

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞEY DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİR
BİNANIN DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ESASLARINA GÖRE
İRDELENMESİ

MERT SEZGİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

GEBZE
2022

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞEY DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN
BETONARME BİR BİNANIN DBYBHY-2007 ve
TBDY-2018 ESASLARINA GÖRE
İRDELENMESİ

MERT SEZGİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ ÜLGEN MERT TUĞSAL

GEBZE

2022

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

**EVALUATION OF A REINFORCED
CONCRETE BUILDING WITH COLUMN
DISCONTINUITY ACCORDING TO
DBYBHY-2007 AND TBDY-2018**

MERT SEZGİN

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

**THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. ÜLGEN MERT TUĞSAL**

GEBZE

2022



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 07/02/2022 tarih ve 2022/08 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 18/02/2022 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mert SEZGİN'in tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem ve Yapı Mühendisliği Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Ülgen MERT TUĞSAL

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Anıl DİNDAR

ÜYE

: Prof. Dr. Bilge DORAN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Türkiye yüksek sismik aktiviteye maruz bir coğrafyada yer almaktadır. Özellikle son 30 yılda meydana gelen yıkıcı depremlerde yaşadığımız can ve mal kayıpları, depremin ülkemiz için en önemli doğal afetlerden biri olduğu gerçeğini göz önüne sermektedir. Depremın yıkıcı etkilerine karşı can ve mal güvenliğinin sağlanması yapılarımızın tasarım aşamasında göz önüne alınan yaklaşımların geliştirilmesi ve gerçek duruma uyarlanması ile mümkün olmaktadır. Depremın olası etkilerini en aza indirmek için bina tipi yapılarda kullanılmak üzere deprem yönetmelikleri 1940 yılından itibaren yayınlanmakta ve gelişen teknolojiye bağlı olarak sürekli güncellenmektedir.

Yapı mühendisliği alanında yaşanan güncel ilerlemeler ve yeni bulgular ışığında, 2007 yılında yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, DBYBHY-2007” yerini 2018 yılında yürürlüğe giren “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TBDY-2018” ne bırakmıştır. TBDY-2018’de tasarım ve değerlendirme aşamasında bina tipi yapılar için bir takım yeni yaklaşımlar yer almaktadır. Deprem etkisinin Türkiye Deprem Tehlike Haritası’na bağlı olarak olarak koordinat bazında tanımlanması, etkin kesit rijitlik katsayılarının kullanılması, düşey deprem etkisinin hesaplarda göz önüne alınması ve yapısal düzensizliklerin kontrolünde farklı sınır değerlerin baz alınması gibi yeni düzenlemeler yapılmıştır.

Deprem bölgesinde inşa edilecek olan bir yapının taşıyıcı sisteminin seçimi özellikle düşey ve yatay yüklerin temele güvenle aktarımının sağlanması açısından oldukça önemli bir husustur. TBDY-2018 bu doğrultuda düşey elemanların süreksizliğine dair birtakım kısıtlamalar getirmiştir. Bu tez çalışması kapsamında kolon süreksizliği bulunan 7 katlı betonarme bir binanın DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 esaslarına göre incelenmesi ve elde edilen sonuçların karşılaştırılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise tasarımı yapılan mevcut binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak performansı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Yapılar, Düşey Deprem Etkisi, Kolon Süreksizliği, Performans Değerlendirme, Doğrusal Olmayan Analiz.

SUMMARY

Turkey is in a geography subject to high seismic activity. The loss of life and property, especially in the devastating earthquakes that took place in the last 30 years, reveals the fact that the earthquake is one of the most important natural disasters for our country.

In the light of current developments and new findings in the field of structural engineering, "Regulation on Buildings to be Constructed in Earthquake Zones, DBYBHY-2007" has left its place to "Turkey Building Earthquake Code, TBDY-2018". In TBDY-2018, there are a few new approaches for building type structures during the design and evaluation stages. New regulations were made, such as defining the earthquake effect on a coordinate basis based on the Turkey Earthquake Hazard Map, using the effective section stiffness coefficients, taking the vertical earthquake effect into account in the calculations, and taking different limit values as a basis for the control of structural irregularities.

The selection of the structural system of a building to be built in an earthquake zone is a very important issue in terms of ensuring the safe transfer of loads. TBDY-2018 has brought some restrictions on discontinuity of vertical elements in this direction. Within the scope of this thesis, it is aimed to examine a 7-storey reinforced concrete building with column discontinuity according to the principles of DBYBHY-2007 and TBDY-2018 and to compare and evaluate the results obtained. In the last part of the study, the performance of the existing building was evaluated by utilizing non-linear time history analysis method.

Key Words: Reinforced Concrete Buildings, Vertical Earthquake Effect, Column Discontinuity, Performance Evaluation, Nonlinear Analysis.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans süresince bana destek olan ve her zaman sabırla yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ülgen Mert Tuğsal'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez danışmanımın yanı sıra bana verdikleri destekten ötürü tez komitesinin değerli üyeleri Prof. Dr. Bilge Doran ve Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Anıl Dindar'a; tez çalışmasında bana yardımcı olan değerli meslektaşım Dr. Onur Avcıoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim. Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLolar DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı	2
1.2. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	3
2. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER	6
2.1. Planda Düzensizlik	6
2.1.1. A1-Burulma Düzensizliği	7
2.1.2. A2-Döşeme Süreksizliği	9
2.1.3. A3-Planda Çıkıntıların Bulunması	10
2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik	11
2.2.1. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	11
2.2.2. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)	13
2.2.3. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	13
3. DÜŞEY DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİNANIN	17
DBYBHY-2007 ESASLARINA GÖRE TASARIMI	
3.1. DBYBHY-2007 Esaslarına Göre Deprem Etkisinin Belirlenmesi	17
3.2. Bina Genel Bilgileri	20
3.3. Taşıyıcı Sistem Hakkında Bilgiler	24
3.4. Yapının Modelleme Bilgileri	27
3.5. DBYBHY-2007'ye Göre Deprem Hesabı	31
3.5.1. Deprem Analizinde Kullanılacak İvme Spektrumu	31
3.5.2. Mod Birleştirme Yöntemi	34
3.5.3. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı Kontrolü	36

3.5.4. Göreli Kat Ötelemesi Oranlarının Kontrolü	36
3.5.5. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	37
3.5.6. Düzensizlik Kontrolleri	38
3.5.6.1. A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	38
3.5.6.2. A2-Döşeme Süreksizliği Kontrolü	39
3.5.6.3. A3-Planda Çıkıntılarının Bulunma Düzensizliği Kontrolü	39
3.5.6.4. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Kontrolü	39
3.5.6.5. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü	39
3.6. DBYBHY-2007 Esaslarına Göre Bulunan İç Kuvvet Değerleri	40
3.6.1. Kirişlere Ait İç Kuvvet Değerleri	40
3.6.2. Kolonlara Ait İç Kuvvet Değerleri	42
3.6.3. Perdelere Ait İç Kuvvet Değerleri	43
3.7. Kiriş Donatılarının Belirlenmesi	45
3.8. Kolon Donatılarının Belirlenmesi	50
3.9. Perde Donatılarının Belirlenmesi	51
4. DÜŞEY DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİNANIN TBDY-2018 ESASLARINA GÖRE TASARIMI	52
4.1. TBDY-2018'e Göre Tasarım Esasları	52
4.2. TBDY-2018'e Göre Belirlenen Deprem Parametreleri	52
4.2.1. Bina Önem Katsayısı ve Bina Kullanım Sınıfı	53
4.2.2. Deprem Tasarım Sınıfı	54
4.2.3. Bina Yükseklik Sınıfı	54
4.2.4. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı	55
4.2.5. Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	56
4.2.6. Yatay Deprem Etkisi	56
4.2.7. Düşey Deprem Etkisi	59
4.2.8. TBDY-2018'e Göre Tasarımda Kullanılan Yük Birleşimleri	60
4.2.9. Hesap Yöntemi	61
4.2.10. Mod Birleştirme Yöntemi	62
4.2.11. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı Kontrolü	64
4.3. Göreli Kat Ötelemesi Oranlarının Kontrolü	66
4.4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	67

4.5. Düzensizlik Kontrolleri	68
4.5.1. A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	68
4.5.2. A2-Döşeme Süreksizliği Kontrolü	69
4.5.3. A3-Planda Çıkıntıların Bulunma Düzensizliği Kontrolü	69
4.5.4. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Kontrolü	69
4.5.5. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü	70
4.6. TBDY-2018 Esaslarına Göre Bulunan İç Kuvvet Değerleri	70
4.6.1. Kirişlere Ait İç Kuvvet Değerleri	71
4.6.2. Kolonlara Ait İç Kuvvet Değerleri	73
4.6.3. Perdelere Ait İç Kuvvet Değerleri	74
4.7. Kiriş Donatılarının Belirlenmesi	76
4.8. Kolon Donatılarının Belirlenmesi	79
4.9. Perde Donatılarının Belirlenmesi	80
5. DBYBHY-2007 VE TBDY-2018'E GÖRE BULUNAN DEĞERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	81
5.1. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumlarına Bağlı Olarak Periyot Değerlerinin ve Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	81
5.2. A1-Burulma Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması	82
5.3. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin Karşılaştırılması	83
5.4. Görelî Kat Öteleme Oranlarının Karşılaştırılması	84
5.5. İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması	85
5.6. Kiriş Eğilme Momentlerinin Karşılaştırılması	86
5.7. Kiriş Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	88
5.8. Kolon İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	89
5.9. Perde İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	92
5.10. Kiriş Donatılarının Karşılaştırılması	95
5.11. Kolon Donatılarının Karşılaştırılması	97
5.12. Perde Donatılarının Karşılaştırılması	98
6. DÜŞEY DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME YAPININ DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ	100
6.1. Yapısal Elemanların Hasar Sınır Değerleri	101
6.1.1. Göçme Öncesi Hasar Sınır Değerleri	101
6.1.2. Kontrollü Hasar Sınır Değerleri	103

6.1.3. Sınırlı Hasar Sınır Değerleri	103
6.2. Yeni Yapılacak Yapıların Deprem Performansının Tespit Edilmesi	103
6.2.1. Yeni Yapılacak Yapılarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi	103
6.2.2. Yeni Yapılacak Yapılarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi	104
6.2.3. Yeni Yapılacak Yapılarda Göçme Önlenmesi Performans Düzeyi	104
6.3. Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Modelin Hazırlanması	104
6.3.1. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	105
6.3.2. Kolon, Kiriş ve Perde Plastik Mafsallarının Tanımlanması	108
6.3.3. Çatlamış Kesit Rijitliklerinin Tanımlanması	118
6.4. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi	120
6.5. Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi	126
6.6. Performans Analizi Sonuçları	130
7. SONUÇLAR	137
KAYNAKLAR	139
ÖZGEÇMİŞ	141
EKLER	142

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kisaltmalar

Açıklamalar

A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
ΣA_e	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
C_h	: İkinci mertebe hesabında kullanılan amprik katsayı
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
d_i	: Binanın i 'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
e	: %5' lik ek dışmerkezlik
E_d	: Statik düşey deprem etkisi
$E_{d(t)}$	: Düşey tasarım spektrumu tanımlanarak elde edilen düşey deprem etkisi
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
g	: Yer çekimi ivmesi
G	: Bina zati ağırlığı ve ölü yüklerin toplamı
h_f	: Döşeme kalınlığı
h_i	: Binanın i 'nci katının kat yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
l_{sn}	: Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı
m	: Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı
m_t	: Binanın bodrum katları çıkarılarak elde edilen kütlesi
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
PGA	: Yer çekimi ivmesi (g) cinsinden en büyük yer ivmesi
PGV	: cm/sn cinsinden en büyük yer hızı

Q	: Hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{aR}(T)$	: Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_S	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
T	: Doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları
T_{AD}, T_{BD}	: Düşey spektrum köşe periyotları
T_{LD}	: Düşey spektrum sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu
T_L	: Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu
V_i	: Deprem doğrultusunda i 'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti
V_t	: Taban kesme kuvveti
V_{tB}	: Binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
w_j	: Tipik sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkiyen tekil ağırlık
w_k	: k 'inci kata etkiyen toplam ağırlık
η_{bi}	: i 'inci katta burulma düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: i 'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: i 'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
δ_i	: Binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi
λ	: Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan amprîk katsayı
$\theta_{II,i}$	: Her bir i 'inci kat için tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
V_{tB}	: Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti
V_{tE}	: Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti
$\theta_{II,max}$	: Maximum ikinci mertebe gösterge değeri
α_s	: Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı
β_{tE}	: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı

(Δ_i)	: Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	: Ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
κ	: Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan katsayı
$(V_s)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BKS	: Bina kullanım sınıfı
BYS	: Bina yükseklik sınıfı
DBYBHY-2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
DTS	: Deprem tasarım sınıfı
TBDY-2018	: Türk Bina Deprem Yönetmeliğı 2018
TDTH	: Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: A1 burulma düzensizliği plandan görünümü.	8
2.2: Döşeme süreksizliği tip-1.	9
2.3: Döşeme süreksizliği tip-2.	9
2.4: Döşeme süreksizliği tip-3.	10
2.5: Plandaki çıkıntılar.	10
2.6: Zayıf kat düzensizliğinden ötürü hasara uğramış bir bina.	12
2.7: Kolonların iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu.	14
2.8: Kolonların guselere ve konsol kirişlere oturması durumu.	15
2.9: Perdenin kolonların üzerine oturması durumu.	15
2.10: Perdenin kirişlerin üzerine açıklık ortasında oturması durumu.	16
3.1: Marmara Bölgesi'nin deprem risk haritası, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.	17
3.2: DBYBHY-2007'ye ait yatay elastik tasarım spektrumu.	20
3.3: Bodrum ve zemin kat planları.	22
3.4: Normal kat planları.	23
3.5: Düzensizliğin olduğu geçiş katı.	23
3.6: ETABS modelinin 3d görünümü.	28
3.7: Zemin katın plan görünümü.	29
3.8: Normal katların plan görünümü.	29
3.9: G aksı en kesit görünüşü.	30
3.10: F aksı en kesit görünüşü.	30
3.11: Tasarım ivme spektrumu.	32
3.12: ETABS programında zaman-ivme fonksiyonunun tanımlanması.	33
3.13: ETABS programında depremde kullanılan kütle katılımları.	33
3.14: ETABS programında SPECX'in tanımlanması.	34
3.15: Bodrum ve zemin kat kalıp planı.	45
3.16: Tasarımı incelenecek alanın bodrum ve zemin kat kalıp planı.	46
3.17: Tasarımı incelenecek alanın normal kat kalıp planı.	47
3.18: D aksı kolon tipleri.	50
4.1: Deprem tasarım parametreleri.	53

4.2:	Doğal titreşim periyoduna bağlı S_{ae} değerleri.	57
4.3:	Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları.	57
4.4:	Yatay elastik tasarım spektrumu.	57
4.5:	Deprem parametrelerine bağlı olarak belirlenen yatay elastik tasarım spektrumu.	58
4.6:	Azaltılmış tasarım spektrumu.	58
4.7:	Düşey elastik tasarım spektrumu.	59
4.8:	ETABS modeline tanımlanan düşey elastik tasarım spektrumu.	60
4.9:	D aksı kolon tipleri.	79
5.1:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 azaltılmış tasarım spektrum grafikleri.	81
6.1:	Kesit hasar bölgeleri.	101
6.2:	Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekil değiştirme grafiği.	105
6.3:	Donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme grafiği.	106
6.4:	Donatı çeliklerinin özellikleri.	106
6.5:	C30 sargısız beton özelliklerinin tanımlanması.	107
6.6:	S420 donatı çeliği özelliklerinin tanımlanması.	108
6.7:	30×50 çevre kirişinin kesiti.	109
6.8:	0° etkileşim yüzeyine göre kiriş moment-eğrilik diyagramı.	110
6.9:	30×50 kirişi için plastik mafsalları seçilmesi.	110
6.10:	30×50 kirişi için plastik mafsalları bilgilerinin tanımlanması.	111
6.11:	30×50 kirişinin uç bölgelerine plastik mafsalların girilmesi.	111
6.12:	60×60 kolonun kesiti.	112
6.13:	0° etkileşim yüzeyine göre kolon moment-eğrilik diyagramı.	113
6.14:	60×60 kolonu için plastik mafsalları seçilmesi.	113
6.15:	60×60 kolonu için plastik mafsalları bilgilerinin tanımlanması.	114
6.16:	60×60 kolonu plastik mafsalların eksenel kuvvet değerleri.	114
6.17:	60×60 kolonu plastik mafsalları etkileşim açıları.	115
6.18:	60×60 kolonu plastik mafsalları tanımları.	115
6.19:	60×60 kolonunun uç bölgelerine plastik mafsalların girilmesi.	116
6.20:	Perdelere plastik mafsalları atanması.	117
6.21:	L perdenin y yönündeki kolu için atanan donatı miktarları.	117
6.22:	PEER veri tabanında hedef ivme spektrumunun tanımlanması.	121

6.23: PEER veri tabanında deprem kayıtlarını arama parametreleri.	122
6.24: Mammoth Lakes-03 depremi gerçek kuvvetli yer hareketi kaydı.	124
6.25: Mammoth Lakes-03 depremi ölçeklendirilmiş kuvvetli yer hareketi kaydı.	124
6.26: Mammoth Lakes-03 depreminin davranış spektrumlarının karşılaştırılması.	125
6.27: Tüm kuvvetli yer hareketi kayıtlarının ölçeklenmiş bileşke davranış spektrumları.	125
6.28: Tüm kuvvetli yer hareketi kayıtlarının ölçeklenmiş bileşke davranış spektrumları-2.	126
6.29: Düşey deprem etkisinin tanımlanması.	127
6.30: Parkfield depremi ivme kaydı.	127
6.31: Deprem yüklemelerinin tanımlanması.	128
6.32: Rayleigh sönüm matrisinin tanımlanması.	129
6.33: İntegrasyon yönteminin tanımlanması.	130
6.34: Chalfant Valley-02 x yönü analiz sonucu ortaya çıkan mafsallaşmış yapı elemanları.	131
6.35: Chalfant Valley-02 y yönü analiz sonucu ortaya çıkan mafsallaşmış yapı elemanları.	131
6.36: Kirişlerin hasar bölgeleri.	133
6.37: Kolonların hasar bölgeleri.	134
6.38: Perdelerin hasar bölgeleri.	134
6.39: X doğrultusu göreli kat öteleme oranları	135

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Planda düzensizlik durumları.	7
2.2: Düşeyde düzensizlik durumları.	11
3.1: Etkin yer ivme katsayısı.	18
3.2: Bina önem katsayısı.	18
3.3: Spektrum karakteristik periyotları.	18
3.4: Zemin grupları.	19
3.5: Yerel zemin sınıfları.	19
3.6: Deprem kombinasyonu altında kolon eksenel kuvvetleri.	26
3.7: Deprem kombinasyonu altında perde eksenel kuvvetleri.	27
3.8: DBYBHY-2007'ye göre yük kombinasyonları.	31
3.9: Binanın periyot ve modal kütle katılım oranları.	35
3.10: SPECX yüklemesi altında bodrum kat perdelerinin iç kuvvetleri.	36
3.11: Göreli kat öteleme oranlarının kontrolü.	37
3.12: İkinci mertebe etkilerinin kontrolü.	38
3.13: Ex yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	38
3.14: SPECX yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	39
3.15: Ex yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.	40
3.16: SPECX yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.	40
3.17: Zemin kat kirişleri moment değerleri.	41
3.18: Zemin kat kirişleri kesme kuvveti değerleri.	42
3.19: En elverişsiz eksenel yüke göre zemin kat kolonları iç kuvvetleri.	43
3.20: En elverişsiz kesme kuvvetine göre zemin kat kolonları iç kuvvet değerleri.	43
3.21: P3 perdesinin iç kuvvet değerleri.	44
3.22: 30×50 enkesitli çevre kirişlerinin donatı detayları.	47
3.23: 30×50 enkesitli iç kirişlerinin donatı detayları.	48
3.24: 30×50 enkesitli her iki ucu perdeye mesnetli kirişlerin donatı detayları.	49
3.25: Süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişlerin donatı detayları.	49
3.26: Kolon donatı detayları.	51

3.27: Perde donatı detayları.	51
4.1: Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.	53
4.2: Deprem tasarım sınıfları.	54
4.3: Bina yükseklik sınıfları.	54
4.4: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı.	55
4.5: Etkin kesit rijitliği çarpanları.	56
4.6: TBDY-2018' göre yük kombinasyonları.	61
4.7: Taban kesme kuvvetleri.	62
4.8: Modal analiz sonuçları ve kütle katılım oranları.	63
4.9: Bodrum kat kolon iç kuvvetleri.	64
4.10: Bodrum kat perde iç kuvvetleri.	66
4.11: Göreli kat öteleme oranlarının kontrolü.	67
4.12: İkinci mertebe etkilerinin kontrolü.	68
4.13: Ex yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	68
4.14: SPECX yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	69
4.15: Ex yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.	70
4.16: SPECX yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.	70
4.17: Zemin kat kirişleri moment değerleri.	72
4.18: Zemin kat kirişleri kesme kuvveti değerleri.	72
4.19: En elverişsiz eksenel yüke göre zemin kat kolonları iç kuvvetleri.	73
4.20: En elverişsiz kesme kuvvetine göre zemin kat kolonları iç kuvvet değerleri.	74
4.21: P3 perdesinin iç kuvvet değerleri.	75
4.22: 30×50 enkesitli çevre kirişlerinin donatı detayları.	76
4.23: 30×50 enkesitli iç kirişlerinin donatı detayları.	77
4.24: 30×50 enkesitli her iki ucu perdeye mesnetli kirişlerin donatı detayları.	78
4.25: Süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişlerin donatı detayları.	78
4.26: Kolon donatı detayları.	80
4.27: Perde donatı detayları.	80
5.1: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre doğal titreşim periyotları.	82
5.2: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre taban kesme kuvvetleri.	82

5.3:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre burulma düzensizliği katsayıları.	83
5.4:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre rijitlik düzensizliği katsayıları.	84
5.5:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre görelî kat öteleme oranları.	85
5.6:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre ikinci mertebe etkisi katsayıları.	86
5.7:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kiriş eğilme momentleri.	87
5.8:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kiriş kesme kuvvetleri.	88
5.9:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolonların en elverişsiz eksenel yükleri.	90
5.10:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolonların en elverişsiz kesme kuvvetleri.	91
5.11:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolonların en elverişsiz moment değerleri.	92
5.12:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre P3 perdesinin en elverişsiz eksenel yükleri.	93
5.13:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre P3 perdesinin en elverişsiz kesme kuvvetleri.	93
5.14:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre P3 perdesinin en elverişsiz moment değerleri.	94
5.15:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre K1046 kirişinin donatılarının karşılaştırılması.	95
5.16:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre K1028 kirişinin donatılarının karşılaştırılması.	95
5.17:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre K115 kirişinin donatılarının karşılaştırılması.	96
5.18:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre K1027 kirişinin donatılarının karşılaştırılması.	96
5.19:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolon boyuna donatılarının karşılaştırılması.	97
5.20:	DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolon enine donatılarının karşılaştırılması.	98

5.21:	DBYBHY-2007 ve TB DY-2018'e göre perde başlık bölgesi donatılarının karşılaştırılması.	98
5.22:	DBYBHY-2007 ve TB DY-2018'e göre perde gövde bölgesi donatılarının karşılaştırılması.	99
6.1:	Seçilen kuvvetli yer hareketi kayıtları özellikleri ve ölçekleme katsayıları.	123
6.2:	K162 kirişinin plastik mafsalsal sonucu.	132
6.3:	S116 kolonunun plastik mafsalsal sonucu.	133
6.4:	Taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasmanları.	136



1. GİRİŞ

Dünyanın varoluşundan itibaren sismik açıdan aktif olan bölgelerde depremlerin birbiri ardına olduğu ve sonucunda da milyonlarca insanın ve yaşam alanlarının yok olduğu bilinmektedir. Ülkemiz dünyanın en hareketli deprem kuşaklarından birinin üzerinde yer almaktadır. Geçmişte ülkemizde pek çok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de oluşması muhtemel depremlerle büyük can ve mal kayıplarına uğrayacağımız kaçınılmaz bir gerçektir.

Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na göre, ülkemizin %92'si yüksek sismik aktivite bölgesinde yer almaktadır ve vatandaşlarımızın %95'inin deprem tehlikesi altında yaşamlarına devam ettiği bilinmektedir. Ayrıca büyük sanayi kuruluşlarının %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde olduğu kabul edilmektedir. Son 58 yılda depremlerden dolayı, 58.202 insanımız hayatını kaybetmiş, 122.096 insanımız ise yaralanmış ve 411.465 civarında bina yıkılmış veya ağır hasar almıştır. Sonuç olarak, depremlerden dolayı her yıl ortalama 1.003 insanımız hayatını kaybetmekte ve 7.094 bina ise zarar görmektedir [Web 1, 2020]. Deprem etkisinin mühendislik hesaplarında yapısal analiz ve tasarım aşamasında dikkate alınması gereken en önemli yükleme durumu olduğu gerçeğinden hareketle, geçmişte meydana gelen üzücü kayıpların bir daha yaşanmaması için inşaat mühendislerine büyük sorumluluklar düşmektedir.

Deprem etkisi altında yapısal davranışın uygun şekilde belirlenebilmesi, yapıda oluşabilecek hasar düzeyinin öngörülebilmesi ve dolayısıyla performans kriterlerini sağlayan binalar inşa edilmesine olanak tanır. Bu amaçla inşaat mühendisliğinde düzenli bir taşıyıcı sistem her zaman tercih edilse de çeşitli mimari nedenlerden dolayı taşıyıcı sisteme direkt etki eden bazı durumlarla karşılaşılabilir ve pratikte düzenli bir taşıyıcı sistemin ortaya çıkması kolay olmayabilir. Ancak yapılara etkiyen yükler temele ve temelden de zemine güvenle aktarılmalı ve mümkün mertebe taşıyıcı sistem açısından karmaşık olmayan yatayda ve düşeyde düzenli yapılar tercih edilmelidir. Bu nedenle deprem yönetmeliklerinde yapısal davranışı olumsuz etkilediği bilinen yatay ve düşey düzensizlik durumlarının uygulamalarına bazı kısıtlamalar getirilmiştir. Deprem olasılı etkilerini en aza indirmek için bina tipi yapılarda kullanılmak üzere deprem yönetmelikleri 1940 yılından itibaren yayınlanmakta ve gelişen bilim ve

teknolojiye bağılı olarak sürekli güncellenmektedir. Ülkemizde, şimdiye kadar 1947, 1953, 1961, 1968, 1975, 1998, 2007 ve halen yürürlükte olan 2018 olmak üzere, deprem yönetmelikleri toplam 8 defa düzenlenmiştir. Bu deprem yönetmeliklerinde, binanın bulunmuş olduğu deprem bölgesi ve zemin özellikleri göz önüne alınarak binaların, depreme dayanıklı tasarımı ve inşası için gerekli olan minimum şartlar sunulmaktadır [Web 2, 2020].

Yapı mühendisliğı alanında yaşanan güncel ilerlemeler ve yeni bulgular ışığında, 2007 yılında yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, DBYBHY-2007” yerini 2018 yılında yürürlüğe giren “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı, TBDY-2018” ne bırakmıştır. TBDY-2018’de tasarım ve değerlendirme aşamasında bina tipi yapılar için bir takım yeni yaklaşımlar yer almaktadır. Deprem etkisinin Türkiye Deprem Tehlike Haritası’na bağılı olarak olarak koordinat bazında tanımlanması, etkin kesit rijitlik katsayılarının kullanılması, düşey deprem etkisinin hesaplarda göz önüne alınması ve yapısal düzensizliklerin kontrolünde farklı sınır değerlerin baz alınması gibi yeni düzenlemeler yapılmıştır. Deprem hesaplarında uygulanacak olan zemin katsayılarının, bina koordinatına bağılı kalarak, 2018 yılı içerisinde kamuoyuna sunulan “Türkiye Deprem Tehlike Haritası” ile daha yakın bir sonuç elde edilmesi amaçlanmıştır. Bir diğere yaklaşım ise, bu tez kapsamında incelenecek olan düşey elemanların süreksizliğinin yapılardaki kritik kesitlerde, düşey elastik tasarım spektrumuyla birlikte mod birleştirme metodunun, düşey deprem hesabında uygulanacak olmasıdır.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Kolon süreksizliğı bulunduran betonarme bir yapının DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre kesit tesirlerinin hesaplanarak, TBDY-2018 ile uygulanmaya başlanan yeni tasarım yaklaşımlarının yurdumuzda yapılması planlanan binalar üzerindeki güvenlik amaçlı etkisini incelemek hedeflenmiştir. Bu tez çalışmasında, ilk önce taşıyıcı sistem süreksizliğı olan yapılar hakkında, daha önce ortaya konulan hem uluslararası hem de ulusal alanda kaynak araştırılması yapılmıştır. Tez kapsamında, İstanbul şehri Kadıköy ilçesinde B3 taşıyıcı sistem düzensizliğı (kolon süreksizliğı) ile tasarımı yapılacak betonarme bir yapının, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre hesaplanan iç kuvvetleri kıyaslanmıştır.

