



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

RÜZGÂR, SICAKLIK VE DEPREM ETKİSİ
ALTINDAKİ YÜKSEK YAPILARDA
TAŞIYICI SİSTEMLERİN TASARIMI VE
ANALİZİ

İbrahim ORUÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İbrahim ORUÇ tarafından hazırlanan “Rüzgâr, Sıcaklık ve Deprem Etkisi Altındaki Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemlerin Tasarımı ve Analizi” adlı tez çalışması 30/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

Danışman

Prof. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

Üye

Prof. Dr. Mürsel ERDAL

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İbrahim ORUÇ

Tarih:30.12.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RÜZGÂR, SICAKLIK VE DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLERİN TASARIMI VE ANALİZİ

İbrahim ORUÇ

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

2021, 129 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

Prof. Dr. Mürsel ERDAL

Dünyada artan nüfusla beraber birçok yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların birçoğu konut yapılarıdır. Çok büyük arsa ihtiyacı olan bu yüksek alanlı binalar pek çok sorunu da beraberinde getirmektedir. Gelişen teknolojiyle beraber bu tarz yapılar düşey yönde gelişme imkânı bulmuştur. Teknolojinin gelişmesiyle son zamanlarda dünya çapında ki şirketler güç unsuru ve şirket tanıtımı için yüksek ve görkemli binalar inşa etmektedirler.

Bu çalışmada, yüksek katlı betonarme bir yapı, yüksek betonarme bir baca ve yığma yapı taşıyıcı sistemli bir minare örnekleri sonlu elemanlar analizi yapan ETABS, SAP2000 ve PROTASTRUCTURES programları ile modellenmiştir. Yüksek katlı betonarme bina Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)' e göre, yüksek baca ve minare ise, Code Requirements for Reinforced Concrete Chimneys and Commentary (ACI 307-08)' e göre statik analizleri yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, yüksek yapıların depreme dayanıklı tasarım kuralları ve hesap yöntemleri anlatılmıştır. Yapılarda bulunan en büyük deplasman, periyot, kütle katılım oranları ve mod şekilleri değerlendirilmiştir. Yüksek katlı betonarme yapıda en büyük deplasman 6.233 cm, en büyük periyot 4.732 sn değerlerinde bulunmuştur. Yüksek bacada en büyük deplasman 8.411 cm, en büyük periyot 3.28368 sn değerlerinde bulunmuştur. Yığma taşıyıcı sistemli minarede en büyük deplasman 1.383 cm, en büyük periyot 0.63111 sn değerlerinde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Baca, Deprem, Minare, Rüzgâr, Sıcaklık, Yönetmelik, Yüksek Yapı

ABSTRACT

MS THESIS

**DESIGN AND ANALYSIS OF STRUCTURAL SYSTEMS IN HIGH
STRUCTURES UNDER THE EFFECT OF WIND, TEMPERATURE AND
EARTHQUAKE**

İbrahim ORUÇ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

2021,129 Pages

Jury

Prof. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

Prof. Dr. Mürsel ERDAL

With the increasing population in the World, many structures are needed. Many of these are residential buildings. These high-area buildings, which need very large land, bring many problems with them. With the developing technology, such structures have found the opportunity to develop in the vertical direction. With the development of technology, companies around the world are constructing tall vertical direction. With the development of technology, companies around the world are constructing tall and magnificent buildings for power element and company promotion.

In this study, samples of a high-rise reinforced concrete structure, a high reinforced concrete chimney and a masonry structure-bearing minaret were modeled with ETABS, SAP2000 and PROTASTRUCTURES programs that perform finite element analysis. Static analyzes of the high-rise Reinforced Concrete building were made according to the Turkish Buildings Eartquake Code 2018 (TBDY 2018) and the high chimney and minaret were analyzed according to the Code Requirements for Reinforced Concrete Chimneys anad Commentary (ACI 307-08). As a result of this study, eartquake resistant design rules and calculation methods of high rise buildings are explained. The maximum displacement, period, mass participation rates and mode shapes in the structures were evaluated. In the high-rise Reinforced Concrete structure, the maximum displacement was found to be 6.233 cm and the maximum period was found to be 4.732 seconds. In the high chimney, the greatest displacement was found to be 8.411 cm and the largest period was found to be 3.28368 sec. The maximum displacement was found to be 1.383 cm and the maximum period was 0.63111 seconds in the minaret with a masonry carrier system.

Keywords: Chimney, Earthquake, Minaret, Wind, Temperature, Regulation, Tall Building

ÖNSÖZ

Tez çalışması boyunca değerli bilgi ve tecrübeleri ile destek olup beni yönlendiren, karşılaştığım zorluklarda hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, akademik hayattan yetişmemi sağlayan, kendisi ile tanışmaktan onur duyduğum çok değerli bölüm başkanım Sayın Prof. Dr. Mehmet KAMANLI ve danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN' e sonsuz saygı, minnet ve teşekkürlerimi sunarım. Akademik ilerlememde manevi desteğini esirgemeyen değerli hocam Öğr.Gör. Mehmet Nuri KÜREKSİZ' e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışması boyunca desteklerini esirgemeyen eşim ve aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

İbrahim ORUÇ
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGE DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
3. YÜKSEK YAPILAR	10
3.1. Yüksek Katlı Betonarme Binalar	10
3.1.1. Yüksek binaların performans hedefleri ve tasarım aşamaları	17
3.1.2. Yüksek bina taşıyıcı sistem elemanlarının davranış özellikleri	19
3.1.3. Tasarım aşaması I: Ön tasarım- boyutlandırma için hesap esasları ..	20
3.1.4. Tasarım aşaması II: Kesintisiz kullanım veya sınırlı hasar performans değerlendirme için hesap esasları	22
3.1.5. Tasarım aşaması III: Göçmenin önlenmesi veya kontrollü hasar performans değerlendirme için hesap esasları	23
3.1.6. Yüksek bina tasarımının sonuçlandırılması ve temellerin tasarımı	24
3.2. Yüksek Bacalar	25
3.2.1. Minimum baca kalınlıkları	28
3.2.2. Betonarme bacalarda rüzgâr yüklerinin hesabı	29
3.2.3. Betonarme bacaların deprem yüklerinin hesabı	30
3.2.4. Özel tasarım hususları ve gereksinimleri	32
3.2.5. Bacada rüzgâr sehimi kriterleri	32

3.2.6. Bacalarda sıcaklık etkisi	33
3.3. Minareler.....	33
3.3.1. Minare gövdesinin taşıma gücüne göre tasarımı	36
4.YÜKSEK YAPILARDA MEYDANA GELEN HASAR TÜRLERİ.....	38
4.1.Kolonlarda Meydana Gelen Hasar Tipleri.....	38
4.1.1.Kolonlarda kesme kuvveti hasarları	38
4.1.2.Kolonlarda basınç kırılmaları.....	39
4.1.3.Kolonlarda kısa kolon hasarları.....	40
4.1.4.Kolon kiriş birleşim bölgelerinde oluşan hasarlar	40
4.2.Kirişlerde Meydana Gelen Hasar Tipleri.....	41
4.3.Döşeme Hasarları	42
4.4.Baca ve Minarelerde Meydana Gelen Hasarlar	42
5. SEÇİLEN YÜKSEK YAPILARIN ANALİZLERİ	44
5.1.Örnek Olarak Seçilen Yüksek Katlı Betonarme Bir Binanın Analizi.....	44
5.1.1.Yüksek Katlı Yapı Tasarım Kriterleri	47
5.1.2.Yüksek Katlı Yapı Tasarım Yükleri.....	47
5.1.2.1.Yük kombinasyonları	47
5.1.2.2. Performans servis kriterleri	47
5.1.2.2.1. Düşey yükler altında döşeme sehim limitleri	48
5.1.2.2.2. Yatay yükler altında servis limitleri.....	48
5.1.2.2.3. Malzeme özellikleri.....	49
5.1.2.2.4. Kullanılan programlar	49
5.1.3.Yüksek Katlı Yapının Deprem Etkisi Altında Kolon ve Çekirdek Perdesi Çözümleri	49
5.2.Örnek Olarak Seçilen Yüksek Betonarme Bacanın Analizi	66
5.2.1.Baca Analizinde Kullanılan Parametreler.....	69
5.2.2.Bacanın Analiz Sonuçları	72
5.3. Örnek Olarak Seçilen Yığma Minarenin Analizi.....	97
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	113
6.1 Sonuçlar.....	113

6.2. Öneriler.....	125
KAYNAKLAR.....	126
ÖZGEÇMİŞ	126



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

DD-1:	50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2:	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3:	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4:	50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
F _s :	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F ₁ :	1,0 saniye periyot için zemin etki katsayısı
G:	Yerçekimi ivmesi ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)
S _{ac} (T):	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi (g)
S _{aeD} (T):	Düşey elastik tasarım spektral ivmesi (g)
S _{de} (T):	Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmesi (m)
S _{DS} :	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S _{D1} :	1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S _S :	Kısa periyot harita tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S _{D1} :	1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
T:	Doğal titreşim periyodu (s)
T _A :	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T _{AD} :	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T _B :	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T _{BD} :	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T _L :	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu(s)
T _{LD} :	Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu (s)
T _p :	Binanın hâkim doğal titreşim periyodu (s)
(V _s) ₃₀ :	Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı (m/s)
BKS:	Bina Kullanım Sınıfı
BYS:	Bina Yükseklik Sınıfı
DTS:	Deprem Tasarım Sınıfı
GÖ:	Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
H _T :	Bina Toplam Yüksekliği (m)

KH:	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
KK:	Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
I:	Bina Önem Katsayısı
SH:	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
ΣA_e :	Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı (m^2)
ΣA_g :	Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı (m^2)
ΣA_w :	Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanlarının toplamı (m^2)
$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$:	Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi (m)
$(\Delta_i^{(X)})_{max}$:	Binanın i'inci katındaki maximum azaltılmış görelî kat ötelemesi (m)
η_{bi} :	i' inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
η_{ci} :	i' inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
η_{ki} :	i' inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
C:	İkinci mertebe hesabında kullanılan ampirik katsayı
D:	Dayanım Fazlalığı Katsayısı
R:	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
n:	Hareketli yük katılım katsayısı
Q:	Hareketli yük etkisi
$E_d^{(H)}$:	Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi

Kısaltmalar

ABYYHY:	Afet Bölgelerinde Yapılan Yapılar Hakkında Yönetmelik
AFAD:	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ACI:	American Collegiate Institute
TBDY:	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS:	Türk Standartları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Burj Khalifa.....	11
Şekil 3.2. Shanhai Tower	11
Şekil 3.3. Abraj Al Bait (Ebrac el Beyt Kuleleri).....	12
Şekil 3.4. Ping An Finance Center.....	12
Şekil 3.5. Lotte World Tower	13
Şekil 3.6. Mistral Ofis Kulesi	13
Şekil 3.7. Nurol Life.....	14
Şekil 3.8. İstanbul Sapphire.....	14
Şekil 3.9. Skyland İstanbul.....	15
Şekil 3.10. Metropol İstanbul Tower	15
Şekil 3.11. Ekibastus Gres-2.....	26
Şekil 3.12. Baia Mare.....	26
Şekil 3.13. Soma Termik Santrali	27
Şekil 3.14. Minarenin Kaide kısmı	34
Şekil 3.15. Minarenin Pabuç kısmı	34
Şekil 3.16. Minarenin Gövde kısmı	35
Şekil 3.17. Minarenin Şerefe kısmı.....	35
Şekil 3.18. Minarenin Petek kısmı	36
Şekil 3.19. Minarenin Kûlah kısmı	36
Şekil 4.1.Kolon kesme çatlağı örneği	38
Şekil 4.2. Kolon basınç çatlağı	39
Şekil 4.3. Kısa kolon hasarı	40
Şekil 5.1. Örnek olarak seçilen yüksek yapı modeli.....	44
Şekil 5.2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası.....	45
Şekil 5.3. Periyot Bilgileri	45
Şekil 5.4. Perde tasarımı için kullanılan modeller	46
Şekil 5.5.Spektrum ivme grafiği.....	49
Şekil 5.6. A1 Burulma düzensizliği	55
Şekil 5.7.1.Mod Sonuçları	57
Şekil 5.8. 2.Mod Sonuçları	58
Şekil 5.9 3.Mod Sonuçları	59
Şekil 5.10. 4.Mod Sonuçları	60
Şekil 5.11. 5.Mod Sonuçları	61

Şekil 5.12. 6.Mod Sonuçları	62
Şekil 5.13. Yapı deplasman görüntüsü.....	63
Şekil 5.14. Örnek olarak seçilen yüksek bacanın model görüntüsü	66
Şekil 5.15. Periyot Bilgileri	67
Şekil 5.16. Baca 1.Mod sonuçları	72
Şekil 5.17. Baca 2.Mod sonuçları	73
Şekil 5.18. Baca 3.Mod sonuçları	74
Şekil 5.19. Baca 4.Mod sonuçları	75
Şekil 5.20. Baca 5.Mod sonuçları	76
Şekil 5.21. Baca 6.Mod sonuçları	77
Şekil 5.22. Periyot Bilgileri	97
Şekil 5.23. Minaremize etkitilecek basınç ve emme yükleri.....	100
Şekil 5.24. Minaremizin modeli ve minare planı.....	100
Şekil 5.25. Minare 1.Mod sonuçları.....	101
Şekil 5.26. Minare.2.Mod sonuçları.....	102
Şekil 5.27. Minare 3.Mod sonuçları.....	103
Şekil 5.28. Minare 4.Mod sonuçları.....	104
Şekil 5.29. Minare 5.Mod sonuçları.....	105
Şekil 5.30. Minare 6.Mod sonuçları.....	106
Şekil 5.31.G yüklemesi	107
Şekil 5.32.G±Ex yüklemesi	108
Şekil 5.33.G±Ey yüklemesi.....	109
Şekil 5.34.G+W yüklemesi.....	110
Şekil 6.1.Yüksek yapı maksimum aksenal kuvveti değerleri.....	114
Şekil 6.2. Yüksek yapı maksimum kesme kuvveti değerleri.....	114
Şekil 6.3. Yüksek yapı maksimum moment kuvveti değerleri.....	115
Şekil 6.4. Yüksek yapı maksimum deplasman değerleri	115
Şekil 6.5. Yüksek baca maksimum aksenal kuvveti değerleri	116
Şekil 6.6. Yüksek baca maksimum kesme kuvveti değerleri	116
Şekil 6.7. Yüksek baca maksimum moment kuvveti değerleri	117
Şekil 6.8. Yüksek baca maksimum deplasman değerleri	117
Şekil 6.9. Minare maksimum aksenal kuvveti değerleri	118
Şekil 6.10. Minare maksimum kesme kuvveti değerleri.....	118
Şekil 6.11. Minare maksimum moment kuvveti değerleri	119

Şekil 6.12. Minare maksimum deplasman değerleri..... 119



ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 5.1. Yüksek katlı binada Kullandığımız sabit ve hareketli yükler	47
Çizelge 5.2. Yük kombinasyonları.....	47
Çizelge 5.3. Yük kombinasyonları.....	48
Çizelge 5.4. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları.....	50
Çizelge 5.5. Deprem Tasarım Sınıfları	51
Çizelge 5.6. Bina Yükseklik Sınıfları	51
Çizelge 5.7. Yeni yapılacak veya mevcut yüksek binalar için performans hedefleri	51
Çizelge 5.8. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları	52
Çizelge 5.9. Etkin kesit rijitlik çarpanları.....	53
Çizelge 5.10. Hareketli yük kütle katılım katsayısı	53
Çizelge 5.11. Modal analiz ve eşdeğer deprem yükü analizlerinin karşılaştırması.....	54
Çizelge 5.12. Eşdeğer deprem yükü hesabı.....	54
Çizelge 5.13. İkinci mertebeye etki kontrolü	55
Çizelge 5.14. Betonarme bacanın geometrik özellikleri	67
Çizelge 5.15. Deprem düzeyleri için spektral ivme ve zemin etki faktörleri.....	69
Çizelge 5.16. Baca için kullanılacak parametreler.....	69
Çizelge 5.17. Baca yük kombinasyonları	70
Çizelge 5.18. Rijitlik Düzensizlik kontrolü Yük hali Esx+ durumu.....	71
Çizelge 5.19. Rijitlik Düzensizlik kontrolü Yük hali Esx- durumu.....	78
Çizelge 5.20. B1 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği Yük hali Esy+ durumu	79
Çizelge 5.21. B1 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği Yük hali Esy- durumu	80
Çizelge 5.22. Deprem Etki Yönü (X- Ekseni ile 0 derece)	80
Çizelge 5.23. Deprem Etki Yönü (X- Ekseni ile 0 derece)	81
Çizelge 5.24. Burulma düzensizliği kontrolü Esx+ (MB Deprem X E+) durumu	81
Çizelge 5.25. Burulma düzensizliği kontrolü Esx- (MB Deprem X E-) durumu	82
Çizelge 5.26. Burulma düzensizliği kontrolü Esy+ (MB Deprem Y E+) durumu	83
Çizelge 5.27. Burulma düzensizliği kontrolü Esy- (MB Deprem Y E-) durumu	83
Çizelge 5.28. Taban Devrilme Momenti (Mo)	84
Çizelge 5.29. Perde Devrilme Momenti (Mdev)	84
Çizelge 5.30. Göreli kat öteleme kontrolü Yük hali Esx+ durumu	85
Çizelge 5.31. Göreli kat öteleme kontrolü Yük hali Esx- durumu	86
Çizelge 5.32. Göreli kat öteleme kontrolü Yük hali Esy+ durumu	86

Çizelge 5.33. Görelî kat öteleme kontrolü Yük hali Esx+ durumu	87
Çizelge 5.34. İkinci metrebe etkilerinin gerekliliği kontrolü yük hali Esx+ durumu	88
Çizelge 5.35. İkinci metrebe etkilerinin gerekliliği kontrolü yük hali Esx- durum.....	88
Çizelge 5.36. İkinci metrebe etkilerinin gerekliliği kontrolü yük hali Esy+ durum.....	89
Çizelge 5.37. İkinci metrebe etkilerinin gerekliliği kontrolü yük hali Esy- durum.....	89
Çizelge 5.38. Döşeme düzlem içi gerilme kontrolü yük hali esy- (Mb Deprem YE-) durumu.....	90
Çizelge 5.39. Rüzgar yükleri: Wx durumu.....	91
Çizelge 5.40. Rüzgar yükleri: Wy durumu.....	91
Çizelge 5.41. Deprem etki kontrolü-1 Esx+ durumu	92
Çizelge 5.42. Deprem etki kontrolü-1 Esx- durumu.....	93
Çizelge 5.43. Deprem etki kontrolü-1 Esy+ durumu	93
Çizelge 5.44. Deprem etki kontrolü-1 Esy- durumu.....	94
Çizelge 5.45. Aktif Etkiler.....	95
Çizelge 5.46. Devrilmeye karşı koyan etkiler (Negatif deprem yönü)	95
Çizelge 5.47. Devrilmeye karşı koyan etkiler (Pozitif deprem yönü).....	96
Çizelge 5.48. Devrilme kontrolleri	96
Çizelge 5.49. Yığma Taşıyıcı Duvarların Karakteristik Basınç Dayanımı	98
Çizelge 5.50. Duvarların Başlangıç Kesme Dayanımları	99
Çizelge 5.51. Minare mod şekilleri ve periyodlar.....	111

1. GİRİŞ

Dünya’da ve ülkemizde her alanda olduğu gibi mühendislik alanında da sayısız yeni gelişme yaşanmaktadır. Sanayinin ve teknolojinin gelişmesiyle büyük şehirlerde nüfus artmıştır. Artan nüfus yoğunluğuyla beraber insanlar barınma konusunda sıkıntılar yaşamaya başlamıştır. Buna bağlı olarak yeni yapılaşma alanları azalmıştır. Yapılaşma alanlarının azalması insanları yüksek katlı yapılar inşa etmeye yönlendirmiştir. Yüksek katlı binaların yapılmasıyla beraber eski yönetmelik şartlarının kullanımının yetersiz kaldığı ve bunun için yönetmeliklerin güncellenerek yeni binaların güncellenen yönetmeliğe göre yapılması gerektiği ülkemizde de kabul görmüştür. Yüksek katlı binaların projelendirilmesi ve uygulaması diğer binalardan farklı olup yüksek binaların projelendirme aşamasında deprem, rüzgâr ve sıcaklık gibi birçok etkiler göz önüne alındığı için uzman kişiler tarafından yapılması gerekmektedir. Yüksek katlı binada beklenmeyen bir göçmenin meydana gelmesiyle ortaya çıkacak maddi ve manevi hasar daha fazladır. Dünya’da ve ülkemizde mevcut yönetmelikler çoğunlukla yüksekliği az olan binalara göre hazırlandığı için yüksek binaların projelendirilmesinde bu yönetmelikler dışında özel yönetmelikler kullanmak gerekmektedir. Ülkemizde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği yayınlanana kadar bu tarz yüksek binaların çözümünde Amerikan Yönetmeliği (ASCE) kullanılmıştır. Ülkemizde ilk defa deprem etkisi altında ki yüksek binaların tasarım ve analizlerinin nasıl yapılması gerektiği Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği - 2018’ de yerini almıştır. Yüksek binalarda meydana gelen yükler; sabit yükler, hareketli yükler, deprem yükleri, kar yükleri ve buz yükleridir. Bina tasarımında en çok dikkat etmemiz gereken yükler deprem ve rüzgâr yükleridir. Deprem yüklerinin yatay düzlem içinde birbirine dik iki eksen üzerinde etkiledikleri varsayılır. Ayrıca rüzgâr yükü hesabı da deprem yükü hesabı kadar önemli olmaktadır. Rüzgâr etkisiyle yüksek bir yapı sürüklemenin etkisiyle beraber binada titreşimler, yer değiştirmeler, eğilme momentleri, basınç etkileri, burulma gibi etkilere neden olabilir. Yüksek bina, genellikle zemine gömülen bodrum kat ve bunun üzerine zemin üstünde devam eden katlar ve en üstte kule şeklinde yükselen kısım olmak üzere üç kısımdan meydana gelir. Bu tarz binalarda deprem ve rüzgâr çoğunlukla orta bölgede ki çekirdek çerçeve tarafından taşınır. Binalarda eğilme rijitlikleriyle beraber düşey yönde burulma rijitlikleride bulunması gerekir. Binaların taşıyıcı sistemi basit, akılcı ve davranışı öngörülebilir olmalıdır. Tasarımda mimari estetik yerine taşıyıcılık daha ön planda olmalıdır. Taşıyıcı elemanlarının tasarımı bu taşıyıcı elemanların önem sırasına göre

belirlenmelidir. Taşıyıcı sistem ekonomik ve inşası kolay olmalıdır. Kat sayılarının artmasıyla dikey elemanlarına gelen aksel basınç kuvveti miktarı artmaktadır. Artan kuvvetlerle beraber kolon ve perdelerin kesitleri büyümekte, bunun sonucunda rijitlikleri de önemli oranda artmaktadır. Bunun için kolonların aksel kuvvet tasarımına özel önem verilmelidir. Bunun yanında rüzgâr da yüksek katlı binalar için önemli bir unsurdur. Yeryüzünden yükseldikçe rüzgârın hızı arttığı için binalarda ki kat sayısının artmasıyla beraber rüzgâr yükünün binaya etkisi artmaktadır. Bundan dolayı yüksek binalar daha fazla rüzgâr yüküne maruz kalır. Rüzgârın geliş doğrultusunun karmaşık olmasından dolayı rüzgârın geliş yönünde binaya dik kuvvetler etki eder. Yüksek binaların taşıyıcı sistemlerine eğilmenin yanında düşey yönde de burulma etkileri meydana gelir.

Bu çalışmanın amacı; ülkemizde bulunan farklı tipteki yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerinin tasarım ve analizlerinin belirlenerek bu tarz yapılara etki eden rüzgâr, sıcaklık ve deprem etkilerinin nasıl hesaplanacağı anlatılmasıdır. Tez çalışması altı bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde giriş kısmı mevcuttur. İkinci bölümde literatür taraması yer almaktadır. Üçüncü bölümde yüksek yapılar konusu anlatılmıştır. Dördüncü bölümde yüksek yapılarda genellikle görülen hasar türlerinden bahsedilmiştir. Beşinci Bölüm üç başlık altında anlatılmıştır. Birinci kısımda ülkemizde ilk kez TBDY 2018 Bölüm 13' de yer alan "Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı" kısmında belirtilen kurallara göre yüksek katlı bir binanın tasarımı sonlu elemanlar analizi yapan ETABS bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. İkinci kısımda yüksek bir betonarme bacanın analizi ACI 307-08' de yer alan "Code Requirements for Reinforced Concrete Chimneys and Commentary" e göre yapılmıştır. Betonarme bacalar için tasarlanan standartlara göre betonarme bir bacanın tasarımı ve analizi sonlu elemanlar yöntemiyle çalışan SAP 2000, ETABS, PROTASTRUCTURE gibi yazılım programları ile yapılmıştır. Üçüncü kısımda ise yığma yapı taşıyıcı sistemli bir minare SAP 2000 programında modellenerek minarenin tasarım ve analizi yapılmıştır. Altıncı bölüm ise sonuçlar ve öneriler kısmından oluşmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Taşel (1999) çalışmasında, yüksek katlı bir yapıyı deprem yönetmeliğine göre incelemiştir. Bu proje sonunda yüksek yapıların deprem kuvvetleri altında zorlandığını belirtmişlerdir. Yüksek yapıların tasarımında en önemli noktanın taşıyıcı sistem seçiminin olduğunu belirtmiştir. Çekirdekler ve tüpler dışındaki yatay yük taşıyan elemanların mümkün olduğu kadar binanın dış çevresine yakın ve bina kenarlarına paralel konulması gerektiği belirtilmiştir. Deprem bölgelerinde çekirdek bölgenin ortalama kütle merkezinde, rüzgâr etkisinde ki bölgelerde ise çekirdek bölgenin kesişme noktalarına yakın olması gerektiğini belirtmiştir.

Kantar (2001) çalışmasında, hasarlı yüksek yapıların onarımı ve güçlendirilmesini incelemiştir. Farklı zeminler üstünden çözümlendikten sonra elde edilen analiz sonuçlarına göre, uzun zemin periyotlarının hâkim olduğu zayıf zeminler üstünde binanın yanal rijitliğinin sağlamanın daha zor olduğu ispat edilmiştir. Zemin dayanımı azaldıkça buna bağlı olarak yüksek yapılarda binanın tepesine etkiyen fiktif eşdeğer yükün arttığı belirtilmiştir. Dolayısıyla binayı depreme güvenli hale getirmenin daha zor hale geldiği belirtilmiştir. Sonuç olarak bir yapı güçlendirilmeden önce hem üzerinde bulunduğu zemin hem de yapının mevcut durumu çok iyi etüd edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda yapı en doğru ve en ekonomik biçimde onarım ve güçlendirmeye tabi tutulacağı belirtilmiştir.

Gümrükçü (2002) çalışmasında, depreme dayanıklı yüksek yapı tasarımını incelemiştir. Geçmiş depremlerden sonra ortaya çıkan ağır yapı hasarları ve sonuçları neticesinde depreme dayanıklı yapı tasarımının başlı başına bir bilim dalı olmaya başladığı belirtilmiştir. Bugünün teknolojisi yapı sistemlerinin gelişmesini sağlamış ve yine bu sistemlerin daha güvenli tasarlanabilmeleri içinde yeni teknikler gelişmesine zemin hazırlamıştır. Teknolojinin izin verdiği en yüksek noktaya kadar yapı yapılmakta, daha yüksekler için yapılar tasarlanmakta ve bu tasarımların her türlü zeminde daha güvenli bir biçimde ayakta durabilmeleri için de yeni sistemler üretilmektedir. Süregelen ihtiyaçların artması ve daha fazla güvenlik ve konfor isteği bu sistemlere olan talebi arttırarak gelişmeleri hızlandıracağını belirtmiştir.

Şahin (2004) çalışmasında, deprem etkilerine karşı betonarme taşıyıcı elemanların davranışlarını incelemiştir. Bu tarz yapılarda perdelerin kullanılmasıyla yatay rijitliğinin sağlanması gerektiğini belirtmiştir. Yapılarımızda meydana gelebilecek düzensizlikleri

ortadan kaldırmak için taşıyıcı elemanların mümkün olduğunca simetrik yerleştirilerek kesitlerin yönetmeliklere uygun seçilmesi gerektiğini belirtmiştir

Güralp (2005) çalışmasında, yüksek yapıların alternatif sistemlerle oluşturulması ve maliyet bakımından karşılaştırılmasını incelemiştir. Maliyet bakımından karşılaştırma sonucunda ekonomik yönden genel olarak perdeli sistem ile yapılan yüksek yapının %11,95 gibi düşük bir farkla kolonlu sistemle yapılan yüksek yapıya göre daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat bu sonuçların yapılar benzer çalışmalarda çıkan sonuçlara uymadığı görülmüştür. Bunun sebebi daha önce yapılan çalışmalarda yapıların yükseklikleri 10-15 kat arasında alınmasına karşı bu tez çalışmasında bu değer 40 kat alınmıştır. 40 katlı bir yapının deprem yönetmeliğinin şartlarını sağlayarak tasarlanabilmesi için çok fazla sayıda kolon yerleştirilmesi gerektiği için kolonlu yapıda daha fazla betonarme demiri kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle kolonlu sistemde yapılan yüksek yapının maliyetinin daha fazla çıktığı belirtilmiştir. Kolonlu sistemden oluşan yapının perdeli sistemden oluşan yapıya göre tek avantajının daha az kullanılması olduğu belirtilmiştir.

Nuhoğlu, Şahin (2005) çalışmasında, daire kesitli yapılarda baca tabanı dış çapının yapı yüksekliği seçiminde önemli olduğunu belirtmiş ve baca yüksekliğinin dış çapa oranının 12-13 civarında olabileceğini önermiştir. Ancak yapılan çalışmada minare ve daha alçak kuleler için bu koşulun uygun olmadığı ve daha bir rijit sisteme ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Çalışmada yapı yüksekliğinin artmasıyla mod etkilerinin toplam davranışa katkılarının daha fazla arttığını belirtmiştir. Zayıf zeminde ki mod etkilerinin sert zemine göre daha az olmasının nedeninin kullanılan ivme değerlerinin farklı olmasına bağlı olduğunu belirtmiştir. Bu etkilerdeki artışın çoğunlukla hâkim periyoda sahip, sert zemin üzerindeki örneklerde görüldüğü belirtilmiştir. İncelenen örnekler sonunda yapıya ilave edilen ek kütlelerin sistemin deplasman oranını artırdığı belirtilmiştir. Periyot değişikli binanın davranışını çok değiştirmese de sonuç kuvvetlerini artırdığını belirtmişlerdir. Bundan dolayı, taşıyıcının rijitlik ve kütle değişimlerine neden olmayan elemanların da modele eklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunun yanında ülkemizde kullanılan yönetmelikteki hesaplara göre rüzgâr etkisinin yapı yüksekliğinin artmasıyla arttığı belirtilmiştir. Bununla birlikte ülkemiz de baca tarzı yapılar üzerinde rüzgâr ve deprem yüklerinin etkilerine bakıldığında rüzgâr yüklerinin etkisinin yüksekliğin artmasıyla daha dar etkili olduğu belirtilmiştir. Artışın yükseklikle beraber sabit olmayıp azalarak devam ettiği belirtilmiştir. Yükleme durumu sonucu oluşacak

maksimum kuvvetlerin belirli bir yükseklikten sonra değişiklik gösterebileceği belirtilmiştir.

Bilgin (2006) çalışmasında, Mimar Sinan yapılarında kubbeli örtü sistemlerinin yapısal analizini incelemiştir. Analizleri incelenen Mimar Sinan yapılarında örtü sistemlerinin taşıyıcılarının oldukça dengeli olduğu, çıkan gerilmelerin yapının rijitliğinin bozacak düzeyde olmadığı görülmüştür. Bu da bize Mimar Sinan'ın mimarlığının yanında mühendislik bilgisinin de olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda Mimar Sinan'ın zamanın malzemelerini çekme gerilmelerini karşılayacak şekilde kullanıldığı belirtilmiştir.

Uğurlu, Erdemli Günaşlan ve Karaşin (2007) çalışmalarında, dört ayaklı minarenin modellenmesi ve yapısal analizini gerçekleştirmiş. Sonlu elemanların analizlerinde açıklık bölgesinde sütunların hemen üstünde ki lentoların aksel çekme kuvvetlerinin fazla, kesme kuvvetlerinin çok az olduğunu belirterek bu tarz yapıların aksel çekme kuvvetine göre hesaplandığı belirtilmiştir. Bu lentolar nedeniyle yapının açılmasına neden olduğu için yapının statığı için önemli olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber, simetrik olarak yapılan sütunların yapım sırasında hesaba katılmayan araçların neden olduğu titreşimlerden dolayı yapı stabilitesinin olumsuz yönde etkilendiği belirtilmiştir.

Temüz (2007) çalışmasında, minarelerin rüzgâr yükleri altında davranışlarının incelenmesi ve bunların rüzgâra göre hesabını incelemiştir. Ülkemizde bilindiği gibi çok sayıda minare rüzgâr etkisiyle yıkılmış ve bunun sonucunda can ve mal kayıpları meydana geldiği görülmüştür. Şiddetli rüzgâr etkileri ülkemizin değişik yerlerinde zaman zaman oluştüğundan bu konuda çalışmalara başlanması gerektiği ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda minaredeki yük etkilerine bakıldığında yük yığılmalarının en fazla kapı boşluklarının bulunduğu kısımlarda ve geçiş elemanının hemen üzerinde olduğu görülmüştür. Yıkılan minarelere bakıldığında kırılmaların en fazla bu kesitlerde oluşması yapılan çalışmalarda elde edilenlerin doğruluğunu göstermiştir. Minareye etki eden rüzgâr yüklerinin minare yüksekliği boyunca dağılımından, minare tabanından 33 m' ye kadar TS498' in, bu metreden sonra ACI 307'nin daha büyük değerler verdiği görülmüştür. Bunun nedeni TS 498/97'deki 21 m'den 100 m ye kadar olan sabit rüzgâr yükü dikkate alınmasıdır. Görüldüğü gibi bu aralık oldukça uzun bir mesafedir. Dolayısıyla daha yüksek minareler için ACI 307/98 dikkate alınarak yapılan rüzgâr hesaplarında emniyetli tarafta kalma ihtimali daha fazladır. Rüzgâr yüklerinin

tasarımında rüzgâr hızının ortalama 40 m/s olduğu (TS 498' de verilen rüzgâr hızı değerlerine göre) varsayılmaktadır. Fakat bazı minarelerin yıkılma haberlerine bakıldığı zaman çok yüksek hızlardan (90 m/s ye ulaşan) söz edilmektedir. Bu nedenle çok yüksek hızlarda rüzgârların estiği bölgelerde 40 m/s dikkate alarak hesap yapmak oldukça güvensiz tarafta kaldığı belirtilmiştir. Çalışmada dikkate alınan minare için yapılan rüzgâr ve depreme göre hesaplardan deprem nedeniyle oluşacak etkilerin daha büyük olduğu görülmüştür. Ancak şiddetli rüzgârların depreme göre ülkemizde daha sıklıkla meydana gelmesi rüzgâr değerlerinin küçükte olsa etkisini ön plana çıkarmaktadır. Bunları genellemek ve daha ayrıntılı sonuçlar elde etmek için yapılan çalışma sayısının daha detaylı bir yol izlenerek artırılması ve doğrusal olmayan çözümlenmelerin incelenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Kırmızılaş (2008) çalışmasında, yüksek katlı yapılarda farklı taşıyıcı sistemli yapıları ekonomik yönden karşılaştırılmasını incelemiştir. Yüksek katlı yapılarda taşıyıcı sistemin seçimi ve tasarlanması aşamasında en önemli etkenin maliyet olduğunu belirtmiştir. Fakat bazı durumlarda yapının mimarisi gereği maliyetin ikinci plana atılarak maliyeti daha yüksek olan taşıyıcı sistemin seçilebileceği belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında farklı taşıyıcı sistemli yapıların ekonomik olarak değerlendirilmesi yapılmış ve sonuç olarak ülkemiz için en ekonomik yapı sisteminin betonarme olduğu belirtilmiştir.

Işık (2008) çalışmasında, çok katlı betonarme yapılarda taşıyıcı sistem etkilerini incelemiştir. Bu tez çalışmasıyla betonarme binalarda sıkça rastlanan tasarım hatalarının mevcut olduğu belirtilmiştir. Projelerdeki karmaşık planların düzgün plan şekillerine dönüştürülmesi gerektiği belirtilmiştir. Bina projede basit ve anlaşılır şekilde olmalıdır. Bunun yanında binada ki simetriklik de burulma açısından faydalı olduğu belirtilmiştir. Plandaki düzensizlikler den dolayı bina köşelerinde aşırı gerilme yoğunlaşmaları, eksantriksi etkisiyle aşırı burulma etkilerinin oluştuğu belirtilmiştir. Döşeme yırtıklarının diyafram süreksizliği ve yapısal burulma meydana getireceğinden sakınılması gerekmektedir.

Arslan (2009) çalışmasında, yüksek yapılarda farklı tip dış destek kullanımının yapı performansına etkisini incelemiştir. Tez çalışması kapsamında ele alınan 60 katlı narin yüksek yapıda farklı dış destek sistemler denenmiştir. Karşılaştırma yapılmadan önce yapı TBDY 2018 uyarınca doğrusal yöntemler kullanılarak boyutlandırılmış. Daha sonra ise doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapının karakteristik özellikleri daha belirgin

şekilde çıkartılmıştır. Bu şekilde yapının görelî kat ötelemesi değerlerinin sınırlara yakın olduğu ve yapının yatay rijitliğinin yeterli olmadığını gözlemlemiştir. Özcan (2015) çalışmasında, yüksek yapılarda ki perdelerin kesme davranışı üzerine etkisini incelemiştir. Kesme donatısı etkisinde ki sistemlerde deprem etkilerinin arttığı belirtilmiştir. Kuvvetlerin artmasıyla beraber binada ki tüm elemanların kuvvetlerinin arttığı belirtilmiştir. Narinlik oranı düşük elemanlarda, kesme akması olması istenmiyorsa perde duvar narinlik oranlarının mevcut yönetmelik hesaplarına göre yeterli olmadığı belirtilmiştir.

Yüksel, Çağlar ve Demir (2017) çalışmasında, betonarme yüksek yapıların performanslarına perdelerin etkilerini incelemişler. Binalarda ki perde sayısı arttıkça kolonlarda ki mafsallaşmaların daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür. Artan perde sayısıyla beraber kolonlarda ki mafsalların azaldığı tespit edilmiştir. Perde oranının artmasıyla beraber yapının hedeflenen performans düzeyini sağlaması daha kolay olduğu belirtilmiştir.

Yaşarer (2019) çalışmasında, yüksek yapıların tasarımında gelişmeleri incelemiştir. Yüksek binaların deprem davranışının diğer binalara göre farklı olduğu ve bu binaların tasarımları yapılırken farklı şekilde yapılmasını söylemiştir. Gelecekte yapılması planlanan çalışmalarda yüksek binaların deprem davranışlarının daha doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için daha farklı deprem ivme kayıtlarının kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin çoğaltılarak yapılması önerilmiştir. Bunun yanında depremlî kombinasyonların yanından rüzgâr etkilerinin de beraber dikkate alınarak tasarımların yapılmasını önermiştir.

Aktaş (2019) çalışmasında, taşıyıcı sistem belirlenmesinde ortaya çıkan problemleri doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle çözümlenmesini incelemiştir. Betonarme kolonlarda ön boyutlama kriterleri plastik mafsâl oluşumunu engelleyecek ve kolonların doğrusal davranış sergilemesini sağlayacak düzeyde olduğu belirtilmiştir. Fakat elde edilen sonuçların aşırı güvenli tarafta kaldığı belirtilmiştir. Kompozit kolonlarda ise plastik mafsâl oluşmasa da akma düzeylerine oldukça yakın sonuçların alındığı belirtilmiştir. Kirişlerde ön boyutlandırma kriterleri, plastik mafsâl bölgelerinde kiriş kesitlerinde dönme kaynaklı deformasyonların oldukça güvenli sınırlarda tuttuğu belirtilmiştir.

