İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

A3 TÜRÜ DÜZENSİZLİĞE SAHİP BETONARME BİR YAPININ DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 ESASLARINA GÖRE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan ŞİMŞEK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

MART 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

A3 TÜRÜ DÜZENSİZLİĞE SAHİP BETONARME BİR YAPININ DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 ESASLARINA GÖRE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan ŞİMŞEK

(501161061)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

MART 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü' nün 501161061 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Furkan ŞİMŞEK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "A3 TÜRÜ DÜZENSİZLİĞE SAHİP BETONARME BİR YAPININ DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 ESASLARINA GÖRE İNCELENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. Kutlu DARILMAZ** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üye. Ülgen TUĞSAL .....
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi: 10.03.2020

Savunma Tarihi: 22.04.2020

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam süresince her zaman değerli vakitlerini ayırıp engin bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan, çalışma sürem boyunca öğrenimime çok katkı sağlayan, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL' a teşekkürlerimi, şükranlarımı ve saygılarımı sunarım.

Her zaman her konuda yanımda olup bana destek olan, varlıklarıyla bana en büyük armağanlar olan ve bu hayatta bana değerli olduğumu hissettiren annem Füsun ŞİMŞEK'e ve babam Şahin ŞİMŞEK'e ve kardeşlerim Nisa ŞİMŞEK'e ve Ertuğrul ŞİMŞEK'e ve eşim Sernaz ENGİN ŞİMŞEK'e çok teşekkür ederim.

Bu çalışmamda ve daha öncesinde, bana her zaman destek ve yardımcı olan değerli meslektaşım İnş. Yük. Müh. Bahadır ÖZCİHAN'a teşekkürlerimi büyük bir borç bilirim.

MART 2020

Furkan ŞİMŞEK
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
KISALTMALAR ..... **ix**
SEMBOLLER ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xvii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xix**
ÖZET ..... **xxi**
SUMMARY ..... **xxv**

1. GİRİŞ **1**
1.1 Genel Bilgi 1
1.2 Amaç ve Kapsam 3
2. DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ YAPILARDA DÜZENSİZLİKLER **5**
2.1 Planda Düzensizlik Durumları 5
2.1.1 Burulma düzensizliği (A1) 5
2.1.2 Döşeme süreksizlikleri (A2) 7
2.1.3 Planda çıkıntılar bulunması (A3) 8
2.2 Düşeyde Düzensizlik Durumları 8
2.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1) 8
2.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2) 9
2.2.3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) 9
3. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ-2018' E GÖRE YAPISAL ANALİZ VE TASARIM **11**
3.1 Yapı Hakkında Bilgiler 11
3.2 Yapısal Analiz Modeli 13
3.3 Yapıya Etki Eden Sabit ve Hareketli Yükler 19
3.4 Deprem Yer Hareketi Spektrumları 19
3.5 Genel Esaslar 22
3.6 Hesap Esasları 24
3.6.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı 24
3.6.2 TBDY-2018' e göre tasarımda kullanılacak yük birleşimleri 26
3.6.3 Kesit rijitliği çarpanları 26
3.7 Deprem Hesabı 27
3.8 Hesap Sonuçlarının Kontrolleri 31
3.8.1 Taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı katsayısının kontrolü 31
3.8.2 Göreli kat ötelemesi kontrolü 33
3.8.3 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 36
3.8.4 A1 burulma düzensizliği kontrolü 37
3.8.5 A3 planda çıkıntılar bulunması düzensizliği kontrolü 39
3.8.6 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 39
4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK-2007' YE GÖRE YAPISAL ANALİZ VE TASARIM **43**
4.1 Yapı Hakkında Bilgiler ve Yapısal Analiz Modeli 43
4.2 Yapıya Etki Eden Sabit ve Hareketli Yükler 43
4.3 Tasarım İvme Spektrumları 43
4.4 Genel Esaslar 44
4.5 Hesap Esasları 45

4.5.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve deprem yükü azaltma katsayısı 45
4.5.2 DBYBHY-2007' ye göre tasarıma etkin yük birleşimleri 47
4.5.3 Kesit rijitliği çarpanları 47
4.6 Deprem Hesabı 47
4.7 Hesap Sonuçlarının Kontrolleri 52
4.7.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısının kontrolü 52
4.7.2 Göreli kat ötelemesi kontrolü 53
4.7.3 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 56
4.7.4 A1 burulma düzensizliği kontrolü 57
4.7.5 A3 planda çıkıntılar bulunması düzensizliği kontrolü 58
4.7.6 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 59
5. TBDY-2018' E VE DBYBHY-2007' YE GÖRE YAPILAN ANALİZ VE TASARIM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI 61
5.1 Bina Hakim Periyotların, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayılarının ve Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması 61
5.2 Göreli Kat Ötelemelerinin ve Yer Değiştirmelerin Karşılaştırılması 64
5.3 İkinci Mertebe Etkilerin Karşılaştırılması 68
5.4 Düzensizlik Durumlarının Karşılaştırılması 69
5.5 Çekirdek Perde Grubu Tasarım İç Kuvvetlerinin ve Kat Yer Değiştirmelerinin Karşılaştırılması 73
5.6 Kolon Tasarım İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması 76
5.7 Döşeme Tasarım İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması 80
6. SONUÇLAR 85
KAYNAKLAR 89
ÖZGEÇMİŞ 91

KISALTMALAR

AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
TDTH : Türkiye Deprem Tehlike Haritası
MN : Minimum Hasar Sınırı
GV : Güvenlik Sınırı
GÇ : Göçme Sınırı
DBYHBY-2007 : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)
TBDY-2018 : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)
TS 500 : Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TS 498 : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri

SEMBOLLER

a : Kolonda veya perde uç bölgesinde etriye kollarının veya çirozların arasındaki yatay uzaklık

A(T) : Spektral ivme katsayısı

A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı

A_{ch} : Perdenin her bir perde parçasının brüt enkesit alanı

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına kalan çekirdek beton alanı

ai : Kesit çevresindeki düşey donatıların merkezleri arasındaki uzaklık

A_k : Kesme alanı

A_o : Etkin yer ivmesi katsayısı

A_s : Boyuna donatı alanı

A_{sd} : Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanı

A_{sh} : s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin göz önüne alınan b_k'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı

A_{s1} : Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kiri in negatif momentini karşılamak için üste konulan çekme donatısının toplam alanı

A_{s2} : Kolon- kiriş düğüm noktasının As1'e göre öbür tarafında, kirişin pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısının toplam alanı

A_w : Kolon enkesiti etkin gövde alanı (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)

ΣA_e : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı

ΣA_g : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı

ΣA_k : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının toplamı xv

ΣA_p : Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı

ΣA_w : Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanları A_w'ların toplamı

B_a : Taşıyıcı sistem elemanının asal ekseni doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü

B_{ax} : Taşıyıcı sistem elemanının asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_{ay} : Taşıyıcı sistem elemanının asal ekseni doğrultusunda, y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

BB : Mod Birleştirme Yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük

BD : BB büyüklüğüne ait büyütülmüş değer

b_j : Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin kolonla aynı genişlikte olması veya kolonun her iki yanından da taşması durumunda kolon genişliği, aksi durumda kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı (Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz)

b_k : Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)

b_o : Çekirdek bölgeyi sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu

b_w : Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı

d : Kirişin faydalı yüksekliği

DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3 : 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4 : 50 yılda aşılma olasılığı %68 olan deprem yer hareketi düzeyi
$\mathbf{d_{fi}}$: Binanın i'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$\mathbf{d_i}$: Binanın i'inci katıda azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$\mathbf{D_i}$: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta ± %5 ek dış merkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
E : Deprem etkisi
$\mathbf{E_c}$: Beton elastisite modülü
$\mathbf{EI_e}$: Kesit etkin eğilme rijitliği xii
$\mathbf{EI_o}$: Kesit brüt eğilme rijitliği
$\mathbf{E_s}$: Donatı çeliği elastisite modülü
$\mathbf{E_x}$: Deprem kuvvetinin X doğrultusundaki bileşeni
$\mathbf{E_y}$: Deprem kuvvetinin Y doğrultusundaki bileşeni
$\mathbf{E_z}$: Deprem kuvvetinin Z doğrultusundaki bileşeni
$\mathbf{F_1}$: 1.0 periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
$\mathbf{f_c}$: Sargılı beton basınç gerilmesi
$\mathbf{f_{cc}}$: Sargılı beton dayanımı
$\mathbf{f_{cd}}$: Betonun tasarım basınç dayanımı
$\mathbf{f_{ck}}$: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
$\mathbf{f_{cm}}$: Mevcut beton dayanımı
$\mathbf{f_{co}}$: Sargısız betonun basınç dayanımı
$\mathbf{f_{ctd}}$: Betonun tasarım çekme dayanımı
$\mathbf{f_{ctm}}$: Mevcut betonun çekme dayanımı
$\mathbf{F_{fi}}$: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
$\mathbf{F_i}$: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
$\mathbf{f_s}$: Donatı çeliğindeki gerilme
FS : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
$\mathbf{f_{su}}$: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
$\mathbf{f_{sy}}$: Donatı çeliğinin akma dayanımı
$\mathbf{F_x}$: X doğrultusu için elde edilen tepki kuvveti
$\mathbf{F_z}$: Z doğrultusu için elde edilen tepki kuvveti
$\boldsymbol{\phi_t}$: Toplam eğrilik istemi
$\boldsymbol{\phi_y}$: Eşdeğer akma eğriliği
$\mathbf{f_{yd}}$: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
$\mathbf{f_{yk}}$: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
$\mathbf{f_{yw}}$: Çelik sargının akma dayanımı
$\mathbf{f_{ywd}}$: Enine donatının tasarım akma dayanımı
$\mathbf{f_{ywk}}$: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)
G : Bina zati ağırlığı ve ölü yüklerin toplamı
$\mathbf{g_i}$: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
h : Kolonun göz önüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu
$\mathbf{H_{cr}}$: Kritik perde yüksekliği
$\mathbf{h_i}$: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
$\mathbf{H_i}$: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)

$\mathbf{h_k}$: Kiriş yüksekliği

HN : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)

$\mathbf{h_o}$: Çekirdek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu

$\mathbf{H_w}$: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği

I : Bina Önem Katsayısı

$\mathbf{k_e}$: Sargılama Etkinlik Katsayısı

$\mathbf{L_p}$: Plastik mafsal boyu

$\mathbf{\ell_b}$: TS-500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu

$\mathbf{\ell_n}$: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı

$\mathbf{\ell_w}$: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

m : Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı, (m : $\ell\ell$ / ℓs)

$\mathbf{M_a}$: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

$\mathbf{m_d}$: Döşeme birim genişliğine düşen tasarım eğilme momenti

$\mathbf{M_{d,t}}$: Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan moment

$\mathbf{M_i}$: Binanın i'inci katının kütlesi

$\mathbf{M_n}$: n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle

$\mathbf{\sum M_p}$: Düğüm noktasına birleşen kirişlerin moment kapasitelerinin toplamı

$\mathbf{M_{pa}}$: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi

$\mathbf{M_{pi}}$: Kirişin sol ucu i'deki kolon yüzünde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi

$\mathbf{M_{pj}}$: Kirişin sağ ucu j'deki kolon yüzünde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan negatif veya pozitif moment kapasitesi

$\mathbf{M_{pü}}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi

$\mathbf{M_{p,t}}$: Perdenin taban kesitinde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi

$\mathbf{M_{ra}}$: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{cd} ve f_{yd}'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{ri}}$: Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd}'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{rj}}$: Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd}'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{r,t}}$: Perdenin taban kesitinde f_{cd} ve f_{yd}'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{rü}}$: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{cd} ve f_{yd}'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_s}$: Depremin yüzey dalgası büyüklüğü

$\mathbf{M_ü}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

$\mathbf{M_u}$: Maksimum kesit momenti

$\mathbf{M_w}$: Depremin moment büyüklüğü

$\mathbf{M_{xn}}$: Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle

$\mathbf{M_y}$: Kesit akma momenti
$\mathbf{M_{yn}}$: Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
n : Hareketli yük katılım katsayısı
N : Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam katsayısı)
$\mathbf{N_d}$: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
$\mathbf{N_{dm}}$: Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
Q : Hareketli yük
$\mathbf{q_i}$: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$\mathbf{R_a(T)}$: Deprem yükü azaltma katsayısı
$\mathbf{R_{NÇ}}$: Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$\mathbf{R_{YP}}$: Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından taşındığı durum için tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
s : Enine donatı aralığı, spiral donatı adımı
S(T) : Spektrum Katsayısı
$\mathbf{S_1}$: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
$\mathbf{S_{ae}(T)}$: Yatay elastik spektral ivme [g]
$\mathbf{S_{aeD}(T)}$: Düşey elastik spektral ivme [g]
$\mathbf{S_{aR}(Tr)}$: r'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [g]
$\mathbf{S_{DS}}$: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
$\mathbf{S_{D1}}$: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
$\mathbf{S_S}$: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
T : Bina doğal titreşim periyodu [s]
$\mathbf{T_1}$: Binanın birinci doğal titre im periyodu [s]
$\mathbf{T_A}$, $\mathbf{T_B}$: Spektrum Karakteristik Periyotlar [s]
$\mathbf{T_{AD}}$: Düşey elastik tasarım ivme spektrum köşe periyodu
$\mathbf{T_{BD}}$: Düşey elastik tasarım ivme spektrum köşe periyodu
$\mathbf{T_m}$, $\mathbf{T_n}$: Binanın m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotları [s]
$\mathbf{T_P}$: Binanın hakim doğal titreşim periyodu
$\mathbf{T_{PA}}$: Ampirik doğal titreşim periyodu
$\mathbf{V_i}$: Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
$\mathbf{V_c}$: Betonun kesme dayanımına katkısı
$\mathbf{V_{cr}}$: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
$\mathbf{V_d}$: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan tasarım kesme kuvveti
$\mathbf{V_{dy}}$: Kirişin herhangi bir kesitinde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
$\mathbf{V_e}$: Kolon, kiriş ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
$\mathbf{V_{ke}}$: Kayma bölgesinin gerekli kesme dayanımı
$\mathbf{V_{ik}}$: Binanın i'inci katındaki tüm kolonlarda göz önüne alınan deprem doğrultusundaki kesme kuvvetlerinin toplamı
$\mathbf{V_{is}}$: Binanın i'inci katında, hem alttaki hem de üstteki düğüm noktalarında sağlandığı kolonlarda, göz önüne alınan deprem doğrultusunda hesaplanan

kesme kuvvetlerinin toplamı

V_{kol} : Düğüm noktasının üstünde ve altında hesaplanan kolon kesme kuvvetlerinin küçük olanı

V_r : Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı

$(VS)_{30}$: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı

V_t : Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

V_{tB} : Mod Birleştirme Yöntemi'nde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)

W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

w_e : Yapısal çıkıntının, mimari elemanın, mekanik veya elektrik donanımın ağırlığı

w_i : Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

Y : Mod Birleştirme Yöntemi'nde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı

α_i : Herhangi bir i'inci katta hesaplanan Vis / Vik oranı

α_S : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı

β : Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

δ_{imax} : Binanın i'inci katındaki maksimum etkin göreli kat ötelemesi

ε_c : Beton basınç birim şekil değiştirmesi

ε_{cg} : Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi

ε_{cu} : Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi

ε_s : Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi

ε_{su} : Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi

ε_{sy} : Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi

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

ρ : Kiriş mesnedinde üstteki veya alttaki çekme donatısı oranı

ρ' : Kiriş mesnedinde üstteki veya alttaki basınç donatısı oranı

ρ_b : Kiriş dengeli donatı oranı

ρ_s : Kolonda spiral donatının hacımsal oranı [_$\rho_s = 4A_{os}$ (D s)]

ρ_{sh} : Perdede yatay gövde donatılarının hacımsal oranı [$(\rho sh)_{min} = 0{,}0025$]

ρ_x, ρ_y : İlgili doğrultulardaki enine donatı hacim oranı

θ_i : i'inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri

θ_p : Plastik dönme istemi

Δi : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

Δi_{ort} : Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi

ΔFN : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

ΔM : Mesnet momenti azaltması

$Ø$: Donatı çapı

Γ_{x1} : x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

Γ_{y1} : y deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

Φ_{xN1} : Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait

mod şekli genliği

Φ_{yN1} : Binanın tepesinde (N'inci katında) y deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Düzensizlik türleri [4, 5] 5
Çizelge 3.1: Yapıya etki eden sabit yükler 19
Çizelge 3.2: Yapıya etki eden sabit yükler 19
Çizelge 3.3: TBDY-2018 için spektral ivme katsayıları 20
Çizelge 3.4: Deprem tasarım sınıfları [5] 23
Çizelge 3.5: Deprem tasarım sınıflarına ve yapı yüksekliğine göre bina yükseklik sınıfları [5] 23
Çizelge 3.6: Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları [5] 24
Çizelge 3.7: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı [5] ... 24
Çizelge 3.8: Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları [5] 27
Çizelge 3.9: Modal katılım kütle oranları ETABS sonuçları 28
Çizelge 3.10: Büyütme katsayılarının hesap detayları [5] 31
Çizelge 3.11: Taşıyıcı sistem davranış katsayısının her bir perde grubunun taban devrilme momentine göre kontrolü [5] 32
Çizelge 3.12: Taşıyıcı sistem davranış katsayısının perde taban devrilme momentlerinin toplamına göre kontrolü [5] 33
Çizelge 3.13: Göreli kat ötelemelerinin kontrolleri (TBDY-2018) 35
Çizelge 3.14: İkinci mertebe etkilerinin kontrolleri (TBDY-2018) 37
Çizelge 3.15: Burulma düzensizliği katsayısının hesaplanması (TBDY-2018) 37
Çizelge 3.16: Rijitlik düzensizliği katsayısının hesaplanması (TBDY-2018) 40
Çizelge 4.1: DBYBHY-2007, etkin yer ivme katsayısı [5] 44
Çizelge 4.2: Bina önem katsayısı [4] 45
Çizelge 4.3: Spektrum karakteristik periyotları [4] 45
Çizelge 4.4: Yerinde dökme betonarme binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı [4] 46
Çizelge 4.5: Modal katılım kütle oranları ETABS sonuçları 48
Çizelge 4.6: X ve Y doğrultuları için taban kesme kuvvetlerinin hesap detayları 51
Çizelge 4.7: İç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin büyütme katsayılarının hesap detayları 52
Çizelge 4.8: Azaltılmış taşıyıcı sistem davranış katsayısının hesap detayları 53
Çizelge 4.9: Büyütme katsayılarının ve perde taban kesme kuvvetlerinin hesap detayları 53
Çizelge 4.10: Göreli kat ötelemelerinin kontrolleri (DBYBHY-2007) 55
Çizelge 4.11: İkinci mertebe etkilerinin kontrolleri (DBYBHY-2007) 56
Çizelge 4.12: Burulma düzensizliği katsayısının hesaplanması (DBYBHY-2007) .. 57
Çizelge 4.13: Rijitlik düzensizliği katsayısının hesaplanması (DBYBHY-2007) 59
Çizelge 5.1: Yönetmeliklere göre elde edilen yapı periyotları 61
Çizelge 5.2: Yönetmeliklere göre taşıyıcı sistem davranış katsayılarındaki değişim 62
Çizelge 5.3: Yönetmeliklere göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri 62
Çizelge 5.4: Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri (kN) 64
Çizelge 5.5: Göreli kat ötelemelerinin kapasite oranları 65
Çizelge 5.6: İkinci mertebe gösterge değerleri 68
Çizelge 5.7: Burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması 70
Çizelge 5.8: Rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması 71
Çizelge 5.9: Kolon eğilme momentleri - ETABS (kNm). 77

Çizelge 5.10: Kolon kesme kuvvetleri - ETABS (kN) 77

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: AFAD Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2019) [2] 1
Şekil 1.2: AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritası [3] 2
Şekil 2.1: Burulma düzensizliği durumu [4, 5] 6
Şekil 2.2: A2 döşeme süreksizliği [4, 5] 7
Şekil 2.3: A3 planda çıkıntılar bulunması durumu [4, 5] 8
Şekil 2.4: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği [4, 5] 10
Şekil 3.1: Çatı katı kalıp planı 12
Şekil 3.2: Normal katlar ve zemin kat kalıp planı 12
Şekil 3.3: Bodrum kat kalıp planı 13
Şekil 3.4: Hesap modelinin üç boyutlu görünüşü 15
Şekil 3.5: Hesap modelinin üç boyutlu görünüşü-2 15
Şekil 3.6: Hesap modelinin üç boyutlu görünüşü-3 16
Şekil 3.7: Hesap modeli bodrum kat planı 16
Şekil 3.8: Hesap modeli zemin ve normal kat planı 17
Şekil 3.9: Hesap modeli çatı katı planı 17
Şekil 3.10: Hesap modeli 5 aksi kesit görünümü 18
Şekil 3.11: Hesap modeli D aksi kesit görünümü 18
Şekil 3.12: Yatay elastik tasarım spektrum eğrisi [5] 21
Şekil 3.13: Düşey elastik tasarım spektrum eğrisi [5] 22
Şekil 3.14: Yapının 3. modundaki şekil değiştirmesi 29
Şekil 3.15: Yapının 1. modundaki şekil değiştirmesi 30
Şekil 3.16: Yapı modelinde gruplandırılan perde sistemlerinin isimleri 32
Şekil 3.17: ETABS Düğüm noktası numaraları 34
Şekil 3.18: Yapının plandaki çıkıntı uzunlukları 39
Şekil 4.1: Spektrum katsayısı grafiği [4] 44
Şekil 4.2: Yapının 3. moduna ait şekil değiştirmesi 49
Şekil 4.3: Yapının 2. moduna ait şekil değiştirmesi 50
Şekil 4.4: ETABS Düğüm noktası numaraları 54
Şekil 5.1: X doğrultusunda katlara etkiyen kesme kuvvetleri – Spec X (kN) 63
Şekil 5.2: Y doğrultusunda katlara etkiyen kesme kuvvetleri Spec Y (kN) 63
Şekil 5.3: Göreli kat ötelemelerinin sınır şartlara göre kapasite aşım oranları 66
Şekil 5.4: X doğrultusunda katların maksimum yer değiştirme değerleri 67
Şekil 5.5: Y doğrultusunda katların maksimum yer değiştirme değerleri 67
Şekil 5.6: İkinci mertebe gösterge değerlerinin katlara göre karşılaştırılması 69
Şekil 5.7: Burulma düzensizliği katsayılarının katlara göre karşılaştırılması 70
Şekil 5.8: Rijitlik düzensizliği katsayılarının katlara göre karşılaştırılması 72
Şekil 5.9: X doğrultusunda çekirdek perde grubunun tasarım kesme kuvvetleri 73
Şekil 5.10: Y doğrultusunda çekirdek perde grubunun tasarım kesme kuvvetleri 74
Şekil 5.11: X doğrultusunda çekirdek perde grubunun tasarım eğilme momentleri . 75
Şekil 5.12: Y doğrultusunda çekirdek perde grubunun tasarım eğilme momentleri . 75
Şekil 5.13: Kolonların ve kirişlerin ETABS programındaki numaraları 76
Şekil 5.14: X doğrultusundaki eğilme momentlerinin karşılaştırılması 78
Şekil 5.15: Y doğrultusundaki eğilme momentlerinin karşılaştırılması 78
Şekil 5.16: X doğrultusundaki kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 79
Şekil 5.17: Y doğrultusundaki kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 79
Şekil 5.18: Yapı modelinin döşemelerinde yapılan karşılaştırmalar için döşeme hizaları 80

Şekil 5.19: TBDY-2018 için X doğrultusundaki döşemenin tasarıma esas çekme kuvveti diyagramı..... 81
Şekil 5.20: TBDY-2018 için Y doğrultusundaki döşemenin tasarıma esas çekme kuvveti diyagramı..... 82
Şekil 5.21: DBYBHY-2007 için X doğrultusundaki döşemenin tasarıma esas çekme kuvveti diyagramı..... 83
Şekil 5.22: DBYBHY-2007 için Y doğrultusundaki döşemenin tasarıma esas çekme kuvveti diyagramı..... 84

A3 TÜRÜ DÜZENSİZLİĞE SAHİP BETONARME BİR YAPININ DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 ESASLARINA GÖRE İNCELENMESİ

ÖZET

Doğal afetler geçmişten günümüze kadar insanlık tarihinde önemli sonuçlara yol açmış olaylardır. Bu doğal olaylarının başında ise deprem gelmektedir. Hem Türkiye hem de Japonya, Filipinler ve Yeni Zelanda gibi dünyada deprem kuşağında bulunan diğer ülkeler sık sık deprem konusu ile gündeme gelmektedirler. Her ne kadar depreme karşı önlemler alınmaya çalışılsa da depremin yıkıcı etkisi, her zaman insanlık tarihinin sınavı olmuştur ve önemli derecede can ve mal kaybına yol açmıştır. Bu doğal olaya karşı birçok alanda gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli önlemler alınmaktadır. Dikkate alınması gereken diğer bir önlem ise deprem etkisi altında yapıların dayanımını sağlamaktır. Bunun güvenliğini sağlamak ise yönetmelikler ve şartnameler gibi devlet nezdinde kararlar alınarak yürürlüğe koyulmasıdır. Ülkemizde bugüne kadar toplam 11 adet yönetmelikler ve talimatnameler yayımlanmıştır. Bu tez kapsamında ise tasarımı yapılan betonarme bir üst yapının hem Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007' ye hem de Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018' e göre deprem etkisi altında analizi yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda ise A3 türü düzensizliğe sahip bir yapının her iki yönetmeliğe göre farklılıkları ortaya konmuştur. Tez kapsamında incelenen yapı, bodrum katlarla birlikte 20 katlı olup planda düzensizlikler ana başlığı altındaki A3 türü planda çıkıntılar bulunması durumuna sahiptir. Yapı kirişli plak döşeme taşıyıcı sistemi ile tasarlanmış olup, planda iki eksene göre simetriye ve tüm katlarda aynı düzene sahiptir. Radye temele sahip bu yapının bodrum katlarını çevreleyen rijit betonarme perdeler yer almaktadır.

Tezin ilk bölümü, depremin ne ifade ettiğini, coğrafi açıdan açıklanmasını içermektedir. Doğal afetlerin, jeolojik ve meteorolojik olarak iki ana gruba ayrıldığı anlatılmıştır. Depremin ise yer kabuğundaki hareketlilik olarak tanımlanan jeolojik doğal afetler grubunda olduğu vurgulanmıştır. Depremin tanımı yapılarak Türkiye' nin bulunduğu deprem kuşağı görsel ifadelerle açıklanmıştır. Ayrıca Türkiye' nin deprem geçmişi ile ilgili bilgiler verilerek bugüne kadar yürürlüğe girmiş deprem yönetmelikleri kronolojik olarak listelenmiştir. Ayrıca tezin amacı ve kapsamı detaylı olarak açıklanarak yapıdaki A3 türü düzensizliğin nedeni belirtilmişti. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018' de verilen bazı konulara değinilerek tez kapsamında değerlendirilen yapı hakkında kısaca bilgiler verilmiştir. Hesap yöntemine vurgu yapılarak hangi sonuçların kıyaslanacağı hakkında tez kapsamı anlatılmıştır ve yapının hesabı aşamasında yararlanılan bilgisayar programına değinilmiştir.

İkinci bölümde, yapılarda çok sık karşılaşılan ve tez kapsamında esas alınan yönetmeliklerde belirtilen yapı düzensizlikleri detaylı olarak açıklanmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 içeriklerine göre düzensizlik türleri iki ana gruba ayırılmış ve düzensizliklerin yapı tasarımına etkileri ve sonuçları ifade edilmiştir. Devamında düzensizlik kontrollerinin hesap aşamalarında esas alınması gereken denklemler gösterilmiş ve yönetmeliklerde verilen sınır şartlar belirtilmiştir. Her bir düzensizlik türü hem detaylı ifade edilerek hem de yönetmelik kapsamında olan görsellere başvurularak tez kapsamında incelenen üst yapının düzensizlik durumu vurgulanmıştır.

Üçüncü bölüm genel itibariyle Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 esas alınarak A3 türü planda çıkıntılar bulunması düzensizliğine sahip betonarme bir yapının deprem kuvvetleri altında analizini ve elde edilen sonuçlarını anlatmaktadır. Hesaplarda kullanılan yapının kat planları, kat yükseklikleri, taşıyıcı sistemin yapısı, taşıyıcı sistem eleman kesitleri ve aks ölçüleri detaylı olarak ifade edilmiştir. Bu yapı bilgilerinin üç boyutlu hesap analiz modeli için CSI ETABS v18.0.2 programının kullanıldığı belirtilerek, yapının bilgisayar ortamında sonlu elemanlar yöntemi ile hesap yapan programda oluşturulan üç boyutlu analiz modeli tanıtılarak hesap aşamasında oluşabilecek hataların giderilmesi için model üzerinde yapılmış müdahaleler anlatılmıştır. Hesap modelinin programdan alınmış üç boyutlu görünüşleri, tipik kat planı ve kesitleri şekillerle gösterilmiştir. Yapıya etkiyen yükler tanımlanarak düşey deprem etkisinin dikkate alındığı vurgulanmış ve hesap değerleri verilmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018' e göre deprem parametreleri açıklanarak sayısal değerleri belirlenmiştir ve yük birleşimleri tarif edilerek hesaba etkiyen unsurlar anlatılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018' de ifade edilen kesit rijitliği çarpanı, dayanım fazlalığı katsayısı ve taşıyıcı sistem katsayısı gibi konular incelenerek yapının deprem kuvvetleri altındaki periyotları belirlenmiştir. Bina hakim periyodu belirlenerek şekil değiştirme değerleri elde edilmiş ve yapının şekil değiştirmeleri üç boyutlu model üzerinde gösterilmiştir. Taban kesme kuvveti hesaplanarak taşıyıcı sistem davranış katsayısı kontrol edilmiştir. Elde edilen diğer sonuçlar yönetmelik sınır şartlarına göre kontrol edilerek Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018' e göre analiz tamamlanmıştır.

Dördüncü bölüm, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 esaslarına göre analizi yapılan A3 türü düzensizliğe sahip 20 katlı bir üst yapının tasarım çalışmasını ve hesap sonuçlarını içermektedir. Bu bölüm esas alınan yönetmelik için yapılan yapısal analiz çalışmasını detaylandırmaktadır. Üçüncü bölüme içerik açısından benzerlik göstermekte olup hesap aşamaları Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 esas alınarak yapılmıştır. TBDY-2018' e göre dikkate alınan yapı özelliklerinin DBYBHY-2007 için de aynı olduğu belirtilerek yapıya etkiyen yükler anlatılmıştır. Düşey depremin yapıya etkisinin gözetilmemesi hususunda bilgi ve TS498' e göre hareketli yük değerleri verilmiştir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007' ye göre deprem etkisinin 50 yılda aşılma olasılığının %10 olduğu spektrum katsayısı grafiği ile spektrum katsayısının hesapları gösterilmiştir. Deprem kuvvetini belirlemek için kullanılan zemin grupları, etkin yer ivme katsayısı, düşey deprem etkisi, dayanım fazlalığı katsayısı gibi parametrelerin yönetmelikler arasında farklılıklarının olmasından dolayı ortaya çıkan durumlar ele alınarak vurgulanmıştır. Yapının etkin yer ivme katsayısı, bina önem katsayısı, spektrum karakteristik periyotları ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı hakkında kısa açıklamalar yapılmış ve hesapta dikkate alınacak ilgili parametrelerin sayısal değerleri ifade edilmiştir. Yönetmeliğe göre sabit ve hareketli yüklere, sıcaklık değişmesine ve deprem yüklerine bağlı yük birleşimleri verilmiştir. Bina hakim periyotları belirlenerek yapının X ve Y doğrultularındaki şekil değiştirmeleri üç boyutlu modellerle gösterilmiştir. Taban kesme kuvvetleri ve iç kuvvetlerin büyütme katsayılarının hesapları gösterilerek taşıyıcı sistem davranış katsayısının kontrolü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre taşıyıcı sistem davranış katsayısında azaltma yapılarak hesaplar yeniden yapılmıştır. İkinci mertebe etkilerin, A1 burulma düzensizliği kontrolü ve B2 komşu katlar arası rijitlik katsayısını kontrolleri ile Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007' ye göre yapısal analizi tamamlanmıştır.

Beşinci bölüm, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 için elde edilmiş deprem analiz sonuçlarının birbirleriyle olan kıyaslamalarını içermektedir. İlk aşamada bina hakim periyotları, taşıyıcı sistem davranış katsayıları, taban kesme kuvvetleri sonuçları tablolarla ve şekillerle ortaya konularak aradaki oluşan farklar nedenleri açıklanarak belirtiştir. Diğer aşamada göreli kat ötelemelerinin, ikinci mertebe etkilerinin ve düzensizlik durumlarının yapının her bir katı ve birbirine dik her iki doğrultu için çizelgelerde verilerek karşılaştırılmış ve grafikler üzerinde farklı renkler ile gösterilerek açıklanmıştır. Bir sonraki aşamada elde edilen betonarme çekirdek perde sisteminin tasarıma etkin iç kuvvetler yapı katlarına karşılık gelecek şekilde grafiğe dökülmüş ve iki yönetmelik arasındaki farkların sonuca olan etkisi gösterilmiştir. Sonrasında kolon tasarım iç kuvvetlerinin kıyaslamaları için kat planı üzerinde yapının zemin üzerindeki ilk katına ait kolonların numaraları belirlenmiştir. Tasarıma etkin bu iç kuvvet değerleri hem Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 hem de Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 için tablolarda gösterilerek her bir kolon numarası için yönetmelikler arasındaki oluşan farklılıkların grafikleri verilerek açıklanmıştır. Son aşamada ise yapıdaki mevcut A3 türü düzensizliğin yönetmeliklere göre hesaplara olan etkileri araştırılmıştır. Kat planı üzerinde planda çıkıntı yapan kısımlar için hizalar belirlenerek şekil üzerinde gösterilmiştir. ETABS programından alınan zemin üzerindeki ilk katın her iki doğrultu için maksimum ve minimum çekme kuvveti diyagramları verilerek yönetmelikler arasındaki sonuçlar ortaya konmuştur ve açıklanmıştır.

Altıncı bölümde, tez çalışmasındaki tüm noktalar özetlenerek elde edilen farklılıkların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'e ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007' ye göre sonuçlarını içermektedir. Her iki yönetmelik için de hesapta dikkate alınacak bazı parametrelerin ve kavramların arasındaki farklar vurgulanarak bunların neler olduğu ve neleri etkilediği açıklanmıştır. Buna göre etkin kesit rijitliği çarpanları, zemin sınıfları, dayanım fazlalığı katsayısı ve düşey deprem yükünün sabit yüklere ilave edilmesi konularının yapısal analiz sonuçları üzerindeki etkileri ifade edilmiştir. Buna ilaveten A3 türü planda çıkıntılar bulunması düzensizlik durumunun her iki yönetmeliğe göre hesaplanan yapılardaki analiz sonuçlarının arasındaki farklılıklar anlatılmıştır.

A CONCRETE BUILDING WITH A3 TYPE OF IRREGULARITY INVESTIGATION ACCORDING TO DBYBHY-2007 AND TBDY-2018

SUMMARY

Natural disasters are events that have led to important consequences in the history of humanity from the past to the present. Earthquake comes first among these natural events. Both Turkey and Japan, the Philippines and other countries in the earthquake zone in the world like New Zealand they come up with frequent earthquakes subject. Although attempts to take anti-earthquake measures are taken, the destructive effect of the earthquake has always been a test of human history and caused a significant loss of life and property. Various precautions are taken against this natural phenomenon with the developing technology in many areas. Another measure to be taken into consideration is to ensure the strength of the structures under the effect of earthquake. To ensure the security of this is to make decisions by the state such as regulations and specifications. A total of 11 regulations and regulations have been published in our country so far. This thesis proposes the structure of a reinforced concrete top made design to be constructed in both Seismic Zone Building About Regulations-2007 to both Turkey Building Earthquake Regulation-2018 according Analyzing under the influence of an earthquake results were compared. As a result of these comparisons, the differences of an A3 type irregular structure according to both regulations were revealed. The structure examined within the scope of the thesis has 20 storeys with basement floors and it has the status of bulges in A3 plan under the main headings of irregularities in the plan. The structure is designed with a beamed slab bearing system and has symmetry in the plan according to two axes and the same order in all floors. There are rigid reinforced concrete curtains surrounding the basements of this structure with a raft foundation.

The first part of the thesis includes what the earthquake means and its geographical explanation. It is explained that natural disasters are divided into two main groups: geological and meteorological. It was emphasized that the earthquake is in the geological natural disasters group, which is defined as the mobility in the earth crust. By defining Earthquake in Turkey earthquake zone where the query is explained with visual expressions. In addition, Turkey's earthquake by giving information about the history of earthquake regulations entered into force so far are listed in chronological order. In addition, the purpose and scope of the thesis was explained in detail and the reason for the A3 type irregularity in the structure was stated. Turkey Earthquake Building Regulations-2018 also briefly considered the scope of the reference information about the structure of the thesis is given to some issues. The emphasis is on the calculation method and the scope of the thesis is explained about which results will be compared and the computer program used in the calculation of the structure is mentioned.