Çalışmanın son kısmında ise TBDY-2018'e göre tasarlanan yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi çerçevesinde performans değerlendirmesi yapılmıştır.

1.2. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Yüksekliği 8 kat olan bir binanın burulma düzensizliği ve kolon süreksizliği gibi taşıyıcı sistem düzensizliklerine sahip modeli ve deprem kuvveti altındaki tasarımı araştırılmıştır. Araştırmada, kolon süreksizliği durumunda yönetmelikte açıklandığı üzere düşey yüklerden dolayı bütün kritik kesitlerde iç kuvvet değerlerinin %50 artışının sağlanması gerektiği, bununla beraber eleman boyutlarındaki artışın büyük çapta ve nicelikte donatı meydana çıkardığı ve yatay donatılar ile alakalı şartların kontrolü açısından ne kadar gerekli olduğu ortaya konulmuştur [Bayhan, 2003].

Chintanapakdee ve Chopra, güçlü kolon zayıf giriş ilkesine göre hazırlanmış 12 kat adedine sahip 48 tane rijitlik ve dayanım düzensizlikleri olan yapıyı araştırmışlardır. Çalışmanın neticesinde; yapıdaki görelî kat ötelenmeleri irdelendiğinde rijitlik düzensizliği, dayanım düzensizliği ve rijitlik-dayanım düzensizliği olmak üzere toplam üç düzensizliğin de aynı sonucu verdiği görülmüştür. Zayıf kat düzensizliğinin ilgili katlar için görelî ötelenme istemlerinin yükseldiğini fakat diğer katlar için düşürdüğünü, rijit kat oluşumunun ilgili katlar için görelî kat ötelenme istemlerini düşürüp diğer katlarda yükseldiği sonucuna varılmıştır. Yapının tepe yer değiştirmesinin düşey süreksizliğinden fazla etkilenmeyeceği ve yapının üst katlarındaki süreksizliğin görelî kat ötelemesine tesirinin yüksek olmayacağı tespit edilmiştir. Ayrıca alt katlardaki süreksizliğin diğer bütün katlardaki yer değiştirmeye olan tesiri oldukça mühimdir [Chintanapakdee and Chopra, 2004].

Çerçeve ve perdeli çerçeve taşıyıcı sistemlerde, A1 türü burulma düzensizliği olan beş kat adedine sahip bir binanın geometrisi ya da rijitlik dağılımının değişime uğraması durumunda eksantirisite ve burulma düzensizliğinin meydana gelmesi gibi on bir ayrı model incelenmiştir. Neticesinde, taşıyıcı sistem düzensizliklerinden imtina edilmesinin, malzemenin özelliği ve yapıda kullanılan kesitler kadar değerli olduğunu ortaya çıkarmıştır [Kurt, 2010].

Farklı çeşitler ile binanın geri çekme suretiyle yapılan 10 katlı modellerin deprem yükleri altındaki davranışları araştırılmıştır. Çalışmanın neticesi olarak;

binalarda ortaya çıkan geri çekme düzensizliğinin binanın geometrisinden ziyade binanın tamamıyla rijitliği ile alakalı olduğu tespit edilmiştir. Geri çekme düzensizliğinin meydana geldiği yerlerde ani rijitlik değişikliği beklendiğinden bağıl kat yer değiştirmesinde yükselmeler oluşabileceği belirtilmiştir. Böyle bir düzensizliğin görülmemesi için dilatasyon yapılması tavsiye edilmiştir [Çelebi, 2012].

Düzenli ve düzensiz olarak 12 kat adedine sahip iki tip binanın perde yerleşimleri bakımından deprem kuvveti altındaki davranışları gözlemlenmiştir. Çalışmanın neticesi olarak; burulma düzensizliğinin perde konumları asimetrik olmaya başladıkça artışa geçtiği tespit edilmiştir. Binanın yatay yönünde rijitliğini arttırmak için yerleştirilen betonarme perdelerin burulma düzensizliği meydana getirmesi halinde negatif bir durumla karşılaşılabilceği belirtilmiştir [Gezmiş, 2012].

Düşey eleman süreksizliği bulunan betonarme bir yapı tasarlanmış, yapıyı zaman tanım alanı yöntemini kullanarak doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarda analiz etmiştir. Neticesinde, DBYBHY-2007 koşullarına göre, kolonların kirişlerin üstüne oturduğu kesitlerdeki %50 iç kuvvet artırımı tasarlanan bölgelerdeki kapasite değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu kapasite değerlerinin yükselişi ön planda tutularak plastik şekil değiştirmeye karşı yeterli sünekliğin gerçekleşmesinin mühim olduğu belirtilmiştir [Bozat, 2013].

Düşey eleman süreksizliğinin betonarme yapıya olan tesirini araştırdığı yüksek lisans tezinde, süreksizliğin sebep olabileceği bazı ek kesit zorlanmalarının önüne geçmek için DBYBHY-2007’ de sunulan, kritik elemanlardaki iç kuvvetlerin % 50 olarak yükseltilmesinin, yapının davranışı açısından pozitif bir sonuca varılacağı görülmüştür [Ateş, 2013].

B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği içeren betonarme yapıların sismik etki altındaki davranışına ve ekonomik açıdan etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmanın bir sonucu olarak; zayıf kat düzensizliğinin binanın deprem etkisi altındaki performansını olabildiğince düşürdüğünü ve yapım masraflarını arttırdığını görmüştür. Ayrıca, malzeme özelliklerinin önemini de gösteren yumuşak kat düzensizliği kontrolü için verilmiş olan korelasyonun yenilenmesi gerektiğini ortaya koymuştur [Öz, 2014].

Planda düzensizlik durumlarını betonarme binalar üzerindeki etkisini incelemiştir. Birbirinden farklı plan tiplerinden ve kat sayılarından oluşan 12 tane bina modeli oluşturmuştur. Yüksekliği 5 katı geçen binalarda referans modele göre daha büyük kesitlerin şart olduğu, kiriş süreksizliğinden dolayı döşeme kalınlığının ve

kolon kesitlerinin artmasının önemli ölçüde maliyetli olacağı, deprem kuvvetlerinin güven içerisinde karşılanması için ani değişimlerden uzak durulması ve mümkün olduğunca simetrik bir yapı tasarımı ortaya konulmasını göstermektedir [Bashirli, 2017].

Kolon süreksizliği barındıran betonarme bir binanın DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 esaslarına göre kesit tesirleri elde edilerek, TBDY-2018 ile getirilen yeni tasarım yaklaşımlarının ülkemizde inşa edilecek binaların güvenliği açısından etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmada, İstanbul ili Beylikdüzü ilçesinde kolon süreksizliği bulunan betonarme bir bina için, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 esaslarına göre elde edilen iç kuvvetlerin karşılaştırılması yapılmıştır [Topaktaş, 2019].



2. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER

Binanın deprem kuvveti altındaki davranışının tayin edilmesinde yapısal elemanların düzenli veya düzensiz olarak meydana gelmesi önemli bir role sahip olmaktadır. Yapısal süreksizliklerin yer aldığı binalarda deprem yönetmelikleri çeşitli şartlar ortaya koymuştur. Binalara etki eden deprem yüklerinin ve deprem direncinin arttırılmasını hedeflemiştir. Yapısal düzensizlikler planda ve düşeyde düzensizlikler açısından birbirinden farklı iki durum için ele alınmıştır. Planda düzensizlik durumları; burulma düzensizliği, döşeme süreksizlikleri ve planda çıkıntıların bulunması gibi üç farklı konu başlığına ayrılmıştır. Düşeyde düzensizlik durumları ise zayıf kat düzensizliği, yumuşak kat düzensizliği ve düşey elemanların süreksizliği olmak üzere çeşitli konu başlıklarına ayrılmıştır. Bu kısımda DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’de bulunmakta olan yapısal düzensizliklerin incelemesi yapılmıştır.

2.1. Planda Düzensizlik

Planda düzensizlik hallerine ilişkin sınır değerler, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’ de benzer koşullar ile belirtilmiş, TBDY-2018 ile beraber herhangi bir değişim meydana gelmemiştir. TBDY-2018’ de belirtilen, planda düzensizlik hallerine ilişkin tablo, Tablo 2.1’de görülmektedir.

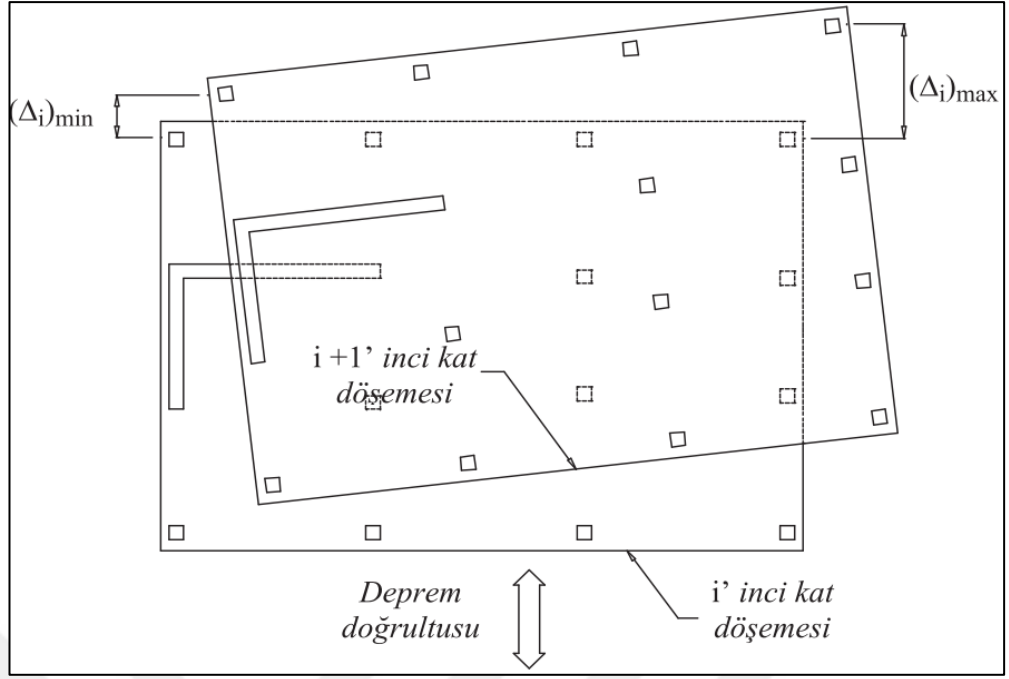
Tablo 2.1: Planda düzensizlik durumları.

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.1). $[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(0)})_{\max} / (\Delta_i^{(0)})_{\text{ort}} > 1.2]$. <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 4.7'ye göre yapılacaktır.</i>	3.6.2.1
A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2); I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	3.6.2.2
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: 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 (Şekil 3.3).	3.6.2.2

2.1.1. A1 – Burulma Düzensizliği

Deprem yönetmeliklerimize göre iki deprem yönünden her biri için, her bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranının 1.2'den daha büyük olması durumunda burulma düzensizliği söz konusu olmaktadır. Binanın simetrik olarak tasarlanmaması ve/veya olası kesit kaybı durumlarında rijitlik merkezi ile kütle merkezi birbirinden uzaklaşır. Rijitlik merkezine etkiyen yatay deprem kuvveti binayı ağırlık merkezinden geçen düşey eksen etrafında döndürme eğilimine girer ve meydana gelen burulma etkisi nedeniyle düşey taşıyıcı elemanlarda büyük kesit tesirleri meydana gelir. A1 düzensizliği deprem hesabının doğrusal hesap yönteminin seçilmesi konusunda etken olan düzensizliklerdendir.

Şekil 2.1'de görüldüğü üzere burulma düzensizliği katsayısı x ve y deprem yönleri için yapıda bulunan her katta farklı farklı değerlendirilmelidir. Ortalama görelî kat ötelemesi ve burulma düzensizliği katsayısı eşitlik (2.1) ve (2.2)'de görüldüğü üzere sonuca ulaşılmaktadır.



Şekil 2.1: A1 burulma düzensizliği plan görünümü.

$$(\Delta_i)_{ort} = \frac{1}{2} [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \quad (2.1)$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \quad (2.2)$$

Eşitlik (2.3)'te belirtildiği üzere burulma düzensizliğinin meydana geldiği binalarda eşdeğer deprem yükü metodu ile tasarlanacaksa işlemin yapılacağı x ve y yönleri için %5 dışmerkezlilik büyütme katsayısı ile çarpımı yapılarak yükseltilmiş ek dışmerkezlilik tatbik edilmelidir.

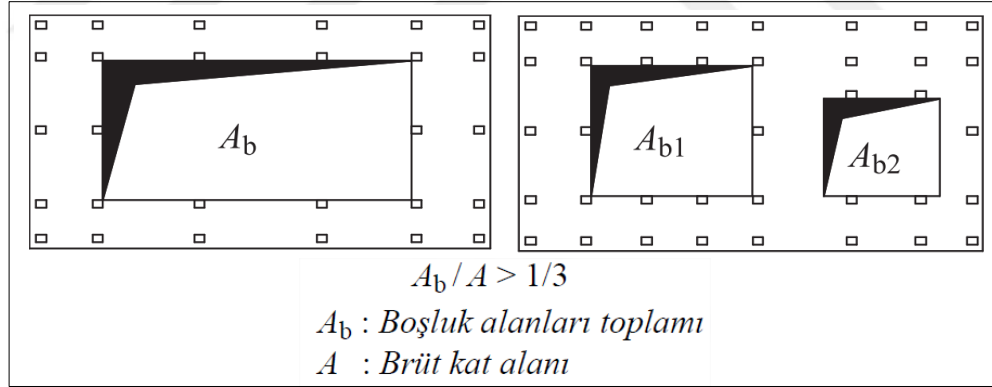
$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (2.3)$$

Burulma düzensizliği katsayısının 2.0'yi aşması halinde eşdeğer deprem yükü metodunun tercih edilmeyip dinamik hesap yöntemleriyle analiz edilmesi şarttır.

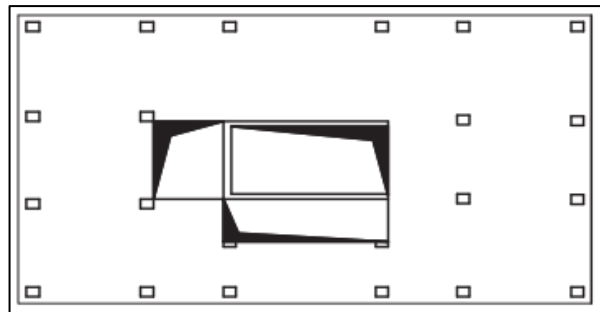
2.1.2. A2 – Döşeme Süreksizliği

Döşemeler yapıya etkileyen düşey ve yatay yükleri düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarmakla yükümlü yapısal elemanlardır. Düzlemleri içindeki yükü diyafram davranışı ile aktarırlar ve yapısal analizlerde genel olarak düzlemleri içinde rijit kabul edilirler [Celep, 2015]. Herhangi bir kattaki döşemede;

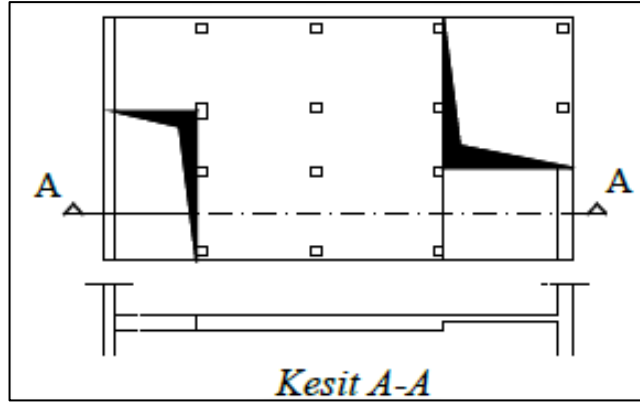
- Merdiven ve asansör boşlukları dâhil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3' ünden fazla olması durumu,
- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar olması durumları döşeme süreksizliği açısından değerlendirilmelidir. Bu tip durumlarda detaylıca işlem yapılarak döşemenin yatay kuvvetleri yapısal elemanlara emniyetli bir biçimde iletiliğinin belirtilmesi gerekmektedir [DBYBHY-2017], [TBDY-2018].



Şekil 2.2: Döşeme süreksizliği tip-1.



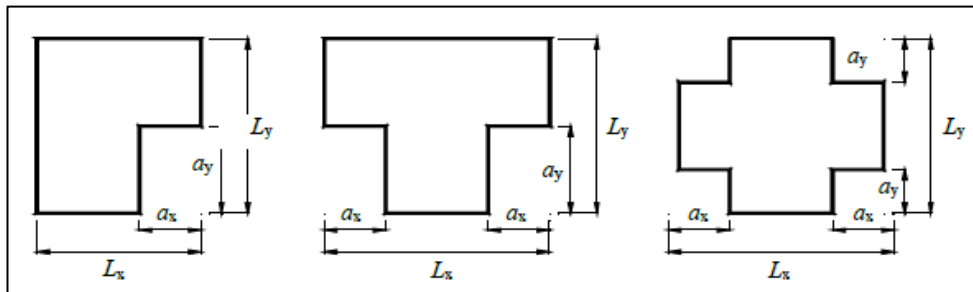
Şekil 2.3: Döşeme süreksizliği tip-2.



Şekil 2.4: Döşeme süreksizliği tip-3.

2.1.3. A3 – Planda Çıkıntılarının Bulunması

Yapının çeşitli kat planları için x ve y yönlerinde çıkıntı bulunan bölümlerin genişliğinin ilgili yönlerdeki yapı boyutundan %20 fazla olması halinde A3 türü düzensizliği meydana gelmektedir. A2 türü düzensizliklerde de olduğu üzere çeşitli deprem bölgeleri için A3 türü düzensizlik bulunduran yapılarda döşemelerin yatay deprem kuvvetlerini düşey yapı elemanlarına emniyetle iletiildiği işlemle belirtilecektir. İlaveten çıkıntı bölümlerinin büyük olması halinde dilatasyon yapımı da önerilebilir. Çeşitli ek zorlanmaların meydana gelmesini önlemek için yapı planlarının olabildiğince yalın ve düzenli yapılması sağlanmalıdır. Yatay kuvvetin iletilmesini güçleştirecek şekiller olan L, Y, U, T benzeri geometrik formlardaki planlardan mümkün olduğunca uzak durulmalıdır. Bunun benzeri geometri şekillerine sahip yapılarda değişimin olduğu bölgeler için aşırı gerilmeler ortaya çıkmaktadır [Ulucan ve Alyamaç, 2008].



Şekil 2.5: Plandaki çıkıntılar.

2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik

TBDY-2018’ de belirtilmiş olan düşey doğrultuda yapı düzensizliği durumları Tablo 2.2’de açıklanmıştır.

Tablo 2.2: Düşeyde düzensizlik durumları.

B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i> ’nın, bir üst kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i> ’na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ci} ’nin 0.80’den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_{ci})_i / (\sum A_{ci})_{i+1} < 0.80]$ <i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i> $(\sum A_{ci})_i = (\sum A_{wi})_i + (\sum A_{pi})_i + (0.15 \sum A_{ci})_i$ Not: 4.9.1.3(b)’de tanımlanan duvarlar için $A_{ci} = 0$ alınacaktır.	3.6.2.3
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ki} ’nin 2.0’den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(0)} / h_i)_{en} / (\Delta_{i+1}^{(0)} / h_{i+1})_{en} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(0)} / h_i)_{en} / (\Delta_{i-1}^{(0)} / h_{i-1})_{en} > 2.0]$ <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm 5\%$ ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7’ye göre yapılacaktır.</i>	3.6.2.1
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak girişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.4).	3.6.2.4

2.2.1. B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Türkiye’de ticari kaygılardan ötürü özellikle binaların zemin katlarında yer alan dolgu duvarların kaldırılması nedeniyle zayıf kat düzensizliği sıklıkla ortaya çıkmaktadır. Söz konusu katı diğer katlarına görece daha az kesme alanına sahip bu tip yapıların deprem etkisi altında hasar gördüğü gözlemlenmektedir. Bu hasar oluşumunun meydana gelmesinin en büyük sebebi diğer katlarda yer değiştirmeye karşı koyulan direnç kapasitesinin zayıf kata göre daha fazla olmasıdır.

Zayıf kat düzensizliğinin meydana geldiği yapılarda, dolgu duvarları, moment taşımayan eşdeğer basınç ya da çekme çubukları ile tasarlanarak yapının gerçek davranışı üzerine görüş elde edilebilir. Şekil 2.6’da zayıf kat düzensizliğinden ötürü hasara uğramış bir bina yer almaktadır [Web 3, 2020].



Şekil 2.6: Zayıf kat düzensizliğinden ötürü hasara uğramış bir bina.

Dayanım düzensizliği katsayısı, betonarme yapılarda, x ve y deprem yönlerinden birisi için, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının üzerindeki katın toplam etkili kesme alanına oranı olarak açıklanmaktadır. Betonarme kolon, perde ve dolgu duvarların etkili kesme alanları eşitlik (2.4)'te belirtildiği üzere hesapları yapılmaktadır.

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (2.4)$$

Zayıf kat düzensizliğinin ortaya çıkması için dayanım düzensizliği katsayısının 0.80'den az olması gerekmektedir.

$$\eta_{ci} = \frac{A_{ei}}{A_{ei+1}} < 0.8 \quad (2.5)$$

Zayıf kat düzensizliğinin görüldüğü yapılarda, herhangi bir kattaki dolgu duvar alanları toplamı üst kattakinden büyük ise dayanım düzensizliği katsayısının işlemine dolgu duvarlar katılmamalıdır.

2.2.2. B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Tasarımı yapılan binalarda, seçilen bir katın kolon uçlarındaki deplasmanın, bir üst ya da bir alt kattaki deplasmanın arasındaki fark görelî kat ötelemesi şeklinde açıklanmaktadır. Seçilen bir kattaki görelî kat ötelemesinin belirlenen sınır değerlerin altında kalması ve bir üst ya da bir alt kattaki görelî kat ötelemesine oranının, depremin yapmış olduğu etkiyi emniyetli bir biçimde taşıyabilmesini sağlamak için sınır değerlerinin üstüne çıkmaması şarttır. 2018 Türk Bina Deprem Yönetmeliğinde, “birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'nci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan “Rijitlik Düzensizliği Katsayısı” η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu.” komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) şeklinde açıklanmaktadır [15]. Eşitlik (2.6), (2.7) ve Şekil 2.7'de rijitlik düzensizliği katsayısının hesabına yönelik korelasyonlar verilmektedir.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{\text{ort}} > 2.0 \quad (2.6)$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{\text{ort}} > 2.0 \quad (2.7)$$

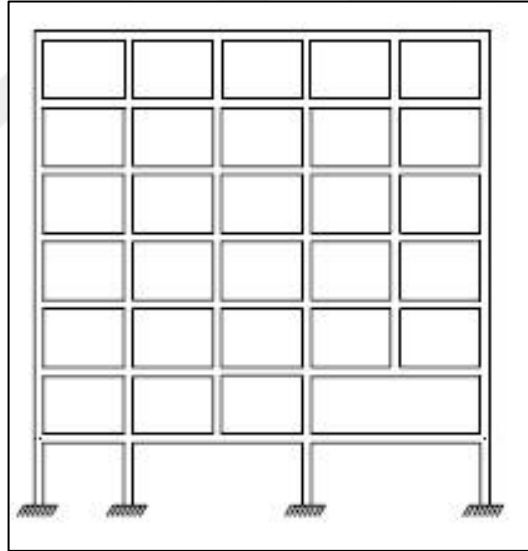
Burada;

- Δ_i : i' inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesini,
- Δ_{i+1} : i+1' inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesini,
- Δ_{i-1} : i-1' inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesini,
- h_i : i' inci kat yüksekliğini,
- h_{i+1} : i+1' inci kat yüksekliğini,
- h_{i-1} : i-1' inci kat yüksekliğini ifade etmektedir.

2.2.3. B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

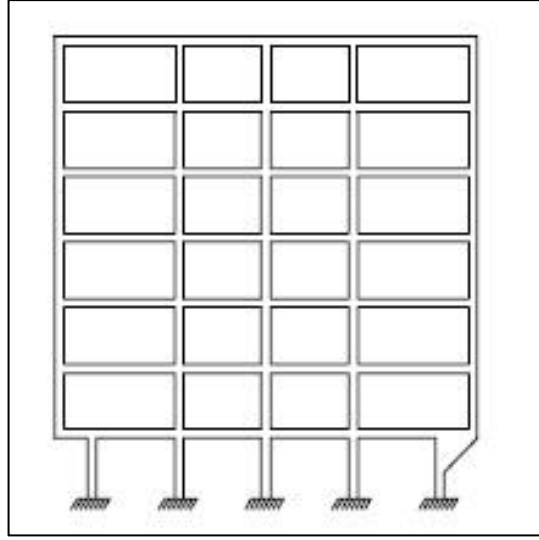
Yapı güvenliği açısından binalara etkiyen düşey ve yatay yüklerin emniyetli bir şekilde temellere aktarımında sorun teşkil edebilecek yapısal düzenlemeler bazı mimari ve ticari oluşumlar nedeniyle söz konusu olabilmektedir. Deprem

yönetmeliklerimizde bu konuyla ilgili önemli kısıtlamalar getirilmiştir. Düşey düzensizlik olarak adlandırılan bu durum; kolon ya da perdelerin bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin ya da guseli kolonların üstüne veya uç tarafına oturması, ya da üst kattaki perdelerin alt kattaki kolonlara oturması durumudur. DBYBHY-2007’de “Kolonların iki ucundan mesnetli kirişin üstüne binmesi halinde, bu kiriş ve hesaplanması beklenen deprem yönündeki bu kirişin düğüm noktalarına bağlanan kolon ve kirişlerin (Şekil 2.7) bütün kesitlerinde deprem tesirinin olduğu yük kombinasyonlarından elde edilecek iç kuvvetler %50 arttırılacaktır.” ifadesi yer almaktadır. TBDY-2018’de kolon süreksizliğinin bulunduğu binaların tasarımında değişikliğe gidilerek; depremin düşey yöndeki bileşeninin hesabı yönetmeliğe katıldığı için kirişe mesnetlenen kolonları kapsayan binalarda düşey spektral ivme değerlerinin kullanılması mecbur hale gelmiştir. Bu elemanların yerel düşey titreşim modları esas alınarak sadece bu elemanlar için düşey elastik ivme spektrumuna göre hesap yapılacaktır. Böylece iç kuvvetlerin %50 arttırılması şartı aranmayacaktır.



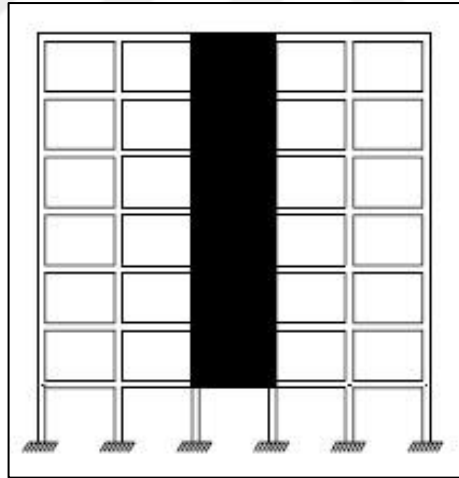
Şekil 2.7: Kolonların iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu.

Şekil 2.8 ile verilen düşey eleman süreksizliğinin bulunduğu bir binada görüldüğü üzere kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üzerine oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için bu şart geçerlidir.



