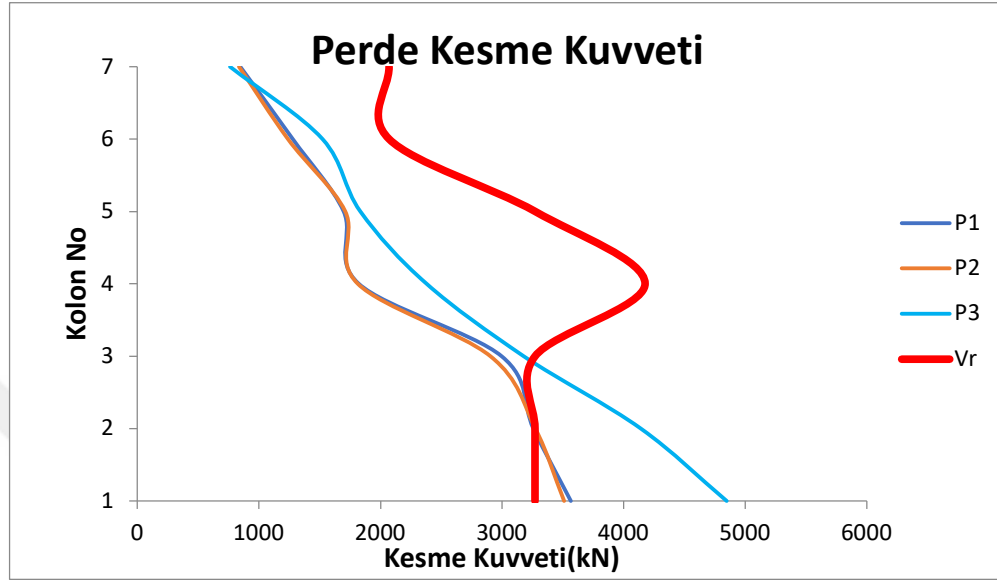
Şekil 4.38: 1.Yapıya ait perde birim şekil değiştirme değerleri.



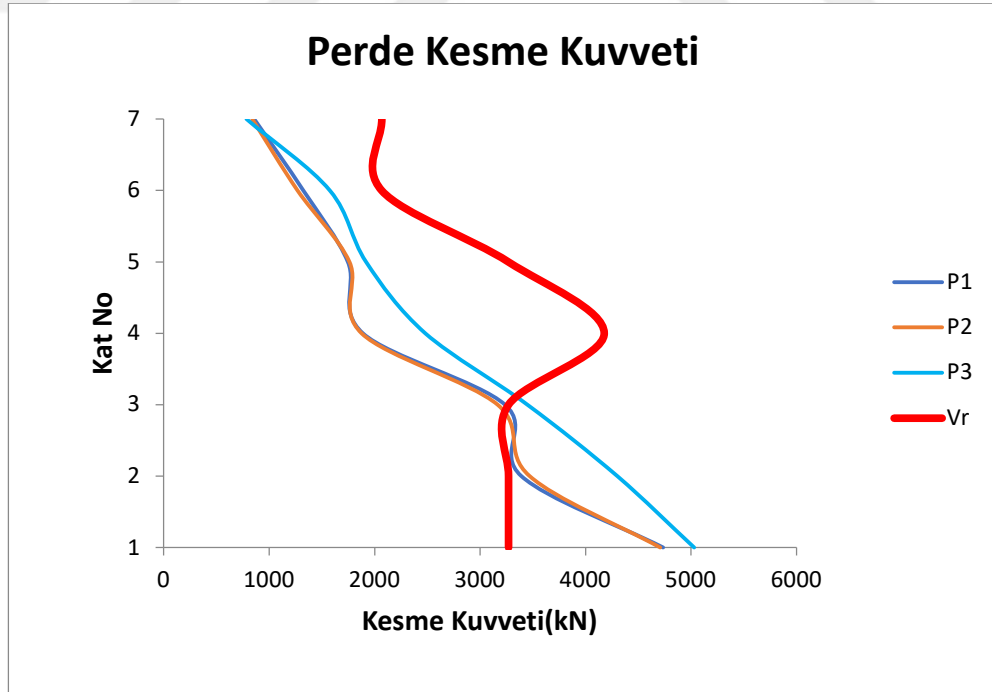
Şekil 4.39: 2.Yapıya ait perde birim şekil değiştirme değerleri.