In the second part, the structural irregularities that are frequently encountered in the buildings and stated in the regulations based on the thesis are explained in detail. Turkey Earthquake Building Regulations-2018 and the Regulation on Building to be Built in Seismic Zone-2007 content types irregularities have been separated into two main groups according to their impact on the design and structure of irregularities and expressed the results. Subsequently, the equations to be taken as basis in the calculation stages of irregularity controls are shown and the boundary conditions given in the regulations are specified. The irregularity of the superstructure

underlined in the thesis is emphasized by expressing each type of irregularity in detail and by referring to the images covered by the regulation.

The third section describes in general terms to Turkey Building Regulations Earthquake-2018 A3 based on the type of plan the projections have a reinforced structure are analyzed under seismic forces and the obtained results with irregularities. The floor plans, floor heights, the structure of the carrier system, the cross sections of the carrier system and the axle dimensions of the structure used in the calculations are detailed. It is stated that CSI ETABS v18.0.2 program is used for the three-dimensional calculation analysis model of this building information, and the three-dimensional analysis model created in the program that calculates with the finite element method in the computer environment is introduced and the interventions on the model are explained to eliminate the errors that may occur during the calculation phase. Three-dimensional views of the calculation model taken from the program, typical floor plan and sections are shown in figures. By determining the loads affecting the structure, it was emphasized that the effect of the vertical earthquake was taken into account and account values were given. Turkey Building Regulations Earthquake-2018 were determined according to the numerical values explained earthquake parameters and load combinations is described by calculating the elements described effects. Turkey Building Regulations Earthquake-2018 was expressed sectional stiffness multiplier, examining issues such as the structure and structural strength coefficient excess coefficient earthquake forces down period are determined. The building dominant period was determined and the deformation values were obtained and the deformations of the building were shown on the three-dimensional model. Carrier system behavior coefficient was controlled by calculating the base shear force. Other results obtained by checking the boundary conditions according to the regulations Turkey Earthquake Building Regulations-2018 'was completed according to the analysis.

The fourth section includes the design study and calculation results of a 20-storey superstructure with A3 type irregularity, which was analyzed according to the Regulation on Buildings to be Built in Earthquake Zones-2007. This section details the structural analysis study made for the underlying regulation. The third part is similar in terms of content, and the calculation phases were made on the basis of the Regulation on Buildings to be Built in Earthquake Zones-2007. The loads affecting the building are explained by stating that the building properties considered according to TBDY-2018 are the same for DBYBHY-2007. Information about the effect of the vertical earthquake on the structure is given and the moving load values are given according to TS498. According to the Regulation on Buildings to be Made in Earthquake Zones-2007, the spectrum coefficient graph and the calculations of the spectrum coefficient are shown in which the earthquake effect is 10% probability to exceed 50 years. The ground groups used to determine the earthquake force are emphasized by considering the situations that arise due to the differences in the parameters such as effective ground acceleration coefficient, vertical earthquake effect, and excessive strength coefficient among regulations. Brief explanations were made about the effective ground acceleration coefficient, building importance coefficient, spectrum characteristic periods and carrier system behavior coefficient of the building and the numerical values of the relevant parameters to be considered in the account were expressed. According to the regulation, load combinations related to fixed and moving loads, temperature changes and earthquake loads are given. The building dominant periods are determined and the deformations of the building in the

X and Y directions are shown with three-dimensional models. The carrier system behavior coefficient was checked by showing the calculations of the base shear forces and the magnification coefficients of the internal forces. According to the results obtained, the calculations were made again by reducing the carrier system behavior coefficient. Structural analysis of the second order effects has been completed according to the Regulation on Buildings to be Built in Earthquake Zones-2007 with A1 torsional irregularity control and B2 adjacent stiffness coefficient controls.

The fifth chapter of the Building Earthquake Regulation-2018 and Turkey Earthquake Regions Things About Building Regulations-2007 earthquake obtained for analysis includes comparisons with each other. In the first stage, the building dominant periods, carrier system behavior coefficients, base shear forces results are indicated by tables and figures and the differences between them are explained by explaining the reasons. In the other stage, relative floor displacements, second order effects and irregularities were compared by giving them in tables for each floor of the structure and both perpendicular directions, and explained with different colors on the graphs. The reinforced concrete core curtain system obtained in the next stage was plotted in the design to correspond to the building levels of the effective internal forces and the effect of the differences between the two regulations on the result was shown. Afterwards, the numbers of the columns of the first floor of the building on the ground were determined on the floor plan for comparisons of the column design internal forces. this internal force effective design is explained by both Turkey Building Earthquake Regulation-2018 as well as graphs of the differences that occur between the regulations for each column number, showing in Things to Building Regulation on-2007 table in Seismic Zones. At the last stage, the effects of the existing A3 type irregularity on the accounts according to the regulations were investigated. For the parts protruding in the plan on the floor plan, the alignments are determined and shown on the figure. The results between the regulations are presented and explained by giving the maximum and minimum pull force diagrams for both directions of the first floor on the floor taken from the ETABS program.

In the sixth chapter, the thesis summarized all the points of differences obtained in the study Turkey Earthquake Building Regulations-2018 and the Regulation on Building to be Built in Seismic Zone-2007 contains the results according to. For both regulations, the differences between some parameters and concepts that will be taken into account in the account are emphasized, explaining what they are and what they affect. Accordingly, the effects of effective cross-section stiffness factors, ground classes, excessive strength coefficient and addition of vertical earthquake load to fixed loads were expressed on the results of structural analysis. In addition to this, the differences between the results of the analysis of the irregularity of the A3 type plan in the structures calculated according to both regulations are explained.

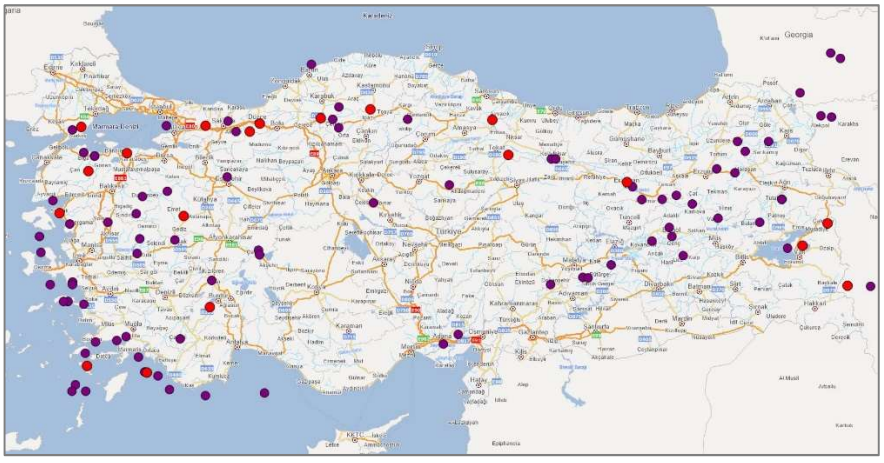
1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgi

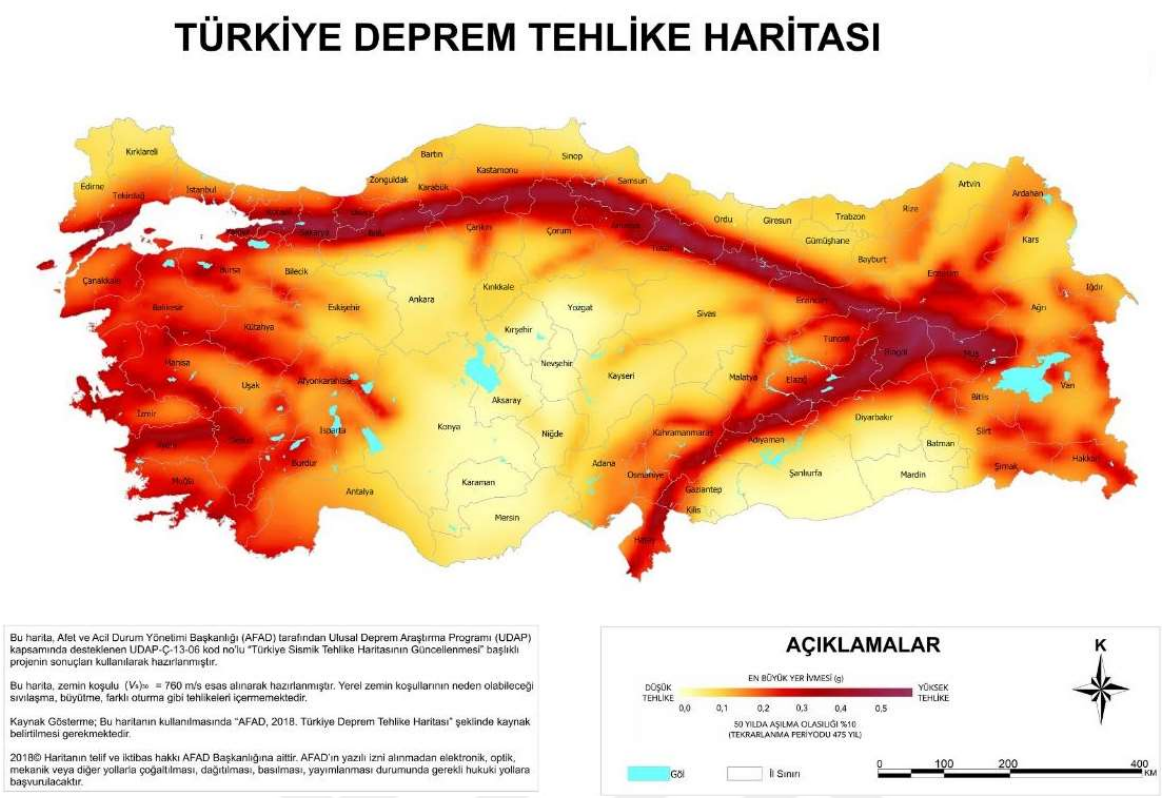
Doğal afetler, her türlü can ve mal kaybına yol açan doğa olaylarıdır. Doğal felaketlerin etkileri insanların yoğunluğuna göre önemli sonuçlar getirmektedir. Deprem, heyelan, sel ve tsunami gibi doğal afetlerin tarihimizde çok ciddi zararlar oluşturduğu ve hem can hem de mal kaybına neden olduğu bilinmektedir.

Doğal afetler teorik olarak jeolojik ve meteorolojik olmak üzere iki genel gruba ayrılmaktadır. Atmosferdeki doğa olaylarının meydana getirdiği meteorolojik doğal afetler; sel, fırtına, kasırga ve çığ gibi olaylardır. Jeolojik doğal afetler ise yer kabuğundaki hareketlilikten oluşur. Bu afetler; deprem, heyelan, yanardağ patlamaları ve tsunami gibi olaylardır. Bütün bu bilgiler doğrultusunda toplumların yerleşim bölgelerine göre etkili ve önemli doğal afet türlerinden biri depremdir.

Deprem, yer kabuğu içinde gerçekleşen fay kırıklarının hareketiyle açığa çıkan enerjinin yayılarak ani titreşimlerle yeryüzünde sarsıntılar oluşturmasıdır. Ülkemiz ise dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır ve geçmişte yaşadığımız Gölcük, Düzce, Van ve Marmara gibi depremler çok fazla can ve mal kaybına neden olmuştur. Türkiye'de son 60 yıl içerisinde meydana gelen depremler sonucunda yaklaşık olarak 58.200 kişi hayatını kaybederken, 122.000 kişi yaralanmış ve 411.500 bina ağır hasar görmüş veya yıkılmıştır [1]. Bu nedenle yapıların güvenliğini sağlamak ve bu konuda bilincin artırılması çok önemlidir. AFAD tarafından hazırlanmış olan son 120 yılda gerçekleşmiş olan depremler Türkiye deprem kataloğunda ve Türkiye deprem tehlike haritası sırası ile Şekil 1.1' de ve Şekil 1.2' de gösterilmiştir.



Şekil 1.1: AFAD Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2019) [2].



Şekil 1.2: AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritası [3].

Türkiye'de geçmişten günümüze kadar yürürlüğe girmiş deprem yönetmelikleri aşağıda verilmiştir.

1940 Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi

1944 Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi

1949 Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği

1953 Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1962 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1968 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik [4]

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği [5]

1.2 Amaç ve Kapsam

Bu tez çalışmasında A3 türü planda çıkıntılar bulunması düzensizlik durumu incelenmiştir. Çalışma kapsamında örnek teşkil edecek düzensizlik bulunan bir yapının deprem kuvvetleri altındaki hesapları yapılarak yapının doğrusal davranışı üzerinde çalışılmıştır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 [4] ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 [5] uyarınca iki farklı deprem yönetmeliği esas alınarak hesaplar yapılmış ve sonuçlar detaylı olarak karşılaştırılmıştır.

Her iki yönetmelikte bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu, A3 türü planda çıkıntılar bulunması düzensizliği olarak tanımlanmaktadır. Ancak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018' e göre etkin kesit rijitliği çarpanları tanımı dikkate alınarak yapısal betonarme elemanların kuvvetleri azaltılmış ve yük birleşimlerine düşey deprem etkisi eklenerek analizler yapılmıştır. Çalışma içeriğinde dikkate alınan yapı, 2 bodrum katı bulunan 20 katlı ofis binası olarak incelenmiştir. Taşıyıcı sistem ise süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerden ve süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli betonarme perdelerden oluşmaktadır. Ayrıca kat planlarının oluşturulmasında mimari unsurlar ve yapının kullanım koşulları göz önünde bulundurulmuştur. Hesaplar mod birleştirme yöntemine göre yapılarak yönetmelik koşullarına göre kontroller yapılmıştır. Bunların sonucunda ise her iki yönetmelik için elde edilen taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları, yapıların periyotları, elemanların iç kuvvetleri ve yapıların davranışları gibi analiz sonuçları karşılaştırılarak çizelgeler ve şekillerle gösterilmiştir. Deprem kuvvetleri altındaki analiz için CSI ETABS v18.0.2 programı kullanılmıştır [6].

2. DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ YAPILARDA DÜZENSİZLİKLER

Yapılar tasarım aşamasında veya sonrasında oluşan mimari ve topografik unsurlardan dolayı hedeflenen simetriye ve düzene sahip olamayabilirler. Bunun sonucunda ise yatay ya da düşey doğrultuda istenilen standartların dışına çıkıldığında yapıların narinlik faktörü daha fazla önem kazanmaktadır. Yönetmeliklerimiz ise bu konuda sınırlamalar getirmekte ve deprem etkisi altındaki yapıların zafiyetlerini azaltmaktadır. Tez kapsamında esas kabul edilen DBYBHY-2007' ye ve TBDY-2018' e göre yukarıda bahsedilen durum düzensizlik olarak tanımlanmaktadır ve her iki yönetmelik gereğince planda düzensizlik ve düşeyde düzensizlik olmak üzere iki ana başlıkta ifade edilmektedir. Bu düzensizlikler, yapı döşeme sistemlerinin bulunduğu yatay düzlemde olduğunda planda düzensizlik adını alırken, kolon veya perde sistemlerinin bulunduğu yapının düşey düzleminde olduğunda ise düşeyde düzensizlik olarak isimlendirilmektedir. Açıklanan düzensizlik türleri ile ilgili yönetmeliklerde geçen koşullar Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1: Düzensizlik türleri [4, 5].

A – Planda Düzensizlik Durumları	B – Düşeyde Düzensizlik Durumları
A1 – Burulma düzensizliği	B1 – Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)
A2 – Döşeme süreksizlikleri	B2 – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)
A3 – Planda çıkıntılar bulunması	B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

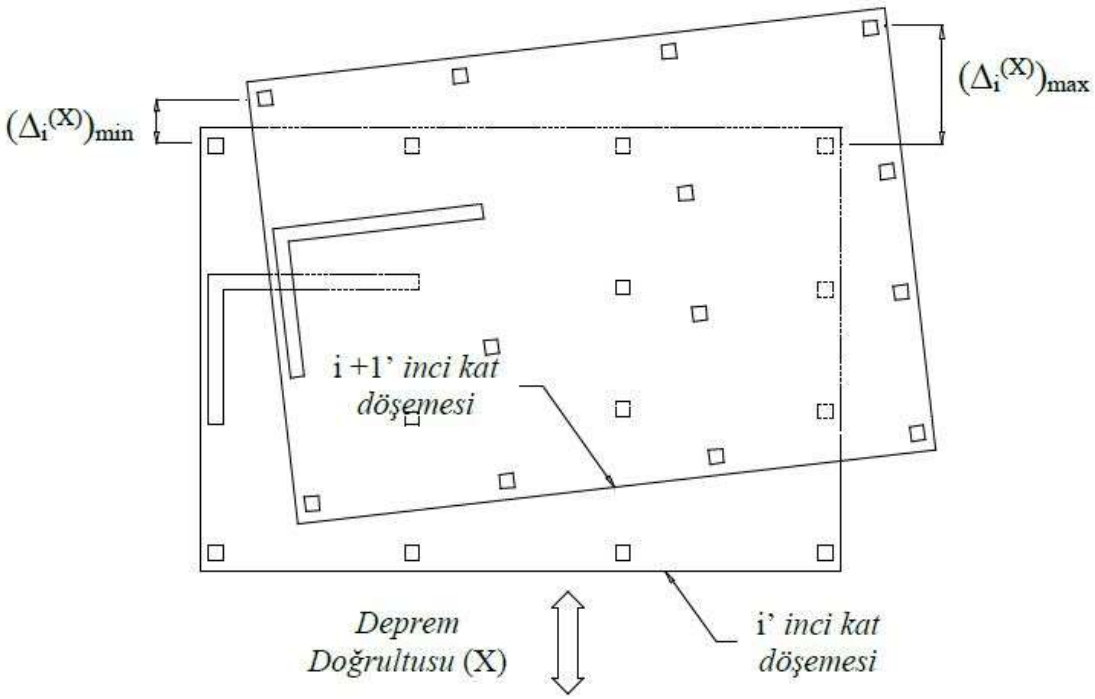
2.1 Planda Düzensizlik Durumları

2.1.1 Burulma düzensizliği (A1)

Burulma düzensizliği doğrudan deprem hesap yönteminin belirlenmesini etkilemektedir. Plana göre Şekil 2.1' de verilen yatay ya da düşey yönde etkiyen herhangi bir deprem doğrultusundaki en büyük göreli kat ötelemesinin, aynı doğrultudaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı ile burulma düzensizliği katsayısı elde edilir. Bu değer ile tez kapsamındaki yönetmeliklerde belirlenen sınır şartlarına göre değerlendirme yapılarak hesap yönteminin uygunluğuna bakılmaktadır. Burulma düzensizliği katsayısının 1,2' den büyük olduğu durumlarda eşdeğer deprem yükü

yöntemine göre ±%5 ek dış merkezliğin artırılması gerekmektedir. 2' den büyük olduğu durumlarda eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılması uygun olmamaktadır ve bu doğrultuda mod birleştirme yöntemi veya zaman tanım alanında analiz kullanılmaktadır.

Mod birleştirme yönteminde yapının deprem etkisi altında birbirinden farklı mod davranışları elde edilir. Eğer yapıda burulma etkisi mevcut ise elde edilen bu mod davranışlarına göre ilk moda bağlı kalınmaz ve yapı katlarının kütlesel katılım oranlarına göre farklı bir moda karşılık gelen periyodu dikkate alınır. Yani eşdeğer deprem yükü yöntemini kullanmak bu noktada uygun olmayabilir. O nedenle burulma düzensizliği katsayısı ile yapının deprem etkisindeki davranışının hesap yöntemine uygunluğu kontrol edilir.



Şekil 2.1: Burulma düzensizliği durumu [4, 5].

Ortalama göreli kat ötelemesi denklem 2.1' e ve burulma düzensizliği katsayısı denklem 2.2' ye göre hesaplanmaktadır. Burulma düzensizliği katsayısının 1,2' den büyük ve 2' den küçük olduğu durumlarda ±%5 ek dış merkezlik, denklem 2.3' e göre elde edilen değer ile çarpılarak her iki deprem yönü için de artırılmaktadır.

$$(\Delta_i) = 1/2[(\Delta_i)_{maks} + (\Delta_i)_{min}] \quad (2.1)$$

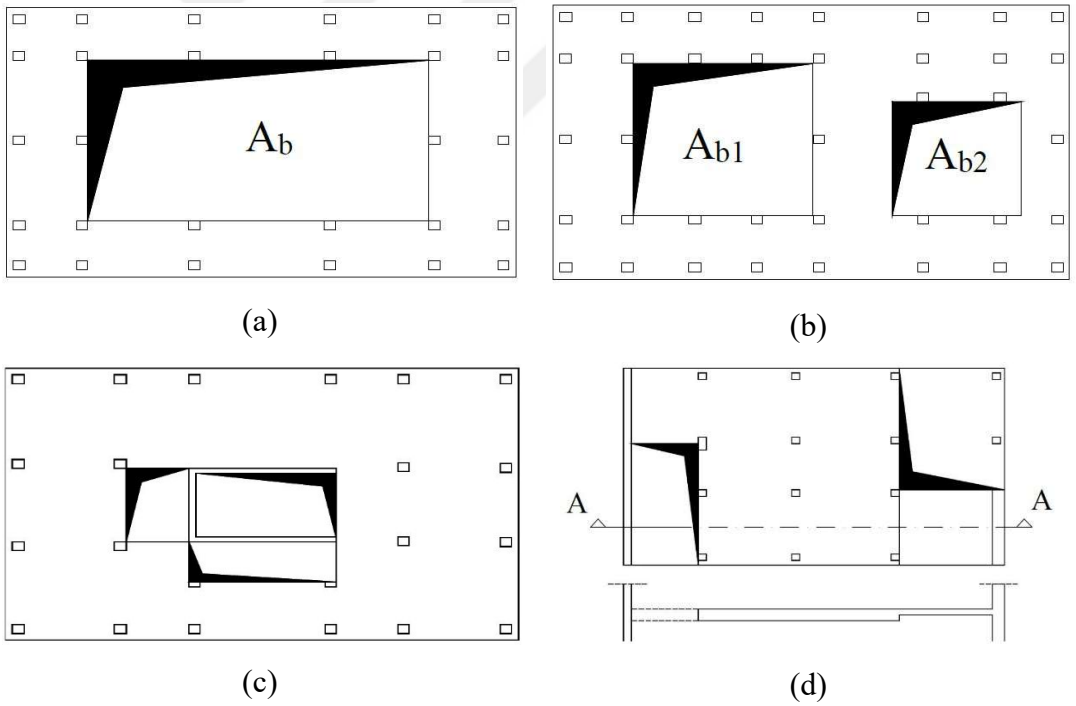
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks} + (\Delta_i)_{ort} \quad (2.2)$$

$$D_{bi} = (\frac{\eta_{bi}}{1,2})^2 \quad (2.3)$$

2.1.2 Döşeme süreksizlikleri (A2)

Yapılardaki döşeme sistemleri düzlem içindeki rijitlikleri sayesinde deprem etkisini karşılayarak yük akışını düşey elemanlara aktarmada önemli bir role sahiptir. Ancak tasarımdaki şartlar gereğince döşemelerde asansör, merdiven, aydınlatma boşlukları veya bina girinti ve çıkıntıları gibi etkenler rijitliği azaltmaktadır. Bu durum deprem ile etkiyen yatay yükün diğer taşıyıcı sistem elemanlarına dağıtılmasını etkilemektedir. Ayrıca diyafram rijitliğinin azalması döşeme sistemi içinde ek deformasyonların oluşmasına ve ilave etkilerin oluşmasına neden olabilmektedir.

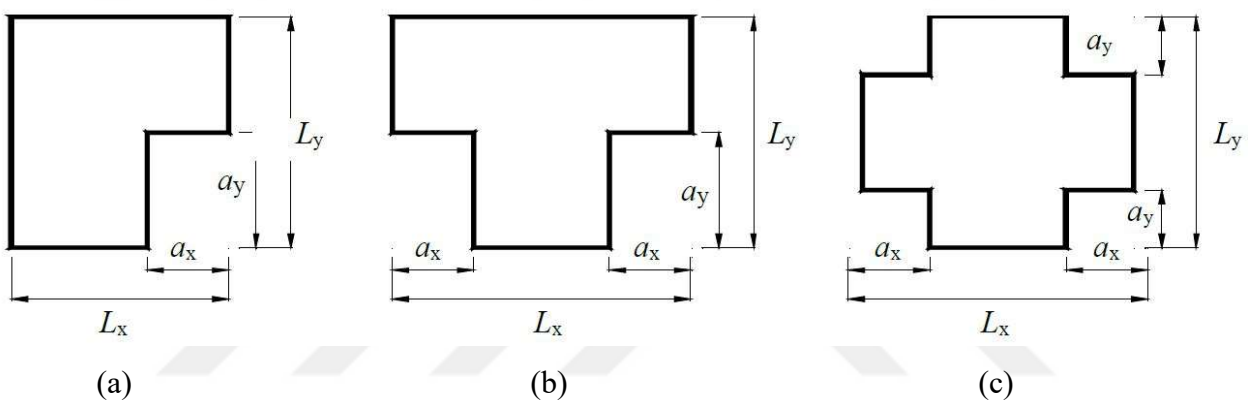
DBYBHY-2007' de ve TBDY-2018' de döşeme süreksizliği dikkate alınarak buna neden olan durumlar üç adımda açıklanmıştır. Bunlar; her bir döşeme sistemi için, plandaki bütün boşluk alanlarının toplamının kat brüt alanının 1/3' ünden fazla olması (Şekil 2.2.a ve Şekil 2.2.b), yatay yüklerin düşey elemanlara güvenle aktarılabilmesini zorlaştıran yerel döşeme boşluklarının bulunması (Şekil 2.2.c) ve döşemenin düzlem içi rijitliğinde büyük değişimler olması (Şekil 2.2.d) durumlarıdır.



Şekil 2.2: A2 döşeme süreksizliği [4, 5]

2.1.3 Planda çıkıntılar bulunması (A3)

Bir yapının kat planında girinti ya da çıkıntı yapan uzunluklarının aynı eksen doğrultusundaki toplam uzunluğunun %20' sinden daha büyük olması durumunda A3 türü planda çıkıntılar bulunması düzensizliği ortaya çıkmaktadır [4, 5]. Bu geometrik unsurları ifade eden kat planları Şekil 2.3' te ifade edilmiştir. Bu düzensizliğin bulunması yapılar üzerinde rijitliği azaltıcı yönde etki etmektedir. Bunun önüne geçilebilmesi için yapının girinti veya çıkıntılarını derz ile ayrılabilmektedir. Girinti veya çıkıntıların olduğu bölümlerde kesitlerin aşırı zorlanmalar olacağı ve yüklerin düşey elemanlara güvenle aktarılmasında sorun olacağı için yönetmelikler bu geometrik durumu sınırlandırmıştır.



Şekil 2.3: A3 planda çıkıntılar bulunması durumu [4, 5].

2.2 Düşeyde Düzensizlik Durumları

2.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1)

Zayıf kat düzensizliği olarak da isimlendirilen bu düzensizlik türünde kattaki kesme alanı üzerinden kontroller yapılmalıdır. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 uyarınca birbirine dik iki deprem doğrultusu için betonarme yapılarda herhangi bir katın toplam etkili kesme alanının bir üst katındaki toplam etkili kesme alanına oranına dayanım düzensizliği katsayısı denilmektedir. Bu katsayı 0,8' den küçük olması durumunda yapıda komşu katlar arası dayanım düzensizliği var olmaktadır. Denklem 2.4' te dayanım düzensizliği katsayısının ve denklem 2.5' te herhangi bir kattaki etkili kesme alanının hesaplanması gösterilmiştir.

$$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0{,}80 \tag{2.4}$$

$$(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + \left(\sum A_g\right)_i + (0{,}15\sum A_k)_i \tag{2.5}$$

Bu tip düzensizliğin mevcut olduğu durumlarda dikkate alınan kattaki dolgu duvarların toplam alanlarının bir üst kattaki toplam alanlarından büyük olması ile dayanım düzensizliği katsayısının hesabında dolgu duvarlar hesaba dahil edilmeyecektir. Ayrıca dayanım düzensizliği katsayısının 0,6 değerinden küçük olmaması gerekmektedir. Küçük olduğu durumlarda ise zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı yinelenecektir. Katsayı değeri 0,6 ile 0,8 arasında olması halinde ise taşıyıcı sistem davranış katsayısının her iki doğrultuda 1,25$(\eta_{ci})_{min}$ ile çarpılması gerekmektedir.

2.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2)

Yapının bodrum katları haricindeki üst yapısında birbirine dik her iki deprem doğrultuları için herhangi bir kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin komşu kattaki göreli kat ötelemesine oranına rijitlik düzensizliği katsayısı adı verilmektedir. Bu katsayının 2' den büyük olması halinde düzensizlik söz konusudur. Denklem 2.6' da rijitlik düzensizliği katsayısının hesabı ifade edilmiştir.

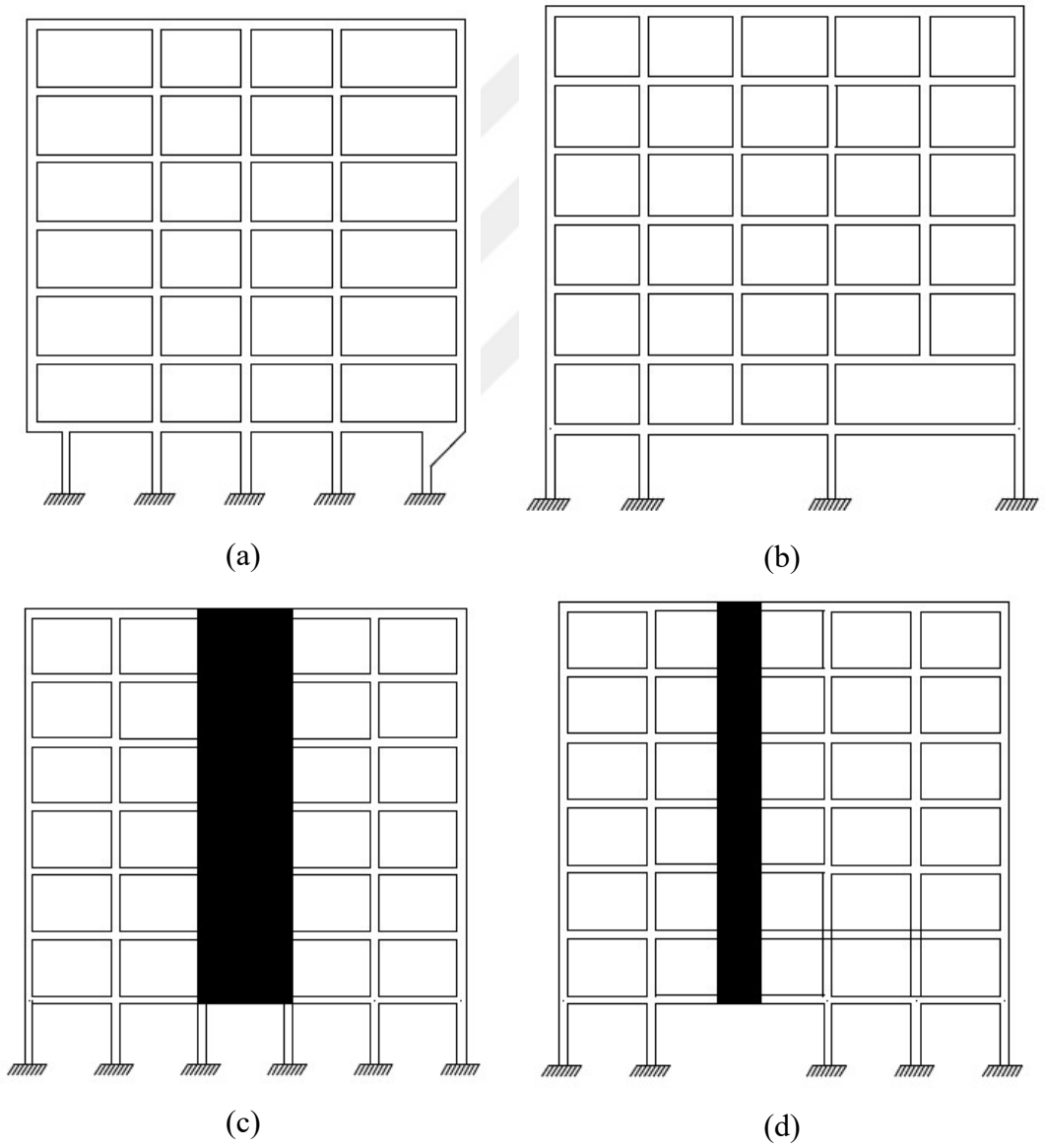
$$\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort}) \,/\, (\Delta_{i+1}^{(X)}/h_{i+1})_{ort} > 2$$
$$\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort}) \,/\, (\Delta_{i-1}^{(X)}/h_{i-1})_{ort} > 2 \qquad (2.6)$$

B2 düzensizliği yapıların deprem hesap yönteminin seçiminde etkili olan durumdur. Bu tür düzensizlik durumunda DBYBHY-2007' ye göre eşdeğer deprem yükü yönteminin seçimi için 1. ve 2. deprem bölgelerinde yapı yüksekliği 25 m ve 3. ve 4. deprem bölgelerinde ise 40 m ile sınırlandırılmıştır. TBDY-2018' de ise yapı yüksekliği BYS' na bağlı olarak 28 m olarak sınırlandırılmıştır. Aksi takdirde eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılamayacaktır.

2.2.3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3)

Yapıların tasarımında mimari gibi koşullardan dolayı taşıyıcı sistem elemanlarının yerleşimlerinde değişimler yapıldığı görülmektedir. Kolonların veya perdelerin bazı katlarda kaldırılması sonucunda düşey taşıyıcı elemanların kirişlere oturtulması veya düşey taşıyıcı elemanların planda kaydırılması sonucu guselerin oluşması ya da perdelerin alt katlarda kolonlar üzerine oturması bu düzensizlik türüne örneklerdir. Şekil 2.4' te ilgili düzensizlik şematik olarak gösterilmiştir. Bu düzensizliğin yapıda mevcut olması durumunda, TBDY-2018' e göre yerel düşey titreşim modları esas alınarak düşey elastik ivme spektrumuna göre mod birleştirme yöntemi ile hesap

yapılacaktır. DBYBHY-2007' de ise kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması halinde, kirişin kesitlerinde ve aynı deprem doğrultusundaki bu kirişin düğüm noktalarındaki diğer kiriş ve kolon kesitlerinde, düşey yüklerin ve depremin ortak etkisinden oluşan bütün iç kuvvetler %50 artırılacaktır. Her iki yönetmelikte de bazı koşullar aynıdır. Buna göre kolonların yapının herhangi bir katında konsol kirişlerin ya da alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne ya da ucuna oturtulmasına izin verilmez. Ek olarak üst katlardaki perdenin alttaki kolonlara oturtulmasına ve perdelerin binanın herhangi bir katında kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına izin verilmez [4,5].



Şekil 2.4: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği [4, 5].