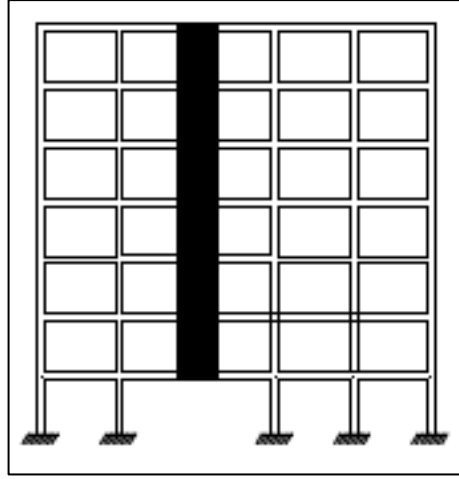
Şekil 2.8: Kolonların guselere ve konsol kirişlere oturması durumu.

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’ de belirtilen “Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez” ifadesi Şekil 2.9’da verilen bina temsiline gösterilmiştir [DBYBHY-2007], [TBDY-2018].



Şekil 2.9: Perdenin kolonların üzerine oturması durumu.

Bir önce ifade edilen düzensizliğe benzer şekilde her iki deprem yönetmeliğinde de “Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez” ifadesi yer almaktadır ve bu düzensizlik de Şekil 2.10’da verilen bina temsiline gösterilmiştir [DBYBHY-2007], [TBDY-2018].



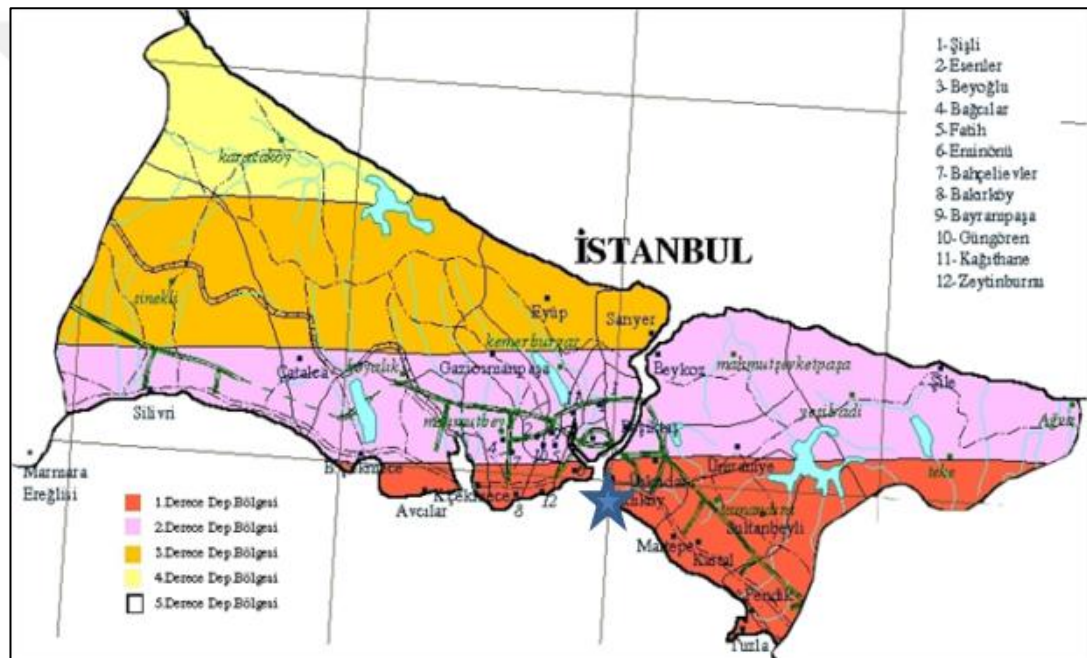
Şekil 2.10: Perdenin kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturması durumu.



3. DÜŞEY DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİNANIN DBYBHY-2007 ESASLARINA GÖRE TASARIMI

3.1. DBYBHY-2007 Esaslarına Göre Deprem Etkisinin Belirlenmesi

İstanbul İli'nin Kadıköy İlçe'sinde bulunan Suadiye Mahallesi içerisinde inşaatı düşünülen bir binanın tasarım ilkeleri DBYBHY-2007 ele alınarak yapılmıştır. Şekil 3.1'de Marmara Bölgesi'nin deprem risk haritası görülmektedir [Web 4, 2022].



Şekil 3.1: Marmara Bölgesi'nin deprem risk haritası, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

DBYBHY-2007’de yer alan her deprem bölgesi için farklı etkin yer ivme katsayısı belirlenmektedir. Buna göre binanın yer aldığı konum itibariyle 1.derece deprem bölgesi olarak kabul edilmiştir. Tablo 3.1’de etkin yer ivme katsayısının $A_0 = 0.4$ alınması gerektiği gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Etkin yer ivme katsayısı.

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>A_o</i>
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Binanın kullanım amacı diğer binalar kısmında bulunan konut türünde tasarlanacağı için Tablo 3.2’de bina önem katsayısı $I = 1.0$ kabul edilmiştir.

Tablo 3.2: Bina önem katsayısı.

<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Tablo 3.3’te çeşitli yerel zemin sınıflarına göre, Spektrum karakteristik periyotları gösterilmiştir.

Tablo 3.3: Spektrum karakteristik periyotları.

<i>Tablo 6.2’ye göre Yerel Zemin Sınıfı</i>	<i>T_A (saniye)</i>	<i>T_B (saniye)</i>
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Yapılması planlanan konutun zemini sıkı kum, çakıl olduğu varsayılarak tasarlanmıştır. Tablo 3.4’te bu zemin türüne karşılık gelen zemin grubunun B olduğu görülmektedir. Tablo 3.5’te ise yerel zemin sınıfı Z2 olarak seçilmiştir.

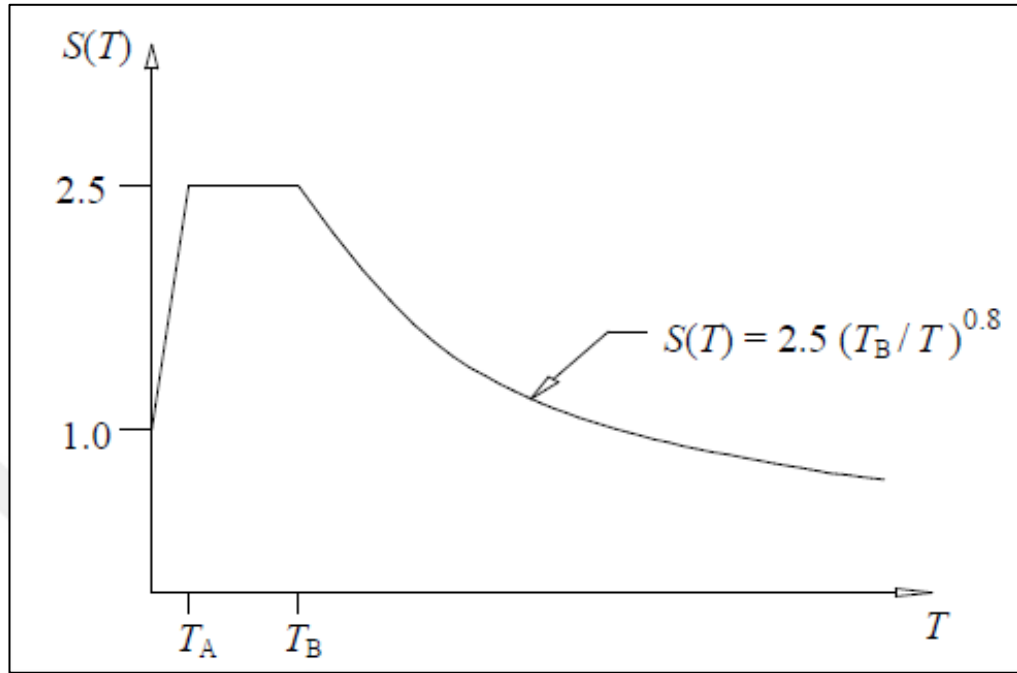
Tablo 3.4: Zemin grupları.

<i>Zemin Grubu</i>	<i>Zemin Grubu Tanımı</i>	<i>Stand. Penetr. (N/30)</i>	<i>Relatif Sıkılık (%)</i>	<i>Serbest Basınç Direnci (kPa)</i>	<i>Kayma Dalgası Hızı (m/s)</i>
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar....	—	—	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 50	85–100	—	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	—	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar....	—	—	500–1000	700–1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30–50	65–85	—	400–700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16–32	—	200–400	300–700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	—	—	< 500	400–700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10–30	35–65	—	200–400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8–16	—	100–200	200–300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları....	—	—	—	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil.....	< 8	—	< 100	< 200

Tablo 3.5: Yerel zemin sınıfları.

<i>Yerel Zemin Sınıfı</i>	<i>Tablo 6.1’e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)</i>
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Şekil 3.2’de ise DBYBHY-2007’ye ait yatay elastik tasarım spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 3.2: DBYBHY-2007’ye ait yatay elastik tasarım spektrumu.

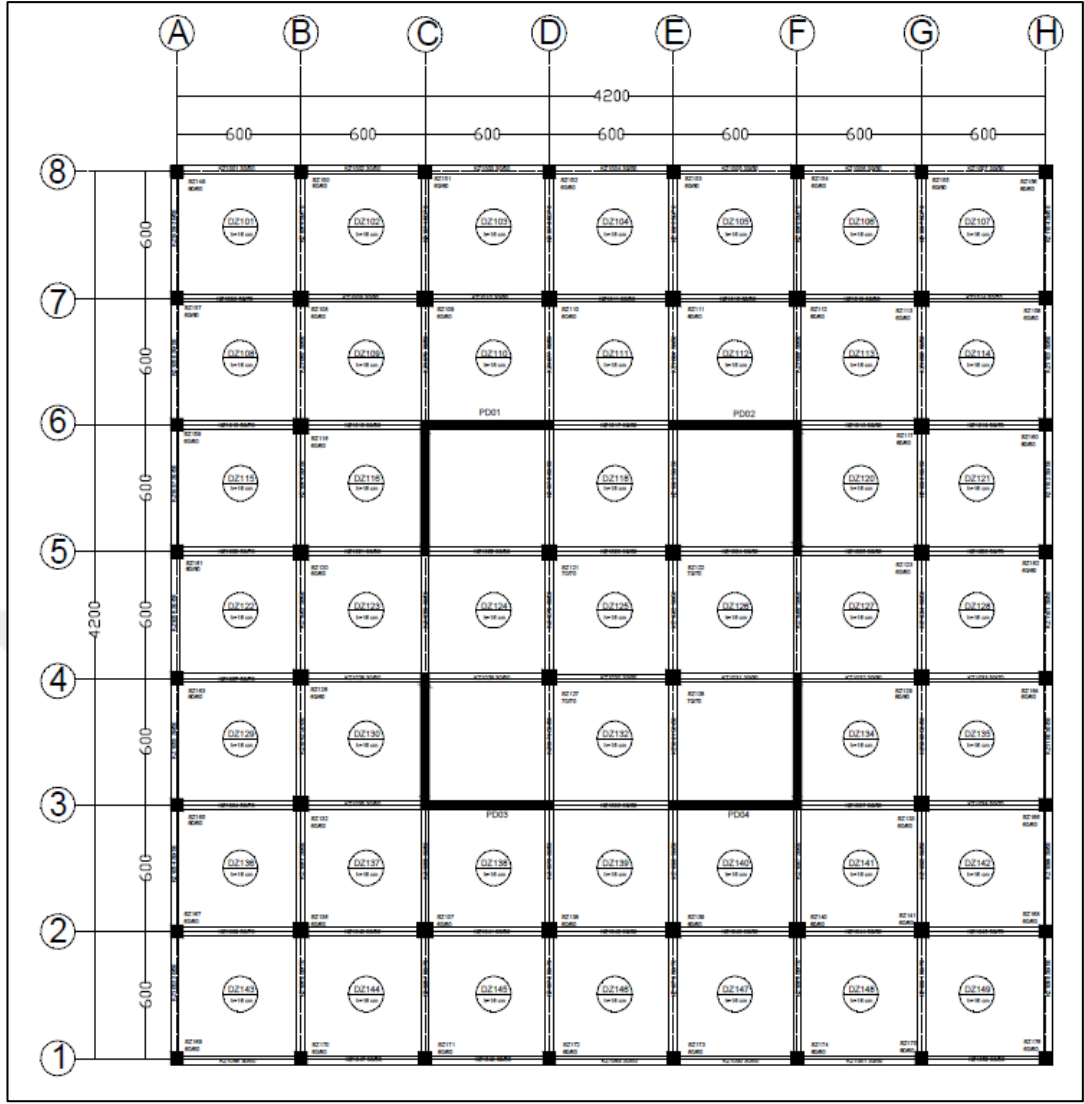
3.2. Bina Genel Bilgileri

Bu tez kapsamında tasarlanan bina, 1 bodrum, 1 zemin ve 5 normal kat olmak üzere toplam 7 katlı bir yapıdır. Kullanım amacı konut olarak düşünülmektedir. Kat planları x ve y yönünde simetriktir ve bütün kolonlar kare şeklinde tasarlanmıştır. Binanın her iki doğrultudaki uzunlukları bodrum, zemin kat ve normal katlar için de aynıdır. Zemin ve bodrum katın uzunluğu 42.00 m, normal katın uzunluğu ise 36.00 m’dir. Taşıyıcı sistem çerçeveli perdeli sistem olarak seçilmiştir. Yapıda sadece düşey elemanların süreksizliği bulunmaktadır. Çift yönlü çalışan plak döşeme sistemi tercih edilmiştir. Yapı ile alakalı ayrıntılı bilgiler tezin ilerleyen bölümlerinde belirtilmiştir.

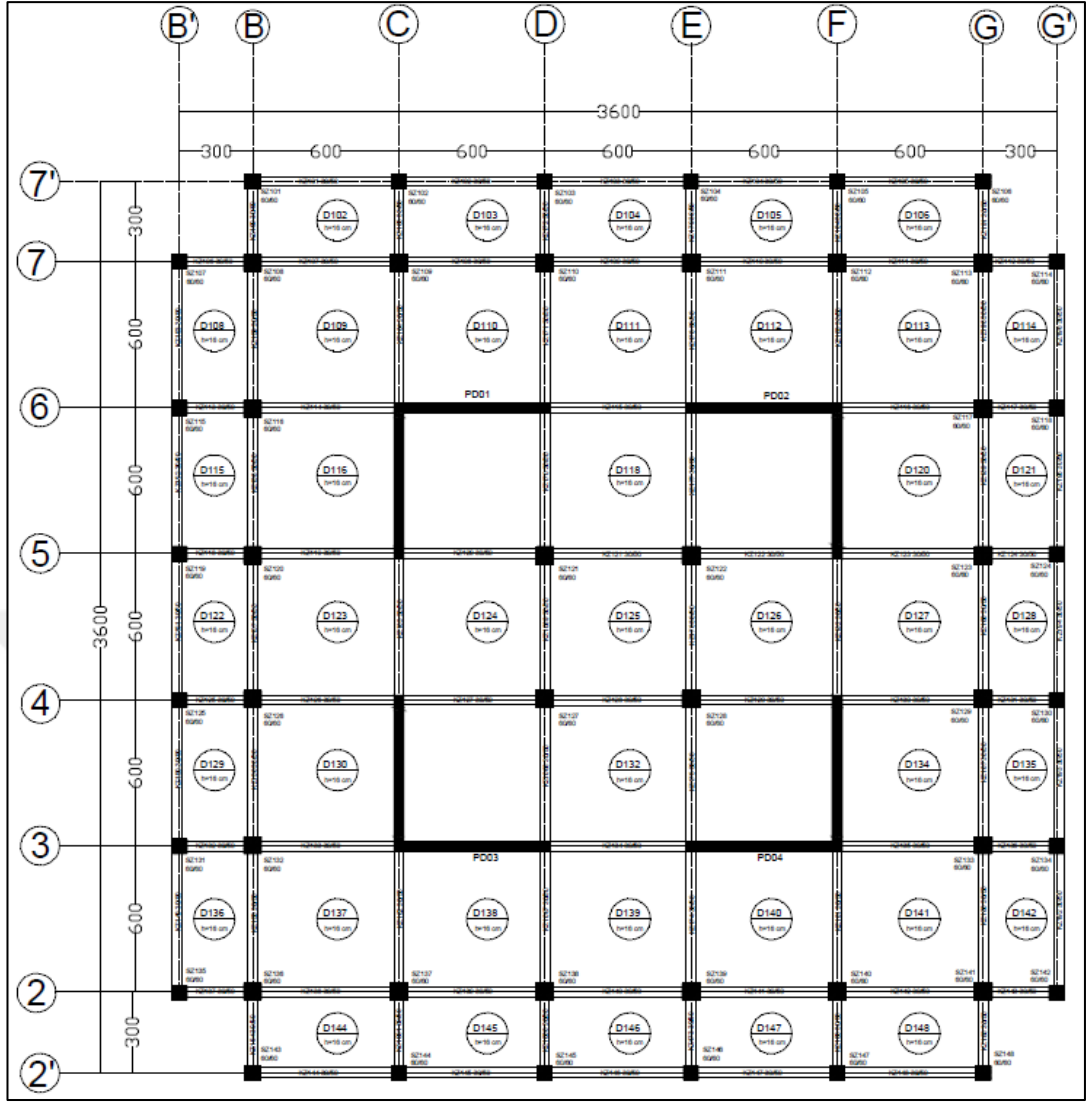
- Kat sayısı: 7
- Kat yüksekliği: 3.2m ve 4m
- Toplam yapı yüksekliği: 24 m
- Yapı oturma alanı: 1764 m² ve 1260 m²
- Kullanım amacı: Konut

- Beton sınıfı: C30
- Donatı çeliği: S420
- Beton elastisite modülü, (E_c): 33000 MPa
- Donatı çeliği elastisite modülü, (E_s): 200000 MPa
- Beton karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}): 30 MPa
- Donatı çeliği karakteristik akma gerilmesi (f_{yk}): 420 MPa
- Beton malzeme güvenlik katsayısı, (γ_{mc}): 1.5
- Donatı çeliği malzeme güvenlik katsayısı, (γ_{ms}): 1.15
- Yerel Zemin Sınıfı :Z2
- Deprem Bölgesi :1

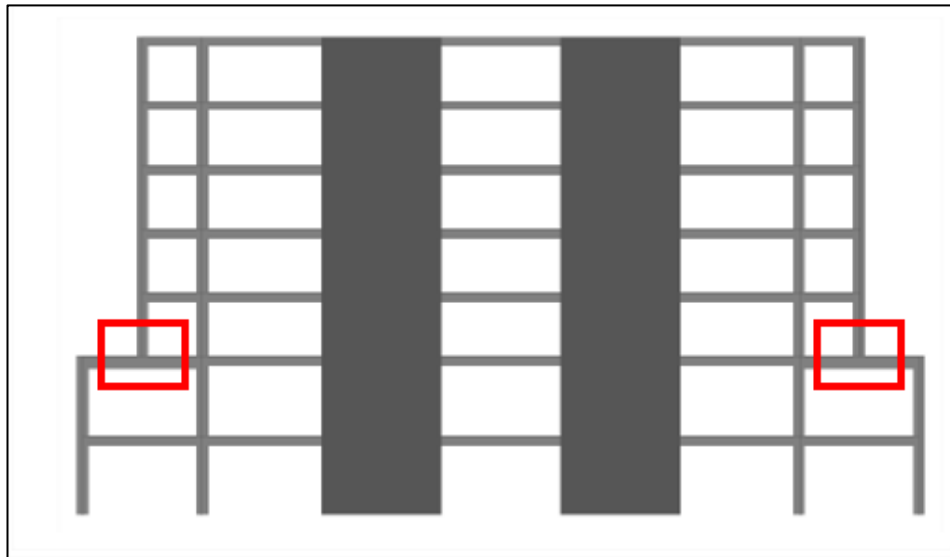
Bodrum, zemin ve normal katlar olmak üzere iki farklı tipte kalıp planı oluşturulmuştur. Binanın bodrum ve zemin kat kalıp planları Şekil 3.3'te, normal kat kalıp planları Şekil 3.4'te görülmektedir. Bodrum kat planında dış akslarda betonarme perde mevcuttur. Zemin kattan 1. normal kata geçişte düzensizliğin olduğu yer kare içine alınarak Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Bodrum ve zemin kat planları.



Şekil 3.4: Normal kat planları.



Şekil 3.5: Düzensizliğin olduğu geçiş katı.

3.3. Taşıyıcı Sistem Hakkında Bilgiler

- Döşemeler

Döşeme tipleri kirişli döşeme, nervürlü döşeme ve kirişsiz döşeme olmak üzere üç farklı çeşitte karşımıza çıkmaktadır. Bu tez kapsamında döşemeler kirişli plak sistemiyle tasarlanmıştır. Döşeme kalınlığını hesaplarırken TS-500'den faydalanılır. Çeşitli döşeme tipine göre minimum koşullar verilmiş olup bu koşullara göre döşeme kalınlığı hesaplanır. Eşitlik (3.1)'de tek doğrultuda çalışan döşeme tipine göre hesap yapılmakta olup, çift doğrultuda çalışan döşeme tipi için ise eşitlik (3.2)'ye göre hareket edilmelidir.

$$\begin{aligned} l_{sn} / 12 & \quad (\text{Konsol döşemelerde}) \\ l_{sn} / 30 & \quad (\text{Sürekli döşeme kenar açıklıklarında}) \\ l_{sn} / 25 & \quad (\text{Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde}) \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \times \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right) \quad (3.2)$$

Eşitlik (3.2)'de yer alan kısaltmaların anlamları aşağıda görülmektedir.

- h_f : döşeme kalınlığı
- l_{sn} döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı
- m döşemenin uzun kenarının kısa kenarına oranı
- α_s döşemedeki sürekli kenar uzunlukları toplamının döşemenin çevresine oranı

Eşitlik (3.2)'de verilen formülasyona göre bütün döşemeler için belirlenen kalınlık 16 cm'dir. Döşemeler için hareketli ve ölü yükler belirlenirken TS-498'den faydalanılmıştır. Tüm döşemeler için mermer kaplama yapılması uygun görülmüştür. Hesap modelinde döşemelere girilen yükler aşağıda gösterilmiştir. Döşemelerin üzerindeki duvar yükleri hareketli yükün içinde değerlendirilmiş olup, hareketli yük 1.5 kN/m^2 arttırılmıştır.

- Betonarme plak ağırlığı: $25 \times 0.16 = 4 \text{ kN/m}^2$
- Mermer kaplama ağırlığı: $27 \times 0.03 = 0.81 \text{ kN/m}^2$

- Tesviye betonu ve şap: $21 \times 0.05 = 1.05 \text{ kN/m}^2$
- Sıva: $20 \times 0.02 = 0.4 \text{ kN/m}^2$
- Toplam Ölü Yük: $4 + 2.26 = 6.26 \text{ kN/m}^2$
- Hareketli Yük: $q = 3.5 \text{ kN/m}^2$

- Kirişler

Bina için seçilen kiriş boyutları her iki yönetmeliğe göre karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla güvenli tarafta kalacak şekilde TBDY-2018 7.4.1’de yer alan süneklik düzeyi yüksek kirişlerin enkesit koşullarına uyularak hazırlanmıştır. Kiriş tasarımında dikkat edilmesi gerekenler; kiriş gövde genişliği 250 mm’den az olmamalıdır. Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığından en az 3 kat fazla olmalıdır. Ayrıca kiriş için belirlenen minimum yükseklik 300 mm’dir. Kiriş yüksekliği belirlenirken kiriş gövde genişliğinden üç buçuk kat daha fazla olmamasına dikkat edilmelidir. Modellenen binada iki farklı kiriş kesiti seçilmiştir. Zemin katta kirişlerin üstüne oturan kolonlardan dolayı oluşması beklenen kesit tesirlerinin diğer katlardaki kirişlere kıyasla daha fazla olması öngörülmektedir. Bu sebeple kolon süreksizliğinin meydana geldiği kirişlerde boyutlar $50 \times 70 \text{ cm}$ olarak belirlenmiştir. Bunun haricindeki diğer kiriş boyutları TS 500 ve yönetmeliklerde belirlenmiş olan koşullara bağlı alınarak $30 \times 50 \text{ cm}$ olarak karar verilmiştir.

- Kolonlar

Kolon boyutları belirlenirken her iki yönetmeliğe göre karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla güvenli tarafta kalacak şekilde TBDY-2018 7.3.1’de bulunan süneklik düzeyi yüksek kolonlara göre enkesit koşulları dikkate alınarak yapılmıştır. Buna göre dikdörtgen kesitine sahip kolonların minimum kenar uzunluğu 300 mm olmalıdır. Eğer dairesel bir kolon seçildiyse çapı 350 mm’nin altına düşmemelidir. TBDY 2018 7.3.1.2’ye göre kolon boyutu belirlenirken beton kalitesinin yanı sıra deprem ve düşey yükler altında oluşacak kuvvetlerden ortaya çıkan en yüksek değer eksenel basınç kuvveti olarak değerlendirilir. Eşitlik (3.3)’te eksenel kuvvetin hesaplanmasında kullanılması gereken formülasyon verilmiştir.

$$0.4 \times A_c \times f_{ck} \geq N_{dm} \quad (3.3)$$

Kolon kesitlerine karar verilirken ön boyutlandırma işlemlerinden yola çıkılmıştır. Öngörülerek bulunan kolon boyutları TS-500’de verilen taşıma gücü işlemlerine dayanarak belirlenmiştir. Kolon boyutları 60×60 ve 70×70 olmak üzere iki tipten oluşmaktadır. Kolonları tiplendirmenin nedeni tasarımın gelişme sürecini mümkün olduğunca hızlandırması ve imalat sırasında işçiliğin mümkün olduğunca azalmasıdır. Tablo 3.6’da X ve Y doğrultusundaki simetriden dolayı sadece bodrum katın A-D ve 1-4 aksları arasındaki kolonların deprem kombinasyonları altında eksenel kuvvetleri verilmiştir.

Tablo 3.6: Deprem kombinasyonları altında kolon eksenel kuvvetleri.

Kat	Kolon İsmi	Kombinasyon	b(m)	d(m)	N(kN)	Alan (m2)	Kap (kN)
Bodrum	SZ169	G+Q+0.3EX+EY	0.6	0.6	409	0.36	4320
Bodrum	SZ167	G+Q+EX+0.3EY	0.6	0.6	203	0.36	4320
Bodrum	SZ165	G+Q+EX+0.3EY	0.6	0.6	212	0.36	4320
Bodrum	SZ163	G+Q+EX+0.3EY	0.6	0.6	214	0.36	4320
Bodrum	SZ170	G+Q+0.3EX+EY	0.6	0.6	203	0.36	4320
Bodrum	SZ136	G+Q+EX+0.3EY	0.6	0.6	2675	0.36	4320
Bodrum	SZ132	G+Q+EX+0.3EY	0.6	0.6	2869	0.36	4320
Bodrum	SZ126	G+Q+0.3EX+EY	0.6	0.6	2941	0.36	4320
Bodrum	SZ171	G+Q+0.3EX+EY	0.6	0.6	212	0.36	4320
Bodrum	SZ137	G+Q+0.3EX+EY	0.6	0.6	2869	0.36	4320
Bodrum	SZ172	G+Q+0.3EX+EY	0.6	0.6	214	0.36	4320
Bodrum	SZ138	G+Q+EX+0.3EY	0.6	0.6	2941	0.36	4320
Bodrum	SZ127	G+Q+EX+0.3EY	0.7	0.7	2800	0.49	5880

- Perdeler

Perdeler, betonarme yapıların düşey taşıyıcı elemanları arasındadır. Özellikle binaların deprem dayanımı için çok gereklidir. Yapıya önemli ölçüde rijitlik katan perdeler, olası bir depremde kolon ve kirişlerin yükünü oldukça hafifletir.

Süneklik düzeyi yüksek perdeler için belirlenmiş enkesit koşulları TBDY 2018 7.6.1’e göre oluşturulmaktadır. TBDY 2018 7.6.1.2’ye göre taşıyıcı elemanın uzun kenarı kısa kenarına kıyasla 6 kat daha büyük ise perde olarak kabul edilmelidir.