Budak (2019) çalışmasında, yüksek yapılarda taşıyıcı sistem tasarımı' nı incelemiştir. Çalışma sonunda sistemlerin tasarımının temel probleminin, yanal

yüklerden kaynaklanan yer değiştirme olduğu belirtilmiştir. Yanal yer değiştirmelerin binanın yüksekliği ile orantılı olarak artığı, bu nedenle yükseklik arttıķa taşıyıcı sistem seçim imkânının azaldığı belirtilmiş. Yanal yüklere maruz kalan her taşıyıcı sistemin özelliklerini ve davranışlarını analiz etmek ve anlamak taşıyıcıya yüksek katlı bir bina projesi için en uygun sisteminin ne olduğu sorulması gerektiğini belirtmiştir.

Aslan (2019) çalışmasında, yüksek yapılarda farklı tip dış destek kullanımının yapı performansına etkilerini incelemiş. Dış destek sistem kullanımın, narin ve yüksek yapılarda görel kat ötelemelerini azalttığı buna bağlı olarak da yapısal hasar oranını ciddi düzeyde düşürdüğü belirtilmiştir. Farklı iki tip dış destek sistem birbiri ile kıyaslandığında, burkulması önlenmiş çapraz kullanılan yapıda rijit kattaki kirişlerin kapasite kullanım oranlarının geleneksel çapraza kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Diğer elemanlardaki kapasite kullanımları ise ihmal edilebilecek düzeyde olduğu belirtilmiştir.

İlter (2019) çalışmasında, deprem etkisi altındaki yüksek yapılarda titreşim analizini gerçekteşirmiş. Yüksekliği aynı olan yapılarda kare şeklindeki binaların silindir şeklindeki binalara göre doğal frekanslarının daha yüksek çıktığı belirtilmiş. Silindir şeklindeki binaların kare şeklindeki binalara göre maksimum deformasyonlarının daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu tez çalışmasıyla bir alana yüksek bir yapı inşa etmeden önce o bölgenin deprem analizinin yapılıp, karşılaşılan depremlerin frekans aralıkları bulunmalı ve bina doğal frekansı bu aralığı denk gelmeyecek şekilde tasarlanması gerektiği belirtilmiştir. Bu tasarımı yaparken bina atalet momenti ve kütleyle değiştirerek doğal frekansı istenilen bölgeye çekebileceğimiz belirtilmiştir.

Özcan, Duran ve Erol (2019) çalışmasında, çok katlı yapılarda betonarme döşeme sistemlerini incelemişler. Bu çalışmada İstanbul' da yer alan 25 yüksek katlı yapıyı inceleyerek yapıları üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Yapıların büyük çoğunluğunda çerçeve sistem kullanıldığı ayrıca temel olarak radye temelin tercih edildiği görölmüştür. Yapılarda genellikle kaset ve çift doğrultuda çalışan kirişli döşeme sistemi kullanıldığı belirtilmiştir.

Güven (2019) çalışmasında, yüksek yapılarda ki cephe sistemlerinin taşıyıcıya olarak ilişkisini incelemiş. Bu çalışmada incelenen örneklerde taşıyıcı sistem olarak çekirdek sistemin kullanılması ve bu çekirdeklerde servis alanlarının çözümlenmesi ortak bir özellik olarak görölmektedir. Perdelerle çevrelenen çekirdek binaya sağlamlık katmakta ve binanın ağırlık merkezine göre moment etkilerini azalttığı belirtilmiştir. Böylece betonarme çekirdekli sistem kullanılan en avantajlı çözümlerden biri olduğu görölmüştür.

Ayrıca taşıyıcı sisteme çeşitli katlarda eklenen outrigger veya diagrid sistem binaların yatay yükler altında eğilme rijitliğinin artırdığı belirtilmiştir.

Ulusoy (2019) çalışmasında, yüksek yapılarda ki düzensizlikleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği' ne göre incelemiştir. İncelenen örnekler sonucunda toplamda üç adet yapıda burulma düzensizliği (A1), iki adet yapıda döşeme süreksizlik düzensizliği (A2), iki adet yapıda plan geometrisi düzensizliği (A3) görülmesi beklenmektedir.

Budak (2019) çalışmasında, yüksek yapılarda taşıyıcı sistem tasarımını incelemiştir. Bu çalışmada sistemlerin tasarımının temel probleminin, yanal yüklerden kaynaklanan yer değiştirme olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Yanal yer değiştirmeler, binanın yüksekliği ile orantılı olarak arttığı belirtilmiştir. Bu nedenle yükseklik arttıkça sistemler arasında seçim yapma imkânımızın azaldığı görülmüştür. Yanal yüklerle maruz kalan her taşıyıcı sistemin özelliklerini ve davranışlarını analiz etmek ve anlamak, araştırmacıyı veya tasarımcıya yüksek katlı bir bina projesi için en uygun sistemin belirlenmesinin çok önemli olduğunu belirtmiştir.

Şancı (2021) çalışmasında, yüksek yapı sistemlerinin performanslarında p-delta etkisini değerlendirmiştir. Bu çalışmada baza, kirişsiz döşeme sistemi ve gömülü kat idealleştirmelerini içeren modelleme teknikleri, malzeme modelleri için yapılan kabuller çalışma aşamaları esnasında doğruluğu denenerek ve karşılaştırılarak sınanmıştır. Modal analiz karşılaştırmalarında dinamik karakteristikleri açıdan önemli bir farklılığın olmadığı ve öngörülen tasarımının davranışı gerçekçi bir şekilde hesaba katabildiği anlaşılmıştır. Benzer şekilde enerji hataları, incelenen yapılardaki enerjinin tüketildiğini ve yapı modellerinin yeterli derecede doğruluğunu gösterir niteliktedir. Modelleme aşaması diğer aşamaları da etkileyen en önemli aşamadır ve farklı kabullere göre modeller ortaya koyulabildiği belirtilmiştir. Diğer taraftan yapının tepkisini tahmin edebilmek için çeşitli kabulleri yapılması gerektiği belirtilmiştir. Yapılan kabuller ve idealleştirmeler göz önüne alındığında analiz modellerinin ve deprem analizlerinin günümüz bilgisayar teknolojisi, programlama kabiliyetleri ve hesap teknikleri kabiliyetinde bir fikir verdiği söylenmiştir. Nitekim yapı analiz modelinin kesin ve tam bir modelin olması zorunluluğunun bulunmadığı ve hiçbir zaman böyle bir modelin olmayacağı belirtilmiştir.

3. YÜKSEK YAPILAR

Yüksek yapılar, yapısal özellikleri ve tasarımı açısından yüksekliği az olan yapılardan farklı tasarlanmaktadır. Beklenmeyen bir göçme meydana geldiğinde yüksek yapıda daha fazla mal ve can kaybı meydana gelmektedir. Bir yüksek yapının yan bir şekilde yere yatarak çökmesiyle yapı yüksekliği kadar bir alandaki yaşam alanlarını olumsuz etkisi olabilir. Dünyada yürürlükte olan yönetmenlikler çoğunlukla yüksekliği az olan yapılar için hazırlanmıştır. Yüksek katlı yapıların tasarımında bu yönetmelik kuralları dışında özel tasarım kuralları kullanılır (Celep ve Özuygur,2017). Yüksek yapılar sadece betonarme binalardan oluşmamaktadır. Betonarme bacalarda yüksek yapı niteliğindedir. Ülkemizde ve dünyada bu tarz yapılar mevcuttur. Ayrıca cami minareleri' de yüksek yapı olarak projelendirilir. Bunlarda taş veya betonarme olarak imal edilmektedir. (Celep ve Özuygur,2017)

3.1. Yüksek Katlı Betonarme Binalar

Yüksek binalar genelde narin yapılarıdır. Bina yüksekliği arttıkça, burkulma eğilimi de artar. Narinlik ve burkulma binanın kullanılabilirliği ve konforu için çok dikkatli bir şekilde seçilmesi gerekir. Bu binaların titreşim periyotları büyük olmakla beraber modların etkisi daha net ortaya çıkmaktadır. Yüksek yapılar da rijitlik taşıyıcı sistemlerin belirlenmesinde daha önemlidir. Yüksek yapılarda zamanla meydana gelen şekil değiştirmelerinden kaynaklanan etkiler daha fazla olduğu için düşey taşıyıcı elemanların tasarımı için önemli bir tasarım konusu olarak ortaya çıkar. (Celep ve Özuygur,2017).

Yüksek bina temelleri de az katlı binalara göre farklılar teşkil eder. Yüksek katlı binada zemine gelen gerilmelerin fazlalığı ve stabilite sorunu nedeniyle temel sistemi seçimi de çok önemlidir. Uygun bir rijitlik ile beraber eğilme ve burulma etkileri de önemli oranda titreşim ortaya çıkarmaktadır. Yüksek binanın simetrik olmaması durumunda, çekirdek bölümünün dışında kirişsiz döşemelerin seçildiği durumlarda dışta bulunan kolonlar da düzlem içinde normal kuvvet etkisinde kalacaklardır. Budan dolayı ortada çekirdek perdelerini birbirine bağlayan kiriş ve döşeme şeritleri kısa olan açıklıklardan dolayı büyük zorlamalar etkisinde bulunur. Yüksek binaların bodrum ve zemin katlarındaki kulenin taşıyıcı sistemi yanında, genişleyen bölümlerde ilave kolonlarla beraber çevre perdeleri oluşur. Yüksek bina tasarımlarının öncüleri olarak

bilenen, John Hancock Center ve Willis F. Baker tarafından yüksek binaların çerçeve sisteminin depremselliğinin yeterli olabilmesi için binaya önemli oranda perde eklenmesinin zorunlu olduğu belirtmişlerdir (Celep ve Özüygür,2017).

Dünyada yapılmış en yüksek binalar ve özellikleri aşağıda verilmiştir;

Burj Khalifa (Burç Halife) binası 828 metre yükseklikindedir. Bina Birleşik Arap Emirlikleri Dubai merkezdedir. Burj Khalifa Şekil 3.1' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Burj Khalifa

Shanghai Tower (Şanghay Kulesi) binası 632 metre yükseklikindedir. Bina Çin Şanghay'dadır. Shanghai Tower Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Shanghai Tower

Abraj Al Bait (Ebrac el- Beyt Kuleleri) binası 632 metre yüksekliktedir. Bina Suudi Arabistan Mekke’dedir. Abraj Al Bait Şekil 3.3’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Abraj Al Bait (Ebrac el Beyt Kuleleri)

Ping An Finance Center (Ping An Uluslararası Finans Merkezi) 599 metre yüksekliktedir. Çin Shenzhen da bulunan bina Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Ping An Finance Center

Lotte World Tower (Lotte Dünya Kulesi) 554,5 metre yüksekliktedir. Bina Güney Kore Seul dedir. Bina Şekil 3.5’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Lotte World Tower

Türkiye’de yapılmış en yüksek binalar ve özellikleri aşağıda verilmiştir;
Mistral Ofis Kulesi, 216 metre yüksekliktedir. Bina İzmir’dedir. Bina Şekil 3.6’
da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Mistral Ofis Kulesi

Nurol Life, 220 metre yüksekliktedir. Bina İstanbul’dadır. Bina Şekil 3.7’ de
gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Nurol Life

İstanbul Sapphire, 261 metre yüksekliktedir. Bina İstanbul'dadır. Bina Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. İstanbul Sapphire

Skyland İstanbul, 287 metre yüksekliktedir. Bina İstanbul'dadır. Bina Şekil 3.9' da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Skyland İstanbul

Metropol İstanbul Tower 1,301 metre yüksekliktedir. Bina İstanbul'dadır. Bina Şekil 3.10' da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Metropol İstanbul Tower

Yüksek binaların taşıyıcı sistemi basit, akılcı ve davranışı öngörülebilir düzeyde olmalıdır. Taşıyıcı sisteminin yapım aşaması açık olmalıdır. Taşıyıcı sistemin tasarım ve uygulama aşamaları sıralı bir şekilde ele alınmalıdır. Taşıyıcı sistem yapımı ve inşası kolay olmalıdır. (Celep ve Özüygür,2017)

Depreme dayanıklı yüksek katlı betonarme binaların tasarımı dünya da olduğu gibi ülkemizde de TBDY 2018 13.Bölümde ilk olarak yerini almıştır. Yönetmeliğin 13.Bölümünde deprem etkisinde ki yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımında kullanılacak yöntem ve kurallar verilmiştir.

TBDY 2018 Çizelge 3.3.1' de verilen yükseklik tanımları esas alınarak TBDY 2018 Çizelge 3.3'e göre aşağıda belirtilen binalar yüksek bina olarak tanımlanır ve $BYS=1$ olarak alınır.

- a- $DTS = 1$, 1a,2, 2a için yüksekliği $H_N > 70$ m olan binalar.
- b- $DTS = 3$, 3a için yüksekliği $H_N > 91$ m olan binalar.
- c- $DTS = 4$, 4a için yüksekliği $H_N > 105$ m olan binalar.

Yüksek bina taşıyıcı sistemleri TBDY 2018 bölüm 13.1.5'te tanımlanan taşıyıcı sistemler hariç olmak üzere, Bölüm 4, Bölüm 7, Bölüm 8 ve Bölüm 9' da verilen tanımlara göre süneklik düzeyi yüksek sistem olarak düzenlenecektir. Süneklik düzeyi sınırlı ve süneklik düzeyi karma sistemlere izin verilmez.

Yüksek bina taşıyıcıları TBDY 2018 Çizelge 4,1'de A12, A13, A14, A15, B12, B13 ile tanımlanan süneklik düzeyi yüksek betonarme taşıyıcı sistemlerden oluşturulacaktır. Bu taşıyıcı sistemler;

A12: Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar.

A13: Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar.

A14: Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı betonarme binalar.

A15: Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar.

B12: Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran süneklik düzeyi yüksek ön üretimli çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılanan binalar.

B13: Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran süneklik düzeyi yüksek ön üretimli çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar.

DTS=4 olan binalarda bunun yanında TBDY 2018 Çizelge 4,1' de A21, A22 simgeleri ile tanımlanan süneklik düzeyi karma betonarme taşıyıcı sistemler de kullanılabilir.

A21: Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar.

A22: Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar.

Yüksek bina sistemlerinde taşıyıcı perde kalınlığı 30 cm' den az olmayacaktır. TBDY 2018 7.6.1.3 ve 7.6.3.2 uygulanmayacaktır.

Yüksek bina betonarme taşıyıcı sistemlerde sadece B420C veya B500C kalitesinde nervürlü donatı çelikleri kullanılacaktır.

3.1.1. Yüksek binaların performans hedefleri ve tasarım aşamaları

Yüksek binaların performans hedefleri ve tasarım aşamaları az katlı binalardan farklıdır. Yüksek binaların tasarımı TBDY 2018 13.2.1, 13.2.2,13.2.3' te belirtilen üç aşamada yapılacaktır. II. Aşama ile III. Aşamanın sıraları değiştirilebilir.

Tasarım Aşaması I:

DD-2 Deprem Yer Hareketi Altında Ön Tasarım Boyutlandırma

DD2 → Kontrollü Hasar (KH) → Dayanıma Göre Tasarım (DGT)

Bu aşama için uygulanması zorunlu hesap ve tasarım esaslarının ayrıntıları TBDY 2018 Bölüm 13.4' te verilmiştir.

Bu aşamada TBDY 2018 Bölüm 4 ile birlikte Bölüm 7, Bölüm 8 ve/veya Bölüm 9' da ve ayrıca bu bölümde verilen kurallar esas alınacaktır.

Tasarım Aşaması II:

DD-4 veya DD-3 Deprem Yer Hareketi Altında Kesintisiz Kullanım ve Sınırlı Hasar Performans Hedefi için Değerlendirme- İyileştirme

Bu aşamada ön tasarımı yapılmış bulunan mevcut binanın;

TBDY 2018 Bölüm 13 ‘de Çizelge 3.4.(b)’ ye göre normal performans hedefi için DD-4 deprem yer hareketi altında Kesintisiz Kullanım (KK) performans hedefini sağlamak üzere, Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile performans değerlendirmesi yapılacaktır.

TBDY 2018 Bölüm 13 ‘de Çizelge 3.4.(b)’ ye göre ileri performans hedefi için DD-3 deprem yer hareketi altında Sınırlı Hasar (SH) performans hedefini sağlamak üzere, Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımı ile performans değerlendirmesi yapılacaktır.

Bu aşama için hesap esaslarının ayrıntıları Bölüm 13.5’ te verilmiştir.

Bu aşamada Bölüm 4 veya Bölüm 5 ile birlikte Bölüm7, Bölüm 8 ve/veya Bölüm 9’da ve ayrıca bu bölümde verilen kurallar esas alınacaktır. Değerlendirme sonucunda gerekli görülürse ön tasarım iyileştirilecek ve değerlendirme tekrarlanacaktır.

Tasarım Aşaması III:

DD-1 Deprem Yer Hareketi Altında Göçmenin Önlenmesi veya Kontrollü Hasar Performans Hedefi için Değerlendirme- İyileştirme- Son Tasarım

Bu aşamada, ilk iki tasarım aşaması tamamlanmış olan yüksek binanın Çizelge 3.4.(b)’ ye göre DD-1 deprem yer hareketi altında normal performans hedefi olarak Göçmenin Önlenmesi (GÖ), ileri performans hedefini sağlamak üzere Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımı ile performans değerlendirmesi yapılacaktır.

Bu aşama için hesap esaslarının ayrıntıları Bölüm 13.6’ da verilmiştir.

Değerlendirme sonucunda gerekli görülürse tasarım iyileştirilecek ve değerlendirme tekrarlanarak son tasarıma ulaşılabilecektir. Bu aşamada Bölüm 5 ile birlikte Bölüm 7, Bölüm 8 ve/veya Bölüm 9’ da ayrıca bu bölümde verilen kurallar esas alınacaktır.

3.1.2. Yüksek bina taşıyıcı sistem elemanlarının davranış özellikleri

3.1.2.1. Doğrusal olmayan sünek davranışa ilişkin şekil değiştirmeler

Doğrusal olmayan sünek davranıştan kaynaklanan şekil değiştirmeler yönetmelikte anlatılmıştır. Genel tanımı TBDY 2018 Bölüm 4.2.2' de verilen kapasite tasarımı ilkelerinin uygulanması kapsamında, doğrusal olmayan sünek davranışın tanımlanabileceği eleman türleri ve davranış modları aşağıda belirtilmiştir:

- a. Süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler: Perde taban bölgelerinde (temelin, bodrumun hemen üstündeki bölgelerde) ve bu bölgelerden yukarıya doğru makul bir yükseklikteki bölgelerde iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma. Bağ kirişli perde durumunda betonarme veya çelik bağ kirişlerinde eğilme ve/veya kesme etkisinde akma.
- b. Süneklik düzeyi yüksek betonarme veya çelik çerçeveler: Kiriş uç bölgelerinde eğilme etkisinde akma, kolon taban kesitlerinde (temelin, bodrumun veya bazanın hemen üstündeki kesitlerde) iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma.
- c. Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler: Bağ kirişlerinde kesme-eğilme akması (tercihen sadece kesme akması), kolon taban kesitlerinde (temelin, bodrumun veya bazanın hemen üstündeki kesitlerde) iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma.
- d. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler: Çekme çaprazlarında akma, basınç çaprazlarında burkulma, kolon taban kesitlerinde (temelin, bodrumun veya bazanın hemen üstündeki kesitlerde) iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma.
- e. Süneklik düzeyi yüksek burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler: Çekme ve basınç çaprazlarında akma, kolon taban kesitlerinde (temelin, bodrumun veya bazanın hemen üstündeki kesitlerde) iki doğrultuda eğilme ve eksenel kuvvet (P-M-M) etkisinde akma.

3.1.2.2. Lineer davranışla ilişkin iç kuvvetler

Genel tanımı TBDY 2018 4.2.2' de verilen kapasite ilkelerinin uygulanması kapsamında, doğrusal davranışa ilişkin iç kuvvetler için yeterli dayanımın sağlanması

esastır. Doğrusal davranışa ilişkin aşağıda belirtilen iç kuvvetler, kritik iç kuvvetler olarak tanımlanacaktır.

- a. Perdeler, bodrum perdeleri, kolonlar ve kirişlerde kesme kuvvetleri (çapraz donatılı bağ kirişleri hariç),
- b. Sadece aksel kuvvete maruz kolonlardaki aksel kuvvetler,
- c. Kat döşeme plakları ve transfer katları döşeme plaklarında aktarma elemanları ile düşey taşıyıcı sistem elemanlarına (perdeler ve kolonlar) aktarılan iç kuvvetler,
- d. Özel zımbalama donatısı konulmayan döşeme ve radye temel plaklarında zımbalama kuvvetleri,
- e. Temellerde kesme kuvvetleri,
- f. Bağlanan elemanların dayanımlarından daha az dayanıma sahip çelik birleşimlerdeki iç kuvvetler,

Doğrusal davranışa ilişkin aşağıda belirtilen iç kuvvetler, kritik olmayan iç kuvvetler olarak tanımlanacaktır:

- a. Bodrum perdelerinde eğilme momentleri,
- b. Temellerde eğilme momentleri,
- c. Döşemelerde eğilme momentleri.

3.1.3. Tasarım aşaması I: Ön tasarım- boyutlandırma için hesap esasları

Bu aşamada yüksek bina için ön tasarım ve boyutlandırma yapılır. Binada deprem yer hareket düzeyi DD-2 yer hareketi altında hesaplama yapılır. Ayrıca tasarım hesap yöntemi olarak dayanıma göre tasarım hesap esasları kullanılır. Bununla ilgili yönetmelik detayları aşağıda özetlenmiştir;

1. I. Aşama' da seçilen yüksek bina taşıyıcı sisteminin ön tasarım-boyutlandırma amaçlı deprem hesabı, standart tasarım deprem yer hareketi olarak nitelendirilir. DD-2 deprem yer hareketlerinin etkisi altında, burada tanımlanan ek kurallar göz önüne alınarak TBDY 2018 Bölüm 4' te verilen Dayanıma Göre Tasarım (DGT) hesap esaslarına göre yapılacaktır.
2. Hesap sonuçları ile birlikte TBDY 2018 Bölüm 13, Bölüm 7 ve/veya Bölüm 9' da verilen kurallar esas alınarak, seçilen yüksek bina taşıyıcı sisteminin ön tasarım (ön boyutlanması) yapılacaktır.

3. Taşıyıcı sistem modellenmesi TBDY 2018 Bölüm 4.5' te verilen kurallara göre yapılacaktır.
4. I. Aşama' da göz önüne alınarak deprem etkisini içeren yük birleşimleri TBDY 2018 Bölüm 4.4.4' te tanımlanmıştır.
5. Hesaplarından önce yapım aşamalarını göz önüne alan düşey yük hesabı ve rüzgâr hesabı ile betonarme binalarda sünme hesabı yapılacaktır.
6. Deprem hesabında TBDY 2018 Bölüm 13.1.4 veya Bölüm 13.1.5' e göre seçilen yüksek bina taşıyıcı sistemi için R ve D değerleri TBDY 2018 4.3.2.4' te verilen kurallar uygulanarak belirlenecektir.
7. Deprem hesabı kapsamında, DD-2 deprem yer hareketi altında TBDY 2018 Bölüm 4.8.2' ye göre Mod Birleştirme Yöntemi veya TBDY 2018 Bölüm 4.8.3' e göre zaman tanım alanında Mod Toplama Yöntemi ile üç boyutlu doğrusal hesap yapılacaktır.
8. TBDY 2018 Bölüm 4.8.4' e göre yapılan azaltılmış iç kuvvetlerin küçük Eşdeğer Taban Kesme Kuvveti' ne göre büyütülmesi işlemi, yüksek binaların I. Aşama deprem hesabında Denklem (13.1) ile tanımlanan Minimum Taban Kesme Kuvveti esas alınarak yapılacaktır. Minimum taban kuvveti aşağıdaki Denklem 3. 1' e göre hesaplanır.

$$V_{t.min} = 0.04\alpha_H m_t S_{DS} g \quad (3.1)$$

Burada (m_t) kulenin yer aldığı üst bölümün toplam kütleini, (S_{DS}) DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, (g) yer çekimi ivmesini, α_H ise yükseklik tanımı esas alınarak Denklem 3.2, Denklem 3.3 ve Denklem 3.4 'e göre bina yüksekliği H_N ' ye bağlı olarak hesaplanan katsayıyı göstermektedir.

$$\alpha_H = 1.0 \quad H_N \leq 105 \text{ m} \quad (3.2)$$

$$\alpha_H = 2.05 - 0.01H_N \quad 105 \text{ m} < H_N \leq 155 \quad (3.3)$$

$$\alpha_H = 20.5 \quad 155 \text{ m} < H_N \quad (3.4)$$

9. Yapısal elemanların boyut ve donatıları TBDY 2018 Bölüm7, Bölüm 8 ve Bölüm 9' da verilen esaslar dikkate alınarak TBDY 2018 13.4.3' e göre hesaplanan ön tasarım iç kuvvetlerine göre belirlenecektir.

10. Yüksek bina temellerinin ön tasarımı da TBDY 2018 4.10.3' te tanımlanan kuvvetler esas alınarak TBDY 2018 Bölüm 16' ya göre yapılacaktır.

3.1.4. Tasarım aşaması II: Kesintisiz kullanım veya sınırlı hasar performans değerlendirmesi için hesap esasları

1. I. Aşamada boyutlandırması tamamlanan yüksek bina için II. Aşama hesaplara geçilecektir. Burada çıkan sonuçlara göre hesap aşaması devam edecektir. Bu aşamada deprem yer hareket düzeyi olarak DD-3 ve DD-4 kullanılmaktadır. Ayrıca hem dayanıma göre tasarım hem şekil değiştirmeye göre hesap yapılmaktadır. II. Aşama' da ön tasarımı yapılan taşıyıcı sistem elemanlarının normal performans hedefi için DD-4 deprem yer hareketi altında Kesintisiz Kullanım (KK) performans hedefini, ileri performans hedefi için ise DD-3 deprem yer hareketi altında Sınırlı Hasar (SH) performans hedefinin sağlamak üzere doğrusal veya doğrusal davranışa çok yakın durumda oldukları kanıtlanacaktır.
2. Kesintisiz Kullanım (KK) performans hedefi için değerlendirme TBDY 2018 Bölüm 4' e göre doğrusal hesaba dayalı DGT yaklaşımı ile yapılacaktır. Sınırlı Hasar (SH) performans hedefi için değerlendirme ise, TBDY 2018 Bölüm 5' e göre doğrusal olmayan hesaba dayalı ŞGDT yaklaşımı ile yapılacaktır.
3. Yük birleşimlerinin tanımlanması için TBDY 2018 Bölüm 4.4.4 veya TBDY 2018 Bölüm 5.2.2 esas alınacaktır.
4. Ek dışmerkezlik etkisi gözönüne alınmayacaktır. Sönüm oranı %2,5 alınacaktır.
5. Deprem hesabından önce yapılan ve yapım aşamalarını gözönüne alan düşey yük hesabı sonuçları II. Aşama' da kullanılacaktır.
6. Deprem hesabı kapsamında, normal performans hedefi için DD-4 deprem yer hareketi altında modal hesap yöntemleri ile doğrusal hesap yapılacaktır. İleri performans hedefi için DD-3 deprem yer hareketi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yapılacaktır.
7. Deprem hesabının normal performans hedefi için modal hesap yöntemleri ile yapılması durumunda; iç kuvvetlerin hesabında $R / I = 1$ ve $D = 1$ alınacaktır.

8. Minimum taban kesme kuvveti koşulu uygulanmayacaktır.
9. Deprem hesabının Mod Toplama Yöntemi ile yapılması durumunda ise, her bir titreşim modu için modal tek serbestlik dereceli sistemin sönüm oranı %2,5 olarak alınacaktır.
10. Deprem hesabının ileri performans hedefi için zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap olarak yapılması durumunda sönüm oranı %2,5 olarak alınacaktır.
11. Deprem hesabının normal performans hedefi için doğrusal modal hesap yöntemleri ile yapılması durumunda, bu hesapta elde edilen iç kuvvetler değerlendirmeye esas iç kuvvetler olarak göz önüne alınacaktır.
12. Deprem hesabının ileri performans hedefi için zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap olarak yapılması durumunda; sünek davranışa sahip elemanlarda değerlendirmeye esas şekil değiştirme talepleri, yapılan hesapların (en az 2x11=22 hesap) her birinden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak hesaplanacaktır.

3.1.5. Tasarım aşaması III: Göçmenin önlenmesi veya kontrollü hasar performans değerlendirmesi için hesap esasları

1. Boyutlandırılması tamamlanan ve Kesintisiz Kullanım (KK) veya Sınırlı Hasar (SH) performans hedefini sağlayan binada son aşama için hesaplamalar yapılır. Bu hesap yöntemi aşağıda anlatılmıştır. Bu aşamada deprem yer hareket düzeyi DD-1 kullanılır. III. Aşamada, ön tasarımı – boyutlandırması I. Aşama’ da tamamlanan ve II. Aşama da Kesintisiz Kullanım (KK) veya Sınırlı Hasar (SH) performans hedefini sağladığı gösterilen yüksek bina sisteminin, göz önüne alınan en büyük deprem olarak nitelenen ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan DD-1 deprem yer hareketi altında normal performans hedefi olarak Göçmenin Önlenmesi (GÖ) veya ileri performans hedefi olarak Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağladığı gösterilecektir.
2. Yüksek bina taşıyıcı sisteminin zaman tanım alanında yapılan üç boyutlu doğrusal olmayan hesabı sonucunda elde edilen değerlendirmeye esas şekil değiştirme, iç kuvvet ve görelî kat öteleme taleplerinin tanımlanan

performans sınırlarından daha küçük olduğu gösterilecektir. Bu koşulların sağlanmaması durumunda, taşıyıcı sistemde gerekli iyileştirmeler yapılarak analizler tekrar edilecek ve bu şekilde tasarım geliştirilerek sonuçlandırılacaktır.

3. DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında normal performans hederi olarak Göçmenin Önlenmesi (GÖ), ileri performans hedefi olarak ise Kontrollü Hasar (KH) performans hedefinin sağlanması için aşağıda verilen şekil değiştirme sınırlarının ve iç kuvvet sınırlarının aşılmaması gereklidir.
 - a. Sünek davranışa sahip betonarme elemanlarda hesaplanan şekil değiştirme talepleri TBDY 2018 Bölüm 5.8.1' de ilgili performans düzeyi için verilen sınır değerleri aşmayacaktır.
 - b. Sünek davranışa sahip betonarme elemanlardaki şekil değiştirme talepleri TBDY 2018 Bölüm EK 5C' de ilgili performans düzeyi için verilen sınırları aşmayacaktır.
 - c. Sünek davranışa sahip olmayan elemanlarda hesaplanan içi kuvvet taleplerinin ilgili betonarme elemanlar için TBDY 2018 Bölüm 7' de ve çelik elemanlar için TBDY 2018 Bölüm 9' da tanımlanan iç kuvvet kapasitelerinden daha küçük olduğu gösterilecektir.

3.1.6.Yüksek bina tasarımının sonuçlandırılması ve temellerin tasarımı

I. Aşamada belirlenen düşey taşıyıcı elemanların (perde ve kolon) ve temellerin boyut ve donatıları III. Aşamada azaltılmayacaktır. Bu elemanlarda azaltma yapılmak istenirse, kesitler değiştirilerek, her üç aşaması da tekrarlanacaktır. Diğer taşıyıcı elemanlar (kiriş, bağ kirişi, vb.) için gerekli görülürse, III. Aşamada azaltma yapılabilir. Bu durumda sadece III. Aşama hesabı tekrarlanacaktır.

Temellerin performans değerlendirmesi ve tasarımında ise; I. Aşama' da ön tasarımı yapılan yüksek bina temellerinin III. Aşama' da DD-1 deprem yer hareketi altında performans değerlendirmesi / tasarımına esas kuvvet talepleri de TBDY 2018 Bölüm 13.6.4' e göre hesaplanacaktır.

Temellerin TBDY 2018 Bölüm 16' ya göre performans değerlendirme / tasarımında betonarme malzeme dayanımları ortalama (beklenen) dayanımlar olarak göz önüne alınacaktır.

3.2. Yüksek Bacalar

Sanayi bacaları olarak kullanılan yapılan genellikle yüksek olmasından dolayı narin yapılarıdır. Bundan dolayı deprem, rüzgâr ve sıcaklık gibi etkiler altında olağan dışı davranışlar gösterebilirler. Bu bacalar genellikle zararlı atıkların güvenli bir biçimde dışarıya atılması için yapılırlar. Zararlı gazlar bacaya duman kanalı deliklerinden girerek kaplama tabakası tarafından atmosfere atılırlar. Bacaların içlerindeki bu zararlı gazların dışarıya atılırken gerekli önlemler alınmalı ve bu zararlı gazların hava kirliliğine yol açması önlenmelidir. Bu gazların zararını azaltmak için baca olabildiğince yükseğe yapılmalıdır. Geçmişte yığma olarak yapılan bu tür yapılar günümüzde betonarme olarak yapılmaktadır. Bacanın boyutlarını belirlerken bacanın yapılacağı yerin çekim oranı, arazinin konumu ve bölgenin meteorolojik özellikleri etkilidir. (Nuhoğlu ve Şahin, 2005)

Baca tasarımı ve çalışma prensibi eski Yunan bilim adamı Theophrastus tarafından MÖ dördüncü yüzyılda tanımlanmıştır. Modern bacaların ana işlevi, yakıt yanma ürünlerinin atmosfere salınımıdır. Standart boru harici olarak dikey oyuk bir yapıdır. Çalışma prensibi çekiş etkisine dayanır. Fabrika boruları farklı kesitlere sahip olabilir Bacaların yüksekliği birkaç yüz metredir. Isıya dayanıklı ve dayanıklı malzemelerden üretilmektedir. Genellikle bacalar; tuğla, çelik, betonarme ve doğal taşla yapılmaktadır. Dünyanın ve ülkemizin en yüksek bacaları aşağıda gösterilmiştir.

Dünyanın en uzun bacası Kazakistan'ın Ekibastuz şehrinde. Bu baca Solnechny köyünde bulunur ve Ekibastuz Gres-2' ye aittir. Kazakistan'daki bu baca dünyanın en uzun bacasıdır. Bacanın yüksekliği 419,7 metre olup tabandaki çapı 40 metredir. Bacanın görüntüsü Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Ekibastuz Gres-2

Dünyanın en yüksek bacalarından biride Romanya'nın Baia Mare şehrinin Phoenix eyaletinde yer almaktadır. 350 metrelik bir kulesi vardır. Baca 1995 yılında beton ve tuğladan inşa edilmiştir. Bacanın görüntüsü Şekil 3.12 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Baia Mare

Avrupa'nın en yüksek bacaları Slovenya'nın Trovovle şehrinde bulunmaktadır. Toplam yüksekliği 360 metre olup 1970' li yılların ortasında inşa edilmiştir.

Türkiye'nin en büyük bacası Manisa'nın Soma ilçesinde yer almaktadır. 1950'li yıllarda yapılan bacanın yüksekliği 275 metre olup dış bacanın genişliği yukarıya çıktıkça daralmaktadır. Bacanın görüntüsü Şekil 3.13' de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Soma Termik Santrali

Betonarme sanayi bacaları temele sabitlenerek tasarlanır ve yapımında geçişli kalıp sistemi kullanılır. Bu tarz yapıların geometrik özellikleri birbirine benzemesine rağmen kullanım amacı boyutlandırılmasında önemli role sahiptir. Aynı zamanda bacaya etkileyen yükler yapının boyutlandırılmasında önemli bir faktör oluşturur.

TBDY 2018' de bacalarla ilgili bir bölüm yoktur. Bundan dolayı ACI-307-08 yönetmeliği gözönüne alınmıştır. ACI 307-08 yönetmeliğinde Komite 1995 baskısı için yüksekliği 300ft (91m) veya daha az, çapı da 20ft (6m)'den daha az olan bacaların minimum duvar kalınlıkları ve iki yüzlü donatılarıyla ilgili önceki istisnaları yeniden değerlendirmiştir. Son bilgiler güneş enerjisiyle ısıtmanın etkilerinden kaynaklanan radyal rüzgâr basınçları ve ters termal gradyanlar nedeniyle dikey çatlamayı en aza indirmek için iki yüzlü çevresel donatının gerekli olduğunu göstermiştir. Güneş enerjisiyle ısıtmadan kaynaklanan ters termal gradyanlar kolon ve kaplama arasındaki hava boşluğu basınçlandırma fanları ile temizlendiğinde ve gaz sıcaklıkları düşük olduğunda daha belirgin olabilir. Ayrıca, bu komite bacaların çevresindeki sert ortamı göz önünde bulundurarak ikiyüzlü donatının boyutlarına bakılmaksızın tüm baca kolonlarında zorunlu hale getirilmesi gerektiğine inanmaktadır.

Baca kabuğu aksi belirtilmediği takdirde yerçekimi, sıcaklık, rüzgâr ve deprem etkilerine karşı ACI 318'e uygun olarak tasarlanacaktır. Baca kabuğu yük kombinasyonları hususunda ACI 318 Bölüm 5'teki hükümler dikkate alınacaktır.

3.2.1. Minimum baca kalınlıkları

Baca kabuğu yerinde döküldüğünde 20,32 cm'den, prekast bölümlerden oluştuğunda ise 17,74 cm'den daha az kalınlıkta olamaz. Donatının iki perdesinin içine ve etrafına yeterli miktarda beton yerleştirilebilmesini sağlamak üzere duvar kalınlığı en az 20,32 cm olacaktır.

Baca açıklıkları (delikleri) arasındaki kabuk kalınlıkları açıklık eşiğinin altındaki açıklık yüksekliğinin 1/2'sinden başlayıp açıklığın tepesinin üzerindeki açıklık yüksekliğinin 1/2 sine kadar uzanan dikey bir mesafenin üzerinde açıklık yüksekliğinin 1/24'ünden daha az olamaz. Bu şart yerine, uygun bir şekilde tasarlanmış payandaların veya diğer yan destek elemanlarının kullanımına izin verilebilir. Ancak payandalar veya diğer yan destek elemanları dikey mukavemet hesaplanırken göz önüne alınmayacaktır. Uzun açıklıkların mevcut olduğu bölgelerde oldukça göreceli ince duvarların yanal burkulmalarına neden olduğu ifade edilmiş. Bu bölümde verilen basitleştirilmiş prosedür aşağı yukarı ACI 318-02'nin (ACI Komitesi 318 2002) 10.10. Bölümünde belirtilen kısımla aynı sonuçları verecektir. Komite bir payandayı dikdörtgen veya kare biçiminde tanımlar ve onu baca duvarının içinde veya dışında (ya da hem içinde hem dışında) olarak tasarlamaktadır. Bir payanda ince duvar tasarımları için ilave sağlamlık sağlar. Pervaz payandalar kullanılıyorsa, alana homojen bir şekilde yerleştirilmeli veya kompozit davranış sağlamak için sağlam bağlanmalıdır. Kabuğun iç çapı 0,7112 metreyi aştığında, iç çaptaki her 0,0254 metrelik artış için minimum kalınlık 1/8 metre artırılmalıdır. Kabuk ve kaplama etkileşimi, kaplama yüklerini destekleyen bir baca kabuğu kaplama yerinde iken bu standardın gereksinimlerine uymalıdır. Beton kabuk üzerindeki yükler ölü yük, termal, rüzgâr veya sismik yüklerden kaynaklanan kaplama yüklerini içermelidir. Geçici inşaat yükleri için tasarım inşaat sırasında geçici erişim açıklıkları kullanıldığında, kalıcı açıklıklar olarak tasarlanacaktır.

Maksimum temel yatak basıncı servis baca yükleri kullanılarak belirlenmelidir. Servis yükleri ASCE 7-02 Bölüm 2.4' te tanımlanmıştır. Temel, ACI 318'in prosedürlerine uygun olarak mukavemet yöntemi ile tasarlanacaktır. Temel tasarımı, ACI

Bölüm 5.3.1'de verilen yükleme kombinasyonları kullanılarak sahte bir basınç dağılımı veya kazık yüklerine dayanacaktır. Temel tasarımı yatak basıncı / kazık yükleri, ölü ve eksenel eğilme yüklerinin ACI Bölüm 5.3.1'deki uygun yük faktörleri ile çarpılmasıyla hesaplanmalıdır. Devirmeye karşı minimum güvenlik faktörü, servis yükleri kullanılarak 1.50 olmalıdır. Tasarım, temelin herhangi bir parçası üzerindeki gazın radyant ısısının etkilerini içermelidir.