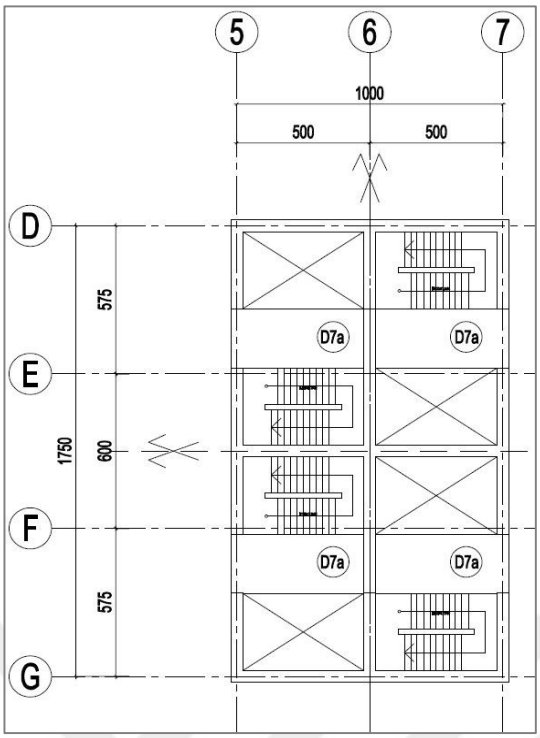
3. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ-2018' E GÖRE YAPISAL ANALİZ VE TASARIM

3.1 Yapı Hakkında Bilgiler

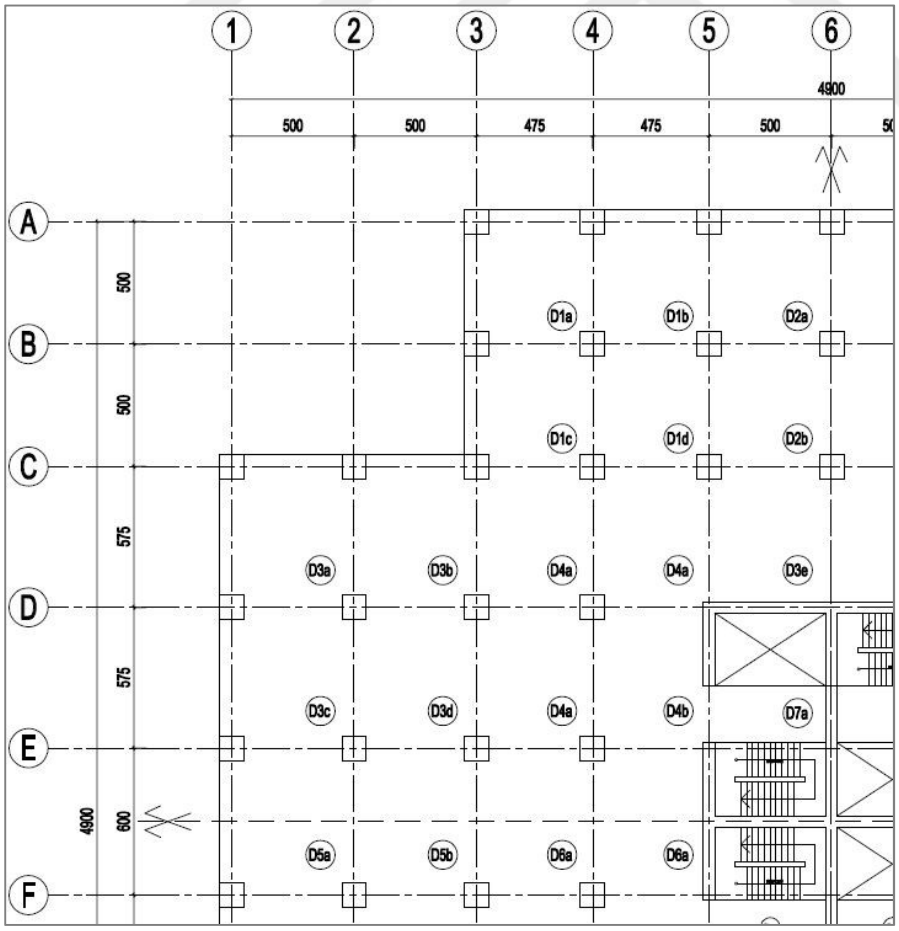
Bu bölümde başta yapının fiziki özellikleri ve depremsellik hakkındaki bilgileri olmak üzere ETABS yapısal tasarım programında modellemesi yapılan taşıyıcı sistem üç boyutlu görünümlerine, planlarına, kesitlerine ve taşıyıcı sistem elemanlarına yer verilerek tanıtılmaktadır. Yapı yaklaşık olarak 49,0 x 49,0 m²' lik bir alana oturmakta olup kullanım alanı 38194 m²' dir. 2 bodrum kat, 1 zemin kat ve 17 normal kat olmak üzere toplam 20 katlıdır. Temel sistemi 180 cm kalınlığında radye temel plağıdır. Bodrum katlarda yapıyı dört taraftan çevreleyen ve toprak yükü etkisinde olan betonarme perdeler mevcuttur. Aks açıklıkları 6 m ile 5 m arasında değişkenlik göstermekte ve mimari unsurlar da göz önünde bulundurularak kat planları oluşturulmuştur. Kat planına göre yatayda 10, düşeyde 9 adet açıklığa sahip olan yapı hem yatay hem de düşey eksende simetrilere sahiptir. Kat yükseklikleri bodrum katlarda 5 m, zemin katta 4 m ve normal katlarda 3,5 m olarak kabul edilmiştir. Tabii zeminden itibaren yapı yüksekliği 63,5 m olup TBDY-2018' e göre tanımlanmış olan A3 düzensizlik durumunu içeren betonarme bir yapının deprem analizi ve betonarme tasarımı yapılmıştır.

Yapının ana taşıyıcı sistemi betonarme kolon ve perdelerle taşıtılan kirişli plak döşeme sistemidir. Döşeme, kolonlar arasında sürekli olan ve yapının çekirdek perdelerine bağlanan kiriş sistemi ile taşınmaktadır. Mimari şartlara ve yapı kullanım gerekliliklerine göre planda belirlenen merdivenler ve asansörlerin üç kenarında yapı boyunca yükselen aynı kalınlıkta betonarme çekirdek perdeler yer almaktadır. Kolon ebatları, yapı boyunca değişkenlik gösterirken döşeme ve kirişler aynı kalınlıkta devam etmektedirler. Kolonlar alt kattan yukarıya doğru her 6 katta bir 10 cm küçülmektedir. Buna göre 80x80 cm², 70x70 cm², 60x60 cm² ve 50x50 cm²' dir. Kolonlar arasında çerçeveyi oluşturan kirişler ve betonarme perdeler arasındaki bağ kirişler her katta aynı olup 30x60 cm² ebatlarındadır. Döşeme kalınlıkları 15 cm' dir ve betonarme çekirdek perdeleri arasındaki döşemeler 20 cm kalınlıktadırlar. Bodrum katlarda yapıyı çevreleyen betonarme rijit bodrum perdeler 50 cm ve betonarme çekirdek perdeler tüm yapı boyunca 30 cm kalınlıkta seçilmiştir.

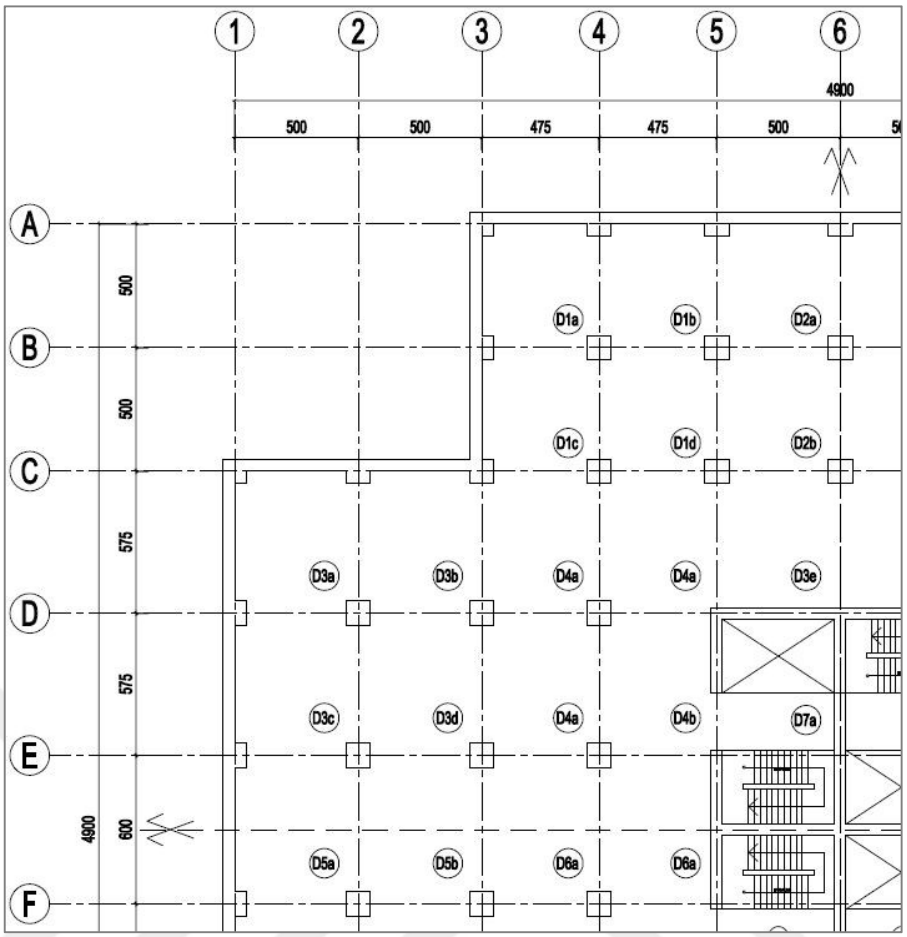
Yapının çatı katı, normal katlar ve zemin kat ve bodrum katlar kalıp planı Şekil 3.1' de, Şekil 3.2' de ve Şekil 3.3' te verilmiştir.



Şekil 3.1: Çatı katı kalıp planı.



Şekil 3.2: Normal katlar ve zemin kat kalıp planı.



Şekil 3.3: Bodrum kat kalıp planı.

3.2 Yapısal Analiz Modeli

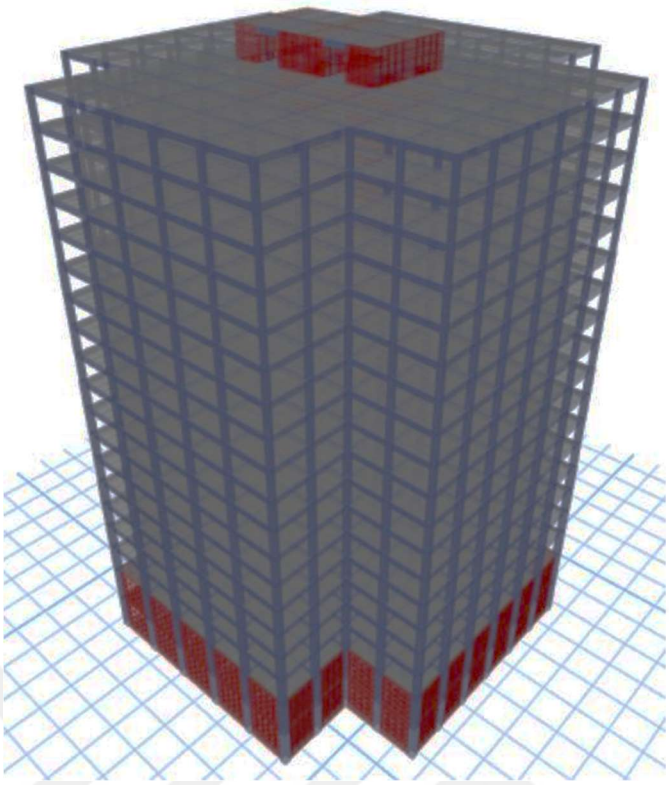
Tez kapsamında analizi ve betonarme tasarımı yapılacak yapının üç boyutlu hesap analiz modeli için CSI ETABS v18.0.2 programı kullanılmıştır [6]. Sonlu elemanlar hesap yöntemine göre hesaplamalar yapılmıştır ve hesap modelinin oluşturulmasında tüm perdeler, döşemeler ve temel sistemleri iki boyutlu elemanlar, kirişler ve kolonlar çubuk elemanlar olarak idealize edilmiştir. Sonlu elemanlar metotlarına göre kolonların ve kirişlerin birleşim bölgeleri birer düğüm noktası olduğu için, modeldeki bütün kolonların ve kirişlerin her bir kat hizasındaki kesişim noktalarından çubuk elemanlar bölünmüştür. İç kuvvetlerin düğüm noktaları arasında doğru şekilde aktarılabilmesi için hem çubuk elemanların hem de iki boyutlu elamanların uygun şekilde modellenmesi gerekmektedir. Bu nedenle döşeme için modellenen iki boyutlu elemanlar her bir düğüm noktası için parçalara ayrılmıştır ve her göz için ayrı iki boyutlu elemanlar oluşturulmuştur. Ana taşıyıcılardan olan betonarme çekirdek perdelerin her bir kolu bu düğüm noktalarına göre parçalanmıştır. Buna ek olarak

bodrum katlarda yapıyı çevreleyen betonarme perdeler de aynı amaç için parçalara ayrılmıştır.

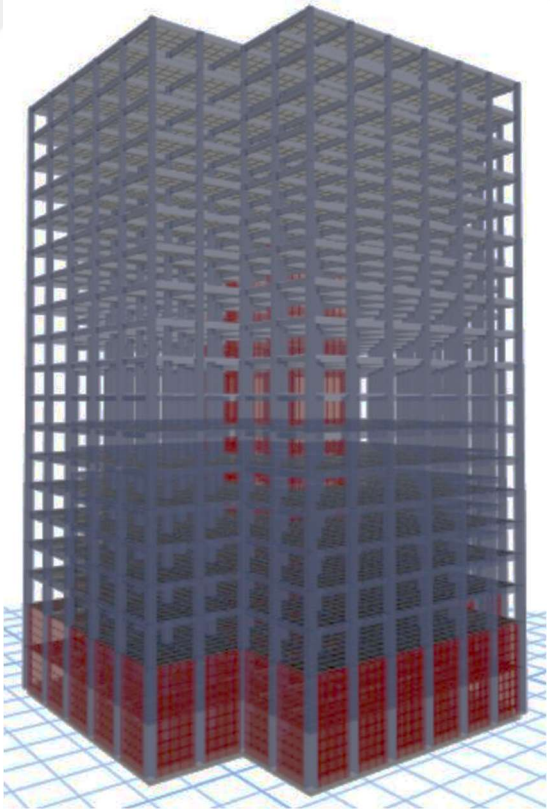
Temel sisteminin yapı yüklerini ve deprem etkilerini zemine iletebilmesi için zemine oturan sonlu elemanlar düğüm noktalarına düşey yönde yaylar tanımlanmıştır ve zemin taşıma gücü 36000 kN/m² olarak kabul edilmiştir.

Betonarme tasarım aşamasında düzeltilmiş mesnet kuvvetlerine göre hesap yapabilmek için taşıyıcı sistem elemanlarına *end length offset* olarak atamalar yapılmıştır. *End length* offset ataması iki boyutlu elemanların diğer iki boyutlu elemanlara birleştiği ve çubuk elemanların diğer çubuk elemanlara birleştiği düğüm noktalarında program tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Ancak betonarme çubuk elemanların iki boyutlu elemanlara birleştiği ya da tersinin olduğu durumlarda düğüm noktalarında ise bu atamalar ek olarak el ile yapılmıştır. Bunların yanında her bir betonarme çekirdek perde grubunun eğilme etkisinde taşıyıcı bir eleman gibi davrandığı düşünülerek *pier label* atamaları ayrı ayrı yapılmıştır. Ama kesme etkisindeki davranışın incelenmesinde her bir perde koluna yeniden *pier label* ataması yapılarak hesaplanmıştır. Bir diğer önemli nokta ise rijit diyafram atamasıdır. Döşemeler kendi düzlemi içinde önemli ebatlarda boşluklar içermediğinde rijit bir davranış gösterir. Bu durum ise yapıya etki eden deprem kuvvetinin hesabında önemli farklılıklara yol açabilir ve yapının periyodunu doğrudan etkiler. Bu bilgiler ışığında tez kapsamındaki yapının döşemelerinde hem yatay etkilere karşı rijitlik hem de düşey düzlemde eğilmeler olduğu kabul edilerek, hesap modelinde döşemeler yarı rijit olarak *semi rigid diaphragm* ataması yapılmıştır.

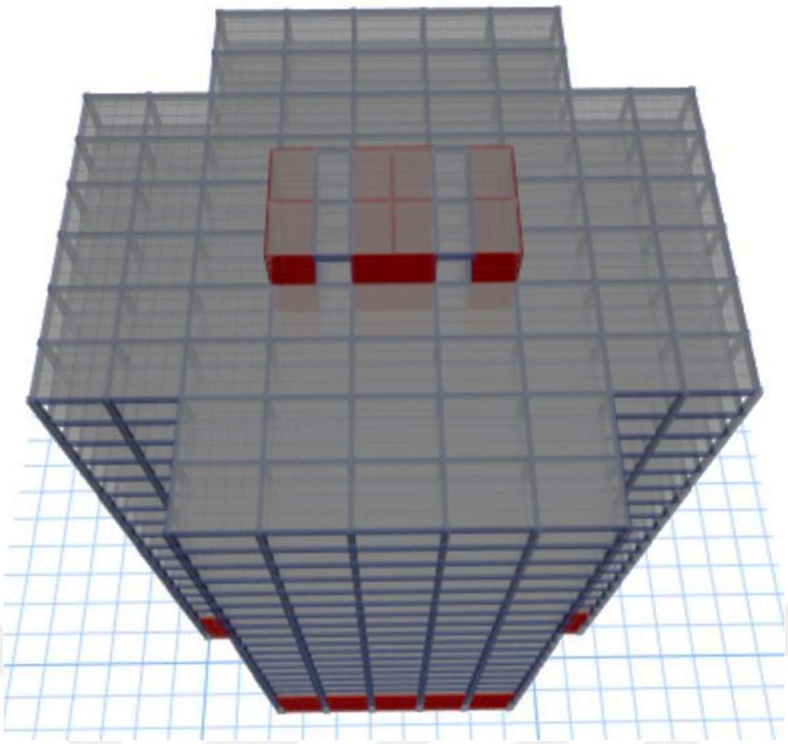
Hesap analiz modelinin bilgisayar programından alınan görüntüleri detaylı olarak verilmiştir (Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11).



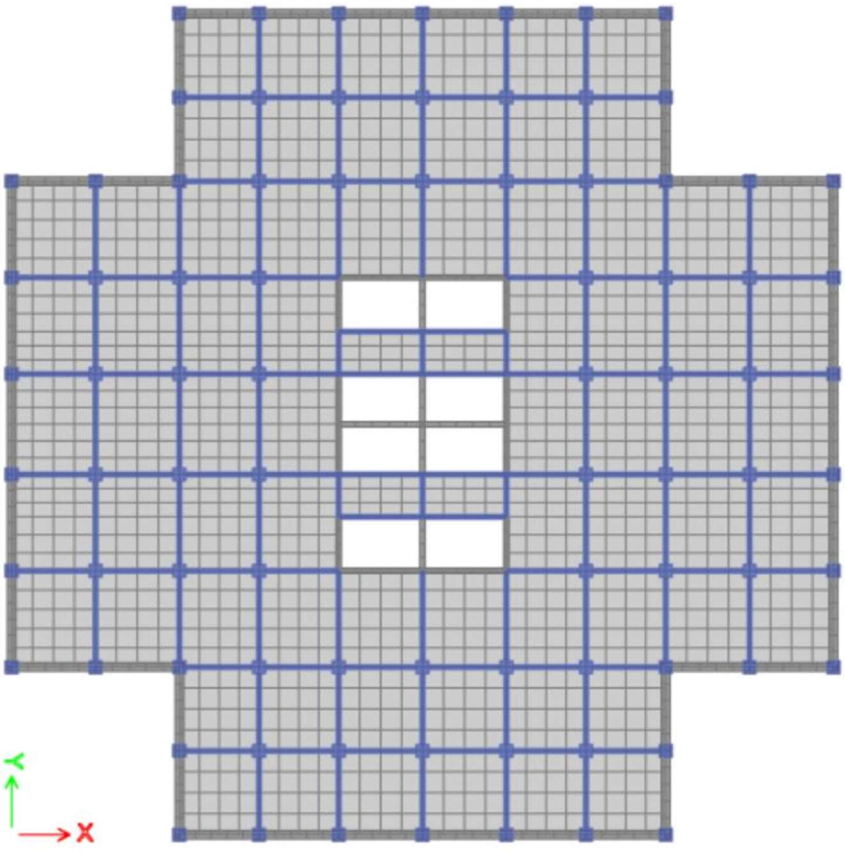
Şekil 3.4: Hesap modelinin üç boyutlu görünüşü.



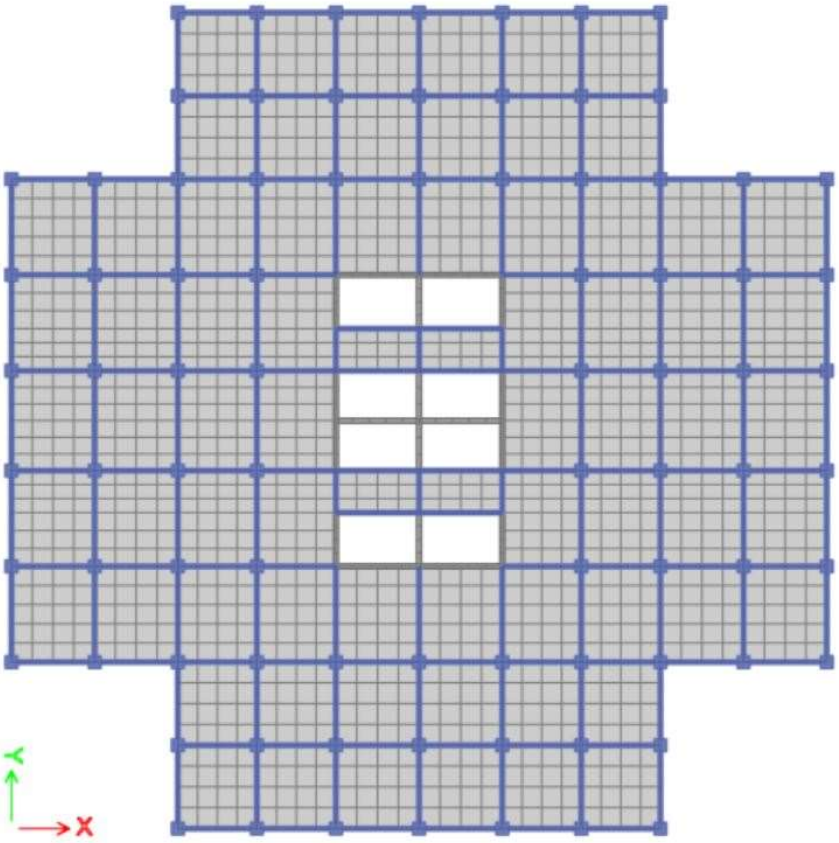
Şekil 3.5: Hesap modelinin üç boyutlu görünüşü-2.



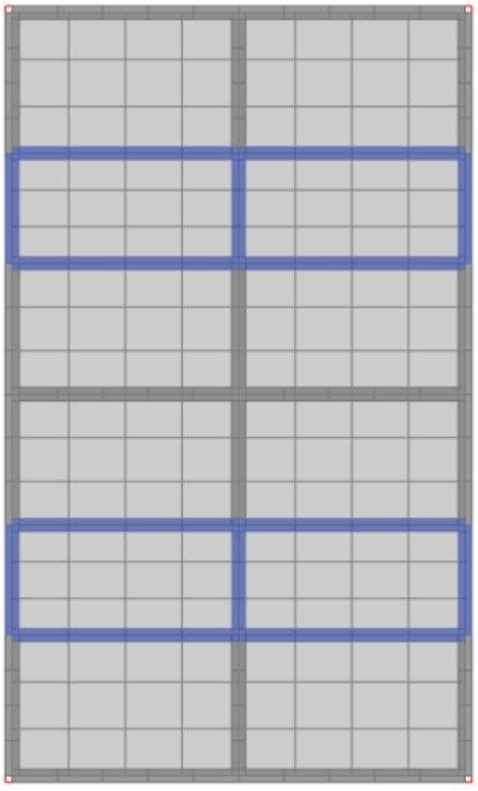
Şekil 3.6: Hesap modelinin üç boyutlu görünüşü-3.



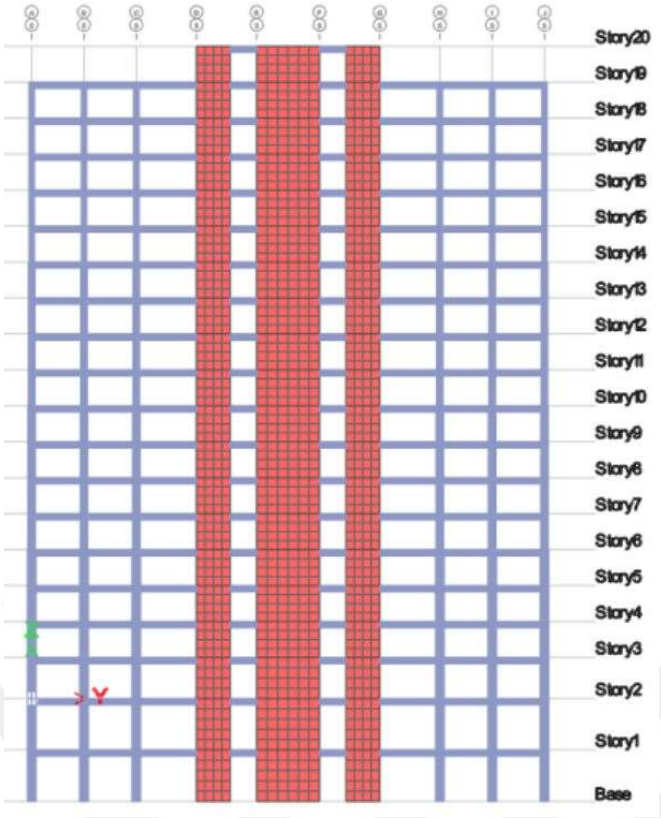
Şekil 3.7: Hesap modeli bodrum kat planı.



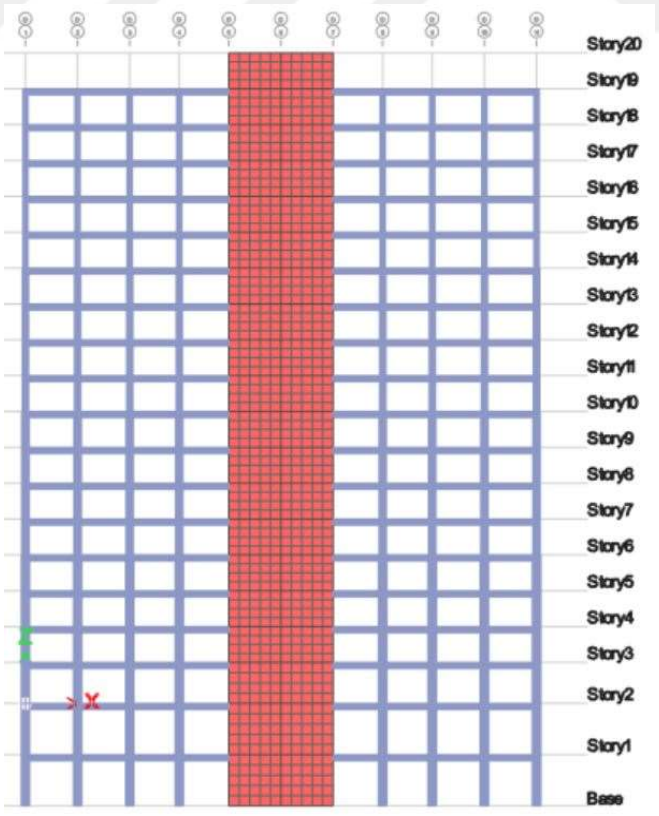
Şekil 3.8: Hesap modeli zemin ve normal kat planı.



Şekil 3.9: Hesap modeli çatı katı planı.



Şekil 3.10: Hesap modeli 5 aksi kesit görünümü.



Şekil 3.11: Hesap modeli D aksi kesit görünümü.

3.3 Yapıya Etki Eden Sabit ve Hareketli Yükler

Taşıyıcı sistem elemanlarının öz ağırlıkları kullanılan analiz modelinde bilgisayar yazılımı tarafından dikkate alınmaktadır. Yapı üzerindeki ilave sabit yükler, kaplama ve servis yükleri mimari, mekanik ve elektrik projelerinin var olduğu gözetilerek hesapta esas alınmıştır. Ayrıca düşey yüke ilave olarak düşey deprem etkisi denklem 3.2' ye göre dikkate alınmıştır [5]. Yapıya etki eden toplam G sabit yükünün döşeme katmanlaşmasına göre yük detayları ise Çizelge 3.1' de verilmiştir ve sabit yükler Çizelge 3.2' de ifade edilmiştir.

$$E_d^{(Z)} \approx \left(\frac{2}{3}\right) . S_{DS} . G \tag{3.2}$$

Çizelge 3.1: Yapıya etki eden sabit yükler.

Düşey Yük	Yük (kN/m²)
Duvar	1,90
Kaplama	0,85
Şap ve Tesviye	2,00
Döşeme Altı Sıva	0,60
Asma Tavan ve Tesisat	0,25
G	5,60

Çizelge 3.2: Yapıya etki eden sabit yükler.

Düşey Yük	Yük (kN/m²)
G	5,60
$E_d^{(Z)}$	3,20
∑G	8,80

Hareketli yükler ve çatı yükleri için TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerlerine göre belirlenerek hesaba katılan hareketli yük değerleri normal katlarda, zemin katta ve bodrum katlarda 2 kN/m² olarak alınmıştır. Ancak bu katlardaki koridorlar, merdiven sahanlıkları ve çatı kat döşemesi için sırasıyla 5, 5 ve 3,5 kN/m² olarak alınmıştır [7].

3.4 Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Yapısal analizi ve betonarme tasarımı yapılacak yapının Akçakoca Sk. Dumlupınar Mahallesi, Kadıköy/İSTANBUL adresinde konumlanacağı düşünülerek bulunduğu bölgenin özellikleri göz önüne alınmıştır. Yapının bulunduğu koordinatlar ise; enlem

40,988036° ve boylam 29,059820° olarak kabul edilmiştir. Tez kapsamında hesaplanan yapının TBDY-2018' e ve DBYBHY-2007' ye uygun olması gözetilmiştir. İlgili deprem ve zemin özellikleri sırası ile önce TBDY-2018 için ve sonrasında DBYBHY-2007 olmak üzere aşağıda detaylı olarak gösterilmiştir.

TBDY-2018' e göre AFAD' ın hazırladığı Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından alınan rapor verilerine göre (ZB) yerel zemin sınıfı için ilgili spektral ivme katsayıları ve deprem parametreleri Çizelge 3.3' te verilmiştir.

Çizelge 3.3: TBDY-2018 için spektral ivme katsayıları.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	S_S	S_1	S_{DS}	S_{D1}	F_S	F_1	PGA (g)	PGV (cm/sn)
DD1	1,658	0,460	1,492	0,368	0,9	0,8	0,670	41,928
DD2	0,952	0,261	0,857	0,209	0,9	0,8	0,390	24,136
DD3	0,385	0,105	0,346	0,084	0,9	0,8	0,165	10,084
DD4	0,258	0,069	0,232	0,055	0,9	0,8	0,110	6,760

Bu çizelgede verilen harita spektral ivme katsayıları S_s ve S_1, Denklem 3.1' de tasarım spektral ivme katsayılarına S_{DS} ve S_{D1}' e dönüştürülür [5].

$$S_{DS} = S_S . F_S \tag{3.1a}$$

$$S_{D1} = S_1 . F_1 \tag{3.1b}$$

Yapının çok sıkı kum ve çakıl zemin üzerine inşa edileceği varsayılarak TBDY-2018' e göre yerel zemin sınıfı ZB olarak belirlenmiştir [5].

Yapıların deprem etkisinde olduğu tasarımlarda esas alınması gereken deprem yer hareketleri TBDY-2018' de tanımlanmıştır. Bu kapsamda dört farklı yer hareket düzeyi mevcuttur; DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4. Deprem yer hareketi düzeyi-1, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketidir ve spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %2' dir. Deprem yer hareketi düzeyi-2, standart tasarım deprem yer hareketidir. Tekrarlanma periyodu 475 yıl olup spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %10' dur. Deprem yer hareketi düzeyi-3, tekrarlanma periyodu 72 yıl ve 50 yılda aşılma olasılığının %50 olduğu sık deprem yer hareketidir. Son olarak deprem yer hareketi düzeyi-4 ise çok sık ya da servis deprem yer hareketi olarak tanımlanmaktadır. Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %68' dir ve tekrarlanma periyodu 43 yıldır.

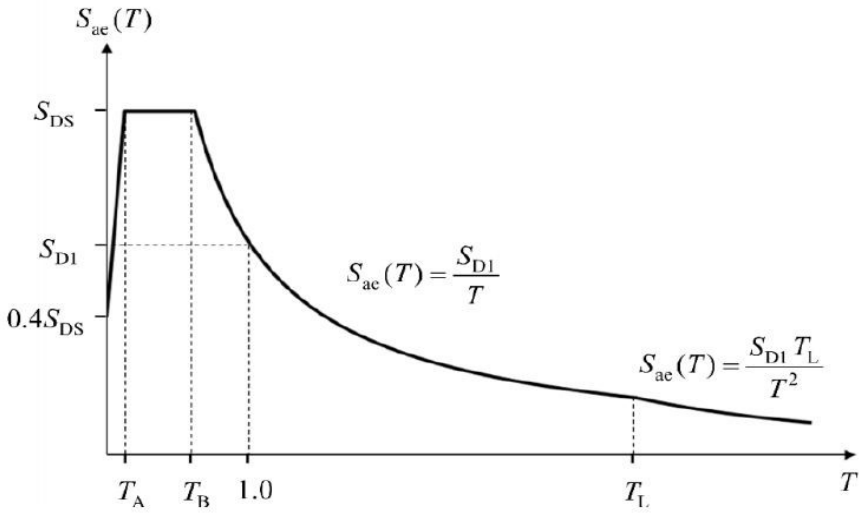
Spektrumlar, yer hareketinden oluşan etki altında belirli bir sönüm oranında tek serbestlik dereceli sistemlerin verdiği tepkilerin en büyük değerini ifade etmektedir. Bu değerler birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasıdır. Tasarım spektrumları da yapıların tasarımında dikkate alınması gereken olası bir deprem kuvvetini hesaplamak için kullanılır. Harita spektral ivme katsayıları %5 sönüm oranına göre $(V_S)_{30}$ = 760 m/s için boyutsuz olarak kısa periyot S_S ve 1.0 saniye periyot için S_1 olarak elde edilir [5]. Tasarım spektral ivme katsayıları ise denklem 3.1' e göre hesaplanmaktadır. Tez kapsamında değerlendirilen yapının TDTH' ndan alınan DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için spektrum ve yerel zemin etki katsayıları Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Yatay elastik tasarım spektrumu $S_{ae}(T)$, rastgele bir deprem yer hareket düzeyine göre yerçekimi ivmesi cinsinden, T_A, T_B ve T_L sınır şartlarına göre denklem 3.3' te ifade edilmiştir [5].

$$
\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0{,}4 + 0{,}6\frac{T}{T_A}\right)S_{DS} && (0 \le T \le T_A)\\
S_{ae}(T) &= S_{DS} && (T_A \le T \le T_B)\\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} && (T_B \le T \le T_L)\\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}T_L}{T^2} && (T_L \le T)
\end{aligned}
\tag{3.3}
$$

Köşe periyotları T_A ve T_B, sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu T_L denklem 3.4' te ve yatay spektrum eğrisi Şekil 3.12' de verilmiştir [5].

$$T_A = 0{,}2\frac{S_{D1}}{S_{DS}}\,;\; T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}\,;\; T_L = 6s \tag{3.4}$$



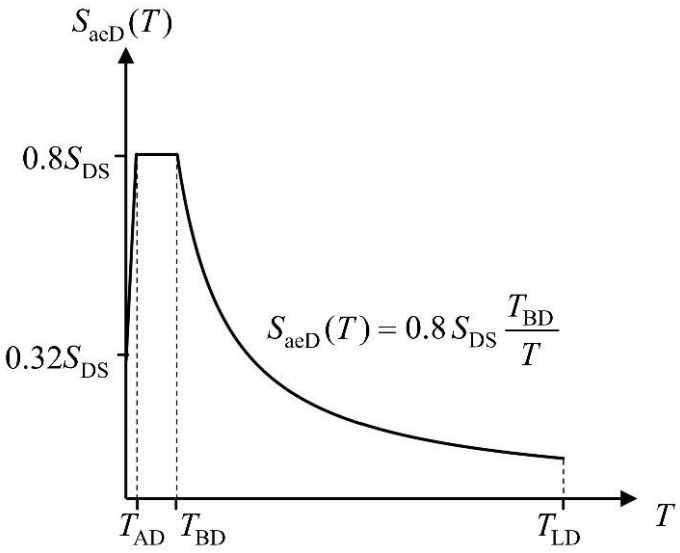
Şekil 3.12: Yatay elastik tasarım spektrum eğrisi [5].

Düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, herhangi bir deprem yer hareket düzeyi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak yerçekimi ivmesi cinsinden, T_{AD}, T_{BD} ve T_{LD} sınır şartlarına göre denklem 3.5' te ifade edilmiştir [5].

$$
\begin{aligned}
S_{aeD}(T) &= \left(0{,}32 + 0{,}48\frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} && (0 \le T \le T_{AD}) \\
S_{aeD}(T) &= 0{,}8 S_{DS} && (T_{AD} \le T \le T_{BD}) \\
S_{aeD}(T) &= 0{,}8 S_{DS}\frac{T_{BD}}{T} && (T_{BD} \le T \le T_{LD})
\end{aligned}
\qquad (3.5)
$$

Köşe periyotları T_A ve T_B, sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu T_L denklem 3.6' da ve yatay spektrum eğrisi Şekil 3.13' te verilmiştir [5].

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3}\ ;\ T_{BD} = \frac{T_B}{3}\ ;\ T_{LD} = \frac{T_L}{2} \qquad (3.6)$$



Şekil 3.13: Düşey elastik tasarım spektrum eğrisi [5].

3.5 Genel Esaslar

Tez kapsamında değerlendirilen betonarme yapının kullanım amacı işyeri olarak planlanmıştır. Buna göre bina kullanım sınıfı 3 ve bina önem katsayısı 1 olarak belirlenmiştir [5]. DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için AFAD' dan alınan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı 0,8568' dir ve deprem tasarım sınıfı Çizelge 3.4' e göre 1a olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4: Deprem tasarım sınıfları [5].

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0,33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Yapı zemin katta 4m ve normal katlarda 3,5m kat yüksekliklerine sahiptir. Zemin üzerinden itibaren toplam yapı yüksekliği 63,5m' dir. Bina yükseklik sınıfı Çizelge 3.5' e göre 2 alınmıştır.

Çizelge 3.5: Deprem tasarım sınıflarına ve yapı yüksekliğine göre bina yükseklik sınıfları [5].

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	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17,5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10,5$	$10.5 < H_N \leq 17,5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

Deprem tasarım sınıfının 1a, bina yükseklik sınıfının 2 ve deprem yer hareketi düzeyinin DD-2 olarak seçilmesi ile yapının normal performans hedefi kontrollü hasar, tasarım yaklaşımı ise dayanıma göre tasarım olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6: Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları [5].