Perdeler dışında herhangi bir düşey taşıyıcı elemana sahip olmayan binaların haricinde, her tip perde şekli için perde kalınlığı 25 cm’den ve kat yüksekliğinin 16 katından küçük olamaz. Maksimum perde eksenel kuvveti deprem kombinasyonları

altında $0.35 \times A_c \times f_{ck}$ bağıntısından küçük olmalıdır. Aksi takdirde perde kalınlığı veya uzunluğu mimari taleplerde göz önüne alınarak arttırılmalıdır.

Tasarlanan binada 4 adet perde bulunmaktadır. Bu perdeler L görünümüne sahip olup uzunlukları ve kalınlıkları aynıdır. Perde kalınlığı minimum koşula bağlı olarak 25 cm seçilmiştir. Tablo 3.7’de P1 ve P3 perdelerinin deprem kombinasyonları altında eksenel kuvvetleri verilmiştir.

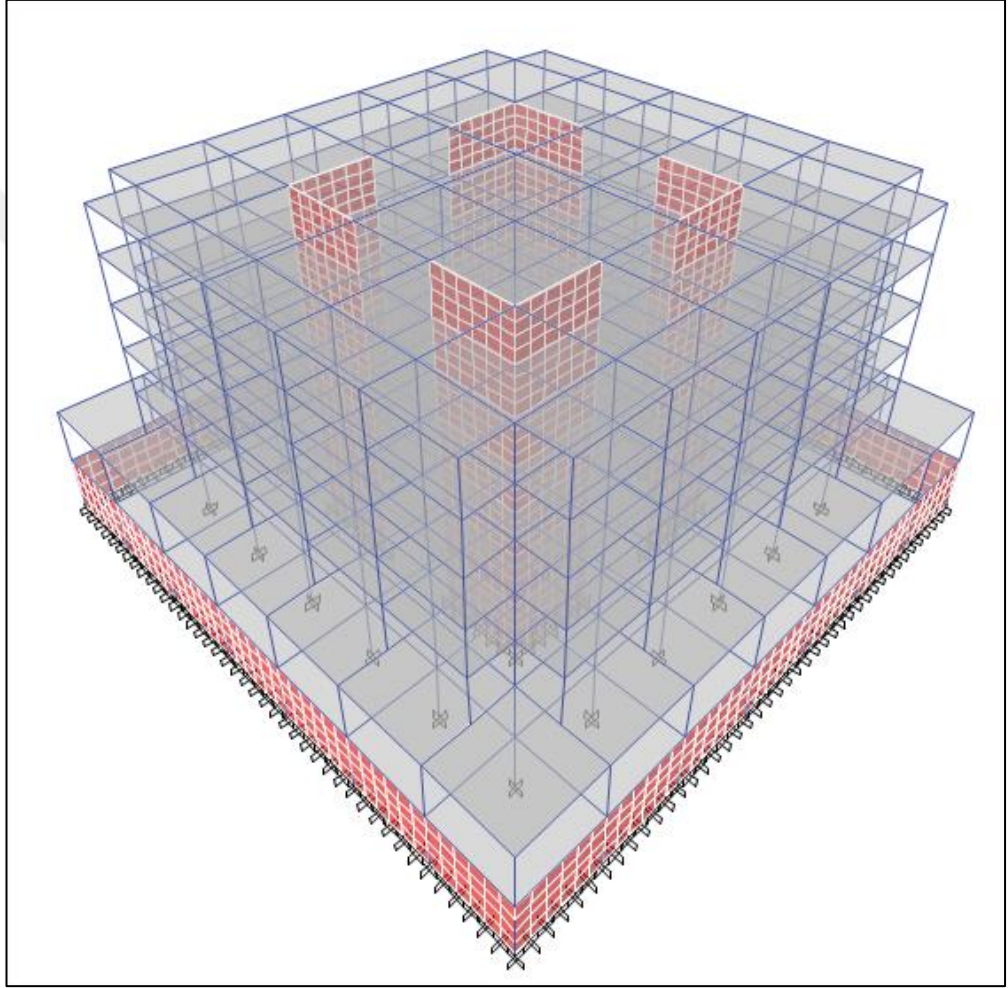
Tablo 3.7: Deprem kombinasyonu altında perde eksenel kuvvetleri.

Kat	Perde İsmi	Kombinasyon	b (m)	d (m)	N (kN)	Alan (m2)	Kap (kN)
Bodrum	P1	G+Q+0.3EX+EY	12	0.25	10259	3	31500
Zemin	P1	G+Q+0.3EX+EY	12	0.25	8799	3	31500
1.Kat	P1	G+Q+0.3EX+EY	12	0.25	7345	3	31500
2.Kat	P1	G+Q+0.3EX+EY	12	0.25	5892	3	31500
3.Kat	P1	G+Q+0.3EX+EY	12	0.25	4426	3	31500
4.Kat	P1	G+Q+0.3EX+EY	12	0.25	2949	3	31500
5.Kat	P1	G+Q+0.3EX+EY	12	0.25	1466	3	31500
Bodrum	P3	G+Q+EX+0.3EY	12	0.25	10259	3	31500
Zemin	P3	G+Q+EX+0.3EY	12	0.25	8799	3	31500
1.Kat	P3	G+Q+EX+0.3EY	12	0.25	7345	3	31500
2.Kat	P3	G+Q+EX+0.3EY	12	0.25	5892	3	31500
3.Kat	P3	G+Q+EX+0.3EY	12	0.25	4426	3	31500
4.Kat	P3	G+Q+EX+0.3EY	12	0.25	2949	3	31500
5.Kat	P3	G+Q+EX+0.3EY	12	0.25	1466	3	31500

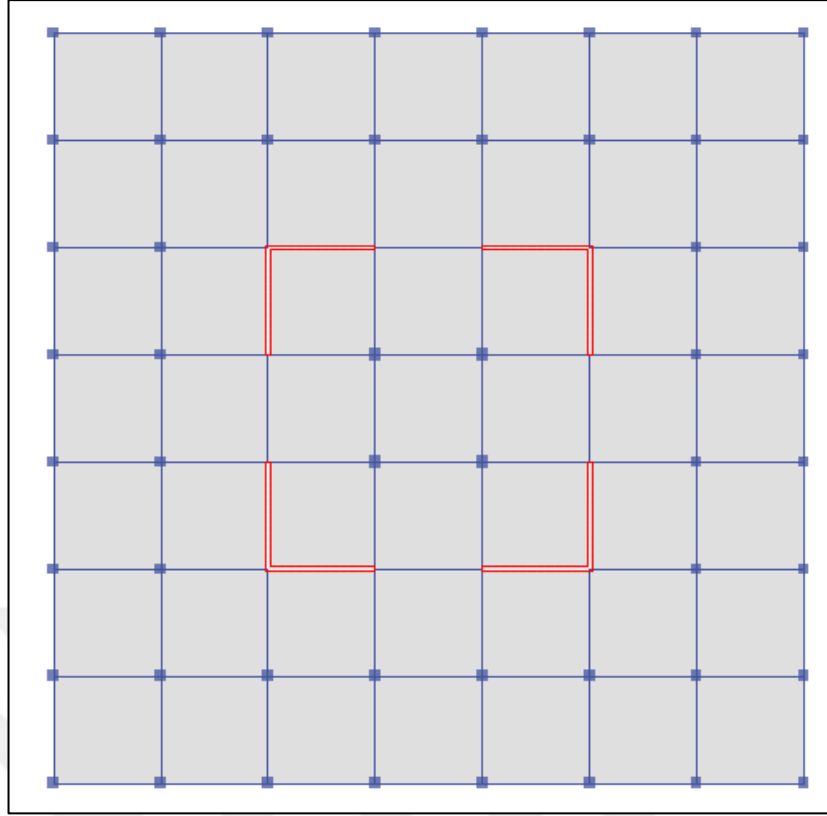
3.4. Yapının Modelleme Bilgileri

Binanın modellenmesinde ETABS 17.0.1 programı kullanılmıştır. Bina tasarlanırken DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 koşullarına göre mod birleştirme yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tasarım için seçilen uzunluk, kuvvet ve sıcaklık birimleri kN, m, C olmuştur. Tasarımı yapılan binanın döşemeleri ve perdeleri kabuk eleman “Shell” olarak modele girilmiştir. Kirişler ve kolonlar ise çubuk eleman “Frame” olarak atanmıştır. Sonlu elemanlar metodu ile hesap yapılırken döşeme ve perde gibi kabuk elemanlar birer metrekare veya daha küçük alanlara bölünerek modellenmelidir. Bunun sebebi yük aktarımının daha düzgün bir şekilde yapılmasını sağlayıp en doğru sonucu bulmaktır. Bodrum, zemin ve normal katlar için döşemelere yarı rijit diyafram atanmıştır. 1.kat kolonlarının

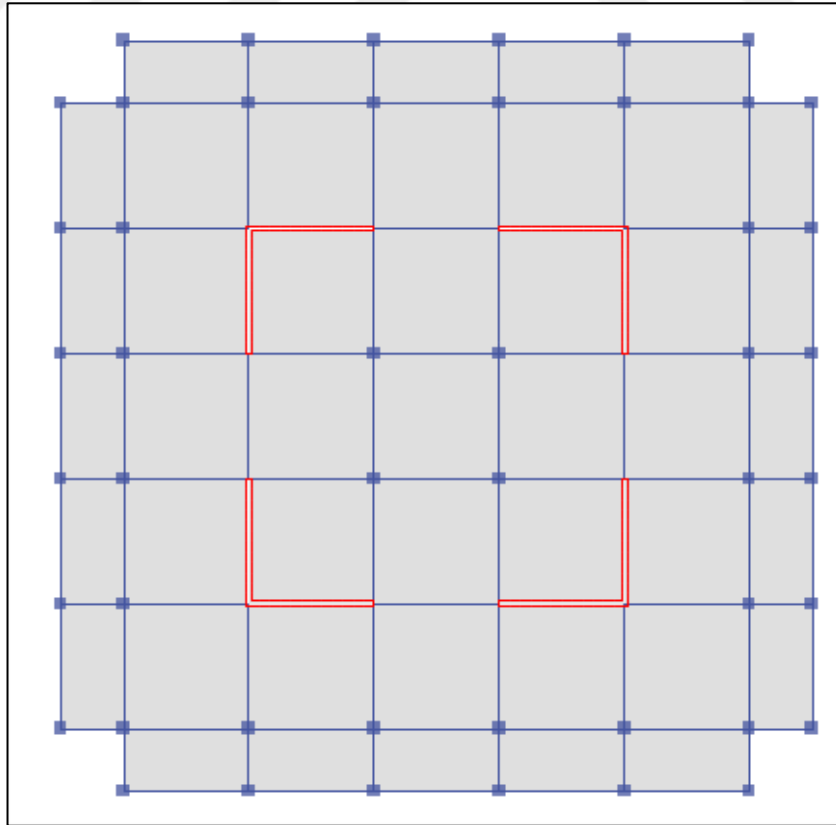
zemin kat kirişlerine oturduğu noktalarda çubuk eleman olarak tanımlanan kirişler ikiye ayrılmıştır. Böylece kolon süreksizliğinin olduğu bölgede kolonlardan gelen yükler daha doğru bir şekilde kirişlere dağılması sağlanmıştır. Temelde kolon ve perdelerin mesnetleri ankastre olarak belirlenmiştir. Bu sayede x ve y yönlerinde hareketini engellemiş olup dönme açısını da sıfırlamıştır. ETABS modelinde tasarlanan binanın üç boyutlu görünüşü şekil 3.6'da, plan görünüşleri şekil 3.7 ve şekil 3.8'de, en kesit görünüşleri de şekil 3.9 ve şekil 3.10'da görülmektedir.



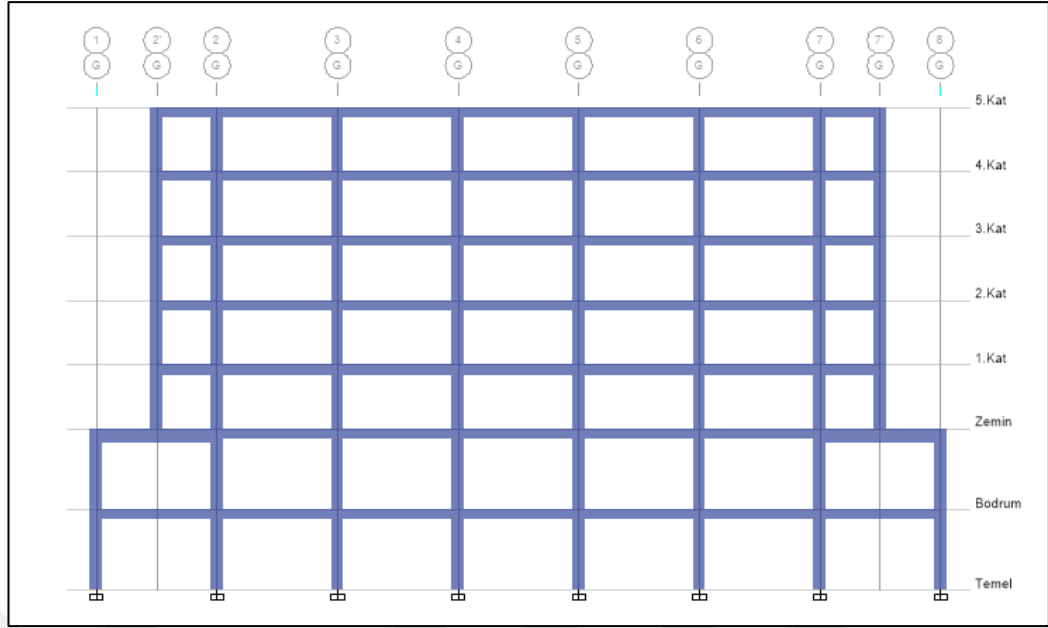
şekil 3.6: ETABS modelinin 3d görünüşü.



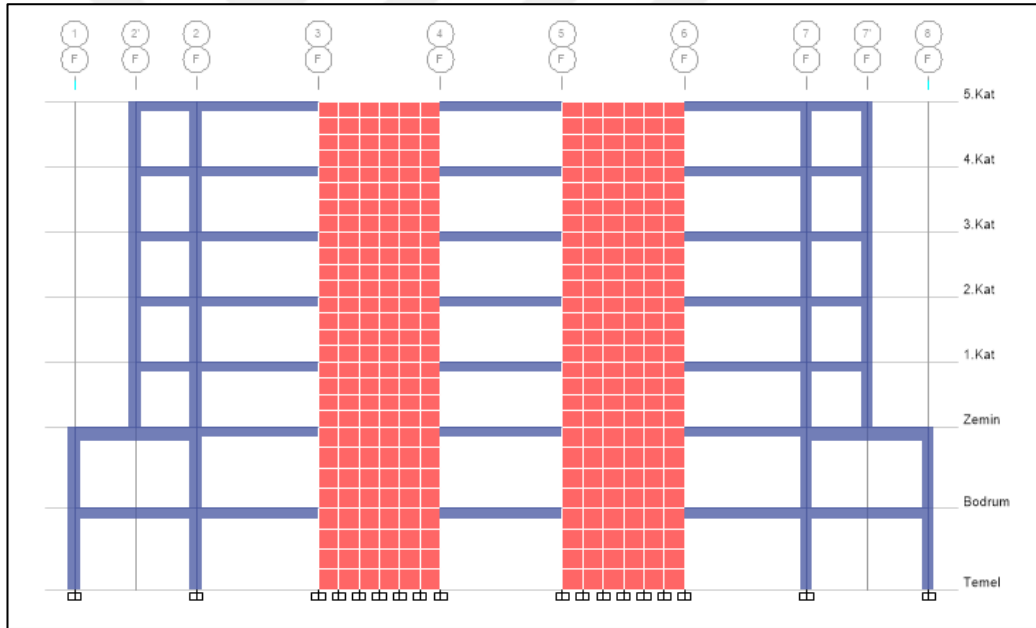
Şekil 3.7: Zemin katın plan görünümü.



Şekil 3.8: Normal katların plan görünümü.



Şekil 3.9: G aksı en kesit görünüşü.



Şekil 3.10: F aksı en kesit görünüşü.

3.5. DBYBHY-2007’ye Göre Deprem Hesabı

Yapının deprem hesabında Mod Birleştirme metodu uygulanmıştır. Hesaplarda göz önüne alınması gereken azaltılmış tasarım spektrumu ETABS programına girilmiştir. Yapıda B3 türü kolon süreksizliği olduğu için kirişin üstüne oturan kolonlarda ve bu noktalara bağlanan taşıyıcılarda, ortaya çıkan iç kuvvet değerleri %50 arttırılarak çeşitli yük kombinasyonları türetilmiştir. Tablo 3.8’de türetilen yük kombinasyonları gösterilmiştir.

Tablo 3.8: DBYBHY-2007’ye göre yük kombinasyonları.

Yük Kombinasyonları	
1.4G+1.6Q	0.9G+EX+0.3EY
G+Q+EX+0.3EY	0.9G+EX-0.3EY
G+Q+EX-0.3EY	0.9G-EX+0.3EY
G+Q-EX+0.3EY	0.9G-EX-0.3EY
G+Q-EX-0.3EY	0.9G+EY+0.3EX
G+Q+EY+0.3EX	0.9G+EY-0.3EX
G+Q+EY-0.3EX	0.9G-EY+0.3EX
G+Q-EY+0.3EX	0.9G-EY-0.3EX
G+Q-EY-0.3EX	

Kombinasyonlarda gösterilmiş olan, “G” taşıyıcı elemanların zati ağırlıklarını ve kaplama yüklerini, “Q” ise hareketli yükleri tanımlamaktadır. EX ve EY ise deprem yükünün yanı sıra hangi yönde olduğunu ifade etmektedir.

3.5.1. Deprem Analizinde Kullanılacak İvme Spektrumu

Elastik Spektrum Katsayısı değerleri “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007” hükümlerine bağlı alınarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

- $S(T) = 1 + 1.5T / T_A$ $\rightarrow 0 \leq T \leq T_A$
- $S(T) = 2.5$ $\rightarrow T_A < T \leq T_B$
- $S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} > 0.10 \times R$ $\rightarrow T > T_B$
- $R_a = 1.5 + (R - 1.5) T / T_A$ $\rightarrow 0 \leq T \leq T_A$

- $R_a = R \rightarrow T > T_A$

Herhangi bir r' inci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı değeri eşitlik (3.4)'e göre belirlenir.

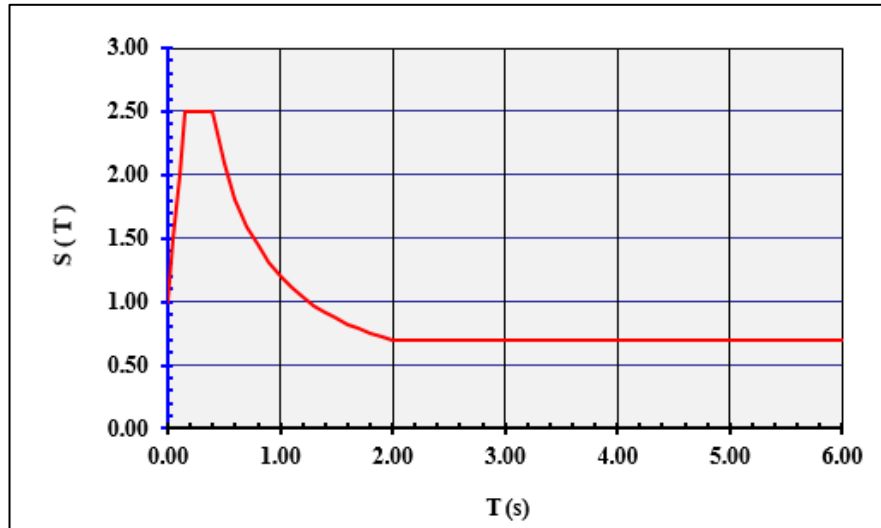
$$S_{pa}(T_r) = A(T_r) g / R_a(T_r) \quad (3.4)$$

Eşdeğer deprem yük katsayıları eşitlik (3.5)'e göre elde edilir.

$$c = A_0 I S(T) / R_a(T_r) \quad (3.5)$$

Yapıya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü ise $V_t = c \times W$ şeklinde hesaplanır. Burada W : yapı toplam ağırlığı olup $W = \sum w_i = \sum (g_i + n \times q_i)$ şeklinde hesaplanır. Burada i indisi ilgili kat, g_i ve q_i sırasıyla ilgili katın sabit ve hareketli yükleridir. n ise hareketli yük katılım katsayısıdır.

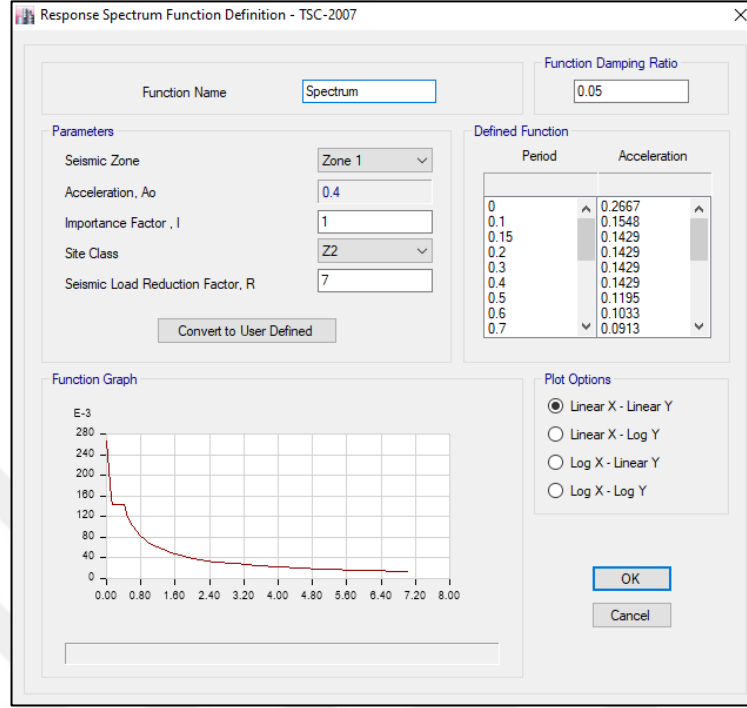
Modal analizde dikkate alınacak kütleler hareketli yük katılım katsayısı $n = 0.3$ alınmasıyla ETABS programının kütle tanımlama opsiyonu (mass source) kullanılarak otomatik olarak hesaplatılmıştır. Şekil 3.11'de tasarım ivme spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 3.11: Tasarım ivme spektrumu.

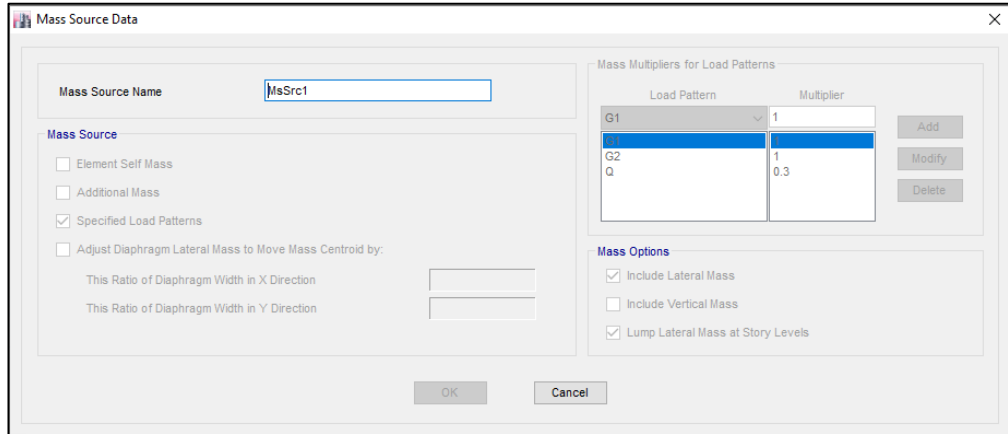
Şekil 3.12'de, 'Spectrum' şeklinde adlandırılan zaman-ivme fonksiyonunun ETABS'da "Response Spectrum Function Definition-TSC-2007" sekmesi altında görünümü verilmiştir. Zaman ivme fonksiyonu belirlendikten sonra bu fonksiyon

“Load Case” bölümünde spektrum için tanımlanan SPECX ve SPECY yüklemelerine tanımlanmalıdır.



Şekil 3.12: ETABS programında zaman-ivme fonksiyonunun tanımlanması.

Şekil 3.13’te deprem hesaplarında kullanılacak kütle katılımları ETABS programının “Mass Source Data” sekmesi içerisindeki görünümü verilmiştir.



Şekil 3.13: ETABS programında depremde kullanılan kütle katılımları.

Şekil 3.14’te SPECX yüklemesinin ETABS programında tanımlanması ve bu tanımlamanın “Load Case Data” sekmesindeki görünümü verilmiştir.

Load Case Data

General

Load Case Name: SPECX

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Spectrum	9.81

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

OK Cancel

Şekil 3.14: ETABS programında SPECX'in tanımlanması.

3.5.2. Mod Birleştirme Yöntemi

DBYBHY-2007 şartları gereği modal kütle katılım değeri %90 veya üzerinde olacak şekilde mod sayısı hesaplanarak kütle katılımları değerlendirilmiştir. Binanın titreşim modları, yapının simetrik olmasından dolayı x ve y yönünde eşit olarak 0.476 sn olarak bulunmuştur. Üçüncü mod şekli ise burulma modu olarak belirlenmiş olup doğal titreşim periyodu 0.421 sn'dir. Her kat için üç adet modun yeterli olduğu düşünülerek, 7 katlı bir bina için toplam 21 mod ele alınarak hesaplar yapılmıştır. Göz önüne alınan 21 mod için kütle katılım oranı her iki yönde eşit ve % 96.33 olarak elde edilmiş olup, %90 kütle katılım oranı 12. mod ile beraber her iki yön için de sağlanmaktadır. Modal kütle katılım oranları Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9: Binanın periyot ve modal kütle katılım oranları.

Mod	Periyot sn	UX	UY	UZ	Toplam UX	Toplam UY	Toplam RZ
1	0.476	0.41	0.25	0.00	0.41	0.25	0.00
2	0.476	0.25	0.41	0.00	0.66	0.66	0.00
3	0.421	0.00	0.00	0.00	0.66	0.66	0.58
4	0.124	0.00	0.19	0.00	0.66	0.85	0.58
5	0.124	0.19	0.00	0.00	0.85	0.85	0.58
6	0.121	0.00	0.00	0.00	0.85	0.85	0.76
7	0.071	0.00	0.00	0.00	0.85	0.85	0.78
8	0.065	0.00	0.04	0.00	0.85	0.89	0.78
9	0.065	0.04	0.00	0.00	0.89	0.89	0.78
10	0.049	0.00	0.00	0.00	0.89	0.89	0.78
11	0.045	0.00	0.01	0.00	0.89	0.90	0.78
12	0.045	0.01	0.00	0.00	0.90	0.90	0.78
13	0.041	0.00	0.04	0.00	0.91	0.95	0.78
14	0.041	0.04	0.00	0.00	0.95	0.95	0.78
15	0.04	0.00	0.00	0.00	0.95	0.95	0.78
16	0.038	0.00	0.00	0.00	0.95	0.95	0.78
17	0.038	0.00	0.00	0.00	0.95	0.95	0.78
18	0.037	0.00	0.02	0.00	0.95	0.96	0.78
19	0.037	0.02	0.00	0.00	0.96	0.96	0.78
20	0.035	0.00	0.00	0.00	0.96	0.96	0.78
21	0.035	0.00	0.00	0.00	0.96	0.97	0.78

DBYBHY-2007 şartları gereği eşdeğer deprem yükü metodunu kullanarak bulunan taban kesme kuvvetinin, mod birleştirme metodunu kullanarak bulunan taban kesme kuvvetine oranı β katsayısından daha az olursa mod birleştirme metodu ile bulunan bütün değerler eşitlik (3.6) baz alınarak yükseltilmelidir. Binada B3 türü düzensizlik mevcut olduğundan dolayı β katsayısı 0.90 olarak belirlenmiştir.