1. ve 2. yapıya ait perde kesme kuvveti sonuçları Şekil 4.36 ve Şekil 4.37'de sunulmaktadır. 2.yapıya ait kesme kuvveti değerlerinin 1.yapıya oranla %5 mertebesinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. 1.yapı perdeleri ilk iki katta yetersiz, üçüncü katta ise sadece P3 kolu yetersiz bulunmuştur. 2.yapı perdeleri ise

ilk üç katta kesme kuvveti bakımından yetersiz bulunmuştur. Bu doğrultuda söz konusu perdeler için güçlendirme işlemi uygulanacaktır.



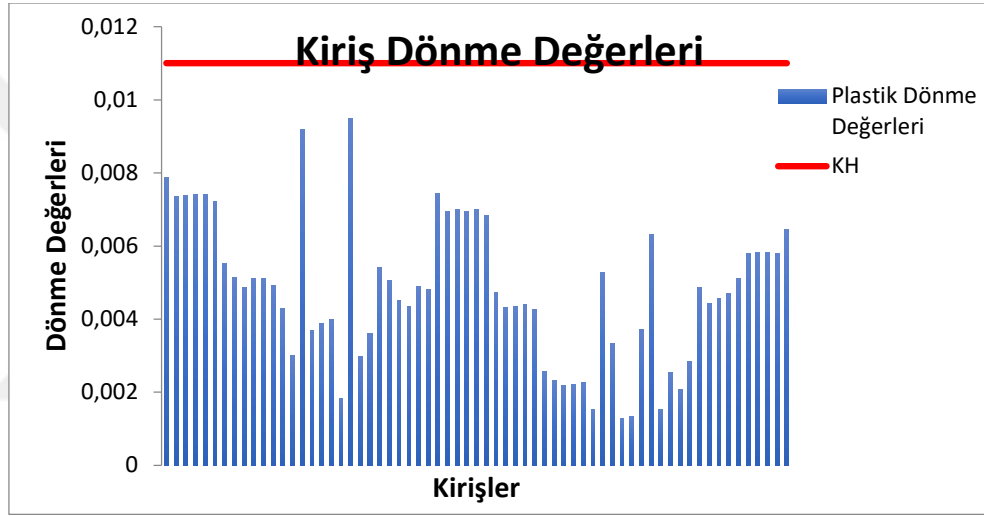
Şekil 4.40: 1.Yapıya ait perde kesme kuvvetleri(kN).



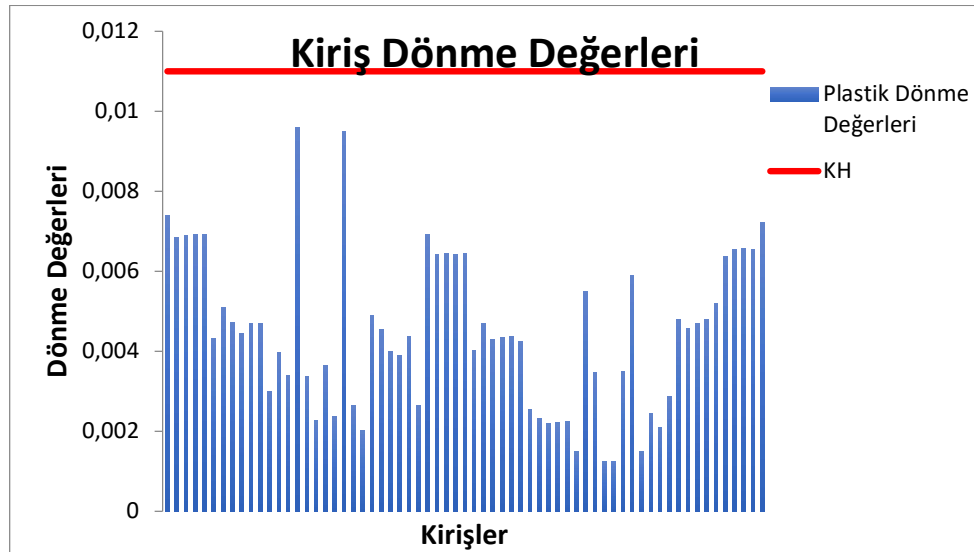
Şekil 4.41: 2.Yapıya ait perde kesme kuvveti(kN).