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

3.6 Hesap Esasları

3.6.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı

Taşıyıcı sistemin oluşturulma aşamasında deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli betonarme perdeler tarafından birlikte karşılanması amaçlandığı için, Çizelge 3.7' ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı 8, dayanım fazlalığı katsayısı 2,5 ve izin verilen bina yükseklik sınıfı ise 2 ve 2' den büyük olacak şekilde belirlenmiştir. Dıştan rijit perdelerle çevrelenmiş bodrum katlar tez kapsamında hesaplanan yapıda mevcut olduğu için bodrum katlarda R/I oranı 2,5 ve dayanım fazlalığı katsayısı 1,5 olarak alınmıştır [5].

Çizelge 3.7: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı [5].

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. Yerinde Dökme Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemleri			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek 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

Çizelge 3.7 (devam): Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı [5].

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. Yerinde Dökme Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemleri			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme 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	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	7	2,5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-

Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılması için TBDY-2018' de ifade edilen deprem yükü azaltma katsayısı, yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyoduna bağlı olarak denklem 3.7' ye göre hesaplanmaktadır [5].

$$\begin{aligned} \mathrm{Ra}\,(\mathrm{T}) &= \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{I}} && \mathrm{T} > \mathrm{TB} \\ \mathrm{Ra}\,(\mathrm{T}) &= \mathrm{D} + \left(\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{I}} - \mathrm{D}\right).\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{TB}} && 1\ \mathrm{T} \leq \mathrm{TB} \end{aligned} \tag{3.7}$$

Ayrıca yönetmeliğin getirdiği bir diğer koşul ise Çizelge 3.7' ye göre belirlenen R katsayısına göre hesaplanan iç kuvvetlerin, denklem 3.8' de belirtilen koşul dikkate alınarak denklem 3.9' da hesaplanacak katsayı ile çarpılarak büyütülmesini ifade etmektedir.

$$\mathrm{Hw} / \mathrm{lw} \leq 2 \tag{3.8}$$

$$\frac{3}{(1 + \mathrm{Hw})/\mathrm{lw}} \tag{3.9}$$

Dayanım fazlalığı katsayısı, akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade etmektedir. Yapı elemanlarının eğilme momenti gibi sünek davranışları için azaltılmış iç kuvvetlerin hesabında dayanım fazlalığı katsayısı 1 olarak kullanılmaktadır. Ancak sünek olmayan kesme kuvveti gibi azaltılmış iç kuvvetler için bu katsayı 1' den büyük olacak şekilde Çizelge 3.12' de belirlenen değere göre hesaplanmaktadır. Bunun yanında kapasite tasarımı ilkesi düşünülerek kesitlerin akma durumuna karşı gelen iç kuvvetlerden daha büyük alınmamalıdır [5]. Dayanım fazlalığı katsayısının yapılarda gevrek güç tükenmesinin önüne geçmek amacıyla kesit üzerindeki dayanımın hesaplanması olarak da söylenebilir.

3.6.2 TBDY-2018' e göre tasarımda kullanılacak yük birleşimleri

Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında deprem etkilerinin (E_d), kar yükünün (S), yatay zemin itkisinin (H), sabit ve hareketli yüklerin (G ve Q) dikkate alınarak esas alınan yük birleşimleri denklem 3.10' da ve 3.11'de ifade gösterilmiştir [5].

$$\mathrm{G} + \mathrm{Q} + 0{,}2\mathrm{S} + \mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{H})} + 0{,}3\mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{Z})} \tag{3.10}$$

$$0{,}9\mathrm{G} + \mathrm{H} + \mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{H})} - 0{,}3\mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{Z})} \tag{3.11}$$

Deprem kuvvetlerinin denklem 3.12' de ve 3.13' te X ve Y doğrultularına göre birleşimleri ifade edilmiştir.

$$\mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{H})} = \pm\mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{X})} \pm 0{,}3\mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{Y})} \tag{3.12}$$

$$\mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{H})} = \pm 0{,}3\mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{X})} \pm \mathrm{E}_{\mathrm{d}}^{(\mathrm{Y})} \tag{3.13}$$

3.6.3 Kesit rijitliği çarpanları

Betonarme yapısal elemanların deprem etkisi altındaki rijitlik değerlerinin, tasarımda öngörülen rijitlik değerlerinden daha farklı olmasından dolayı deprem etkisi altındaki taşıyıcı sistemlerde çatlamış kesit rijitlikleri kullanılmaktadır. Dayanıma göre

tasarımda betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özellikleri Çizelge 3.8' de belirtilen değerler ile azaltılmaktadır [5]

Çizelge 3.8: Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları [5].

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanları	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde-Döşeme (Düzlem İçi)	Eksenel	Kayma
Perde	0,50	0,50
Bodrum perdesi	0,80	0,50
Döşeme	0,25	0,25
Perde-Döşeme (Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0,25	1,00
Bodrum perdesi	0,50	1,00
Döşeme	0,25	1,00
Perde-Döşeme (Düzlem İçi)	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

3.7 Deprem Hesabı

Ampirik hakim doğal titreşim periyodu denklem 3.14' te verilmiştir. Bu doğrultuda Ct katsayısı betonarme çerçevelerden oluşan binalarda 0,1 alınacak, çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda 0,08 alınacak ve diğer tüm binalarda 0,07 olarak alınacaktır. Buna ek olarak birbirine dik her iki doğrultu için deprem hesabında alınacak T_p periyodu, denklem 3.14 ile hesaplanan T_{pA} periyodunun 1,4 katından küçük olacaktır [5].

$$T_{pA} = C_t . H_N^{3/4} \tag{3.14}$$

Yapının periyodu ETABS programından elde edilen kütle katılım oranlarına göre belirlenmiştir. Çizelge 3.9' da yapının her bir modu için katılan kütle oranları görülmektedir. X ve Y doğrultularında modal etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlesinin %95' inden az olmaması dikkate alınarak toplam 31 mod Çizelge 3.14' te

verilmiştir. Buna göre X doğrultusundaki periyot 2,549 s ve Y doğrultusundaki periyot 2,885 s olarak belirlenmiştir. Ancak denklem 3.15' e ve 3.16' ya göre hesaplanan sınır değerini aştığı için bina hakim periyodu X ve Y doğrultuları için 2,205 s olarak hesaplanmıştır.

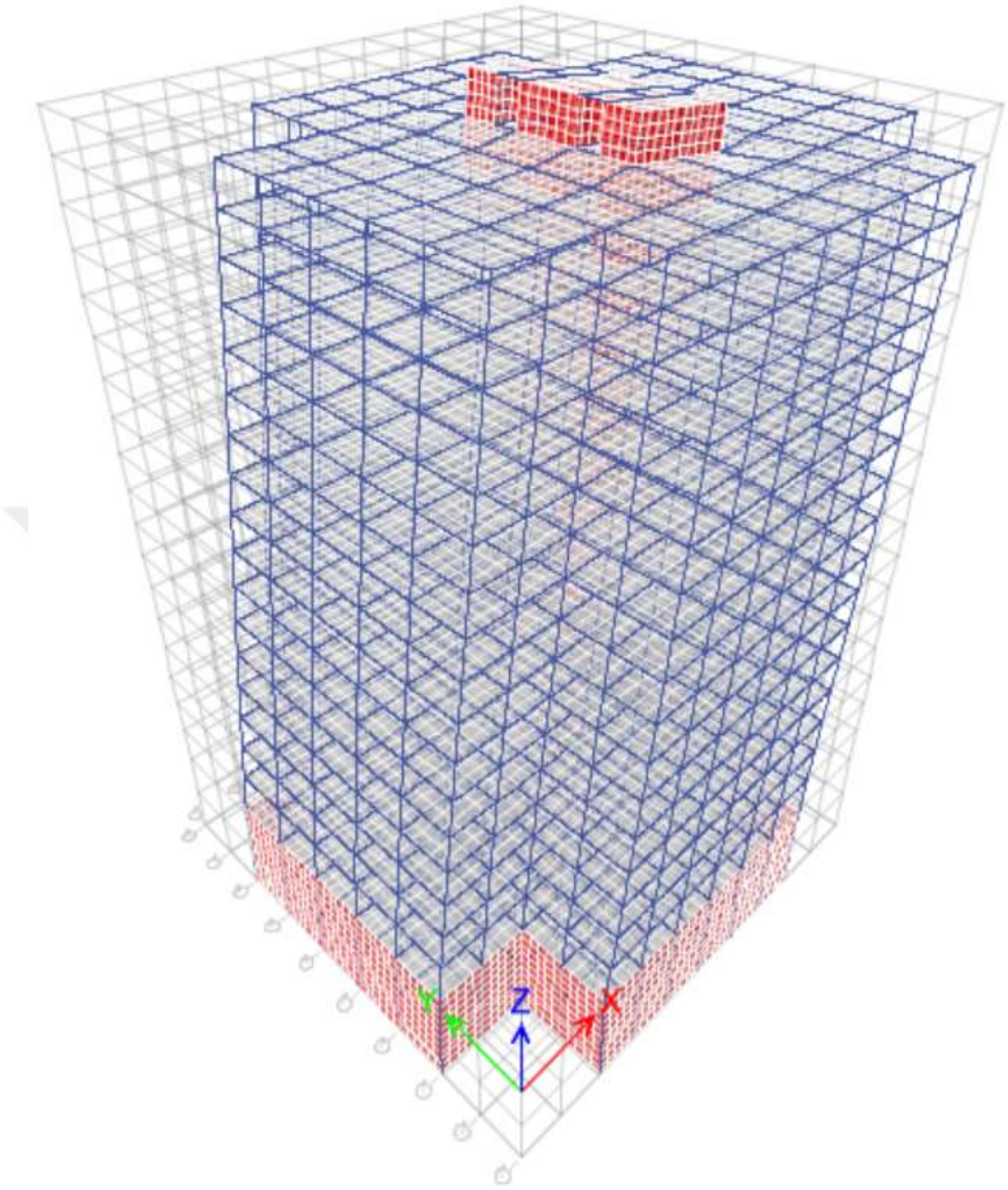
$$T_{pA} = 0{,}07 \text{ x } 63{,}5^{3/4} = 1{,}575 \text{ s} \quad (3.15)$$

$$1{,}4 \text{ x } T_{pA} = 2{,}205 \text{ s} \quad (3.16)$$

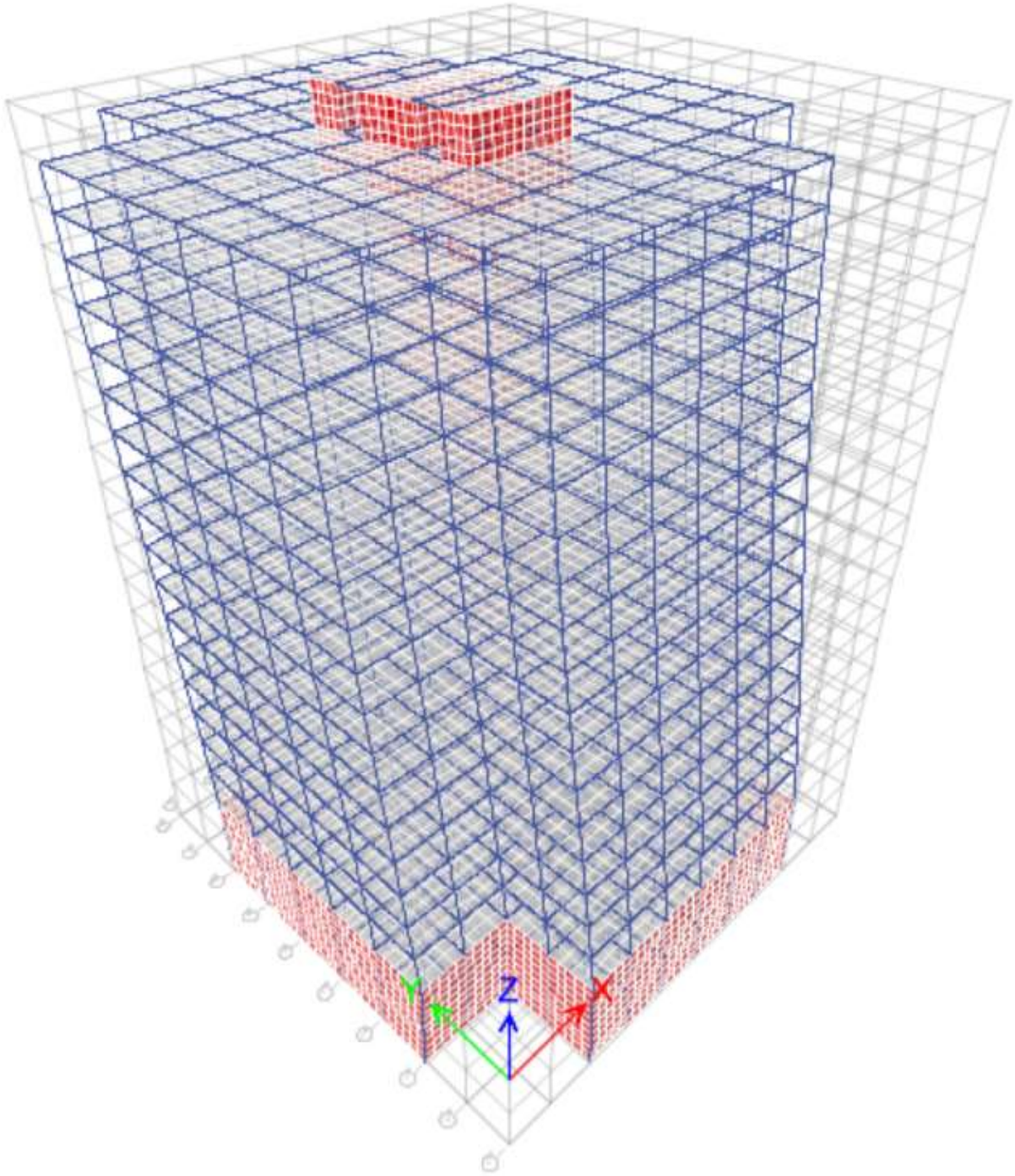
Çizelge 3.9: Modal katılım kütle oranları ETABS sonuçları.

Mod Sayısı	Periyot (s)	UX	UY	UZ	∑UX	∑UY	∑UZ
1	2.885	0	0.6215	0	0	0.6215	0
2	2.713	0	0	0	0	0.6215	0
3	2.549	0.6089	0	0	0.6089	0.6215	0
4	0.854	0	0	0	0.6089	0.6215	0
5	0.851	0	0.1053	0	0.6089	0.7268	0
6	0.631	0.1477	0	0	0.7566	0.7268	0
7	0.459	0	0	0	0.7566	0.7268	0
8	0.442	0	0.0508	0	0.7566	0.7776	0
9	0.312	0	0	0	0.7566	0.7776	0
10	0.302	0.0585	0	0	0.8151	0.7776	0
11	0.277	0	0.037	0	0.8151	0.8146	0
12	0.239	0	0	0	0.8151	0.8146	0
13	0.203	0.0383	0	0	0.8534	0.8146	0
14	0.202	0	0.0342	0	0.8534	0.8488	0
15	0.195	0	0	0	0.8534	0.8488	0
16	0.165	0	0	0	0.8534	0.8488	0
17	0.162	0.0342	0	0	0.8876	0.8488	0
18	0.162	0	0.0371	0	0.8876	0.8859	0
19	0.148	0	0	0	0.8876	0.8859	0
20	0.146	0	0	0	0.8876	0.8859	0
21	0.142	0	0	0	0.8876	0.8859	0
22	0.141	0.0315	0	0	0.9191	0.8859	0
23	0.139	0	0.0341	0	0.9191	0.92	0
24	0.133	0	0	0	0.9191	0.92	0
25	0.131	0	0	0	0.9191	0.92	0
26	0.127	0.0213	0	0	0.9404	0.92	0
27	0.124	0	0.0222	0	0.9404	0.9422	0
28	0.119	0	0	0	0.9404	0.9422	0
29	0.116	0	0	0	0.9404	0.9422	0
30	0.115	0.0118	0	0	0.9522	0.9422	0
31	0.111	0	0.0117	0	0.9522	0.9538	0

Yapının X ve Y doğrultularındaki periyotlarının belirlendiği 3. ve 1. modlarına ait şekil değiştirmeleri Şekil 3.14 ve 3.15' te verilmiştir.



Şekil 3.14: Yapının 3. modundaki şekil değiştirmesi.



Şekil 3.15: Yapının 1. modundaki şekil değiştirmesi.

Yapının birbirine dik her iki doğrultusu için periyot aynı olduğu için toplam eşdeğer deprem yükü; yani taban kesme kuvveti de aynı olacaktır. Azaltılmış tasarım spektral ivmesi, yatay elastik tasarım spektral ivmesi, deprem yükü azaltma katsayısı denklem 3.17' ye, 3.18'e ve 3.19' a göre hesaplanmıştır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \;\; ; \;\; T > T_B \tag{3.17}$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \;\; ; \;\; T_B \leq T \leq T_L \tag{3.18}$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \tag{3.19}$$

Buna göre denklem 3.20' de ifade edilen ve bina hakim periyoduna bağlı olarak hesaplanan sınır değerine göre toplam eşdeğer deprem yükü hesaplanmıştır.

$$V_{tE} = m_t . S_{aR} . (T_p) \geq 0{,}04 . m_t . I . S_{DS} . g \tag{3.20}$$

V_{tE} = 0,04 x 43593,8 x 1,0 x 0,857 x 9,8065 = 14654,8 kN

Her bir doğrultu için mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan toplam kat kesme kuvvetinin, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre elde edilen toplam kat kesme kuvvetine oranı γ_E değerinden daha küçük olması durumunda, elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri denklem 3.21 ile hesaplanan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür [5].

$$\beta_{tE} = \frac{\gamma_E . V_{tE}}{V_{tx}} \tag{3.21}$$

Tez kapsamında hesaplanan yapıda A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerin bulunmamasından dolayı γ_E çarpanı 0,80 alınmıştır. Çizelge 3.10' da eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayılarının hesapları gösterilmiştir. Bu katsayı, sonlu elemanlar analiz programında modal analiz ölçek faktörüne etki ederek yeni taban kesme kuvvetini belirlemiştir.

Çizelge 3.10: Büyütme katsayılarının hesap detayları [5].

	X Yönü	Y Yönü
V_{tE} (kN)	14654,82	14654,82
V_{tx} (kN)	5560,99	4388,41
V_{tx} / V_{tE}	0,379 < 0,80	0,299 < 0,80
β_{tE}	2,108	2,672
V_{tx} x β_{tE} (kN)	11722,40	11725,80

3.8 Hesap Sonuçlarının Kontrolleri

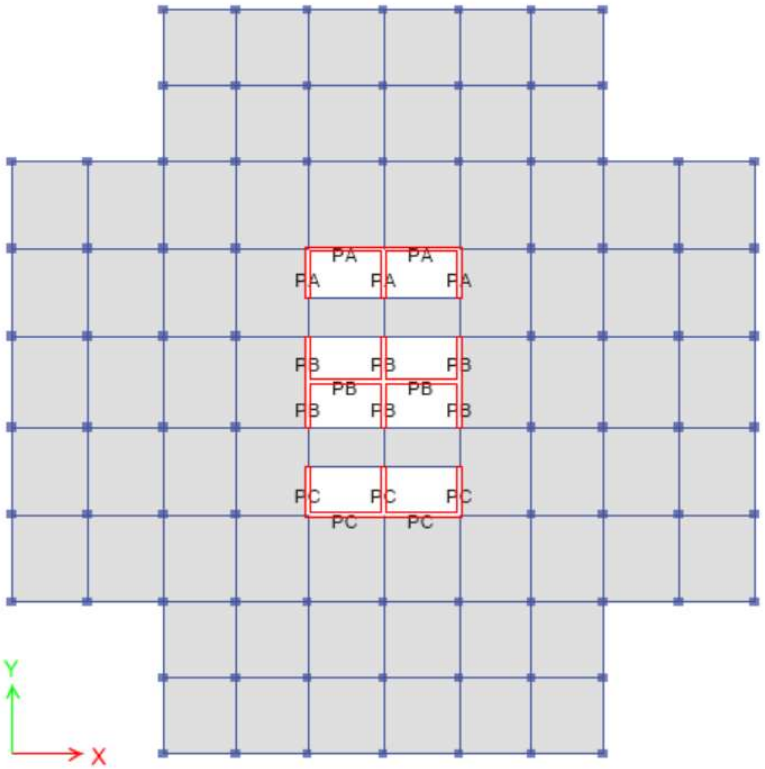
3.8.1 Taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı katsayısının kontrolü

Perde tabanlarına etkiyen devrilme momentine bağlı olarak TBDY-2018' de belirtilen sınır şartları bulunmaktadır. Bu sınır şartları sağlanamadığında taşıyıcı sistem katsayısına müdahale edilerek değişikliğe gidilmesi gerekmektedir. Bu şartlardan ilki,

taşıyıcı sistemin tek bir perdesi için elde edilen taban devrilme momenti M_{DEV}' in, aynı doğrultuda yapının tümü için elde edilen deprem yüklerinden oluşan taban devrilme momenti M_o' ya oranı 1/3' ten fazla olmayacaktır. Aksi takdirde taşıyıcı sistem katsayısı (4/5)R ve dayanım fazlalığı katsayısı D olarak alınacaktır [5]. Sonlu elemanlar analiz programından elde edilen verilere göre yapılan kontrole ait değerler Çizelge 3.11' de her bir perde sistemi için gösterilmiştir. Yapının modelinde gruplandırılan her bir perde sisteminin isimleri Şekil 3.16' da gösterilmiştir.

Çizelge 3.11: Taşıyıcı sistem davranış katsayısının her bir perde grubunun taban devrilme momentine göre kontrolü [5].

X Yönü			Y Yönü		
$M_o^{(X)}$ = -655623.057 kNm			$M_o^{(Y)}$ = 655623,057 kNm		
Perde Grubu	M_{DEV} (kNm)	M_{DEV} / M_o	Perde Grubu	M_{DEV} (kNm)	M_{DEV} / M_o
PA	75643,31	0,115	PA	14322,82	0,022
PB	86314,93	0,132	PB	33780,68	0,052
PC	75643,31	0,115	PC	14322,82	0,022



Şekil 3.16: Yapı modelinde gruplandırılan perde sistemlerinin isimleri.

Diğer yapılması gereken kontrol ise, yapının her bir kenar aksı için mevcut perde veya perdelerin toplam taban devrilme momentleri M_{DEV}' in aynı doğrultudaki yapının tümü için deprem etkisi dahilindeki toplam taban devrilme momenti M_o' ya oranı 1/6' dan daha az olmayacaktır. Eğer daha az olursa taşıyıcı sistem katsayısı (4/5)R ve dayanım fazlalığı katsayısı D olarak alınacaktır [5]. Ancak tez kapsamındaki yapının kenar akslarının hiç birinde perde bulunmamasından dolayı bu kontrol yapılmamıştır. Bunlara ek olarak, süneklik düzeyi yüksek boşluklu betonarme perdeler ile çerçevelerin birlikte kullanıldığı yapılarda, deprem yüklerinden meydana gelen perdelerin taban devrilme momentlerinin toplamı $\sum M_{DEV}$, yapının tümü için elde edilen toplam devrilme momentinin %40' ı ile %75' i arasında olmalıdır. Buna göre sonlu elemanlar analiz programından alınan sonuçlara göre yapılan kontroller Çizelge 3.12' de gösterilmiştir ve taşıyıcı sistem davranış katsayısında değişiklik yapılmamıştır.

Çizelge 3.12: Taşıyıcı sistem davranış katsayısının perde taban devrilme momentlerinin toplamına göre kontrolü [5].

	X Yönü	Y Yönü
$\sum M_{DEV}$	225716,3 kNm	62426,3 kNm
M_o	-655623.057 kNm	655623.057 kNm
$\sum M_{DEV} / M_o$	0,344	0,095
$0,40 < [0,344 ; 0,095] < 0,75$		

3.8.2 Göreli kat ötelemesi kontrolü

TBDY-2018' e göre deprem etkileri altındaki yapıların kat ötelemeleri sınır şartlara bağlıdır. Buna göre denklem 3.22' de azaltılmış göreli kat ötelemesi, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkı olarak ifade edilmektedir [5].

$$\Delta_i = u_i - u_{i-1} \tag{3.22}$$

Etkin göreli kat ötelemesi ise, azaltılmış göreli kat ötelemesinin taşıyıcı sistem davranış katsayısı ile çarpılarak bina önem katsayısına oranı ile elde edilmektedir (3.23). Ancak her bir deprem doğrultusu için yapının bütün katlarında kolonlarda veya perdelerde hesaplanan en büyük etkin göreli kat ötelemesi dikkate alınarak kontrol yapılacaktır [5].

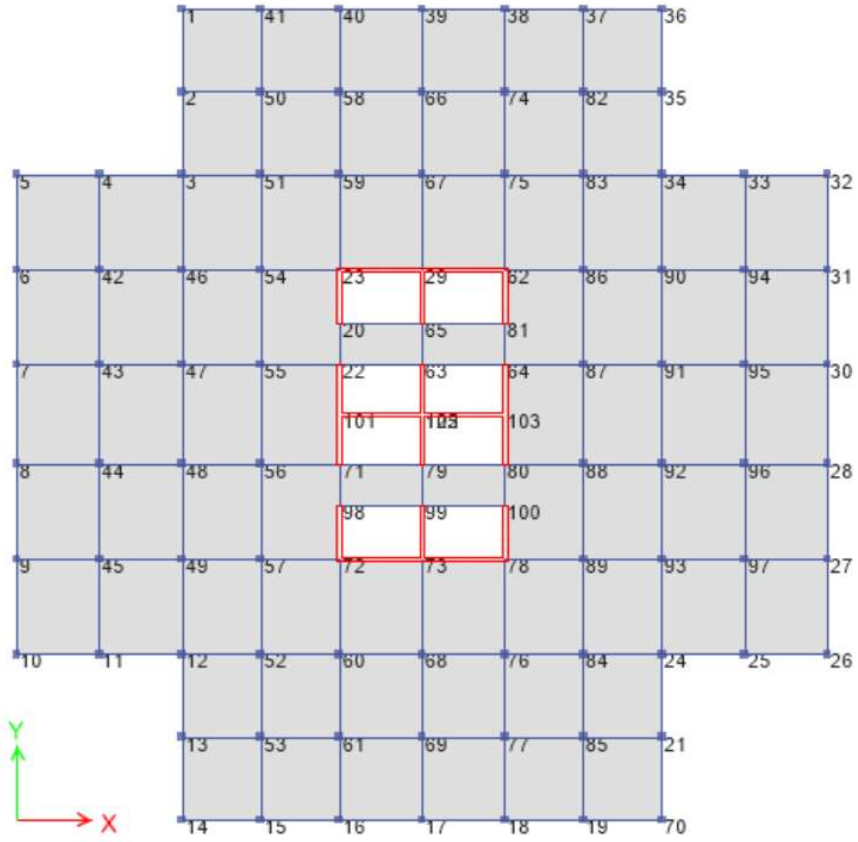
$$\delta_i = \frac{R}{I}\Delta_i \tag{3.23}$$

Elde edilen $\delta_{i,max}$ denklem 3.24' te verilen ve gevrek malzemeden yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumu için verilen sınır şartını sağlamalıdır. κ katsayısı betonarme binalarda 1 olarak alınacaktır. Ayrıca denklem 3.16 ile hesaplanan bina hakim periyodu ve minimum eşdeğer deprem yükü koşulu dikkate alınmadan göreli kat ötelemesi kontrolü yapılmıştır [5]. Buna göre yapı periyodu X doğrultusu için 2,549 s ve Y doğrultusu için 2,885 s olarak alınarak taban kesme kuvveti denklem 3.20' ye göre sınırlandırılmamıştır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i} \leq 0{,}008\,\kappa \tag{3.24}$$

$\lambda = S_{D1}{}^{DD3} / S_{D1}{}^{DD2} = 0{,}346 / 0{,}857 = 0{,}404$ olarak elde edilmektedir.

Yapının ETABS programında modeline ait bir kattaki bütün düğüm noktalarının numaraları Şekil 3.17' de verilmiştir. Buna göre en elverişsiz sonuçlara sahip olan 1, 10 ve 70 numaralı düğüm noktaları için göreli kat ötelemesi kontrolü yapılmıştır.



Şekil 3.17: ETABS Düğüm noktası numaraları.

Göreli kat ötelemelerinin hesapları Çizelge 3.13' te elverişsiz olan Y doğrultusu ve her kat için detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.13: Göreli kat ötelemelerinin kontrolleri (TBDY-2018).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	Uy (m)	H (m)	Δ_i (m)	δ_i (m)	$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i} \leq 0{,}008$
Story19	1	0.0784	3.5	0.00072	0.00579	
Story19	10	0.0841	3.5	0.00076	0.00607	0.00070
Story19	70	0.0784	3.5	0.00072	0.00579	
Story18	1	0.0759	3.5	0.00087	0.00696	
Story18	10	0.0815	3.5	0.00096	0.00765	0.00088
Story18	70	0.0759	3.5	0.00087	0.00696	
Story17	1	0.0728	3.5	0.00095	0.00758	
Story17	10	0.0781	3.5	0.00104	0.00833	0.00096
Story17	70	0.0728	3.5	0.00095	0.00758	
Story16	1	0.0695	3.5	0.00103	0.00822	
Story16	10	0.0745	3.5	0.00112	0.00899	0.00103
Story16	70	0.0695	3.5	0.00103	0.00822	
Story15	1	0.0659	3.5	0.00114	0.00909	
Story15	10	0.0705	3.5	0.00125	0.00997	0.00115
Story15	70	0.0659	3.5	0.00114	0.00909	
Story14	1	0.0619	3.5	0.00116	0.00925	
Story14	10	0.0662	3.5	0.00125	0.00997	0.00115
Story14	70	0.0619	3.5	0.00116	0.00925	
Story13	1	0.0579	3.5	0.00125	0.00997	
Story13	10	0.0618	3.5	0.00134	0.01076	0.00124
Story13	70	0.0579	3.5	0.00125	0.00997	
Story12	1	0.0535	3.5	0.00132	0.01058	
Story12	10	0.0571	3.5	0.00143	0.01143	0.00131
Story12	70	0.0535	3.5	0.00132	0.01058	
Story11	1	0.0489	3.5	0.00140	0.01123	
Story11	10	0.0521	3.5	0.00151	0.01211	0.00139
Story11	70	0.0489	3.5	0.00140	0.01123	
Story10	1	0.0440	3.5	0.00141	0.01131	
Story10	10	0.0468	3.5	0.00151	0.01211	0.00139
Story10	70	0.0440	3.5	0.00141	0.01131	
Story9	1	0.0391	3.5	0.00147	0.01172	
Story9	10	0.0415	3.5	0.00157	0.01253	0.00144
Story9	70	0.0391	3.5	0.00147	0.01172	
Story8	1	0.0339	3.5	0.00150	0.01198	
Story8	10	0.0360	3.5	0.00160	0.01280	0.00147
Story8	70	0.0339	3.5	0.00150	0.01198	

Çizelge 3.13 (devam): Göreli kat ötelemelerinin kontrolleri (TBDY-2018).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	Uy (m)	H (m)	Δ_i (m)	δ_i (m)	$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i} \leq 0{,}008$
Story7	1	0.0287	3.5	0.00151	0.01211	
Story7	10	0.0304	3.5	0.00161	0.01289	0.00148
Story7	70	0.0287	3.5	0.00151	0.01211	
Story6	1	0.0234	3.5	0.00147	0.01178	
Story6	10	0.0248	3.5	0.00157	0.01256	0.00144
Story6	70	0.0234	3.5	0.00147	0.01178	
Story5	1	0.0182	3.5	0.00146	0.01167	
Story5	10	0.0193	3.5	0.00162	0.01296	0.00149
Story5	70	0.0182	3.5	0.00146	0.01167	
Story4	1	0.0131	3.5	0.00146	0.01170	
Story4	10	0.0136	3.5	0.00175	0.01402	0.00161
Story4	70	0.0131	3.5	0.00146	0.01170	
Story3	1	0.0080	4	0.00118	0.00947	
Story3	10	0.0075	4	0.00139	0.01115	0.00112
Story3	70	0.0080	4	0.00118	0.00947	

3.8.3 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Yapının dıştan rijit perdelerle çevrili bodrumlarının üstündeki katlarda birbirine dik her iki doğrultu için, ortalama azaltılmış kat ötelemesine, azaltılmış kat kesme kuvvetine ve toplam kat ağırlığına bağlı olarak ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}$ hesaplanmalıdır (3.25).

$$\theta_{II,i} = \frac{(\Delta_i)_{ort} \cdot \sum_{k=i}^{N} w_k}{V_i \cdot h_i} \tag{3.25}$$

Her bir kat için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin en büyüğü, dayanım fazlalığı katsayısına, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan histeretik davranışına bağlı olarak tanımlanan bir katsayıya ve taşıyıcı sistem davranış katsayısına bağlı olarak denklem 3.26' ya göre hesaplanan sınır şartını sağlamalıdır. C_h katsayısı betonarme yapılarda 0,5 olarak alınmaktadır [5].

$$\theta_{II,max} \leq 0{,}12 \frac{D}{C_h \cdot R} \tag{3.26}$$

Bu koşulun sağlanamaması durumunda ise tüm iç kuvvetlerin ikinci mertebe büyütme katsayısı ile çarpılarak artırılması gerekmektedir. Ancak Çizelge 3.14' te en elverişsiz doğrultu olan Y doğrultusu için verilen sonuçlara göre sınır koşul şartı sağlandığı için her hangi bir büyütme etkisi uygulanmamıştır.

$0{,}12.D/(C_h.R) = 0{,}12 \text{ x } 2{,}5 \text{ / } (\text{ } 0{,}5 \text{ x } 8 \text{ }) = 0{,}075$

Çizelge 3.14: İkinci mertebe etkilerinin kontrolleri (TBDY-2018).

Kat	H (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	w_k (kN)	$\sum w_k$ (kN)	V_i (kN)	$\theta_{II,max}$
20. Kat	3.5	0.0740	2891.11	2891.11	217.363	0.008058
19. Kat	3.5	0.0771	14082.36	16973.48	3220.163	0.003146
18. Kat	3.5	0.0746	14082.36	31055.84	5278.353	0.004873
17. Kat	3.5	0.0716	14082.36	45138.20	6162.020	0.007217
16. Kat	3.5	0.0684	14082.36	59220.56	6479.462	0.009535
15. Kat	3.5	0.0648	14082.36	73302.93	6678.496	0.011913
14. Kat	3.5	0.0610	14807.26	88110.19	6900.090	0.013782
13. Kat	3.5	0.0570	14807.26	102917.45	7211.512	0.016320
12. Kat	3.5	0.0527	14807.26	117724.71	7610.934	0.018809
11. Kat	3.5	0.0482	14807.26	31780.74	7977.569	0.021668
10. Kat	3.5	0.0434	15675.66	46731.50	8332.814	0.023741
9. Kat	3.5	0.0385	15675.66	60813.86	8670.399	0.026027
8. Kat	3.5	0.0334	15675.66	74896.23	8956.587	0.027981
7. Kat	3.5	0.0282	15675.66	88978.59	9260.496	0.029222
6. Kat	3.5	0.0231	16687.56	104797.75	9542.320	0.030256
5. Kat	3.5	0.0180	16687.56	119605.01	10026.933	0.031501
4. Kat	3.5	0.0129	16687.56	104797.75	10818.825	0.032012
3. Kat	4	0.0079	17596.13	120513.58	11671.558	0.026015

3.8.4 A1 burulma düzensizliği kontrolü

En büyük göreli kat ötelemesinin herhangi bir kattaki ortalama göreli ötelemeye oranı burulma düzensizliği katsayısını vermektedir. Bu katsayının sınır koşulu denklem 3.27' de gösterilmiştir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \leq 1{,}2 \tag{3.27}$$

Taşıyıcı sistem rijitliğinin daha zayıf olduğu X doğrultusuna göre yapılan burulma düzensizliği kontrolü Çizelge 3.15' de verilmiştir.

Çizelge 3.15: Burulma düzensizliği katsayısının hesaplanması (TBDY-2018).