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

- Bina ağırlığı = 97874 kN
- Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) = 0.40
- Spektrum katsayısı $S(T)$ = $2.5 \times (T_B / T)^{0.8} = 2.5 \times (0.4 / 0.476)^{0.8} = 2.17$
- Taban kesme kuvveti (V_t) = 12431 kN
- V_{tB} = 8905 kN

- $V_{tB} / V_t = 0.72 < \beta = 0.90$
- $\beta V_t / V_{tB} = 11188 / 8905 = 1.256$

SPECX ve SPECY değerlerinin büyütme katsayısı olan 1.256 ile çarpılarak ETABS modeli tekrardan çözülmüştür. Böylece mod birleştirme metodu ile bulunan taban kesme kuvveti her iki yön için de 8905 kN değerinden 11188 kN değerine yükseltilmiştir.

3.5.3. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı Kontrolü

Perdelerin bina tabanındaki toplam kesme kuvveti, bütün binanın toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha küçük olduğu için taşıyıcı sistem davranış katsayısı önceden belirlendiği gibi $R=7$ alınarak deprem hesapları yapılacaktır. Tablo 3.10'da bodrum kat perdelerinin SPECX yüklemesi altındaki kesme kuvvetleri görülmektedir.

Tablo 3.10: SPECX yüklemesi altında bodrum kat perdelerinin iç kuvvetleri.

Kat	Perde İsmi	Kombinasyon	P	V2	V3	T	M2	M3
			kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
Bodrum	P1	SPECX Max	275	363	742	1603	22973	11980
Bodrum	P2	SPECX Max	275	363	742	1603	22973	11980
Bodrum	P3	SPECX Max	275	742	363	1603	11977	22970
Bodrum	P4	SPECX Max	275	742	363	1603	11977	22970

- $V = 2209 \text{ kN}$
- $V_o = 11188 \text{ kN}$
- $2209 \leq 0.75 \times 11188$
- $2209 \leq 8391$

3.5.4. Görelî Kat Öteleme Oranlarının Kontrolü

Eşitlik (3.7)'de etkin görelî kat ötelemesinin formülü verilmektedir. Formülde azaltılmış görelî kat ötelemesi ile taşıyıcı sistem davranış katsayısının çarpıldığı görülmektedir. Eşitlik (3.8)'de görüldüğü gibi maksimum görelî kat ötelemesi oranı

%2'den daha küçük olma şartı koyulmuştur. Tablo 3.11'de bodrum, zemin ve normal katlar için hesaplanan görelî kat öteleme oranları gösterilmiştir.

$$\delta_i = (R \times \Delta_i) \quad (3.7)$$

$$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 \quad (3.8)$$

Tablo 3.11: Görelî kat öteleme oranlarının kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	R	h_i (m)	$\delta_i=(R \times \Delta_i)/h_i$
5	0.00197	7	3.2	0.00062
4	0.00213	7	3.2	0.00067
3	0.00218	7	3.2	0.00068
2	0.00217	7	3.2	0.00068
1	0.00196	7	3.2	0.00061
Zemin	0.00229	7	4	0.00057
Bodrum	0.00067	7	4	0.00017

Tablo 3.9'da görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi oranı 3. kat da elde edilip 0.00068 olarak bulunmuştur. Bulunan en büyük görelî kat ötelemesi oranı maksimum değer olan 0.02'den çok küçüktür. Dolayısıyla bodrum, zemin ve normal katlar için görelî kat ötelemesinin sınır şartlarını sağladığı tespit edilmiştir.

3.5.5. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Eşitlik (3.9)'da İkinci Mertebe Gösterge Değeri, θ_i formülü verilmektedir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N W_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (3.9)$$

Tablo 3.12'de ikinci mertebe etkilerinin kontrolü eşitlik (3.7)'de belirtilen formüle göre hesaplamaları yapılmıştır. Tablodan da anlaşılacağı üzere bodrum, zemin ve normal katlarda θ_i değeri sınır değer olan 0.12'den küçüktür. İkinci mertebe etkileri kontrolünün sonucu olarak yönetmeliğin belirlediği şart sağlanmıştır.

Tablo 3.12: İkinci mertebe etkilerinin kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	w_j (kN)	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
5	0.00193	12762	3022	3.2	0.0025
4	0.00212	12762	5396	3.2	0.0016
3	0.00217	12762	7160	3.2	0.0012
2	0.00214	12762	8536	3.2	0.0010
1	0.00192	12762	9586	3.2	0.0008
Zemin	0.00205	17711	10710	4	0.0008
Bodrum	0.00039	19552	11180	4	0.0002

3.5.6. Düzensizlik Kontrolleri

3.5.6.1. A1 - Burulma Düzensizliği Kontrolü

Tablo 3.13 ve Tablo 3.14'te bodrum, zemin ve normal katlar için burulma düzensizliği kontrolünün hesapları görülmektedir. Burulma düzensizliği katsayısını hesaplamak için maksimum ötelenme ile ortalama ötelenmenin oranını bulmak yeterlidir. Hesaplar neticesinde burulma düzensizliği katsayılarının zemin ve normal katlar için sınır değer olan 1.2'den az olduğu tespit edilmiş olup sadece bodrum katta burulma düzensizliği ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3.13: EX yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{bi}
5.Kat	0.002219	0.002113	1.05
4.Kat	0.002419	0.00233	1.04
3.Kat	0.002476	0.002383	1.04
2.Kat	0.002471	0.002358	1.05
1.Kat	0.002262	0.002148	1.05
Zemin	0.002676	0.002332	1.15
Bodrum	0.000763	0.000446	1.71

Tablo 3.14: SPECX yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{bi}
5.Kat	0.001974	0.001926	1.03
4.Kat	0.002127	0.002115	1.01
3.Kat	0.002177	0.002168	1.01
2.Kat	0.002173	0.002141	1.02
1.Kat	0.001964	0.001918	1.02
Zemin	0.002294	0.002054	1.12
Bodrum	0.00067	0.000393	1.70

3.5.6.2. A2 - Döşeme Süreksizliği Kontrolü

Yapıda döşeme süreksizliğine sebebiyet verecek herhangi bir boşluk olmadığı için A2 düzensizlik kontrolüne gerek yoktur. Binanın tasarımı esnasında böyle bir düzensizlik oluşmaması için kalıp planları buna göre yapılmıştır.

3.5.6.3. A3 – Planda Çıkıntıların Bulunma Düzensizliği Kontrolü

1. katta kolon süreksizliğinin meydana gelmesi için dış kolonlar içeri çekilerek kirişlerin üstüne oturtulmuştur. Bu işlemin sonucunda kenarlarda üçer metrelik çıkıntılar ortaya çıkmıştır. Planda oluşan bu çıkıntılara rağmen yönetmelikte belirlenen %20 sınır değerinin altında kalmaktadır.

3.5.6.4. B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Kontrolü

Bodrum, zemin ve normal katlar kendi aralarında aynı plana sahip olmalarına ilaveten dolgu duvarların konumlandırılmasında da katlar arasında bir fark olmadığı için zayıf kat oluşumu beklenmemektedir.

3.5.6.5. B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü

Tablo 3.15 ve Tablo 3.16’da komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolleri yapılmıştır. Yapıda bulunan bir katın ortalama görelî kat ötelemesi değerinin o katın bir üst ve bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi değerine oranı olarak

tanımlanabilir. Kontrollere göre tespit edilen en yüksek rijitlik düzensizliği katsayısı 1.17 olarak bulunmuştur. Yönetmelik gereği 2.00 olarak sınırlandırılan değerden az olduğu için binada B2 düzensizliği söz konusu değildir.

Tablo 3.15: EX yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}/h_i$	$(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
5	0.00211	3.2	0.000660	-	0.91
4	0.00233	3.2	0.000728	1.10	0.98
3	0.00238	3.2	0.000745	1.02	1.01
2	0.00236	3.2	0.000737	0.99	1.10
1	0.00215	3.2	0.000671	0.91	1.15
Zemin	0.00233	4	0.000583	0.87	-

Tablo 3.16: SPECX yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}/h_i$	$(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
5	0.00193	3.2	0.000602	-	0.91
4	0.00212	3.2	0.000661	1.10	0.98
3	0.00217	3.2	0.000678	1.03	1.01
2	0.00214	3.2	0.000669	0.99	1.12
1	0.00192	3.2	0.000599	0.90	1.17
Zemin	0.00205	4	0.000514	0.86	-

3.6. DBYBHY-2007 Esaslarına Göre Bulunan İç Kuvvet Değerleri

Bu bölümde, DBYBHY-2007 şartlarını dikkate alarak belirlenen yük kombinasyonları ile ETABS programında analiz sonucunda elde edilen taşıyıcı elemanların iç kuvvet değerleri gösterilmiştir.

3.6.1. Kirişlere Ait İç Kuvvet Değerleri

Yapının tasarımı mod birleştirme metoduna göre yapılırken, yalnızca A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan zemin kat kirişlerinin iç kuvvetleri dikkate alınmıştır. Kolon, kiriş, döşeme ve perde gibi elemanların yanı sıra yüklerin de simetrik

olmasından dolayı yalnızca x yönündeki kirişler dikkate alınmıştır. Kirişlerin iç kuvvetleri hesaplanırken en elverişsiz yük kombinasyonlarına göre moment değerleri ve kesme kuvvetleri bulunmuştur. Tasarım hesapları sırasında yönetmelik şartlarınca belirlenen %5 oranında eksantrisite hem pozitif hem negatif yönü de dahil olmak üzere ETABS modeline girilmiştir. Tablolarda gösterilmiş olan zemin kat kirişlerinin mesnet ve açıklık momentlerinin yanı sıra kesme kuvvetlerinin de en elverişsiz kombinasyona göre belirlendiği ortaya koyulmuştur. DBYBHY-2007 Bölüm 2.3.'de yer alan B3 türü kolon süreksizliğinin meydana geldiği yapılarda, üzerine kolon veya perdelerin oturmuş olduğu kirişlere ilaveten bu kirişlere bağlanan diğer tüm taşıyıcı elemanların hem düşey yükler hem de deprem etkilerinden ortaya çıkacak iç kuvvet değerlerinin %50'si kadar daha artırılması şartı getirilmiştir. Bununla beraber, ortalarına 1. kat kolonlarının oturduğu KZ2027, KZ2034 ve KZ2039 kirişleri ile bu kirişlere bağlantısı olan KZ2028, KZ2035, KZ2040, KZ2041, KZ2042 kirişlerinin iç kuvvet değerleri, %50 oranında artırılarak nihai sonuca ulaşılmıştır. Tablo 3.17'de hesabı yapılan zemin kat kirişlerinin moment değerleri, Tablo 3.18'de ise bu kirişlere ait kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Tablo 3.17: Zemin kat kirişleri moment değerleri.

Kiriş İsmi	Yük Kombinasyonu	Sol Mesnet Momenti (M3)	Açıklık Momenti (M3)	Sağ Mesnet Momenti (M3)
KZ2046	G+Q+EX+0.3EY	-82	38	-89
KZ2047	G+Q+EX+0.3EY	-84	31	-83
KZ2048	G+Q+EX+0.3EY	-83	32	-84
KZ2049	G+Q+EX+0.3EY	-83	32	-83
KZ2039	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-486	614	-401
KZ2040	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-203	80	-167
KZ2041	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-173	85	-177
KZ2042	1.5(G+Q+EX+0.3EY)	-181	85	-181
KZ2034	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-519	756	-442
KZ2035	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-203	76	-210
KZ2036	G+Q+EX+0.3EY	-183	63	-183
KZ2027	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-515	770	-446
KZ2028	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-192	78	-215
KZ2029	G+Q+0.3EX+EY	-138	56	-96
KZ2030	G+Q+EX+0.3EY	-113	57	-113

Tablo 3.18: Zemin kat kirişleri kesme kuvveti değerleri.

Kiriş İsmi	Yük Kombinasyonu	Sol Mesnet Kesme Kuvveti (V2)	Sağ Mesnet Kesme Kuvveti (V2)
KZ2046	G+Q+EX+0.3EY	-68	64
KZ2047	1.4G+1.6Q	-59	62
KZ2048	1.4G+1.6Q	-62	62
KZ2049	1.4G+1.6Q	-62	62
KZ2039	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-610	404
KZ2040	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-160	145
KZ2041	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-149	152
KZ2042	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-151	151
KZ2034	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-673	460
KZ2035	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-159	134
KZ2036	G+Q+EX+0.3EY	-118	118
KZ2027	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-675	469
KZ2028	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-151	144
KZ2029	1.4G+1.6Q	-112	108
KZ2030	1.4G+1.6Q	-117	117

3.6.2. Kolonlara Ait İç Kuvvet Değerleri

Kolonlarda ortaya çıkan iç kuvvetler, mod birleştirme yöntemiyle ETABS programını kullanarak elde edilmiştir. Yalnızca A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan zemin kat kolonlarının iç kuvvetleri dikkate alınmıştır. SZ269 ve SZ227 numaralı kolonların haricinde diğer tüm kolonların depremli kombinasyonlarda ortaya çıkan iç kuvvet değerleri % 50 oranında yükseltilmiştir. Kolonların iç kuvvetleri incelenirken en elverişsiz eksenel yük ve kesme kuvvetine göre iki farklı sonuç elde edilip tablolar oluşturulmuştur. Yük kombinasyonları oluşturulurken depremin doğrultusu ve eksantrisitenin pozitif ve negatif yönleri dikkate alınarak kolon eksenel yükleri ve kesme kuvvetleri bulunmuştur. Tablo 3.19’da en elverişsiz eksenel yüke göre zemin kat kolonlarının iç kuvvet değerleri gösterilmiştir. Tablo 3.20’de ise en elverişsiz kesme kuvvetine göre zemin kat kolonlarının iç kuvvet değerleri incelenmiştir.

Tablo 3.19: En elverişsiz eksenel yüke göre zemin kat kolonları iç kuvvetleri.

Kolon İsmi	Yük Kombinasyonu	P	V2	V3	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m
SZ269	1.4G+1.6Q	-186	-34	-34	-35	-35
SZ270	1.5(G+Q-0.3EX+EY)	-848	-30	-286	-405	-79
SZ271	1.5(G+Q-0.3EX+EY)	-908	-34	-299	-401	-83
SZ272	1.5(G+Q-0.3EX+EY)	-910	-32	-296	-389	-79
SZ267	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-848	-286	-30	-79	-405
SZ236	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-3418	-36	3	-35	-138
SZ237	1.5(G+Q-0.3EX+EY)	-3697	-18	-5	-92	-43
SZ238	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-3797	-62	29	-4	-156
SZ265	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-908	-299	-34	-82	-401
SZ232	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-3697	-5	-18	-42	-91
SZ263	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-910	-296	-32	-79	-389
SZ226	1.5(G+Q-0.3EX+EY)	-3797	29	-62	-156	-4
SZ227	1.4G+1.6Q	-3431	-5	-5	-9	-9

Tablo 3.20: En elverişsiz kesme kuvvetine göre zemin kat kolonları iç kuvvet değerleri.

Kolon İsmi	Yük Kombinasyonu	P	V2	V3	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m
SZ269	G+Q+EX+0.3EY	-157	-76	-40	-74	-168
SZ270	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-482	111	-99	-120	269
SZ271	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-740	-106	-214	-274	-261
SZ272	1.5(0.9G+EX-0.3EY)	-530	-106	-152	-191	-261
SZ267	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-848	-286	-30	-79	-405
SZ236	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-3200	94	55	78	181
SZ237	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-3578	61	68	89	156
SZ238	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-3797	-62	29	-4	-156
SZ265	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-908	-299	-34	-82	-401
SZ232	1.5(G+Q+EX+0.3EY)	-3575	104	21	53	181
SZ263	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-910	-296	-32	-79	-389
SZ226	1.5(G+Q+EX-0.3EY)	-3570	101	18	45	173
SZ227	G+Q+EX+0.3EY	-2380	-43	-23	-52	-115

3.6.3. Perdeler Ait İç Kuvvet Değerleri

Yapıda bulunan taşıyıcı perdelerin, ETABS programı kullanılarak iç kuvvet değerleri elde edilmiştir. ETABS’da perdeler modellenirken shell (kabuk) eleman olarak seçilmesi gerekmektedir. Perdelerin doğru bir şekilde yük aktarımını sağlayabilmesi için 1m²’yi geçmeyecek biçimde parçalara ayrılmıştır. Yalnızca A1-

A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan P3 perdesinin iç kuvvet değerleri dikkate alınmıştır. Tablo 3.21’de P3 perdesinin her kat için en elverişsiz yük kombinasyonları altında eksenel yükleri, moment değerleri ve kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Tablo 3.21: P3 perdesinin iç kuvvet değerleri.

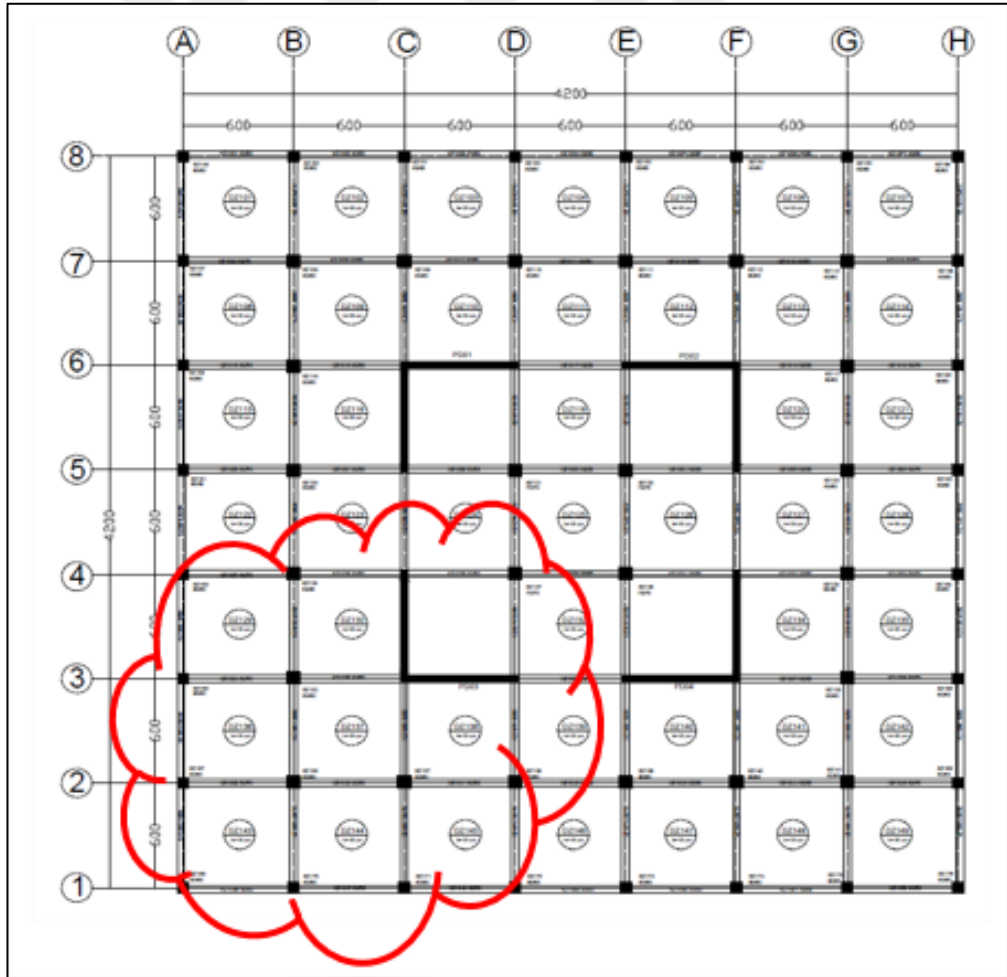
Kat	Yük Kombinasyonu	P	V2	V3	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m
5.Kat	1.4G+1.6Q	-2063	-297	-297	-114	-114
	G+Q+EX+0.3EY	-1467	-638	-556	-998	-1150
	G+Q+0.3EX+EY	-1467	-556	-638	-1148	-998
	0.9G+EX+0.3EY	-963	-559	-477	-971	-1123
	0.9G+0.3EX+EY	-963	-477	-559	-1121	-971
4.Kat	1.4G+1.6Q	-4138	-311	-311	-286	-286
	G+Q+EX+0.3EY	-2949	-1270	-927	-2866	-3348
	G+Q+0.3EX+EY	-2949	-927	-1270	-3348	-2866
	0.9G+EX+0.3EY	-1939	-1185	-841	-2789	-3271
	0.9G+0.3EX+EY	-1939	-841	-1184	-3271	-2789
3.Kat	1.4G+1.6Q	-6203	-277	-277	-349	-349
	G+Q+EX+0.3EY	-4427	-1717	-1201	-5577	-6949
	G+Q+0.3EX+EY	-4427	-1201	-1717	-6948	-5577
	0.9G+EX+0.3EY	-2913	-1641	-1125	-5481	-6853
	0.9G+0.3EX+EY	-2913	-1125	-1641	-6853	-5481
2.Kat	1.4G+1.6Q	-8253	-257	-257	-349	-349
	G+Q+EX+0.3EY	-5892	-2098	-1428	-8997	-11763
	G+Q+0.3EX+EY	-5892	-1428	-2098	-11762	-8997
	0.9G+EX+0.3EY	-3878	-2028	-1358	-8900	-11667
	0.9G+0.3EX+EY	-3878	-1358	-2028	-11666	-8901
1.Kat	1.4G+1.6Q	-10292	-279	-279	-424	-424
	G+Q+EX+0.3EY	-7346	-2278	-1535	-12784	-17229
	G+Q+0.3EX+EY	-7346	-1535	-2278	-17229	-12785
	0.9G+EX+0.3EY	-4834	-2204	-1462	-12676	-17121
	0.9G+0.3EX+EY	-4834	-1462	-2205	-17121	-12676
Zemin Kat	1.4G+1.6Q	-12339	-146	-146	-165	-165
	G+Q+EX+0.3EY	-8799	-2252	-1363	-17057	-24288
	G+Q+0.3EX+EY	-8799	-1363	-2252	-24287	-17057
	0.9G+EX+0.3EY	-5802	-2210	-1321	-17008	-24239
	0.9G+0.3EX+EY	-5802	-1321	-2210	-24239	-17008
Bodrum Kat	1.4G+1.6Q	-14419	-143	-143	83	83
	G+Q+EX+0.3EY	-10260	-948	-684	-18811	-26506
	G+Q+0.3EX+EY	-10260	-683	-949	-26506	-18812
	0.9G+EX+0.3EY	-6773	-911	-646	-18835	-26530
	0.9G+0.3EX+EY	-6773	-646	-911	-26530	-18835

3.7. Kiriş Donatılarının Belirlenmesi

Yapıda bulunan bütün kirişler tasarım ve imalat kolaylığı açısından tiplleştirilerek donatılmıştır. Tiplleştirme işlemi ETABS programında ortaya çıkan donatı miktarına göre yapılmıştır. Kirişlerde dört tip bulunmakta olup, belirlenen kiriş tipleri;

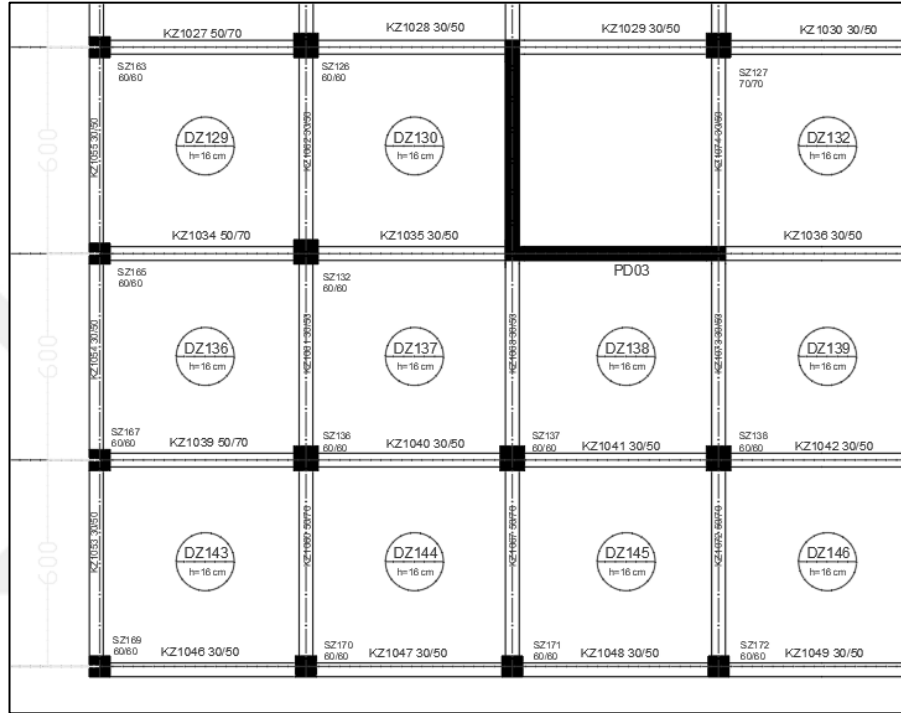
- 30×50 enkesitli çevre kirişleri
- 30×50 enkesitli iç kirişler
- 30×50 enkesitli her iki ucu perdeye mesnetli kirişler
- Süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişler

Şekil 3.15’te bodrum ve zemin kat planı gösterilmektedir. Yapı x ve y yönünde simetrik olduğu için sadece kırmızı bulut ile gösterilmiş alanın tasarımı incelenmiştir.

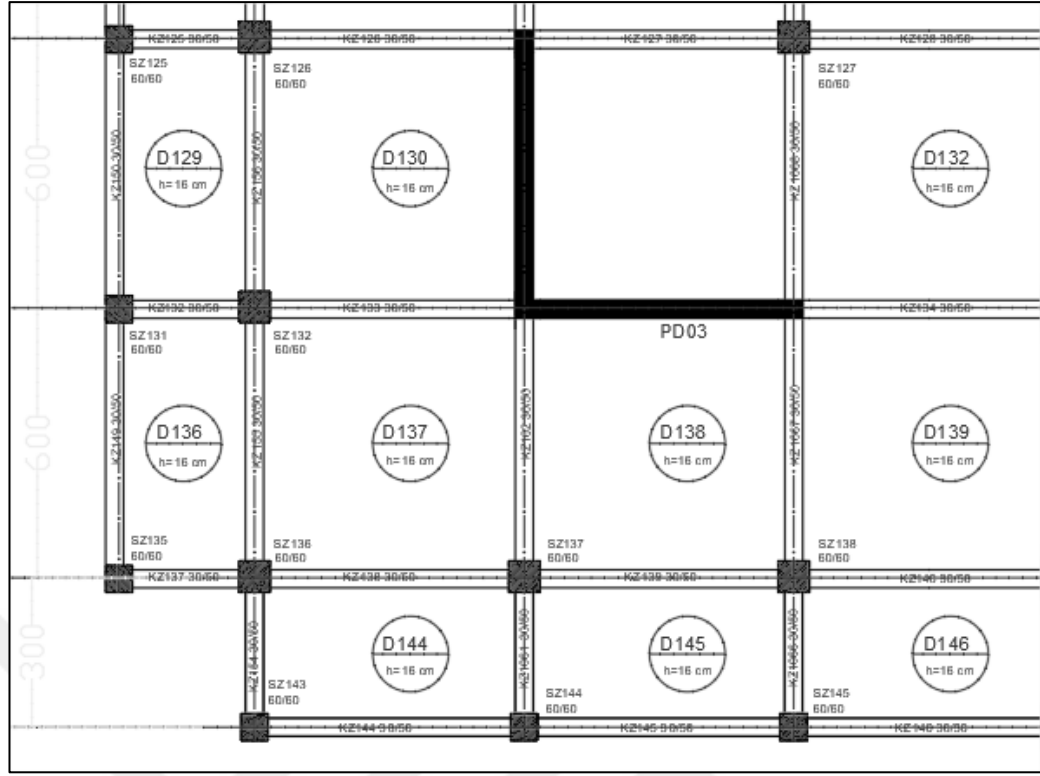


Şekil 3.15: Bodrum ve zemin kat kalıp planı.

30×50 enkesitli çevre kirişleri Şekil 3.16’den da anlaşılacağı üzere bodrum ve zemin katlar için K1046, K1047, K1048, K1049, K1053, K1054 ve K1055 kirişleridir. Şekil 3.17’de ise normal katlar için çevre kirişleri K137, K144, K145, K146, K149, K150 ve K154 olarak görülmektedir. Bu kirişler düşük donatı oranına sahip kirişler olup diğer kirişlere kıyasla daha küçük çapta donatılar kullanılmıştır.