4.3.3.3. Kiriş Analiz Sonuçları

Betonarme yapılara ait kiriş elemanlarının analiz sonuçları bu bölümde sunulmaktadır. Yığılı plastik mafsal özelliğine göre tanımlanan kirişlerin dönme değerleri ve kesme sonuçları verilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre her iki yapıda da performans seviyesi, kontrollü hasar kriterlerini sağlamaktadır. En olumsuz sonuç veren kat kirişlerine ait sonuçlar aşağıda sunulmaktadır. 2.yapı dönme değerleri, 1.yapıya oranla %6 oranında daha yüksek bulunmuştur.

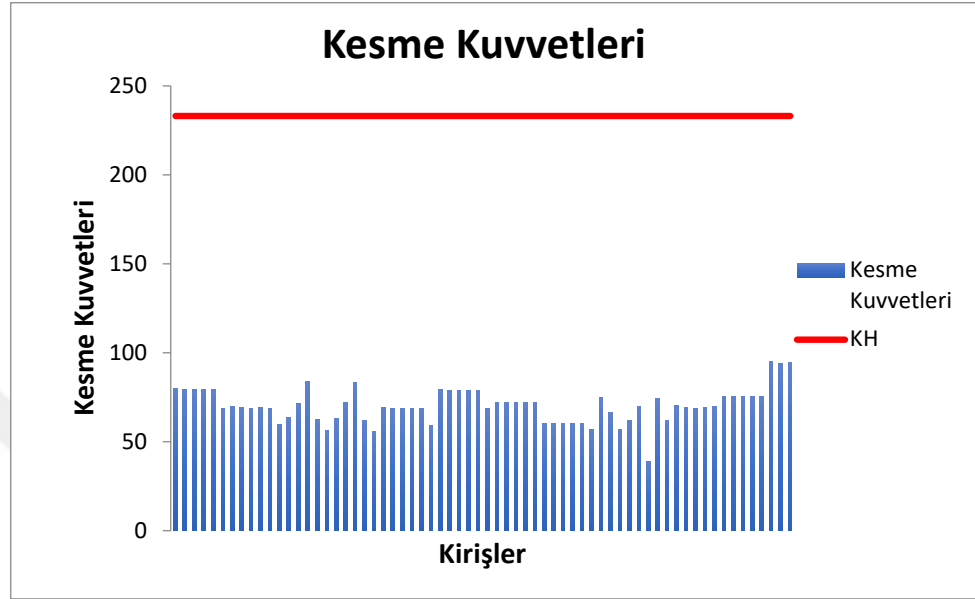


Şekil 4.42: 1.Yapıya ait kiriş dönme değerleri.