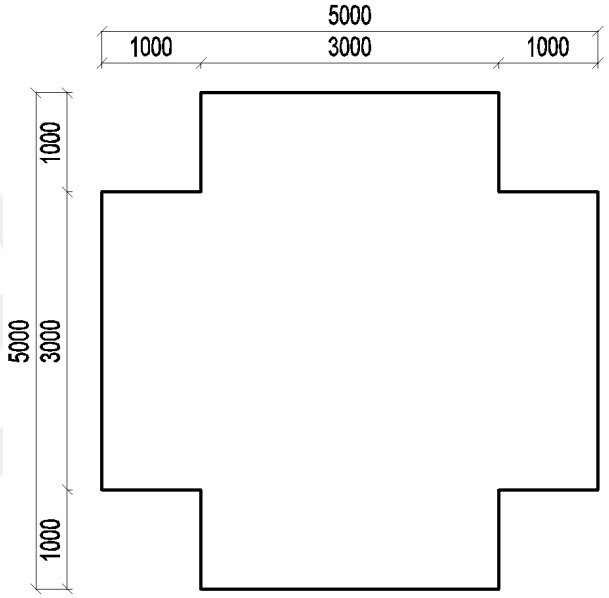
Kat	Düğüm Noktası Numarası	H (m)	(Δ_i) (m)	$(\Delta_i)_{max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{bi}
19. Kat	1	3.5	0.00082	0.00082	0.00082	1.004
	10	3.5	0.00081			
	70	3.5	0.00082			
18. Kat	1	3.5	0.00102	0.00102	0.00100	1.026
	10	3.5	0.00094			
	70	3.5	0.00102			
17. Kat	1	3.5	0.00107	0.00107	0.00103	1.032
	10	3.5	0.00097			
	70	3.5	0.00107			

Çizelge 3.15 (devam): Burulma düzensizliği katsayısının hesaplanması (TBDY-2018).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	H (m)	(Δ_i) (m)	$(\Delta_i)_{max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{bi}
16. Kat	1	3.5	0.00108	0.00108	0.00105	1.033
	10	3.5	0.00098			
	70	3.5	0.00108			
15. Kat	1	3.5	0.00112	0.00112	0.00108	1.034
	10	3.5	0.00101			
	70	3.5	0.00112			
14. Kat	1	3.5	0.00105	0.00105	0.00102	1.028
	10	3.5	0.00096			
	70	3.5	0.00105			
13. Kat	1	3.5	0.00108	0.00108	0.00105	1.030
	10	3.5	0.00099			
	70	3.5	0.00108			
12. Kat	1	3.5	0.00110	0.00110	0.00107	1.032
	10	3.5	0.00100			
	70	3.5	0.00110			
11. Kat	1	3.5	0.00112	0.00112	0.00108	1.033
	10	3.5	0.00101			
	70	3.5	0.00112			
10. Kat	1	3.5	0.00107	0.00107	0.00104	1.031
	10	3.5	0.00098			
	70	3.5	0.00107			
9. Kat	1	3.5	0.00108	0.00108	0.00104	1.031
	10	3.5	0.00098			
	70	3.5	0.00108			
8. Kat	1	3.5	0.00107	0.00107	0.00103	1.032
	10	3.5	0.00097			
	70	3.5	0.00107			
7. Kat	1	3.5	0.00105	0.00105	0.00102	1.032
	10	3.5	0.00095			
	70	3.5	0.00105			
6. Kat	1	3.5	0.00102	0.00102	0.00098	1.035
	10	3.5	0.00092			
	70	3.5	0.00102			
5. Kat	1	3.5	0.00108	0.00108	0.00102	1.052
	10	3.5	0.00091			
	70	3.5	0.00108			
4. Kat	1	3.5	0.00122	0.00122	0.00113	1.073
	10	3.5	0.00097			
	70	3.5	0.00122			
3. Kat	1	4	0.00101	0.00101	0.00096	1.053
	10	4	0.00086			
	70	4	0.00101			

3.8.5 A3 planda çıkıntılar bulunması düzensizliği kontrolü

Yapıların her iki birbirine dik doğrultuda kat planlarında bulunan çıkıntıların kendi doğrultusundaki toplam plan uzunluklarının %20' den büyük olduğu durumlarda düzensizlik oluşmaktadır [5]. Şekil 3.18' de tez kapsamında dikkate alınan yapının tipik bir kat planının uzunlukları verilmiştir. Bu ölçülere göre çıkıntı uzunlukları X ve Y doğrultuları için toplam 20 m' dir. Plandaki toplam uzunluklar iki doğrultu için de 50 m'dir. Uzunluk oranları ise %40 olduğu için yapı her iki doğrultuda da A3 türü düzensizliğe sahiptir.



Şekil 3.18: Yapının plandaki çıkıntı uzunlukları.

3.8.6 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Yapının bodrum katlarının haricindeki üst bölümünde herhangi bir kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının, altındaki ya da üstündeki komşu kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölündüğünde elde edilen bu yeni orana rijitlik düzensizliği katsayısı adı verilmektedir [5]. Bu değerin sınır şartı olarak 2' den büyük olması durumunda ilgili düzensizlik yapıda mevcut olmaktadır (3.28). Her bir kat için elverişsiz olan X doğrultusu için rijitlik düzensizliği katsayısının hesabı Çizelge 3.16' da gösterilmiştir. Buna göre tüm katsayı değerleri 2' den daha küçük olduğu için yapıda rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort})/(\Delta_{i\pm1}/h_{i\pm1})_{ort} \leq 2{,}0 \qquad (3.28)$$

Çizelge 3.16: Rijitlik düzensizliği katsayısının hesaplanması (TBDY-2018).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	H (m)	(Δ_i) (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{ki} (i) / (i-1)	η_{ki} (i) / (i+1)
19. Kat	1	3.5	0.00082	0.00082	0.82005	-
	10	3.5	0.00081			
	70	3.5	0.00082			
18. Kat	1	3.5	0.00102	0.001	0.96336	1.21944
	10	3.5	0.00094			
	70	3.5	0.00102			
17. Kat	1	3.5	0.00107	0.00103	0.98754	1.03804
	10	3.5	0.00097			
	70	3.5	0.00107			
16. Kat	1	3.5	0.00108	0.00105	0.9661	1.01261
	10	3.5	0.00098			
	70	3.5	0.00108			
15. Kat	1	3.5	0.00112	0.00108	1.06203	1.03509
	10	3.5	0.00101			
	70	3.5	0.00112			
14. Kat	1	3.5	0.00105	0.00102	0.97084	0.94159
	10	3.5	0.00096			
	70	3.5	0.00105			
13. Kat	1	3.5	0.00108	0.00105	0.98554	1.03004
	10	3.5	0.00099			
	70	3.5	0.00108			
12. Kat	1	3.5	0.0011	0.00107	0.98376	1.01467
	10	3.5	0.001			
	70	3.5	0.0011			
11. Kat	1	3.5	0.00112	0.00108	1.04133	1.01651
	10	3.5	0.00101			
	70	3.5	0.00112			
10. Kat	1	3.5	0.00107	0.00104	0.99745	0.96031
	10	3.5	0.00098			
	70	3.5	0.00107			
9. Kat	1	3.5	0.00108	0.00104	1.0092	1.00256
	10	3.5	0.00098			
	70	3.5	0.00108			
8. Kat	1	3.5	0.00107	0.00103	1.0158	0.99088
	10	3.5	0.00097			
	70	3.5	0.00107			

Çizelge 3.16 (devam): Rijitlik düzensizliği katsayısının hesaplanması (TBDY-2018).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	H (m)	(Δ_i) (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{ki} (i) / (i-1)	η_{ki} (i) / (i+1)
7. Kat	1	3.5	0.00105	0.00102	1.03523	0.98445
	10	3.5	0.00095			
	70	3.5	0.00105			
6. Kat	1	3.5	0.00102	0.00098	0.96273	0.96597
	10	3.5	0.00092			
	70	3.5	0.00102			
5. Kat	1	3.5	0.00108	0.00102	0.90208	1.03871
	10	3.5	0.00091			
	70	3.5	0.00108			
4. Kat	1	3.5	0.00122	0.00113	0.77078	1.10855
	10	3.5	0.00097			
	70	3.5	0.00122			
3. Kat	1	4	0.00144	0.00147	-	1.29739
	10	4	0.00154			
	70	4	0.00144			

4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK-2007' YE GÖRE YAPISAL ANALİZ VE TASARIM

4.1 Yapı Hakkında Bilgiler ve Yapısal Analiz Modeli

DBYBHY-2007' ye göre bu bölümde hesapları yapılan yapının kat planları, aks ölçüleri, eleman boyutları ve yapısal analiz modeli gibi bilgiler, Bölüm 3' te TBDY-2018' e göre dikkate alınan yapı ile aynıdır.

4.2 Yapıya Etki Eden Sabit ve Hareketli Yükler

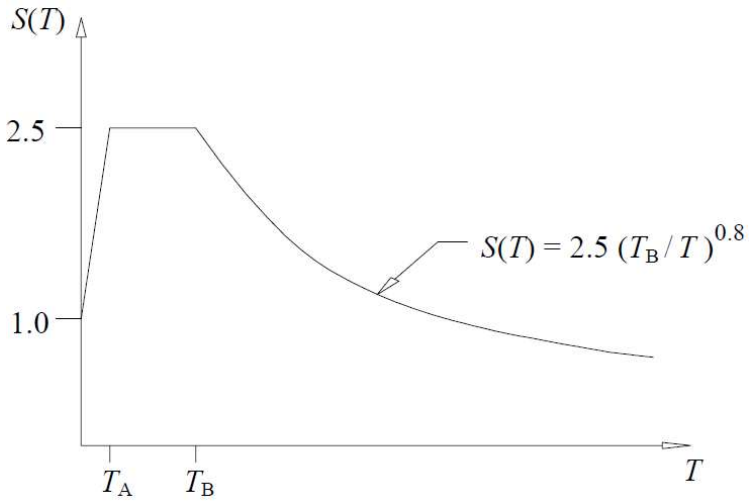
Yapıya etkiyen sabit ve hareketli yükler TBDY-2018 için hesaplanan yapı sistemindeki katmanlaşmalarla aynı olup, hareketli yükler ve çatı yükleri için TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerlerine göre belirlenerek hesaba katılan hareketli yük değerleri normal katlarda, zemin katta ve bodrum katlarda 2 kN/m² olarak alınmıştır. Ancak bu katlardaki koridorlar, merdiven sahanlıkları ve çatı kat döşemesi için sırasıyla 5, 5 ve 3,5 kN/m² olarak alınmıştır [7]. Kolon, kiriş, perde gibi yapı elemanlarının zati ağırlıkları ise sonlu elemanlar analiz programı tarafından hesaba dahil edilmektedir.

4.3 Tasarım İvme Spektrumları

DBYBHY-2007' ye göre spektrum katsayısı, bina doğal periyoduna ve yerel zemin koşullarına göre hesaplanmaktadır. Elde edilecek spektrum katsayısı üç farklı sınır şartına bağlı olarak denklem 4.1' e göre hesaplanmıştır [4].

$$
\begin{aligned}
S(T) &= 1 + 1{,}5\frac{T}{T_A} && (0 \le T \le T_A) \\
S(T) &= 2{,}5 && (T_A < T \le T_B) \\
S(T) &= 2{,}5\left(\frac{T_B}{T}\right)^{0{,}8} && (T_B < T)
\end{aligned}
\tag{4.1}
$$

Bu sınır şartlarına göre elde edilen spektrum katsayısının periyoda bağlı grafiği Şekil 4.1' de belirtilmiştir. Bu spektrum DBYBHY-2007' ye göre deprem etkisinin 50 yılda aşılma olasılığı %10' dur.



Şekil 4.1: Spektrum katsayısı grafiği [4].

4.4 Genel Esaslar

Yapısal analizi ve betonarme tasarımı yapılacak yapının TBDY-2018 için kabul edilen aynı koordinatlarda bulunduğu düşünülerek, yer aldığı bölgenin özellikleri göz önüne alınmıştır.

Yapının bulunduğu bölge Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007' de yer alan kavrama göre 1. deprem bölgesi olduğu için etkin yer ivme katsayısı A_0 = 0,4 olarak Çizelge 4.1' e göre belirlenmiştir.

Çizelge 4.1: DBYBHY-2007, etkin yer ivme katsayısı [5].

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

Tez kapsamında değerlendirilen yapının bulunduğu zeminin TBDY-2018 için kabul edilen zeminle aynı olduğu varsayılarak DBYBHY-2007' ye göre sıkı kum, çakıl seçilmiştir. Buna göre yönetmelikte tanımlanan zemin grubu B ve yerel zemin sınıfı Z2 olacaktır [4].

Spektral ivme katsayısı denklem 4.2' de belirtildiği üzere; deprem yüklerinin belirlenmesi için etkin yer ivme katsayısının bina önem katsayısı ve spektrum katsayısı ile çarpılması ile elde edilmektedir [4].

$$A(T) = A_o . I . S(T) \quad (4.2)$$

Elastik spektral ivme ise %5 sönüm oranına göre ifade edilen elastik ivme spektrumunun ordinatıdır ve denklem 4.3' te göre spektral ivme katsayısının yer çekimi ivmesi ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır [4].

$$S_{ae}(T) = A(T).g \tag{4.3}$$

Binaların kullanım amaçlarına ve bina türlerine göre belirlenen, DBYBHY-2007' de ifade edilen bina önem katsayısı Çizelge 4.2' ye göre 1,0 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2: Bina önem katsayısı [4].

Bina Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar	1,5
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar	1,4
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1,2
Diğer binalar	1,0

Z2 yerel zemin sınıfına karşılık gelen spektrum karakteristik periyotları TA ve TB, Çizelge 4.3' e göre belirlenmiştir.

Çizelge 4.3: Spektrum karakteristik periyotları [4].

Yerel zemin sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

4.5 Hesap Esasları

4.5.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve deprem yükü azaltma katsayısı

Yapının taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle ve süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı için taşıyıcı sistem davranış katsayısı Çizelge 4.4' e göre her iki doğrultu için 7 olarak belirlenmiştir. Dıştan rijit perdelerle çevrilmiş bodrum katlarda ise R katsayısı 1,5 olarak alınmıştır [4].

Çizelge 4.4: Yerinde dökme betonarme binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı [4].

Bina taşıyıcı sistemi	Süneklik düzeyi normal sistemler	Süneklik düzeyi yüksek sistemler
Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

Yapıların deprem sırasında doğrusal elastik olmayan davranışta bulunmasından dolayı elastik deprem yükleri DBYBHY-2007' de verilen katsayı ile azaltılmaktadır. Bu katsayı deprem yükü azaltma katsayısı olarak isimlendirilmektedir ve denklem 4.4' e göre taşıyıcı sistem davranış katsayısına ve bina doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca rijit bodrum katlarına etkiyen deprem yüklerinin hesabında, S(T) spektrum katsayısı 1 ve $R_a(T)$ deprem yükü azaltma katsayısı 1,5 olarak alınmıştır [4].

$$\begin{aligned} R_a(T) &= 1{,}5 + (R - 1{,}5)\frac{T}{T_A} && (0 \le T \le T_A) \\ R_a(T) &= R && (T_A < T) \end{aligned} \tag{4.4}$$

Ayrıca toplam perde yüksekliğinin (H_w) perdenin plandaki uzunluğuna (l_w) oranının 2' ye eşit ya da daha küçük olduğu perdelerde, bina taşıyıcı sistem davranış katsayısına göre hesaplanan iç kuvvetlerin denklem 4.5 ile hesaplanan katsayı ile çarpılması gerekmektedir [4].

$$\frac{3}{1 + \frac{H_w}{l_w}} \le 2 \tag{4.5}$$

4.5.2 DBYBHY-2007' ye göre tasarıma etkin yük birleşimleri

Yapının tasarımında yalnız düşey yüklerin oluşturduğu etkilerin TS500' de verilen yük birleşimleri denklem 4.6' da ve 4.7' de verilmiştir. Sabit yükler G, hareketli yükler Q ve sıcaklık değişmesi T olarak ifade edilmiştir [8].

$$1{,}4G + 1{,}6Q \tag{4.6}$$

$$0{,}9G + 1{,}2Q + 1{,}2T \tag{4.7}$$

Deprem etkisinin olduğu yük birleşimleri ise denklem 4.8' de, 4.9' da, 4.10' da ve 4.11' de gösterilmiştir. Bu birleşimlerde deprem etkisi E ile ifade edilmektedir.

$$G + Q \pm E_X \pm 0{,}3E_Y \tag{4.8}$$

$$G + Q \pm 0{,}3E_X \pm E_Y \tag{4.9}$$

$$0{,}9G \pm E_X \pm 0{,}3E_Y \tag{4.10}$$

$$0{,}9G \pm 0{,}3E_X \pm E_Y \tag{4.11}$$

4.5.3 Kesit rijitliği çarpanları

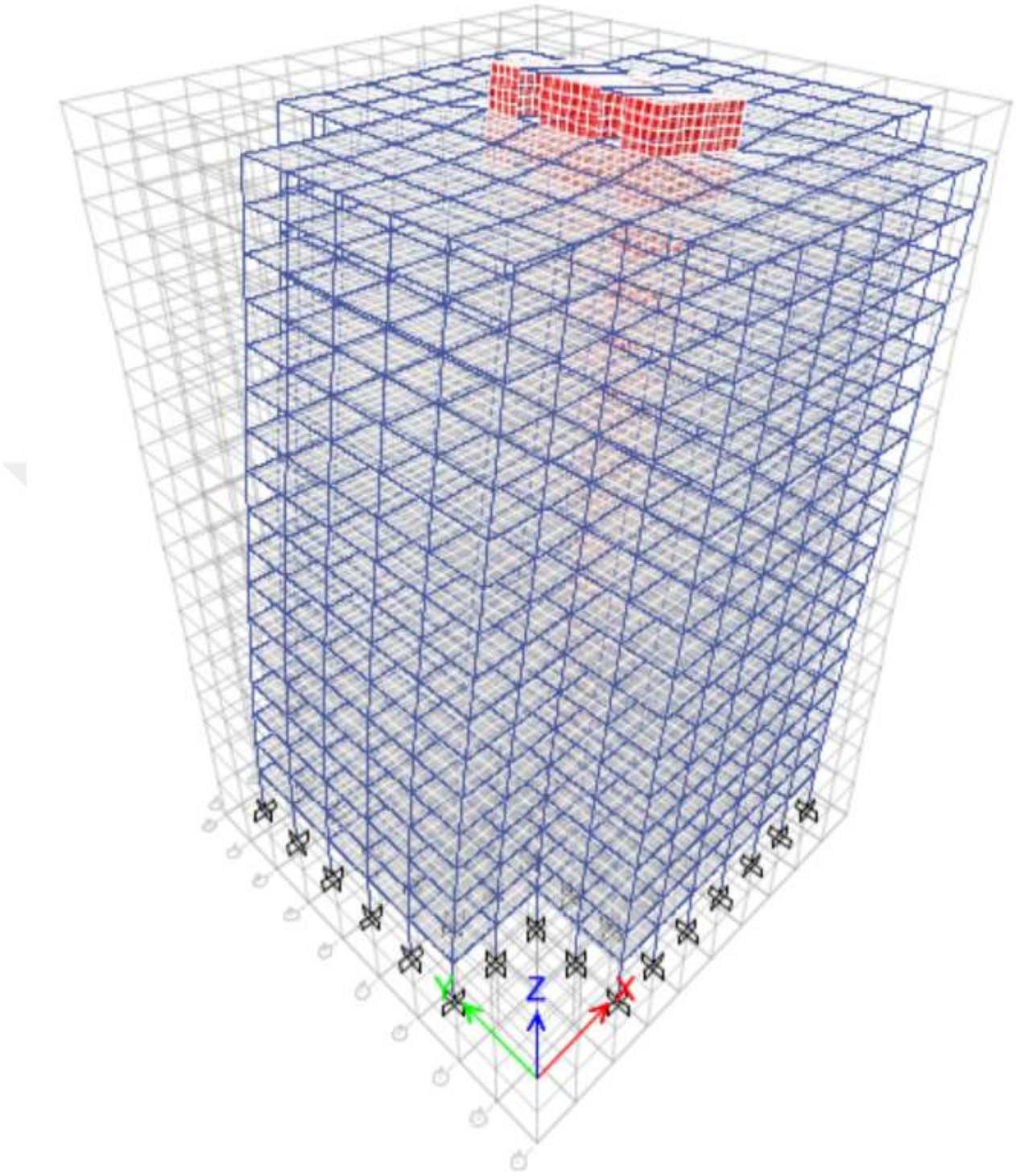
Taşıyıcı sistemin betonarme elemanlarının deprem yükü etkisinde çatlamamış kesit rijitlikleri kullanılacaktır. Bir başka deyişle kesit rijitliği çarpanları 1 olarak alınacaktır. Ancak perdelere saplanan aynı düzlemdeki kirişler ve bağ kirişler için çatlamış kesite ait değerler kullanılabilir [5].

4.6 Deprem Hesabı

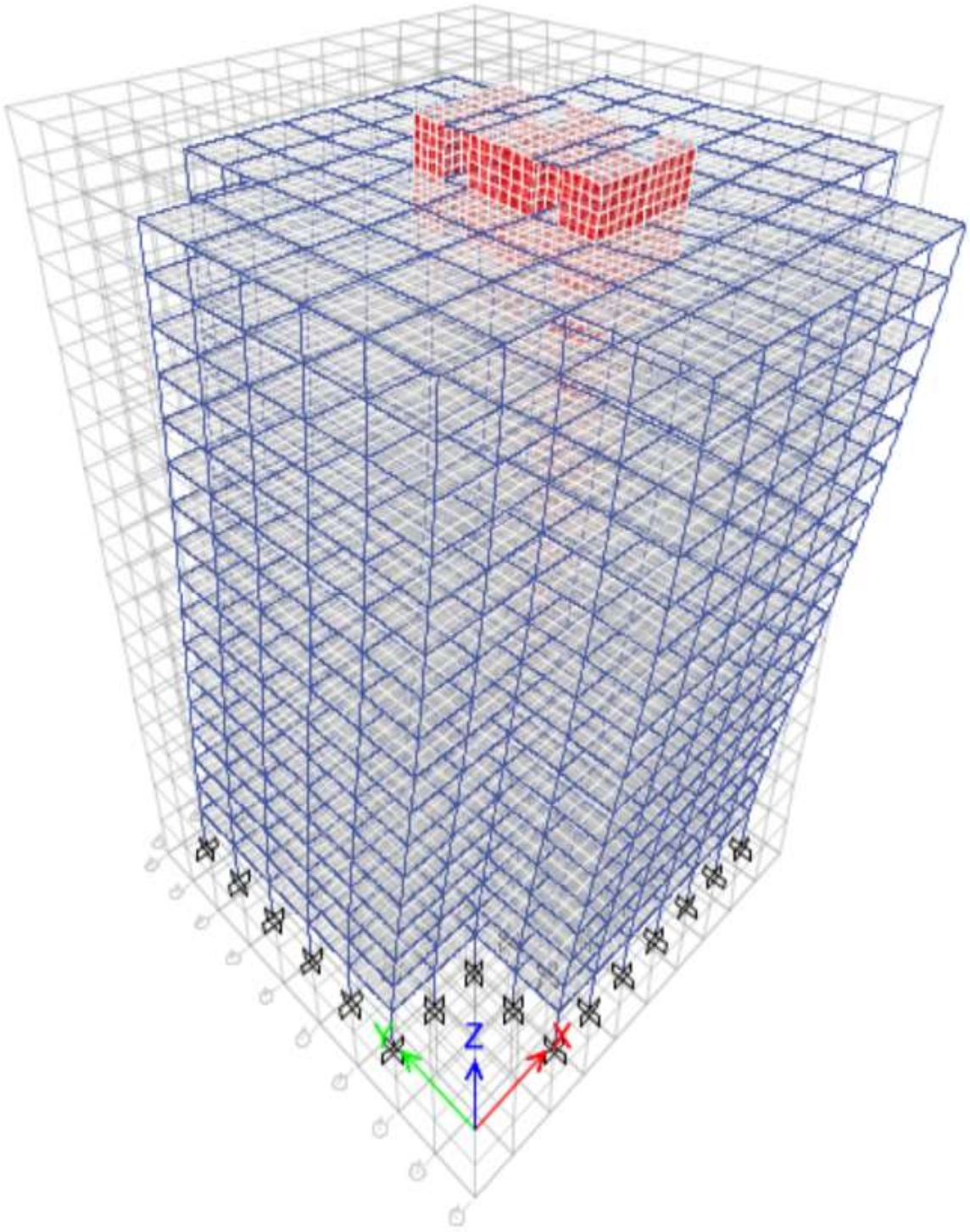
Bina hakim periyodunun belirlenmesinde sonlu elemanlar analiz programı üzerinden mod birleştirme yöntemi kullanılarak kütle katılım oranlarına göre belirlenmiştir. Her bir mod için etkin kütlelerin toplamının yapının toplam kütlesinin %90' ından daha az olmaması koşuluna göre birbirine dik her iki doğrultu için de Çizelge 4.5' te ifade edilmiştir [4]. Buna göre modal kütle katılım oranı 10 modda %90 üzerindedir. Yapının X doğrultusu için periyodu 1,338 saniye ve Y doğrultusu için periyot 1,554 saniye olarak belirlenmiştir. Şekil 4.2' de ve 4.3' te yapının sırasıyla X ve Y doğrultularındaki periyotlarına karşılık gelen şekil değiştirmeleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.5: Modal katılım kütle oranları ETABS sonuçları.

Mod Sayısı	Periyot (s)	UX	UY	UZ	∑UX	∑UY	∑UZ
1	1.638	0	0	0	0	0	0
2	1.554	0	0.7386	0	0	0.7386	0
3	1.338	0.6846	0	0	0.6846	0.7386	0
4	0.537	0	0	0	0.6846	0.7386	0
5	0.486	0	0.1258	0	0.6846	0.8644	0
6	0.358	0.1856	0	0	0.8702	0.8644	0
7	0.296	0	0	0	0.8702	0.8644	0
8	0.253	0	0.0511	0	0.8702	0.9155	0
9	0.203	0	0	0	0.8702	0.9155	0
10	0.177	0.0611	0	0	0.9314	0.9155	0
11	0.163	0	0.0285	0	0.9314	0.944	0
12	0.158	0	0	0	0.9314	0.944	0
13	0.129	0	0	0	0.9314	0.944	0
14	0.122	0.0257	0	0	0.9571	0.944	0
15	0.12	0	0.0161	0	0.9571	0.9601	0
16	0.109	0	0	0	0.9571	0.9601	0
17	0.097	0.0116	0	0	0.9687	0.9601	0
18	0.096	0	0.0101	0	0.9687	0.9702	0
19	0.096	0	0	0	0.9687	0.9702	0
20	0.084	0.0069	0	0	0.9756	0.9702	0
21	0.084	0	0	0	0.9756	0.9702	0
22	0.083	0	0	0	0.9756	0.9702	0
23	0.082	0	0.0062	0	0.9756	0.9764	0
24	0.079	0	0	0	0.9756	0.9764	0
25	0.076	0	0	0	0.9756	0.9764	0
26	0.075	0.0044	0	0	0.98	0.9764	0
27	0.073	0	0.0039	0	0.98	0.9803	0
28	0.073	0	0	0	0.98	0.9803	0
29	0.069	0.003	0	0	0.983	0.9803	0
30	0.068	0	0	0	0.983	0.9803	0



Şekil 4.2: Yapının 3. moduna ait şekil değiştirmesi.



Şekil 4.3: Yapının 2. moduna ait şekil değiştirmesi.

Elde edilen periyotlar eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanan taban kesme kuvveti için kullanılmıştır. Eşdeğer deprem yüküne göre tüm yapıya etkiyen toplam taban kesme kuvveti denklem 4.12' ye göre hesaplanmıştır. Bölüm 3.4' te olduğu gibi DBYBHY-2007' ye göre de yapının düzensizlik durumu ve yüksek yapı olması nedeniyle deprem hesabında mod birleştirme yönteminin kullanılması daha uygun olacaktır. Çünkü yapı doğrusal elastik davranıştan daha da uzaklaşmakta ve buna göre eşdeğer deprem yükü yöntemine göre sonuçlar değişiklik gösterecektir. Bu nedenle yapı mod birleştirme yöntemi esas alınarak çözülmüştür. Ancak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvvetinin mod birleştirme yönteminden elde edilen taban kesme kuvvetine oranına göre bir büyütme katsayısı hesaplanarak ölçek faktörü hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0{,}10.A_o.I.W \tag{4.12}$$

Denklem 4.10' da yer alan toplam ağırlık W ve kat ağırlıkları sırasıyla denklem 4.13 ve 4.14 ile gösterilmiştir. Hareketli yük katılım katsayısı, binanın kullanım amacının işyeri sınıfına girmesinden dolayı 0,3 alınmıştır [4].

$$W = \sum_{i=1}^{N} w_i \tag{4.13}$$

$$w_i = g_i + n.q_i \tag{4.14}$$

Buna göre hesaplanan taban kesme kuvveti Çizelge 4.6' da detaylı olarak verılmıştır.

Çizelge 4.6: X ve Y doğrultuları için taban kesme kuvvetlerinin hesap detayları.

	X Yönü	Y Yönü
W (kN)	427603.22	
S(T)	0.95153	0.84416
A(T)	0.38061	0.33767
$R_a(T)$	7	7
W.A(T) / $R_a(T)$ (kN)	23250.16	20626.72
0,10.A_o.I.W	17104.1288	
V_t (kN)	23250.16	20626.72

Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan etkilerin alt sınır değerlerinin hesaplanması için ölçek faktörünün hesaplanması gereklidir. Buna göre birbirine dik her iki doğrultu için mod birleştirme yöntemine göre yapıya etkiyen toplam deprem yükünün, eşdeğer

deprem yükü yöntemine göre elde edilen toplam deprem yüküne oranının β değerinden küçük olduğunda, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen tüm değerlerin denklem 4.15 ile hesaplanan katsayı ile büyütülmesi gerekmektedir. β değeri, A1, B2 veya B3 düzensizlik türlerinden herhangi birinin tek başına ya da birlikte yapıda bulunması halinde 0,90, bu düzensizliklerin yapıda bulunmaması halinde ise 0,80 olarak alınmaktadır [4]. Çizelge 4.7' de büyütme katsayısının hesap detayları gösterilmiştir. Buna göre eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerine göre elde edilen taban kesme kuvvetlerinin oranı 0,80' den büyük olduğu için büyütme katsayısı her iki doğrultu için de 1 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak mod birleştirme yöntemine göre elde edilen taban kesme kuvvetleri aynı kalmaktadır.

$$B_D = \beta . \frac{V_t}{V_{tB}} . B_B \tag{4.15}$$

Çizelge 4.7: İç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin büyütme katsayılarının hesap detayları.

	X Yönü	Y Yönü
V_t (kN)	23250,16	20626,72
V_{tB} (kN)	19586,70	17623,07
V_{tB} / V_t	0,842 > 0,80	0,854 < 0,80
B_B	1,000	1,000
V_{tB} x B_B (kN)	19586,70	17623,07

4.7 Hesap Sonuçlarının Kontrolleri

4.7.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısının kontrolü

DBYBHY-2007' de deprem yüklerinin taşınmasında süneklik düzeylerine göre farklı sınır şartlar mevcuttur. Tez kapsamındaki yapı için süneklik düzeyi karma sistemlerin sınır şartları gözetilip taşıyıcı sistem davranış katsayısının kontrolü yapılmıştır. Çünkü yönetmelikte karma sistemler için verilen koşullara göre süneklik düzeyi yüksek boşluksuz ya da boşluklu betonarme perdelerin kullanılabileceği ifade edilmektedir. Bu sınır şartlarına göre süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen toplam kesme kuvvetinin, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranının (α_s) 2/3' e eşit veya bu değerden büyük olması durumunda denklem 4.16' da ifade edilen R katsayısı kullanılacaktır. Ancak bu oranın 0,4 ile 2/3 değerleri arasında olması halinde ise her iki deprem doğrultusu için taşıyıcı sistemin tümünde denklem 4.17 ile hesaplanan R katsayısı kullanılacaktır.

$$R = R_{YP} \tag{4.16}$$

$$R = R_{NÇ} + 1{,}5\alpha_S.(R_{YP} - R_{NÇ}) \tag{4.17}$$

Yapının elde edilen taban kesme kuvveti X doğrultusu için 23250,16 kN ve Y doğrultusu için 20626,72 kN' dur. ETABS programından alının verilere göre toplam perde kesme kuvveti ise X doğrultusu için 9686,48 kN ve Y doğrultusu için 8318,38 kN' dur. Buna göre α_s değeri 0,4 ile 2/3 değerleri arasındadır. Çizelge 4.8' de taşıyıcı sistem katsayısının hesap detayları ifade edilmiştir ve denklem 4.17' ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayısında azaltma yapılmıştır.

Çizelge 4.8: Azaltılmış taşıyıcı sistem davranış katsayısının hesap detayları.

	X Yönü	Y Yönü
$V_{t\beta}$ (kN)	23250.16	20626.72
$V_{t,perde}$ (kN)	9686.48	8318.38
α_s	0.42	0.40
R	5.87	5.81

Taşıyıcı sistem davranış katsayısının değişmesi sonucunda yapılan hesaplar tekrarlanarak yeni taban kesme kuvvetleri bulunmuştur. Çizelge 4.9' da azaltılmış taşıyıcı sistem davranış katsayısına göre hesaplanan büyütme katsayıları ve perde taban kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.9: Büyütme katsayılarının ve perde taban kesme kuvvetlerinin hesap detayları.

	X Yönü	Y Yönü
V_t (kN)	27725.92	24851.47
V_{tB} (kN)	23352.60	21228.80
V_{tB} / V_t	0,842 > 0,80	0,854 > 0,80
B_B	1,000	1,000
V_{tB} x B_B (kN)	23352.60	21228.80
$V_{t,perde}$ (kN)	8814.24	11546.89

4.7.2 Göreli kat ötelemesi kontrolü

Yapı perdelerinin veya kolonlarının uç noktalarında veya düğüm noktalarında ardışık iki kat için aradaki yer değiştirme farkına azaltılmış göreli kat ötelemesi adı verilmektedir ve denklem 4.18' e göre hesaplanmaktadır [4]. Her iki doğrultu için de

herhangi bir perdenin ya da kolonun azaltılmış deprem yüklerine göre uç noktalarındaki yer değiştirmeleri d_i ve d_{i-1} ile ifade edilmektedir.

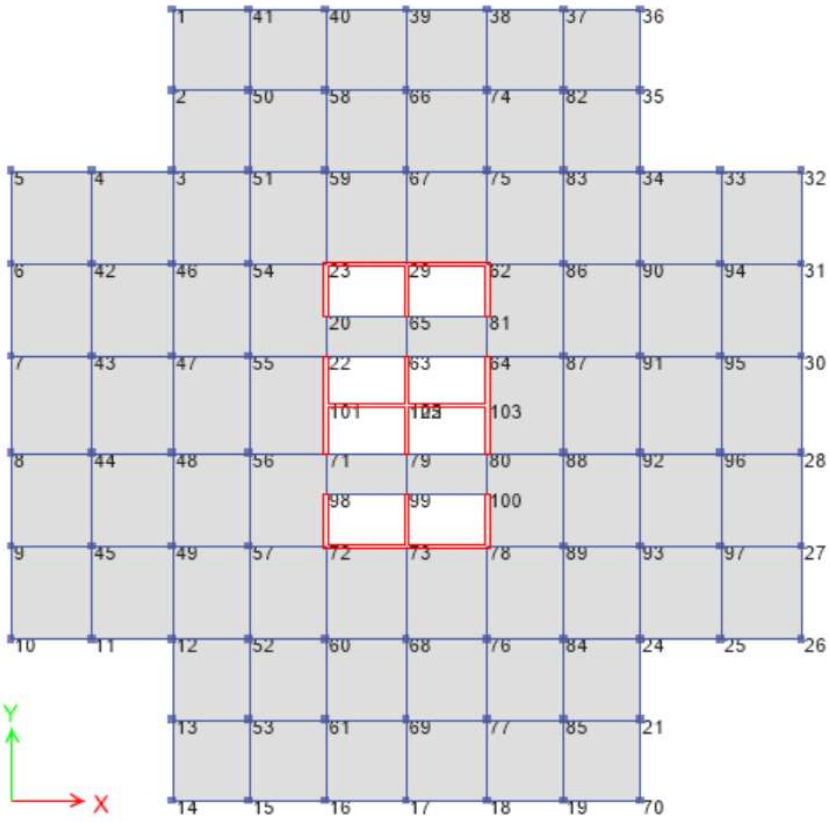
$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \tag{4.18}$$

Etkin göreli kat ötelemesi, denklem 4.19' a göre taşıyıcı sistem davranış katsayısının azaltılmış göreli kat ötelemesi ile çarpımı sonucunda elde edilmektedir. DBYBHY-2007' ye göre denklem 4.20' de gösterildiği üzere yapıdaki etkin göreli kat ötelemelerinin en büyüğünün kat yüksekliğine oranı %2' ye eşit ya da %2' den daha küçük olacaktır. Bu sınır şartı sağlanamadığı durumlarda ise taşıyıcı sistem rijitliği artırılarak hesapların yenilenmesi gerekmektedir.

$$\delta_i = R.\Delta_i \tag{4.19}$$

$$\frac{(\delta_i)_{maks}}{h_i} \leq 0{,}02 \tag{4.20}$$

Şekil 4.4' te ETABS programında modellenen yapının bir katına ait bütün düğüm noktalarının numaraları verilmiştir. Göreli kat ötelemesi kontrolü için bu düğüm noktaları arasında en olumsuz değerleri veren 1, 10 ve 70 numaralı noktalar dikkate alınmıştır.



Şekil 4.4: ETABS Düğüm noktası numaraları.