Şekil 3.16: Tasarımı incelenecek alanın bodrum ve zemin kat kalıp planı.



Şekil 3.17: Tasarımı incelenecek alanın normal kat kalıp planı.

Tablo 3.22’de 30×50 enkesitli çevre kirişlerinin donatı detayları görülmektedir.

Tablo 3.22: 30×50 enkesitli çevre kirişlerinin donatı detayları.

Kat	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
Bodrum-Zemin	K1046	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1047	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1048	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1049	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1053	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1054	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1055	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K137	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K144	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K145	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K146	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K149	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K150	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K154	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20

30×50 enkesitli iç kirişler Şekil 3.16'dan da anlaşılacağı üzere bodrum ve zemin katlar için K1027, K1028, K1034, K1035, K1039, K1040, K1041, K1042, K1060, K1061, K1062, K1067, K1068, K1072 ve K1073 kirişleridir. Şekil 3.17'de ise normal katlar için iç kirişler K125, K126, K132, K133, K138, K139, K140, K155, K156, K157, K1061, K162, K1066, K1067 olarak görülmektedir. 30×50 enkesitli iç kirişler, çevre kirişlere kıyasla daha fazla donatı oranına sahiptir. Bu sebeple donatı çaplarının daha büyük olduğu Tablo 3.23'ten de anlaşılmaktadır.

Tablo 3.23: 30×50 enkesitli iç kirişlerinin donatı detayları.

Kat	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
Bodrum-Zemin	K1028	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1035	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1040	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1041	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1042	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1061	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1062	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1068	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
Bodrum-Zemin	K1073	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K125	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K126	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K132	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K133	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K138	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K139	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K140	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K155	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K156	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K157	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K162	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K1061	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K1066	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
1.Kat-5.Kat	K1067	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20

30×50 enkesitli her iki ucu perdeye mesnetli kirişlerden her katta dört adet bulunmaktadır. Bunlar K115, K134, K163 ve K182 kirişleridir. Bu kirişlerde deprem

etkisi altında diğer 30×50 enkesitli kirişlere göre daha büyük iç kuvvetler oluşmaktadır. Dolayısıyla 30×50 enkesitli kirişler arasında en yüksek donatı miktarına ulaşan kiriş tipi olmaktadır. Tablo 3.24’te her iki ucu perdeye mesnetli kirişlerin donatı detayları görülmektedir.

Tablo 3.24: 30×50 enkesitli her iki ucu perdeye mesnetli kirişlerin donatı detayları.

Kat	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
Bodrum-5.Kat	K115	4Ø22	4Ø20	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
Bodrum-5.Kat	K134	4Ø22	4Ø20	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
Bodrum-5.Kat	K163	4Ø22	4Ø20	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
Bodrum-5.Kat	K182	4Ø22	4Ø20	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10

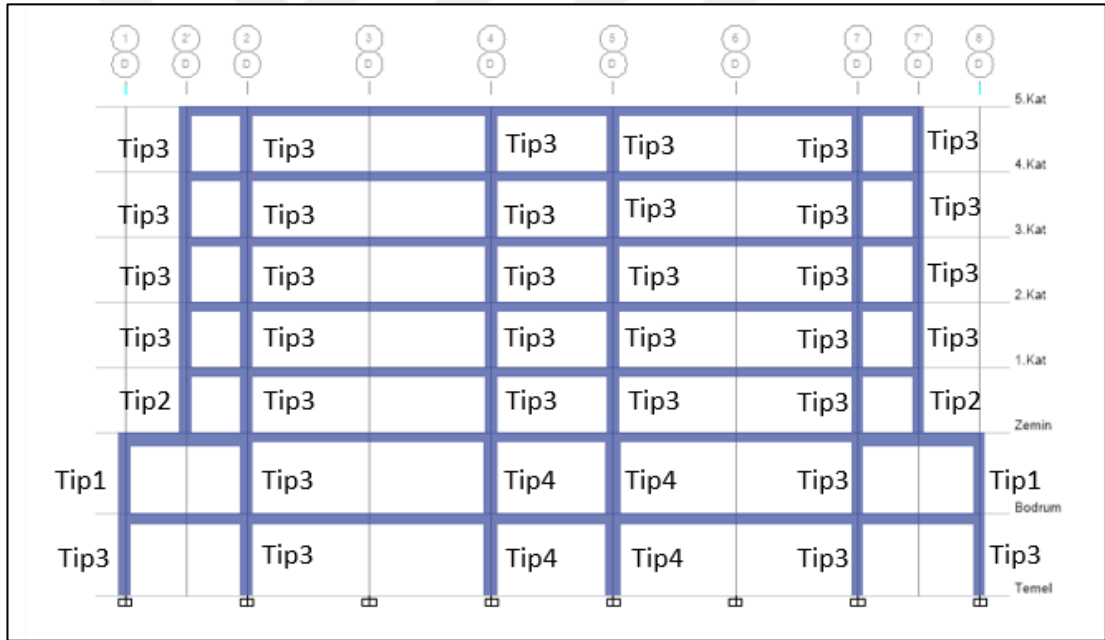
Süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişler sadece zemin katta kolonların kirişlerin üstüne oturduğu bölgede bulunmaktadır. Bunlar K1027, K1034, K1039, K1060, K1067 ve K1072 kirişleridir. Bu kirişler diğer üç kiriş tipine kıyasla en yüksek iç kuvvetlerin ortaya çıktığı elemanlardır. Kolon süreksizliğinden kaynaklı olarak bu kirişlerde çok yüksek donatı oranları çıkmakta olup en büyük donatı çapları bu kiriş tipinde kullanılmıştır. Tablo 3.25’te süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişlerin donatı detayları gösterilmektedir.

Tablo 3.25: Süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişlerin donatı detayları.

Kat	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
Zemin Kat	K1027	6Ø22	8Ø26	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
Zemin Kat	K1034	6Ø22	8Ø26	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
Zemin Kat	K1039	6Ø22	8Ø26	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
Zemin Kat	K1060	6Ø22	8Ø26	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
Zemin Kat	K1067	6Ø22	8Ø26	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
Zemin Kat	K1072	6Ø22	8Ø26	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10

3.8. Kolon Donatılarının Belirlenmesi

Yapıda iki farklı kolon enkesiti bulunmakta olup dört farklı kolon tipi belirlenmiştir. 1. katta kolon süreksizliği nedeniyle bu kattaki 60×60 kolonların donatı oranı %2 mertebesinde çıkmıştır. Yine aynı şekilde zemin kattan 1. kata devam etmeyen 60×60 kolonların donatı oranı da %2'nin üzerinde çıkmıştır. Bunun haricindeki diğer tüm 60×60 kolonların donatı oranı %1 olarak bulunmuştur. Yapıda bulunan tüm 70×70 kolonların donatı oranları da %1 olarak elde edilmiştir. Gereksiz donatı harcamamak için Tip1 ve Tip2 kolonları sadece o kata özel olarak uygulanmıştır. Tip geçişlerinde donatı yerleşimini bozmamak için sadece donatı çaplarının arttırılmasına özen gösterilmiştir. Şekil 3.18'de D aksına ait kolon tipleri açıkça gösterilmektedir.



Şekil 3.18: D aksı kolon tipleri.

Tüm kolon tiplerine ait donatı detayları Tablo 3.26'da gösterilmiştir. Tasarımı yapılan bina süneklik düzeyi yüksek betonarme bir yapıdır. Bunu göz önünde bulundurarak kolonlar için uygulanan minimum enine ve boyuna donatı şartları yerine getirilmiştir.

Tablo 3.26: Kolon donatı detayları.

Tip	Kolon Boyutu	Boyuna Donatı	Enine Donatı
Tip 1	60×60	22Ø22	3 kollu Ø10/10-20
Tip 2	60×60	20Ø22	3 kollu Ø10/10-20
Tip 3	60×60	22Ø16	3 kollu Ø10/10-20
Tip 4	70×70	22Ø20	4 kollu Ø10/10-20

3.9. Perde Donatılarının Belirlenmesi

Yapıda bulunan dört adet perdenin de uzunluk ve kalınlıkları aynıdır. Perdeler her iki yönde de 6 metre uzunluğa, 25 cm kalınlığa sahiptir. Kesme ve eğilme kapasiteleri dikkate alınarak yapılan tasarımda bir adet perde tipinin yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler için konstrüktif kurallara uygun bir şekilde tasarım yapılmıştır. Tablo 3.27’de perde donatı detayları gösterilmektedir.

Tablo 3.27: Perde donatı detayları.

Perde İsmi	Kat	Başlık Bölgesi Boyuna Donatısı	Başlık Bölgesi Enine Donatısı	Gövde Bölgesi Düşey Donatısı	Gövde Bölgesi Yatay Donatısı
P1	Bodrum-5.Kat	12Ø22	Ø12/10	Ø12/15	Ø10/10
P2	Bodrum-5.Kat	12Ø22	Ø12/10	Ø12/15	Ø10/10
P3	Bodrum-5.Kat	12Ø22	Ø12/10	Ø12/15	Ø10/10
P4	Bodrum-5.Kat	12Ø22	Ø12/10	Ø12/15	Ø10/10

4. DÜŞEY DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİNANIN ESASLARINA GÖRE TASARIMI

4.1. TBDY-2018'e Göre Tasarım Esasları

Göz önüne alınan betonarme bina, 2018 yılında yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliğinin getirdiği değişikliklere bağlı olarak iç kuvvetlerin karşılaştırılması amacıyla yeniden modellenmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere TBDY-2018'de, bodrumlu binaların modellenmesi, hesaplarda etkin kesit rijitliği katsayılarının kullanılması, mod birleştirme yönteminde göz önüne alınması gereken mod sayısı, düşey deprem etkisinin göz önüne alınması gibi hususlarda önemli değişiklikler söz konusudur. Deprem etkisinin binanın coğrafi koordinatlarına bağlı olarak belirlenmesi önemli hususların başında gelmektedir. Tez çalışmasında dikkat çekildiği üzere kolon süreksizliği mevcut olan yapılarda DBYBHY-2007'den farklı olarak, kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturtulması durumunda ilgili elemanlarda düşey elastik tasarım spektrumu kullanılması bir şart olarak getirilmiştir.

İlgili yapı aynı şartlar çerçevesinde TBDY-2018 koşullarına bağlı kalarak çözüm tekrarlanmıştır. Bina için belirlenen kat kalıp planları, aplikasyonlar, döşeme kalınlıkları ve katlar arasında kot farklılıkları bulunmamaktadır. Döşemeye etkitilen yüklemelerde herhangi bir farklılığın oluşmamasına dikkat edilmiş olup iki modelin de birbiriyle uyumlu olması sağlanmıştır.

4.2. TBDY-2018'e Göre Belirlenen Deprem Parametreleri

TBDY-2018'e göre ETABS modeli hazırlanacak olan binanın konumu İstanbul ilinin Kadıköy ilçesinde yer alan Suadiye mahallesi olduğu kabul edilmiştir. Konuma ait deprem parametreleri alınırken AFAD tarafından hazırlanmış olan "Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması" kullanılarak raporlama işlemi yapılır.

2018 deprem yönetmeliğine göre tasarlanacak yapının deprem parametreleri, 40.96443°-29.086486° koordinatından ve ZB zemin sınıfına göre belirlenmiştir. Şekil

4.1’de DD-2 için belirlenen harita spektral ivme katsayıları ve en büyük yer ivmesi gösterilmiştir.

Rapor Başlığı:	Suadiye		
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi	
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	
Enlem:	40.96443°		
Boylam	29.086486°		
Çıktılar			
$S_S = 1.001$	$S_1 = 0.272$	$PGA = 0.411$	$PGV = 25.270$
S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]			
S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]			
PGA : En büyük yer ivmesi [g]			
PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]			

Şekil 4.1: Deprem tasarım parametreleri.

4.2.1. Bina Önem Katsayısı ve Bina Kullanım Sınıfı

TBDY 2018’e göre tasarlanacak olan binanın kullanım amacı konut olarak düşünüldüğünden bina kullanım sınıfı BKS=3, bina önem katsayısı I ise 1.0 olarak belirlenmiştir. Tablo 4.1’de bu değerlerin nasıl bulunduğu ilişkin grafik gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.

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

4.2.2. Deprem Tasarım Sınıfı

TBDY 2018'e göre belirlenmiş olan bina kullanım sınıfı (BKS) değeri ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) değerine göre deprem tasarım sınıfı elde edilir. $S_{DS} = 0.901 \geq 0.75$ olduğu için yapının deprem tasarım sınıfı DTS=1 olarak Tablo 4.2'den tespit edilebilir.

Tablo 4.2: Deprem tasarım sınıfları.

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

4.2.3. Bina Yükseklik Sınıfı

TBDY 2018'e göre deprem tasarım sınıfının DTS=1 olarak tespit edildiği ve yapının yüksekliği de 24 metre olduğu düşünülürse bina yükseklik sınıfı BYS=5 olarak belirlenir. Tablo 4.3'te çeşitli tasarım sınıfları ve bina yüksekliklerine göre BYS değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Bina yükseklik sınıfları.

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

4.2.4. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$, eşitlik (4.1)'de verilmiş olan iki farklı formülasyona göre bulunmaktadır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (4.1.a)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (4.1.b)$$

TBDY 2018'e göre tasarlanacak olan yapının A15'te yer alan deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar arasında olduğu için, $R=7$ ve $D=2.5$ değerlerine göre hesaplamalar yapılmıştır. Modeli oluşturulacak olan binanın x ve y yönünde simetrik olmasından dolayı her iki yön içinde aynı katsayılar alınacaktır. Süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanan binanın taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı Tablo 4.4'te gösterilmiş olan grafiğe göre elde edilmiştir.

Tablo 4.4: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı.

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-

4.2.5. Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı

Dayanıma göre tasarımı yapılacak olan binanın, taşıyıcı sistem elemanları çeşitli çarpanlar ile kesitlerin rijitliği azaltılır. ETABS programında çatlamış kesit rijitlikleri “Property/Stiffness Modification Factors” bölümünde yönetmeliğin belirlemiş olduğu çarpanlara göre kolonların, kirişlerin, döşemelerin ve perdelerin rijitlikleri değiştirilebilir.

Tablo 4.5: Etkin kesit rijitliği çarpanları.

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

4.2.6. Yatay Deprem Etkisi

Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, Şekil 4.2’de görüldüğü üzere çeşitli formülasyonlar ile belirlenir. $S_{ae}(T)$ değeri elde edilirken doğal titreşim periyodunun hangi aralıklarda olduğu dikkatle incelenmelidir.

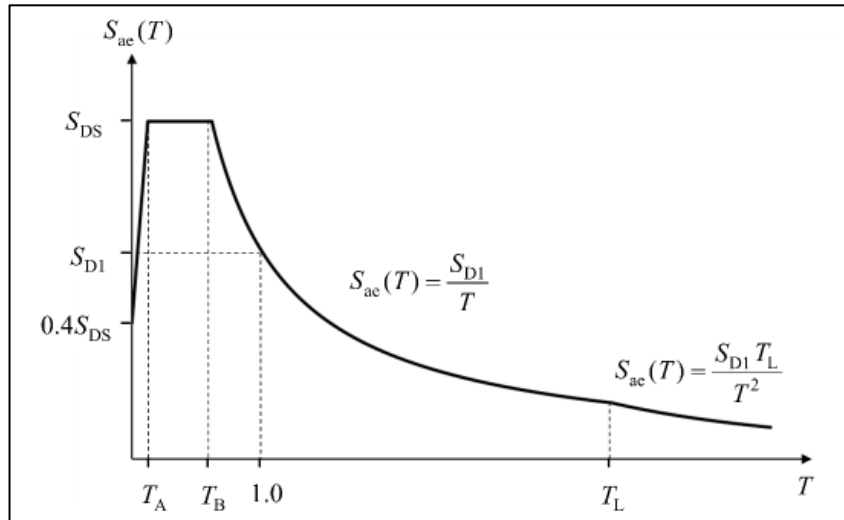
$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
\end{aligned}$$

Şekil 4.2: Doğal titreşim periyoduna bağlı S_{ae} değerleri.

Şekil 4.2’de yer alan S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayıları, T ise doğal titreşim periyodu anlamına gelmektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotlarının singeleri olan T_A ve T_B Şekil 4.3’te, yatay elastik tasarım spektrumu da Şekil 4.4’te verilmiştir. Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu olarak tanımlanan T_L ise 6 s alınmaktadır.

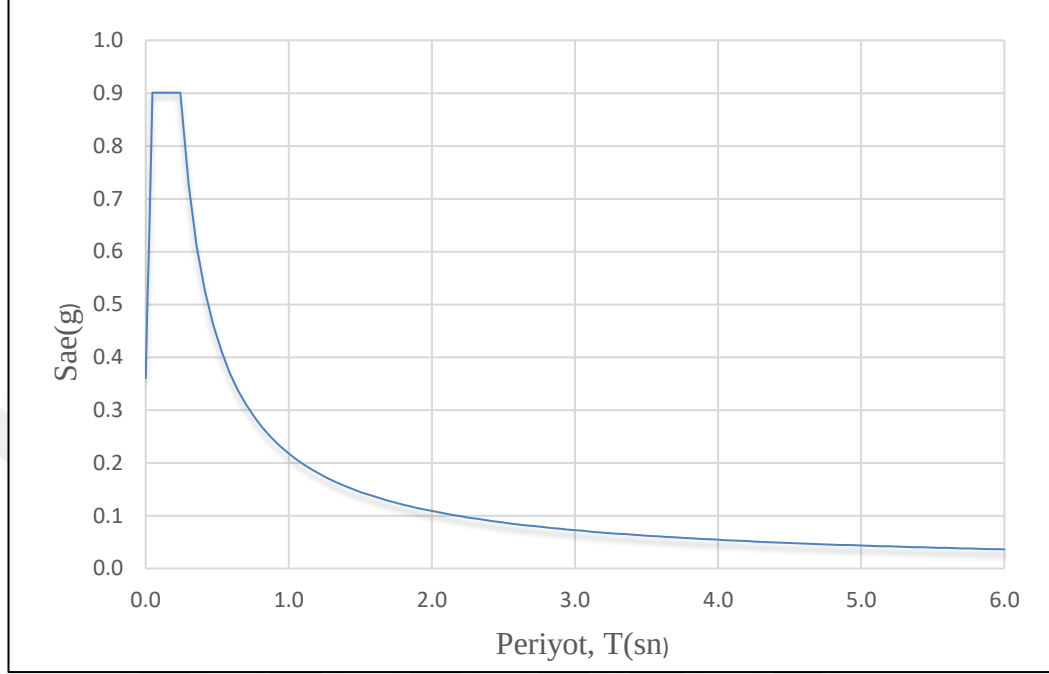
$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Şekil 4.3: Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları.

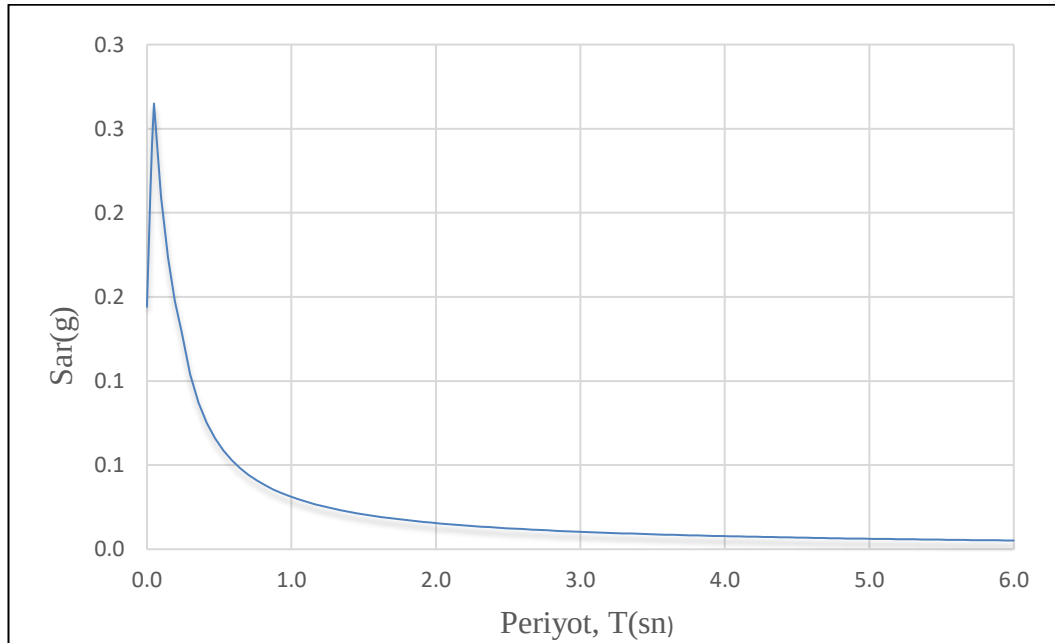


Şekil 4.4: Yatay elastik tasarım spektrumu.

TBDY 2018 şartlarına göre tasarlanacak yapının deprem parametrelerine bağı olarak belirlenen yatay elastik tasarım spektrumu ve azaltılmış tasarım spektrumları Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.



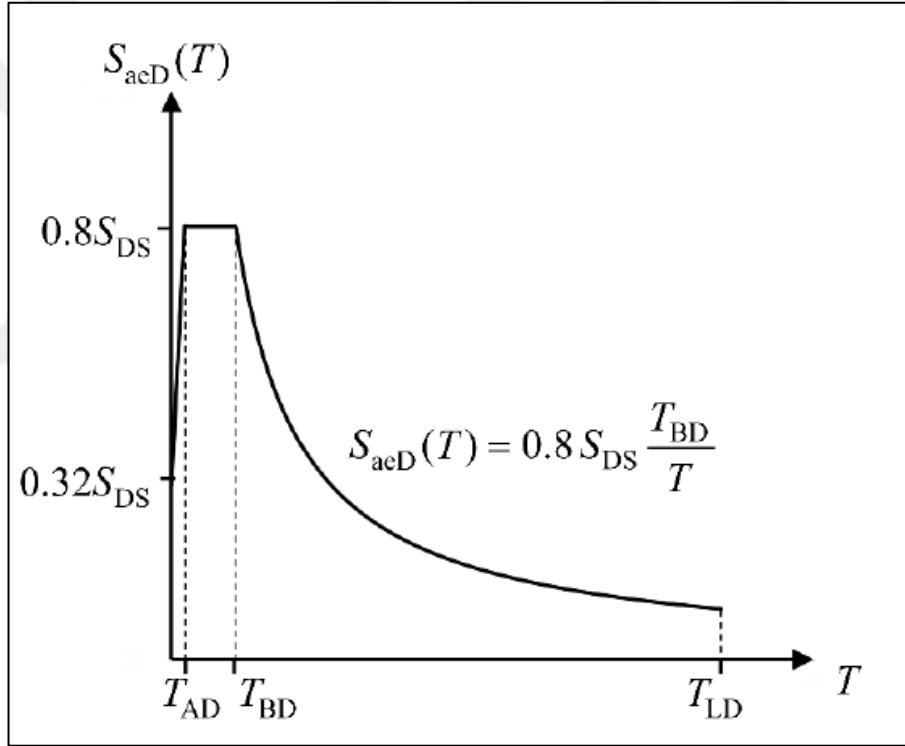
Şekil 4.5: Yatay elastik tasarım spektrumu.



Şekil 4.6: Azaltılmış tasarım spektrumu.

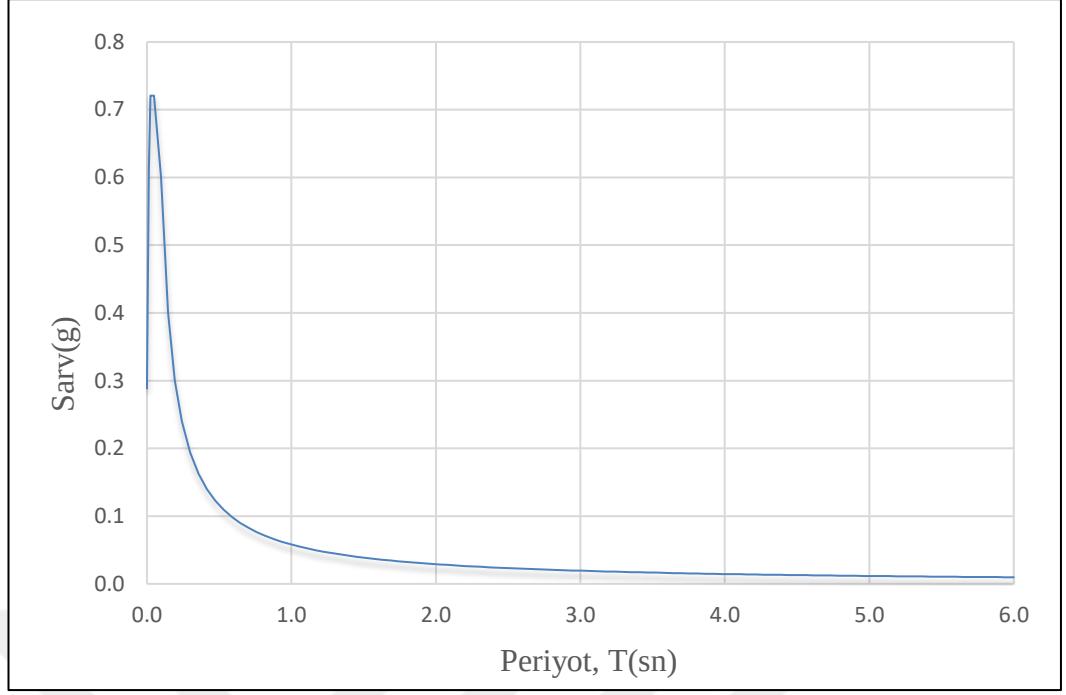
4.2.7. Düşey Deprem Etkisi

TBDY-2018 ile beraber gelen düşey elastik tasarım spektrumundan kolon süreksizliğinin bulunduğu taşıyıcı elemanların iç kuvvetleri incelenirken faydalanılır. TBDY-2018 Madde 4.4.3.1'e göre düşey deprem etkisi $R/I=1$ ve $D=1$ alınması gerekmektedir. Onun haricinde bütün taşıyıcı elemanlar için " $E_d=(2/3) \times S_{ds} \times G$ " formülü kullanılarak düşey deprem etkisi alınmış olur. Yük kombinasyonlarında düşey deprem, ölü yüklere etkililerek ETABS modeline girilir. Şekil 4.7'de düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, S_{DS} ve doğal titreşim periyodunun bağıntısı gösterilmiştir. $E_d = (2/3) \times S_{ds} \times G = 0.18$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.7: Düşey elastik tasarım spektrumu.

TBDY-2018'e göre hazırlanan ETABS modeline tanımlanmış düşey elastik tasarım spektrum grafiği Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Düşey elastik tasarım spektrumu.

4.2.8. TBDY-2018'e Göre Tasarımda Kullanılan Yük Birleşimleri

TBDY-2018'e göre yük kombinasyonları Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Yapıda B3 türü düzensizlik bulunduğundan, kolon süreksizliğinin olduğu kolon ve kirişlerde, düşey deprem spektrumunun tanımlandığı yük kombinasyonları dikkate alınmıştır. Düzensizliğin bulunmadığı kolon ve kirişler için ise düşey deprem etkisinin ölü yük katsayısına etkitildiği yük kombinasyonları göz önüne alınmıştır. Yük kombinasyonlarında bulunan G, taşıyıcı elemanların zati ağırlıklarını ve kaplama yüklerini, Q ise hareketli yükleri belirtmektedir. X yönündeki deprem kuvveti EX, Y yönündeki deprem kuvveti ise EY olarak tanımlanır. EZ ise düşey yöndeki deprem kuvvetini ifade etmektedir.

Tablo 4.6: TBDY-2018' göre yük kombinasyonları.