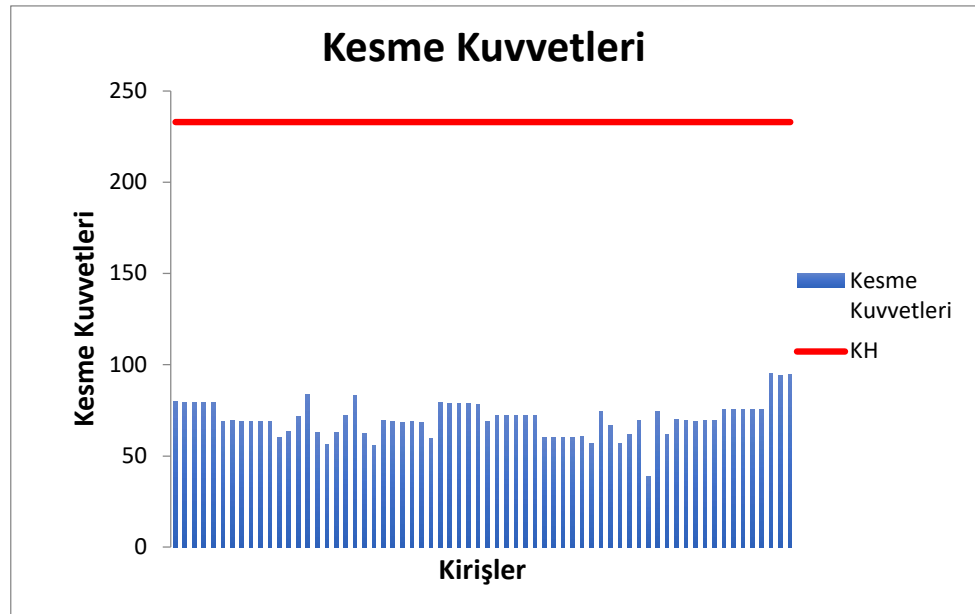


Şekil 4.43: 2.Yapıya ait kiriş dönme değerleri.

1. ve 2. yapıya ait kiriş kesme kuvveti sonuçları Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'te sunulmaktadır.



Şekil 4.44: 1.Yapıya ait kiriş kesme kuvvetleri



Şekil 4.45: 2.Yapıya ait kiriş kesme kuvvetleri

4.4. Betonarme Perdelerin Güçlendirilmesi

1. ve 2. yapıya ait analiz sonuçlarına göre perde elemanları kesme kuvveti bakımından yetersiz bulunmuştur. Perde elemanlarının yetersiz bulunması nedeni ile güçlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Güçlendirme yöntemi olarak TBDY 2018'de açıklandığı üzere lifli polimer ile gerçekleştirilecektir. LP ile sargılanmış elemanların kesme dayanımı hesabı aşağıda sunulmaktadır. Güçlendirme işlemi ilk üç katta bulunan perde elemanlar için yapılmıştır. Güçlendirme işleminde kullanılacak LP polimere ait özellikler;

- Kalınlık(t_f)=0.17 mm
- Elastisite modülü(E_f)=230000 MPa
- Kopma birim uzaması(ϵ_{fu})=0.021
- Tek düzeydeki tabaka sayısı(n_f)=2

Betonarme perde elemanının kesme kuvveti $V_r = V_c + V_w + V_f \leq V_{\max}$ formülü ile hesaplanmaktadır. Sargılama perde elemanlarda sürekli yapılacağı için $w_f = s_f$ alınmıştır.

$$V_c = 0.8V_{cr} = 0.8 \times 0.65 \times 1.75 \times 250 \times 3960 = 990 \text{ kN}$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} d = \frac{226}{150} 360 \times 3960 = 2147 \text{ kN}$$