Göreli kat ötelemelerinin hesapları Çizelge 4.10' da elverişsiz olan Y doğrultusu ve her kat için detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.10: Göreli kat ötelemelerinin kontrolleri (DBYBHY-2007).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	Uy (m)	H (m)	Δ_i (m)	δ_i (m)	$\frac{(\delta_i)_{maks}}{h_i} \leq 0{,}02$
Story19	1	0.0784	3.5	0.00060	0.00349	
Story19	10	0.0841	3.5	0.00061	0.00357	0.00102
Story19	70	0.0784	3.5	0.00060	0.00349	
Story18	1	0.0759	3.5	0.00070	0.00409	
Story18	10	0.0815	3.5	0.00075	0.00438	0.00125
Story18	70	0.0759	3.5	0.00070	0.00409	
Story17	1	0.0728	3.5	0.00078	0.00450	
Story17	10	0.0781	3.5	0.00083	0.00483	0.00138
Story17	70	0.0728	3.5	0.00078	0.00450	
Story16	1	0.0695	3.5	0.00085	0.00491	
Story16	10	0.0745	3.5	0.00091	0.00527	0.00150
Story16	70	0.0695	3.5	0.00085	0.00491	
Story15	1	0.0659	3.5	0.00093	0.00542	
Story15	10	0.0705	3.5	0.00101	0.00586	0.00167
Story15	70	0.0659	3.5	0.00093	0.00542	
Story14	1	0.0619	3.5	0.00094	0.00543	
Story14	10	0.0662	3.5	0.00099	0.00575	0.00164
Story14	70	0.0619	3.5	0.00094	0.00543	
Story13	1	0.0579	3.5	0.00101	0.00585	
Story13	10	0.0618	3.5	0.00107	0.00623	0.00178
Story13	70	0.0579	3.5	0.00101	0.00585	
Story12	1	0.0535	3.5	0.00106	0.00618	
Story12	10	0.0571	3.5	0.00113	0.00659	0.00188
Story12	70	0.0535	3.5	0.00106	0.00618	
Story11	1	0.0489	3.5	0.00113	0.00654	
Story11	10	0.0521	3.5	0.00121	0.00701	0.00200
Story11	70	0.0489	3.5	0.00113	0.00654	
Story10	1	0.0440	3.5	0.00112	0.00650	
Story10	10	0.0468	3.5	0.00118	0.00688	0.00197
Story10	70	0.0440	3.5	0.00112	0.00650	
Story9	1	0.0391	3.5	0.00116	0.00677	
Story9	10	0.0415	3.5	0.00123	0.00717	0.00205
Story9	70	0.0391	3.5	0.00116	0.00677	
Story8	1	0.0339	3.5	0.00119	0.00693	
Story8	10	0.0360	3.5	0.00127	0.00736	0.00210
Story8	70	0.0339	3.5	0.00119	0.00693	
Story7	1	0.0287	3.5	0.00121	0.00705	
Story7	10	0.0304	3.5	0.00129	0.00748	0.00214
Story7	70	0.0287	3.5	0.00121	0.00705	

Çizelge 4.10 (devam): Göreli kat ötelemelerinin kontrolleri (DBYBHY-2007).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	Uy (m)	H (m)	Δ_i (m)	δ_i (m)	$\frac{(\delta_i)_{maks}}{h_i} \leq 0{,}02$
Story6	1	0.0234	3.5	0.00118	0.00683	
Story6	10	0.0248	3.5	0.00124	0.00719	0.00205
Story6	70	0.0234	3.5	0.00118	0.00683	
Story5	1	0.0182	3.5	0.00117	0.00678	
Story5	10	0.0193	3.5	0.00126	0.00731	0.00209
Story5	70	0.0182	3.5	0.00117	0.00678	
Story4	1	0.0131	3.5	0.00117	0.00679	
Story4	10	0.0136	3.5	0.00137	0.00796	0.00228
Story4	70	0.0131	3.5	0.00117	0.00679	
Story3	1	0.0080	4	0.00100	0.00583	
Story3	10	0.0075	4	0.00122	0.00710	0.00177
Story3	70	0.0080	4	0.00100	0.00583	

4.7.3 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Yapıdaki ötelemeler sonucunda önem kazanan ikinci mertebe etkileri için yönetmeliğin getirmiş olduğu sınır şartı bulunmaktadır. Bu şart sağlanamadığı durumlarda ise taşıyıcı sistemin rijitliğindeki yetersizlik ortaya çıkmaktadır ve rijitliğin artırılması gerekmektedir. DBYBHY-2007' ye göre denklem 4.21' de ikinci mertebe gösterge değerinin 0,12' ye eşit ya da 0,12' den daha küçük olması gerektiği gösterilmiştir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \cdot \sum_{j=1}^{N} w_j}{V_i . h_i} \leq 0{,}12 \qquad (4.21)$$

Çizelge 4.11' de en elverişsiz doğrultu olan Y doğrultusu için verilen sonuçlara göre sınır koşul şartı sağlandığı için her hangi bir büyütme etkisi uygulanmamıştır.

Çizelge 4.11: İkinci mertebe etkilerinin kontrolleri (DBYBHY-2007).

Kat	H_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	w_j (kN)	$\sum w_j$ (kN)	V_i (kN)	θ_i
20. Kat	3.5	0.0660	2891.113	2891.11	478.138	0.003194
19. Kat	3.5	0.0678	14082.36	16973.48	3599.369	0.003003
18. Kat	3.5	0.0656	14082.36	31055.84	6145.125	0.003746
17. Kat	3.5	0.0630	14082.36	45138.20	7812.567	0.004701
16. Kat	3.5	0.0602	14082.36	59220.56	9162.818	0.005730
15. Kat	3.5	0.0571	14082.36	73302.93	10358.708	0.006884
14. Kat	3.5	0.0537	14807.26	88110.19	11369.382	0.007663
13. Kat	3.5	0.0502	14807.26	102917.45	12253.704	0.008908
12. Kat	3.5	0.0465	14807.26	117724.71	13069.428	0.010078

Çizelge 4.11 (devam): İkinci mertebe etkilerinin kontrolleri (DBYBHY-2007).

Kat	H_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	w_j (kN)	$\sum w_j$ (kN)	V_i (kN)	θ_i
11. Kat	3.5	0.0426	14807.26	132531.98	13843.393	0.011294
10. Kat	3.5	0.0385	15675.66	148207.64	14577.322	0.012049
9. Kat	3.5	0.0343	15675.66	163883.30	15326.106	0.013134
8. Kat	3.5	0.0300	15675.66	179558.96	16070.021	0.014056
7. Kat	3.5	0.0256	15675.66	195234.63	16814.412	0.014789
6. Kat	3.5	0.0211	16687.56	211922.19	17571.377	0.014945
5. Kat	3.5	0.0168	16687.56	228609.75	18338.831	0.015290
4. Kat	3.5	0.0125	16687.56	245297.31	19114.046	0.015807
3. Kat	4.0	0.0082	17596.13	262893.44	19841.546	0.014223

4.7.4 A1 burulma düzensizliği kontrolü

DBYBHY-2007' de ve TBDY-2018' de belirtilen burulma düzensizliği sınır şartı ve burulma düzensizliği katsayısının hesabı aynıdır. Buna göre en büyük göreli kat ötelemesi ile ortalama göreli ötelemenin birbirine oranının, denklem 4.22' de verilen sınır şartını sağlamaması durumunda yapıda burulma düzensizliğinin olması söz konusudur. Çizelge 4.12' de gösterilen ve en elverişsiz sonuçların Y doğrultusunda hesaplandığı burulma düzensizliği katsayılarına göre yapıda burulma düzensizliğinin olmadığı görülmektedir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \leq 1{,}2 \tag{4.22}$$

Çizelge 4.12: Burulma düzensizliği katsayısının hesaplanması (DBYBHY-2007).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	H (m)	(Δ_i) (m)	$(\Delta_i)_{max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{bi}
19. Kat	1	3.5	0.00060	0.00061	0.00060	1.015
	10	3.5	0.00061			
	70	3.5	0.00060			
18. Kat	1	3.5	0.00070	0.00075	0.00072	1.046
	10	3.5	0.00075			
	70	3.5	0.00070			
17. Kat	1	3.5	0.00078	0.00083	0.00079	1.047
	10	3.5	0.00083			
	70	3.5	0.00078			
16. Kat	1	3.5	0.00085	0.00091	0.00087	1.047
	10	3.5	0.00091			
	70	3.5	0.00085			
15. Kat	1	3.5	0.00093	0.00101	0.00096	1.053
	10	3.5	0.00101			
	70	3.5	0.00093			

Çizelge 4.12 (devam): Burulma düzensizliği katsayısının hesaplanması (DBYBHY-2007).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	H (m)	(Δ_i) (m)	$(\Delta_i)_{max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{bi}
14. Kat	1	3.5	0.00094	0.00099	0.00095	1.038
	10	3.5	0.00099			
	70	3.5	0.00094			
13. Kat	1	3.5	0.00101	0.00107	0.00103	1.042
	10	3.5	0.00107			
	70	3.5	0.00101			
12. Kat	1	3.5	0.00106	0.00113	0.00109	1.044
	10	3.5	0.00113			
	70	3.5	0.00106			
11. Kat	1	3.5	0.00113	0.00121	0.00115	1.046
	10	3.5	0.00121			
	70	3.5	0.00113			
10. Kat	1	3.5	0.00112	0.00118	0.00114	1.038
	10	3.5	0.00118			
	70	3.5	0.00112			
9. Kat	1	3.5	0.00116	0.00123	0.00119	1.039
	10	3.5	0.00123			
	70	3.5	0.00116			
8. Kat	1	3.5	0.00119	0.00127	0.00122	1.041
	10	3.5	0.00127			
	70	3.5	0.00119			
7. Kat	1	3.5	0.00121	0.00129	0.00124	1.040
	10	3.5	0.00129			
	70	3.5	0.00121			
6. Kat	1	3.5	0.00118	0.00124	0.00120	1.034
	10	3.5	0.00124			
	70	3.5	0.00118			
5. Kat	1	3.5	0.00117	0.00126	0.00120	1.050
	10	3.5	0.00126			
	70	3.5	0.00117			
4. Kat	1	3.5	0.00117	0.00137	0.00124	1.109
	10	3.5	0.00137			
	70	3.5	0.00117			
3. Kat	1	4	0.00100	0.00122	0.00108	1.135
	10	4	0.00122			
	70	4	0.00100			

4.7.5 A3 planda çıkıntılar bulunması düzensizliği kontrolü

A3 türü düzensizlik DBYBHY-2007' de ve TBDY-2018' de, Bölüm 3.4.10' da ifade edilen aynı koşullara ve tanımlara sahiptir. Bu nedenle yapının deprem kuvvetleri altındaki analizinde bu düzensizliğin olduğu göz önüne alınarak hesaplar yapılmıştır.

4.7.6 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Düşey doğrultudaki düzensizlik durumlarının yapılarda deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan tipi komşu katlar arası rijitlik düzensizliğidir. Aynı zamanda yumuşak kat da denilen bu düzensizlik tipine göre yönetmelikte belirtilen sınır şartı bulunmaktadır. Buna göre her iki deprem doğrultusu için denklem 4.23' te belirtilen bir kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının, komşu kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölümünün 2' den büyük olmasıyla düzensizlik durumu geçerlidir. Çizelge 4.13' te her kattaki rijitlik düzensizliği katsayısının hesabı elverişsiz olan Y doğrultusu için gösterilmiştir. Sonuç olarak elde edilen değerlerin 2' den küçük olduğu görülmekte ve yapıda düzensizlik durumunun geçerliliği söz konusu değildir.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort})/(\Delta_{i\pm1}/h_{i\pm1})_{ort} \leq 2{,}0 \qquad (4.23)$$

Çizelge 4.13: Rijitlik düzensizliği katsayısının hesaplanması (DBYBHY-2007).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	H (m)	(Δ_i) (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{ki} (i) / (i-1)	η_{ki} (i) / (i+1)
19. Kat	1	3.5	0.00060	0.00060	0.839	-
	10	3.5	0.00061			
	70	3.5	0.00060			
18. Kat	1	3.5	0.00070	0.00072	0.907	1.192
	10	3.5	0.00075			
	70	3.5	0.00070			
17. Kat	1	3.5	0.00078	0.00079	0.917	1.102
	10	3.5	0.00083			
	70	3.5	0.00078			
16. Kat	1	3.5	0.00085	0.00087	0.903	1.090
	10	3.5	0.00091			
	70	3.5	0.00085			
15. Kat	1	3.5	0.00093	0.00096	1.005	1.107
	10	3.5	0.00101			
	70	3.5	0.00093			
14. Kat	1	3.5	0.00094	0.00095	0.926	0.995
	10	3.5	0.00099			
	70	3.5	0.00094			
13. Kat	1	3.5	0.00101	0.00103	0.947	1.080
	10	3.5	0.00107			
	70	3.5	0.00101			

Çizelge 4.13 (devam): Rijitlik düzensizliği katsayısının hesaplanması (DBYBHY-2007).

Kat	Düğüm Noktası Numarası	H (m)	(Δ_i) (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{ki} (i) / (i-1)	η_{ki} (i) / (i+1)
12. Kat	1	3.5	0.00106	0.00109	0.943	1.056
	10	3.5	0.00113			
	70	3.5	0.00106			
11. Kat	1	3.5	0.00113	0.00115	1.011	1.061
	10	3.5	0.00121			
	70	3.5	0.00113			
10. Kat	1	3.5	0.00112	0.00114	0.960	0.989
	10	3.5	0.00118			
	70	3.5	0.00112			
9. Kat	1	3.5	0.00116	0.00119	0.976	1.041
	10	3.5	0.00123			
	70	3.5	0.00116			
8. Kat	1	3.5	0.00119	0.00122	0.983	1.025
	10	3.5	0.00127			
	70	3.5	0.00119			
7. Kat	1	3.5	0.00121	0.00124	1.036	1.017
	10	3.5	0.00129			
	70	3.5	0.00121			
6. Kat	1	3.5	0.00118	0.00120	0.998	0.966
	10	3.5	0.00124			
	70	3.5	0.00118			
5. Kat	1	3.5	0.00117	0.00120	0.969	1.002
	10	3.5	0.00126			
	70	3.5	0.00117			
4. Kat	1	3.5	0.00117	0.00124	1.149	1.032
	10	3.5	0.00137			
	70	3.5	0.00117			
3. Kat	1	4	0.00100	0.00108	-	0.870
	10	4	0.00122			
	70	4	0.00100			

5. TBDY-2018' E VE DBYBHY-2007' YE GÖRE YAPILAN ANALİZ VE TASARIM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Deprem yükleri altında analizleri yapılan yapının hesap sonuçlarına ilişkin karşılaştırılmalar bu bölümde detaylı olarak irdelenmiştir. Bu kıyaslamalar yapılar için temel kavramları oluşturan hususlar için incelenmiştir. DBYBHY-2007' ye ve TBDY-2018' e göre 20 katlı yüksek süneklik düzeyine sahip betonarme yapıların deprem analizlerinde mod birleştirme yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar hem çizelgelerde hem de grafiklerde karşılaştırılarak anlatılmıştır.

5.1 Bina Hakim Periyotların, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayılarının ve Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Yapının periyotlarının belirlenmesinde doğrudan etkisi bulunan etkin kesit rijitliklerinin azaltılması konusunda iki yönetmelik arasında farklılık bulunmaktadır. 2007 yönetmeliğinde herhangi bir azaltılma yapılmazken, 2018 yönetmeliğinde betonarme elemanların rijitlikleri yönetmelik doğrultusunda azaltılmıştır. Ayrıca düşey deprem etkisinin TBDY' ne göre yapının sabit yüklerini artırıcı etkisi ile yapının ağırlığı da artmaktadır. Bunların sonucunda tüm yapının rijitliği değiştiği için periyotlar da önemli oranda farklılıklar göstermiştir. Çizelge 5.1' de periyotların birbirine dik her iki deprem doğrultusu için karşılaştırılması verilmiştir. Buna göre DBYBHY-2007' ye göre elde edilen bina hakim periyotlarının daha küçük değerlerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.1: Yönetmeliklere göre elde edilen yapı periyotları.

	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
DBYBHY-2007	1,338 s	1,554 s
TBDY-2018	2,549 s	2,885 s

Taşıyıcı sistem davranış katsayıları irdelendiğinde TBDY-2018' e göre azaltma yapılmasına gerek kalmamaktadır. Ancak DBYBHY-2007 için bu durum farklıdır. TBDY-2018' e uygun olarak hesaplanan yapının taşıyıcı sistem katsayısında azaltma yapılmazken, DBYBHY-2007' ye göre irdelenen yapıda azaltılma yapılmıştır. Bunun nedeni, yapının daha büyük periyot değerleri için daha fazla salınım yaptığı ve daha büyük periyotlu yapıların taşıyıcı sistem elemanlarında daha düşük iç kuvvetler elde edilmesi olarak söylenebilir. Yapı elemanlarının daha az zorlandığı durumlarda ise

taşıyıcı sistem davranış katsayısının kontrol aşamasındaki hesap değerleri değişecektir. Çizelge 5.2' de elde edilen sonuçlara göre bu değişim gösterilmiştir.

Çizelge 5.2: Yönetmeliklere göre taşıyıcı sistem davranış katsayılarındaki değişim.

		X Doğrultusu	Y Doğrultusu
DBYBHY-2007	R_{ilk} :	7	7
	R_{son} :	5,81	5,87
TBDY-2018	R_{ilk} :	8	8
	R_{son} :	8	8

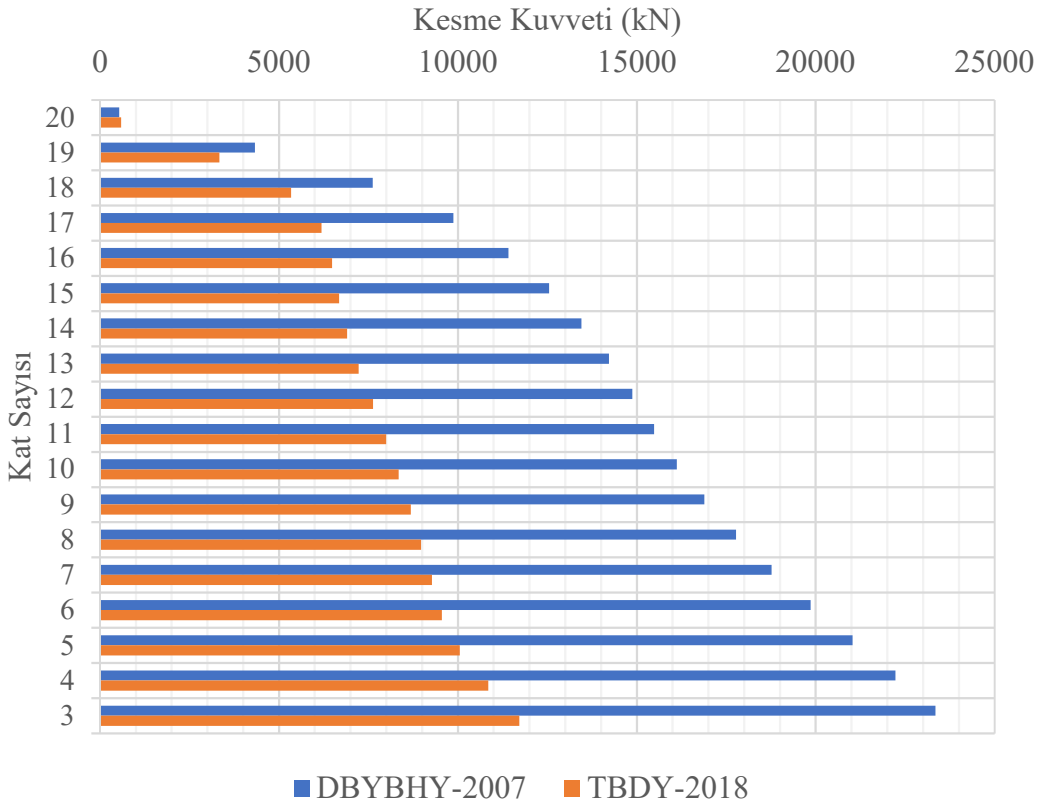
İki farklı analiz sonuçlarına göre elde edilen taban kesme kuvvetleri Çizelge 5.3' te gösterilmiştir. Buna göre planda çıkıntı düzensizliğine sahip bir yapının DBYBHY-2007' de daha büyük değerlere ulaştığı görülmektedir.

Çizelge 5.3: Yönetmeliklere göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri.

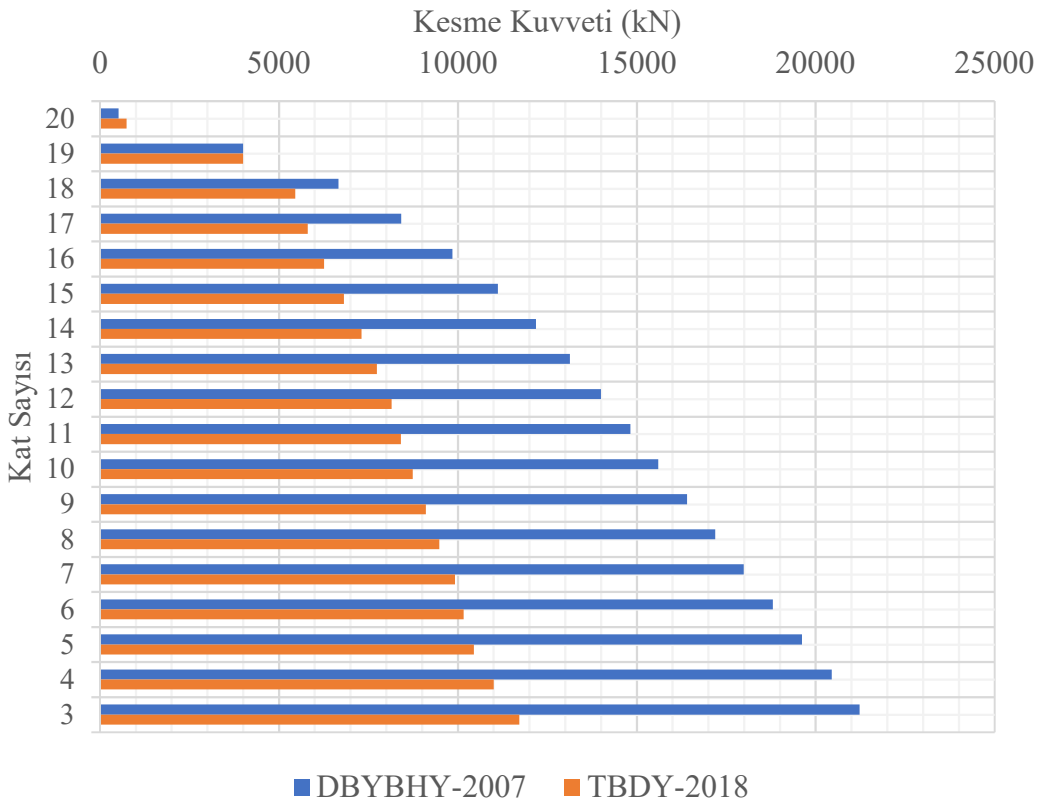
	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
DBYBHY-2007	23352,60 kN	21228,80 kN
TBDY-2018	11722,40 kN	11725,80 kN

Bu verilere göre TBDY-2018 ' de belirtildiği üzere taşıyıcı sistem elemanlarının rijitliklerinde yapılan azaltmalar hem bina hakim periyotları hem de taban kesme kuvvetlerini doğrudan etkilemektedir. DBYBHY-2007 esas alınarak hesaplanan periyotlar X ve Y doğrultuları için sırasıyla 1,338 s ve 1,554 s iken, TBDY-2018 için 2,204 s ve 2,204 s olarak bulunmuştur. Aralarındaki fark önemli ölçüde değişkenlik göstermekte ve bu da yapıların salınımlarındaki izin verilen durumu açıkça göstermektedir. Ayrıca bu rijitlik azaltması ile TBDY-2018 için hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin DBYBHY-2007' ye oranı yaklaşık olarak %50 mertebesine ulaşmaktadır.

Periyotların farklılık göstermesine bağlı olarak yapının taban kesme kuvvetleri arasında da sonuçlarda değişiklikler görülmektedir. Bu kesme kuvvetlerine göre her iki yönetmelikteki sınır koşulları gözetilerek yapılan taşıyıcı sistem davranış katsayılarının kontrolünde farklılıklar oluşmuştur. Şekil 5.1' de ve 5.2' de katlara etkiyen kesme kuvvetleri gösterilmiştir. Çizelge 5.4' te ise her iki yönetmeliğe göre kat kesme kuvvetlerinin değişimleri gösterilmiştir.



Şekil 5.1: X doğrultusunda katlara etkiyen kesme kuvvetleri – Spec X (kN).



Şekil 5.2: Y doğrultusunda katlara etkiyen kesme kuvvetleri Spec Y (kN).

Çizelge 5.4: Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri (kN).

	DBYBHY-2007		TBDY-2018	
Kat Sayısı	X kN	Y kN	X kN	Y kN
20	536.99	523.21	588.89	744.67
19	4334.24	3998.83	3342.72	4003.76
18	7624.52	6667.96	5346.39	5458.88
17	9875.97	8422.80	6191.25	5806.27
16	11414.67	9851.67	6490.86	6264.74
15	12552.76	11119.66	6687.62	6821.23
14	13458.08	12190.64	6911.92	7310.90
13	14228.21	13130.73	7227.93	7739.98
12	14881.60	13998.89	7629.18	8147.74
11	15484.51	14822.40	7995.07	8411.53
10	16122.95	15606.12	8349.68	8739.40
9	16892.89	16405.26	8684.82	9108.41
8	17777.47	17199.62	8970.44	9484.14
7	18766.85	17995.32	9274.97	9927.37
6	19858.74	18803.06	9560.58	10162.54
5	21036.21	19623.59	10055.92	10447.77
4	22235.59	20451.09	10856.20	11004.87
3	23352.60	21228.80	11723.99	11723.91

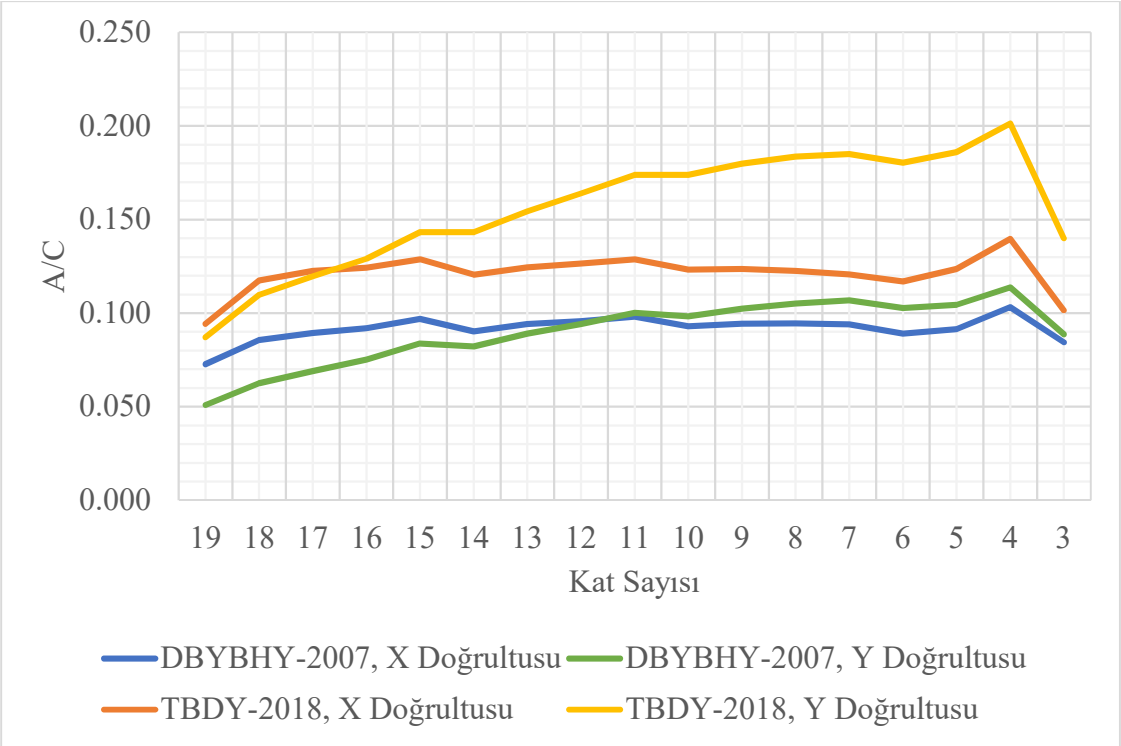
5.2 Göreli Kat Ötelemelerinin ve Yer Değiştirmelerin Karşılaştırılması

Göreli kat ötelemesinin kontrolü DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için farklı parametrelerle hesaplanmaktadır. Bu nedenle kat ötelemelerinin elde edilen sonuçlarını her iki yönetmelik için karşılaştırmak doğru olmayacaktır. Çizelge 5.5' te yönetmeliklere göre yapılan deprem hesapları için elde edilen göreli kat ötelemelerinin sınır şartlarına oranları dikkate alınarak kıyaslanmıştır. Bir başka deyişle her bir kat için en büyük göreli kat ötelemesinin kapasiteleri üzerinden sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.5: Göreli kat ötelemelerinin kapasite oranları.

	DBYBHY-2007				TBDY-2018			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
Kat Sayısı	$\frac{(\delta_i)_{maks}}{h_i}$	A/C	$\frac{(\delta_i)_{maks}}{h_i}$	A/C	$\lambda \frac{\delta_{i,maks}}{h_i}$	A/C	$\lambda \frac{\delta_{i,maks}}{h_i}$	A/C
19	0.001	0.073	0.001	0.051	0.001	0.094	0.001	0.087
18	0.002	0.086	0.001	0.063	0.001	0.117	0.001	0.110
17	0.002	0.089	0.001	0.069	0.001	0.123	0.001	0.120
16	0.002	0.092	0.002	0.075	0.001	0.124	0.001	0.129
15	0.002	0.097	0.002	0.084	0.001	0.129	0.001	0.143
14	0.002	0.090	0.002	0.082	0.001	0.121	0.001	0.143
13	0.002	0.094	0.002	0.089	0.001	0.124	0.001	0.154
12	0.002	0.096	0.002	0.094	0.001	0.126	0.001	0.164
11	0.002	0.098	0.002	0.100	0.001	0.129	0.001	0.174
10	0.002	0.093	0.002	0.098	0.001	0.123	0.001	0.174
9	0.002	0.094	0.002	0.102	0.001	0.124	0.001	0.180
8	0.002	0.094	0.002	0.105	0.001	0.123	0.001	0.184
7	0.002	0.094	0.002	0.107	0.001	0.121	0.001	0.185
6	0.002	0.089	0.002	0.103	0.001	0.117	0.001	0.180
5	0.002	0.091	0.002	0.104	0.001	0.124	0.001	0.186
4	0.002	0.103	0.002	0.114	0.001	0.140	0.002	0.201
3	0.002	0.084	0.002	0.089	0.001	0.101	0.001	0.140

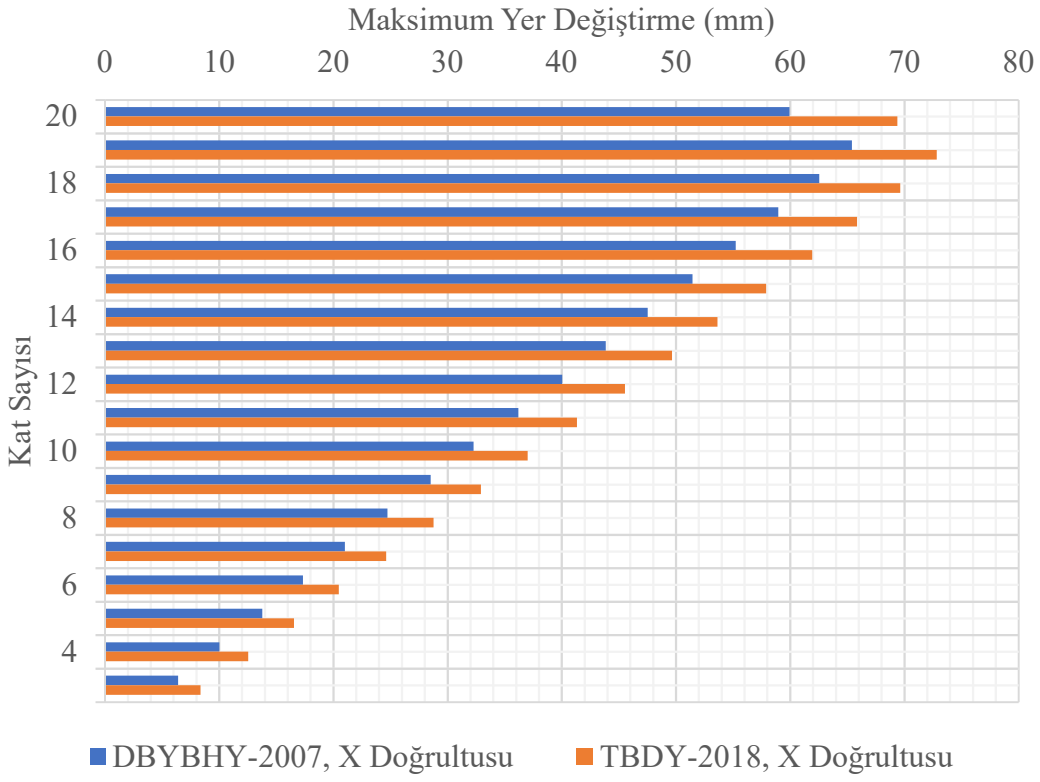
Çizelge 5.4’ te görüldüğü üzere her iki deprem doğrultusu için etkin olan deprem yükü altındaki göreli kat ötelemelerinin değerleri ve A/C ile gösterilen sütunlarda ise bu ötelemelerin sınır şartlarına oranları ile elde edilmiş kapasite aşım oranları verilmiştir. A/C sütunlarında eğer sınır şartını sağlamayan bir durum olsaydı 1’ den daha büyük bir değer karşımıza çıkacaktı. Ancak her iki hesap için de sınır şartları aşılmamıştır. DBYBHY-2007 için sınır şartı 0,02 alınırken, TBDY-2018 için 0,008 olarak alınmıştır. Şekil 5.3’ te ise bu kapasite aşım değerlerinin iki yönetmelik için karşılaştırılan grafiği görülmektedir.



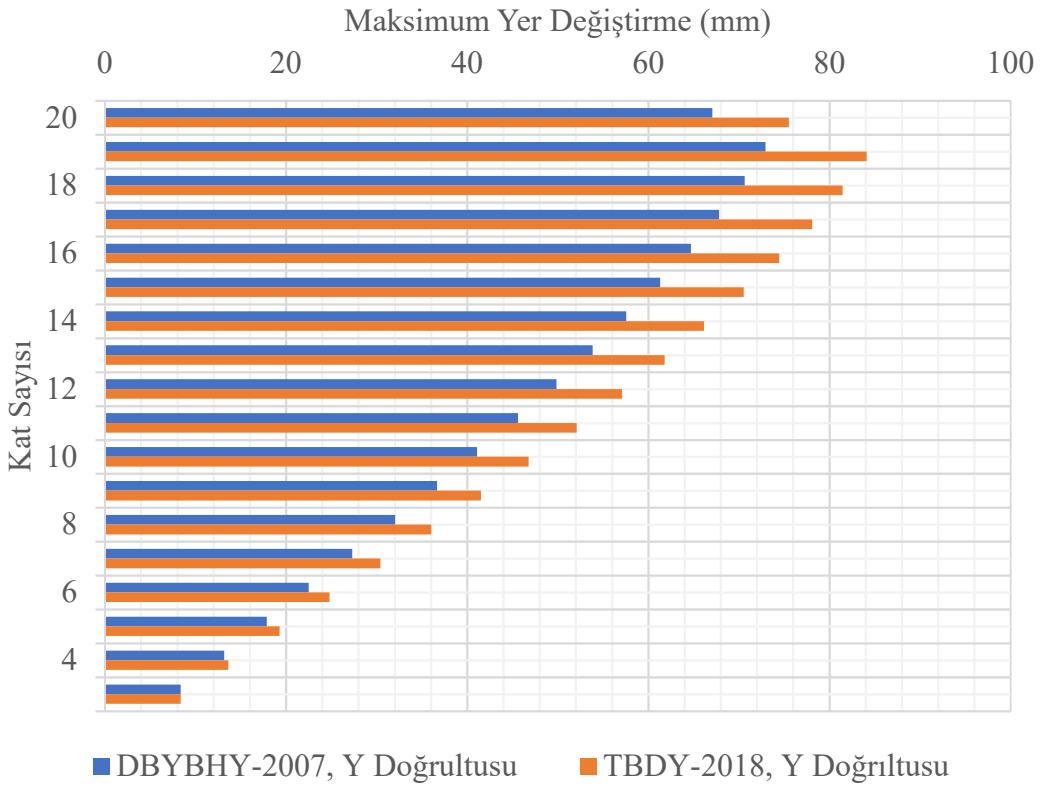
Şekil 5.3: Göreli kat ötelemelerinin sınır şartlara göre kapasite aşım oranları.

Şekil 5.3' e baktığımızda her iki deprem hesabı için elde edilen sonuçların sınır şartların çok altında kaldığı görülmektedir. TBDY-2018' de her iki deprem doğrultusu için en yüksek değer 4. katta 0,201 ve DBYBHY-2007' de ise 4. katta 0,114 olarak bulunmuştur. Grafiğe göre TBDY-2018 için dikkate alınan etkilerin sonucuna göre yapının daha fazla yer değiştirmede bulunduğu ve göreli kat ötelemelerinin daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir.

DBYBHY-2007' ye ve TBDY-2018' e göre yapıların deprem kuvvetleri için her kattaki maksimum kat yer değiştirmeleri X doğrultusu için Şekil 5.4' te ve Y doğrultusu için Şekil 5.5' te gösterilmiştir.



Şekil 5.4: X doğrultusunda katların maksimum yer değiştirme değerleri.



Şekil 5.5: Y doğrultusunda katların maksimum yer değiştirme değerleri.