Yük Kombinasyonları	
1.4G+1.6Q	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ
1.18G+Q+EX+0.3EY	G+Q-0.3EX-EY+0.3EZ
1.18G+Q+EX-0.3EY	G+Q+0.3EX+EY+0.3EZ
1.18G+Q-EX+0.3EY	G+Q+0.3EX-EY+0.3EZ
1.18G+Q-EX-0.3EY	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ
1.18G+Q+0.3EX+EY	G+Q+EX+0.3EY+0.3EZ
1.18G+Q+0.3EX-EY	G+Q-EX-0.3EY+0.3EZ
1.18G+Q-0.3EX+EY	G+Q-EX+0.3EY+0.3EZ
1.18G+Q-0.3EX-EY	0.9G-0.3EX+EY-0.3EZ
0.72G+EX+0.3EY	0.9G-0.3EX-EY-0.3EZ
0.72G+EX-0.3EY	0.9G+0.3EX+EY-0.3EZ
0.72G-EX+0.3EY	0.9G+0.3EX-EY-0.3EZ
0.72G-EX-0.3EY	0.9G+EX-0.3EY-0.3EZ
0.72G+0.3EX+EY	0.9G+EX+0.3EY-0.3EZ
0.72G+0.3EX-EY	0.9G-EX-0.3EY-0.3EZ
0.72G-0.3EX+EY	0.9G-EX+0.3EY-0.3EZ
0.72G-0.3EX-EY	

4.2.9. Hesap Yöntemi

TBDY-2018 3.3.1.1'e göre rijit bodrum kabulü yapılabilmesi için, bodrum perdelerinin yapının en az üç tarafında da olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra bodrum katların hem dahil edildiği hem de dahil edilmediği iki farklı ETABS modeli oluşturulup doğal titreşim periyotları belirlenir. Eğer bodrumlu modelin periyodu bodrum dahil edilmeden yapılan modelin periyodundan 1.1 kat daha az ise şart sağlanmış olur. Fakat rijit bodrum kabulü yapılabilmesi için iki şartında sağlanması gerekir.

Bodrumlu ve bodrumsuz olmak üzere iki farklı model hazırlanmıştır. $T_{p,üst}$ değeri 0.57 sn, $T_{p,tüm}$ değeri 0.71 sn olarak bulunmuştur. $T_{p,tüm} / T_{p,üst}$ oranı 1.245 olarak elde edilmiştir. Bulunan değer 1.1'den büyük olduğu için rijit bodrum kabulü yapılamamaktadır. Böylece binanın tabanı temel üst kotu olarak belirlenmiştir.

Binada oluşan taban kesme kuvveti depremin etkisiyle yapıların temelinden başlayarak bina yüksekliği boyunca meydana gelen yanal yüküdür. TBDY-2018'de sadece taban kesme kuvveti sınırlandırılmayıp yapının hâkim doğal titreşim periyoduna da sınırlama getirilmiştir. Yapı için tespit edilen hâkim doğal titreşim

periyodu ampirik doğal titreşim periyodunun 1.4 katından daha yüksek olmaması gerekir. Eğer yüksek ise ampirik periyodun 1.4 katı göz önüne alınarak eşitlik (4.2)'ye göre deprem hesabı yapılmalıdır. Tasarlanan bina için $C_t = 0.07$ alınarak ampirik periyot bulunmuştur.

$$T_{pA} = C_t \times H_N^{3/4} \quad (4.2)$$

- $T_{pA} = 0.07 \times 24^{0.75} = 0.759 \text{ s}$
- $T_p = 0.71 < 1.4 \times 0.759 = 1.06 \text{ s}$

Bina hakim titreşim periyodu belirlenen sınırın altında olduğu için $T_p = 0.71 \text{ s}$ olarak hesaplar yapılmıştır. Böylece eşdeğer deprem yükü eşitlik (4.3)'te tanımlandığı gibi bulunacaktır.

$$V_{tE} = m_t \times S_{aR}(T_p) \geq 0.04 \times m_t \times I \times S_{DS} \times g \quad (4.3)$$

- Yapı ağırlığı ($W = m \times g$) = 97874 Kn
- $S_{ae}(T) = S_{D1}/T = 0.218/0.71 = 0.307$
- $S_{aR}(T) = S_{ae}(T) / R_a(T) = 0.307/7 = 0.0438$
- $V_t = 0.04 \times m_t \times S_{DS} \times I \times g = 0.04 \times m_t \times 0.901 \times 1 \times g = 0.03604 \times W = 3527 \text{ kN}$
- $V_{tE} = m_t \times g \times S_{aR}(T_p) = 97874 \times 0.0438 = 4287 \text{ kN}$

Tablo 4.7: Taban kesme kuvvetleri.

Yön	W (kN)	V_{tE} kN)
X	97874	4287
Y	97874	4287

4.2.10. Mod Birleştirme Yöntemi

DBYBHY-2007'ye kıyasla TBDY-2018'de kütle katılım oranı %5 artırılmıştır. Yeni kurala göre bu oran %95'ten düşük olamaz. Buna ek olarak kütle katılımı %3'ten fazla olan tüm mod değerleri incelenecektir. Binanın titreşim modları, yapının simetrik olmasından dolayı x ve y yönünde eşit olarak 0.71 sn olarak bulunmuştur. Üçüncü

mod şekli ise burulma modu olarak belirlenmiş olup doğal titreşim periyodu 0.625 sn'dir. Göz önüne alınan 21 mod için kütle katılım oranı her iki yönde eşit ve % 95.49 olarak elde edilmiş olup, %95 kütle katılım oranı 19. mod ile beraber her iki yön için de sağlanmaktadır. Toplamda 21 moda göre kütle katılım oranları ve periyot değerleri Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8: Modal analiz sonuçları ve kütle katılım oranları.

Mod	Periyot	UX	UY	UZ	Toplam UX	Toplam UY	Toplam RZ
	sn						
1	0.71	0.09	0.57	0.00	0.09	0.57	0.00
2	0.71	0.57	0.09	0.00	0.66	0.66	0.00
3	0.625	0.00	0.00	0.00	0.66	0.66	0.57
4	0.184	0.01	0.19	0.00	0.67	0.85	0.57
5	0.184	0.19	0.01	0.00	0.86	0.86	0.57
6	0.178	0.00	0.00	0.00	0.86	0.86	0.76
7	0.107	0.00	0.00	0.00	0.86	0.86	0.79
8	0.099	0.00	0.04	0.00	0.86	0.90	0.79
9	0.099	0.04	0.00	0.00	0.90	0.90	0.79
10	0.077	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.79
11	0.074	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.79
12	0.073	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.79
13	0.07	0.00	0.01	0.00	0.90	0.91	0.79
14	0.07	0.01	0.00	0.00	0.91	0.91	0.79
15	0.067	0.00	0.03	0.00	0.91	0.94	0.79
16	0.067	0.03	0.00	0.00	0.94	0.94	0.79
17	0.062	0.00	0.00	0.00	0.94	0.94	0.79
18	0.06	0.00	0.02	0.00	0.94	0.95	0.79
19	0.06	0.02	0.00	0.00	0.95	0.95	0.79
20	0.057	0.00	0.00	0.00	0.95	0.95	0.79
21	0.057	0.00	0.00	0.00	0.95	0.96	0.79

Eşdeğer deprem yükünden gelen taban kesme kuvvetinin mod birleştirme metodundan gelen taban kesme kuvvetine oranı β katsayısından büyük olduğu takdirde mod birleştirme metoduyla bulunan değer ile hesaplara devam edilir.

- V_t : 4287 kN
- V_{tB} : 4448 kN
- V_{tB} / V_t : $4448 / 4287 = 1.03 > 0.90$
- B_{tE} : $1.03 / 0.90 = 1.15$

ETABS programında mod birleştirme metoduyla elde edilen 4448 kN taban kesme kuvvetinin hiçbir büyütme katsayısı ile çarpılmadan deprem hesapları devam ettirilecektir.

4.2.11. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı Kontrolü

Sadece perdelerine gelen toplam devrilme momenti, tüm yapıya gelen toplam devrilme momentinin %40'ından yüksek ve %75'inden düşük olduğu için taşıyıcı sistem davranış katsayısında herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır. Bodrum katın kolon ve perdelerine gelen devrilme momentleri Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da görülmektedir.

Tablo 4.9: Bodrum kat kolon iç kuvvetleri.

Kat	Kolon	Kombinasyon	P kN	V2 kN	V3 kN	T kN-m	M2 kN-m	M3 kN-m
Bodrum	C1	SPECX Max	95.03	8.45	5.27	0.67	5.04	7.53
Bodrum	C2	SPECX Max	18.64	8.21	7.27	1.16	5.38	8.1
Bodrum	C3	SPECX Max	17.67	6.57	4.67	0.74	3.43	17.66
Bodrum	C4	SPECX Max	18.38	8.07	1.58	0.27	1.16	23.9
Bodrum	C5	SPECX Max	18.38	8.07	1.58	0.27	1.16	23.9
Bodrum	C6	SPECX Max	17.67	6.57	4.67	0.74	3.43	17.66
Bodrum	C7	SPECX Max	18.64	8.21	7.27	1.16	5.38	8.1
Bodrum	C8	SPECX Max	95.03	8.46	5.27	0.67	5.04	7.53
Bodrum	C9	SPECX Max	1.73	13.03	0.57	0.44	0.99	9.55
Bodrum	C10	SPECX Max	13.03	4.67	0.83	0.82	1.46	8.55
Bodrum	C11	SPECX Max	12.56	6.1	0.35	0.51	0.62	22.01
Bodrum	C12	SPECX Max	23.37	9.13	0.09	0.19	0.11	28.21
Bodrum	C13	SPECX Max	23.37	9.13	0.09	0.19	0.11	28.21
Bodrum	C14	SPECX Max	12.56	6.1	0.35	0.51	0.62	22.01
Bodrum	C15	SPECX Max	13.03	4.67	0.83	0.82	1.46	8.55
Bodrum	C16	SPECX Max	1.73	13.03	0.57	0.44	0.99	9.55
Bodrum	C17	SPECX Max	0.16	12.87	0.32	0.35	0.72	9.41
Bodrum	C18	SPECX Max	8.75	4.21	0.6	0.8	1.05	8.33
Bodrum	C23	SPECX Max	8.75	4.21	0.6	0.8	1.05	8.33
Bodrum	C24	SPECX Max	0.16	12.87	0.32	0.35	0.72	9.41
Bodrum	C25	SPECX Max	0.07	12.78	0.12	0.33	0.27	9.35
Bodrum	C26	SPECX Max	26.05	3.98	0.56	0.82	0.69	8.14
Bodrum	C28	SPECX Max	1.9	14.09	0.61	0.33	0.76	47.53

Tablo 4.9: Devam.

Bodrum	C29	SPECX Max	1.9	14.09	0.61	0.33	0.77	47.53
Bodrum	C31	SPECX Max	26.05	3.98	0.56	0.82	0.7	8.14
Bodrum	C32	SPECX Max	0.07	12.78	0.12	0.33	0.28	9.35
Bodrum	C33	SPECX Max	0.07	12.78	0.12	0.33	0.28	9.35
Bodrum	C34	SPECX Max	26.05	3.98	0.56	0.82	0.7	8.14
Bodrum	C36	SPECX Max	1.9	14.09	0.61	0.33	0.77	47.53
Bodrum	C37	SPECX Max	1.91	14.09	0.61	0.33	0.76	47.53
Bodrum	C39	SPECX Max	26.05	3.98	0.56	0.82	0.7	8.14
Bodrum	C40	SPECX Max	0.07	12.78	0.12	0.33	0.27	9.35
Bodrum	C41	SPECX Max	0.16	12.87	0.32	0.35	0.72	9.41
Bodrum	C42	SPECX Max	8.75	4.21	0.6	0.8	1.05	8.33
Bodrum	C47	SPECX Max	8.75	4.21	0.6	0.8	1.05	8.33
Bodrum	C48	SPECX Max	0.16	12.87	0.32	0.35	0.72	9.41
Bodrum	C49	SPECX Max	1.73	13.03	0.57	0.44	0.99	9.55
Bodrum	C50	SPECX Max	13.03	4.67	0.83	0.82	1.46	8.55
Bodrum	C51	SPECX Max	12.56	6.11	0.35	0.51	0.62	22.01
Bodrum	C52	SPECX Max	23.37	9.13	0.09	0.19	0.11	28.21
Bodrum	C53	SPECX Max	23.37	9.13	0.09	0.19	0.11	28.21
Bodrum	C54	SPECX Max	12.56	6.11	0.35	0.51	0.62	22.01
Bodrum	C55	SPECX Max	13.03	4.68	0.83	0.82	1.46	8.55
Bodrum	C56	SPECX Max	1.73	13.03	0.57	0.44	0.99	9.55
Bodrum	C57	SPECX Max	95.03	8.45	5.27	0.67	5.04	7.53
Bodrum	C58	SPECX Max	18.64	8.21	7.27	1.16	5.38	8.1
Bodrum	C59	SPECX Max	17.67	6.57	4.67	0.74	3.43	17.66
Bodrum	C60	SPECX Max	18.38	8.07	1.58	0.27	1.16	23.9
Bodrum	C61	SPECX Max	18.38	8.07	1.58	0.27	1.16	23.9
Bodrum	C62	SPECX Max	17.67	6.57	4.67	0.74	3.43	17.66
Bodrum	C63	SPECX Max	18.64	8.21	7.27	1.16	5.38	8.1
Bodrum	C64	SPECX Max	95.03	8.46	5.27	0.67	5.04	7.53

Tablo 4.10: Bodrum kat perde iç kuvvetleri.

Kat	Perde	Kombinasyon	P	V2	V3	T	M2	M3
			kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
Bodrum	P1Y	SPECX Max	1354.04	163.89	5.41	5.91	9.74	400.13
Bodrum	P2Y	SPECX Max	1354.04	163.89	5.41	5.91	9.74	400.13
Bodrum	P3Y	SPECX Max	1353.81	163.87	5.41	5.91	9.74	400.29
Bodrum	P4Y	SPECX Max	1353.81	163.87	5.41	5.91	9.74	400.29

- $M_{perde} = 1600.83 \text{ kNm}$
- $M_{kolon} = 833.11 \text{ kNm}$
- $M_o = 2433.94 \text{ kNm}$

$$0.40M_o \leq \Sigma M_{DEV} \leq 0.75M_o \quad (4.4)$$

- $0.40 \times 2433.94 \leq 1600.83 \leq 0.75 \times 2433.94$
- $973.57 \leq 1600.83 \leq 1825.45$

4.3. Göreli Kat Öteleme Oranlarının Kontrolü

Eşitlik (4.5)'te göreli kat ötelemesi kontrolü için kullanılan formülasyon gösterilmiştir.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i} \leq 0.008\kappa \quad (4.5)$$

$\delta_{i,max}$ simgesi herhangi bir kat için hesaplanan maksimum ötelenmedir. h_i değeri yapıda bulunan bir katın sahip olduğu yüksekliktir. λ katsayısı, TBDY-2018 4.9.1.4'te tanımlandığı üzere hesabın yapıldığı deprem yönündeki hakim titreşim periyodu için DD-3 deprem yer hareketi düzeyindeki elastik tasarım spektral ivmesinin DD-2 deprem yer hareketi düzeyindeki elastik tasarım spektral ivmesine oranını ifade etmektedir (eşitlik 4.6) ve bu katsayı 0.35 – 0.40 mertebelerinde değişmektedir. “ κ ” ise, tasarımı yapılan binanın betonarme olmasından dolayı “ $\kappa=1$ ” alınması gerekir.

$$\lambda = \frac{S_{ae,DD-3}}{S_{ae,DD-2}} = \frac{0.086}{0.218} = 0.394 \quad (4.6)$$

Tablo 4.11: Göreli kat öteleme oranlarının kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{\max} \text{ (m)}$	R	$h_i \text{ (m)}$	λ	$\delta_i = \lambda(R \times \Delta_i)/h_i$
5	0.00134	7	3.2	0.394	0.0001651
4	0.001428	7	3.2	0.394	0.0001758
3	0.001410	7	3.2	0.394	0.0001736
2	0.001363	7	3.2	0.394	0.0001678
1	0.001238	7	3.2	0.394	0.0001524
Zemin	0.001546	7	4	0.394	0.0001523
Bodrum	0.000578	7	4	0.394	0.00005693

Tablo 4.11’de hazırlanmış olan tabloya göre, en büyük göreli kat öteleme oranı 4. katta 0.000175 olarak bulunmuştur. Tespit edilen bu oranın 0.008 olan sınırın altında olduğu belirlenmiştir.

4.4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Eşitlik (4.7)’de İkinci Mertebe Gösterge Değeri, $\theta_{II,i}$ formülü verilmektedir.

$$\theta_{II,i} = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{k=i}^N W_k}{V_i h_i} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \quad (4.7)$$

Tablo 4.11’de ikinci mertebe etkilerinin kontrolü eşitlik (4.7)’de belirtilen formüle göre hesaplamaları yapılmıştır. TBDY-2018’ göre betonarme binalar için $C_h=0.5$ alınması gerekmektedir. Eşitlikte yer alan “ $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ ”, herhangi bir kat için hesaplanan ortalama göreli kat ötelemesini, w_k yapıdaki herhangi bir katın toplam ağırlığını, V_i herhangi bir katın x veya y yönlerindeki kesme kuvvetini, h_i ise yapıda bulunan bir katın sahip olduğu yüksekliği ifade etmektedir.

Tablo 4.12: İkinci mertebe etkilerinin kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	w_j (kN)	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i	$(0.12 \times D)/(C_h \times R)$
5	0.00131	12763	1467	3.2	0.0036	0.0857
4	0.00141	12763	2116	3.2	0.0027	0.0857
3	0.00140	12763	2302	3.2	0.0024	0.0857
2	0.00133	12763	2493	3.2	0.0021	0.0857
1	0.00119	12763	2913	3.2	0.0016	0.0857
Zemin	0.00134	17711	3860	4	0.0015	0.0857
Bodrum	0.00032	19552	4448	4	0.0004	0.0857

En yüksek ikinci mertebe gösterge değeri 5. katta bulunmuştur. 0.0036 olarak bulunan bu değer, 0.0857 olarak hesaplanan sınır değerın altında kaldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla yönetmeliğin belirlediği koşulları sağladığı görülmektedir.

4.5. Düzensizlik Kontrolleri

4.5.1. A1 - Burulma Düzensizliği Kontrolü

Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'te çeşitli yüklemeler altında yapılmış burulma düzensizliği kontrolü görülmektedir. Kontrol yapılırken her bir kat için farklı burulma düzensizliği katsayıları bulunmuştur. Bu katsayı maksimum görelî kat ötelemesinin ortalama görelî kat ötelemesine oranlayarak bulunmaktadır.

Tablo 4.13: EX yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	η_{bi}
5.Kat	0.0017	0.00162	1.06
4.Kat	0.0019	0.00178	1.04
3.Kat	0.0019	0.00183	1.04
2.Kat	0.0019	0.00181	1.05
1.Kat	0.0018	0.00166	1.07
Zemin	0.0020	0.00176	1.16
Bodrum	0.0007	0.00037	1.80

Tablo 4.14: SPECX yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	$(\Delta i)_{\max}$ (m)	$(\Delta i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{bi}
5.Kat	0.00134	0.00131	1.02
4.Kat	0.00143	0.00141	1.01
3.Kat	0.00141	0.00139	1.01
2.Kat	0.00136	0.00133	1.02
1.Kat	0.00124	0.00119	1.04
Zemin	0.00155	0.00134	1.16
Bodrum	0.00058	0.00032	1.80

Hesaplar neticesinde burulma düzensizliği katsayılarının zemin ve normal katlar için sınır değer olan 1.2'den az olduğu tespit edilmiş olup sadece bodrum katta burulma düzensizliği ortaya çıkmaktadır.

4.5.2. A2 - Döşeme Süreksizliği Kontrolü

Yapıda döşeme süreksizliğine sebebiyet verecek herhangi bir boşluk olmadığı için A2 düzensizlik kontrolüne gerek yoktur. Binanın tasarımı esnasında böyle bir düzensizlik meydana gelmemesi için kalıp planları buna göre oluşturulmuştur.

4.5.3. A3 – Planda Çıkıntıların Bulunma Düzensizliği Kontrolü

1. katta kolon süreksizliğinin meydana gelmesi için dış kolonlar içeri çekilerek girişlerin üstüne oturtulmuştur. Bu işlemin sonucunda kenarlarda üçer metrelik çıkıntılar ortaya çıkmıştır. Planda oluşan bu çıkıntılara rağmen yönetmelikte belirlenen %20 sınır değerinin altında kalmaktadır.

4.5.4. B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Kontrolü

Bodrum, zemin ve normal katlar kendi aralarında aynı plana sahip olmalarına ilaveten dolgu duvarların konumlandırılmasında da katlar arasında bir fark olmadığı için zayıf kat oluşumu beklenmemektedir.

4.5.5. B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü

Tablo 4.15 ve Tablo 4.16’da komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolleri yapılmıştır. Yapıda bulunan bir katın, bodrum katlar hariç, ortalama görelî kat ötelemesi değeri nin o katın bir üst ve bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi değeri ne oranı olarak tanımlanabilir. Kontrollere göre tespit edilen en yüksek rijitlik düzensizliği katsayısı 1.172 olarak bulunmuştur. Yönetmelik gereği 2.00 olarak sınırlandırılan değeri den az olduğu için binada B2 düzensizliği söz konusu değildir.

Tablo 4.15: EX yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}/h_i$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
5	0.0016	3.2	0.00051	-	0.909
4	0.0018	3.2	0.00056	1.100	0.974
3	0.0018	3.2	0.00057	1.026	1.010
2	0.0018	3.2	0.00057	0.990	1.095
1	0.0017	3.2	0.00052	0.913	1.172
Zemin	0.0018	4	0.00044	0.853	-

Tablo 4.16: SPECX yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}/h_i$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
5	0.0013	3.2	0.00041	-	0.931
4	0.0014	3.2	0.00044	1.075	1.011
3	0.0014	3.2	0.00044	0.989	1.047
2	0.0013	3.2	0.00042	0.955	1.122
1	0.0012	3.2	0.00037	0.891	1.108
Zemin	0.0013	4	0.00033	0.902	-

4.6. TBDY-2018 Esaslarına Göre Bulunan İç Kuvvet Değerleri

Bu bölümde, 2018 deprem yönetmeliğinin şartlarını dikkate alarak yük kombinasyonları ile ETABS programında elde edilen taşıyıcı elemanların iç kuvvet değeri leri hesaplanmıştır.

4.6.1. Kirişlere Ait İç Kuvvet Değerleri

Yapının tasarımı mod birleştirme metoduna göre yapılırken, yalnızca A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan zemin kat kirişlerinin iç kuvvetleri dikkate alınmıştır. Kolon, kiriş, döşeme ve perde gibi elemanların yanı sıra yüklerin de simetrik olmasından dolayı yalnızca x yönündeki kirişler dikkate alınmıştır. Kirişlerin iç kuvvetleri hesaplanırken en elverişsiz yük kombinasyonlarına göre moment değerleri ve kesme kuvvetleri bulunmuştur. Tasarım hesapları sırasında yönetmelik şartlarınca belirlenen %5 oranında eksantrisite hem pozitif hem negatif yönü de dahil olmak üzere ETABS modeline girilmiştir. Depremleri kombinasyonlarda X yönündeki deprem kuvvetinin yanı sıra Y yönündeki deprem kuvveti de hesaba katılmıştır. 0.3 katsayısı Y yönündeki deprem kuvvetine kombinasyonlarda tanımlanmıştır.

Tablolarda gösterilmiş olan zemin kat kirişlerinin mesnet ve açıklık momentlerinin yanı sıra kesme kuvvetlerinin de en elverişsiz kombinasyona göre belirlendiği ortaya koyulmuştur. TBDY-2018’de yer alan B3 türü kolon süreksizliğinin meydana geldiği yapılarda, üzerine kolon veya perdelerin oturmuş olduğu kirişlere ilaveten bu kirişlere bağlanan diğer tüm taşıyıcı elemanlar için düşey elastik tasarım spektrumunu da dikkate alarak iç kuvvetler incelenecektir. Bununla beraber, ortalarına 1. kat kolonlarının oturduğu KZ2027, KZ2034 ve KZ2039 kirişleri ile bu kirişlere bağlantısı olan KZ2028, KZ2035, KZ2040, KZ2041, KZ2042 kirişlerinin iç kuvvet değerleri incelenirken düşey elastik tasarım spektrumu da göz önüne alınmıştır. Bu kirişlerin dışında kalan KZ2029, KZ2030, KZ2036, KZ2046, KZ2047, KZ2048, KZ2049 kirişlerinde ise düşey deprem etkisini görebilmek için “ $E_d = (2/3) \times S_{ds} \times G$ ” formülünden yararlanılarak kombinasyonlarda ölü yüke eklenmiştir. Tablo 4.17’de hesabı yapılan zemin kat kirişlerin moment değerleri, Tablo 4.18’de ise bu kirişlere ait kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Tablo 4.17: Zemin kat kirişleri moment değerleri.

Kiriş İsmi	Yük Kombinasyonu	Sol Mesnet Momenti (M3)	Açıklık Momenti (M3)	Sağ Mesnet Momenti (M3)
KZ2046	1.18G+Q+EX+0.3EY	-55	42	-65
KZ2047	1.18G+Q+EX+0.3EY	-62	48	-62
KZ2048	1.18G+Q+EX+0.3EY	-63	49	-63
KZ2049	1.18G+Q+EX+0.3EY	-63	49	-63
KZ2039	1.4G+1.6Q	-244	414	-271
KZ2040	1.4G+1.6Q	-125	84	-107
KZ2041	1.4G+1.6Q	-111	85	-112
KZ2042	1.4G+1.6Q	-114	87	-114
KZ2034	1.4G+1.6Q	-303	561	-392
KZ2035	1.4G+1.6Q	-128	82	-123
KZ2036	1.18G+Q+EX+0.3EY	-127	72	-127
KZ2027	1.4G+1.6Q	-289	522	-332
KZ2028	1.4G+1.6Q	-125	80	-139
KZ2029	1.18G+Q+0.3EX+EY	-115	65	-106
KZ2030	1.18G+Q+EX+0.3EY	-92	66	-92

Tablo 4.18: Zemin kat kirişleri kesme kuvveti değerleri.

Kiriş İsmi	Yük Kombinasyonu	Sol Mesnet Kesme Kuvveti (V2)	Sağ Mesnet Kesme Kuvveti (V2)
KZ2046	1.18G+Q+EX+0.3EY	-69	72
KZ2047	1.18G+Q+EX+0.3EY	-66	68
KZ2048	1.18G+Q+EX+0.3EY	-68	69
KZ2049	1.18G+Q+EX+0.3EY	-68	68
KZ2039	1.4G+1.6Q	-296	270
KZ2040	1.4G+1.6Q	-127	122
KZ2041	1.4G+1.6Q	-123	123
KZ2042	1.4G+1.6Q	-125	125
KZ2034	1.4G+1.6Q	-350	331
KZ2035	1.4G+1.6Q	-130	109
KZ2036	1.18G+Q+EX+0.3EY	-124	124
KZ2027	1.4G+1.6Q	-352	334
KZ2028	1.4G+1.6Q	-128	116
KZ2029	1.18G+Q+0.3EX+EY	-117	123
KZ2030	1.18G+Q+EX+0.3EY	-125	125

4.6.2. Kolonlara Ait İç Kuvvet Değerleri

Kolonlarda ortaya çıkan iç kuvvetler, mod birleştirme metoduyla ETABS programını kullanarak elde edilmiştir. Yalnızca A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan zemin kat kolonlarının iç kuvvetleri dikkate alınmıştır. Tüm kolonlar için kombinasyonlarda düşey deprem etkisi alınmıştır. Ayrıca SZ169 ve SZ127 kolonları hariç diğer kolonlarda düşey elastik tasarım spektrumu altında iç kuvvetler incelenmiştir. Kolonların iç kuvvetleri incelenirken en elverişsiz eksenel yük ve kesme kuvvetine göre iki farklı sonuç elde edilip tablolar oluşturulmuştur. Yük kombinasyonları oluşturulurken depremin doğrultusu ve eksantrisitenin pozitif ve negatif yönleri dikkate alınarak kolon eksenel yükleri ve kesme kuvvetleri bulunmuştur. Tablo 4.19’da en elverişsiz eksenel yüke göre zemin kat kolonlarının iç kuvvet değerleri gösterilmiştir. Tablo 4.20’de ise en elverişsiz kesme kuvvetine göre zemin kat kolonlarının iç kuvvet değerleri incelenmiştir.

Tablo 4.19: En elverişsiz eksenel yüke göre zemin kat kolonları iç kuvvetleri.