3.2.2. Betonarme bacalarda rüzgâr yüklerinin hesabı

Betonarme bacalar, rüzgâr kuvvetlerine hem rüzgâr boyunca hem de rüzgâr doğrultuları karşısında direnç koyacak şekilde tasarlanmalıdır. Ek olarak, içi boş dairesel kesit, çevresel basınç dağılımının neden olduğu yüklere dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. (V_r) olarak ifade edilen referans tasarım rüzgâr hızı (mil/saat), $V_r = (I)0.5V$ olarak tanımlanır. 33 ft lik açık arazide tasarım hızı için 3 saniyelik darbeli rüzgâr hızına eşittir. Bu hız V , ASCE 7-02 tarafından belirtildiği gibi olacaktır. Tüm bacalar için önem faktörü, $I=1.15$ olacaktır. ASCE 7-02 Bölüm 6.5.7.1'de referans alınan topografik etkiler göz ardı edilmiştir. Rüzgâr yüküne ilişkin hükümler dinamik eylemi dikkate alır fakat basitleştirilmiştir ve eşdeğer statik yüklerle sonuçlandırılmıştır. Bu hükümlerin yerine uygun şekilde doğrulanmış bir dinamik analize izin verilecektir. ACI 307-98 standardındaki temel rüzgâr hızı V , ASCE 7-02'de yayınlanan değişiklikleri yansıtabilecek şekilde en hızlı milden 3 saniyelik kuvvetli bir rüzgâr hızına revize edilmiştir. Hesaplar eşdeğer statik yük dağılımları ile sonuçlanan basitleştirilmiş dinamik analizlerden belirlenmiştir. Bu yaklaşım, tasarım için temel olarak 20 dakika ila 1 saat arasındaki ortalama bir rüzgâr hızının kullanılmasını gerektirir. Rüzgâr yükü boyunca; dairesel şekiller rüzgâr yükü boyunca herhangi bir (z) ft yüksekliğinde birim uzunluk başına $w(z)$, ortalama yük $w(z)$ ile dalgalanan yük $w(z)$ toplamı olmalıdır. Ortalama yük $w(z)$ L_b / ft cinsinden hesaplanmaktadır. 1.5d (h) ile 50 ft ile sınırlandırılmıştır. Kritik rüzgâr hızı V_{cr} 'nin ön tasarımı ve değerlendirilmesi için, ACE Bölüm 4.2.3.1'de açıklandığı gibi, bir baca $T1$ 'in doğal süreci, döngü başına saniye cinsinden yaklaşık olarak hesaplanmaktadır. Nihai tasarım için periyod, dinamik analiz ile hesaplanacaktır. Baca kaplamasının kütle ve yapı özellikleri, periyodun hesaplanmasına dâhil edilmektedir. Rüzgâr yükleri: dairesel olmayan şekiller-kuvvet katsayıları, yönlülük faktörleri ve kuvvetli rüzgâr tepki faktörleri dâhil olmak üzere ASCE 7-02 hükümlerine uyulacaktır.

ASCE 7-02 kapsamında olmayan olağandışı enine kesit şekilleri, rüzgâr boyunca yükleri veya her ikisini birden doğrulamak için rüzgâr tüneli testi gerektirir. Benzer şekilde, rüzgâr basıncı dağılımına bağlı yatay eğilme ayrıca rüzgâr tüneli testi veya güvenilir kaynaklardan başka belgeler de gerektirir.

3.2.3. Betonarme bacaların deprem yüklerinin hesabı

2008 baskısının ASCE 7-02 ve sismik risk haritalarıyla tutarlı olması için deprem yükü prosedürü tamamen değiştirilmiştir. Bu haritalar (NEHRP) yeni binalar için Önerilen Sismik Hükümlere dayanmaktadır. 1997 NEHRP hükümleri için yeni sismik tehlike haritalar ve prosedürler geliştirmiştir. Önceki haritalar, yer hareketinin aşılmasının eşit bir olasılığına dayanmaktadır. Yeni haritaların hem olasılık hem de deterministik veriler, farklı yer hareketi zayıflama özellikleri ve farklı tekrarlamaya süreleri dikkate alınarak tasarım yer hareketinde çökmeye karşı eşit bir dağılım sağlaması amaçlanmıştır. Haritalarda “azami deprem sayılan yer hareketi” tanımlanmaktadır. ACI 307 taslağının kamuoyu tartışma aşamasında, ACI 318'in 21. Bölümü uyarınca özel sismik detaylandırma sorunu gündeme gelmektedir. ACI 318'in 21. Bölümü, bina yapılarının betonarme elemanlarının tasarımı ve yapının tasarım temelli deprem altında belirgin elastik olmayan deformasyona uğraması beklenen binalara benzer yapı dışı yapıların tasarımına dair özel süneklik detaylı gereksinimler içermektedir. ASCE 7-02'ye göre, bacalar ve silolar gibi binalara benzeyen inşaat dışı beton yapıların ACI 318 Bölüm 21 gerekliliklerini karşılaması gerekli değildir. Bununla birlikte, R değeri 3,0 olan yüksek sismik yükler için tasarlanmaları gerekmektedir. ACI Komitesi 307, ACI 318 Bölüm 21'in önemini kabul etmekte ve arka açıklıklarının tasarımı için bir sonraki kod revizyonunda spesifik sismik tasarım geliştirmelerine duyulan ihtiyacı araştırmayı planlamaktadır. Komite şu anda ACI 307 sismik yüklemesinin, Bölüm 21.2.4 ve 21.2.5 hariç olmak üzere, ACI 318 Bölüm 21 uyarınca özel sismik detaylandırma gerekliliklerini kullanmadan $R = 1.5$ (ASCE 7- 02'de $R = 3.0$ 'a karşı) kullanımını onaylamaktadır. Bölüm 21.2.4 minimum beton basınç dayanımını Bölüm 21.2.5 ise donatının maksimum akma dayanımı belirtir.

Betonarme bacalar, bu bölüme uygun olarak deprem etkilerine dayanacak şekilde tasarlanarak ve inşa edilmelidir. Bacalar üzerindeki deprem yükleri, ACI 307 Bölüm 4.3.2'de verilen dinamik tepki spektrumu analiz yöntemi ile belirlenmektedir. Dinamik

tepki spektrumu yöntemi yerine, ACI 307 Bölüm 4'te ki verildiği gibi analiz yapılacaktır. Dinamik tepki spektrumu analiz yöntemi sismik dinamik yükleri belirlemek için kullanılır. Tasarım spektrumu ASCE 7-02'nin harita değerlerinden geliştirilebilir veya bir tasarım spektrumu kullanılabilir. Alternatif olarak, bir zaman tanım analizi kullanılabilir. Dinamik tepki spektrumu analiz yöntemi, deprem nedeniyle baca kesme, moment ve sehimleri, bir tepki spektrumu ve elastik modal yöntem kullanılarak belirlenir. Tepki spektrumu, herhangi bir dönemde dikkate alınan maksimum deprem spektral tepki ivmesini sağlamalıdır. Tepki değiştirme faktörü $R = 1,5$ olarak alınır. Gerekli periyotlar, mod şekilleri ve bacanın paylaşım faktörleri sabit yapısal analiz yöntemleri tarafından hesaplanır. Kullanılan analitik model, kütle ve rijitlik varyasyonlarını temsil etmek için yeterince artırılmalıdır. Kaplama dikey olarak destekleniyorsa, yanlamasına kısıtlanmışsa, ya da her ikisi de beton baca ile baca ve kaplama arasındaki etkileşim dikkate alınacaktır. Modal tasarım kesmeleri ve momentleri, I_e / R faktörü tarafından tasarım spektrumu nedeniyle modal kesmeleri ve momentleri ölçeklendirilerek belirlenmelidir. Toplam tasarım kesmeleri ve momentleri, kareler (SRSS) yönteminin toplamının kare kökü veya tam kare kombinasyon (CQC) yöntemi kullanılarak modal tasarım kesmelerinden ve momentlerden hesaplanır. Analiz, gerçek kütlelerin %90'ının birleşik modal kütle katılımını elde etmek için yeterli sayıda modu içermelidir. Depremlerin düşey bileşeninden kaynaklanan yükler ihmal edilebilir. Dairesel kesitli bacalar için, yatay deprem kuvvetinin herhangi bir yönde tek başına hareket ettiği varsayılabilir.

Baca kabuğu modeli için rijitlik özellikleri, çatlama kesite dayanmalıdır. Baca kabuğu modeli, modal toplamda bulunan kabuğun en yüksek modunun yarım dalgası başına en az üç eleman içermelidir. Kütle, rijitlik ve kaplama destek koşullarındaki değişimleri hesaba katmak için daha fazla eleman gerekebilir. Baca kabuğu ve kaplamanın etkileşimi dikkate alınmalıdır. Baca kabuğununkine kıyasla daha küçük kütleyle sahip bir kaplama için (çelik veya fiber takviyeli polimer kaplamalar gibi), kaplamanın baca kabuğu üzerindeki etkisi, yanal kavrama noktalarında kaplama kütlelerinin yığılmasıyla açıklanabilir. Alternatif olarak, kaplama, dikey ve yanal destek yüksekliklerinde baca kabuğuna uygun şekilde bağlanmış bir kiriş elemanı olarak modele dâhil edilebilir. Beton bacalar çok uzun bir temel periyotla (tipik olarak birkaç saniye içinde) yanal olarak esnektir. Ancak dikey yönde çok daha rijittir ve var olan bir zaman tanım çalışması, yatay ve dikey sismik uyarımdan kaynaklanan tepe tepkilerinin aynı

anda gerçekleşmediğini göstermektedir. Bu nedenle, ölü yük ve yatay sismik uyarımdan kaynaklanan düşey gerilmeler, düşey sismik uyarıların etkisiyle en fazla yüzde birkaç oranında artar. Bu nedenle komite, depremlerin dikey bileşeninden kaynaklanan yük etkilerinin göz ardı edilebileceğini düşünmektedir. İzin verilen maksimum sapma ve sapma nedeniyle statik moment ile birlikte dikey hızlanma nedeniyle moment, yanal bir deprem etkisinin rüzgârdan kaynaklanan momentlere kıyasla önemsizdir. Dairesel bacalar için deprem kuvvetlerinin sadece herhangi bir yönde hareket ettiği varsayılabilir. Dairesel olmayan bacalar için, tasarım deprem kuvvetleri, herhangi iki dik yönde hareket eden deprem hareketlerine verilen tepkilerin SRSS kombinasyonu olarak hesaplanır.

3.2.4. Özel tasarım hususları ve gereksinimleri

Tasarım aşamasında bazı özel hususlar vardır. Böyle durumda iki kat dikey ve çevresel takviye gereklidir. Toplam düşey donatı beton alanının %0.25'inden az olmamalıdır. Dış düşey donatı, toplam düşey donatının %50'sinden az olmamalıdır. İç yüzey düşey çubuklardan küçük olmamalı ve merkezlerde 60,96 cm'den daha fazla aralık bırakılmamalıdır. Toplam çevresel donatı beton alanının %0.20'sinden az olmayacaktır. Her bir yüzdeki çevresel donatı, kesitteki beton alanının %0,1' inden az olmamalıdır. Dış yüzey çevresel donatının aralığı duvar kalınlığını veya 30,48 cm' yi aşmamalıdır. İç yüzünde çevresel donatının aralığı 30,48 cm' yi geçmemelidir. Bacanın tepesinden 0.2d (h) veya 2.286 metre mesafedeki çevresel donatı, hangisi daha büyükse her bir yüzdeki toplam beton alanının %0,2' sinden az olmamalıdır. Bu alandaki çevresel çeliğin maksimum aralığı, duvar kalınlığının yarısıyla sınırlı olmalı, ancak 15,24 cm' yi geçmemelidir. Açıklıklar arasındaki bir duvar bölümünün yükseklik veya genişlik açısından kritik olduğu yerlerde, bu bölüm kiriş-kolon olarak incelenecektir. Bir duvar bölümünün kritik noktasını değerlendirirken, komite klasik burkulma prensiplerine ve ACI 318-02, Bölüm 10.12.2'de tanımlanan narinlik etkilerine kullanıcıyı kaynak gösterir. Kesme etkileri ve ikincil momentleri de değerlendirmeye dâhil edilecektir.

3.2.5. Bacada rüzgâr sehimi kriterleri

Dayanım tasarım yönteminin standarda dâhil edilmesi genellikle alt kısımda daha ince duvarlı ve daha yüksek sehimlere sahip bacalar içindir. Hizmet yükleri altındaki

sehimlerin kontrol edilmesi gerektiğini ve güç yöntemi ile tasarlanan baca sehimlerinin olduğunu çalışma gerilme yöntemi ile tasarlanan mevcut bacaların sehimlerinden çok farklı olmadığını onayladı. Bununla birlikte, ACI 307-88'deki kuralların daha kısa bacalar için çok kısıtlayıcı olduğu ve ACI 307-95' ile revizyon yapılmıştır. Sehim limiti, çatlama beton bölümler ve sabit bir taban kullanılarak hesaplanan sehim ile karşılaştırılır. Kabuk geometrisi oluşturulurken operasyon, muayene erişimi, kaplama tipi ve rüzgâr veya deprem kaynaklı sehim dikkate alınmalıdır.

3.2.6. Bacalarda sıcaklık etkisi

Beton yangın ve sıcaklık etkilerine karşı çok dayanıklı bir malzemedir. Yüksek sıcaklığın etkisiyle beton sınırlı bir süre fazla zarar görmez. Betonun içinde bulunan iletkenlik katsayısının düşük olmasıyla donatıya gelecek yüksek sıcaklığa karşı korur. Ancak bu koruma süresi kısıtlıdır. Baca, fırın gibi elemanlar yüksek sıcaklık etkisinde kalırlar bu tarz yapıların meydana gelecek sıcaklık etkisiyle deforme olması engellenecek şekilde tasarlanır.

Betonarme bacaların gövdesi sıcaklık etkilerine karşı koymak için baca içine kaplamalar yapılır. Geçmişte baca gövdeleri kaplamasız yapılmaktaydı. Yeni yapılar bacalarda bacanın içi kaplanır. Baca ile kaplama arasında ki ısı korumayı iyileştirmek için baca ile tuğla arasında birkaç cm hava boşluğu bırakılmalıdır. (Öz, 2007)

Betonarme bacaların cidarlarının iç ve dış yüzeylerinde ki sıcaklık farklılıklarından dolayı gerilmeler oluşmaktadır. Bu sıcaklık farkı içten dışa doğru yayılmaktadır. Cidarın tek parça hareketinden dolayı farklı genleşmeler oluşur. Bu farklılıklar sonucunda bacanın iç kısmında basınç dış kısmında çekme gerilmesi meydana gelmektedir.

3.3. Minareler

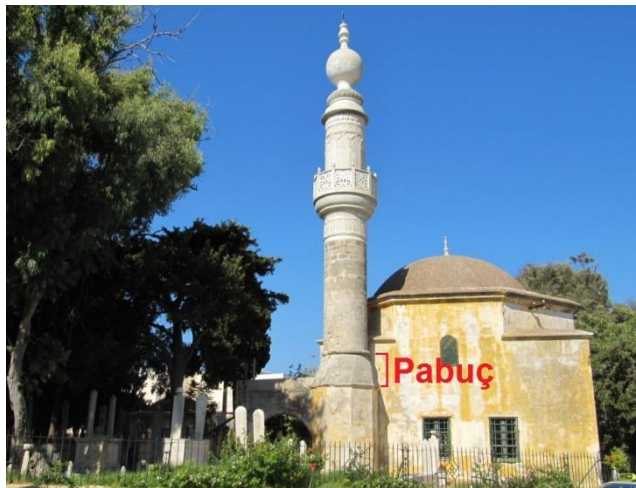
Ülkemizde ve dünyada camilerin büyük bir kısmında minareler bulunmaktadır. Minareler betonarme veya taş malzeme kullanılarak inşa edilirler. Minareler yükseklik ve ebatlarından dolayı özellikle rüzgâr ve deprem etkisi altında narin bir davranış gösterirler. Minareler genel olarak 9 kısımdan meydana gelir. Bu kısımlar; temel, kaide, pabuç, gövde, şerefe, petek, külah, âlem ve merdivenlerdir.

Kaide (Kürsü); bu kısım minarenin dışında görülen en alt kısmı olup temel ile pabuç arasındadır. Farklı şekillerde tasarımları vardır. Bu kısım camiden ayrı, bitişik ve cami üstünde olacak şekilde yapılabilir. Bir minare kaide örneği Şekil 3.14' de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Minarenin Kaide kısmı

Pabuç; kısmı kürsüden gövdeye geçişi sağlayan kısımdır. Minarenin en önemli kısımlarından biridir. Pabuç kısmı minarenin yuvarlak çaplı gövde kısmına geçişi sağlamaktadır. Bu geçişler kornişle dönülmektedir. Kornişler hem başlangıç hem bitimden bulunmaktadır. Farklı formlarda uygulaması yapılır. Pabuç kısmının görüldüğü kısım örneği Şekil 3.15' de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Minarenin Pabuç kısmı

Gövde; minarelerde pabuç ve şerefe arasında yer alan bölümdür. Minare gövdesinin görüldüğü kısım Şekil 3.16' da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Minarenin Gövde kısmı

Şerefe; bu kısım ezanın okunduğu yerdir. Şerefe gövde etrafında tüm etrafı görecek şekilde balkon mevcut olup müezzin tüm yönlere dönerek ezanı okuyabilmektedir. Şerefe birden fazla olabilir ve şerefe kapıları kible yönüne doğru açılır. Şerefe sayısı bir ve daha çok olabilir, kapılar kible yönüne açılır. Şerefe ile ilgili görüntü Şekil 3.17' de gösterilmiştir.



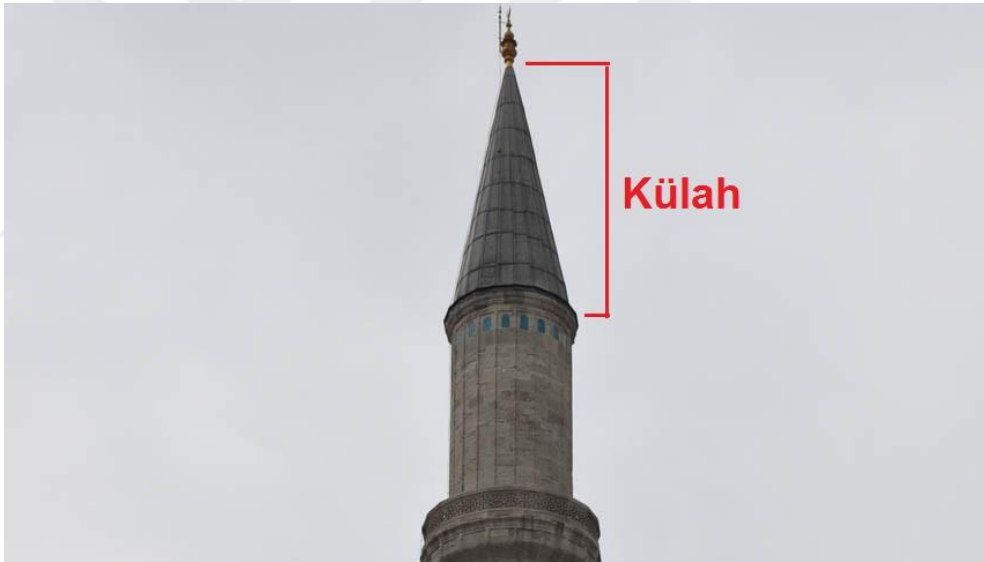
Şekil 3.17. Minarenin Şerefe kısmı

Petek; bu kısım şerefe ile külah arasında yer alan kısımdır. Petek kısmının görüldüğü bölüm Şekil 3.18' de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Minarenin Petek kısmı

Külâh; silindir ve çokgen biçiminde yapılır. Bu kısım minarenin üstünü kapatan çatı kısmı olup minarenin külâh kısmı Şekil 3.19’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Minarenin Külâh kısmı

Minarelerin projelendirilmesinde minareye etkiyen yükler dikkate alınarak tasarım yapılır. Minarelerde yükler; sabit yük, rüzgâr yükleri ve deprem yükleri olarak hesaplanır.

3.3.1. Minare gövdesinin taşıma gücüne göre tasarımı

Minarelerin gövdeleri ve kaide kısımları farklı geometrik özelliklerde olabilmektedir. Ancak gövdeler için genel olarak daire ya da daireye yakın çokgen

kesitlerin kullanıldığı söylenebilir. Daire kesitli gövdelerde kesit ya tam halka kesit olmakta ya da kapı boşlukları nedeniyle bu halkanın bir bölümü kesilmiş kesit olmaktadır. Bu tür kesitlerin taşıma kapasitelerinin hesabı ACI 307 de verilen hesaplama şekli ile yapılmaktadır.

Taşıma gücü dayanımının belirlenmesi; bir yapı elemanının taşıma gücü dayanımı 1' den küçük olan dayanım azaltma katsayısı (Φ) ile itibari moment (M_n) değerlerinin çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. ACI 307' de bu dayanım azaltma katsayısı değerleri düşey dayanım için 0,7, çevresel dayanım için 0,9 olarak verilmiştir.



4.YÜKSEK YAPILARDA MEYDANA GELEN HASAR TÜRLERİ

Yapıların kendi ağırlıkları yanında birçok yük etki etmektedir. Bu yükler yapılarda birçok olumsuz etki oluşturur. Bu etkilerin altında yapılarda bazı hasarlar meydana gelir. Bu hasarlar yönetmeliklerin belirtildiği sınırları aşması halinde göçme durumuna girer. Yüksek yapılarda meydana gelen hasar türleri taşıyıcı elemana göre değişiklik gösterir.

4.1.Kolonlarda Meydana Gelen Hasar Tipleri

Kolonlarda meydana gelen hasar tipleri aşağıda verilmiştir.

4.1.1.Kolonlarda kesme kuvveti hasarları

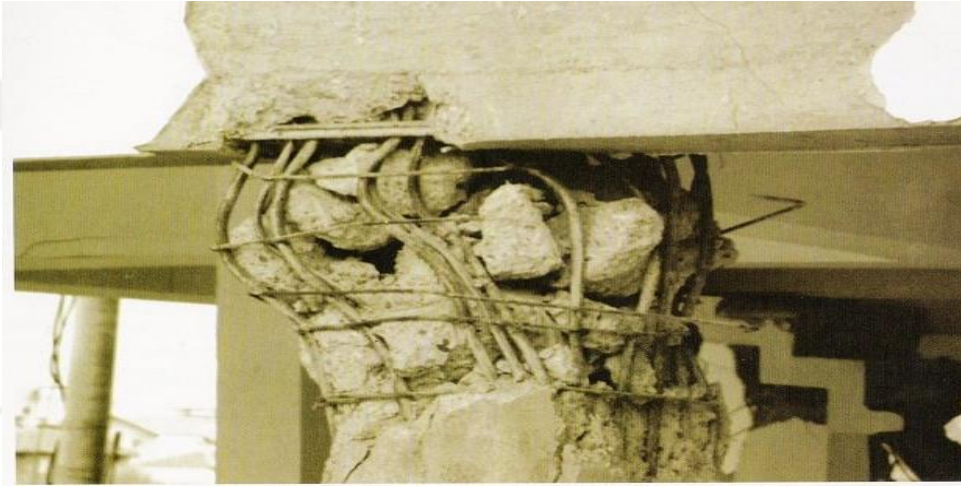
Kolon kesme kuvveti taşıma gücü yetersiz ise eğimli çatlaklar şeklinde kesme çatlakları oluşur. Beton ile donatı arasında beton basınç dayanımının yetersizliği veya kolon boyuna donatılarının aynı yerde eklenmesi sonucu aralarına beton girmemesi nedeniyle aderans sağlanamadığı durumlarda donatı üzerindeki beton kabuk kopup düşer. Donatı ile beton birlikte çalışmadığı için donatı akma gerilmelerine ulaşmadan beton ayrılır ve betonarmeden istenilen moment kapasitesine ulaşamaz. Kolon boyuna donatılarının paslanmış olması da beton ile donatı arasındaki aderansın yeterli olmamasına yol açmaktadır. Bu tip aderans yetersizliğinden doğan hasar beton ile donatının birlikte çalışmasına dayanan betonarmenin temel ilkelerine aykırı düşecek ve donatı akma gerilmelerine ulaşmadan betondan sıyrılacak ve betonarmeden istenilen moment taşıma kapasitesine ulaşmadan kırılacaktır. Kolonlarda görülen kesme çatlağı örneği Şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Kolon kesme çatlağı örneği

4.1.2.Kolonlarda basınç kırılmaları

Kolonun eksenel yükü, kolon eksenel yük taşıma kapasitesinin %50' sinden fazla ise deprem sırasında basınç kırılması ile hasar oluşacaktır. Bu hasar beton dayanımının projede öngörülenden daha düşük olması sonucunda da oluşur. Basınç kırılması kolonda gevrek ve ani bir kırılma biçimidir. Kolon boyuna donatısı akma sınıfına ulaşmadan betonun ezilerek çatlaması şeklinde gelişir ve yapının ani olarak yıkılmasına sebep olabilir. Kolon dış yüzünden betonda oluşan düşey çatlaklardan sonra kolon boyuna donatısı dışarı doğru burkulmaya başlar. Bu durumda yapı hemen askıya alınarak onarım ve güçlendirme uygulanmalıdır.



Şekil 4.2. Kolon basınç çatlağı

Betonun ezilmesi sonucu kolonun taşıma gücüne, basınç bölgesinde ulaşan deprem kuvvetleri, tüm basıncı karşılamak zorunda kalan boyuna donatının burkulmasına sebep olurlar. Bu burkulma etriye sıklaştırması ile ortadan kaldırılabilir. Şekil 4.2' de basınç kırılmasına örneği verilmiştir. Kolonlar deprem yükleri altında büyük kesme kuvvetleri alır. Kolonların sarılma bölgelerinde kullanılan etriyelerin uçları 135° betonun içerisine girecek şekilde kıvrılmalıdır.

Yukarıdaki görüntüden de görüldüğü gibi kolonların sıklaştırma bölgesinde ki etriyelerin yeterli şekilde kıvrılmadığı ve ayrıldığı görünmektedir. Bunun yanında kolonun sıklaştırma bölgesinde ki etriye yetersizliği ve dağılan betondan beton kalitesinin yetersizliği görülmektedir. Statik sistem düzensizliği nedeniyle yapı elemanı burkularak ağır hasar görmüştür.

4.1.3.Kolonlarda kısa kolon hasarları

Kolonlarda gözlenen hasar biçimlerinden biri de kısa kolon hasarıdır. Çeşitli nedenlerle kolonun boyu projede öngörülenden küçükse ya da taşıyıcı olmayan elemanlar, böle duvar lento gibi elemanların kolonun yatay deformasyon yapmasını önlemesi sonucu kolon öngörülenden daha rijitse beklenenden büyük kesme kuvveti ile kolon zorlanır. Hesaplarda beklenenden büyük kesme kuvveti ile zorlanır. Hesaplarda beklenenden daha büyük kesme kuvveti kolonda kırılmaya yol açacaktır. Kısa kolon örneği Şekil 4.3' de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Kısa kolon hasarı

4.1.4.Kolon kiriş birleşim bölgelerinde oluşan hasarlar

Kolon kiriş birleşim bölgeleri, sistemin rijitliği ve deprem yükleri açısından yapı için çok hayati önem arz eder. Yönetmeliklere uygun yapılmış yapılarda güçlü kolon zayıf kiriş ilkesine göre kiriş uçlarında mafsallaşma oluşması beklenir. Genelde hasar görmüş yapılarda dikkat çeken husus; kirişlerin kolonlara göre daha rijit ve güçlü yapılmasından dolayı ilk olarak kolonlarda çekme veya basınç hasarının meydana gelmesidir. Bu durum çok tehlikeli olup yapının yıkılmasına sebebiyet verebilir.

Kolon kiriş birleşim bölgelerinde kolon donatılarına etriye konulmaması sonucu depremlerde özellikle dış aks ve köşe kolonlarında boyuna donatı uzun bir aralıkta, 50-60 cm gibi etriyesiz olduğu için gelen düşey yük altında hemen dışarıya doğru

burkulmakta ve üzerindeki beton örtüyü çatlatmaktadır. Öte yandan kiriş boyuna donatıları kolon kiriş ek yerinde yeteri kadar ankraj bağlantıları yapılmadığı zaman kiriş donatıları sıyrılmakta ve kiriş tam moment kapasitesine ulaşmadan uçlarından kırılıp mafsallı bir konuma gelmektedir. Birleşim bölgesinde etriye konulmaması sonucu ek yerinde bindirilen kolon donatıları eğer uçları kancalı ise yine betonu kırarak dışarıya doğru burkulmaktadır.

Zayıf kolon güçlü kiriş halinde kolonlar mekanizma durumuna geçerek yapı göçme moduna girebilmektedir. Kirişlerin kolonlardan güçlü olması halinde deprem anında ilk olarak kolonlarımız hasar görerek binamız göçme durumuna gelecektir.

4.2.Kirişlerde Meydana Gelen Hasar Tipleri

Kirişlerde eğilme ve kayma çatlakları olmak üzere iki hasar tipimiz vardır. Eğilme çatlakları boyuna donatı eksikliğinden, kayma çatlakları da etriye eksikliğinden kaynaklanır. Deprem etkisi tersinir olduğundan dolayı, deprem sırasında kirişin aynı ucunda hem pozitif hem de negatif momentler meydana gelebilir. Bu olay sonucunda pozitif momentler iyi dikkate alınmadan projelendirilmiş kiriş mesnet bölgelerinde eğilme çatlaklarına ve ağır hasarlı mafsal oluşumlarına sebebiyet verebilir. Bundan dolayı yönetmelikte kiriş mesnetlerindeki negatif moment kapasitesinin %50' si kadar pozitif moment kapasite oluşturacak şekilde donatı konulması zorunluluğu getirilmiştir. Kayma çatlakları eğilme çatlaklarına göre sünek olmayan özelliklerinden dolayı çok dikkatle izlenmelidir.

Kirişlerde meydana gelen hasarlardan biride saplama kirişler sonucu oluşmaktadır. Saplama kirişlerin ana kirişte yarattığı hasar da sık karşılaşılan kiriş hasarlarından biridir. Bir kolon kiriş düğüm noktası yakınında yer alan saplama kirişi ana kiriş üzerinde eğilme çatlama yoluna açar. Çünkü mesnet bölgesinde eğilme serbestliği kısıtlı olan ana kiriş tali kiriş tarafından bu noktada eğilmeye zorlanmaktadır ve hasara uğrama olasılığı yüksektir. Ana kirişte tali kirişten dolayı oluşan bir diğer çatlama nedeni de gerekli askı donatısının eksik olmasıdır. Ana kirişe ortasından saptanan bir tali kiriş ana kirişe tekil yük etkisi yapar. Yük aktarma düzeni nedeniyle çekme bölgesine iletilen kuvvetlerin askı donatılarıyla basınç bölgesine aktarılması gerekir. Aksi halde tali kirişin ana kirişe saptandığı yerde kesme çatlağı görünümünde çatlaklar meydana gelir.

4.3.Döşeme Hasarları

Döşeme hasarları, çoğunlukla büyük açıklıklarda aşırı sehim ve perdelerin dönmesiyle döşeme perde birleşim yerlerinde görülen çatlaklar olarak ortaya çıkar. Önceden çeşitli nedenlerle oluşmuş küçük çatlakların deprem etkisiyle büyüyerek daha fazla gözle görülür hale gelmesi de döşemelerde sık karşılaşılan bir durumdur. Bunların dışında, konsol döşemelerde donatı yerleştirme hataları da mesnet bölgesinde ciddi çatlaklara ve göçmelere neden olabilmektedir. Döşeme boşluklarının köşelerinde, büyük tekil yük etkisi olan noktalarda da döşeme hasarları ortaya çıkabilir. Kirişsiz döşemelerde kolonla döşemenin birleştiği kısımlarda çatlama görülebilir. Taşıyıcı sistem güvenliği bakımından birinci dereceden önemli bir sorun olarak görülmemektedir. Fakat büyük çatlaklar kullanılabilirlik sınır durumu açısından sakınca doğurmaktadır. Kirişsiz döşemelerde hasarlar ise döşemeyle kolonun birleşim yerlerinde kesme çatlakları şeklinde ortaya çıkar. Bu tür döşemelerde döşemelere zımba donatısı hesapları yapılarak çözüm yapılmalıdır.

4.4.Baca ve Minarelerde Meydana Gelen Hasarlar

Baca ve minare tarzı yapılarda meydana gelen hasarlar; yapının özelliği, detayları, zemin durumu ve deprem büyüklüğü gibi birçok etkene sahiptir.

Minareler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda minarelerin külah bölgelerinde hasarların olduğu görülmüştür. Betonarme minarelerin külah kısmı da gövde kısmı gibi betonarme olarak yapılmaktadır. Ancak yığma minarelerde külahla gövde kısmı farklı malzemelerden de inşa edilebilmektedir. Farklı malzemeden yapılan külah kısmının hasar görerek düştüğü görülmüştür. Gövde bölgesinde ise geçiş ile şerefe arasında ki bölgede çok fazla hasar görülmektedir.

Minare hasarların en fazla geçiş bölgesi ile gövde bölgesinin birleştiği yerde meydana gelmektedir. Minarelerin bu bölgede hasar görmelerinin iki nedeni vardır. İlk olarak yatay ve düşey olarak artan etkilere karşın kesitlerin ani olarak küçülmesidir. İkinci neden ise betonarme minarelerde boyuna donatıların bu geçiş bölgesinde eklenmesidir. Ülkemizde ucuz olmasından dolayı yaygın olarak düz yüzeyli donatı kullanılmaktaydı. Düz donatının bindirme boyu nervürlü donatının bindirme boyundan daha fazla olması gerekir. İncelenen hasarlarda donatıların bindirmelerinin istenilen şekilde uzatılmadığı

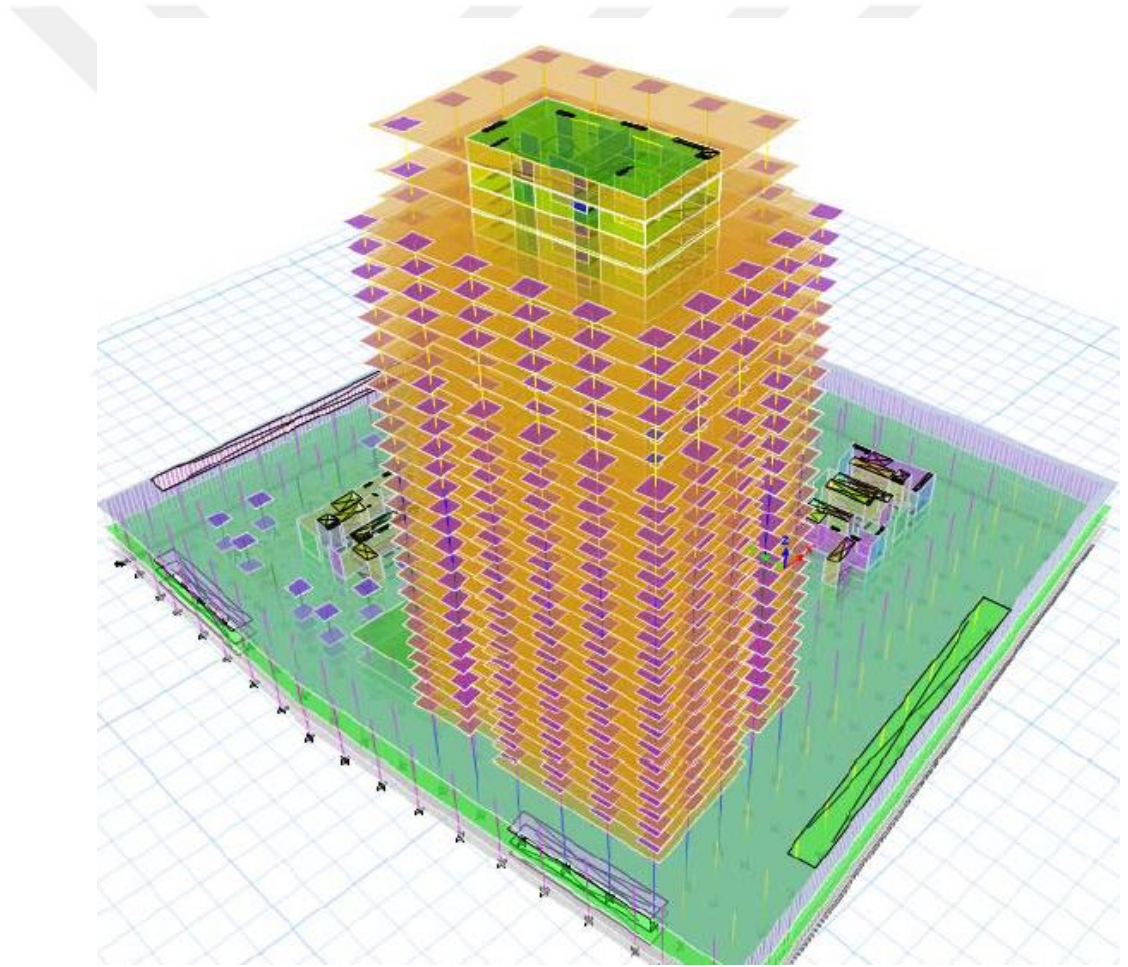
gözlemlenmiştir. Bundan dolayı kesitimiz taşıma gücüne ulaşmadan aderansın kaybolmasından dolayı minare hasar görmektedir. (Doğangün, 2007),



5. ÖRNEK OLARAK SEÇİLEN YÜKSEK YAPILARIN ANALİZLERİ

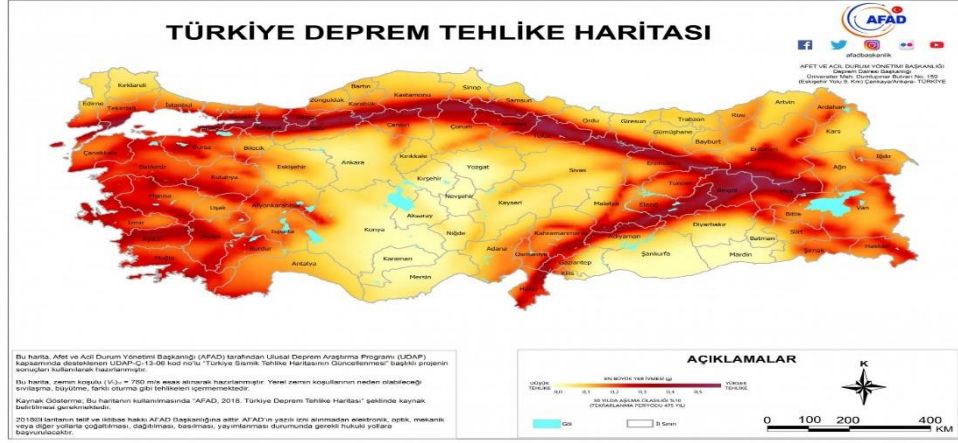
5.1.Örnek Olarak Seçilen Yüksek Katlı Betonarme Bir Binanın Analizi

Model olarak seçilen yüksek betonarme bina 33 normal ve 5 bodrum kat olmak üzere toplam 38 katlı ve 135 m yüksekliğinde olup, sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapan ETABS V19 programında modellenmiştir. Yapı sistemi kirişsiz döşemeli sistem ile çözülmüştür. Yatay yüklerinin tamamı orta bölümdeki çekirdek perdeler tarafından taşınırken, çevresindeki kolonlar yönetmelikler çerçevesinde tasarım yapılarak oluşturulmuştur. Örnek olarak seçilen model Şekil 5.1’ de gösterilmiştir.