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında X doğrultusu için DBYBHY-2007 sonuçları daha büyük iken; Y doğrultusunda TBDY-2018 sonuçlarının daha olumsuz olduğu görülmektedir. Rijitlik azaltılması ile yer değiştirmenin arttığı gözlemlenmiştir. Ancak DBYBHY-2007' de taşıyıcı sistem davranış katsayılarında azaltma yapılmasının sonucunda X ve Y doğrultularında farklılık oluşmuştur. Bu etkilerin sonucunda yer değiştirmeler arasındaki değişim oluşmuştur.

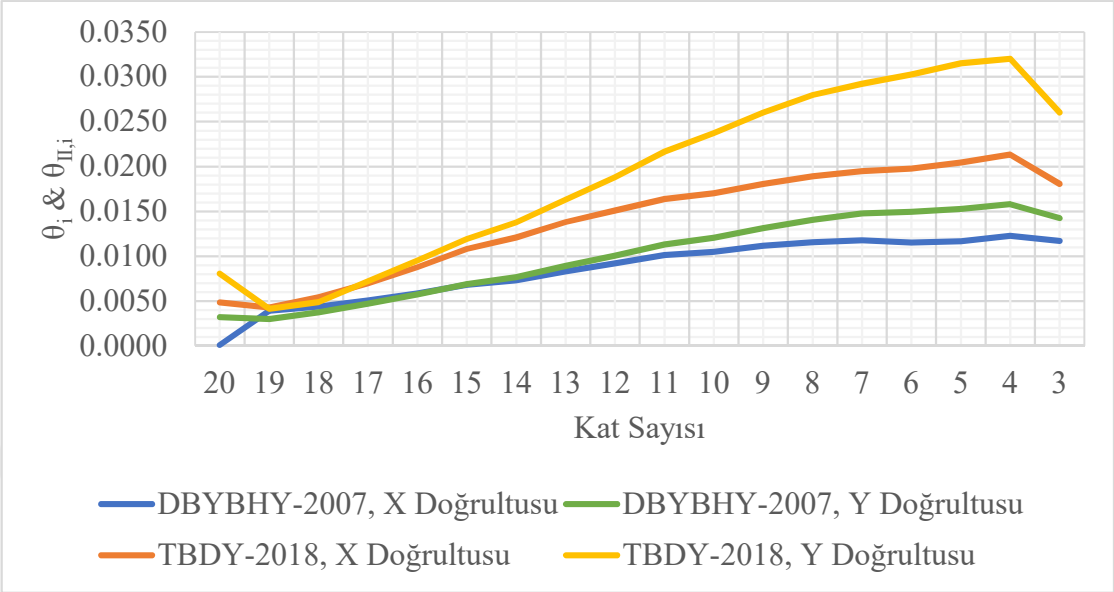
5.3 İkinci Mertebe Etkilerin Karşılaştırılması

İkinci mertebe etkilerinin değerlendirilmesi için her iki yönetmelik için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin kıyaslanması yapılmıştır. Çizelge 5.6' da DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için X ve Y doğrultularında hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri gösterilmiştir. Ancak yönetmeliklerde belirtilen sınır şartları aynı değildir. DBYBHY-2007 için 0,12 olarak ifade edilmiştir. TBDY-2018' de ise bu sınır şartı taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve C_h katsayısına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu tezde değerlendirilen yapı için sınır şartı 0,075 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.6: İkinci mertebe gösterge değerleri.

	DBYBHY-2007		TBDY-2018	
Kat Sayısı	X	Y	X	Y
20	0.0001	0.0032	0.0048	0.0081
19	0.0039	0.0030	0.0043	0.0041
18	0.0044	0.0037	0.0054	0.0049
17	0.0050	0.0047	0.0070	0.0072
16	0.0058	0.0057	0.0088	0.0095
15	0.0068	0.0069	0.0108	0.0119
14	0.0073	0.0077	0.0121	0.0138
13	0.0083	0.0089	0.0138	0.0163
12	0.0092	0.0101	0.0151	0.0188
11	0.0101	0.0113	0.0164	0.0217
10	0.0105	0.0120	0.0170	0.0237
9	0.0112	0.0131	0.0181	0.0260
8	0.0116	0.0141	0.0189	0.0280
7	0.0118	0.0148	0.0195	0.0292
6	0.0115	0.0149	0.0198	0.0303
5	0.0117	0.0153	0.0205	0.0315
4	0.0123	0.0158	0.0213	0.0320
3	0.0117	0.0142	0.0181	0.0260

Çizelge 5.6’ da verilen ikinci mertebe gösterge değerlerine göre elde edilen grafik Şekil 5.6’ da gösterilmiştir.



Şekil 5.6: İkinci mertebe gösterge değerlerinin katlara göre karşılaştırılması.

Şekil 5.6 ile gösterilen grafikte TBDY-2018 için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin daha büyük olduğu açıkça görülmektedir. Yapının daha büyük yer değiştirmelerinin etkisiyle bu sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar arasındaki oranlara bakıldığında ise DBYBHY-2007 değerlerinin TBDY-2018 değerlerine oranlarının ortalaması X doğrultusu için 1,57; Y doğrultusu için 1,82’ dir.

Tez kapsamı içerisinde TBDY-2018’ e göre hesap yapılan yapı için sınır şartları değerlendirildiğinde ikinci mertebe etkilerinin önemi daha fazladır. Ancak bunu değerlendirirken yapının TBDY-2018’ de daha büyük periyotlarla dinamik etkisinin arttığı göz önünde bulundurulmalıdır. Yönetmelik ise artan bu dinamik etkinin daha fazla sınırlandırılarak yapının ikinci mertebe etkisindeki güvenliğini sağlamaktadır.

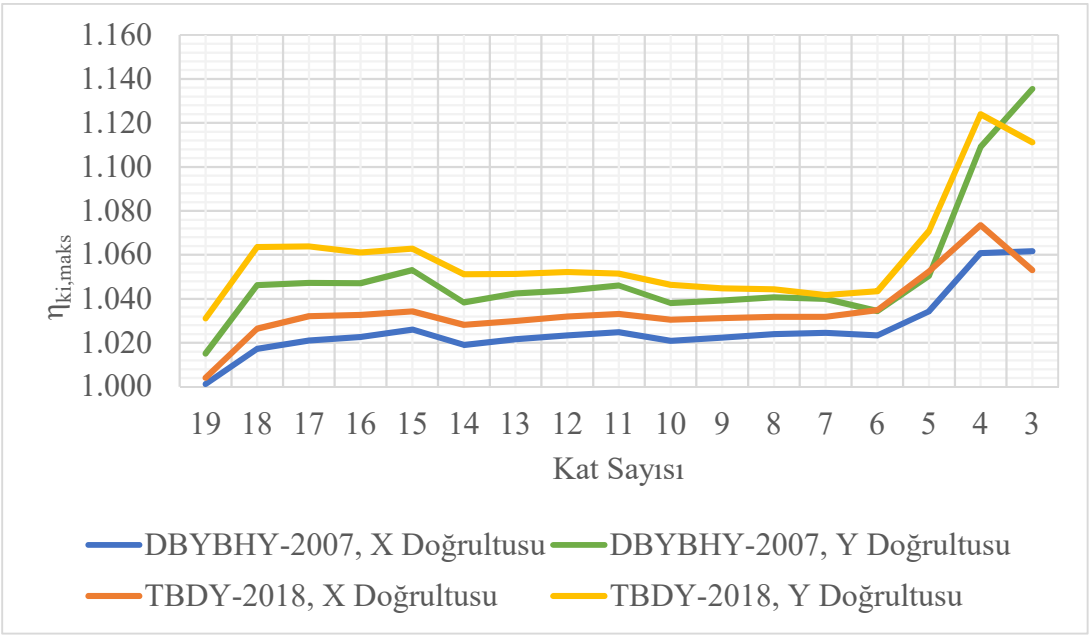
5.4 Düzensizlik Durumlarının Karşılaştırılması

A1 burulma düzensizliği durumu için herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o kattaki ortalama göreli ötelemeye oranı olarak tanımlanan burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması yapılmıştır. Çizelge 5.7’ de X ve Y doğrultuları için her bir katta etken olan deprem kuvvetleri altında DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları verilmiştir.

Çizelge 5.7: Burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.

	DBYBHY-2007		TBDY-2018	
Kat Sayısı	X	Y	X	Y
19	1.001	1.015	1.004	1.031
18	1.017	1.046	1.026	1.064
17	1.021	1.047	1.032	1.064
16	1.023	1.047	1.033	1.061
15	1.026	1.053	1.034	1.063
14	1.019	1.038	1.028	1.051
13	1.022	1.042	1.030	1.051
12	1.023	1.044	1.032	1.052
11	1.025	1.046	1.033	1.051
10	1.021	1.038	1.031	1.046
9	1.022	1.039	1.031	1.045
8	1.024	1.041	1.032	1.044
7	1.025	1.040	1.032	1.042
6	1.023	1.034	1.035	1.043
5	1.034	1.050	1.052	1.071
4	1.061	1.109	1.073	1.124
3	1.062	1.135	1.053	1.111

Yapının her bir katı için hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları grafik üzerinde Şekil 5.7' de gösterilmiştir.



Şekil 5.7: Burulma düzensizliği katsayılarının katlara göre karşılaştırılması.

Grafikte görüldüğü üzere her iki yönetmelik uyarınca elde edilen sonuçlar Y doğrultusu için daha olumsuz çıkmıştır. Ancak buna rağmen aynı doğrultular kıyaslandığında TBDY-2018 için sonuçların daha büyük olduğu görülmektedir. Ayrıca TBDY-2018' e göre zemin seviyesinin üzerindeki ilk kat olan 3. katta burulma düzensizliği katsayısının 4. kata göre daha düşük olduğu hesaplanmıştır. DBYBHY-2007 için ise X doğrultusunda 3. ve 4. katların sonuçları birbirine çok yakın iken Y doğrultusunda 3. katta burulma düzensizliği katsayısının artışı göze çarpmaktadır. Sınır koşulu açısından incelendiğinde ise her iki yönetmelik için de bu değer 1,2 olarak ifade edilmiştir. Hesaplanan bütün katsayı değerleri bu sınır koşulunun altında kaldığından düzensizlik durumunun iki hesap durumu için de yapıda mevcut olmadığı görülmüştür.

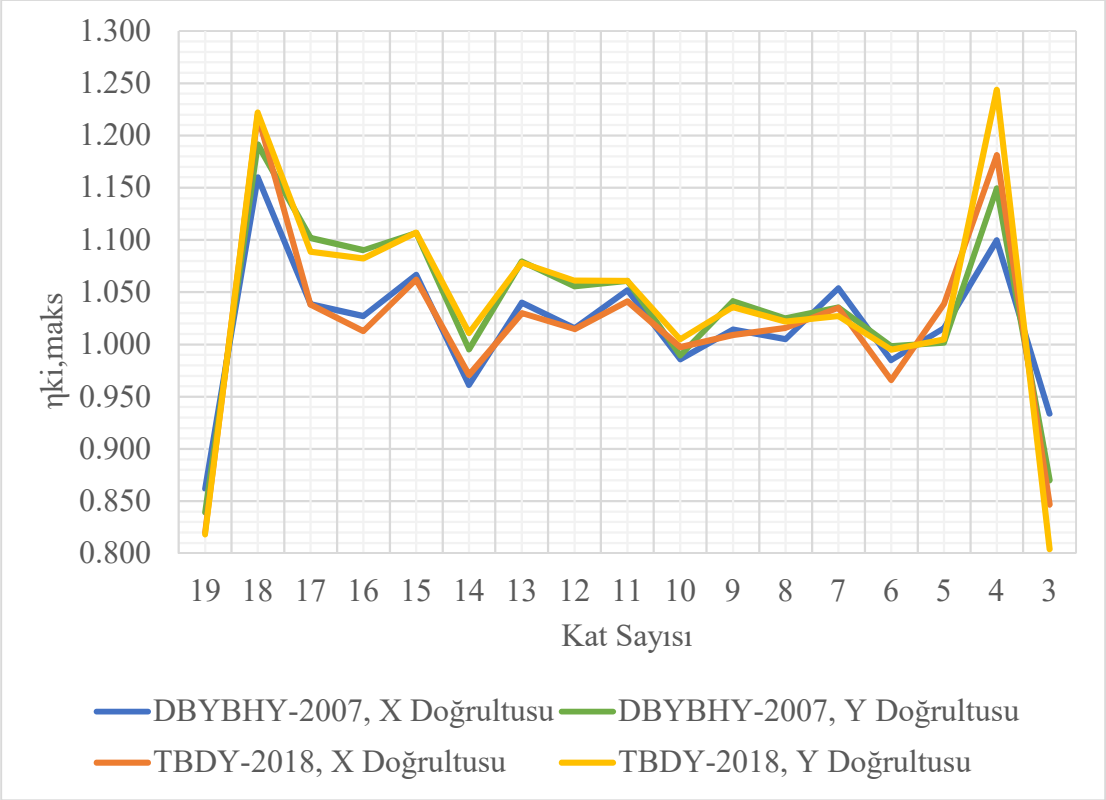
Komşu katlar arası rijitlik düzensizliğinin karşılaştırılması konusunda, birbirine dik her iki deprem doğrultularında bütün katlar için ortalama göreli kat ötelemesinin komşu kattaki göreli kat ötelemesine oranı ile rijitlik düzensizliği katsayısı hesaplanmıştır. Bu katsayıların hesabında dikkate alınan katın hem bir altındaki komşu katı ile hem de bir üstündeki komşu katı ile arasındaki ilişkiye bakılarak hesaplar yapılmıştır. Çizelge 5.8' de her bir katın komşu katlarla olan oranlarının maksimum değeri verilerek rijitlik düzensizliği katsayıları ifade edilmiştir. Rijitlik düzensizliği katsayılarının DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için hesaplanan ve katlara göre dağılımlarını ifade eden grafik Şekil 5.8' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8: Rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.

	DBYBHY-2007		TBDY-2018	
Kat Sayısı	X	Y	X	Y
19	0.862	0.839	0.820	0.818
18	1.160	1.192	1.219	1.222
17	1.039	1.102	1.038	1.089
16	1.027	1.090	1.013	1.082
15	1.067	1.107	1.062	1.107
14	0.961	0.995	0.971	1.011
13	1.040	1.080	1.030	1.078
12	1.016	1.056	1.015	1.061
11	1.052	1.061	1.041	1.061
10	0.986	0.989	0.997	1.005
9	1.014	1.041	1.009	1.036
8	1.005	1.025	1.016	1.022
7	1.054	1.036	1.035	1.027

Çizelge 5.8 (devam): Rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.

	DBYBHY-2007		TBDY-2018	
Kat Sayısı	X	Y	X	Y
6	0.985	0.998	0.966	0.995
5	1.015	1.002	1.039	1.005
4	1.100	1.149	1.181	1.244
3	0.934	0.870	0.847	0.804

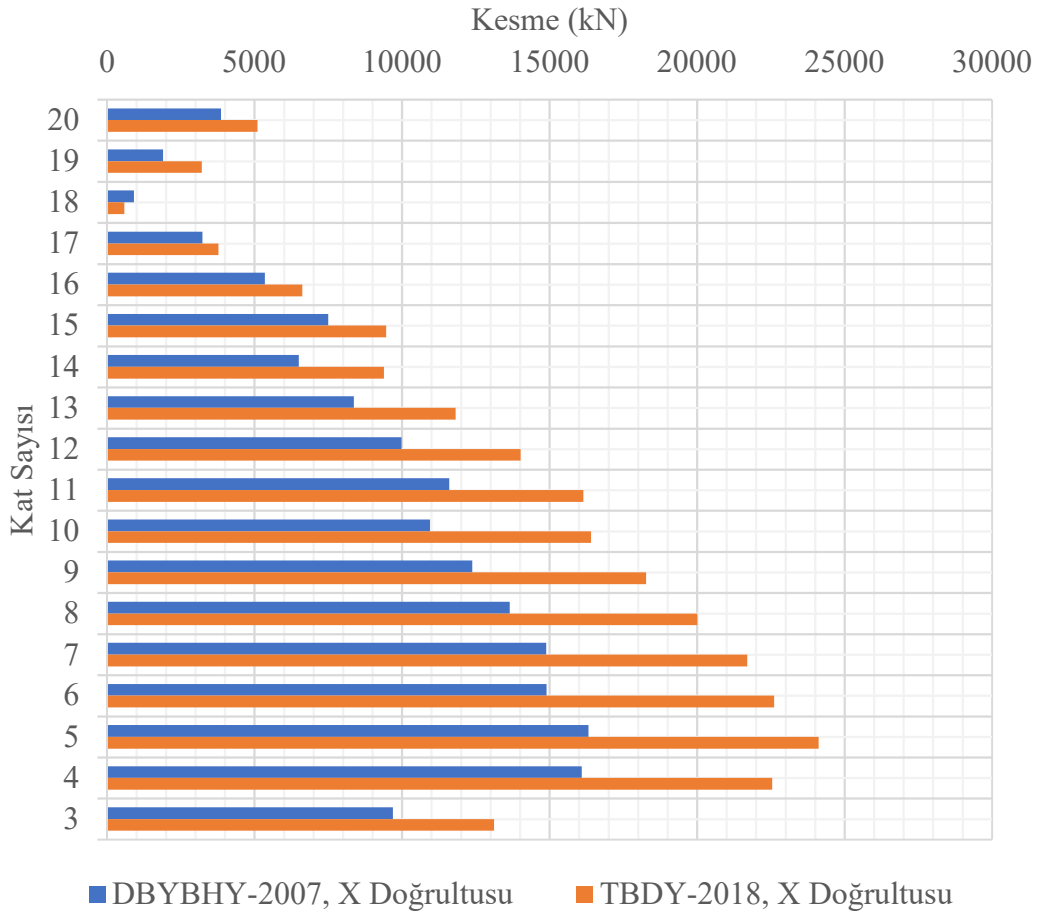


Şekil 5.8: Rijitlik düzensizliği katsayılarının katlara göre karşılaştırılması.

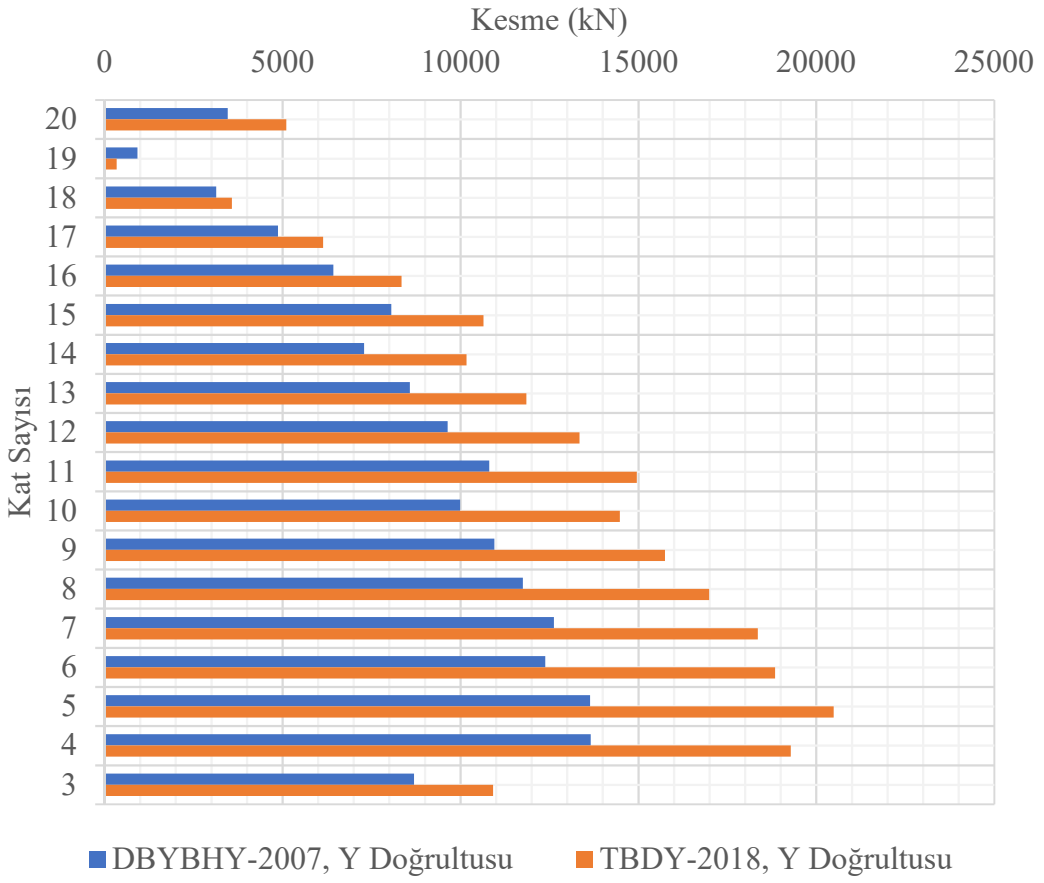
Şekil 5.8' deki grafikte görüldüğü üzere elde edilen katsayı değerleri X ve Y doğrultuları arasında belirli bir oranla gitmemektedir. 4. Katta, 12. ve 17. katlar arasında ve 9. katta X ve Y doğrultuları arasındaki katsayı değer farkları oluşmuştur. Ancak diğer katlarda bu farklılıklar görülmemektedir. Yapının geneli itibari ile bakıldığında Y doğrultusunda hem DBYBHY-2007 hem de TBDY-2018 için daha büyük değerlerdedir.

5.5 Çekirdek Perde Grubu Tasarım İç Kuvvetlerinin ve Kat Yer Değiştirmelerinin Karşılaştırılması

Üst yapının çekirdek perdelerinin tasarıma etkin iç kuvvetleri, DBYBHY-2007' ye ve TBDY-2018' e göre hesaplanmıştır. Bu iç kuvvetlerin elde edilmesinde yönetmeliklerde belirtilen yük kombinasyonları esas alınarak en elverişsiz sonuçları verecek yük birleşimleri dikkate alınmıştır. Elde edilen kesme kuvvetlerinin katlara göre dağılımları X doğrultusunda Şekil 5.9' da ve Y doğrultusunda 5.10' da verilmiştir.



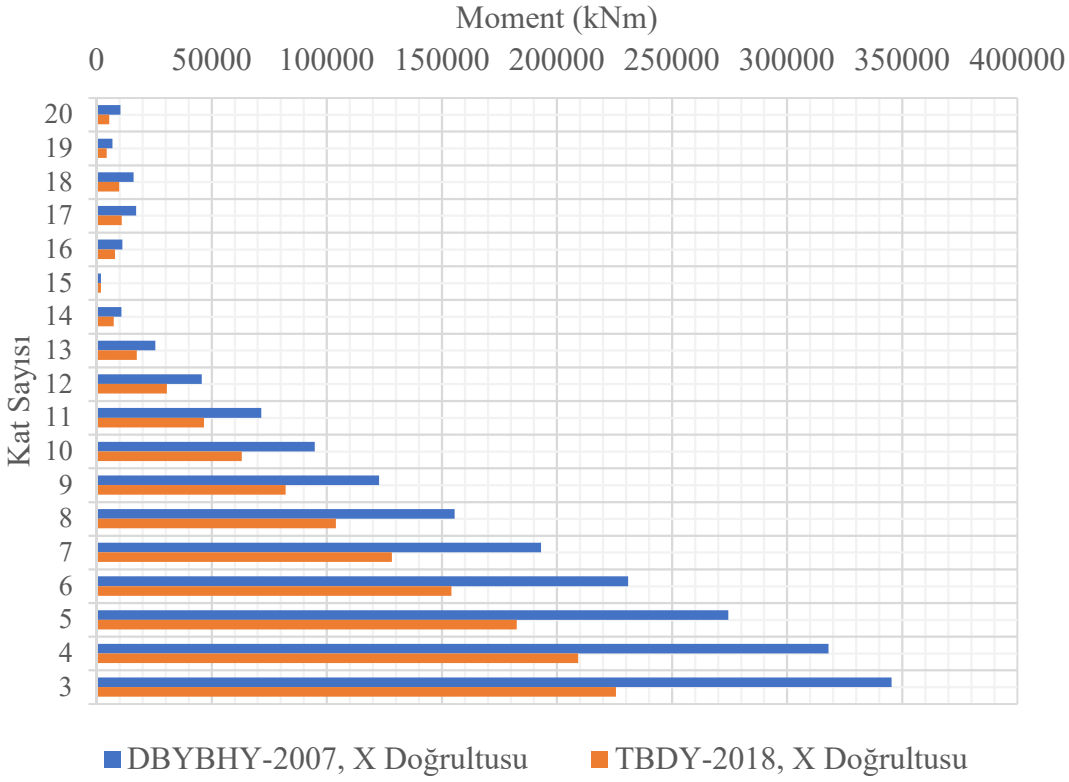
Şekil 5.9: X doğrultusunda çekirdek perde grubunun tasarım kesme kuvvetleri.



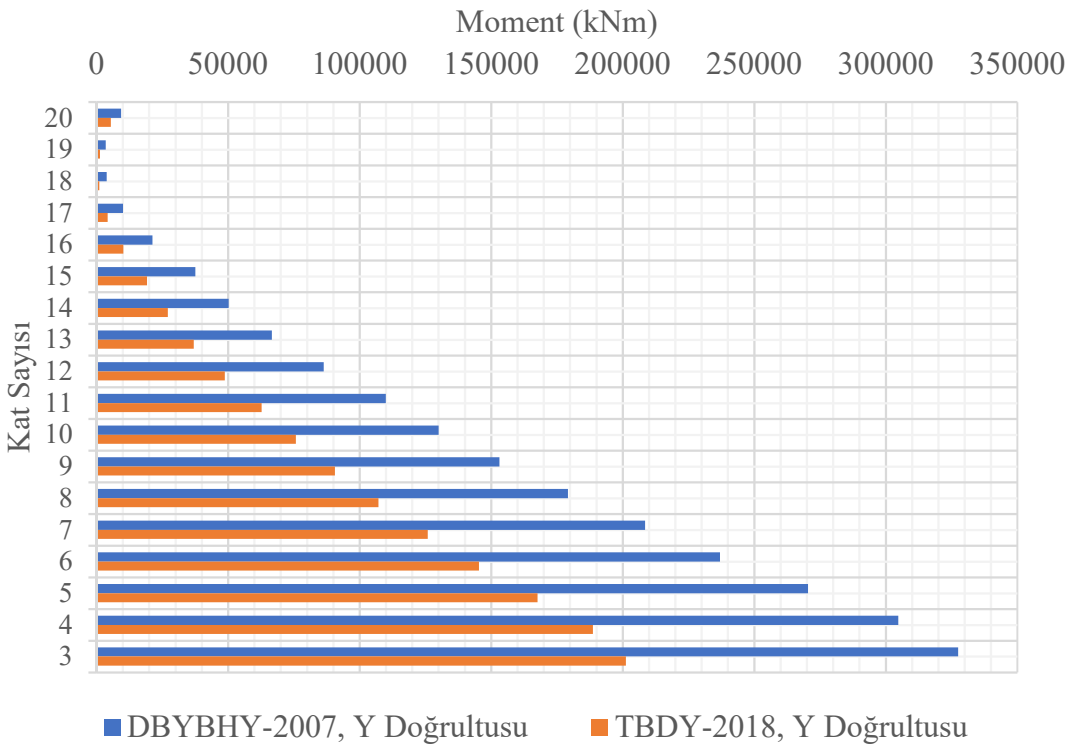
Şekil 5.10: Y doğrultusunda çekirdek perde grubunun tasarım kesme kuvvetleri.

TBDY-2018' e göre dayanım fazlalığı katsayısının kesme tasarımında etkin olmasından dolayı kesme kuvvetlerinin daha büyük olması beklenen bir durumdur. Bunun nedeni yapının kesme dayanımını artırarak gevrek göçmenin önüne geçmektir. Yukarıdaki grafiklerde açıkça görüldüğü üzere kesme kuvveti değerleri her iki doğrultu için de DBYBHY-2007' de daha küçüktür. Yapının üst katlarında yönetmelikler arasındaki sonuçlar birbirine yakın iken alt katlara inildikçe kesme kuvvetleri arasındaki fark daha da artmaktadır.

Birbirine dik her iki doğrultu için moment değerleri Şekil 5.11' de ve 5.12' de gösterilmiştir. Yönetmelikler arasındaki sonuçlara göre yapının daha büyük periyotlarla ve yer değiştirmelerle daha düşük eğilme momentleri elde edildiği görülmektedir.



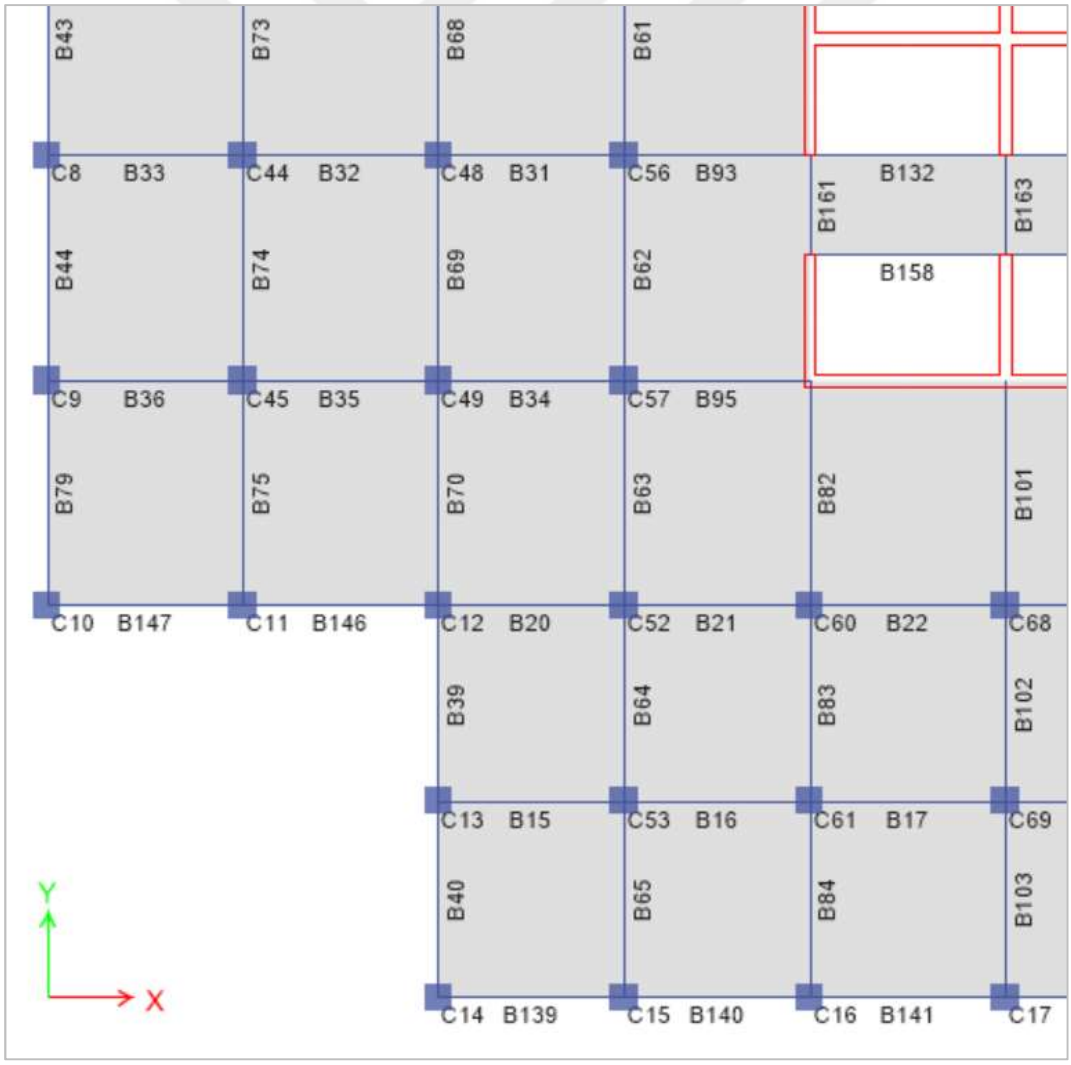
Şekil 5.11: X doğrultusunda çekirdek perde grubunun tasarım eğilme momentleri.



Şekil 5.12: Y doğrultusunda çekirdek perde grubunun tasarım eğilme momentleri.

5.6 Kolon Tasarım İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Kolonların iç kuvvetlerinin değerlendirilmesinde çekirdek perde grubunun etrafındaki kolonlar seçilmiştir. Bu kolonlar Şekil 5.13' te tipik bir kat planı üzerinde kolonların ve kirişlerin ETABS programı içerisindeki numaralandırılması ile gösterilmiştir. Sonuçların karşılaştırılacağı kolonlar bu plan üzerinde belirtilmiş olan C8, C10, C12, C14, C17, C52, C56, C57, C60 ve C68 olarak belirlenmiştir. Bu seçimde çekirdek perde grubundaki her bir perde kolunun deprem etkilerine karşı rijitlikleri ve kolonların plan üzerindeki simetrileri göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre en elverişsiz sonuçları veren ve deprem kuvvetlerini içeren yük kombinasyonlarına göre DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için zemin seviyesinin üstündeki ilk katın kolonlarının tasarıma esas eğilme momentleri Çizelge 5.9' da ve kesme kuvvetleri Çizelge 5.10' da gösterilmiştir.



Şekil 5.13: Kolonların ve kirişlerin ETABS programındaki numaraları.

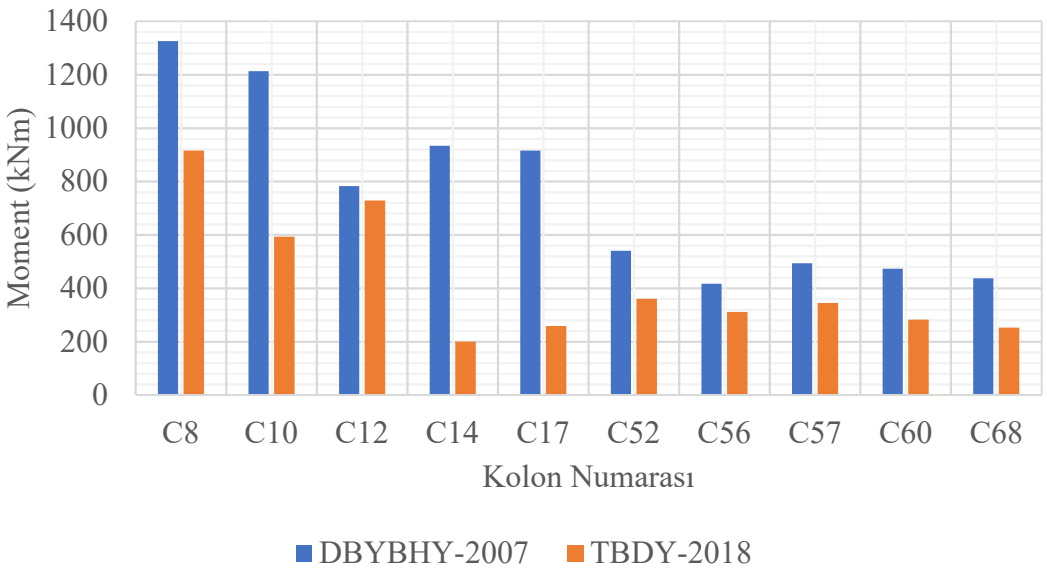
Çizelge 5.9: Kolon eğilme momentleri - ETABS (kNm).

	DBYBHY-2007		TBDY-2018	
Kolon Numarası	X	Y	X	Y
C8	1324.931	728.478	915.414	254.244
C10	1212.535	911.605	592.501	476.630
C12	781.825	823.285	728.678	724.010
C14	933.717	1159.332	200.017	920.020
C17	915.414	1304.370	258.672	728.478
C52	540.283	661.841	360.770	389.151
C56	417.258	499.497	311.179	232.627
C57	493.849	596.366	344.851	280.345
C60	472.933	570.070	282.229	322.283
C68	437.371	502.048	252.323	286.043

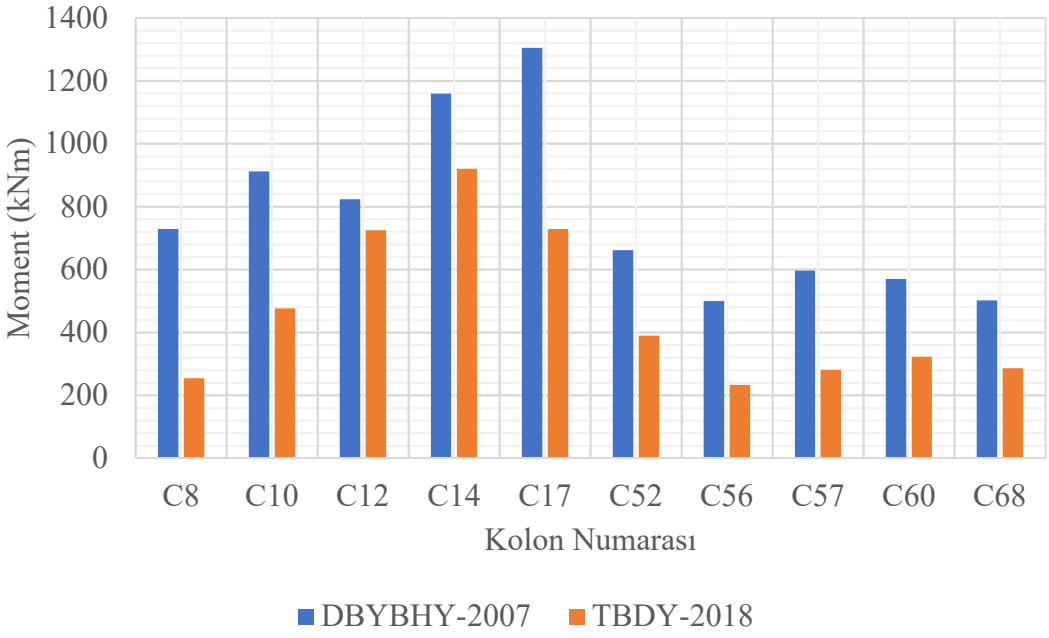
Çizelge 5.10: Kolon kesme kuvvetleri - ETABS (kN).