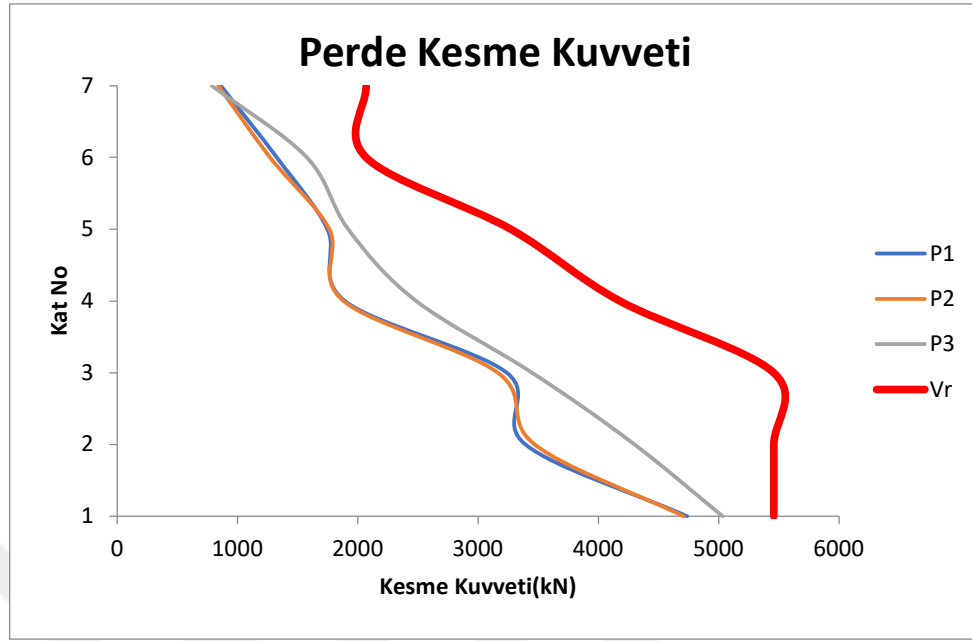
$$V_r = 990 + 2147 = 3137 \text{ kN}$$

$$V_f = \frac{2n_f t_f w_f E_f \epsilon_f d}{s_f} = 2 \times 2 \times 0.17 \times 230000 \times 0.004 \times 3960 = 2477 \text{ kN}$$

$$V_r = V_c + V_w + V_f \leq V_{\max} = 5614 \leq V_{\max}$$

$$V_{\max} = 0.22 \times f_{ck} \times b_w \times d = 0.22 \times 25 \times 250 \times 3960 = 5445 \text{ kN}$$

Yukarıda hesap detayları verilen güçlendirme işlemi sonucunda perde elemanlarının kesme kuvveti dayanımı 5614 kN olarak hesaplanmıştır. Ancak bu değer $V_{\max}$ değerinden büyük olması sebebi ile hesaplarda $V_{\max}$ değeri kullanılmıştır. Hesaplar sonucunda elde edilen kesme kuvveti dayanımına ait grafik Şekil 4.46'da sunulmaktadır.



Şekil 4.46:Güçlendirme işlemi sonrasında perde kesme kuvvetleri.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında İstanbul ili, Ataşehir ilçesinde ofis binası olarak kullanılan 7 katlı betonarme bir yapının dışına yeni bir çerçeve eklenerek oluşan sistemin zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesapları yapılarak performans esaslı değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Mevcut ofis binasının DBYBHY 2007 ve TS500 yönetmelikleri kapsamında tasarım ve analizleri gerçekleştirilmiş olup eklenecek çerçeve yapının tasarımı ise TBDY 2018 kapsamında gerçekleştirilmiştir. Eklenmesi planlanan çerçeve sistem için 1.katta düz ve eğik kolonlu olmak üzere iki farklı yapı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Düz kolonlu çerçeve 1.yapı, eğik kolonlu yapı ise 2.yapı olarak adlandırılmaktadır. Betonarme yapılara ait analiz sonuçları aşağıda sunulmaktadır.

- Kolon ve perdelerin hasar oranlarının elde edilebilmesi için söz konusu kesitler yayılı plastik mafsallı model kullanılarak tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kolon ve perdelerde birim şekil değiştirme değerleri, beton ve çelik için verilen sınır değerleri aşmamaktadır. Yapılan analizler sonucunda kesme kuvvetlerinin büyük bir kısmının perdeler tarafından karşılandığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda ilk 3 kattaki perde elemanları kesme kuvvet kapasitesi bakımından yetersiz bulunmuştur. Kolonların ise kesme kuvveti kapasitesi bakımından elastik ötesi davranışa geçemediği için yeterli bulunmuştur.
- Kiriş elemanlarının hasar oranlarının elde edilebilmesi için söz konusu elemanlar yığılı plastik mafsallı model ile tanımlanmış olup, plastik dönme değerleri kontrol edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen değerlere göre kiriş elemanları kontrollü hasar performans seviyesi kriterlerini sağlamıştır. Perde elemanlarına bağlanan kirişlerde daha yüksek plastik dönme değerleri edilmiş ancak bu değerler limit değerleri aşmamıştır.
- Perde elemanlarının kesme kuvveti kapasitesi bakımından yetersiz bulunmuş olup, yetersiz bulunan perde elemanlarına LP ile güçlendirme işlemi uygulanmıştır. Perde elemanlarının her iki yüzüne de ikişer kat LP sarılmış ve perde kesme kapasitesi arttırılmıştır.
- Mevcut yapı ve aks eklenerek inşaat alanı büyüyen betonarme yapının düzensizlik tahkikleri yapılmış, mevcut yapının merkezinde perde olması sebebi

ile yeni çerçeve yapısının eklenmesi ile betonarme yapının rijitlik merkezi değişmiştir. Bu doğrultuda aks eklenen yapıda A1 düzensizliği görülmüştür.