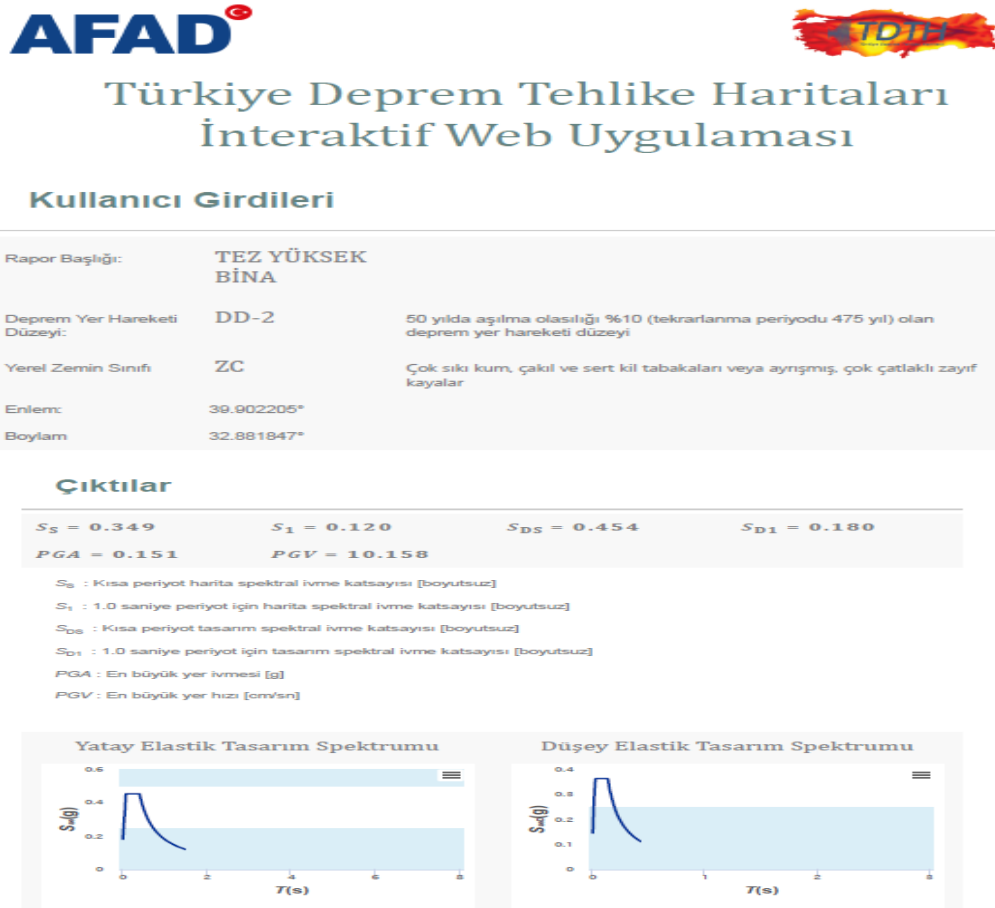
Şekil 5.1 Örnek olarak seçilen yüksek bina modeli

Örnek olarak seçilen bina Ankara ili, Çankaya ilçesi 39.902205 enlem ve 32.881847 boylamlarındadır. AFAD tarafından yayınlanan yeni Türkiye deprem tehlike haritası Şekil 5.2’ de verilmiştir.



Şekil 5.2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Hesap programında kullanılan ve binanın bulunduğu koordinatlar girilerek elde edilen periyot bilgileri Şekil 5.3' de verilmiştir.



Şekil 5.3. Periyot Bilgileri

Bina 135 metre yüksekliktedir. Binanın taşıyıcı sistem modelinde 100*100, 110*110, 120*120, 130*130 ve 140*140 olmak üzere beş tip kolon kullanılmıştır. Binanın modellenmesinde 30*50, 40*80 ve 40*50 olmak üzere üç tip kiriş kullanılmıştır.

Genel çözüm yaklaşımı ve modelleme şu şekildedir;

1.Model; Çatlamış kesitli elemanlardan oluşan deprem kuvveti altında kolon tasarımı ve düzensizliklerin kontrollerinin yapıldığı modeldir. ($R=6$; $D=2,5$ -Hcr boyunca; $D=1,5$ -Hcr dışı) Ayrıca modele toprak etkisi de eklenmiştir.

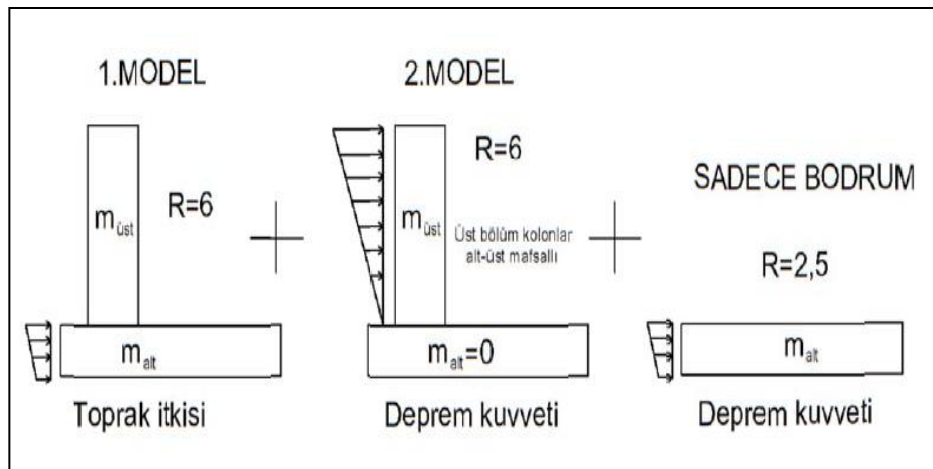
2.Model; Çatlamış kesitli elemanlardan oluşan modelde bodrum üzeri kolonlar alt ve üst mafsallı olup, tüm deprem yükünün çekirdek perdelerine geldiği modeldir. Perde tasarımında bu modelden faydalanılmıştır. ($R=6$; $D=2,5$ -Hcr boyunca; $D=1,5$ -Hcr dışı) Bu modelde bodrum bölümü kütlesi sıfırdır.

3.Model (Sadece Bodrum Modeli): Çatlamış kesitli elemanlardan oluşan sadece bodrum bölümü modelidir. Perde tasarımında bu modelden faydalanılmaktadır. ($R=2,5$; $D=1,5$)

4.Model: Sadece döşemelerin çatlamış kesitli olduğu rüzgâr etkisi sonucu rüzgâr yüklerinin verildiği, rüzgâr yüküne göre yapı elemanlarının tasarımının yapıldığı modeldir.

5.Model: Hiçbir taşıyıcı eleman çatlamamış kesitli olup, statik yük altında elastik modeldir.

Genel çözüm yaklaşım beş model üzerinden yapılırken, deprem yükü altında perde tasarımı için üç model kullanılmaktadır. Perde tasarımı için kullanılan modeller Şekil 5.4' de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Perde tasarımı için kullanılan modeller

Tüm modellemelerde kabuk elemanların bölünen noktalarında 3 deplasman ve 3 dönme olmak üzere 6 bilinmeyen göz önüne alınarak gerçeğe en yakın modelleme yapılmıştır. Bunun için Etabs programında Shell opsiyonu kullanılmıştır.

5.1.1.Yüksek Katlı Yapı Tasarım Kriterleri

Binada kullanılan yönetmelikler; TS500, TBDY 2018, TS498, TS 648' dir. Bu yönetmenliklere ilave olarak Amerikan ve Avrupa yönetmeliklerinden faydalanılmıştır.

5.1.2.Yüksek Katlı Yapı Tasarım Yükleri

Binada kullanılan sabit (kaplama) ve hareketli yükler Çizelge 5.1' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Yüksek katlı binada kullanılan sabit ve hareketli yükler

	Kaplama Yüğü (kg/m ²)	Hareketli Yüğü (kg/m ²)
Ofis Katları	220	350
Ticari Alan	220	500
Otopark	220	500
Ortak Alanlar	220	500

Rüzgâr yükleri TBDY 2018' e göre hesaplanıp tasarım yüküne dahil edilmiştir. Kar yükü de TS 498' e göre belirlenmiştir.

5.1.2.1.Yük kombinasyonları

Seçilen yük kombinasyonları Çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Yük kombinasyonları

		Ölü Yüğü	Hareketli Yüğü	Deprem Yüğüleri			Rüzgâr	Toprak	Isı Farkı
		G	Q	EX	EY	EZ	W	H	T
Düşey Yüğü	1	1,4	1,6	-	-	-	-	-	-
Rüzgâr	3	1,2	1	-	-	-	1,6	-	-
	4	0,9	-	-	-	-	1,6	1,6	-
Deprem	5	1	1	1	0,3	0,3	-	-	-
	6	1	1	0,3	1	0,3	-	-	-
	7	0,9	-	1	0,3	0,3	-	-	-
	8	0,9	-	0,3	1	0,3	-	1	-

Toprak	9	1,4	1,6	-	-	-	-	1,6	-
	10	0,9	-	-	-	-	-	1,6	-
Servis	11	1	1	-	-	-	-	-	-
	12	1	1	-	-	-	-	-	1
	13	1	1	-	-	-	1	-	-
	14	1	-	-	-	-	1	1	-

5.1.2.2. Performans servis kriterleri

5.1.2.2.1. Düşey yükler altında döşeme sehim limitleri

Düşey yükler altında döşeme sehim limitleri Çizelge 5.3' de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Yük kombinasyonları

Eğilme elemanı ve yeri	Sehim nedeni	Açıklık / Sehim
Bölme duvarsız çatı elemanları	Hareketli yüklerden oluşan ani sehim	ln / 180
Bölme duvarsız normal kat elemanları	Hareketli yüklerden oluşan ani sehim	ln / 360
Bölme duvarlı (*) çatı ve normal kat elemanları	Sürekli yüklerden oluşan toplam sehim ile hareketli yüklerin geri kalan bölümünden oluşan ani sehim toplamı	ln / 480
Bölme duvarlı çatı ve normal kat elemanları		ln / 240

(*) Bölme duvar bulunan veya büyük sehimden etkilenebilecek elemanlar taşıyan

5.1.2.2.2. Yatay yükler altında servis limitleri

Rüzgâr yükü altında gerekli ivme konfor kontrolü rüzgâr etkisi sonucuna göre belirlenecektir. Deprem yükü altında Denklem 4.1' de verilen kat ötelenme şartı sağlanmıştır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(X)}}{H_i} \leq 0.016 \quad (5.1)$$

5.1.2.2.3. Malzeme özellikleri

Yüksek katlı binada beton sınıfı olarak C50, donatı olarak S420 donatı kullanılmıştır. Model olarak seçilen binada hesaplarda $\emptyset 8'$ den başlayarak $\emptyset 30'$ a kadar tüm donatı çapları kullanılmıştır.

5.1.2.2.4. Kullanılan programlar

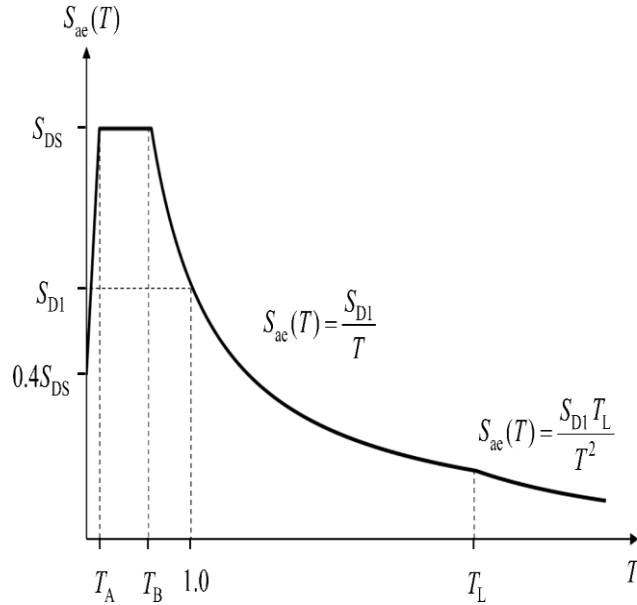
Analizlerde aşağıda belirtilen programlar kullanılmıştır.

- Autocad 2020
- Etabs V19
- Sap2000 V20

Etabs V19 programı ile sonlu elemanlar yöntemine göre gerekli analiz ve tasarım çalışmaları yapılmıştır.

5.1.3. Yüksek Katlı Yapının Deprem Etkisi Altında Kolon ve Çekirdek Perdesi Çözümleri

Deprem spektrum yer hareketleri, bir deprem yer hareketi esas alınarak %5 sönüm oranı için Şekil 5.5' de verilen spektrum ivme grafiğinden alınmıştır



Şekil 5.5. Spektrum ivme grafiği

Bina kullanım sınıfı TBDY 2018' e göre aşağıda Çizelge 5.4'de verilmiştir. Buna göre bina kullanım sınıfı (BKS) = 3 olarak seçilmiştir.

Çizelge 5.4.Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	<p>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>c) Müzeler</p> <p>d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan Maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
BKS= 2	<p>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.</p>	1.2
BKS =3	<p>Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</p>	1.0

Deprem tasarım sınıfı TBDY 2018' e göre aşağıda Çizelge 5.5'de verilmiştir. Buna göre BKS=3 ve Sds=0,378 olduğu için DTS =3 olarak alınmıştır.

Çizelge 5.5. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

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

Bina yükseklik sınıfı TBDY 2018' e göre aşağıda Çizelge 5.6' da verilmiştir. Buna göre $BYS=1'$ dir.

Çizelge 5.6. Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N < 70$	$70 < H_N < 91$	$91 < H_N < 105$
BYS = 3	$42 < H_N < 56$	$56 < H_N < 70$	$56 < H_N < 91$
BYS = 4	$28 < H_N < 42$	$42 < H_N < 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N < 28$	$28 < H_N < 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N < 17.5$	$17.5 < H_N < 28$	
BYS = 7	$7 < H_N < 10.5$	$10.5 < H_N < 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Bina performans hedefi ve uygulanacak tasarım yaklaşımları Çizelge 5.7' de verilmiştir. Yönetmeliğe göre yüksek yapılar için bu Çizelge kullanılacaktır.

Çizelge 5.7. Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar ($BYS = 1$) için performans hedefleri

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı Çizelge 5.8'e göre belirlenmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 6 ve dayanım katsayısı (D) 2,5 alınmıştır.

Çizelge 5.8.Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, Dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları (BYS)
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyiyüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli(boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuzbetonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	BYS ≥ 2

Yüksek binalarda R katsayısı %20 oranında azaltılır. R katsayısını azaltığımız zaman yeni değer 4,8 olmaktadır.

Deprem hesabında betonarme taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitlik çarpanları Çizelge 5.9' da verilmiştir ve eğilme için 0.50, kesme için 1.00 değerleri alınmıştır.

Çizelge 5.9.Etkin kesit rijitlik çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemmanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	Eksenel
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Hareketli yük kütle katılım katsayısı, Çizelge 5.10' da verilmiştir ve hareketli yük katsayısı 0,3 olarak alınmıştır.

Çizelge 5.10.Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı

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

Mod birleştirme yöntemi için modal etkin kütle, binanın toplam kütesinin %95'ini geçecek şekilde deprem kuvveti ile elde edilmiştir. Ancak katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar göz önüne alınacaktır. Yüksek bina olması durumunda (BYS=1) minimum taban kesme kuvveti ve eşdeğer taban kesme kuvveti hesabı aşağıda verilmiştir;

$$V_{t,min} = 0.04\alpha_H m_t S_{DSg} \quad (5.2)$$

$$\alpha_H = 1,0 \quad =HN \leq 105 \quad (5.3)$$

$$\alpha_H = 2,05 \quad 105 < HN < 155 \quad (5.4)$$

$$\alpha_H = 0,5 \quad 155 < HN \quad (5.5)$$

Modal analiz ve eşdeğer deprem yükü analizlerinin karşılaştırılması Çizelge 5.11’ de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Modal analiz ve eşdeğer deprem yükü analizlerinin karşılaştırılması

Eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvveti	Modal hesap yöntemi taban kesme kuvveti (ilk durum)	Modal hesap yöntemi taban kesme kuvveti (Revizyon sonrası)
$V_{tE}^x = 1065$ ton	$V_{tX}^x = 1271$ ton	$V_{tX}^x = 1271$ ton
$V_{tE}^y = 1065$ ton	$V_{tX}^y = 918$ ton	$V_{tX}^y = 1065,096$ ton

$V_{tX} > V_{tE}$ ve $V_{tY} > V_{tE}$ sağladığı görülmüştür.

Etkin görelî kat hesabı aşağıda verilmiştir. Çizelge 5.12’de verilen değerlere göre hesaplar yapılmıştır. Binanın zemin parametreleri AFAD sayfasından alınmıştır. Zemin sınıfı olarak ZC, zemin yatak katsayısı 3000 t/m^2 ve zemin taşıma gücü 30 t/m^2 alındı. Binada beş bodrum kat bulunmaktadır. Toplam bodrum kat yüksekliği 17 metredir.

Çizelge 5.12. Eşdeğer deprem yükü hesabında kullanılan parametreler

m_t	7746,2 ton.s ² /m
I	1,0
S_{DS}	0,378
Bodrum yüksekliği	17 m
Bodrum üstü kat sayısı (N)	29
m_t	13360,3 ton.s ² /m
I	1,0
S_{DS}	0,378
T_B	0,294 sn
R/I	2,5
D	1,5

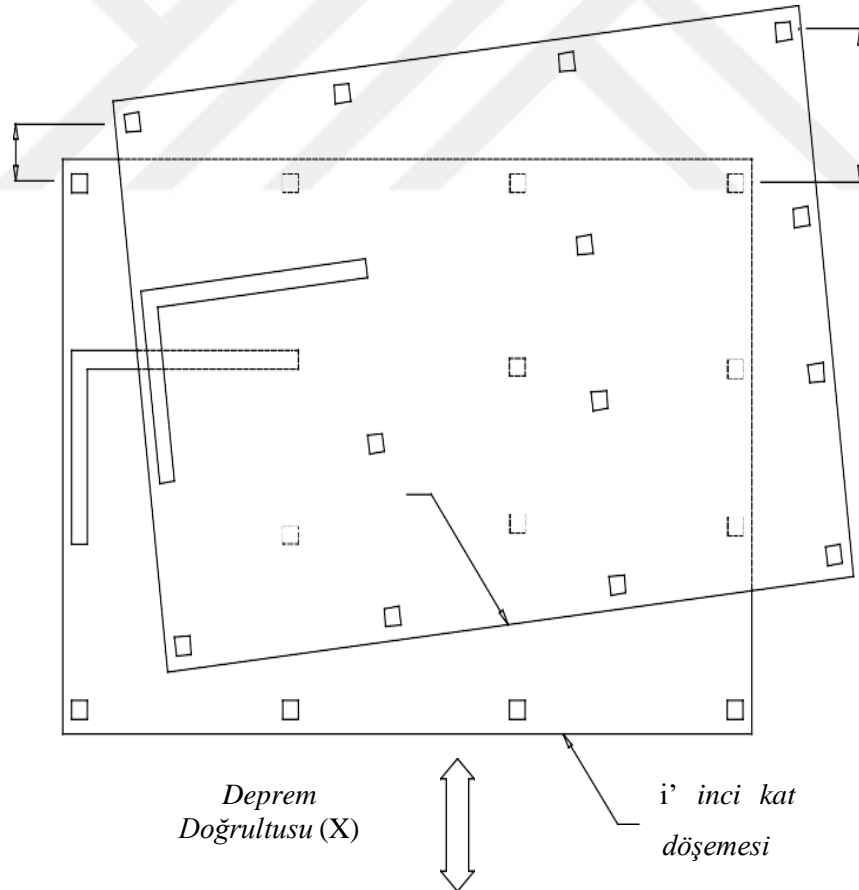
Etkin görelî kat ötelemesi hesabı için bina önem katsayısı (I)=1, bina davranış katsayısı (R)=4,8 ve $\lambda=0,5$ alınarak hesaplar yapılmıştır. Alınan değerler Denklem 4.1’ e göre kontrol edilmiş ve tüm değerler etkin görelî kat hesabını sağladığı görülmüştür.

İkinci mertebe etki kontrolü ise Çizelge 5.13'e göre yapılmış ve ikinci mertebe etki kontrolünü sağladığı görülmüştür.

Çizelge 5.13. İkinci mertebe etki kontrolü

x-yönü	Max.	y yönü	Max.
Θ_u^x	0,0480	Θ_u^x	0,0707
β_u^x	1,000	β_u^x	1,000
Sağlıyor		Sağlıyor	

A-1 Burulma düzensizliği; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel ötelemeye oranını ifade eden Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumudur. (Şekil 5.6)



Şekil 5.6. A1 Burulma düzensizliği

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışması durumunda burulma düzensizliği katsayısı: $\eta_{bi} = (\Delta^{(X)})_{\max} / (\Delta^{(X)})_{\text{ort}}$ sonucu bulunan η_{bi} 1,2' den büyük olmaktadır. $\text{Max.}\eta_{bi} = 1,194 < 1.2$ olduğu için bina A1 burulma düzensizliğini sağlamaktadır.

B-1 Zayıf kat düzensizliği (zayıf kat); betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki 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;

$[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$; olduğu için binada ki tüm değerler B-1 zayıf kat düzensizliğini sağlamaktadır.

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı; $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15\sum A_k)_i$; bu şekildedir tüm değerler bu durumu sağlamaktadır.

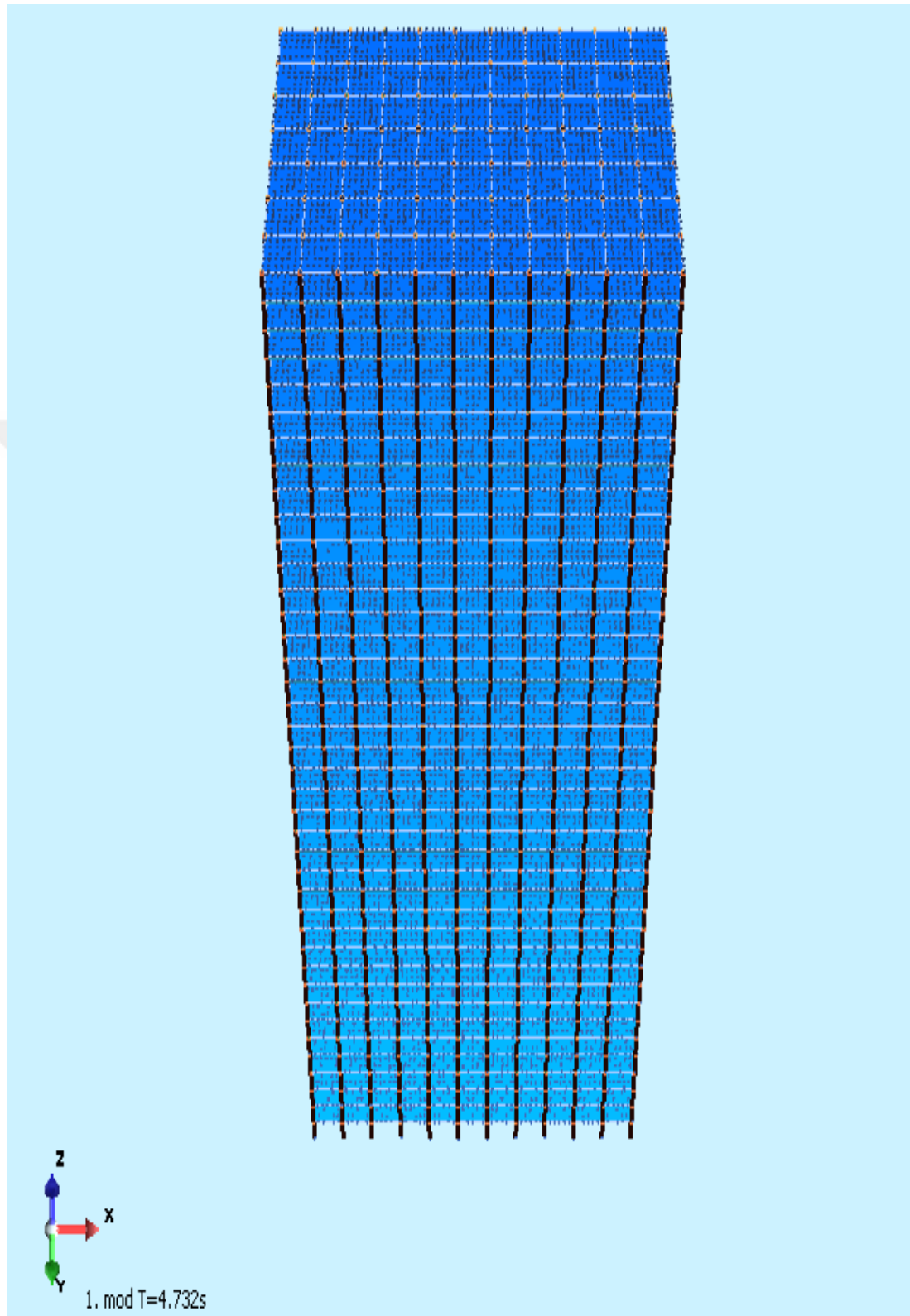
B-2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat); birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için bodrum katlar dışında, herhangi bir i' inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} ' nin 2,0'den fazla olması durumudur. Seçilen model örneğinde yumuşak kat düzensizliği oluşmamıştır.

$$[\eta_{ki} = (\Delta^{(X)} / h)_i / (\Delta^{(X)} / h)_{i+1} > 2.0 \text{ veya} \quad (5.7)$$

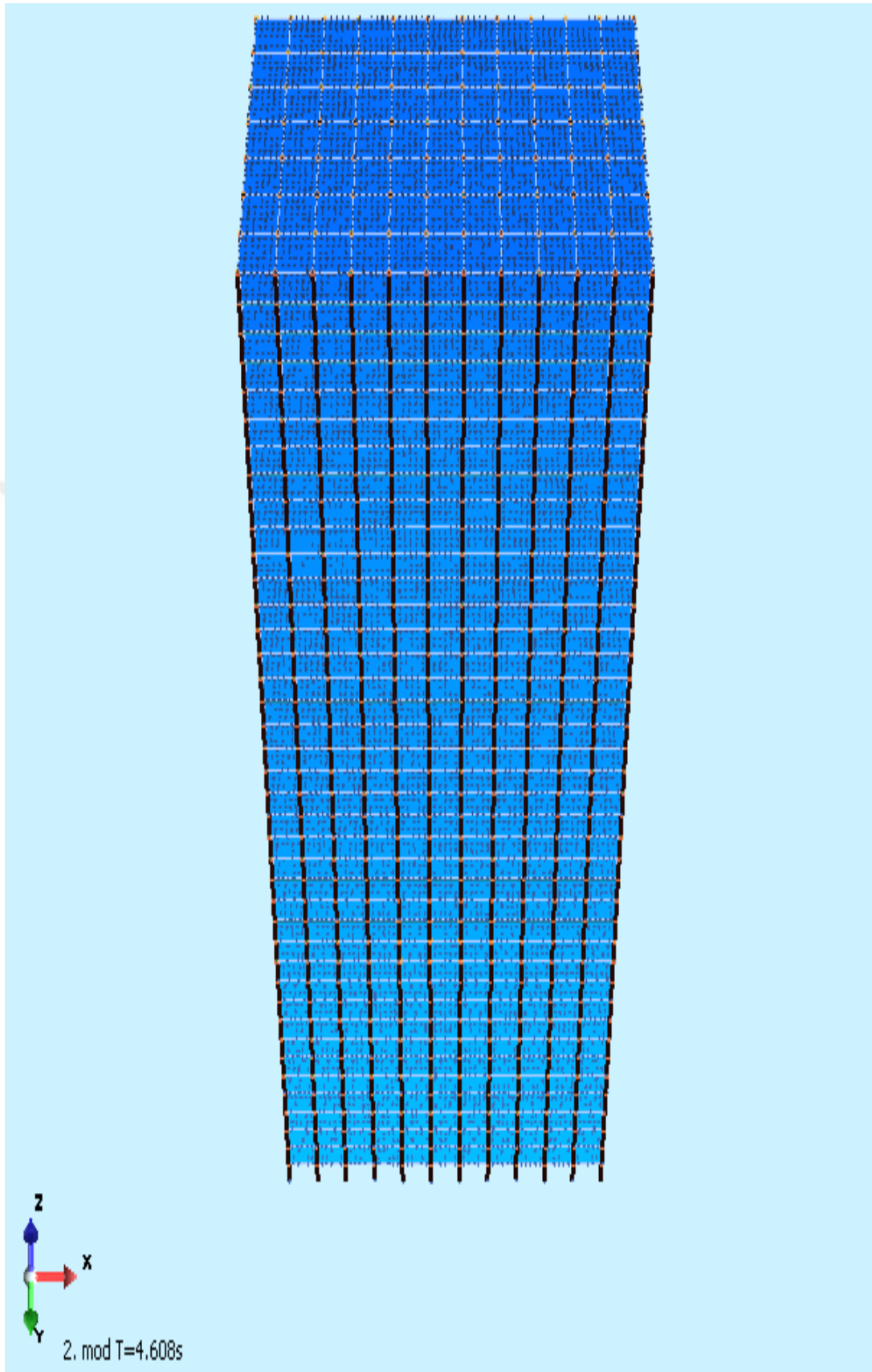
$$\eta_{ki} = (\Delta^{(X)} / h)_i / (\Delta^{(X)} / h)_{i+1} > 2.0] \quad (5.8)$$

Yapıdaki düşey ve yatay etkisi altında tüm kolonlar kontrol edilmiştir. Donatı olarak tasarımdaki değerler kullanılmıştır.

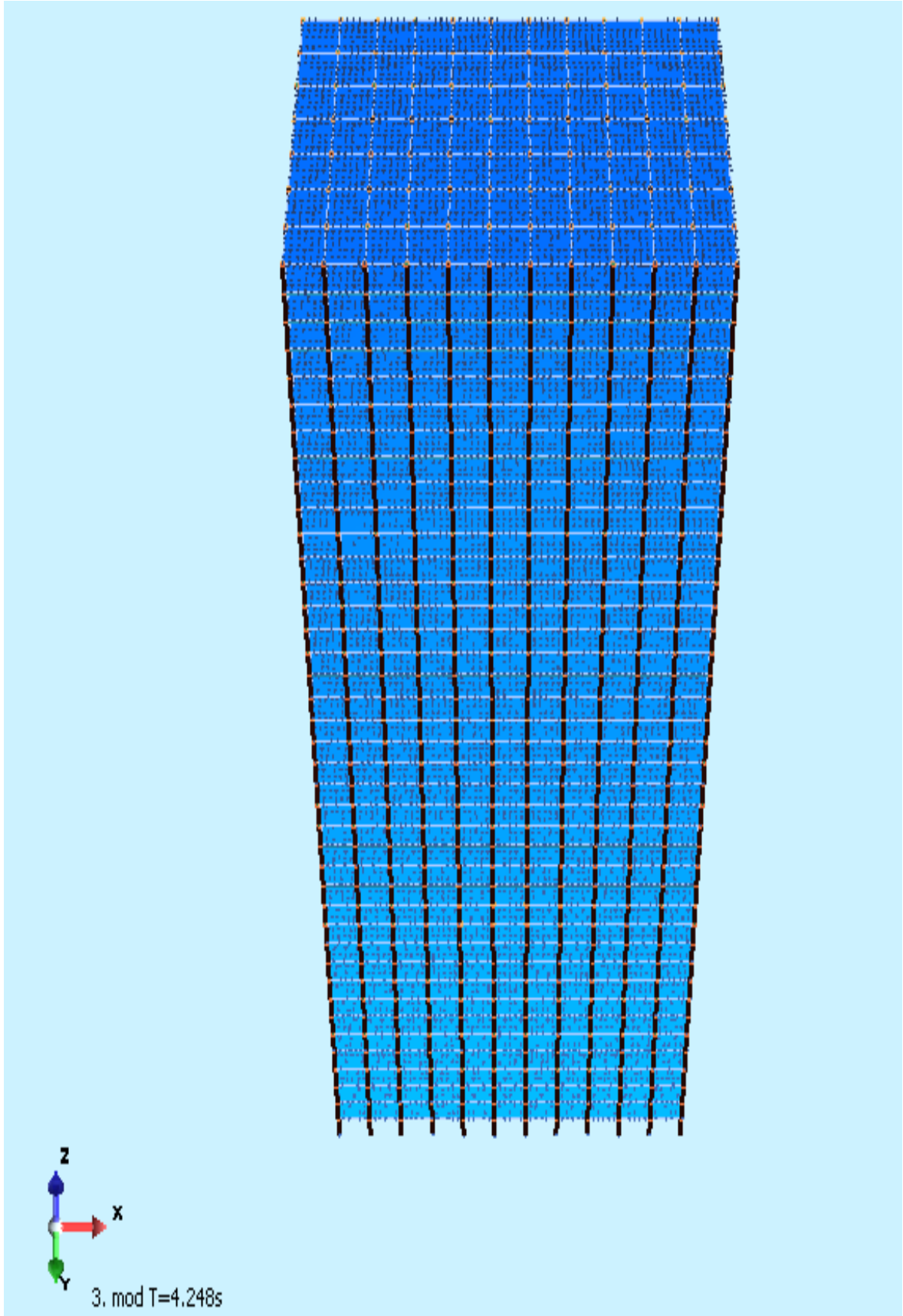
Yüksek binanın modal analizi ile ilgili görüntüler Şekil 5.7-5.13 arasında verilmiştir.