	DBYBHY-2007		TBDY-2018	
Kolon Numarası	X	Y	X	Y
C8	467.778	64.855	765.046	74.421
C10	384.128	300.524	602.291	486.362
C12	260.699	276.627	465.013	418.389
C14	298.333	378.693	491.903	556.326
C17	63.071	474.670	99.242	703.969
C52	196.464	258.088	249.430	303.788
C56	144.689	208.498	205.846	204.080
C57	178.541	249.725	230.266	237.527
C60	181.771	216.584	210.001	246.828
C68	167.771	185.037	188.711	213.450

Çizelge 5.9’ da ve 5.10’ da verilen değerlerin karşılaştırmalı eğilme moment grafikleri X ve Y doğrultuları için sırasıyla Şekil 5.14’ te ve 5.15’ te gösterilmiştir.



Şekil 5.14: X doğrultusundaki eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

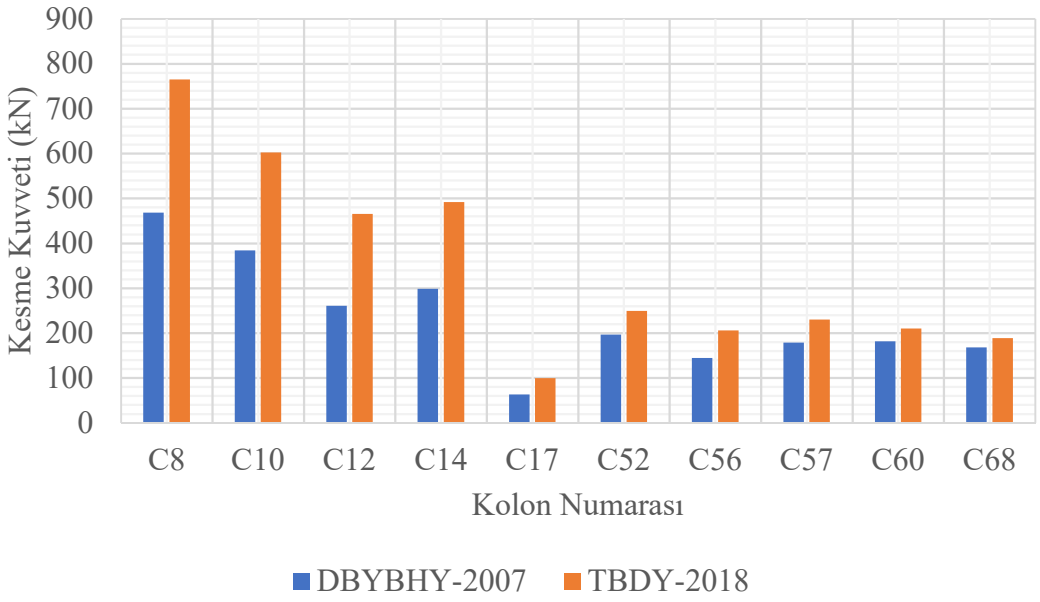


Şekil 5.15: Y doğrultusundaki eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

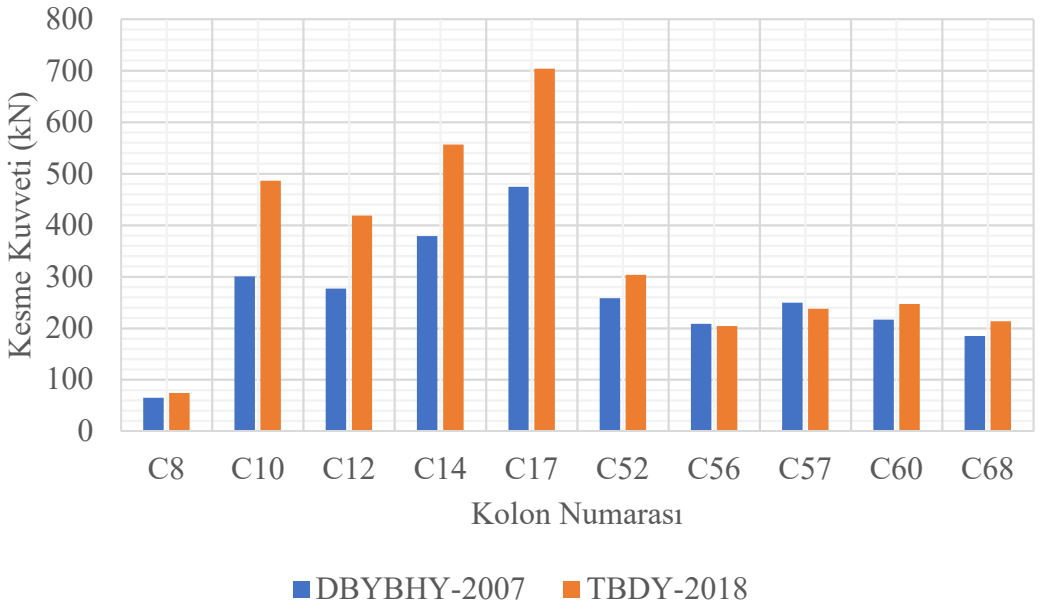
DBYBHY-2007 için sonuçların kolonlar arasındaki farkları belirgin olarak görülmektedir. Yapılar arasındaki periyot, yer değiştirme, kat kesme kuvveti gibi farklarda da görüldüğü üzere kolonların eğilme momentleri arasındaki farklar da aynıdır. DBYBHY-2007 ile TBDY-2018 eğilme momentleri oranlandığında C52, C56, C57, C60 ve C68 kolonları için ortalama olarak bu oranın X doğrultusunda 1,50

ve Y doğrultusunda 1,90 olduğu görülmektedir. Ancak yapının cephelerinde kalan C8, C10, C12, C14 ve C17 kolonlarında sabit bir oran bulunmamaktadır. C10, C14 ve C17 kolonlarının X doğrultusundaki eğilme moment oranları 2' den büyük olduğu görülmektedir. Y doğrultusunda ise C8 kolonunun oranı 2,90 mertebesindedir.

Şekil 5.16' da ve 5.17' de bu kolon numaraları için her iki deprem doğrultusundaki tasarım kesme kuvvetlerinin karşılaştırmalı grafikleri verilmiştir.



Şekil 5.16: X doğrultusundaki kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

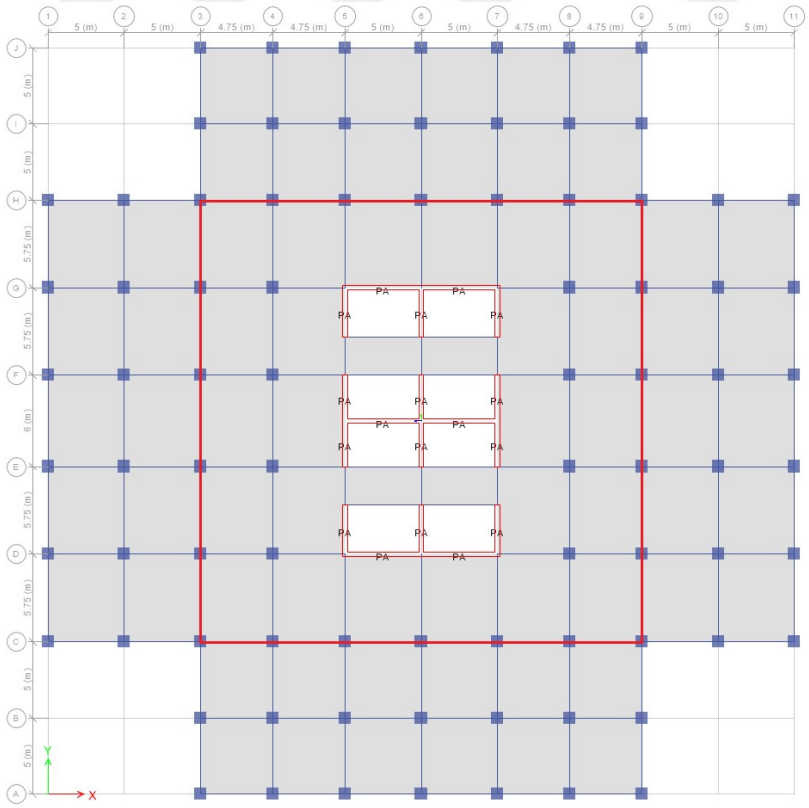


Şekil 5.17: Y doğrultusundaki kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Eğilme momentlerindeki farkların tasarım kesme kuvvetleri için aynı olmadığı görülmektedir. X doğrultusunda TBDY-2018' e göre hesaplanan kesme kuvvetleri daha büyüktür. Y doğrultusunda ise bu kesme kuvvetlerinin iki yönetmelik için birbirlerine yakın olduğu ama genel itibariyle DBYBHY-2007' nin daha küçük olduğu saptanmıştır. TBDY-2018' e göre tasarımda dikkate alınacak değerlerin DBYBHY-2007' den daha büyük olduğu görülmektedir.

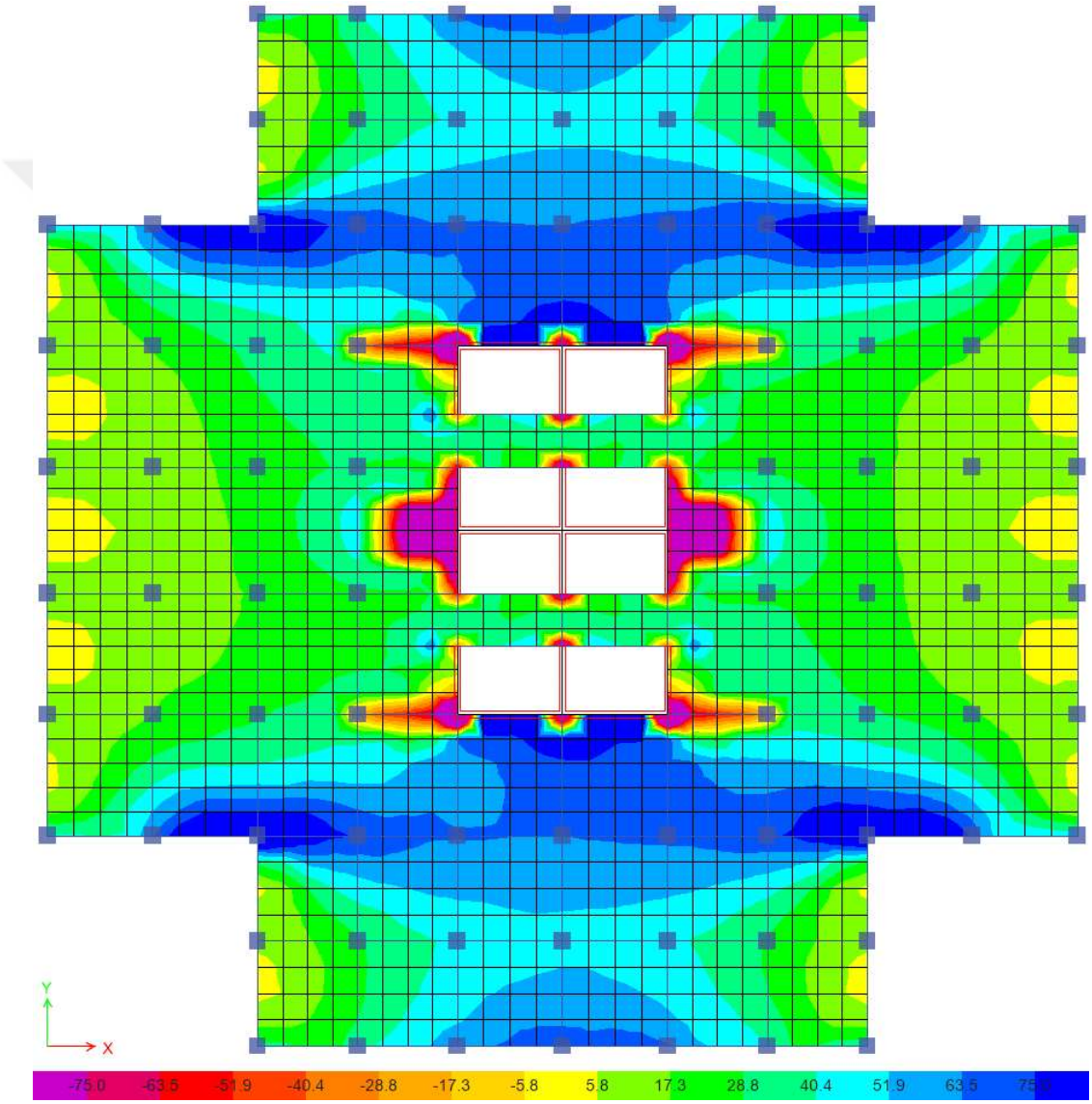
5.7 Döşeme Tasarım İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

A3 türü planda çıkıntılar bulunan bu yapıda söz konusu düzensizliğin döşemeler üzerindeki etkisi her iki yönetmelik için incelenerek karşılaştırması yapılmıştır. Yapının çıkıntılarının döşeme iç kuvvetleri üzerindeki etkisini araştırmak için en elverişsiz deprem yüklemesi altında döşemelerin tasarımda kullanılacak normal kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Şekil 5.18' de A3 düzensizliğinin döşeme iç kuvvetlerine olan etkilerinin araştırılmasında dikkate alınan döşeme hizaları kırmızı çizgiler ile gösterilmiştir. Ayrıca bu kırmızı çizgilerdeki 3, 9, C H aksları ile yapının A3 türü düzensizliğinin her iki yönetmelik için tasarıma olan etkisi açıkça görülmektedir.

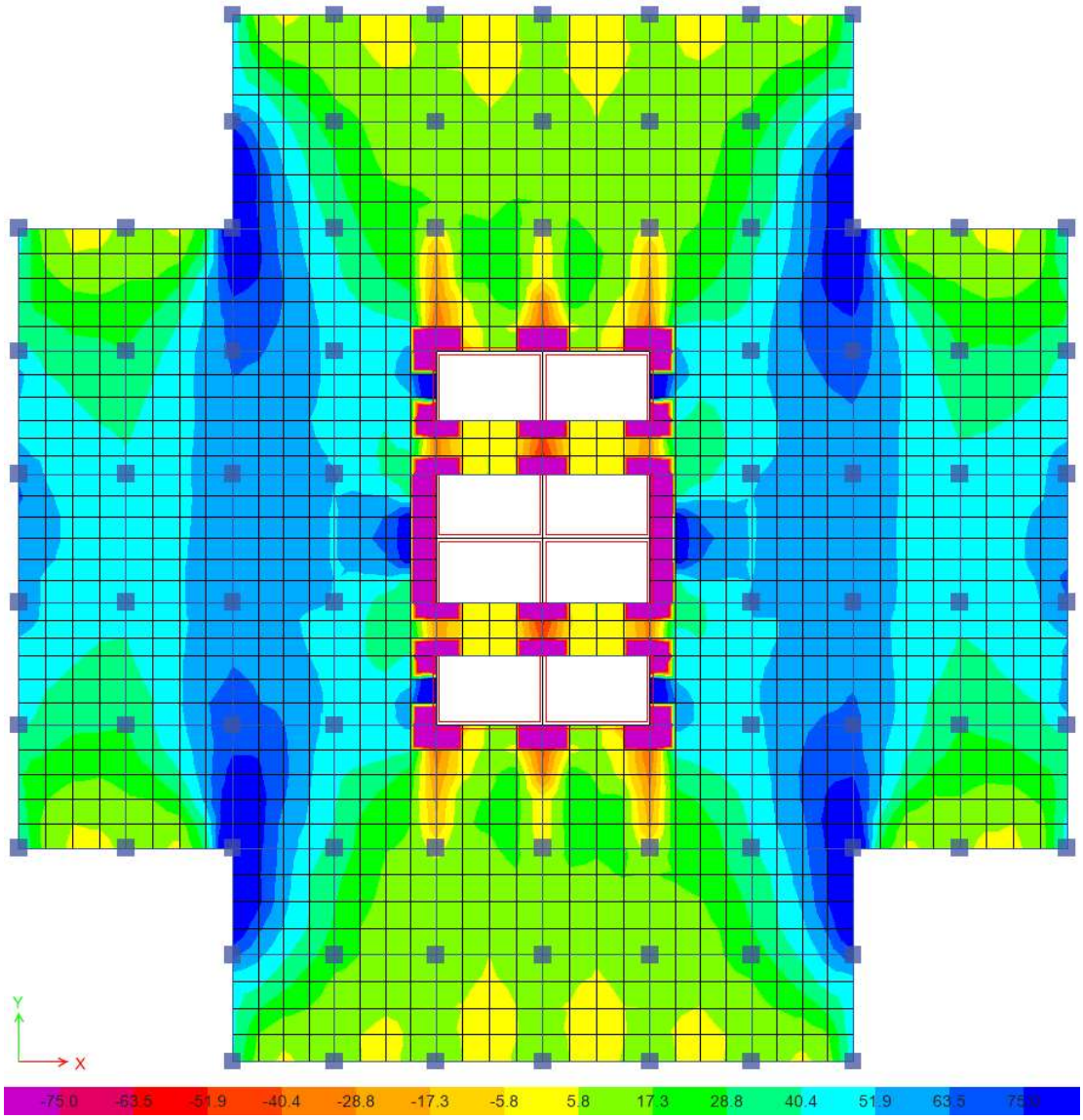


Şekil 5.18: Yapı modelinin döşemelerinde yapılan karşılaştırmalar için döşeme hizaları.

Bu döşeme hizalarına odaklanarak X ve Y doğrultuları için Şekil 5.19’ da ve 5.20’ de TBDY-2018’ e göre oluşturulmuş modelden alınan döşeme normal kuvvet diyagramları gösterilmiştir. Şekil 5.21’ de ve 5.22’ de ise DBYBHY-2007’ ye göre X ve Y doğrultularındaki döşeme normal kuvvet diyagramları gösterilmiştir. TBDY-2018 için diyagramın sınırları -75 kN/m ile 75 kN/m olarak belirlenmiştir. DBYBHY-2007’ ye göre hesaplanan normal kuvvet diyagramlarının sınırları -150 kN/m ile 150 kN/m değerleri olarak seçilmiştir.

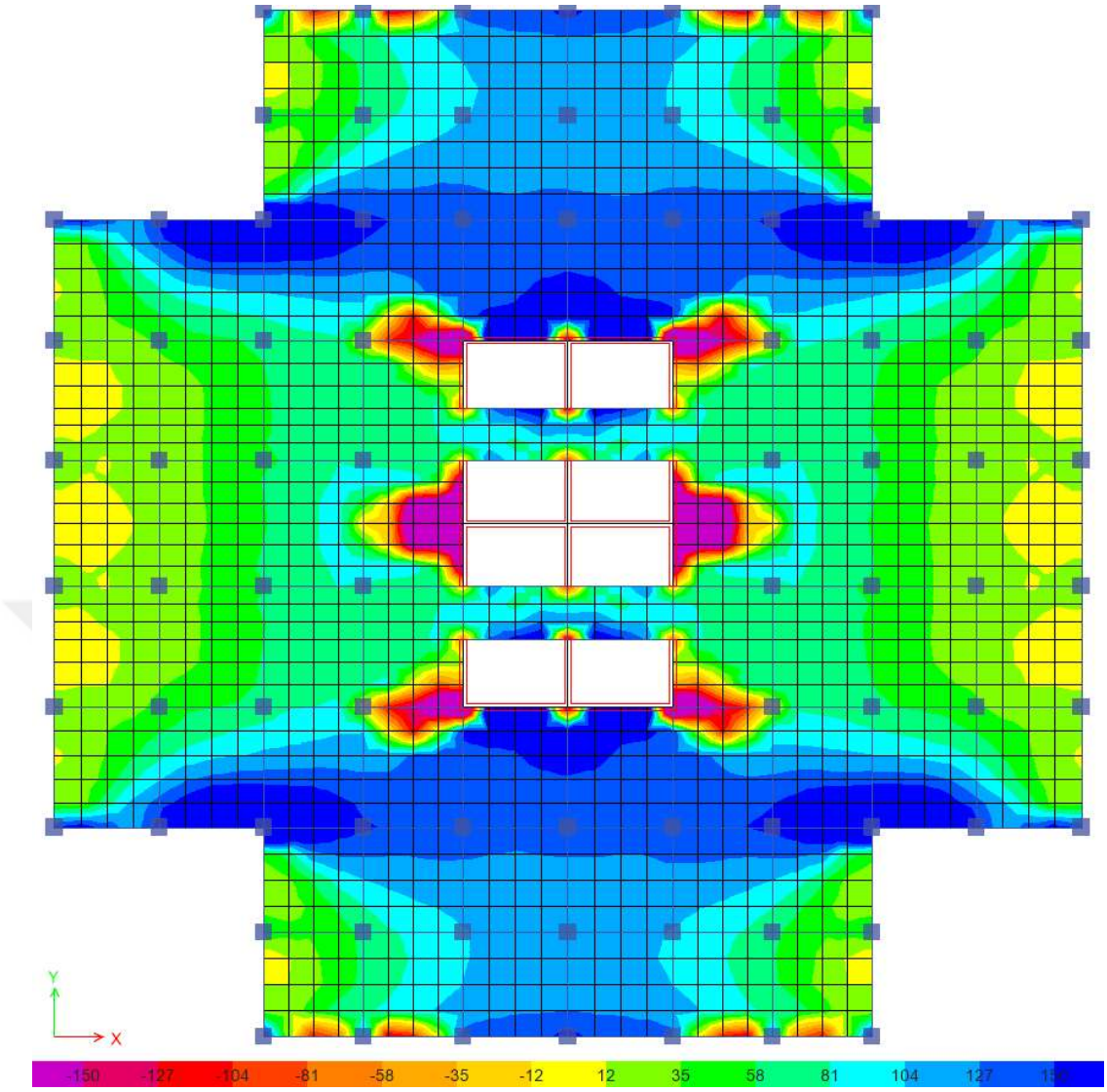


Şekil 5.19: TBDY-2018 için X doğrultusundaki döşemenin tasarıma esas çekme kuvveti diyagramı.

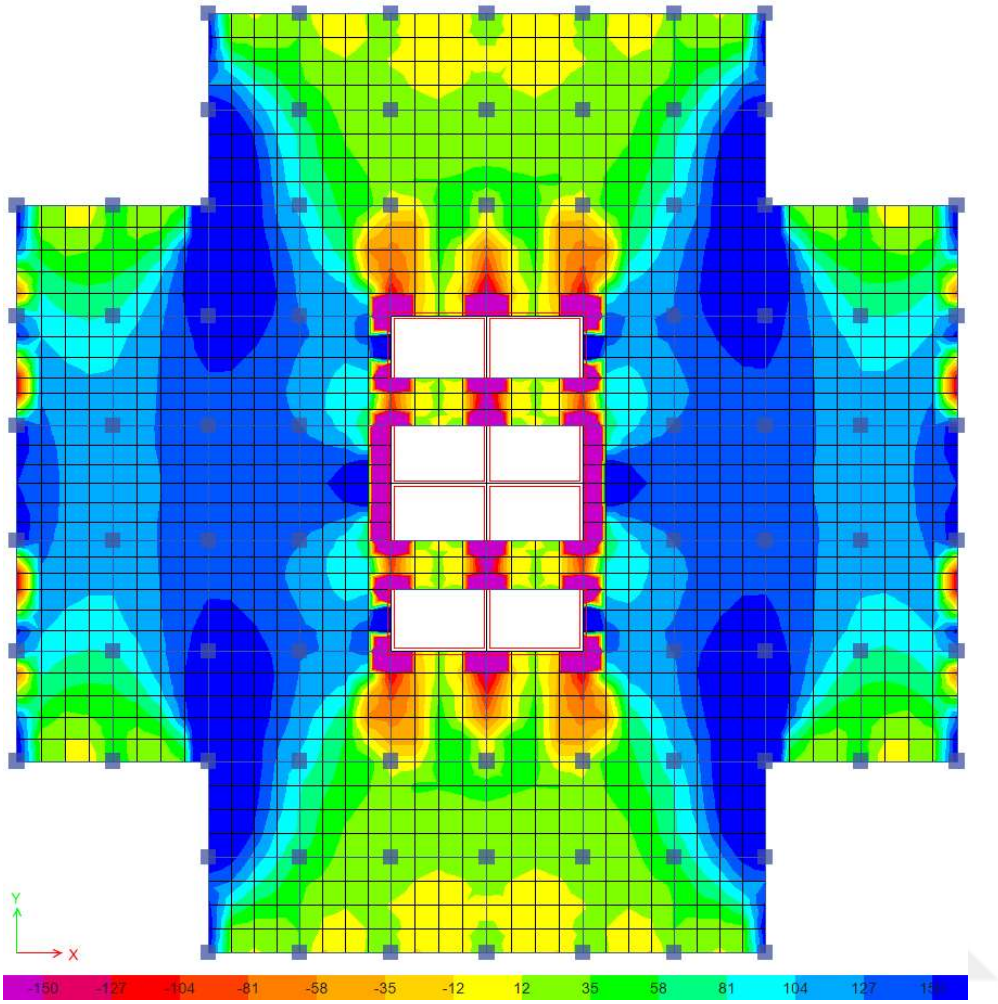


Şekil 5.20: TBDY-2018 için Y doğrultusundaki döşemenin tasarıma esas çekme kuvveti diyagramı.

Elde edilen normal kuvvet diyagramları sonucunda maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri planda çıkıntı oluşturan akslar için X doğrultusunda yaklaşık maksimum değer 125 kN/m iken minimum 60 kN/m'dir. Y doğrultusunda ise 140 kN/m ile 50 kN/m aralığındadır.



Şekil 5.21: DBYBHY-2007 için X doğrultusundaki döşemenin tasarıma esas çekme kuvveti diyagramı.



Şekil 5.22: DBYBHY-2007 için Y doğrultusundaki döşemenin tasarıma esas çekme kuvveti diyagramı.

Maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri yapı modelinden alınan normal kuvvet diyagramlarına göre yapının çıkıntı oluşturan kırmızı ile planda işaretlenen akslar için X doğrultusundaki yaklaşık maksimum değer 330 kN/m iken minimum 130 kN/m'dir. Y doğrultusunda ise 370 kN/m ile 135 kN/m aralığındadır.

TBDY-2018 ile DBYBHY-2007 arasında normal kuvvet değerleri farklarına bakıldığında TBDY-2018 sonuçlarının daha düşük değerlerde olduğu açıkça görülmektedir. Yapının deprem kuvvetleri altında DBYBHY-2007' de daha fazla zorlanmasının döşemeler üzerindeki etkisi de aynıdır ve döşemeler daha fazla normal kuvvet etkisi altındadır. Ek olarak yapının çekirdek perde bölge etrafındaki çekme kuvvetlerinin etkisi beklenen bir durumdur. Ancak diyagramlar gösteriyor ki A3 düzensizliğinin kat planındaki çıkıntı oluşturan bölümlerindeki çekme etkisi de göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur.

6. SONUÇLAR

Tez kapsamında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 uyarınca, süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ve betonarme boşluklu perdelerin birlikte kullanıldığı taşıyıcı sisteme sahip olan bir yapının deprem yükleri altında analizleri yapılmıştır. Hesaplar için CSI ETABS v18.0.2 programı kullanılmıştır. 20 katlı olan bu yapı 1. derece deprem bölgesine ve Z2 ile ZB zemin sınıflarına göre analiz edilmiştir. İki yönetmeliğe göre yapılan analiz hesaplarında aynı kat planlarına ve aynı betonarme kesitlere sahip bir yapı modeli baz alınmıştır. Beton sınıfının C40 ve donatı kalitesinin S420-B420C olduğu kabul edilmiştir. Bu yapı yönetmeliklere göre planda çıkıntılar bulunması düzensizlik türüne sahiptir. Deprem hesap yönteminde yapının 20 katlı olması göz önünde bulundurularak gerekli kontroller yapılıp uygun sınır şartları doğrultusunda mod birleştirme yöntemi tercih edilmiştir. TBDY-2018' e göre taşıyıcı sistem davranış katsayısında değişiklik yapılmasına ihtiyaç olmamıştır. Ancak DBYBHY-2007' ye göre perde taban kesme kuvvetleri yönetmelikte belirtilen sınır koşulunu sağlamadığı için taşıyıcı sistem davranış katsayısında azaltma yapılarak yapının analizi tekrarlanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen değerlerin uygun şartlara göre kontrolleri yapılarak bütün sonuçlar iki yönetmelik için de karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırılan sonuçlar doğrultusunda yönetmelikler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bunların başında gelen farklılık DBYBHY' e göre Türkiye' deki deprem bölgeleri kavramının TBDY' nde olmamasıdır. TBDY' ne göre deprem tehlike haritasıyla her koordinat için deprem bilgileri okunabilmektedir. Yani deprem bölgeleri için kullanılan spektral ivme katsayısı değişkenlik kazanarak her farklı nokta için ayrı ayrı belirlenebilmektedir. Ayrıca dört farklı deprem yer hareketi tanımlanmış olup farklı türdeki yapılar için farklı değişkenlik gösterebilmektedir. Tez kapsamında DD2 deprem yer hareketi göz önüne alınmıştır. Zemin sınıflarına bakıldığında, DBYBHY' e göre Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak 4 adet zemin sınıfı tanımlanırken TBDY' nde ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olmak üzere 6 adet zemin sınıfı yer almaktadır. İki yönetmelik arasındaki önemli farklılıklardan birisi de dayanım sınıfı fazlalığı katsayısı kavramıdır. Bu kavram gevrek göçmenin önlenebilmesi amacıyla yapının sünek davranış durumunu etkilemektedir. Yapının taşıyıcı sisteminde sünek olmayan davranışta bulunan elemanlardaki iç kuvvetler dayanım fazlalığı katsayısı ile artırılarak azaltılmış tasarım dayanımından akma dayanım düzeyine getirilir. Bu sayede yapının sünek olmayan dayanımı artırılarak gevrek göçme durumu

önlenmektedir. Bir diğer önemli farklılık ise etkin kesit rijitliği çarpanıdır. Buna göre betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında kesit rijitlikleri azaltılarak deprem etkisinde daha gerçekçi değerlere ulaşılmaktadır. Çünkü deprem kuvvetleri altında betonarme elamanlar, tasarım aşamasında çeşitli unsurlardan dolayı öngörülen değerlerden farklılıklar göstermektedir.

DBYBHY-2007' ye ve TBDY-2018' e göre yapılan hesaplar ve ulaşılan sonuçlar doğrultusunda bazı temel farklılıklar planda çıkıntılar bulunması düzensizliğine sahip yapılar için şöyle açıklanabilir:

DBYBHY-2007' de hesaplarda dikkate alınacak yük birleşimlerinde düşey deprem etkisi gözetilmezken, TBDY-2018' de sabit yüklere ek olarak düşey deprem katkısı yapılarak sabit yüklerde artış yapılmaktadır. Bir diğer konu ise DBYBHY-2007' de kesit rijitliklerinde azaltma yapılmadığı için yapı daha rijit harekette daha az salınım yapmaktadır. Buna göre TBDY-2018' de daha büyük bina hakim periyotları elde edilmektedir. Buna paralel olarak yapıların göreli kat ötelemeleri ve şekil değiştirme miktarları da artmaktadır. Ayrıca, taban kesme kuvvetleri ise bahsedilen etkilerin sonucunda azalma gösterebilmektedir. Ancak tez kapsamındaki yapının TBDY-2018' e göre taşıyıcı sistem davranış katsayısında azaltılma yapılmazken, DBYBHY-2007 için azaltılma yapılması gerekmiştir. Bu durum yapının taşıyıcı sisteminin ana unsurlarından birisi olan betonarme çekirdek perdenin yapısı ve plandaki dağılımı neticesinde oluşmuştur. Bu nedenlere ve yönetmelikteki koşullara bağlı olarak analizi yapılan yapıların taban kesme kuvvetleri TBDY-2018' e göre daha fazla hesaplanmıştır.

Başka bir açıdan yapıdaki A3 türü düzensizliğin neden olduğu döşeme iç kuvvetlerinin her iki yönetmelikteki etkileri incelendiğinde, yapının çekirdek perde bölgesi haricindeki zorlanan ikinci bölge olduğu görülmüştür. Yapıdaki plan çıkıntıları ilave çekme kuvvetleri etkisini getirmiş ve bunun sonucunda çıkıntı olan akslarda döşemelerin tasarım aşamasındaki donatı talebini artıracaktır. Ayrıca yapılara etkiyen deprem kuvvetlerine paralel olarak TBDY-2018' de elde edilen 3, 9, C ve H akslarındaki çıkıntı bölgelerinde döşeme çekme kuvvetleri DBYBHY-2007' ye göre daha düşüktür.

Sonuç olarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018' in tasarım kesme kuvveti değerlerinin daha büyük olması ile betonarme yapıların kesme kuvvetlerinde artırım öngörülerek habersiz göçmenin önüne geçilmeye çalışıldığı biraz daha önem kazanmaktadır. Bu sayede depremin yıkıcı etkisi yapılarda eğilme çatlakları

oluşturarak depremden sonra müdahaleyi mümkün kılmaktadır. Buna örnek olarak depremden sonra yapıların hasar durumlarına göre güçlendirme çalışmaları ile yeni bir yapının maliyetinin önüne geçilebilir. Ülkemizdeki yapılar genel itibari ile eski olduğu için bu husus önem arz etmektedir. Ayrıca taşıyıcı sistem elemanlarının teorik olarak hesaplanan değerlerden daha düşük değerlerde dayanım sağlaması da rijitlik azaltması ile dikkate alınmaktadır.

KAYNAKLAR

[1]Url-1 <*http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Personel/comoglu/depremnedir/index.htm*>, 10.11.2019

[2] Url-3 < https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu >, 10.11.2019

[3] Url-2 < https://www.afad.gov.tr/tr/2211/AFAD-Hakkinda >, 10.11.2019

[4] DBYBHY (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

[5] TBDY (2018). Türkiye bina deprem yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

[6] ETABS (Version 2018.0.2) [Computer Software]. *Extended Three Dimensional* Analysis of Building System, Computer and Structures Inc., Berkeley, California.

[7] TS 498 (1987). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap *Değerleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

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

[9] Celep, Z. (2000). Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, Beta Yayıncılık, İstanbul.

[10] Celep, Z. (2014). *Yapı dinamiği*, Beta Yayıncılık, İstanbul.

[11] Celep, Z. (2018). Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, Beta Yayıncılık, İstanbul.

[12] Koçluk, U.Ç. (2019). Kolon süreksizliği bulunan betonarme bir binanın tasarımı ve deprem etkisi altındaki performansının değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[13] Balcı, A. (2001). *Yüksek katlı bir yapının lineer ve lineer olmayan hesabı* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[14] Nam, C. (1997). *Planda düzensiz betonarme bir yapının düşey ve yatay yükler altında davranışının incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[15] Orak, S. (2012). Planda ve düşey doğrultudaki düzensizliklerin betonarme perde-çerçeveli binaların davranışına etkisi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[16] Erdurmaz, A. (2001). Burulma düzensizliği olan çok katlı betonarme bir yapının taşıyıcı sisteminin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[17] Yalçın, Ö. (2001). Betonarme yapıların deprem altındaki davranışına döşeme *modellemelerinin etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[18] Turan, D. (2012). *Betonarme bir yapının eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemine göre tasarımı* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[19] İşsever, M.A. (2012). Eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerinin çok katlı bir yapıda kıyaslanması (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[20] Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Al-Hagri, G., Arslan, M.H. (2018). *Deprem kuvvetine esas spektral ivme değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007' ye göre karşılaştırılması*, Selçuk Teknik Dergisi, Konya.

[21] Doğangün, A. (2008). *Betonarme yapıların hesap ve tasarımı*, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[22] Kumbasar, N., Celep, Z. (1988). *Taşıma gücü ilkeleri ile betonarme kesit tabloları*, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[23] Çakıroğlu, E. Özer (1983). Eğik eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki dikdörtgen betonarme kesitlerde taşıma gücü formülleri, Yesa Yayınları, İstanbul.

[24] Url-4 <http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/ff019c60caaf76b_ek.pdf?tipi=84&%20turu=X&sube=0 >, 10.11.2019

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Furkan Şimşek
E-posta : simsekfu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans :** 2017, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yüksek Lisans :** Devam, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİMLER

- 2014-2016 yılları arasında Perspektif Yapı firmasının Skyland İstanbul projesinde çalıştı.
- 2016-2017 yılları arasında Emlak Konut firmasının Ebruli Ispartakule projesinde çalıştı.
- 2017-2019 yılları arasında Özcihan Mühendislik firmasında çalıştı.
- 2019 yılı ve sonrasında Tekfen Mühendislik firmasında çalışmaya devam etmektedir.