- Yukarıda verilen tahkikler ve elde edilen sonuçlar 1. ve 2.yapı için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda 2.yapıya ait sonuçlar, 1.yapıya oranla %10 daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Yukarıda özet olarak sunulan analiz sonuçlarına göre DD2 deprem yer hareket düzeyi için her iki yapıda da kontrollü hasar performans hedefi sağlanmıştır.

5.1. Gelecek Çalışmalar

Bu tez kapsamında mevcut betonarme binaya yeni aks eklenerek yapı alanı büyütülmüş ve yeni yapının deprem performansı irdelenmiştir. Tez çalışmasında temel zemin etkileşiminin olmadığı ve eklenen çerçevelerin mevcut binanın döşemelerine gerekli yük aktarımı sağladığı varsayılmıştır. Bu doğrultuda gelecekteki çalışmalar için aşağıdaki maddeler dikkate alınabilir.

- Temel zemin etkileşimi dikkate alınarak farklı temel tiplerinde yapıların davranışı incelenebilir.
- Eklenen çerçevelerin mevcut binanın döşemelerine yük aktarımının nasıl yapılacağı ve detayları incelenebilir.
- Eklenen çerçeve yapısının çelik çerçeve olması durumunda yapının davranışı incelenebilir.
- Farklı güçlendirme yöntemleri karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] TBDY, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- [2] Özer E., (2007), "Kapasite Tasarım İlkesi ve Türk Deprem Yönetmeliği", Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı.
- [3] Ersoy U., Özcebe G., Canbay E., (2019), "Betonarme Davranış ve Hesap İlkeleri", Cilt 1, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- [4] Doğangün A., (2018), "Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı", Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [5] Celep Z., Kumbasar N., (2004), "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Beta Dağıtım, İstanbul, 596s.
- [6] Celep Z., (2017), "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Beta Dağıtım, İstanbul.
- [7] DBYBHY, (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [8] Darılmaz K., (2019), "Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş", Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [9] ETABS (Version 19.0.0), [Computer Software], Integrated Analysis, Design and Drafting of Building Systems, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [10] TS498, (1987), Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [11] TS500, (2000), Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [12] SAP2000 (Version 14.0.0), [Computer Software], Integrated Software for Structural Analysis and Design Program, Computer and Structures Inc., Berkeley, California.
- [13] Özmen H. B., İnel M., Bilgin H. (2007), "Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi", Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı. 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- [14] Mandern J., Priestly M., & Park R. (1988), "Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete" Journal of Structural Division (ASCE), 1804-1826.
- [15] PERFORM 3D (Version 7.0.0), [Computer Software], Nonlinear Analysis and Performance Assessment of 3D Structures

- [16] Hodge P. G., (1967),Yapıların Plastik Analizi, Çev: Erdoğan ğuhubi & Vural Cinemre.
- [17] Yön B., Calayır Y., (2013), "Betonarme Binalarda Sargı Donatısı Etkisinin Yayılı Plastik Mafsal Modeliyle İncelenmesi", 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.
- [18] Paulay T. & Priestley M.J.N., (1992), "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", John Wiley and Sons, New York, 767 pp.
- [19] Dalyan İ., Şahin B., (2019), "Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükleri Altındaki Taşıyıcı Sistem Performansının Değerlendirilmesi", Türk Deprem Araştırma Dergisi, (1), 134-147.
- [20] Fahjan Y.M., (2008), "Türkiye Deprem Yönetmeliği Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi", İMO Teknik Dergi.
- [21] Ak Y., (2022),"Betonarme Yapılarda Deprem Güvenliğinin Olasılıksal İrdelenmesine Yönelik Bir Hesap Aracının Geliştirilmesi ", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.
- [22] Web 1,(1999),<https://deprem.afad.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 15/05/2022)

ÖZGEÇMİŞ

Hasan AVCI, 2010 yılında başladığı İstanbul Kültür Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2015 yılında tamamladı. 2019 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deprem ve Yapı Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine başladı.