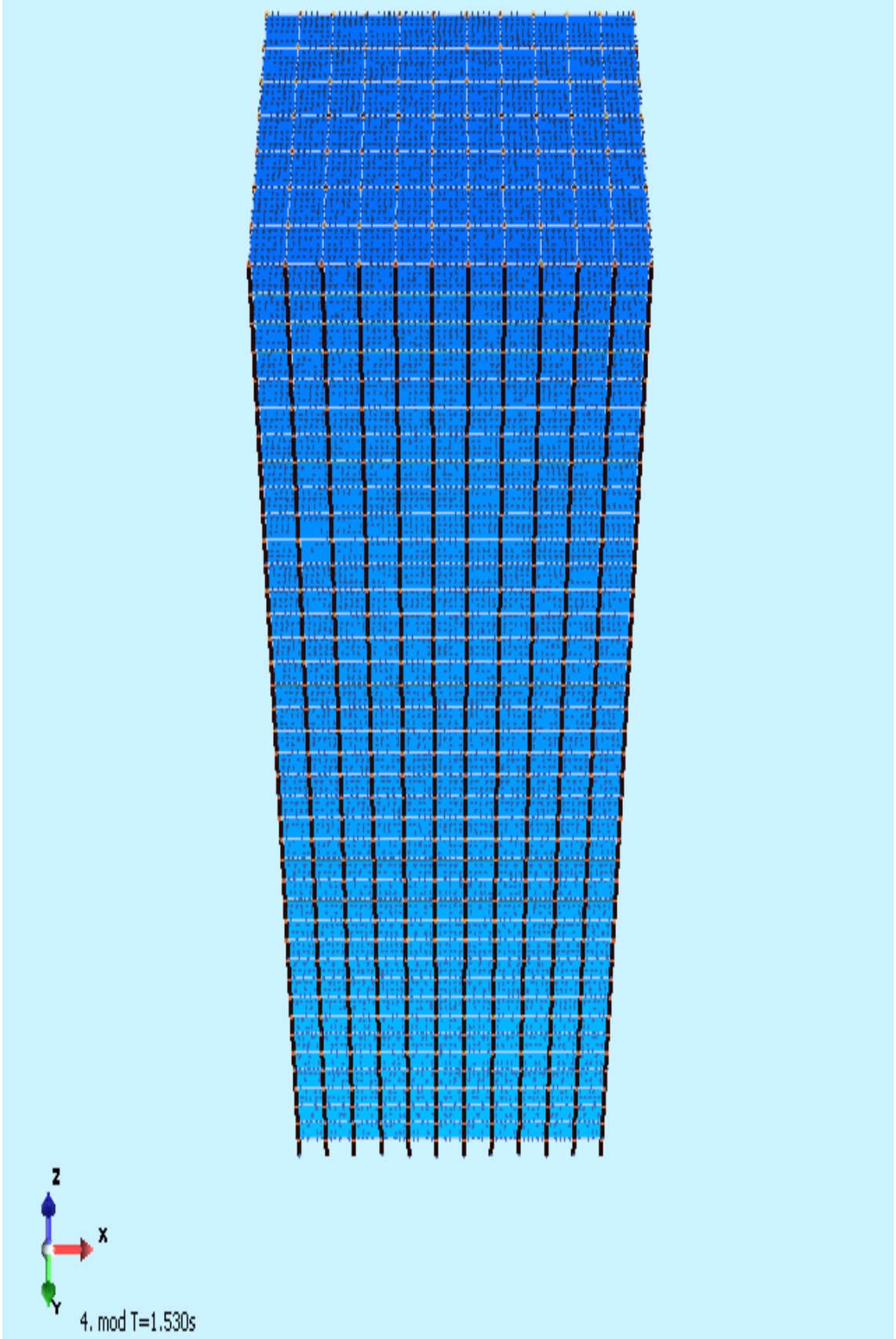
Şekil 5.7. 1.Mod sonuçları



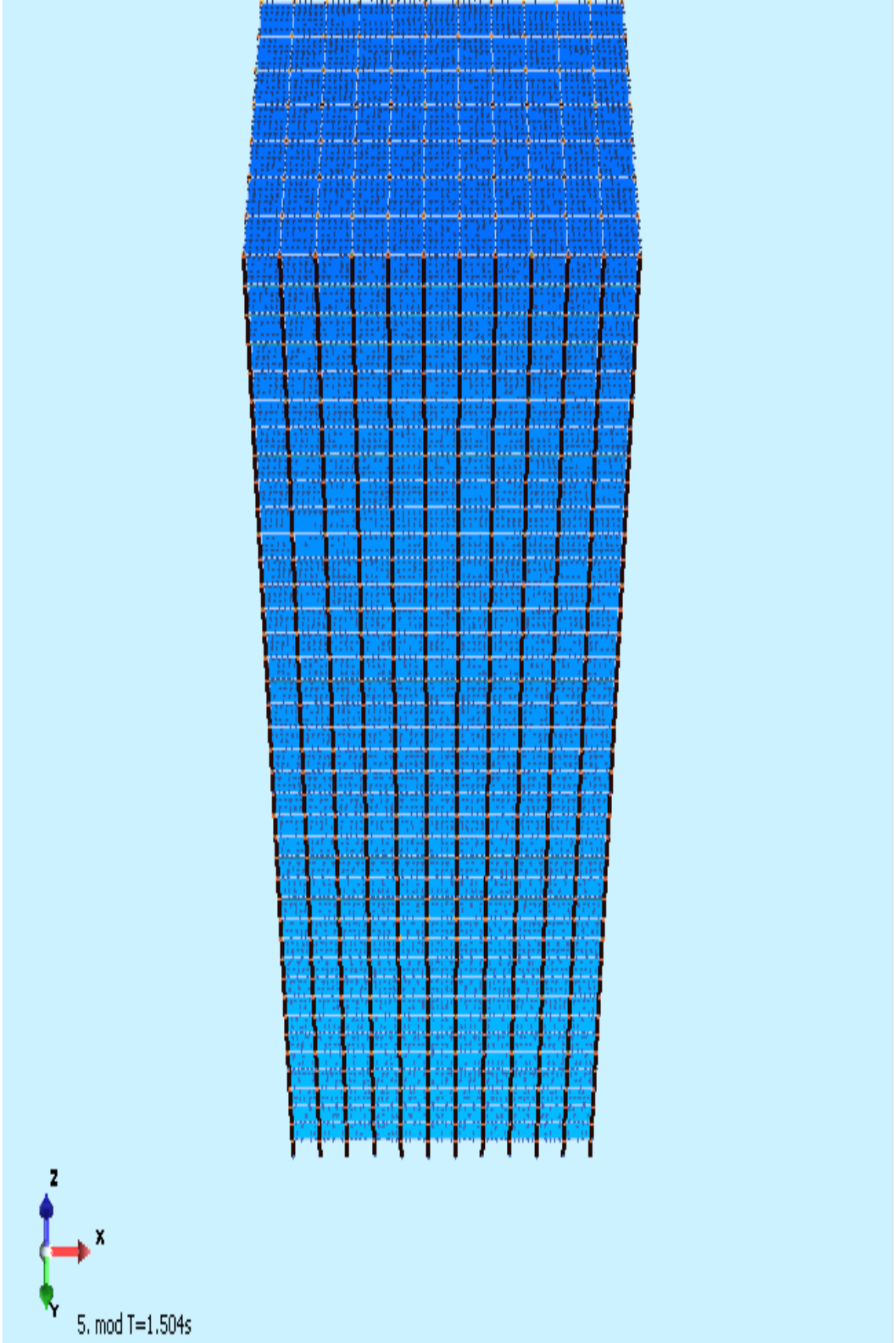
Şekil 5.8. 2.Mod sonuçları



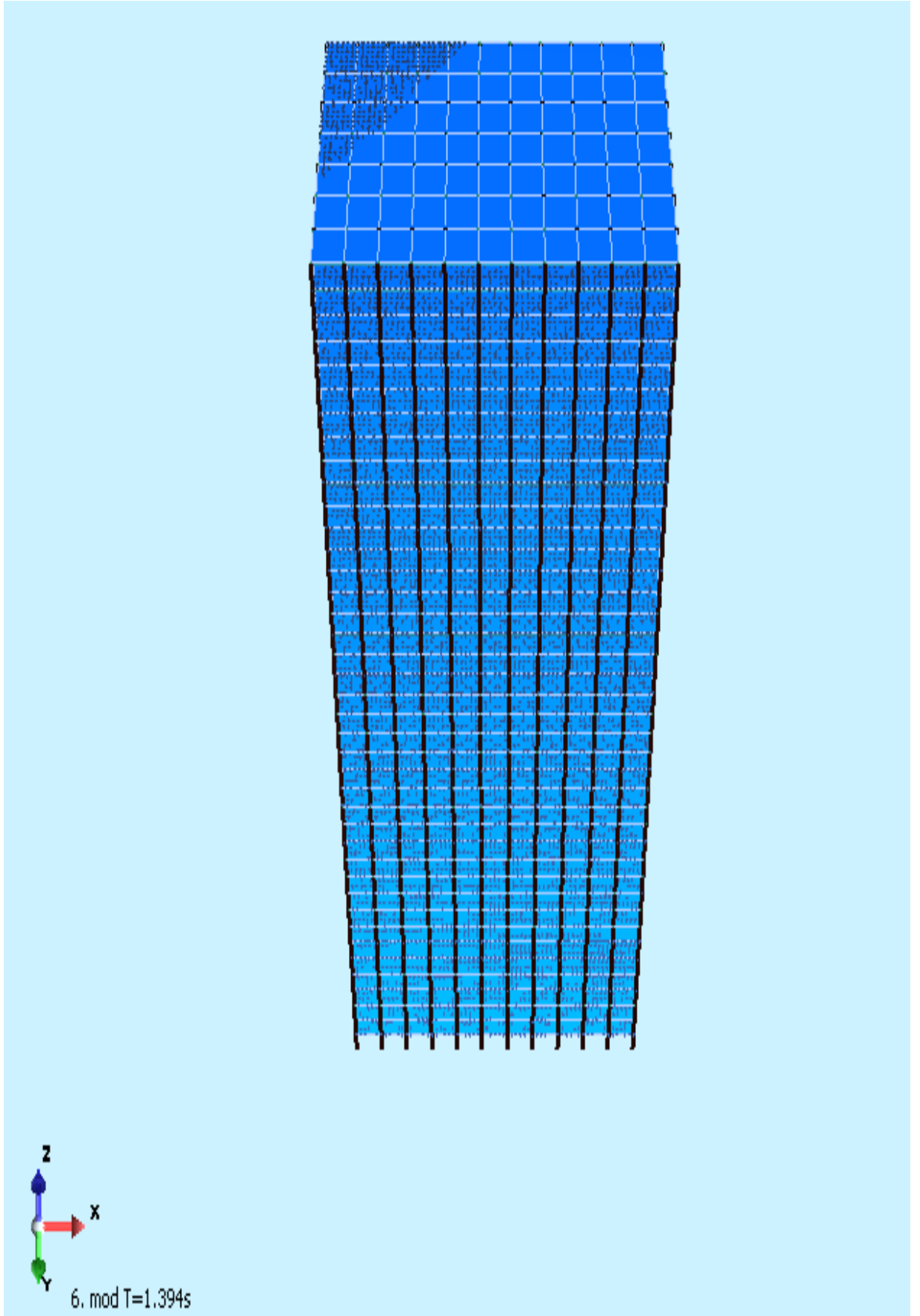
Şekil 5.9. 3.Mod sonuçları



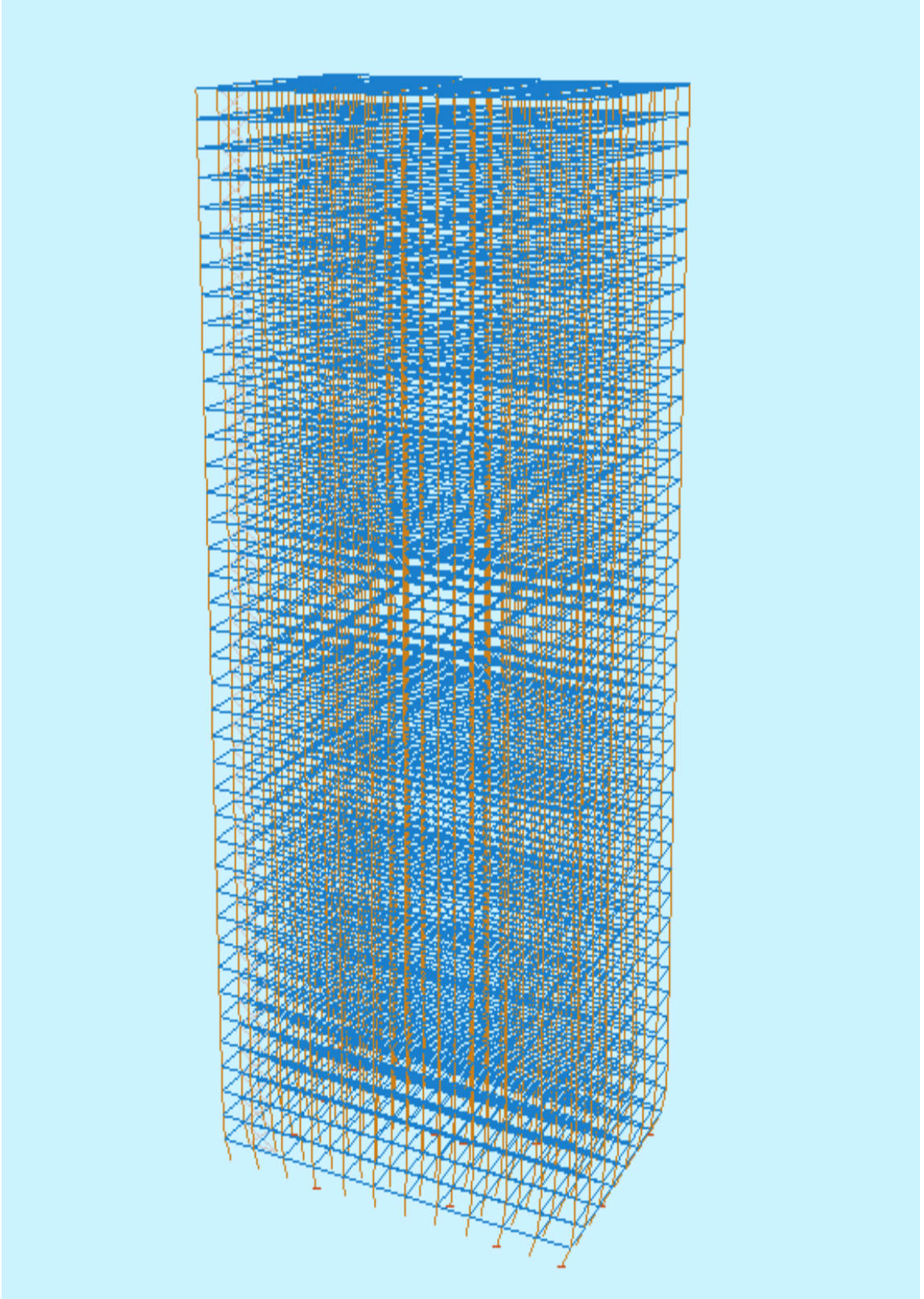
Şekil 5.10. 4.Mod sonuçları



Şekil 5.11. 5.Mod sonuçları



Şekil 5.12. 6.Mod sonuçları



Şekil 5.13. Yapı deplasman görüntüsü

Yüksek binada 100/100,110/110,120/120,130/130 ve140/140 olmak üzere beş tip kolon kullanılmıştır. Tüm kolonlar üzerine etkiyen moment kuvvetlerini güvenle taşımaktadır.

Kolonların aksenal yük kontrolleri aşağıdaki yapılmıştır.

100/100 cm ebatlı kolon aksenal yük kontrolü aşağıda verilmiştir;

$$A_{sh} \geq 0,30 s_{bk} [(A_c/A_{ck}) -1] (f_{ck}/f_{yk})$$

$$A_{sh} \geq 0,075 s_{bk} (f_{ck}/f_{yk})$$

100/100 cm kolon taşıma kapasitesi = 1750 ton olup tüm kolonlar aksenal yük taşıma kapasitesini sağlamıştır.

110/110 cm ebatlı kolon aksenal yük kontrolü aşağıda verilmiştir.;

$$A_{sh} \geq 0,30 s_{bk} [(A_c/A_{ck}) -1] (f_{ck}/f_{yk})$$

$$A_{sh} \geq 0,075 s_{bk} (f_{ck}/f_{yk})$$

110/110 cm kolon taşıma kapasitesi = 2117,5 ton olup tüm kolonlar aksenal yük taşıma kapasitesini sağlamıştır.

120/120 cm ebatlı kolon aksenal yük kontrolü aşağıda verilmiştir.;

$$A_{sh} \geq 0,30 s_{bk} [(A_c/A_{ck}) -1] (f_{ck}/f_{yk})$$

$$A_{sh} \geq 0,075 s_{bk} (f_{ck}/f_{yk})$$

120/120 cm kolon taşıma kapasitesi = 2520 ton olup tüm kolonlar aksenal yük taşıma kapasitesini sağlamıştır.

130/130 cm ebatlı kolon aksenal yük kontrolü aşağıda verilmiştir.;

$$A_{sh} \geq 0,30 s_{bk} [(A_c/A_{ck}) -1] (f_{ck}/f_{yk})$$

$$A_{sh} \geq 0,075 s_{bk} (f_{ck}/f_{yk})$$

130/130 cm kolon taşıma kapasitesi = 2957,5 ton olup tüm kolonlar aksenal yük taşıma kapasitesini sağlamıştır.

140/140 cm ebatlı kolon aksenal yük kontrolü aşağıda verilmiştir.;

$$A_{sh} \geq 0,30 s_{bk} [(A_c/A_{ck}) -1] (f_{ck}/f_{yk})$$

$$A_{sh} \geq 0,075 s_{bk} (f_{ck}/f_{yk})$$

140/140 cm kolon taşıma kapasitesi = 3430 ton olup tüm kolonlar aksenal yük taşıma kapasitesini sağlamıştır.

Yapıda düşey ve yatay yükler etkisi altında tüm perdeler kontrol edilmiştir. Donatı olarak tasarımdaki değerler kullanılmıştır. Tüm perdeler aksenal yük altında taşıma kapasitesini sağlamıştır.

Örnek olarak modellenen binadaki kirişlerin deprem yükü altında hesapları aşağıda verilmiştir.

30/50 kiriş kesme ve burulma kontrolü aşağıda verilmiştir;

$$N_{d,\text{çekme}} = 6,9 \text{ ton}$$

$$V_{d,\text{max}} = 14,1 \text{ ton}$$

$$T_{d,\text{max}} = 2,4 \text{ ton.m}$$

$$V_{cr} = 12,4 \text{ ton}$$

$$V_c = 9,9 \text{ ton}$$

$$V_w = 26,1 \text{ ton}$$

$$V_r = 36,0 \text{ ton}$$

$$V_{\text{max}} = 100,1 \text{ ton}$$

$$(A_{sw})_{\text{min}} = 0,4 \text{ cm}^2$$

$V_r > V_{d,\text{max}}$ kesme hesabını sağlamaktadır.

40/80 kiriş kesme ve burulma kontrolü aşağıda verilmiştir;

$$N_{d,\text{çekme}} = 26,3 \text{ ton}$$

$$V_{d,\text{max}} = 11,4 \text{ ton}$$

$$T_{d,\text{max}} = 10,9 \text{ ton.m}$$

$$V_{cr} = 23,9 \text{ ton}$$

$$V_c = 19,2 \text{ ton}$$

$$V_w = 43,3 \text{ ton}$$

$$V_r = 62,4 \text{ ton}$$

$$V_{\text{max}} = 221,5 \text{ ton}$$

$$(A_{sw})_{\text{min}} = 0,5 \text{ cm}^2$$

$V_r > V_{d,\text{max}}$ kesme hesabını sağlamaktadır.

40/50 kiriş kesme ve burulma kontrolü

$$N_{d,\text{çekme}} = 4,4 \text{ ton}$$

$$V_{d,\text{max}} = 21,7 \text{ ton}$$

$$T_{d,\text{max}} = 8,8 \text{ ton.m}$$

$$V_{cr} = 17,8 \text{ ton}$$

$$V_c = 14,2 \text{ ton}$$

$$V_w = 74,8 \text{ ton}$$

$$V_r = 89,0 \text{ ton}$$

$$V_{\text{max}} = 132,9 \text{ ton}$$

Örnek olarak seçilen baca Manisa ili, Soma ilçesi, 39.1952 enlem ve 27.6333 boylamlarındadır. Baca 270 m yüksekliğinde ve her 15 m.' de daire çapları değişecek şekilde tasarlanmıştır. Yüksekliklere göre daire çapları aşağıdaki Çizelge 5.14' de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Betonarme bacanın geometrik özellikleri

Bulunduğu Yükseklik (m)	Dış Baca Genişliği (m)	Duvar kalınlığı (cm)
0	24,45	55
15	21,37	50
30	20,60	50
45	19,25	45
60	17,90	45
75	16,55	45
90	15,50	45
105	14,45	45
120	13,40	47
135	12,70	47
150	12,00	46
165	11,40	44
180	10,80	42
195	10,35	39
210	9,90	34
225	9,60	30
240	9,40	25
255	9,30	22
270	9,30	22

Hesap programında kullanılan ve bacanın bulunduğu koordinatlar girilerek elde edilen periyot bilgileri Şekil 5.15' de verilmiştir.

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

[Detaylı Raporu Göster](#) [Yazdır](#)

Rapor Başlığı:	TEZ YÜKSEK BACA		
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda açılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi	
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta siki - siki kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	
Enlem:	39.1952°		
Boylam	27.6333°		

Çıktılar

$S_S = 0.987$	$S_1 = 0.234$	$S_{DS} = 1.091$	$S_{D1} = 0.499$
$PGA = 0.408$	$PGV = 23.439$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 PGA : En büyük yer ivmesi [g]
 PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 5.15. Periyot Bilgileri

Taşıyıcı sistem çözümlerinde deprem yükleri hesabı; International Building Code (IBC), Minimum Design Loads For Building and Other Structures (ASCE-07) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018' deki kurallara göre belirlenmiştir. Rüzgar ve ısı yükleri; British Standard:6399-2 (BS-6399-2), Code Requirements for Reinforced Concrete Chimneys and Commentary (ACI-307-08) ve Deuthes Institut Fur Normung-1056 (DIN 1056) 'ya göre hesaplanmıştır. Yapıda oluşan düşey yüklerin analizi; Code Requirements for Reinforced Concrete Chimneys and Commentary (ACI 307-08) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018' e göre belirlenmiştir. Analizlerde SAP200 V21, ETABS V19 ve PROTASTRUCTURES programları kullanılmıştır. Analiz yöntemi olarak mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Kat serbestlik derecesinde ve dönmeye göre kontroller yapılmıştır. Yapı aynı anda düşey yükler etkisi altında, deprem yükleri etkisi altında ve sıcaklık etkisi altında bırakılarak hesaplamalar yapılmıştır. İkinci olarak aynı anda düşey yükler etkisi altında rüzgâr yükleri etkisi altında ve sıcaklık etkisi altında bırakılarak hesaplamaları yapılmıştır. Bunların iki farklı yönde ve değişik kombinasyonlarda bütün çözümleri yapılmıştır.

5.2.1.Baca Analizinde Kullanılan Parametreler

Bacanın modellenmesi Sap 2000 V20 programında gerçekleştirilmiştir. Yapı modellenmesinde her 15 metrede baca kesiti değiştiği için bacanın kesitinin değiştiği noktalar dikkate alınarak baca 18 katlı ve 270 metre yüksekliğinde modellenmiştir. Yapıda hareketli yük katsayısı 0,3 alınmıştır. Baca mod birleştirme yöntemi ile x, y eksenini ve dönmeye göre analiz yapılmıştır. Deprem düzeyleri için spektral ivme ve zemin etki faktörleri Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.15.Deprem düzeyleri için spektral ivme ve zemin etki faktörleri

Deprem	S_s	S_1	F_s	F_1	S_{DS}	S_{D1}	T_a	T_b	T_L
DD1	1,896	0,532	1,000	1,768	1,896	0,941	0,10	0,50	6,00
DD2	0,989	0,234	1,104	2,132	1,092	0,499	0,09	0,46	6,00
DD3	0,418	0,112	1,466	2,376	0,613	0,266	0,09	0,43	6,00
DD4	0,269	0,071	1,585	2,400	0,426	0,170	0,08	0,40	6,00

Baca için kullanılacak zemin parametreleri ve TBDY 2018’e göre belirlenen parametreler Çizelge 5.16’ verilmiştir. Zemin parametreleri o bölgeden alınarak hesaplarda kullanılmıştır. Bacada C35 beton ve S420 donatı çeliği kullanılmıştır.

Çizelge 5.16.Baca için kullanılacak parametreler

Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	1,0
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1a
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	1
Süneklik Düzeyi	YÜKSEK
Taşıyıcı Sistem Tipi	A15= Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	7
Dolgu Duvar Bağlantıları	Esnek derz ile ayrılmış
Görelî Deplasman Limiti	$\alpha = 0,016$ (Betonarme bina, $K=1$)
Bina Kullanım Amacı ve Türü	Baca
Yatay Yük Dışmerkezliliği (%)	5,0
Hesaba Katılan Titreşim Modu	100,0
Sönüm Oranı	0,05

Zemin Yatak Katsayısı	2340 t/m ³
Zemin Taşıma Gücü	19,21 t/m ²
Temel Taşıma Gücü Dayanım Katsayısı (γR_v)	1,40

Baca hesabında kullanılan yük kombinasyonları Çizelge 5.17' de verilmiştir.

Çizelge 5.17.Baca yük kombinasyonları

No	Kombinasyon	G	Gc	Ez	Esx+	Esx-	Esy+	Esy-	Wx	Wy	T
1	G*F	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Gc+Esx++Ez	0,0	0,9	-0,3	1,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
3	Gc-Esx++Ez	0,0	0,9	-0,3	-1,0	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0	0,0
4	Gc+Esx-+Ez	0,0	0,9	-0,3	0,0	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Gc-Esx-+Ez	0,0	0,9	-0,3	0,0	-1,0	-0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
6	Gc+Esy++Ez	0,0	0,9	-0,3	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	Gc-Esy++Ez	0,0	0,9	-0,3	0,0	-0,3	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	Gc+Esy-+Ez	0,0	0,9	0,3	0,3	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
9	Gc-Esy-+Ez	0,0	0,9	0,3	-0,3	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
10	G+Wx+Q	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
11	G-Wx+Q	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,3	0,0	0,0
12	G+Wy+Q	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0
13	G-Wy+Q	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,3	0,0
14	G+Wx	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
15	G-Wx	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,3	0,0	0,0
16	G+Wy	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0
17	G-Wy	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,3	0,0
18	G+Q+T	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
19	G+Q-T	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0

Bacanın rüzgâr hızı 33.5 m/s, minimum rüzgar basıncı 0,65 KN/m², boyut etkisi faktör tipi olarak B durumu alınmıştır. Baca ısı yüklemesi yük kombinasyonları Çizelge 5.18' de verilmiştir.

Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 3.28367; f = 0.30454



Şekil 5.17. Baca 2.Mod sonuçları

Deformed Shape (MODAL) - Mode 3; T = 0.8644; f = 1.15687



Şekil 5.18. Baca 3.Mod sonuçları

Deformed Shape (MODAL) - Mode 4; T = 0.86439; f = 1.15689



Şekil 5.19. Baca 4.Mod sonuçları

Deformed Shape (MODAL) - Mode 5; T = 0.40796; f = 2.45121



Şekil 5.20. Baca 5.Mod sonuçları

Deformed Shape (MODAL) - Mode 6; T= 0.40778; f= 2.45228



Şekil 5.21. Baca 5.Mod sonuçlar

B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizlik kontrol sonuçları Çizelge 5.18, Çizelge 5.19, Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.21’ de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Rijitlik Düzensizlik kontrolü Yük hali Esx+ durumu

Kat	hi (m)	Δ_{min} (m)	Δ_{max} (m)	Δ_{ort} (m)	Δ/hi	$\eta_k(\text{Üst})$	$\eta_k(\text{Alt})$
Kat18	15	0,025408	0,025441	0,025424	0,001695	-	1,05 \geq 2,0
Kat17	15	0,024270	0,024274	0,024272	0,001618	0,95 \geq 2,0	1,06 \geq 2,0
Kat16	15	0,022858	0,022862	0,022860	0,001524	0,94 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat15	15	0,021414	0,021419	0,021417	0,001428	0,94 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat14	15	0,020013	0,020019	0,020016	0,001334	0,93 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat13	15	0,018666	0,018674	0,018670	0,001245	0,93 \geq 2,0	1,08 \geq 2,0
Kat12	15	0,017341	0,017350	0,017345	0,001156	0,93 \geq 2,0	1,08 \geq 2,0
Kat11	15	0,016028	0,016038	0,016033	0,001069	0,92 \geq 2,0	1,09 \geq 2,0
Kat10	15	0,014721	0,014734	0,014727	0,000982	0,92 \geq 2,0	1,10 \geq 2,0
Kat9	15	0,013406	0,013419	0,013412	0,000894	0,91 \geq 2,0	1,11 \geq 2,0
Kat8	15	0,012035	0,012124	0,012080	0,000805	0,90 \geq 2,0	1,13 \geq 2,0
Kat7	15	0,010661	0,010753	0,010707	0,000714	0,89 \geq 2,0	1,15 \geq 2,0
Kat6	15	0,009315	0,009341	0,009328	0,000622	0,87 \geq 2,0	1,18 \geq 2,0
Kat5	15	0,007890	0,007922	0,007906	0,000527	0,85 \geq 2,0	1,23 \geq 2,0
Kat4	15	0,006409	0,006445	0,006427	0,000428	0,81 \geq 2,0	1,31 \geq 2,0
Kat3	15	0,004878	0,004910	0,004894	0,000326	0,76 \geq 2,0	1,57 \geq 2,0
Kat2	15	0,002919	0,003326	0,003123	0,000208	0,64 \geq 2,0	1,62 \geq 2,0
Kat1	15	0,001630	0,002227	0,001929	0,000129	0,62 \geq 2,0	-

Çizelge 5.19. Rijitlik Düzensizlik kontrolü Yük hali Esx- durumu

Kat	hi (m)	Δ_{min} (m)	Δ_{max} (m)	Δ_{ort} (m)	Δ/hi	$\eta_k(\text{Üst})$	$\eta_k(\text{Alt})$
Kat18	15	0,025409	0,025441	0,025425	0,001695	-	1,05 \geq 2,0
Kat17	15	0,024270	0,024274	0,024272	0,001618	0,95 \geq 2,0	1,06 \geq 2,0
Kat16	15	0,022858	0,022862	0,022860	0,001524	0,94 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat15	15	0,021414	0,021419	0,021417	0,001428	0,94 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat14	15	0,020013	0,020019	0,020016	0,001334	0,93 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat13	15	0,018666	0,018674	0,018670	0,001245	0,93 \geq 2,0	1,08 \geq 2,0
Kat12	15	0,017341	0,017350	0,017345	0,001156	0,93 \geq 2,0	1,08 \geq 2,0
Kat11	15	0,016028	0,016038	0,016033	0,001069	0,92 \geq 2,0	1,09 \geq 2,0
Kat10	15	0,014721	0,014734	0,014727	0,000982	0,92 \geq 2,0	1,10 \geq 2,0
Kat9	15	0,013406	0,013419	0,013412	0,000894	0,91 \geq 2,0	1,11 \geq 2,0
Kat8	15	0,012022	0,012125	0,012073	0,000805	0,90 \geq 2,0	1,13 \geq 2,0
Kat7	15	0,010669	0,010758	0,010713	0,000714	0,89 \geq 2,0	1,15 \geq 2,0

Kat6	15	0,009315	0,009341	0,009328	0,000622	0,87 \geq 2,0	1,18 \geq 2,0
Kat5	15	0,007890	0,007922	0,007906	0,000527	0,85 \geq 2,0	1,23 \geq 2,0
Kat4	15	0,006409	0,006445	0,006427	0,000428	0,81 \geq 2,0	1,31 \geq 2,0
Kat3	15	0,004878	0,004910	0,004894	0,000326	0,76 \geq 2,0	1,57 \geq 2,0
Kat2	15	0,002919	0,003326	0,003123	0,000208	0,64 \geq 2,0	1,62 \geq 2,0
Kat1	15	0,001630	0,002227	0,001929	0,000129	0,62 \geq 2,0	-

Yapımızın X yönünde B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.20. B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği Yük hali Esy+ durumu

Kat	hi (m)	Δ_{min} (m)	Δ_{max} (m)	Δ_{ort} (m)	Δ/hi	$\eta_k(\text{Üst})$	$\eta_k(\text{Alt})$
Kat18	15	0,025409	0,025438	0,025423	0,001695	-	1,05 \geq 2,0
Kat17	15	0,024269	0,024275	0,024272	0,001618	0,95 \geq 2,0	1,06 \geq 2,0
Kat16	15	0,022857	0,022862	0,022860	0,001524	0,94 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat15	15	0,021414	0,021419	0,021417	0,001428	0,94 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat14	15	0,020013	0,020019	0,020016	0,001334	0,93 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat13	15	0,018666	0,018674	0,018670	0,001245	0,93 \geq 2,0	1,08 \geq 2,0
Kat12	15	0,017341	0,017350	0,017345	0,001156	0,93 \geq 2,0	1,08 \geq 2,0
Kat11	15	0,016028	0,016038	0,016033	0,001069	0,92 \geq 2,0	1,09 \geq 2,0
Kat10	15	0,014722	0,014734	0,014728	0,000982	0,92 \geq 2,0	1,10 \geq 2,0
Kat9	15	0,013404	0,013420	0,013412	0,000894	0,91 \geq 2,0	1,11 \geq 2,0
Kat8	15	0,012044	0,012124	0,012084	0,000806	0,90 \geq 2,0	1,13 \geq 2,0
Kat7	15	0,010657	0,010740	0,010699	0,000713	0,89 \geq 2,0	1,15 \geq 2,0
Kat6	15	0,009313	0,009342	0,009328	0,000622	0,87 \geq 2,0	1,18 \geq 2,0
Kat5	15	0,007887	0,007924	0,007906	0,000527	0,85 \geq 2,0	1,23 \geq 2,0
Kat4	15	0,006406	0,006446	0,006426	0,000428	0,81 \geq 2,0	1,31 \geq 2,0
Kat3	15	0,004877	0,004911	0,004894	0,000326	0,76 \geq 2,0	1,57 \geq 2,0
Kat2	15	0,002891	0,003335	0,003123	0,000208	0,64 \geq 2,0	1,61 \geq 2,0
Kat1	15	0,001612	0,002254	0,001933	0,000129	0,62 \geq 2,0	-

Çizelge 5.21. B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği Yük hali Esy- durumu

Kat	hi (m)	Δ_{min} (m)	Δ_{max} (m)	Δ_{ort} (m)	Δ/hi	$\eta_k(\text{Üst})$	$\eta_k(\text{Alt})$
Kat18	15	0,025410	0,025438	0,025424	0,001695	-	1,05 \geq 2,0
Kat17	15	0,024269	0,024274	0,024272	0,001618	0,95 \geq 2,0	1,06 \geq 2,0
Kat16	15	0,022857	0,022874	0,022860	0,001524	0,94 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat15	15	0,021414	0,021419	0,021417	0,001428	0,94 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0
Kat14	15	0,020013	0,020019	0,020016	0,001334	0,93 \geq 2,0	1,07 \geq 2,0

Kat13	15	0,018666	0,018674	0,018670	0,001245	0,93 \geq 2,0	1,08 \geq 2,0
Kat12	15	0,017341	0,017350	0,017345	0,001156	0,93 \geq 2,0	1,08 \geq 2,0
Kat11	15	0,016028	0,016038	0,016033	0,001069	0,92 \geq 2,0	1,09 \geq 2,0
Kat10	15	0,014722	0,014734	0,014728	0,000982	0,92 \geq 2,0	1,10 \geq 2,0
Kat9	15	0,013405	0,013420	0,013412	0,000894	0,91 \geq 2,0	1,11 \geq 2,0
Kat8	15	0,012021	0,012113	0,012067	0,000804	0,90 \geq 2,0	1,13 \geq 2,0
Kat7	15	0,010686	0,010762	0,010724	0,000715	0,89 \geq 2,0	1,15 \geq 2,0
Kat6	15	0,009314	0,009342	0,009328	0,000622	0,87 \geq 2,0	1,18 \geq 2,0
Kat5	15	0,007887	0,007924	0,007906	0,000527	0,85 \geq 2,0	1,23 \geq 2,0
Kat4	15	0,006406	0,006447	0,006426	0,000428	0,81 \geq 2,0	1,31 \geq 2,0
Kat3	15	0,004877	0,004911	0,004894	0,000326	0,76 \geq 2,0	1,57 \geq 2,0
Kat2	15	0,002891	0,003335	0,003113	0,000208	0,64 \geq 2,0	1,61 \geq 2,0
Kat1	15	0,001612	0,002254	0,001933	0,000129	0,62 \geq 2,0	-

Yapıda Y yönünde B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği yoktur.

B1 Katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat) kontrol sonuçları Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.23’de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Deprem Etki Yönü:1 (X- Eksenine ile 0 derece)

Kat	A-Kolon (m ²)	A-Perde(m ²)	A-Toplam(m ²)	η_c
Kat18	0,0	4,0920	4,0920	-
Kat17	0,0	5,0916	5,0916	1,244 > 0,80
Kat16	0,0	6,6399	6,6399	1,304 > 0,80
Kat15	0,0	8,1258	8,1258	1,224 > 0,80
Kat14	0,0	10,0097	10,0097	1,232 > 0,80
Kat13	0,0	11,5216	11,5216	1,151 > 0,80
Kat12	0,0	12,8474	12,8474	1,115 > 0,80
Kat11	0,0	14,2440	14,2440	1,109 > 0,80
Kat10	0,0	15,3839	15,3839	1,080 > 0,80
Kat9	0,0	16,2141	16,2141	1,054 > 0,80
Kat8	0,0	17,0443	17,0443	1,051 > 0,80
Kat7	0,0	17,8746	17,8746	1,049 > 0,80
Kat6	0,0	18,7048	18,7048	1,046 > 0,80
Kat5	0,0	19,5350	19,5350	1,044 > 0,80
Kat4	0,0	20,3653	20,3653	1,042 > 0,80
Kat3	0,0	22,5484	22,5484	1,107 > 0,80

Kat2	0,0	23,4317	23,4317	1,039 > 0,80
Kat1	0,0	24,450	24,450	1,043 > 0,80

Çizelge 5.23. Deprem Etki Yönü:1 (X- Ekseni ile 0 derece)

Kat	A-Kolon (m ²)	A-Perde(m ²)	A-Toplam(m ²)	η_c
Kat18	0,0	3,8917	3,8917	-
Kat17	0,0	4,8424	4,8424	1,244 > 0,80
Kat16	0,0	6,3149	6,3149	1,304 > 0,80
Kat15	0,0	7,7281	7,7281	1,224 > 0,80
Kat14	0,0	9,5198	9,5198	1,232 > 0,80
Kat13	0,0	10,9577	10,9577	1,151 > 0,80
Kat12	0,0	12,2186	12,2186	1,115 > 0,80
Kat11	0,0	13,5468	13,5468	1,109 > 0,80
Kat10	0,0	14,6309	14,6309	1,080 > 0,80
Kat9	0,0	15,4205	15,4205	1,054 > 0,80
Kat8	0,0	16,2101	16,2101	1,051 > 0,80
Kat7	0,0	16,9997	16,9997	1,049 > 0,80
Kat6	0,0	17,7893	17,7893	1,046 > 0,80
Kat5	0,0	18,5789	18,5789	1,044 > 0,80
Kat4	0,0	19,3685	19,3685	1,042 > 0,80
Kat3	0,0	21,4448	21,4448	1,107 > 0,80
Kat2	0,0	22,2848	22,2848	1,039 > 0,80
Kat1	0,0	23,2533	23,2533	1,043 > 0,80

Yapıda B1 düzensizliği saptanmamıştır.

A1 Burulma düzensizliği kontrol sonuçları Çizelge 5.24, Çizelge 5.25, Çizelge 5.26' ve Çizelge 5.27' de verilmiştir.

Çizelge 5.24. Burulma düzensizliği kontrolü Yük hali Esx+ (MB Deprem X E+) durumu

Kat	$\delta_{min}(m)$	$\delta_{max}(m)$	$\Delta_{min}(m)$	$\Delta_{max}(m)$	Δ_{ort}	η_b
Kat18	0,250465	0,250630	0,025408	0,025441	0,025424	1,001 ≤ 1,20
Kat17	0,225053	0,225212	0,024270	0,024274	0,024272	1,000 ≤ 1,20
Kat16	0,200779	0,200938	0,022858	0,022862	0,022860	1,000 ≤ 1,20
Kat15	0,177917	0,178078	0,021414	0,021419	0,021417	1,000 ≤ 1,20
Kat14	0,156497	0,156661	0,020013	0,020019	0,020016	1,000 ≤ 1,20
Kat13	0,136478	0,136645	0,018666	0,018674	0,018670	1,000 ≤ 1,20

Kat12	0,117804	0,117974	0,017341	0,017350	0,017345	1,000≤1,20
Kat11	0,100454	0,100632	0,016028	0,016038	0,016033	1,000≤1,20
Kat10	0,084416	0,084602	0,014721	0,014734	0,014727	1,000≤1,20
Kat9	0,069683	0,069878	0,013406	0,013419	0,013412	1,000≤1,20
Kat8	0,056265	0,056467	0,012035	0,012124	0,012080	1,004≤1,20
Kat7	0,044182	0,044412	0,010661	0,010753	0,010707	1,004≤1,20
Kat6	0,033464	0,033699	0,009315	0,009341	0,009328	1,001≤1,20
Kat5	0,024129	0,024384	0,007890	0,007922	0,007906	1,002≤1,20
Kat4	0,016218	0,016494	0,006409	0,006445	0,006427	1,003≤1,20
Kat3	0,009792	0,010085	0,004878	0,004910	0,004894	1,003≤1,20
Kat2	0,004914	0,005182	0,002919	0,003326	0,003123	1,065≤1,20
Kat1	0,001630	0,002227	0,001630	0,002227	0,001929	1,155≤1,20

Çizelge 5.25. Burulma düzensizliği kontrolü Yük hali Esx- (MB Deprem X E-) durumu

Kat	$\delta_{min}(m)$	$\delta_{max}(m)$	$\Delta_{min}(m)$	$\Delta_{max}(m)$	Δ_{ort}	ηb
Kat18	0,250464	0,250630	0,025409	0,025441	0,025425	1,001≤1,20
Kat17	0,225053	0,225213	0,024270	0,024274	0,024272	1,000≤1,20
Kat16	0,200779	0,200938	0,022858	0,022862	0,022860	1,000≤1,20
Kat15	0,177917	0,178078	0,021414	0,021419	0,021417	1,000≤1,20
Kat14	0,156498	0,156660	0,020013	0,020019	0,020016	1,000≤1,20
Kat13	0,136478	0,136645	0,018666	0,018674	0,018670	1,000≤1,20
Kat12	0,117804	0,117974	0,017341	0,017350	0,017345	1,000≤1,20
Kat11	0,100455	0,100632	0,016028	0,016038	0,016033	1,000≤1,20
Kat10	0,084417	0,084601	0,014721	0,014734	0,014727	1,000≤1,20
Kat9	0,069683	0,069877	0,013406	0,013419	0,013412	1,000≤1,20
Kat8	0,056265	0,056467	0,012022	0,012125	0,012073	1,004≤1,20
Kat7	0,044182	0,044413	0,010669	0,010758	0,010713	1,004≤1,20
Kat6	0,033463	0,033699	0,009315	0,009341	0,009328	1,001≤1,20
Kat5	0,024129	0,024384	0,007890	0,007922	0,007906	1,002≤1,20
Kat4	0,016218	0,016494	0,006409	0,006445	0,006427	1,003≤1,20
Kat3	0,009792	0,010085	0,004878	0,004910	0,004894	1,003≤1,20
Kat2	0,004914	0,005182	0,002919	0,003326	0,003123	1,065≤1,20
Kat1	0,001630	0,002227	0,001630	0,002227	0,001929	1,155≤1,20

Çizelge 5.26. Burulma düzensizliği kontrolü Yük hali Esy+ (MB Deprem Y E+) durumu

Kat	$\delta_{min}(m)$	$\delta_{max}(m)$	$\Delta_{min}(m)$	$\Delta_{max}(m)$	Δ_{ort}	η_b
Kat18	0,250458	0,250630	0,025409	0,025438	0,025423	$1,001 \leq 1,20$
Kat17	0,225044	0,225215	0,024269	0,024275	0,024272	$1,000 \leq 1,20$
Kat16	0,200769	0,200941	0,022857	0,022862	0,022860	$1,000 \leq 1,20$
Kat15	0,177907	0,178080	0,021414	0,021419	0,021417	$1,000 \leq 1,20$
Kat14	0,156488	0,156663	0,020013	0,020019	0,020016	$1,000 \leq 1,20$
Kat13	0,136469	0,136648	0,018666	0,018674	0,018670	$1,000 \leq 1,20$
Kat12	0,117794	0,117979	0,017341	0,017350	0,017345	$1,000 \leq 1,20$
Kat11	0,100444	0,100634	0,016028	0,016038	0,016033	$1,000 \leq 1,20$
Kat10	0,084406	0,084602	0,014722	0,014734	0,014728	$1,000 \leq 1,20$
Kat9	0,069673	0,069875	0,013404	0,013420	0,013412	$1,001 \leq 1,20$
Kat8	0,056253	0,056467	0,012044	0,012124	0,012084	$1,003 \leq 1,20$
Kat7	0,044170	0,044419	0,010657	0,010740	0,010699	$1,004 \leq 1,20$
Kat6	0,033451	0,033701	0,009313	0,009342	0,009328	$1,002 \leq 1,20$
Kat	$\delta_{min}(m)$	$\delta_{max}(m)$	$\Delta_{min}(m)$	$\Delta_{max}(m)$	Δ_{ort}	η_b
Kat5	0,024116	0,024381	0,007887	0,007924	0,007906	$1,002 \leq 1,20$
Kat4	0,016205	0,016484	0,006406	0,006446	0,006426	$1,003 \leq 1,20$
Kat3	0,009780	0,010070	0,004877	0,004911	0,004894	$1,003 \leq 1,20$
Kat2	0,004901	0,005181	0,002891	0,003335	0,003113	$1,071 \leq 1,20$
Kat1	0,001612	0,002254	0,001612	0,002254	0,001933	$1,166 \leq 1,20$

Çizelge 5.27. Burulma düzensizliği kontrolü Yük hali Esy- (MB Deprem Y E-) durumu

Kat	$\delta_{min}(m)$	$\delta_{max}(m)$	$\Delta_{min}(m)$	$\Delta_{max}(m)$	Δ_{ort}	η_b
Kat18	0,250456	0,250632	0,025410	0,025438	0,025424	$1,001 \leq 1,20$
Kat17	0,225043	0,225216	0,024269	0,024274	0,024272	$1,000 \leq 1,20$
Kat16	0,200769	0,200942	0,022857	0,022862	0,022860	$1,000 \leq 1,20$
Kat15	0,177907	0,178081	0,021414	0,021419	0,021417	$1,000 \leq 1,20$
Kat14	0,156487	0,156664	0,020013	0,020019	0,020016	$1,000 \leq 1,20$
Kat13	0,136468	0,136648	0,018666	0,018674	0,018670	$1,000 \leq 1,20$
Kat12	0,117794	0,117979	0,017341	0,017350	0,017345	$1,000 \leq 1,20$
Kat11	0,100444	0,100635	0,016028	0,016038	0,016033	$1,000 \leq 1,20$
Kat10	0,084406	0,084603	0,014722	0,014734	0,014728	$1,000 \leq 1,20$
Kat9	0,069672	0,069875	0,013405	0,013420	0,013412	$1,000 \leq 1,20$
Kat8	0,056253	0,056467	0,012021	0,012113	0,012067	$1,000 \leq 1,20$
Kat7	0,044172	0,044419	0,010686	0,010762	0,010724	$1,004 \leq 1,20$
Kat6	0,033453	0,033701	0,009314	0,009342	0,009328	$1,004 \leq 1,20$
Kat5	0,024116	0,024381	0,007887	0,007924	0,007906	$1,002 \leq 1,20$

Kat4	0,016205	0,016484	0,006406	0,006447	0,006426	1,003≤1,20
Kat3	0,009779	0,010070	0,004877	0,004911	0,004894	1,003≤1,20
Kat2	0,004901	0,005181	0,002891	0,003335	0,003113	1,071≤1,20
Kat1	0,001612	0,002254	0,001612	0,002254	0,001933	1,166≤1,20

Yapıda A1 düzensizliği saptanmamıştır.

Statik perde çerçeve sistemi kontrolümüz TBDY 2018 Bölüm 4.3.4.5 ve 4.3.4.6 ya göre kontrol edilmiş kontrol sonuçları Çizelge 5.28 ve Çizelge 5.29' da verilmiştir.

Çizelge 5.28.Taban Devrilme Momenti (Mo)

Kat	h (m)	F1(t)	Ma1(t.m)	F2(t)	Ma2(t.m)
Kat18	270,0	27,998	7559,47	27,999	7559,70
Kat17	255,0	15,943	4065,42	15,943	4065,56
Kat16	240,0	23,613	5667,06	23,614	5667,29
Kat15	2250	25,656	5772,54	25,656	5772,69
Kat14	210,0	29,395	6172,92	29,396	6173,08
Kat13	195,0	30,491	5945,75	30,493	5946,04
Kat12	180,0	31,474	5665,33	31,476	5665,64
Kat11	165,0	34,394	5674,98	34,394	5675,02
Kat10	150,0	34,460	5168,97	34,461	5169,08
Kat9	135,0	36,418	4916,39	36,420	4916,66
Kat8	120,0	38,137	4576,43	38,137	4576,48
Kat7	105,0	38,495	4041,96	38,489	4041,32
Kat6	90,00	42,772	3849,44	42,773	3849,58
Kat5	75,00	45,535	3415,11	45,532	3414,91
Kat4	60,00	46,435	2786,11	46,435	2786,11
Kat3	45,00	54,987	2474,40	54,988	2474,48
Kat2	30,00	52,416	1572,47	52,415	1572,45
Kat1	15,00	31,444	471,66	31,442	471,63
Mo			79796,41		79797,70

Çizelge 5.29.Perde devrilme momenti (Mdev)

Eleman	Açı	M33 (t.m)	M22 (t.m)	Mdev (t.m)	Mdev/Mo	αM
P1	72,0	117,41	0,00	36,28		
P2	36,0	302,90	0,00	245,05		
P3	0,0	373,90	0,00	373,90		
P4	324,0	302,89	0,00	245,04		
P6	72,0	111,15	0,00	34,35		
P7	36,0	295,42	0,00	239,00		
P8	0,00	365,68	0,00	365,68		
P9	324,0	295,43	0,00	239,01		
Perde Devrilme Momenti (MDev)				1778,31	0,02	0,75
Toplam Devrilme Momenti (Mo)				79796,41		

Perde oranı %40' ın altındadır. Mevcut taşıyıcı sistem perde devrilme sınırları içindedir.

Görelî kat öteleme kontrolleri TBDY 2018 Bölüm 4.9.1.3(a)' ya göre kontrol edilmiştir. Dolgu duvar bağlantıları esnek derz ile ayrılmış ve görelî kat öteleme limiti 0,016 olarak alınmıştır. Görelî kat ötelenme kontrolleri Çizelge 5.30, Çizelge 5.31, Çizelge 5.32 ve Çizelge 5.33 'de verilmiştir.

Çizelge 5.30. Görelî kat öteleme kontrolü Yük hali Esx+ durumu

Kat	h (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\Delta(\delta/h)_{etkin}$
Kat18	15,0	0,025441	0,118724	0,007915	$0,004225 \leq 0,016$
Kat17	15,0	0,024274	0,113280	0,007552	$0,004031 \leq 0,016$
Kat16	15,0	0,022862	0,106690	0,007113	$0,003797 \leq 0,016$
Kat15	15,0	0,021419	0,099957	0,006664	$0,003557 \leq 0,016$
Kat14	15,0	0,020019	0,093423	0,006228	$0,003325 \leq 0,016$
Kat13	15,0	0,018674	0,087145	0,005810	$0,003101 \leq 0,016$
Kat12	15,0	0,017350	0,080966	0,005398	$0,002881 \leq 0,016$
Kat11	15,0	0,016038	0,074844	0,004990	$0,002663 \leq 0,016$
Kat10	15,0	0,014734	0,068756	0,004584	$0,002447 \leq 0,016$
Kat9	15,0	0,013419	0,062620	0,004175	$0,002228 \leq 0,016$
Kat8	15,0	0,012124	0,056579	0,003772	$0,002013 \leq 0,016$
Kat7	15,0	0,010753	0,050183	0,003346	$0,001786 \leq 0,016$

Kat6	15,0	0,009341	0,043591	0,002906	0,001551≤0,016
Kat5	15,0	0,007922	0,036970	0,002465	0,001316≤0,016
Kat4	15,0	0,006445	0,030075	0,002005	0,001070≤0,016
Kat3	15,0	0,004910	0,022914	0,001528	0,000815≤0,016
Kat2	15,0	0,003326	0,015523	0,001035	0,000552≤0,016
Kat1	15,0	0,002227	0,010391	0,000693	0,000370≤0,016

Çizelge 5.31. Göreli kat öteleme kontrolü Yük hali Esx- durumu

Kat	h (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\Delta(\delta/h)_{etkin}$
Kat18	15,0	0,025441	0,118724	0,007915	0,004225≤0,016
Kat17	15,0	0,024274	0,113280	0,007552	0,004031≤0,016
Kat16	15,0	0,022862	0,106689	0,007113	0,003797≤0,016
Kat15	15,0	0,021419	0,099957	0,006664	0,003557≤0,016
Kat14	15,0	0,020019	0,093422	0,006228	0,003325≤0,016
Kat13	15,0	0,018674	0,087145	0,005810	0,003101≤0,016
Kat12	15,0	0,017350	0,080966	0,005398	0,002881≤0,016
Kat11	15,0	0,016038	0,074844	0,004990	0,002663≤0,016
Kat10	15,0	0,014734	0,068756	0,004584	0,002447≤0,016
Kat9	15,0	0,013419	0,062621	0,004175	0,002228≤0,016
Kat8	15,0	0,012125	0,056583	0,003772	0,002014≤0,016
Kat7	15,0	0,010758	0,050183	0,003347	0,001786≤0,016
Kat6	15,0	0,009341	0,043592	0,002906	0,001551≤0,016
Kat5	15,0	0,007922	0,036970	0,002465	0,001316≤0,016
Kat4	15,0	0,006445	0,030075	0,002005	0,001070≤0,016
Kat3	15,0	0,004910	0,022914	0,001528	0,000815≤0,016
Kat2	15,0	0,003326	0,015523	0,001035	0,000552≤0,016
Kat1	15,0	0,002227	0,010391	0,000693	0,000370≤0,016

Binamız x yönünde göreli kat ötelemeleri limit değerlerini sağlamaktadır.

Çizelge 5.32. Göreli kat öteleme kontrolü Yük hali Esy+ durumu

Kat	h (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\Delta(\delta/h)_{etkin}$
Kat18	15,0	0,025438	0,118711	0,007914	0,004224≤0,016
Kat17	15,0	0,024275	0,113281	0,007552	0,004031≤0,016
Kat16	15,0	0,022862	0,106690	0,007113	0,003797≤0,016
Kat15	15,0	0,021419	0,099957	0,006664	0,003557≤0,016

Kat14	15,0	0,020019	0,093423	0,006228	0,003325≤0,016
Kat13	15,0	0,018674	0,087146	0,005810	0,003101≤0,016
Kat12	15,0	0,017350	0,080967	0,005398	0,002881≤0,016
Kat11	15,0	0,016038	0,074845	0,004990	0,002663≤0,016
Kat10	15,0	0,014734	0,068757	0,004584	0,002447≤0,016
Kat9	15,0	0,013420	0,062626	0,004175	0,002229≤0,016
Kat8	15,0	0,012124	0,056579	0,003772	0,002013≤0,016
Kat7	15,0	0,010740	0,050120	0,003341	0,001784≤0,016
Kat6	15,0	0,009342	0,043598	0,002907	0,001551≤0,016
Kat5	15,0	0,007924	0,036978	0,002465	0,001316≤0,016
Kat4	15,0	0,006446	0,030084	0,002006	0,001071≤0,016
Kat3	15,0	0,004911	0,022916	0,001528	0,000815≤0,016
Kat2	15,0	0,003335	0,015565	0,001038	0,000554≤0,016
Kat1	15,0	0,002254	0,010518	0,000701	0,000374≤0,016

Çizelge 5.33. Göreli kat öteleme kontrolü Yük hali Esy- durumu

Kat	h (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\Delta(\delta/h)_{etkin}$
Kat18	15,0	0,025438	0,118710	0,007914	0,004224≤0,016
Kat17	15,0	0,024274	0,113281	0,007552	0,004031≤0,016
Kat16	15,0	0,022862	0,106690	0,007113	0,003797≤0,016
Kat15	15,0	0,021419	0,099957	0,006664	0,003557≤0,016
Kat14	15,0	0,020019	0,093423	0,006228	0,003325≤0,016
Kat13	15,0	0,018674	0,087146	0,005810	0,003101≤0,016
Kat12	15,0	0,017350	0,080967	0,005398	0,002881≤0,016
Kat11	15,0	0,016038	0,074845	0,004990	0,002663≤0,016
Kat10	15,0	0,014734	0,068757	0,004584	0,002447≤0,016
Kat9	15,0	0,013420	0,062625	0,004175	0,002229≤0,016
Kat8	15,0	0,012113	0,056526	0,003768	0,002012≤0,016
Kat7	15,0	0,010762	0,050121	0,003348	0,001784≤0,016
Kat6	15,0	0,009342	0,043598	0,002907	0,001551≤0,016
Kat5	15,0	0,007924	0,036978	0,002465	0,001316≤0,016
Kat4	15,0	0,006447	0,030084	0,002006	0,001071≤0,016
Kat3	15,0	0,004911	0,022916	0,001528	0,000815≤0,016
Kat2	15,0	0,003335	0,015565	0,001038	0,000554≤0,016
Kat1	15,0	0,002254	0,010518	0,000701	0,000374≤0,016

Binamız y yönünde görelî kat ötelemeleri limit değerlerini sağlamaktadır.

İkinci merteye etkilerinin gerekliliği kontrolü için TBDY 2018 Bölüm 4.9.2' ye göre kontroller yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5.34, Çizelge 5.35, Çizelge 5.36 ve Çizelge 5.37' de verilmiştir.

Çizelge 5.34. İkinci merteye etkilerinin gerekliliği kontrolü Yük hali Esx+ durumu

Kat	h (m)	Δ_{ort} (m)	Wi(m)	ΣW_{i-n} (t)	Vi (t)	$\Theta=(W_i*\Delta_i)/(V_i*h_i)$
Kat18	15,0	0,025424	237,186	237,186	27,998	0,0144 \leq 0,0857
Kat17	15,0	0,024272	295,127	532,313	43,941	0,0196 \leq 0,0857
Kat16	15,0	0,022860	384,870	917,183	67,554	0,0207 \leq 0,0857
Kat15	15,0	0,021417	470,998	1388,181	93,209	0,0213 \leq 0,0857
Kat14	15,0	0,020016	580,195	1968,376	122,604	0,0214 \leq 0,0857
Kat13	15,0	0,018670	667,829	2636,204	153,095	0,0214 \leq 0,0857
Kat12	15,0	0,017345	744,682	3380,886	184,569	0,0212 \leq 0,0857
Kat11	15,0	0,016033	825,630	4206,516	218,963	0,0205 \leq 0,0857
Kat10	15,0	0,014727	891,702	5098,218	253,423	0,0198 \leq 0,0857
Kat9	15,0	0,013412	939,825	6038,043	289,841	0,0186 \leq 0,0857
Kat8	15,0	0,012080	987,948	7025,991	327,978	0,0173 \leq 0,0857
Kat7	15,0	0,010707	1036,071	8062,062	366,472	0,0157 \leq 0,0857
Kat6	15,0	0,009328	1084,195	9146,257	409,244	0,0139 \leq 0,0857
Kat5	15,0	0,007906	1132,318	10278,015	454,779	0,0119 \leq 0,0857
Kat4	15,0	0,006427	1180,441	11459,015	501,214	0,0098 \leq 0,0857
Kat3	15,0	0,004894	1306,983	12765,999	556,201	0,0075 \leq 0,0857
Kat2	15,0	0,003123	1358,353	14124,352	608,616	0,01048 \leq 0,0857
Kat1	15,0	0,001929	1416,650	15541,002	640,060	0,0031 \leq 0,0857

Çizelge 5.35. İkinci merteye etkilerinin gerekliliği kontrolü Yük hali Esx- durumu

Kat	h (m)	Δ_{ort} (m)	Wi(m)	ΣW_{i-n} (t)	Vi (t)	$\Theta=(W_i*\Delta_i)/(V_i*h_i)$
Kat18	15,0	0,025425	237,186	237,186	27,998	0,0144 \leq 0,0857
Kat17	15,0	0,024272	295,127	532,313	43,941	0,0196 \leq 0,0857
Kat16	15,0	0,022860	384,870	917,183	67,554	0,0207 \leq 0,0857
Kat15	15,0	0,021417	470,998	1388,181	93,209	0,0213 \leq 0,0857
Kat14	15,0	0,020016	580,195	1968,376	122,604	0,0214 \leq 0,0857
Kat13	15,0	0,018670	667,829	2636,204	153,095	0,0214 \leq 0,0857
Kat12	15,0	0,017345	744,682	3380,886	184,569	0,0212 \leq 0,0857

Kat11	15,0	0,016033	825,630	4206,516	218,963	0,0205≤0,0857
Kat10	15,0	0,014727	891,702	5098,218	253,423	0,0198≤0,0857
Kat9	15,0	0,013412	939,825	6038,043	289,841	0,0186≤0,0857
Kat8	15,0	0,012073	987,948	7025,991	327,978	0,0173≤0,0857
Kat7	15,0	0,010713	1036,071	8062,062	366,472	0,0157≤0,0857
Kat6	15,0	0,009328	1084,195	9146,257	409,244	0,0139≤0,0857
Kat5	15,0	0,007906	1132,318	10278,015	454,779	0,0119≤0,0857
Kat4	15,0	0,006427	1180,441	11459,015	501,214	0,0098≤0,0857
Kat3	15,0	0,004894	1306,983	12765,999	556,201	0,0075≤0,0857
Kat2	15,0	0,003123	1358,353	14124,352	608,616	0,0048≤0,0857
Kat1	15,0	0,001929	1416,650	15541,002	640,060	0,0031≤0,0857

Bu yönde ikinci mertebe etkilerinin göz önüne alınması için aktif yönetmeliğe uygun olarak narinlik hesabı yöntemi kullanılmıştır. Binamız x yönünde görel kat ötelemeleri limit değerlerini sağlamaktadır.

Çizelge 5.36.İkinci mertebe etkilerinin gerekliliği kontrolü Yük hali Esy+ durumu

Kat	h (m)	Δ_{ort} (m)	W_i (m)	ΣW_{i-n} (t)	V_i (t)	$\Theta=(W_i*\Delta_i)/(V_i*h_i)$
Kat18	15,0	0,025423	237,186	237,186	27,999	0,0144≤0,0857
Kat17	15,0	0,024272	295,127	532,313	43,942	0,0196≤0,0857
Kat16	15,0	0,022860	384,870	917,183	67,556	0,0207≤0,0857
Kat15	15,0	0,021417	470,998	1388,181	93,212	0,0213≤0,0857
Kat14	15,0	0,020016	580,195	1968,376	122,608	0,0214≤0,0857
Kat13	15,0	0,018670	667,829	2636,204	153,100	0,0214≤0,0857
Kat12	15,0	0,017345	744,682	3380,886	184,576	0,0212≤0,0857
Kat11	15,0	0,016033	825,630	4206,516	218,970	0,0205≤0,0857
Kat10	15,0	0,014728	891,702	5098,218	253,431	0,0198≤0,0857
Kat9	15,0	0,013412	939,825	6038,043	289,851	0,0186≤0,0857
Kat8	15,0	0,012084	987,948	7025,991	327,988	0,0173≤0,0857
Kat7	15,0	0,010699	1036,071	8062,062	366,477	0,0157≤0,0857
Kat6	15,0	0,009328	1084,195	9146,257	409,250	0,0139≤0,0857
Kat5	15,0	0,007906	1132,318	10278,574	454,782	0,0119≤0,0857
Kat4	15,0	0,006426	1180,441	11459,015	501,217	0,0098≤0,0857
Kat3	15,0	0,004894	1306,983	12765,999	556,205	0,0075≤0,0857
Kat2	15,0	0,003113	1358,353	14124,352	608,620	0,0048≤0,0857
Kat1	15,0	0,001933	1416,650	15541,002	640,062	0,0031≤0,0857

Çizelge 5.37. İkinci mertebe etkilerinin gerekliliği kontrolü Yük hali Esy- durumu

Kat	h (m)	Δ_{ort} (m)	W_i (m)	ΣW_{i-n} (t)	V_i (t)	$\Theta=(W_i*\Delta_i)/(V_i*h_i)$
Kat18	15,0	0,025423	237,186	237,186	27,999	$0,0144 \leq 0,0857$
Kat17	15,0	0,024272	295,127	532,313	43,942	$0,0196 \leq 0,0857$
Kat16	15,0	0,022860	384,870	917,183	67,556	$0,0207 \leq 0,0857$
Kat15	15,0	0,021417	470,998	1388,181	93,212	$0,0213 \leq 0,0857$
Kat14	15,0	0,020016	580,195	1968,376	122,608	$0,0214 \leq 0,0857$
Kat13	15,0	0,018670	667,829	2636,204	153,100	$0,0214 \leq 0,0857$
Kat12	15,0	0,017345	744,682	3380,886	184,576	$0,0212 \leq 0,0857$
Kat11	15,0	0,016033	825,630	4206,516	218,970	$0,0205 \leq 0,0857$
Kat10	15,0	0,014728	891,702	5098,218	253,431	$0,0198 \leq 0,0857$
Kat9	15,0	0,013412	939,825	6038,043	289,851	$0,0186 \leq 0,0857$
Kat8	15,0	0,012084	987,948	7025,991	327,988	$0,0172 \leq 0,0857$
Kat7	15,0	0,010699	1036,071	8062,062	366,477	$0,0157 \leq 0,0857$
Kat6	15,0	0,009328	1084,195	9146,257	409,250	$0,0139 \leq 0,0857$
Kat5	15,0	0,007906	1132,318	10278,574	454,782	$0,0119 \leq 0,0857$
Kat4	15,0	0,006426	1180,441	11459,015	501,217	$0,0098 \leq 0,0857$
Kat3	15,0	0,004894	1306,983	12765,999	556,205	$0,0075 \leq 0,0857$
Kat2	15,0	0,003113	1358,353	14124,352	608,620	$0,0048 \leq 0,0857$
Kat1	15,0	0,001933	1416,650	15541,002	640,062	$0,0031 \leq 0,0857$

Bu yönde ikinci mertebe etkilerinin göz önüne alınması için aktif yönetmeliğe uygun olarak narinlik hesabı yöntemi kullanılmıştır. Bacamız y yönünde görelî kat ötelemeleri limit değerlerini sağlamaktadır.

Döşeme düzlem içi gerilme kontrolleri TBDY 2018 Bölüm 7.11.3' e göre yapılmıştır. Elemanların etkin kesit rijitlik katsayıları Çizelge 5.38' de verilmiştir.

Çizelge 5.38. Döşeme düzlem için gerilme kontrolü Yük hali Esy- (MB Deprem Y E-) durumu

Eleman Türü	Elastisite Modülü	Eğilme Rijitliği	Kayma Alanı	Burulma Rijitliği
Perde (Kabuk)	1,0	0,500	0,500	1,000
Bodrum Perde	1,0	0,800	1,000	1,000
Döşemeler	1,0	0,250	1,000	1,000
Kolonlar	1,0	1,000	1,000	1,000
Kirişler	1,0	1,000	1,000	0,100

Bacanın modellenmesinde kullanılan rüzgâr yükleri bileşenleri Çizelge 5.39 ve 5.40' de verilmiştir.

Çizelge 5.39. Rüzgâr yükleri: Wx durumu

Kat	Fx (t)	Fy (t)	X (m)	Y (m)
Kat18	20,731	0,000	0,000	0,000
Kat17	22,793	0,000	0,000	0,000
Kat16	24,879	0,000	0,000	0,000
Kat15	26,992	0,000	0,000	0,000
Kat14	29,134	0,000	0,000	0,000
Kat13	31,311	0,000	0,000	0,000
Kat12	33,528	0,000	0,000	0,000
Kat11	35,791	0,000	0,000	0,000
Kat10	38,108	0,000	0,000	0,000
Kat9	40,491	0,000	0,000	0,000
Kat8	42,952	0,000	0,000	0,000
Kat7	42,739	0,000	0,000	0,000
Kat6	43,687	0,000	0,000	0,000
Kat5	44,628	0,000	0,000	0,000
Kat4	45,410	0,000	0,000	0,000
Kat3	44,537	0,000	0,000	0,000
Kat2	41,607	0,000	0,000	0,000
Kat1	22,669	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.40. Rüzgar yükleri: Wy durumu

Kat	Fx (t)	Fy (t)	X (m)	Y (m)
Kat18	0,000	24,232	0,000	0,000
Kat17	0,000	26,633	0,000	0,000
Kat16	0,000	29,087	0,000	0,000
Kat15	0,000	31,547	0,000	0,000
Kat14	0,000	34,041	0,000	0,000
Kat13	0,000	36,603	0,000	0,000
Kat12	0,000	39,184	0,000	0,000
Kat11	0,000	41,820	0,000	0,000
Kat10	0,000	44,546	0,000	0,000
Kat9	0,000	47,322	0,000	0,000

Kat	Fx (t)	Fy (t)	X (m)	Y (m)
Kat8	42,952	50,191	0,000	0,000
Kat7	42,739	49,962	0,000	0,000
Kat6	43,687	51,064	0,000	0,000
Kat5	44,628	52,163	0,000	0,000
Kat4	45,410	53,107	0,000	0,000
Kat3	44,537	52,105	0,000	0,000
Kat2	41,607	48,723	0,000	0,000
Kat1	22,669	24,151	0,000	0,000

Deprem dinamik atalet kuvvetleri $R=7,00$ alınarak hesaplanmıştır. Hesaplar Çizelge 5.41, Çizelge 5.42, Çizelge 5.43 ve Çizelge 5.44' de verilmiştir.

Çizelge 5.41. Deprem etki yönü-1 (Esx+) durumu

Kat	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mz (t.m)
Kat18	27,998	-0,002	0,000	0,000
Kat17	15,943	-0,001	0,000	0,000
Kat16	23,613	-0,003	0,000	0,000
Kat15	25,656	-0,002	0,000	0,000
Kat14	29,395	-0,002	0,000	0,000
Kat13	30,491	-0,004	0,000	0,000
Kat12	31,474	-0,002	0,000	0,000
Kat11	34,394	-0,002	0,000	0,000
Kat10	34,460	-0,004	0,000	0,000
Kat9	36,418	-0,003	0,000	0,000
Kat8	38,137	-0,002	0,000	0,000
Kat7	38,495	-0,006	0,000	0,000
Kat6	42,772	-0,005	0,000	0,000
Kat5	45,535	-0,004	0,000	0,000
Kat4	46,435	-0,003	0,000	0,000
Kat3	54,987	-0,005	0,000	0,000
Kat2	52,416	-0,006	0,000	0,000
Kat1	31,444	-0,004	0,000	0,000
Toplam	640,060	-0,058	0,000	0,00

Çizelge 5.42. Deprem etki yönü-1 (Esx-) durumu

Kat	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mz (t.m)
Kat18	27,998	-0,002	0,000	0,000
Kat17	15,943	-0,001	0,000	0,000
Kat16	23,613	-0,003	0,000	0,000
Kat15	25,656	-0,002	0,000	0,000
Kat14	29,395	-0,002	0,000	0,000
Kat13	30,491	-0,004	0,000	0,000
Kat12	31,474	-0,002	0,000	0,000
Kat11	34,394	-0,002	0,000	0,000
Kat10	34,460	-0,004	0,000	0,000
Kat9	36,418	-0,003	0,000	0,000
Kat8	38,137	-0,002	0,000	0,000
Kat7	38,495	-0,006	0,000	0,000
Kat6	42,772	-0,005	0,000	0,000
Kat5	45,535	-0,004	0,000	0,000
Kat4	46,435	-0,003	0,000	0,000
Kat3	54,987	-0,005	0,000	0,000
Kat2	52,416	-0,006	0,000	0,000
Kat1	31,444	-0,004	0,000	0,000
Toplam	640,060	-0,058	0,000	0,00

Çizelge 5.43. Deprem etki yönü-1 (Esy+) durumu

Kat	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mz (t.m)
Kat18	0,002	27,999	0,000	0,000
Kat17	0,001	15,943	0,000	0,000
Kat16	0,003	23,614	0,000	0,000
Kat15	0,002	25,656	0,000	0,000
Kat14	0,002	29,396	0,000	0,000
Kat13	0,004	30,493	0,000	0,000
Kat12	0,002	31,476	0,000	0,000
Kat11	0,002	34,394	0,000	0,000
Kat10	0,004	34,461	0,000	0,000
Kat9	0,003	36,420	0,000	0,000

Kat8	0,002	38,137	0,000	0,000
Kat7	0,005	38,489	0,000	0,000
Kat6	0,005	42,773	0,000	0,000
Kat5	0,004	45,532	0,000	0,000
Kat4	0,003	46,435	0,000	0,000
Kat3	0,005	54,988	0,000	0,000
Kat2	0,006	52,415	0,000	0,000
Kat1	0,004	31,442	0,000	0,000
Toplam	0,058	640,062	0,000	0,00

Çizelge 5.44. Deprem etki yönü-1 (Esy-)

Kat	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mz (t.m)
Kat18	0,002	27,999	0,000	0,000
Kat17	0,001	15,943	0,000	0,000
Kat16	0,003	23,614	0,000	0,000
Kat15	0,002	25,656	0,000	0,000
Kat14	0,002	29,396	0,000	0,000
Kat13	0,004	30,493	0,000	0,000
Kat12	0,002	31,476	0,000	0,000
Kat11	0,002	34,394	0,000	0,000
Kat10	0,004	34,461	0,000	0,000
Kat9	0,003	36,420	0,000	0,000
Kat8	0,002	38,137	0,000	0,000
Kat7	0,005	38,489	0,000	0,000
Kat6	0,005	42,773	0,000	0,000
Kat5	0,004	45,532	0,000	0,000
Kat4	0,003	46,435	0,000	0,000
Kat3	0,005	54,988	0,000	0,000
Kat2	0,006	52,415	0,000	0,000
Kat1	0,004	31,442	0,000	0,000
Toplam	0,058	640,062	0,000	0,00

Bacanın deprem durumu ve deprem kontrolü R=7 alınarak hesaplanmıştır. Kontrol sonuçlar Çizelge 5.45., Çizelge 5.46 ve Çizelge 5.47' de verilmiştir.

Çizelge 5.45. Aktif Etkiler

Kat	h (m)	F1 (t)	Ma1(t.m)	F2 (t)	Ma2(t.m)
Kat18	270	27,998	7559,47	27,999	7559,70
Kat17	255	15,943	4065,42	15,943	4065,56
Kat16	240	23,613	5667,06	23,614	5667,29
Kat15	225	25,656	5772,54	25,656	5772,69
Kat14	210	29,395	6172,92	29,396	6173,08
Kat13	195	30,491	5945,75	30,493	5946,04
Kat12	180	31,474	5665,33	31,476	5665,64
Kat11	165	34,394	5674,98	34,394	5675,02
Kat10	150	34,460	5168,97	34,461	5169,08
Kat9	135	36,418	4916,39	36,420	4916,66
Kat8	120	38,137	4576,43	38,137	4576,48
Kat7	105	38,495	4041,96	38,489	4041,32
Kat6	90	42,772	3849,44	42,773	3849,58
Kat5	75	45,535	3415,11	45,532	3414,91
Kat4	60	46,435	2786,11	46,435	2786,11
Kat3	45	54,987	2474,40	54,988	2474,48
Kat2	30	52,416	1572,47	52,415	1572,45
Kat1	15	31,444	471,66	31,442	471,63
Toplam			79796,41		79797,70

Çizelge 5.46. Devrilmeye karşı koyan etkiler (Negatif deprem yönü)

Kat	W (t)	d1 (m)	Mp1(t.m)	d2 (t)	Mp2(t.m)
Kat18	237,186	12,225	2899,60	11,627	2757,68
Kat17	295,127	12,225	3607,93	11,627	3331,35
Kat16	384,870	12,225	4705,03	11,627	4474,75
Kat15	470,998	12,225	5757,95	11,627	5476,14
Kat14	580,195	12,225	7092,88	11,627	6745,73
Kat13	667,829	12,225	8164,21	11,627	7764,62
Kat12	744,682	12,225	9103,73	11,627	8658,16
Kat11	825,630	12,225	10093,33	11,627	9599,32
Kat10	891,702	12,225	10901,05	11,627	10367,52
Kat9	939,825	12,225	11489,36	11,627	10927,03
Kat8	987,948	12,225	12077,67	11,627	11486,54

Kat7	1036,071	12,225	12665,97	11,627	12046,06
Kat6	1084,195	12,225	13254,28	11,627	12605,57
Kat5	1132,318	12,225	13842,58	11,627	13165,08
Kat4	1180,441	12,225	14430,89	11,627	13724,59
Kat3	1306,983	12,225	15977,87	11,627	15195,86
Kat2	1358,353	12,225	16605,87	11,627	15793,12
Kat1	1416,650	12,225	17318,54	11,627	16470,91
Toplam			189988,75		180690,04

Çizelge 5.47. Devrilmeye karşı koyan etkiler (Pozitif deprem yönü)

Kat	W (t)	d1 (m)	Mp1(t.m)	d2 (t)	Mp2(t.m)
Kat18	237,186	12,225	2899,60	11,627	2757,68
Kat17	295,127	12,225	3607,93	11,627	3331,35
Kat16	384,870	12,225	4705,03	11,627	4474,75
Kat15	470,998	12,225	5757,95	11,627	5476,14
Kat14	580,195	12,225	7092,88	11,627	6745,73
Kat13	667,829	12,225	8164,21	11,627	7764,62
Kat12	744,682	12,225	9103,73	11,627	8658,16
Kat11	825,630	12,225	10093,33	11,627	9599,32
Kat10	891,702	12,225	10901,05	11,627	10367,52
Kat9	939,825	12,225	11489,36	11,627	10927,03
Kat8	987,948	12,225	12077,67	11,627	11486,54
Kat7	1036,071	12,225	12665,97	11,627	12046,06
Kat6	1084,195	12,225	13254,28	11,627	12605,57
Kat5	1132,318	12,225	13842,58	11,627	13165,08
Kat4	1180,441	12,225	14430,89	11,627	13724,59
Kat3	1306,983	12,225	15977,87	11,627	15195,86
Kat2	1358,353	12,225	16605,87	11,627	15793,12
Kat1	1416,650	12,225	17318,54	11,627	16470,91
Toplam			189988,75		180690,03

Devrilme kontrol sonuçları Çizelge 5.48' de verilmiştir.

Çizelge 5.48. Devrilme kontrolleri

Devrilme Yönü	Mp1	Ma1	Devrilme kontrolü
x	189988,75	179796,41	2,3809 \geq 2,0 uygun
Devrilme Yönü	Mp2	Ma2	Devrilme kontrolü
y	180690,03	79797,70	2,2644 \geq 2,0 uygun

Sonuçlar değerlendirildiğinde;

- Katlar boyunca geri çekmelerin bulunması ile ilgili düzensizlik yoktur,
- Yatay yük taşıyıcıların kendi aksında süreksizliği yoktur,
- Etkin kütle oranı yönetmelik gereksinimlerini sağlamaktadır,
- Göreli kat ötelemeleri limit değerleri sağlamaktadır,
- İkinci merteye etkileri gerekliliği kontrolü sağlamaktadır,
- Devrilme kontrolünü sağlamaktadır.

5.3. Örnek Olarak Seçilen Yığma Taşıyıcı Sistemli Minarenin Analizi

Örnek olarak seçilen yığma taşıyıcı sistemli minarenin analizi Sap 2000 V20 programında modellenmiştir. Minarenin malzeme seçimi TBDY 2018 Bölüm 11.2 de verilen kurallara göre yapılmıştır. Malzeme olarak Grup 1' de yer alan genel amaçlı harç Çizelgesinden kargir birim basınç dayanımı (fb) 15 Mpa alınmıştır. Yığma taşıyıcı minare Konya ili, Kulu ilçesi 39.117582 enlem, 33.096281 boylamlarında bulunmaktadır. Minarenin çözümleri için AFAD sayfasından alınan periyot bilgileri Şekil 5.22' de verilmiştir. Minarenin yüksekliği 24,25 m. olarak alınmıştır. Minarenin çapı 180 cm'dir.



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	TEZ MİNARE	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	39.117582°	
Boylam	33.096281°	

Çıktılar

$S_S = 0.373$	$S_1 = 0.092$	$S_{DS} = 0.560$	$S_{D1} = 0.221$
$PGA = 0.159$	$PGV = 8.815$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 5.22. Periyot Bilgileri

Taşıyıcı yığma duvarlarda hem yatay hem de düşey derzler bağlayıcı harç ile doldurulacaktır. Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımı, $f_k = 10$ Mpa alınarak hesaplar yapılmıştır. Minarede zemin sınıfı ZD, DTS=2, BYS=5 ve BKS=3 olarak alınmıştır. Zemin yatak katsayısı 2500 t/m^2 , zemin taşıma gücü 22 t/m^2 olarak alınmıştır.

Çizelge 5.49. Yığma Taşıyıcı Duvarların Karakteristik Basınç Dayanımı

Birim- Birim Sınıfı	Harç sınıfı	Harç basınç dayanımı, f_m (MPa)*	Kargir birim basınç dayanımı, f_b (MPa)					
			5	10	15	20	25	30
Grup I	Genel amaçlı harç	M10-M20	3.4-4.2	5.5-6.8	7.3-9.0	8.9-11.0	10.4-12.9	11.9-14.6
		M2.5-M9	2.2-3.3	3.6-5.3	4.8-7.1	5.9-8.7	6.9-10.1	7.8-11.5
		M1-M2	1.7-2.1	2.8-3.4	3.7-4.5	4.5-5.5	5.2-6.4	5.9-7.3
Grup II ve Kesme taş		M10-M20	2.8-3.4	4.5-5.5	6.0-7.4	7.3-9.0	8.5-10.5	9.7-12.0
		M2.5-M9	1.8-2.7	3.0-4.4	3.9-5.8	4.8-7.1	5.6-8.3	6.4-9.4
		M1-M2	1.4-1.7	2.3-2.8	3.0-3.7	3.7-4.5	4.3-5.3	4.9-6.0
Tuğla (Grup I)	İnce tabakalı		2.9	5.3	7.5	9.6	11.6	13.5
Tuğla (Grup II)			2.2	3.5	4.7	5.7	6.7	7.6

Beton (Grup I), Gazbeton	harç**	3.1	5.7	8.0	10.2	12.3	14.4
Beton (Grup II)		2.6	4.6	6.5	8.3	10.0	11.7

Çizelge 5.49’ da verilen değerlerin kullanılabilmesi için kargir birim ve harç üzerinde yapılacak deneylerin varyasyon katsayısı %25’in üzerinde olmayacaktır. Çift katmanlı duvarlarda Yönetmelikteki Çizelge 58’ de verilen değerler 0,8 katsayısı ile çarpılacaktır. Çizelge 58’ de verilmeyen ara değerler, doğrusal oranlama yapılarak bulunacaktır.

Duvar karakteristik kesme dayanımı f_{vk} , duvar numuneleri üzerinde yapılacak deneylerden veya Denk (6.1) ile elde edilecektir.

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4\sigma_d \leq 0,10 f_b \quad (6.1)$$

Karakteristik başlangıç kesme dayanımı f_{vko} , TS EN 1052-3 veya TS EN 1052-4 standartlarına bağlı olarak yapılacak deneyler ile veya Çizelge 5.50’ ye göre belirlenecektir.

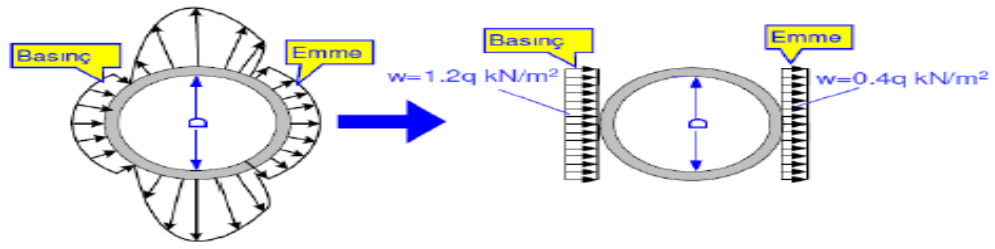
Çizelge 5.50. Duvarların Başlangıç Kesme Dayanımları

Kargir birim	Genel amaçlı harç(*)		İnce tabaka harç
	M10-M20	0.30	
Tuğla	M2.5-M9	0.20	0.30
	M1-M2	0.10	
	M10-M20	0.20	
Beton	M2.5-M9	0.15	0.30
Gazbeton	M1-M2	0.10	Kullanılamaz

Taşıyıcı duvarların elastisite modülü, E_{duv} , TS EN 1052-1’ e göre yapılacak deneyler yolu ile belirlenebilir. Bu deneylerin yapılmadığı durumlarda E_{duv} değeri yapısal çözümler için $750 f_k$ değerine eşit alınacaktır.

TS 498’ de belirtilen yükseklik/ortalama cephe genişliği oranının 5 ‘den büyük olduğu kule tipi sınıfına dahil olan yapıya 1.2q basınç ve 0.4q emme olmak üzere

toplam $1.6q$ kN/m² yatay yük olarak etkileyecektir. Etkileyecek yükler Şekil 5.23' de gösterilmiştir.



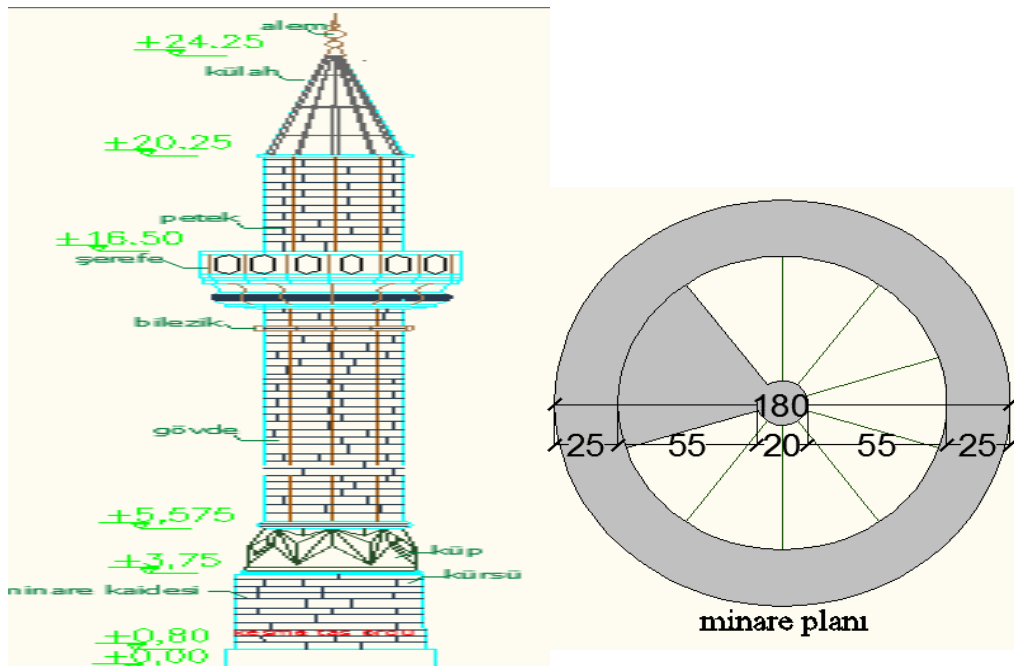
Şekil 5.23. Minaremize etkileyecek basınç ve emme yükleri

$$0 \leq h \leq 8 \text{ m} \quad W_1 = 1.2 \cdot 0.5 = 0.6 \text{ basıñ} \quad W_1 = 0.4 \cdot 0.5 = 0.2 \text{ emme} \quad (5.9)$$

$$9 \leq h \leq 20 \text{ m} \quad W_1 = 1.2 \cdot 0.8 = 0.96 \text{ basıñ} \quad W_1 = 0.4 \cdot 0.8 = 0.32 \text{ emme} \quad (5.10)$$

$$20 \leq h \leq 100 \text{ m} \quad W_1 = 1.2 \cdot 1.1 = 1.32 \text{ basıñ} \quad W_1 = 0.4 \cdot 1.1 = 0.44 \text{ emme} \quad (5.11)$$

Örnek minare modelindeki eleman detayları ve minare planı Şekil 5.24' de gösterilmiştir.



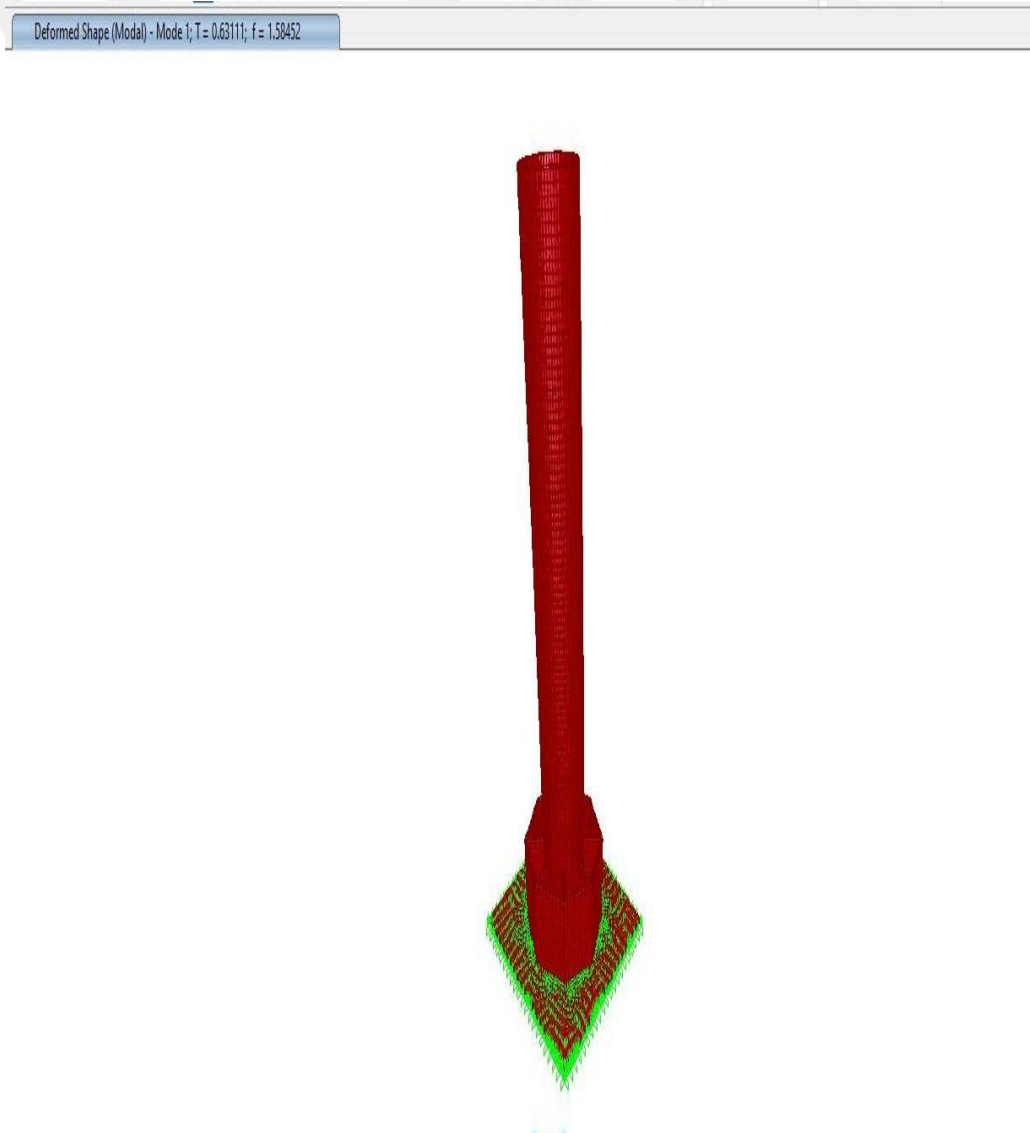
Şekil 5.24. Minaremizin modeli ve minare planı

Hazırlanan hesap modeli üzerinde yükler; sabit yük, rüzgâr yükü ve deprem spektrumu ile tanımlanan yere hareketinin yol açtığı zorlamaların göz önüne alındığı

yükleme durumlarına göre çözüm yapılmıştır. Deprem kuvveti mod birleştirme yöntemi ile hesaplanmıştır. Deprem bölgesi, zemin cinsi, bina önem katsayısı, deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak SAP 2000 programıyla deprem fonksiyonu oluşturulmuş ve binaya etkiletilmiştir. Sonuçlar değerlendirilirken G (sabit yükler), W (rüzgâr yükü), EQx ve EQy (deprem yükleri) dikkate alınarak G, 09± Ex, 09± Ey, 09± W yük kombinleri hazırlanmıştır.

Modellenme amacıyla SAP 2000' de sonlu eleman programı kullanılmıştır. Hazırlanan yapı modelinde 222 adet düğüm noktası kullanarak 223 shell (alan) oluşturulmuştur. Zemine aktarılan noktalarda 16 adet sabit mesnet tanımlanmıştır.

Minarenin modal analiz ile ilgili programdan alınan görüntüler Şekil 5.25-5.30 arasında verilmiştir.



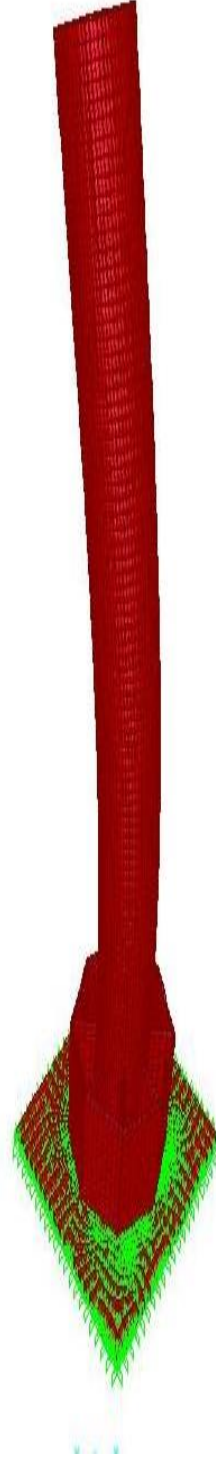
Şekil 5.25.Minare 1.mod sonuçlar

Deformed Shape (Modal) - Mode 2; T = 0.63105; f = 1.58466



Şekil 5.26.Minare 2.mod sonuçlar

Deformed Shape (Modal) - Mode 3; T = 0.10984; f = 9.10425



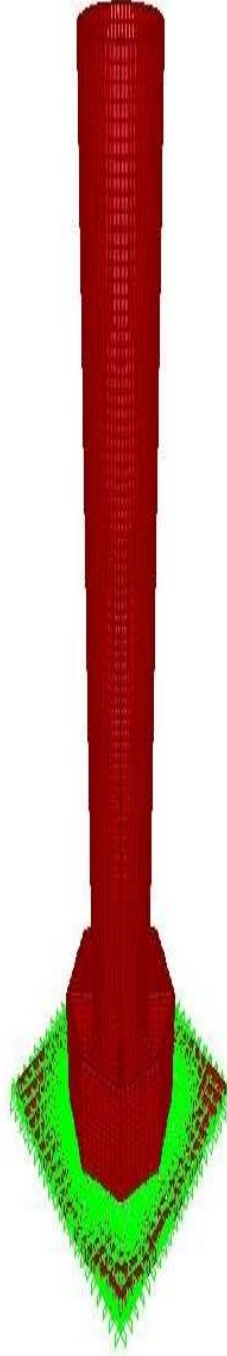
Şekil 5.27.Minare 3.mod sonuçlar

Deformed Shape (Modal) - Mode 4; T = 0.10983; f = 9.10466



Şekil 5.28.Minare 4.mod sonuçlar

Deformed Shape (Modal) - Mode 5; T = 0.10689; f = 9.35505



Şekil 5.29.Minare 5.mod sonuçlar

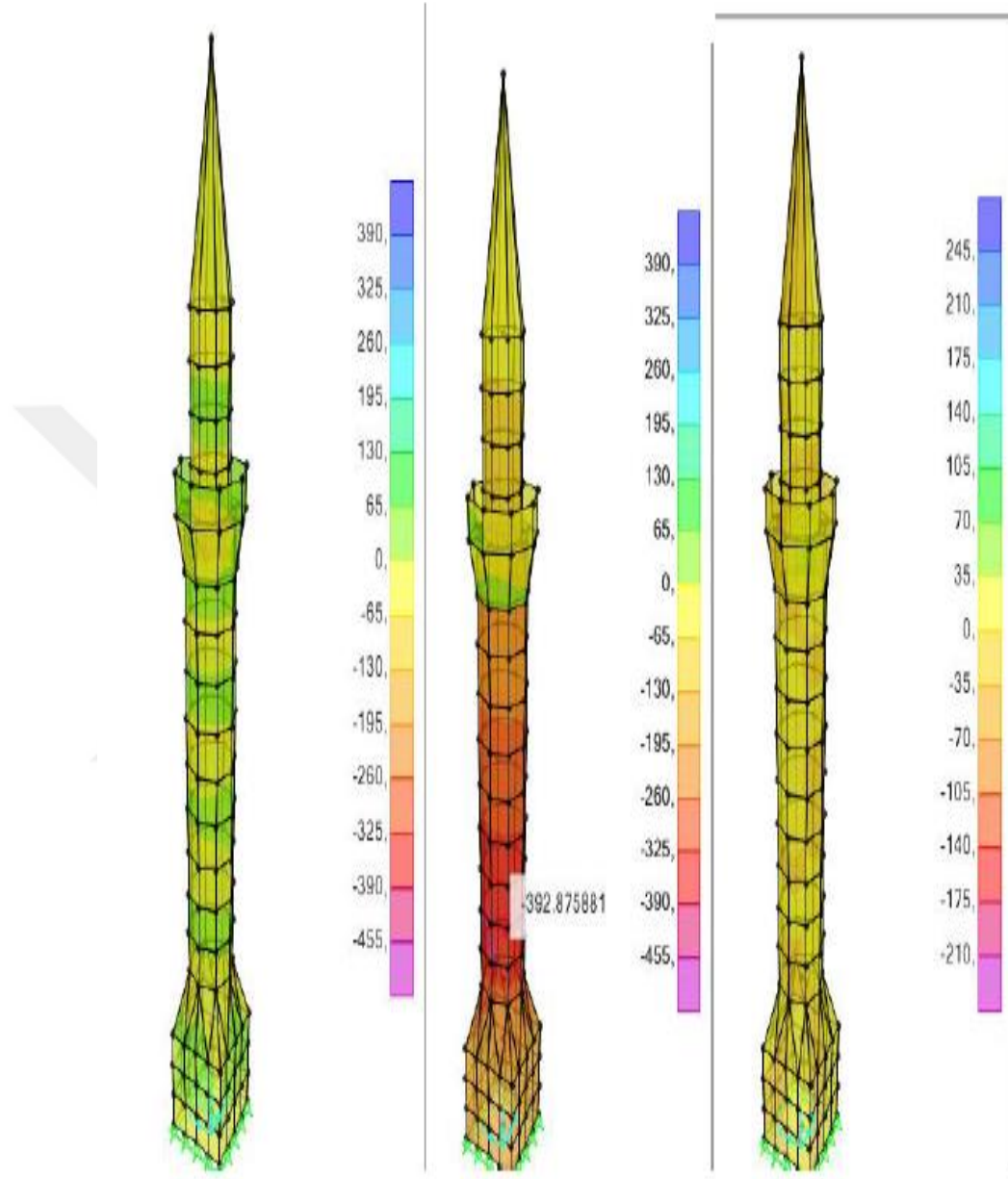
Deformed Shape (Modal) - Mode 6; T = 0.06427, f = 15.55883

▼ X



Şekil 5.30.Minare 6.mod sonuçlar

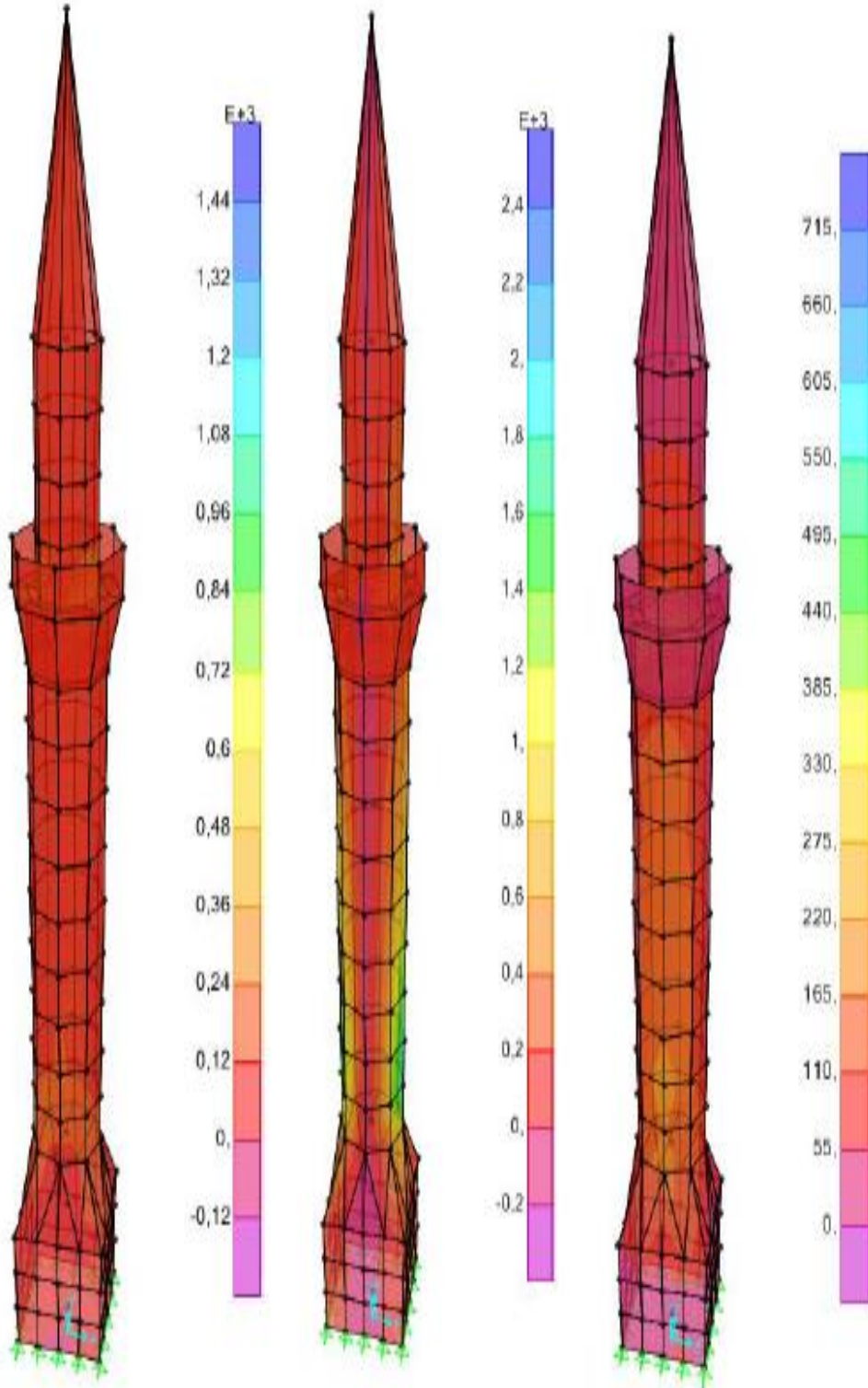
Yapının ağırlığı 1165.038 KN' dur. Minarenin G yüklemesi sonuçları Şekil 5.31' de verilmiştir.



Şekil 5.31.G yüklemesi

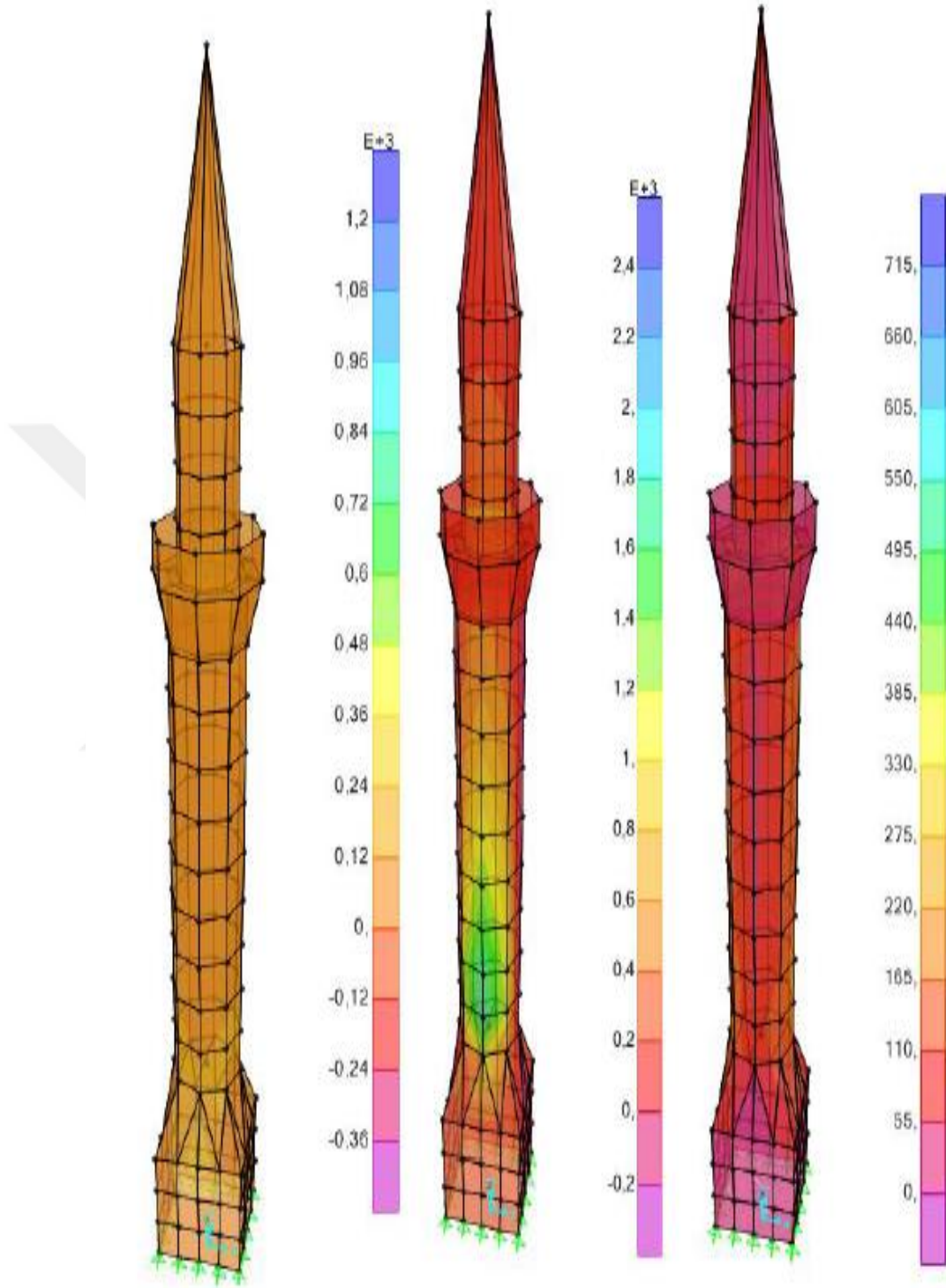
G yükü altında yapıdaki en büyük yer değiştirme, kubbenin tepe noktasında düşey doğrultuda yaklaşık-1.383 mm olmaktadır. Bu analizde R=2 değeri kullanıldığı için elastik yer değiştirme-1.383mm*2=-2.766 mm olarak hesaplanmalıdır. Bu değer kabul edilebilir deplasman sınırları içerisinde. Kendisi ağırlığı ile minarede oluşan gerilmeler en yüksek olarak-0.455 Mpa ile basınç gerilmesi 0.390 Mpa ile çekme gerilmesi şeklindedir. Kayma gerilmesi ise en yüksek 0.245 MPa' dır.

Minarenin $0,9G \pm Ex$ yüklemesi sonuçları Şekil 5.32' de verilmiştir.



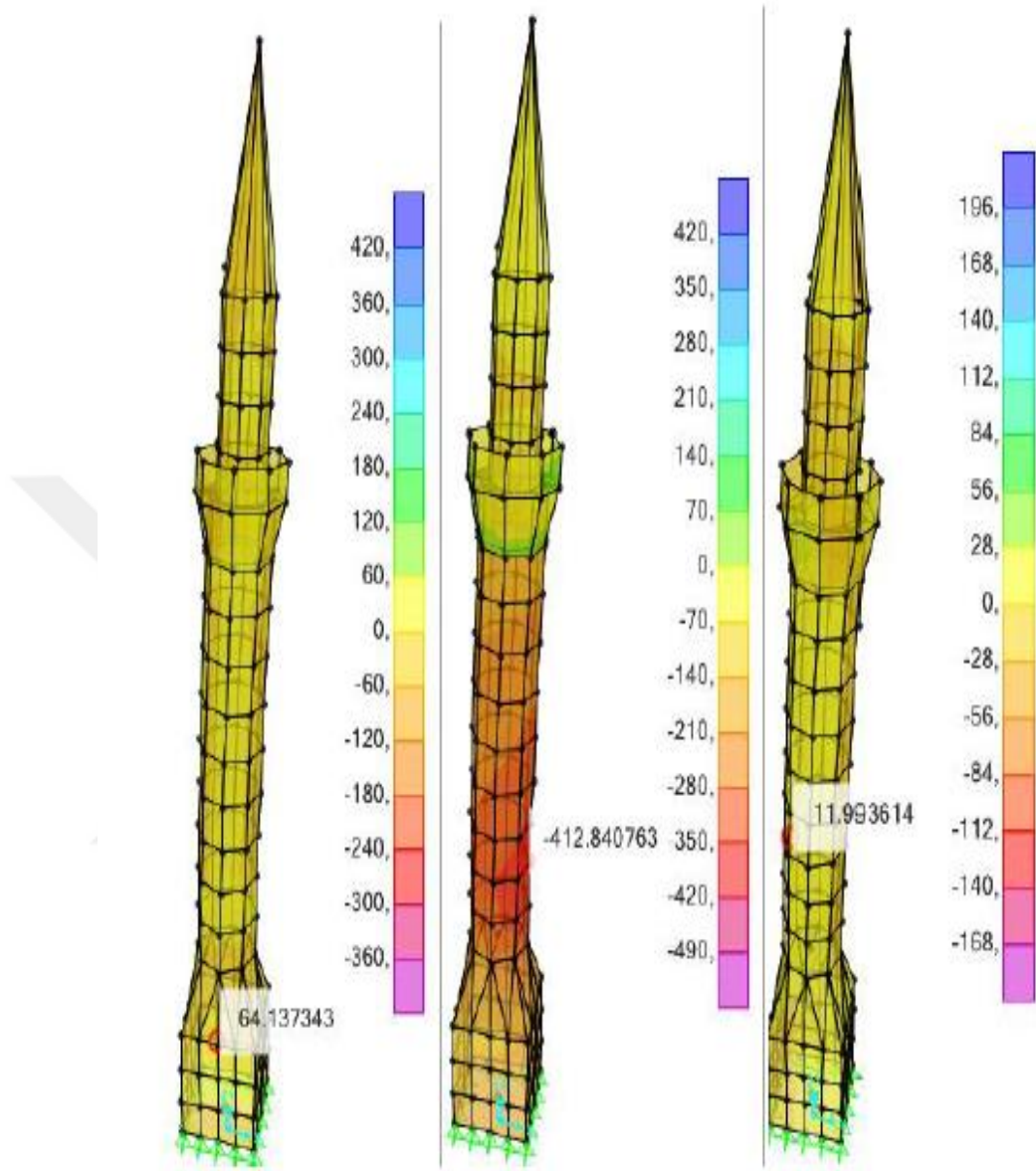
Şekil 5.32. $G \pm Ex$ yüklemesi

Minarenin $0,9G \pm E_y$ yüklemesi sonuçları Şekil 5.33' de verilmiştir.



Şekil 5.33. $G \pm E_y$ yüklemesi

Minarenin 0,9G +W yüklemesi sonuçları Şekil 5.34' de verilmiştir.



Şekil 5.34.G+W yüklemesi

Yapılan analizler neticesinde, minarede oluşan basınç gerilmesi en yüksek 0.49 MPa ile kendi ağırlığı ve rüzgâr etkisi ile oluşturulan 0.9G+W kombinasyonunda görülmüştür. Basınç gerilmesi, kendi ağırlığı ve deprem etkisi altında maksimum değere $0.9G \pm E_y$ kombinasyonu ile ulaşmış ve 0.36 MPa değeri oluşmuştur. Belirlenen basınç gerilmeleri minarenin malzeme özellikleri ile kıyaslandığında oluşan basınç gerilmesi değerlerinin minarenin basınç yönünden stabilitesini bozacak şekilde risk taşımadığı görülmüştür.

Minarenin analizleri sonucunda elde edilen çekme gerilmeleri ise kendi ağırlığı ve deprem etkisi altında $0.9G \pm E_y / 0.9G \pm E_x$ kombinasyonlarında 2.4 MPa seviyesine çıkmıştır. Kendi ağırlığı ve rüzgâr etkisi ile oluşturulan $0.9G + W$ kombinasyonunda da çekme gerilmesi 0.42 MPa seviyesine ulaşmıştır. Elde edilen çekme gerilmelerinin taşın çekme mukavemetinden yüksek olduğu görülmektedir. Minare modelinin analizi sonucunda oluşan kayma gerilmelerinin beklenildiği şekilde kendi ağırlığı ve deprem etkisi altında $0.9G \pm E_y / 0.9G \pm E_x$ kombinasyonlarında 0.715 MPa ile en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür. Deprem etkilerinin belirlenmesinde mod etkilerinin birleşimi yöntemi benimsenmiş ve tam karesel birleştirme yöntemi kullanılarak, yapının düşey ve deprem etkileri altında elastik davranışı elde etmek amaçlanmıştır. Bütün periyotlarda deprem yükü azaltma katsayısı $R=2$ kullanılarak göz önüne alınmıştır. Modal çözümleme ile yapı sisteminin kütle ve rijitlik matrisleri kullanılarak mod şekilleri ve periyotlar elde edilmektedir. Elde edilen modlar Çizelge 5.51’ de verilmiştir. Mod şekillerinden ilk dört modun yatay doğrultusu ötelenme, beşinci modun burulma, altıncı ve yedinci modun da yine yatay doğrultuda ötelenme olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.51.Minare mod şekilleri ve periyotlar

MOD	PERİYOD	UX	UY	UZ
		Kn.m	Kn.m	Kn.m
MOD 1	0,784921	-3,966908	-5,24339	0,000116
MOD 2	0,784371	-5,243248	3,966159	0,000429
MOD 3	0,170463	2,85236	2,226081	-0,000860
MOD 4	0,170420	2,227531	-2,852242	-0,001437
MOD 5	0,097379	0,010337	-0,004663	-0,003138
MOD 6	0,080747	3,928379	1,374126	-0,005854
MOD 7	0,080729	1,377313	-3,931194	-0,004342
MOD 8	0,064722	0,004134	-0,000095	7,858694
MOD 9	0,046831	-1,124835	4,153813	0,000072
MOD 10	0,046815	-4,150318	-1,127344	-0,001771
MOD 11	0,034004	0,445319	2,083200	0,000156
MOD 12	0,033998	-2,084731	0,439463	-0,002075
MOD 13	0,030070	-0,014483	0,011679	-0,000615
MOD 14	0,026405	-1,350876	-1,732633	-0,003515
MOD 15	0,026393	-1,734217	1,343295	-0,008052
MOD 16	0,024446	0,006909	0,022212	-0,003914
MOD 17	0,022737	0,001205	-0,001128	3,379218
MOD 18	0,020491	-0,024334	-0,044093	0,000377

MOD 19	0,019518	0,005224	-0,000807	-0,000724
MOD 20	0,019517	0,003574	-0,001467	-0,000567
MOD 21	0,019079	-1,819978	-1,302253	-0,000897
MOD 22	0,019057	1,308230	-1,816019	0,008028
MOD 23	0,018848	0,029639	-0,003049	0,002043
MOD 24	0,018845	-0,020156	0,009611	-0,001379
MOD 25	0,017323	0,000659	0,009732	-0,004643
MOD 26	0,017300	0,006595	0,005510	0,006282
MOD 27	0,016618	0,000327	0,033960	-0,132466
MOD 28	0,016528	0,006994	-0,001079	-4,24483
MOD 29	0,016021	-0,002624	-0,015076	-0,002415
MOD 30	0,016003	0,011574	0,000649	0,014225

Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, minarenin en çok zorlanan yerlerinin kürsüden küp kısmına geçişte, küpten dairesel gövdeye geçişte, şerefenin korkuluklarının altında ve şerefenin döşeme kısmında olduğu görülmüştür.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Yüksek yapılar ile ilgili çözüm ve hesap yöntemleri ilk defa TBDY 2018’de yer almıştır. Yapılan bu tez çalışmasında bu hesap yöntemlerinin detayları anlatılmıştır. Sonuç olarak özellikle hesapların, sonlu elemanlar yöntemi kullanılan programlar vasıtasıyla yapılarak yapıdaki kesit yeterliliklerini ve düzensizlik kontrollerinin analizlerde nasıl yapılabileceği gösterilmiştir. Özellikle analizlerde bütün deprem yer hareketi düzeyleri kullanılmıştır. Yüksek bir bina için kesitlerin nasıl seçileceği belirtilmiştir. Binanın en üst kotunda ki deplasman kontrolünün sağlanması önemlidir.

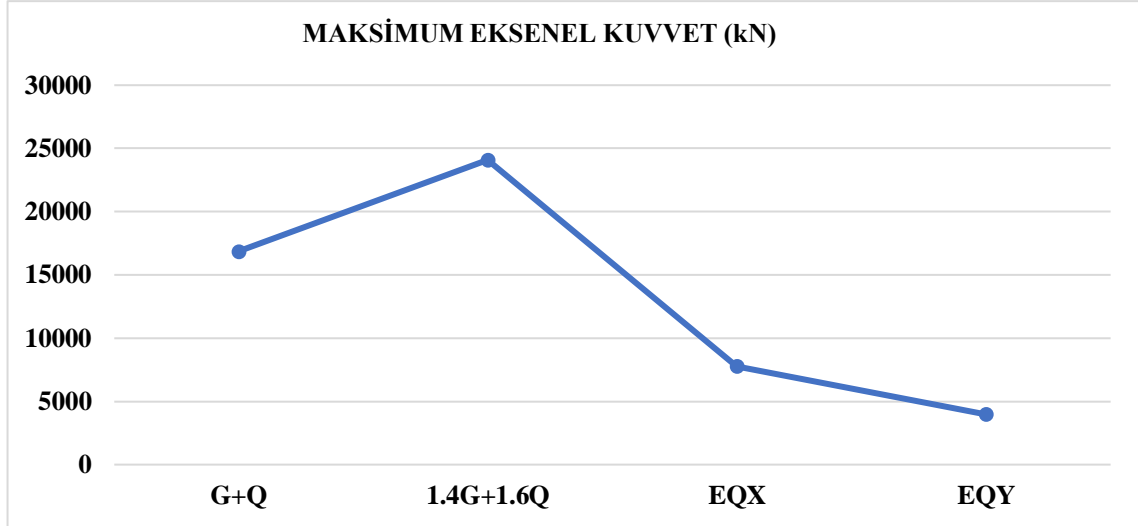
Çalışmada ikinci olarak yüksek betonarme bir bacanın analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde de sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Özellikle aşağıdan yukarıya doğru daralarak giden baca modellemesinin nasıl yapılacağı anlatılmıştır. Bacada rüzgâr ve sıcaklık etkilerinin önemi ortaya konmuştur. Bacalarda kütle katılım oranları, kat öteleme kontrolleri ve ikinci mertbe etkilerinin önemli olduğu hesap sonucunda görülmüştür.

Çalışmanın son kısmında yığma taşıyıcı sistemli bir minarenin sonlu elemanlar yöntemiyle analizi yapılmıştır. Özellikle minarelerin hangi bölgelerinde zorlamaların olduğu hesaplarda ortaya konmuştur.

Yüksek betonarme yapı ile ilgili bulgular;

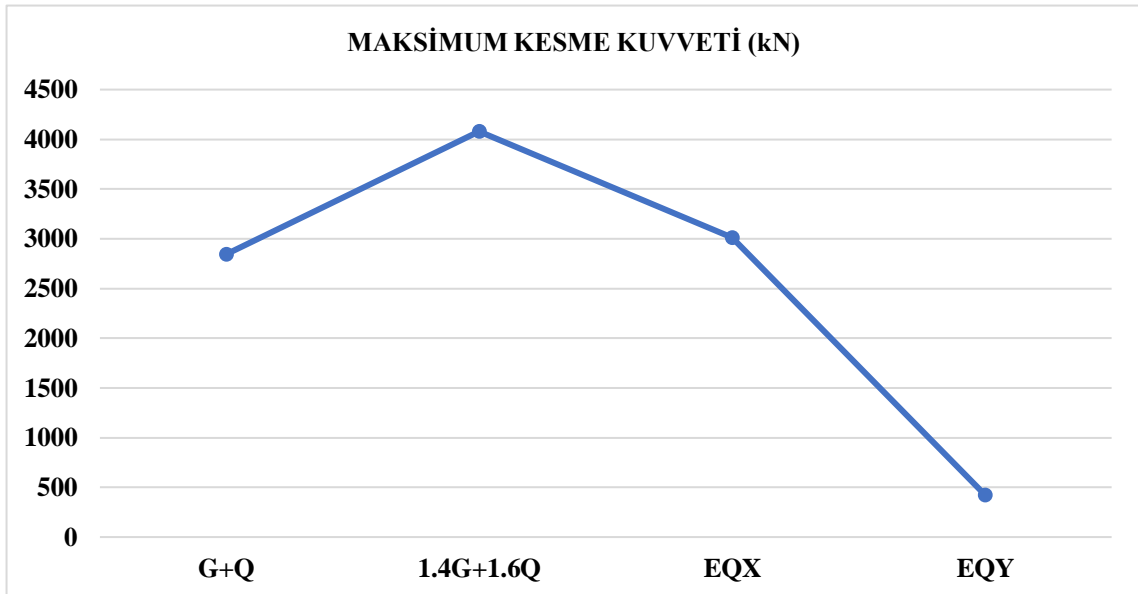
Bu çalışmada ilk olarak $x= 37,8792$ ve $y=32,4701$ koordinatlarında 135 metre yüksekliğinde bir yüksek betonarme yapının tasarımı TBDY 2018’ e göre sonlu elemanlar analizi yapan ETABS programı kullanılarak yapılmıştır. İlk aşamada DD-2 deprem yer hareket düzeyi altında binanın taşıyıcı elemanlarının ön boyutlandırılması yapılmıştır. Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yöntemi kullanılarak Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi hedeflenmiştir. İkinci aşamada DD-4 deprem yer hareketi düzeyi altında Kesintisiz Kullanım (KK) performans düzeyi hedeflenmiştir. Üçüncü aşamada ise tasarım ve boyutlandırılması I. ve II. aşamada tamamlanan yüksek binanın en büyük deprem olarak nitelenen ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan (tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan) DD-1 deprem yer hareket düzeyi altında Şekil Değiştirmeye Göre Dayanım ve Tasarım yöntemi kullanılarak Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyi hedeflenmiştir. Yüksek bina ile ilgili yapılan analizlerin sonucun aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

Yüksek yapıda oluşan maksimum aksenal kuvvet sonuçları Şekil 6.1' de verilmiştir. Maksimum aksenal kuvvet 1.4G+1.6Q yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum aksenal normal kuvvet değeri 24087 kN olarak bulunmuştur.



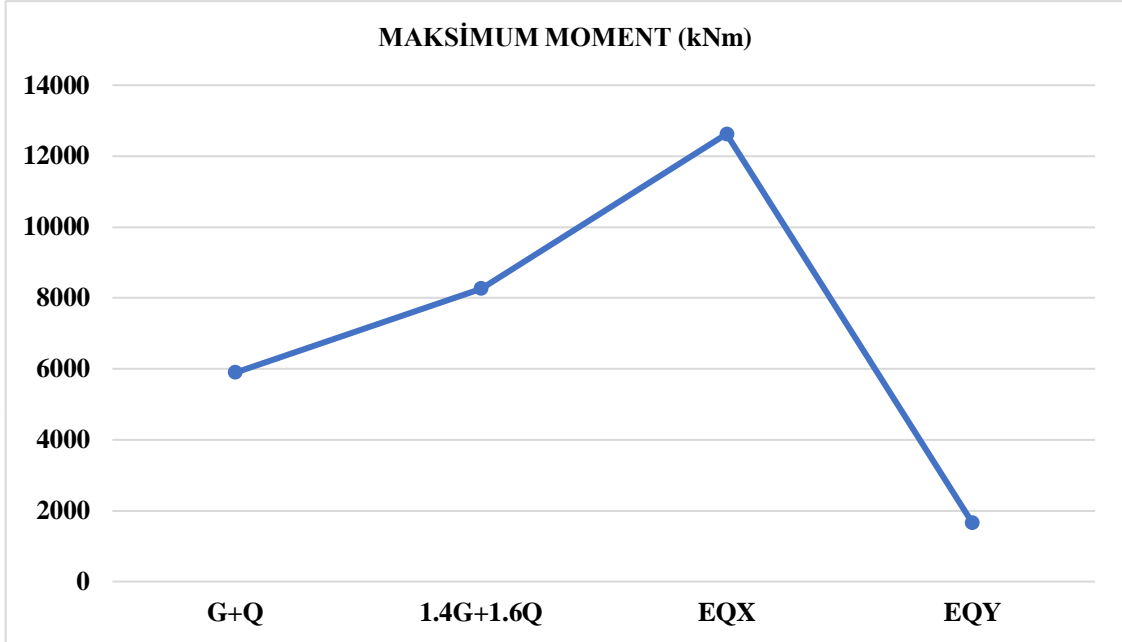
Şekil 6.1. Yüksek yapıda oluşan maksimum aksenal kuvvet değerleri

Yüksek yapıda oluşan maksimum kesme kuvveti sonuçları Şekil 6.2' de verilmiştir. Maksimum kesme kuvveti 1.4G+1.6Q yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum kesme kuvveti değeri 4079 kN olarak bulunmuştur.



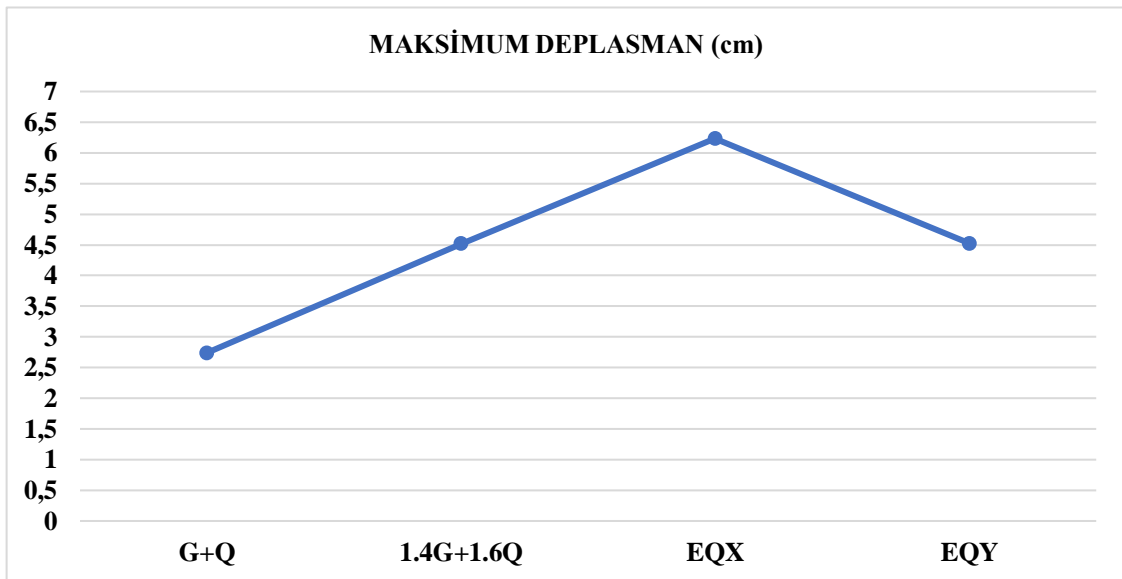
Şekil 6.2. Yüksek yapıda oluşan maksimum kesme kuvveti değerleri

Yüksek yapıda oluşan maksimum moment sonuçları Şekil 6.3' de verilmiştir. Maksimum moment EQX yüklemesinde meydana gelmiştir. Maximum moment değeri 12624 kNm olarak bulunmuştur.



Şekil 6.3. Yüksek yapıda oluşan maksimum moment değerleri

Yüksek yapıda oluşan maksimum deplasman sonuçları Şekil 6.4' de verilmiştir. Maksimum deplasman EQX yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum deplasman değeri 6.233 cm olarak bulunmuştur



Şekil 6.4. Yüksek yapıda oluşan maksimum deplasman değerleri

- Yapılan analizler sonucunda yukarda bahsedilen performans hedeflerinin hepsi sağlanmıştır.
- Tasarımı yapılan yapının etkin görelî kat ötelemelerinin hesapları yapılmış, tüm katların etkin görelî kat öteleme hesaplarının sağlandığı ve tüm katlarda etkin görelî kat öteleme değerinin 0,016 değerinden küçük olduğu sonucuna varılmıştır.
- Tasarımı yapılan yapının en büyük deplasmanı 38.katta meydana gelmiş ve maksimum deplasman değeri EQX yüklemesinde 6.233 cm çıkmıştır.
- Tüm yapının ikinci mertebeye etki kontrolü yapılmış ve tüm katların ikinci mertebeye etki kontrolünü sağladığı görülmüştür.
- Tüm yapının A1-Burulma düzensizliği kontrolü yapılmıştır. Tüm katlarda burulma düzensizliği durumu 1,2 değerinden küçük çıkmıştır. Maksimum burulma düzensizliği değeri 1,195 çıkmıştır.
- Yapıda oluşan en büyük periyot değeri 1.modda gerçekleşmiş ve 1.modda periyot değeri 4,732 saniye çıkmıştır.
- Yapının x yönünde maksimum deplasman 6.233 cm, y yönünde 1.123 cm ve z yönünde 0,0721094 cm bulunmuştur. Yapıda x yönünde bir hareket davranışı olduğu görülmektedir.
- Mod birleştirme yöntemi için modal etkin kütle, binanın toplam kütesinin %95'ini geçecek şekilde deprem kuvveti ile elde edilmiştir. Kütle katılım oranlarının yeterli düzeyde olduğu görülmüştür.
- Tüm katların B1-Zayıf kat düzensizliği kontrolü, alan oranı yerine ağırlık hesabı üzerinden yapılmıştır. Tüm katlarda zayıf kat düzensizliğini oluşmamıştır. Tüm katların B2-Yumuşak kat düzensizliği kontrolü yapılmıştır. Tüm katlarda yumuşak kat düzensizliği oluşmamıştır.
- Yapıda her altı katta bir kolon kesitleri küçültülmüş, bodrum katta 150/150 kesitinde başlayan kolon kesitleri son katta 100/100' e düşmüştür. Tüm kolonların kesme güvenliği, güçlü kolon zayıf kiriş, kuşatılmış kolon, aksenal yük taşıma kapasitesi ve burkulma hesaplarının kontrolleri yapılmış ve kolonların yeterli olduğu görülmüştür.
- Deprem etkisi altında tüm kirişlerin hesapları yapılmış. 50/50, 40/80 ve 40/50 olmak üzere üç farklı kiriş kullanılmıştır. Tüm kirişlerin kesme

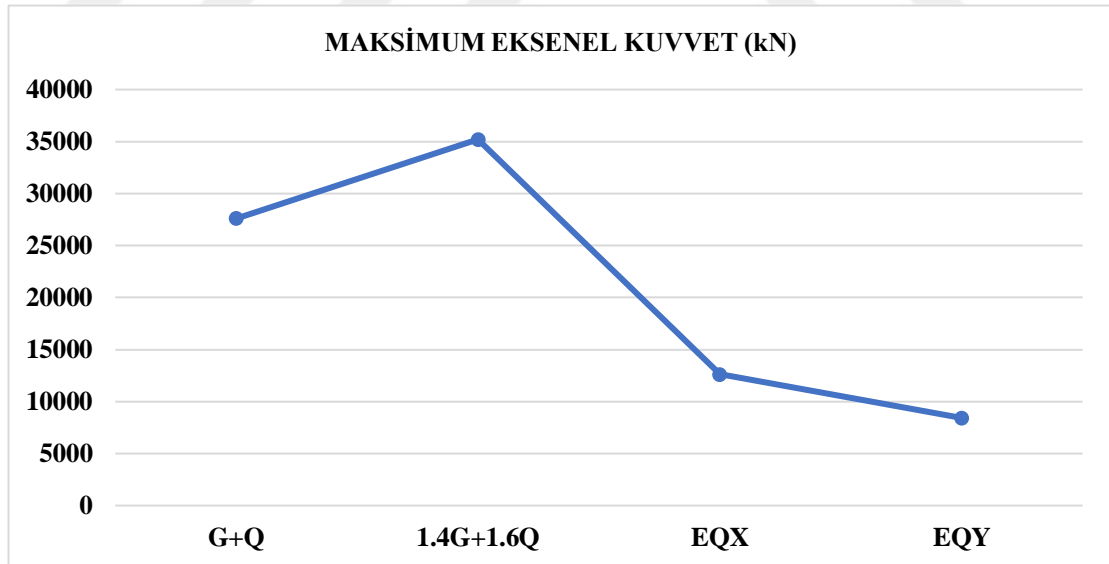
güvenlik kontrolü, sehim ve çatlak kontrolü, burkulma hesapları yapılmış ve seçilen kiriş kesitlerinin yeterli olduğu görülmüştür.

- Düşey yük altında binanın döşeme hesapları yapılmış ve tüm döşemelerin sehim ve TS 500' de verilen yükseklik kontrollerini sağladığı görülmüştür.

Yüksek betonarme baca ile ilgili bulgular;

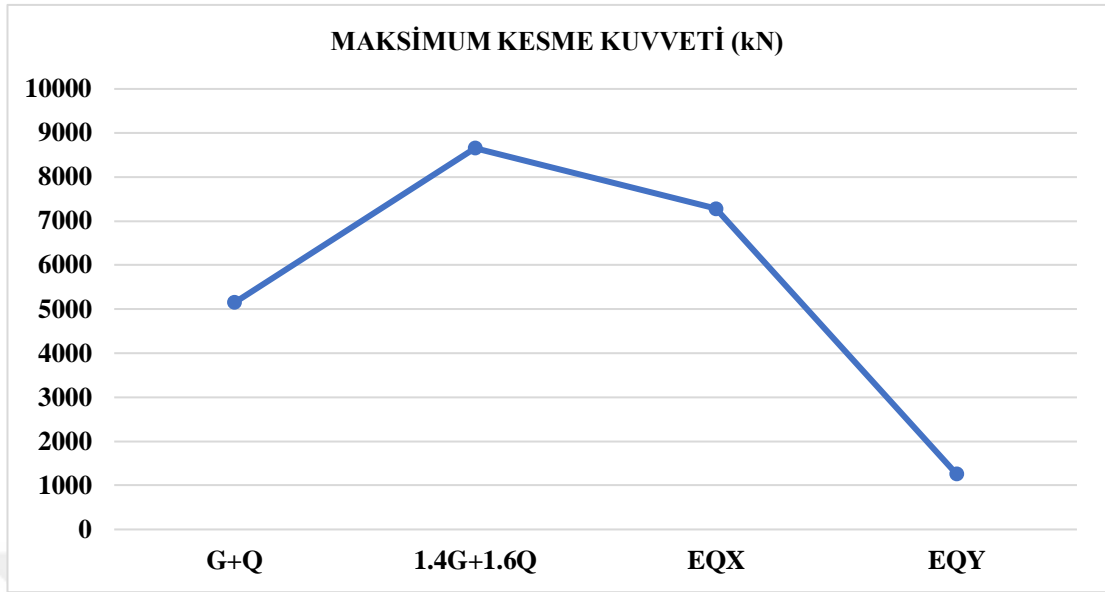
Çalışmanın ikinci kısmında 275 metre yüksekliğindeki betonarme bir bacanın tasarımı sonlu elemanlar analizi yapan SAP 2000-V21 ve PROTASTRUCTURES programları kullanılarak yapılmıştır. Yapının deprem yükleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'deki kurallara göre belirlenmiştir. Rüzgâr ve ısı yükleri, Code Requirements for Reinforced Concret Chimneys and Commentary (ACI 307-08)' e göre hesaplanmıştır. Yapının düşey yüklerinin analizi ACI 307-08 ve TBDY 2018' e göre belirlenmiştir. Yüksek betonarme baca ile ilgili analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Yüksek bacada oluşan maksimum eksenel kuvvet sonuçları Şekil 6.5' de verilmiştir. Maksimum eksenel kuvvet 1.4G+1.6Q yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum eksenel normal kuvvet değeri 35208 kN olarak bulunmuştur.



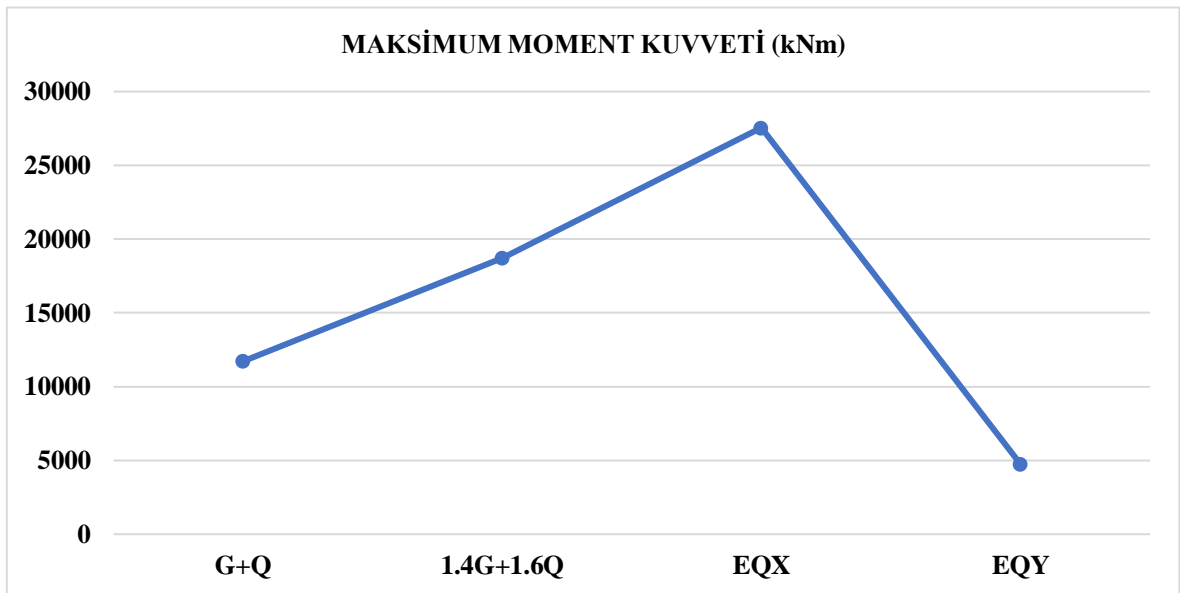
Şekil 6.5. Yüksek bacada oluşan maksimum eksenel kuvvet değerleri

Yüksek bacada oluşan maksimum kesme kuvveti sonuçları Şekil 6.6' da verilmiştir. Maksimum kesme kuvveti 1.4G+1.6Q yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum kesme kuvveti değeri 8654 kN olarak bulunmuştur.



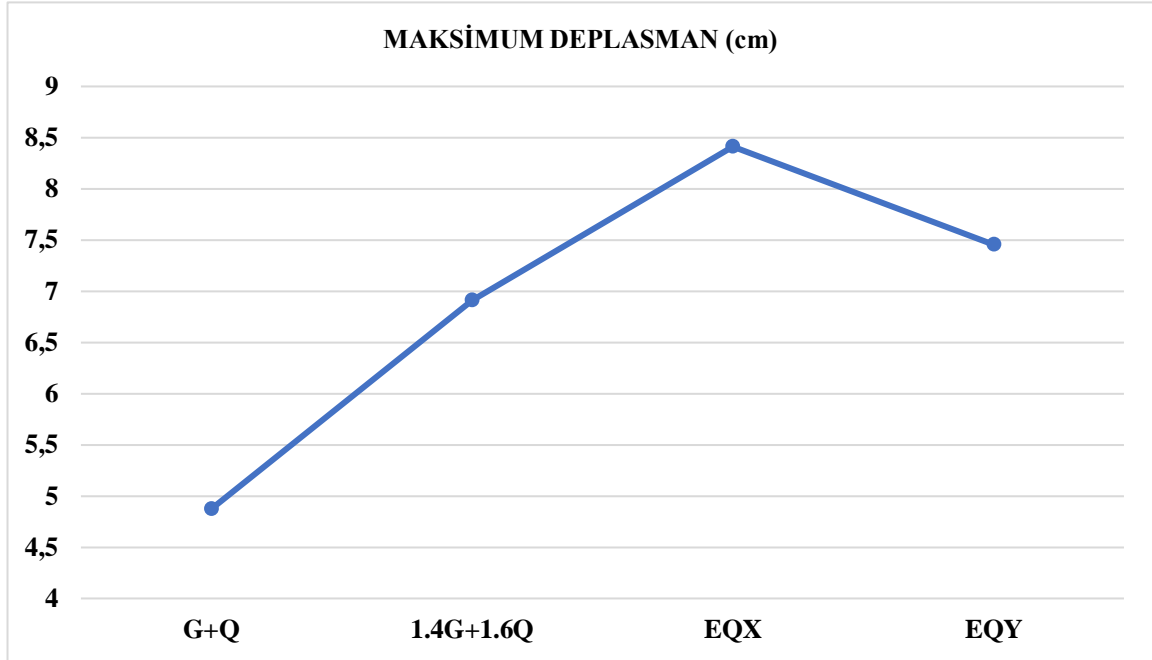
Şekil 6.6. Yüksek bacada oluşan maksimum kesme kuvveti değerleri

Yüksek bacada oluşan maksimum moment sonuçları Şekil 6.7' de verilmiştir. Maksimum moment EQX yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum moment değeri 27549 kNm olarak bulunmuştur.



Şekil 6.7. Yüksek bacada oluşan maksimum moment değerleri

Yüksek bacada oluşan maksimum deplasman sonuçları aşağıda Şekil 6.8' de verilmiştir. Maksimum deplasman EQX yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum deplasman değeri 8.411 cm. olarak bulunmuştur.



Şekil 6.8. Yüksek bacada oluşan maksimum deplasman değerleri

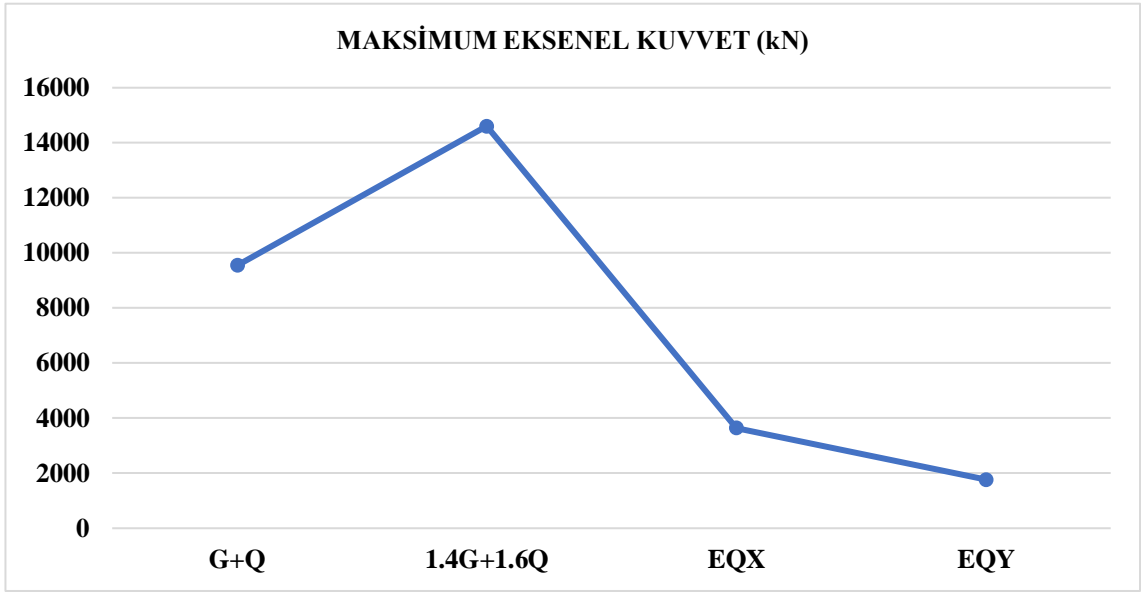
- Yüksek betonarme bacada maksimum kat ötelemesi son noktada meydana gelmiş ve maksimum deplasman 8.411 cm olarak bulunmuştur.
- Yapıda oluşan en büyük periyot değeri 1.modda gerçekleşmiş ve 1.modda periyot değeri 3,28368 saniye çıkmıştır.
- Analiz sonrası komşu katlar arası kütle düzensizliği kontrolleri yapılmıştır ve yapıda katlar arası kütle düzensizliği oluşmamıştır.
- Analiz sonrası katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat) kontrolü yapılmıştır. Analizlerde x ve y ekseninde her iki yönde de yapılmış ve tüm katlarımız da katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat) saptanmamıştır. Tüm katlar da değerlerimiz 0,80 değerinden büyük çıkmıştır.
- Analiz sonrası yapının burulma düzensizliği kontrolü yapılmıştır. Analizler x ve y ekseninde her iki yönde de yapılmış ve tüm yapıda burulma düzensizliği saptanmamıştır. Tüm katlarda değerler 1,20 değerinden küçük çıkmıştır.

- Analiz sonrası yapının dinamik kütle katılım oranı kontrolü yapılmıştır. Analizler x, y ve dönme olarak yapılmıştır. Etkin kat kütle oranı yönetmelik gereksinimlerini sağlamıştır.
- Analiz sonrası yapının görelî kat öteleme kontrolleri yapılmıştır. Analizler x ve y ekseninde her iki yönde de yapılmış ve tüm yapıda görelî kat ötelemeleri limit değerleri sağlamıştır. Tüm değerler 0,01 değerinden küçüktür.
- Analiz sonrası yapının ikinci mertebeye etkilerinin gerekliliği kontrolü yapılmıştır. Narinlik hesabı sonucu yapı narinlik sınırlarını sağlamıştır.
- Analiz sonrası deprem durumunda bina devrilme kontrolü yapılmıştır. Negatif ve pozitif yönde devrilmeye karşı koyan kuvvetler etki ettirilmiştir. Yapının her iki yönünde de devrilme kontrolleri sağlanmıştır.

Yığma taşıyıcı sistemli minare ile ilgili bulgular;

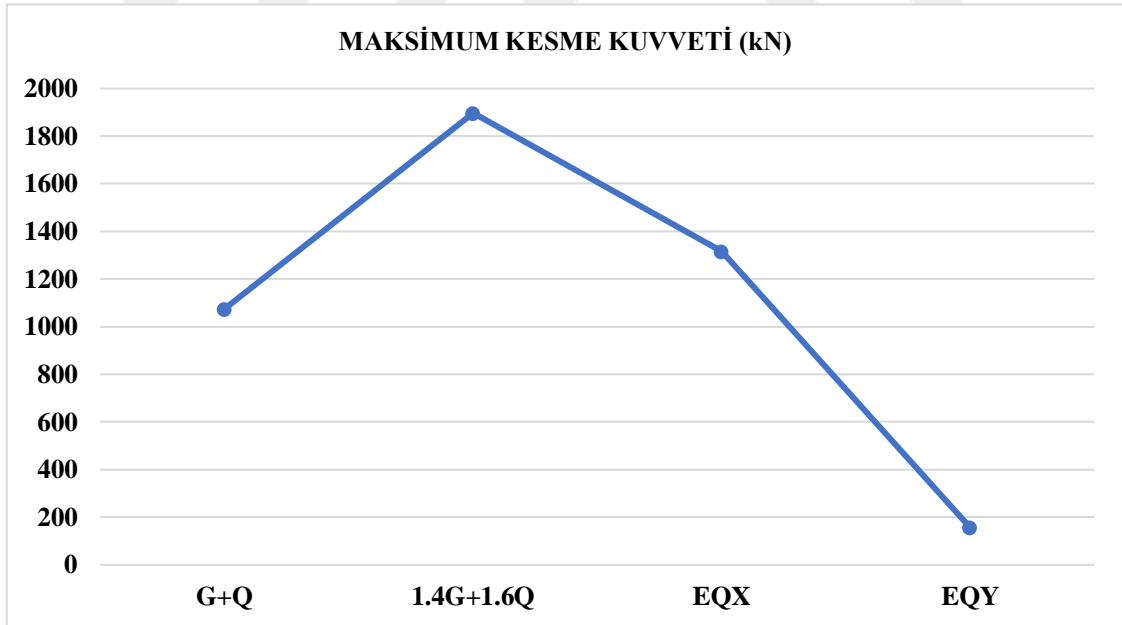
Son olarak yığma taşıyıcı sistemli bir minare sonlu elemanlar analizi yapan SAP 2000 programında modellenmiştir. Hazırlanan minare modelinde 222 adet düğüm noktası kullanılarak, 223 shell (alan) eleman oluşturulmuştur. Zemine aktarılan noktalarda 16 adet sabit mesnet tanımlanmıştır. Minarenin toplam ağırlığı 1165,038 kN'dur. Minare ile ilgili yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Minarede oluşan maksimum aksenal kuvvet sonuçları Şekil 6.9' da verilmiştir. Maksimum aksenal kuvvet 1.4G+1.6Q yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum aksenal normal kuvvet değeri 14604 kN olarak bulunmuştur.



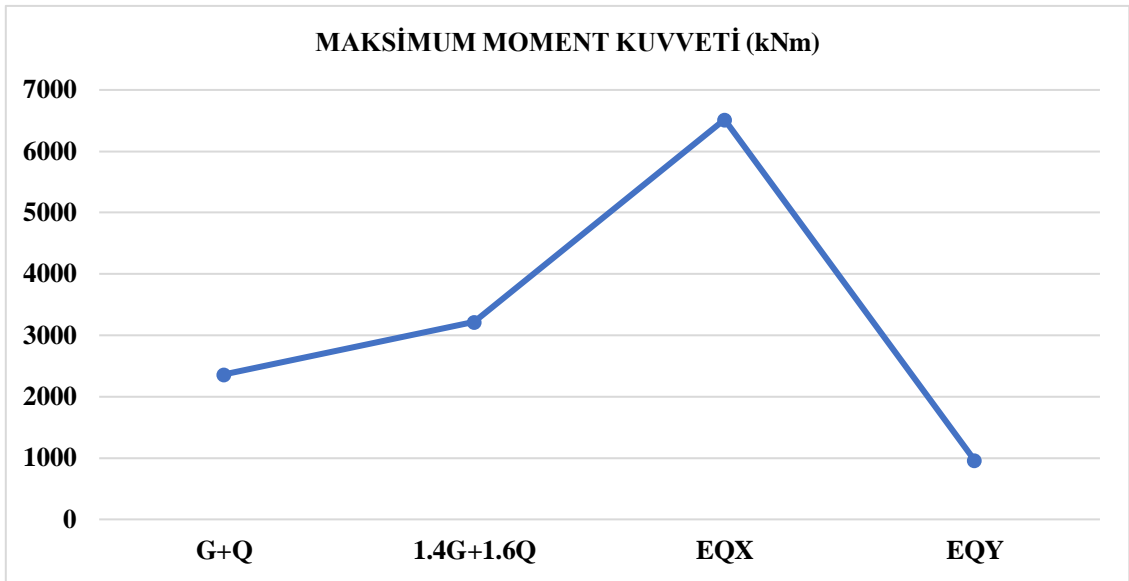
Şekil 6.9. Minarede oluşan maksimum aksiyel kuvvet değerleri

Minarede oluşan maksimum kesme kuvveti sonuçları Şekil 6.10' da verilmiştir. Maksimum kesme kuvveti 1.4G+1.6Q yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum kesme kuvveti değeri 1897 kN olarak bulunmuştur.



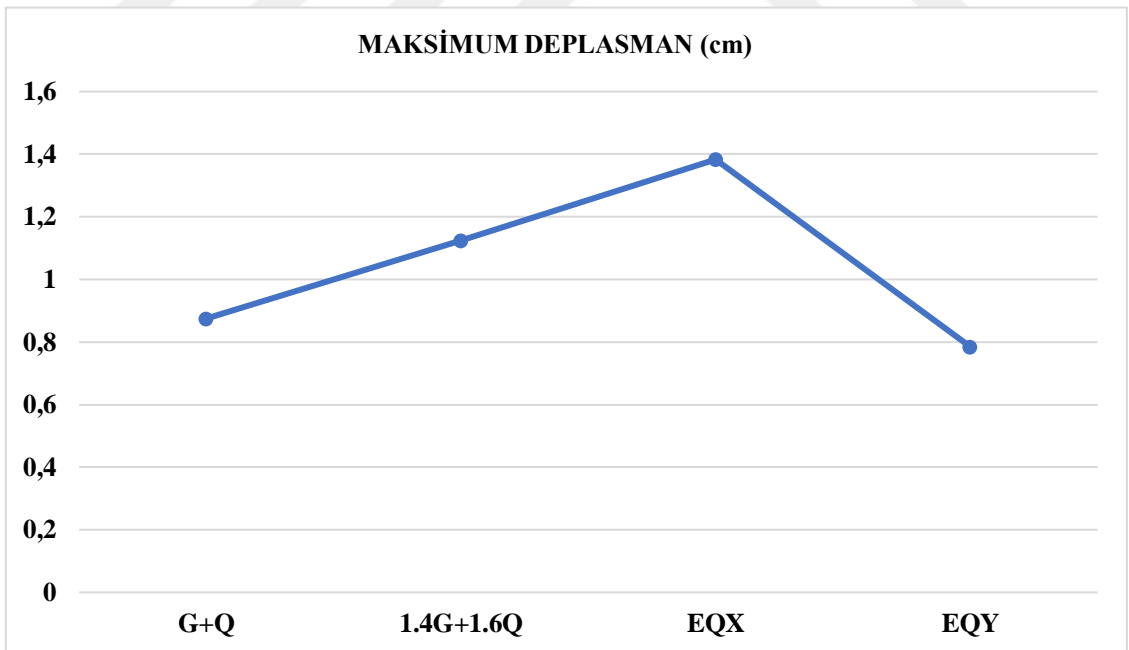
Şekil 6.10. Minarede oluşan maksimum kesme kuvveti değerleri

Minarede oluşan maksimum moment sonuçları Şekil 6.11' de verilmiştir. Maksimum moment EQX yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum moment 6517 kNm olarak bulunmuştur.



Şekil 6.11. Minarede oluşan maksimum moment değerleri

Minarede oluşan maksimum deplasman sonuçları Şekil 6.12’ de verilmiştir. Maksimum deplasman EQX yüklemesinde meydana gelmiştir. Maksimum deplasman değeri 4.257 cm. olarak bulunmuştur.



Şekil 6.12. Minarede oluşan maksimum deplasman değerleri

- G yükü altında yapıdaki en büyük yer değiştiriminin, kubbenin tepe noktasında düşey doğrultuda yaklaşık -1,383 mm olduğu görülmüştür. R değeri 2 alındığı için elastik yer değiştirme $-1,383 \times 2 = -2,766$ mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer kabul edilebilir deplasman sınırları içerisinde yer almaktadır.
- Yapıda oluşan en büyük periyot değeri 1.modda gerçekleşmiş ve 1.modda periyot değeri 0,63111 saniye çıkmıştır.
- Kendi ağırlığıyla minarede oluşan gerilmeler, en yüksek olarak -0,455 Mpa basınç gerilmesi ve 0,390 Mpa ile çekme gerilmesi şeklindedir. Kayma gerilmesinin en yüksek değeri 0,245 Mpa'dır.
- Yapılan analizler sonucunda, minarede oluşan basınç gerilmesinin en yüksek olduğu yük kombinasyonu 0,9G+W kombinasyonu olup basınç gerilmesi 0,49 Mpa'dır. Basınç gerilmesi, kendi ağırlığı ve deprem etkisi altında maksimum değere 0,9G±Ey kombinasyonu ile ulaşmış ve bu kombinasyonda 0,36 Mpa değeri oluşmuştur.
- Minarenin analizleri sonucunda elde edilen çekme gerilmeleri minare ağırlığı ve deprem etkisi altında 0,9G±Ey ve 0,9G±Ex kombinasyonlarında en büyük değerlere ulaşmış ve bu kombinasyonda çekme gerilmesi 0,42 Mpa seviyesine çıkmıştır. Elde edilen çekme gerilmelerinin taşın çekme mukavemet değerinden düşük olduğu görülmüştür.
- Minare modelinin analizi sonucunda oluşan kayma gerilmelerinin kendi ağırlığı ve deprem etkisi altında 0,9G±Ey ve 0,9G±Ex kombinasyonlarında ulaşmış ve bu kombinasyonda en büyük kayma gerilmesi değeri 0,715 Mpa çıkmıştır.
- Analiz sonuçları incelendiğinde minarenin en çok zorlanan yerlerinin, kürsüden küp kısmına geçişte, küpten dairesel gövdeye geçişte, şerefenin korkuluklarının altında ve şerefenin döşeme kısmında olduğu görülmüştür.

Dünya'da ve ülkemizde gelişen teknolojiyle beraber ortaya çıkan yüksek bina ihtiyacından dolayı, bu binaların proje aşamasında farklı yönetmelikler kullanılarak güvenli bir şekilde binaların projelenmesi sağlanmalıdır. Yüksek binalara gelen deprem kuvvetlerinin daha güvenilir hesaplanması için farklı deprem ivmeleri kullanılarak

deprem hesapları yapılmalıdır. Yüksek betonarme binaların normal betonarme binalara göre deprem davranışları ve rüzgâr etkileri farklı olduğu için tasarım aşamasında bu bilgiler dikkate alınarak yapılmalıdır. Yüksek binaların taşıyıcı sistemlerinin tasarımında rijitlik etkisi daha önemli bir durumdadır. Bundan dolayı yüksek binaların taşıyıcı sistemlerinin tasarımında rijitlik etkisini ön planda tutmak gerekir. Yüksek binalarda deprem ve rüzgâr kuvvetlerinin büyük bir kısmı orta bölgede yer alan çekirdek sistemi tarafından taşınmaktadır. Bundan dolayı yüksek binalarda eğilme rijitlikleriyle beraber burulma rijitliğinin de etkisi göz önüne alınmalıdır. Yüksek binaların taşıyıcı sistemlerinin planları düzenli ve öngörülebilir düzeyde olmalıdır. Taşıyıcı sistemlerin proje aşamaları detaylıca ortaya konulmalıdır. Taşıyıcı sistemin detaylarının sırası önem sırasına göre belirlenmelidir.

Yüksek yapıların tasarımında taşıyıcı sistemin düzenli olması binanın davranışı için önemli olduğu görülmüş yüksek yapı tasarımında taşıyıcı sistemin mimari tasarımdan daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Bunun için düzenli ve düzensiz binaların çalışmaları ayrıca ele alınmalıdır.

Yüksek yapılarda çekirdek bölgenin ana taşıyıcı olduğu durumlarda çekirdeğe gelecek burulmaları engellemek için yapının köşelerine birbirine paralel çerçeve yapılarak taşıyıcı sistemin yük dağıtımını kolaylaştırmak gerekir.

Çalışmada yüksek yapının özellikle deprem ve rüzgâr etkileri altında zorlandığı görülmüştür. Bunun sonucunda yüksek yapıların taşıyıcı sistem seçimlerinin çok önemli olduğu görülmüştür.

Ülkemizde deprem ve kuvvetli rüzgârlar sonucu meydana gelen minare hasarlarının büyük çoğunluğunun pabuç bölgesinden gövde bölgesine geçişte olduğu görülmüştür. Bu bölgede kesitin ani şekilde küçülmesi sonucunda geçiş bölgesinde ki bağlantı yeterli şekilde yapılamamaktadır. Hasarları önlemek için elemanların geçiş bölgelerinin bağlantılarının yönetmeliklere uygun olarak yapılması gerekmektedir. Minarelerde en fazla hasar oluşan bir diğer bölge ise şerefe kısmıdır. Bu kısımda da yine geçiş bölgesinde ki bağlantıların düzgün yapılmadığı incelemeler sonucunda görülmüştür. Minarelerin geçiş noktalarında ki hasarların engellenmesi için bağlantı ve donatı bindirme boylarının önemi ortaya çıkmaktadır. Rüzgâr etkisiyle yıkılan minareler incelendiğinde yapılan minarelerin rüzgâr hesaplarının yapılmadığı gözlemlenmiştir. Yapılacak minarelerin projelendirilmesinde minarenin bulunduğu bölgenin rüzgâr yüklerinin alınarak yapıların tasarımının rüzgâr yüklerine göre yapılması sağlanmalıdır.

Ülkemizde baca tarzı binalar için yönetmelikte herhangi bir bölüm yer almadığı için baca tarzı binaların çözümlerinde American yönetmeliği kullanılmaktadır. Bu tarz yapılar için ülkemizde kullanılan güncel yönetmeliğe, baca tarzı yapıların hesap ve analizleri ile ilgili bir bölümün eklenmesi yararlı olacaktır. Ülkemizde rüzgâr yükleri için kullandığımız standartlarda yüksek yapılar, baca tarzı farklı özellikte ki yapılara uygulanacak şekilde yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

6.2. Öneriler

Bu çalışmada yüksek bir betonarme yapı, yüksek bir betonarme baca ve yığma taşıyıcı sistemli bir minarenin analizleri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bulunan sonuçlar tezin sonuç bölümünde anlatılmıştır.

TBDY 2018' de yüksek yapılar ile ilgili bölüm bulunmaktadır. Özellikle proje çalışmaları tamamlanıp uygulaması yapılan binalarda ortaya çıkan eksikliklere göre bu bölümün ilerleyen yıllarda yeni çıkacak yönetmelikte daha da geliştirilmesi önemlidir.

Yüksek bacaların hesap yöntemi yönetmeliğimizde yer almamaktadır. Baca yapılarının hesap yöntemi ve mevcut bacaların performans analizlerinin nasıl yapılabileceği ile ilgili yönetmelikte bölüm oluşturulması önemli olacaktır.

Yığma taşıyıcı sistemli minarelerin çözümü içinde yönetmelikte gerekli bilgiler bulunmamaktadır. Özellikle mevcut minarelerin kontrollerinin yapılabilmesi ve malzeme özelliklerini belirleyebilmek için tahribatsız yöntemlerin geliştirilmesi önemlidir. Bundan sonraki çalışmalarda dünyadaki farklı yönetmelikler kullanılarak bu tarz yapıların analizleri yapıp karşılaştırılmaları anlatılabilir.

KAYNAKLAR

- Adam, I.2019, Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ağcakoca, E., 2019, Yüksek Katlı Yapının Sarsma Tablası Üzerinde Deprem Performansının İncelenmesi, ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi, Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya.
- Aktaş, K., 2019, Betonarme Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistem Problemlerinin Doğrusal Elastik Olmayan Hesap ile Çözümlemesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Aslan, F., 2019, Yüksek Yapılarda Farklı Tip Dış Destek Kullanımının Yapı Performansına Etkisi Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Bal, C., 2003, Yüksek Bina Yapım Sistemlerinin Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Benli, N., 2005, Çok Katlı Yüksek Yapılarda Kullanılan Kalıp Sistemlerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bilgin,H., 2006, Mimar Sinan Yapılarında Kubbeli Örtü Sistemlerinin Yapısal Analizi, Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli.
- Bodrudoğlu, H., 2016, Yüksek Yapıların Betonarme Perde Duvarların Kesme Davranışının Parametrik İncelenmesi Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Duysak, N., 2000, 20.Yüzyıl Türkiye'sinde Cami Tasarımı ve Geleneksel Cami, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fidan, S., 2019, Yüksek Yapılarda Cephelerin Taşıyıcı Sistemle Olan İlişkisinin İncelenmesi ve İzmir Yüksek Yapıları Üzerine Bir Araştırma, Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, İzmir.
- Işık, M., 2008, Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kantar, O., 2001, Hasarlı Yüksek Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi Yüksek Lisans Tezi, FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Keldi, İ., 2005, Yüksek Yapıların Alternatif Sistemlerle Oluşturulması ve Maliyet Bakımında Karşılaştırılması Yüksek Lisans Tezi, FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

- Kırkan, S., 2005, Çok Katlı Yüksek Yapıların Tasarımına Etki Eden Faktörlerin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kırmızıtaş, M., 2008, Çok Katlı Yüksek Yapılarda Betonarme Çelik ve Kompozit Taşıyıcı Sistemli Yapıların Ekonomik Yönden Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Nuhoğlu, A. ve Şahin,S., 2005, Sanayi Bacalarının ve Minarelerin Dinamik Davranışlarının İncelenmesi Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- Özcan, A., 2015, Yüksek Yapılarda Betonarme Perde Duvarların Kesme Davranışı Üzerine Parametrik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özcan, U., Duran, G. ve Erol, İ., 2019, Çok Katlı Yapılarda Betonarme Döşeme Sistemleri/İstanbul Örneği, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, İstanbul.
- Sarıman, E., 2010, Çok Katlı Yüksek Yapıların Oluşumundaki Faktörlerin Tasarım Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şahin, Y., 2004, Deprem Kuvvetlerine Karşı Betonarme Perdelerin Davranışı ve Betonarme bir Yüksek Yapının Projelendirilmesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şancı, E.,2021, Yüksek Yapı Sistemlerinin Performanslarında P-Delta Etkisinin Değerlendirilmesi Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Şanlı, A., 1991, Yüksek Yapıların Hesabında Rüzgâr Spektrumu Yöntemi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taşel, A., 1999, 23 Katlı Bir Betonarme Yapının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı-Deprem Dairesi Başkanlığı; Ankara,2018
- Temüz, T., 2007, Minarelerin Rüzgâr Yükleri Altında Davranışlarının İncelenmesi ve Bunların Rüzgâra Göre Hesabı Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tuncer,M., 2015, Yüksek Yapılarda Rüzgar Etkileşimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uğurlu, A., Erdemli, S. Ve Karaşin,A., 2017, Dört Ayaklı Minare'nin Modellenmesi ve Yapısal Analizi Makalesi, Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır.

- Ulusoy, Ö., 2019, Betonarme Yüksek Yapıların TDY' ne Göre Plan Düzensizliklerinin Örnek Yapılarla İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Umut, Ö., 2014, Yüksek Yapılarda Rüzgâr Etkilerinin Stokastik Yöntemle Çözümlemesi ve Baskın Etkilerin Parametrik İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yaşarer,D., 2019, Yüksek Yapıların Tasarımında Gelişmeler, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Yüksek, M., Çağlar, N., Dok, G. ve Demir, A., 2017, Betonarme Yüksek Yapıların Deprem Performansına Betonarme Perde Oranın Etkisi, Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya.