Kolon İsmi	Yük Kombinasyonu	P	V2	V3	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m
SZ269	1.4G+1.6Q	-193.5	-40.9	-40.9	-42.8	-42.8
SZ270	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-410.8	-5.5	-132.3	-179.4	-19.2
SZ271	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-458.6	-8.5	-148.6	-186.7	-22.7
SZ272	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-460.5	-8.2	-148.6	-184.8	-22.2
SZ267	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-410.8	-132.3	-5.5	-19.2	-179.4
SZ236	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-2269.9	18.1	7.0	-16.9	9.1
SZ237	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-2543.6	-2.5	25.2	7.3	-6.4
SZ238	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-2559.5	-15.5	35.0	28.5	-39.2
SZ265	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-458.6	-148.6	-8.5	-22.7	-186.7
SZ232	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-2543.6	25.2	-2.5	-6.4	7.3
SZ263	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-460.5	-148.6	-8.2	-22.2	-184.8
SZ226	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-2559.5	35.0	-15.5	-39.2	28.5
SZ227	1.4G+1.6Q	-3584.8	-0.4	-0.4	-1.3	-1.3

Tablo 4.20: En elverişsiz kesme kuvvetine göre zemin kat kolonları iç kuvvet değerleri.

Kolon İsmi	Yük Kombinasyonu	P	V2	V3	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m
SZ269	1.18G+Q+EX+0.3EY	-160.6	-51.9	-38.6	-54.9	-94.8
SZ270	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-410.8	-5.5	-132.3	-179.4	-19.2
SZ271	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-458.6	-8.5	-148.6	-186.7	-22.7
SZ272	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-460.5	-8.2	-148.6	-184.8	-22.2
SZ267	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-410.8	-132.3	-5.5	-19.2	-179.4
SZ236	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-2236.0	42.5	31.5	37.3	63.3
SZ237	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-2513.9	7.8	50.8	65.7	18.4
SZ238	G+Q-0.3EX+EY+0.3EZ	-2499.4	3.9	51.9	66.4	9.5
SZ265	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-458.6	-148.6	-8.5	-22.7	-186.7
SZ232	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-2513.9	50.8	7.8	18.4	65.7
SZ263	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-460.5	-148.6	-8.2	-22.2	-184.8
SZ226	G+Q+EX-0.3EY+0.3EZ	-2499.4	51.9	3.9	9.5	66.3
SZ227	1.18G+Q+EX+0.3EY	-2761.6	-13.3	-5.9	-15.2	-38.1

4.6.3 Perdeler Ait İç Kuvvet Değerleri

Yapıda bulunan taşıyıcı perdelerin, ETABS programı kullanılarak iç kuvvet değerleri elde edilmiştir. ETABS’da perdeler modellenirken shell (kabuk) eleman olarak seçilmesi gerekmektedir. Perdelerin doğru bir şekilde yük aktarımını sağlayabilmesi için 1m²’yi geçmeyecek biçimde parçalara ayrılmıştır. Yalnızca A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan P3 perdesinin iç kuvvet değerleri dikkate alınmıştır. Tablo 4.21’de P3 perdesinin her kat için en elverişsiz yük kombinasyonları altında eksenel yükleri, moment değerleri ve kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Tablo 4.21: P3 perdesinin iç kuvvet değerleri.

Kat	Yük Kombinasyonu	P	V2	V3	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m
5.Kat	1.4G+1.6Q	-1957	-296	-296	-112	-112
	1.18G+Q+EX+0.3EY	-1504	73	-23	516	779
	1.18G+Q+0.3EX+EY	-1504	-23	73	779	516
	0.72G+EX+0.3EY	-681	201	104	561	824
	0.72G+0.3EX+EY	-681	104	201	824	561
4.Kat	1.4G+1.6Q	-3921	-309	-309	-274	-274
	1.18G+Q+EX+0.3EY	-3013	228	65	1250	1891
	1.18G+Q+0.3EX+EY	-3013	65	228	1891	1250
	0.72G+EX+0.3EY	-1364	363	201	1369	2009
	0.72G+0.3EX+EY	-1364	201	363	2009	1369
3.Kat	1.4G+1.6Q	-5885	-280	-280	-344	-344
	1.18G+Q+EX+0.3EY	-4522	304	122	2075	3056
	1.18G+Q+0.3EX+EY	-4522	122	304	3056	2075
	0.72G+EX+0.3EY	-2047	427	245	2225	3206
	0.72G+0.3EX+EY	-2047	245	427	3206	2225
2.Kat	1.4G+1.6Q	-7846	-257	-257	-338	-338
	1.18G+Q+EX+0.3EY	-6030	383	178	2925	4184
	1.18G+Q+0.3EX+EY	-6030	178	383	4184	2925
	0.72G+EX+0.3EY	-2730	495	290	3073	4333
	0.72G+0.3EX+EY	-2730	290	495	4333	3073
1.Kat	1.4G+1.6Q	-9809	-293	-293	-447	-447
	1.18G+Q+EX+0.3EY	-7540	419	189	3671	5185
	1.18G+Q+0.3EX+EY	-7540	189	419	5185	3671
	0.72G+EX+0.3EY	-3415	545	314	3862	5375
	0.72G+0.3EX+EY	-3415	314	545	5375	3862
Zemin Kat	1.4G+1.6Q	-11825	-134	-134	-140	-140
	1.18G+Q+EX+0.3EY	-9099	689	350	5014	7104
	1.18G+Q+0.3EX+EY	-9099	350	689	7104	5014
	0.72G+EX+0.3EY	-4134	749	410	5077	7167
	0.72G+0.3EX+EY	-4134	410	749	7167	5077
Bodrum Kat	1.4G+1.6Q	-13869	-167	-167	25	25
	1.18G+Q+EX+0.3EY	-10684	465	199	5991	8652
	1.18G+Q+0.3EX+EY	-10684	199	465	8652	5991
	0.72G+EX+0.3EY	-4867	536	271	5980	8640
	0.72G+0.3EX+EY	-4867	271	537	8640	5979

4.7. Kiriş Donatılarının Belirlenmesi

DBYBHY-2007'ye göre yapılan donatı tasarımlarının bir benzeri TBDY-2018'e göre de yapılmıştır. Yapıda bulunan bütün kirişler tasarım ve imalat kolaylığı açısından tiplenştirilerek donatılmıştır. Tiplenştirme işleminin ETABS programında ortaya çıkan donatı miktarına göre yapılmıştır. Karşılaştırma kolaylığı açısından kiriş tipleri DBYBHY-2007'ye göre değıştirilmemiş olup, kiriş donatı çapları veya sayılarında değışiklik yapılmıştır. TBDY-2018'de süneklilik düzeyi yüksek kirişler için verilen enine ve boyuna donatı koşullarına uyularak kirişlerin betonarme hesapları yapılmıştır. TBDY-2018 7.4.2.3'te DTS= 2, 2a, 1, 1a olan binalarda kiriş mesnetindeki üst donatı, alt donatının iki katından büyük olmaması gerektiğı belirtilmiştir.

30×50 enkesitli çevre kirişleri bodrum ve zemin katlar için K1046, K1047, K1048, K1049, K1053, K1054 ve K1055 kirişleridir. Normal katlar için çevre kirişleri K137, K144, K145, K146, K149, K150 ve K154 kirişleridir. Bu kirişler düşük donatı oranına sahip kirişler olup diğer kirişlere kıyasla daha küçük çapta donatılar kullanılmıştır. Tablo 4.22'de 30×50 enkesitli çevre kirişlerinin donatı detayları görölmektedir.

Tablo 4.22: 30×50 enkesitli çevre kirişlerinin donatı detayları.

Kat	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
Bodrum-Zemin	K1046	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1047	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1048	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1049	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1053	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1054	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1055	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K137	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K144	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K145	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K146	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K149	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K150	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K154	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10

30×50 enkesitli iç kirişler bodrum ve zemin katlar için K1027, K1028, K1034, K1035, K1039, K1040, K1041, K1042, K1060, K1061, K1062, K1067, K1068, K1072 ve K1073 kirişleridir. Normal katlar için iç kirişler ise K125, K126, K132, K133, K138, K139, K140, K155, K156, K157, K1061, K162, K1066, K1067 kirişleridir. 30×50 enkesitli iç kirişler, çevre kirişlere kıyasla daha fazla donatı oranına sahiptir. Bu sebeple donatı çaplarının daha büyük olduğu Tablo 4.23'ten de anlaşılmaktadır.

Tablo 4.23: 30×50 enkesitli iç kirişlerinin donatı detayları.

Kat	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
Bodrum-Zemin	K1028	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1035	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1040	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1041	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1042	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1061	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1062	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1068	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
Bodrum-Zemin	K1073	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K125	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K126	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K132	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K133	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K138	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K139	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K140	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K155	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K156	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K157	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K162	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K1061	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K1066	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10
1.Kat-5.Kat	K1067	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10

30×50 enkesitli her iki ucu perdeye mesnetli kirişlerden her katta dört adet bulunmaktadır. Bunlar K115, K134, K163 ve K182 kirişleridir. Bu kirişlerde deprem

etkisi altında diğer 30×50 enkesitli kirişlere göre daha büyük iç kuvvetler oluşmaktadır. Dolayısıyla 30×50 enkesitli kirişler arasında en yüksek donatı miktarına ulaşan kiriş tipi olmaktadır. Tablo 4.24’te her iki ucu perdeye mesnetli kirişlerin donatı detayları görülmektedir.

Tablo 4.24: 30×50 enkesitli her iki ucu perdeye mesnetli kirişlerin donatı detayları.

Kat	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
Bodrum-5.Kat	K115	4Ø20	4Ø20	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10
Bodrum-5.Kat	K134	4Ø20	4Ø20	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10
Bodrum-5.Kat	K163	4Ø20	4Ø20	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10
Bodrum-5.Kat	K182	4Ø20	4Ø20	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10

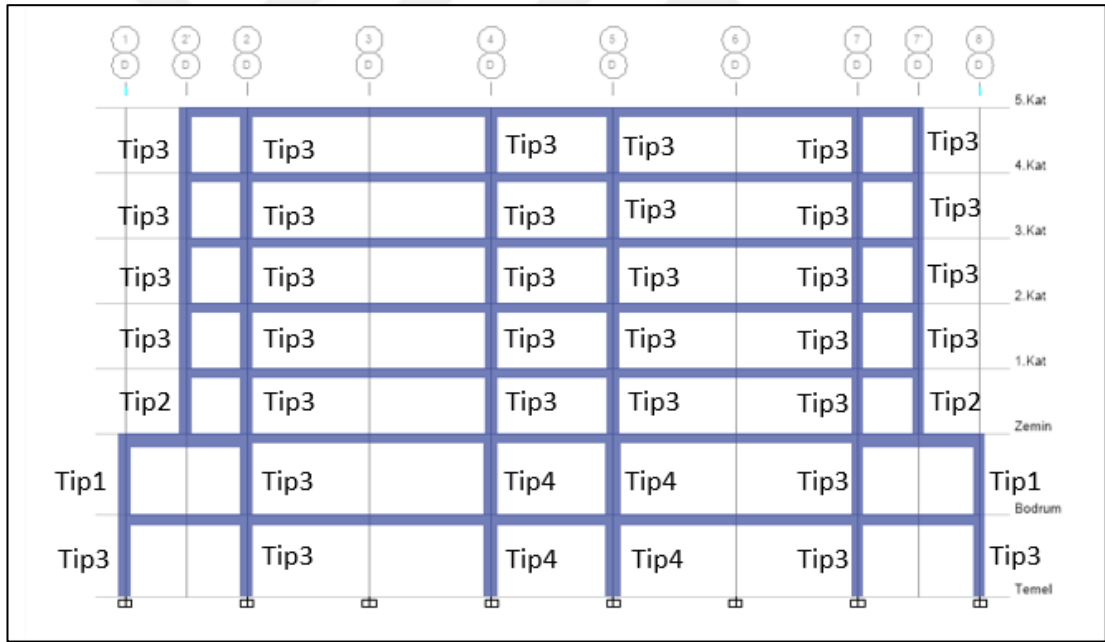
Süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişler sadece zemin katta kolonların kirişlerin üstüne oturduğu bölgede bulunmaktadır. Bunlar K1027, K1034, K1039, K1060, K1067 ve K1072 kirişleridir. Bu kirişler diğer üç kiriş tipine kıyasla en yüksek iç kuvvetlerin ortaya çıktığı elemanlardır. Kolon süreksizliğinden kaynaklı olarak bu kirişlerde çok yüksek donatı oranları çıkmakta olup en büyük donatı çapları bu kiriş tipinde kullanılmıştır. Tablo 4.25’te süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişlerin donatı detayları gösterilmektedir.

Tablo 4.25: Süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kirişlerin donatı detayları.

Kat	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
Zemin Kat	K1027	6Ø22	6Ø26	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10
Zemin Kat	K1034	6Ø22	6Ø26	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10
Zemin Kat	K1039	6Ø22	6Ø26	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10
Zemin Kat	K1060	6Ø22	6Ø26	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10
Zemin Kat	K1067	6Ø22	6Ø26	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10
Zemin Kat	K1072	6Ø22	6Ø26	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10

4.8. Kolon Donatılarının Belirlenmesi

DBYBHY-2007’de olduğu gibi TBDY-2018 için de dört farklı kolon tipi belirlenmiştir. 1. katta kolon süreksizliği nedeniyle bu kattaki 60×60 kolonların donatı oranı %1.5 mertebesinde çıkmıştır. Yine aynı şekilde zemin kattan 1. kata devam etmeyen 60×60 kolonların donatı oranı da %1.7’nin üzerinde çıkmıştır. Bunun haricindeki diğer tüm 60×60 kolonların donatı oranı %1 olarak bulunmuştur. Yapıda bulunan tüm 70×70 kolonların donatı oranları da %1 olarak elde edilmiştir. Gereksiz donatı harcamamak için Tip1 ve Tip2 kolonları sadece o kata özel olarak uygulanmıştır. Tip geçişlerinde donatı yerleşimini bozmamak için sadece donatı çaplarının artırılmasına özen gösterilmiştir. Karşılaştırma kolaylığı açısından DBYBHY-2007’de yapılan tipleştirmenin aynısı TBDY-2018 için de yapılmıştır. Şekil 4.9’da D aksına ait kolon tipleri açıkça gösterilmektedir.



Şekil 4.9: D aksı kolon tipleri.

Tasarımı yapılan bina süneklik düzeyi yüksek betonarme bir yapıdır. TBDY-2018 7.3.2.1’e göre kolon brüt kesit alanının %1’inden az, %4’ünden fazla olmayacak şekilde boyuna donatılar belirlenir. TBDY-2018 7.3.4.1’e göre kolon sarılma bölgelerinde etriye aralıkları 50 mm’den az, 150 mm’den fazla olmamalıdır. Tüm kolon tiplerine ait donatı detayları Tablo 4.26’da gösterilmiştir.

Tablo 4.26: Kolon donatı detayları.

Tip	Kolon Boyutu	Boyuna Donatı	Enine Donatı
Tip 1	60×60	22Ø20	3 kollu Ø10/10
Tip 2	60×60	20Ø20	3 kollu Ø10/10
Tip 3	60×60	20Ø16	3 kollu Ø10/10
Tip 4	70×70	22Ø20	4 kollu Ø10/10

4.9. Perde Donatılarının Belirlenmesi

DBYBHY-2007’de olduğu gibi TBDY-2018 için de sadece bir adet perde tipi belirlenmiştir. Kesme ve eğilme kapasiteleri dikkate alınarak yapılan tasarımda bir adet perde tipinin yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Perde uç bölgeleri ve perde gövdesi için belirlenen minimum donatı koşulları dikkate alınarak perde donatıları belirlenmiştir. TBDY-2018 7.6.5.1’e göre kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinin her birinde toplam düşey donatı alanının perde brüt enkesit alanına oranı en az 0.002 olacaktır. Eğer kritik perde yüksekliğinde değilse bu oran 0.001’den daha az olmayacaktır. Perde uç bölgelerinde boyuna donatı miktarı 4Ø14’ten az olamaz. Enine donatının çapı ise 8 mm’den küçük olamaz. TBDY-2018 7.6.3.2’ye göre gövde donatı oranı 0.002’ye kadar düşürülebilir. Fakat bu durumda donatı aralığı 300 mm’yi geçmemesi gerekir. Karşılaştırma kolaylığı açısından DBYBHY-2007’de yapılan tek tip perde donatı tasarımı TBDY-2018 için de yapılmıştır. Tablo 4.27’de perde donatı detayları gösterilmektedir.

Tablo 4.27: Perde donatı detayları.

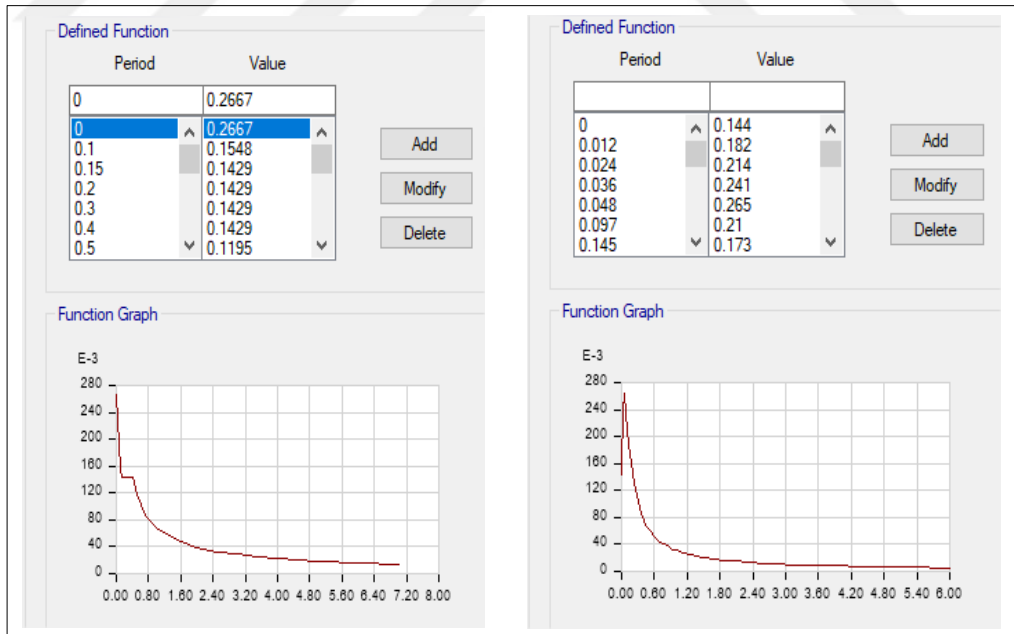
Perde İsmi	Kat	Başlık Bölgesi Boyuna Donatısı	Başlık Bölgesi Enine Donatısı	Gövde Bölgesi Düşey Donatısı	Gövde Bölgesi Yatay Donatısı
P1	Bodrum-5.Kat	12Ø20	Ø12/10	Ø12/15	Ø10/10
P2	Bodrum-5.Kat	12Ø20	Ø12/10	Ø12/15	Ø10/10
P3	Bodrum-5.Kat	12Ø20	Ø12/10	Ø12/15	Ø10/10
P4	Bodrum-5.Kat	12Ø20	Ø12/10	Ø12/15	Ø10/10

5. DBYBHY-2007 VE TBDY-2018'E GÖRE BULUNAN DEĞERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu kısımda DBYBHY-2007 ile TBDY-2018'de çıkan sonuçlar karşılaştırılarak aralarındaki farklar ortaya koyulmuştur. Göz önüne alınan her iki yönetmelik esaslarına göre tasarlanan binanın geometrisinin ve yüklemelerinin simetrik olması sebebiyle X ve Y doğrultularındaki iç kuvvetler ve buna bağlı yer değiştirmeler eşit olarak elde edilmiştir. Tasarımı yapılan binanın sahip olduğu simetrik özelliği ve karşılaştırma kolaylığı açısından sadece x yönündeki iç kuvvetler incelenip düzensizlik kontrolleri yapılmış ve burada sunulmuştur.

5.1. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumlarına Bağlı Olarak Periyot Değerlerinin ve Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Şekil 5.1'de ETABS programından alınan DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre yatay elastik tasarım spektrumları verilmektedir.



Şekil 5.1: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 azaltılmış tasarım spektrum grafikleri.

Her iki deprem yönetmeliğine göre hesaplanan doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre doğal titreşim periyotları.

Yönetmelik	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Doğal Titreşim Periyodu	0.476 sn	0.71 sn

İki yönetmelik karşılaştırıldığında doğal titreşim periyodunun TBDY-2018'de DBYBHY-2007'ye göre %49 civarında arttığı görülmektedir. Bina hakim titreşim periyotlarında gözlenen bu farklılık TBDY-2018'e göre yapılan dinamik analizde, etkin kesit rijitlik katsayılarının kullanılması dolayısıyla bina rijitliğinin daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerine göre taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması Tablo 5.2'de verilmektedir.

Tablo 5.2: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre taban kesme kuvvetleri.

Yönetmelik	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Taban Kesme Kuvveti	12431 kN	4448 kN

İki yönetmelik karşılaştırıldığında taban kesme kuvvetinin TBDY-2018'de DBYBHY-2007'ye göre %64 civarında azaldığı görülmektedir. Etkin kesit rijitlik katsayılarının kullanımı daha uzun titreşim periyodu bulunmasına sebebiyet verirken, taban kesme kuvvetinde de düşüşe neden olmaktadır. Ayrıca, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliğine göre tasarımda deprem etkisinin belirlenmesi yaklaşımındaki farka bağlı olarak elastik spektral ivme değerleri de değişim göstermiştir. DBYBHY-2007'ye göre daha düşük olarak elde edilen elastik spektral ivme değeri, taban kesme kuvvetindeki bu farka neden olmuştur.

5.2. A1 - Burulma Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması

Her iki yönetmelik için de burulma düzensizliği katsayıları elde edilip gösterilmiştir. Tablo 5.3'te elde edilen burulma düzensizliği katsayıları DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre kat bazında karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.3: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre burulma düzensizliği katsayıları.

Yönetmelik	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Kat	η_{bi}	η_{bi}
5.Kat	1.05	1.02
4.Kat	1.038	1.01
3.Kat	1.039	1.01
2.Kat	1.048	1.02
1.Kat	1.053	1.04
Zemin	1.148	1.16
Bodrum	1.71	1.8

Her iki yönetmelik için burulma düzensizliği katsayıları incelendiğinde, en yüksek değerler bodrum katta ortaya çıkmıştır. DBYBHY-2007'ye göre en yüksek değer 1.71 olup TBDY-2018'de ise 1.8 olarak tespit edilmiştir. En düşük burulma düzensizliği katsayısı DBYBHY-2007'ye göre 4. katta 1.038 olarak elde edilmiş olup TBDY-2018'e göre ise 3. ve 4. katta 1.01 olarak bulunmuştur. Burulma düzensizliği katsayıları iki yönetmelik açısından bakıldığında birbirine çok yakın değerler bulunduğu gözlemlenmiştir. Bodrum ve zemin kat hariç diğer tüm katlarda TBDY-2018'e göre burulma düzensizliği katsayıları DBYBHY-2007'e göre daha az bulunmuştur. Buna ek olarak her iki yönetmelik açısından çıkan ortak sonuç burulma düzensizliğinin bodrum katında meydana gelmesidir.

5.3. B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin Karşılaştırılması

Her iki yönetmelik için de rijitlik düzensizliği katsayıları elde edilip gösterilmiştir. Tablo 5.4'te elde edilen rijitlik düzensizliği katsayıları DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre kat bazında karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.4: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre rijitlik düzensizliği katsayıları.

Yönetmelik	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Kat	η_{ki}	η_{ki}
5.Kat	0.906	0.930
4.Kat	1.102	1.074
3.Kat	1.022	1.047
2.Kat	1.097	1.122
1.Kat	1.151	1.108
Zemin	0.868	0.902

Her iki yönetmelik için rijitlik düzensizliği katsayıları incelendiğinde, en yüksek değerler 1. katta ve 2. katta ortaya çıkmıştır. DBYBHY-2007'ye göre en yüksek değer 1.151 olup TBDY-2018'de ise 1.122 olarak tespit edilmiştir. En düşük rijitlik düzensizliği katsayısı DBYBHY-2007'ye göre 0.868 olup TBDY-2018'de ise 0.902 olarak bulunmuştur. Her iki yönetmelik için de en düşük rijitlik düzensizliği katsayısı zemin katta elde edilmiştir. DBYBHY-2007'ye göre yapılan hesaplarda 1.kat ve 4.katta bulunan rijitlik düzensizliği katsayısı TBDY-2018'de bulunan değerlerden daha yüksektir. TBDY-2018'e göre yapılan hesaplarda ise zemin, 2.kat, 3.kat ve 5.katta bulunan rijitlik düzensizliği katsayısı DBYBHY-2007'de elde edilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucu iki farklı yönetmelik arasında rijitlik düzensizliği katsayılarının birbirine çok yakın değerler olduğu tespit edilmiştir. Yüzdesel olarak bakıldığında rijitlik düzensizliği katsayılarının arasında %10'un altında bir fark olduğu gözlemlenmiştir.

5.4. Göreli Kat Öteleme Oranlarının Karşılaştırılması

Her iki yönetmelik için de göreli kat öteleme oranları elde edilip tablo olarak gösterilmiştir. Tablo 5.5'te elde edilen göreli kat öteleme oranları DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre kat bazında karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.5: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre görelî kat öteleme oranları.

Yönetmelik	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Kat	$(\delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$
5	0.00197	0.001341
4	0.00213	0.001428
3	0.00218	0.00141
2	0.00217	0.001363
1	0.00196	0.001238
Zemin	0.00229	0.001546
Bodrum	0.00067	0.000578

Her iki yönetmelik için görelî kat öteleme oranları incelendiğinde, DBYBHY-2007'de en yüksek ötelenme zemin katta, TBDY-2018'de ise yine zemin katta meydana gelmiştir. DBYBHY-2007'ye göre en yüksek değer 0.00229 olup TBDY-2018'de ise 0.001546 olarak tespit edilmiştir. En düşük görelî kat ötelenme oranı DBYBHY-2007'ye göre 0.00067 olup TBDY-2018'de ise 0.000578 olarak bulunmuştur. Her iki yönetmelik için de en düşük görelî kat öteleme bodrum katta elde edilmiştir. DBYBHY-2007'ye göre yapılan hesaplarda yapının her katında elde edilen görelî kat ötelenmesi TBDY-2018'de bulunan değerlerden daha yüksektir. İki yönetmelik arasındaki en büyük fark %57 ile 2.katta meydana gelmekte olup en az fark ise %16 ile bodrum katta elde edilmiştir.

5.5. İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması

Her iki yönetmelik için de ikinci mertebe etkilerinin katsayıları elde edilip tablo olarak gösterilmiştir. Tablo 5.6'da elde edilen ikinci mertebe etkisinin katsayıları DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre kat bazında karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.6: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre ikinci mertebe etkisi katsayıları.

Yönetmelik	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Kat	θ_i	θ_i
5	0.002541	0.00357
4	0.001563	0.00266
3	0.001208	0.002417
2	0.001000	0.002131
1	0.000798	0.001625
Zemin	0.000849	0.001536
Bodrum	0.000172	0.000352

Her iki yönetmelik için ikinci mertebe etkisi katsayıları incelendiğinde, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'de en yüksek katsayı değerleri 5.katta meydana gelmiştir. DBYBHY-2007'ye göre en yüksek değer 0.002541 olup TBDY-2018'de ise 0.00357 olarak tespit edilmiştir. En düşük ikinci mertebe etkisi katsayısı DBYBHY-2007'ye göre 0.000172 olup TBDY-2018'de ise 0.000352 olarak bulunmuştur. Her iki yönetmelik için de en düşük katsayı değeri bodrum katta elde edilmiştir. TBDY-2018'e göre yapılan hesaplarda yapının her katında elde edilen ikinci mertebe etkisi katsayısı DBYBHY-2007'de bulunan değerlerden daha yüksektir. Katsayı değerleri arasındaki en yüksek fark 2.katta meydana gelmiş olup TBDY-2018'de bulunan değer DBYBHY-2007'ye kıyasla 2.13 kat daha fazladır. Katsayı değerlerinin birbirine en yakın olduğu 5.katta ise TBDY-2018'de bulunan değer DBYBHY-2007'ye göre 1.40 kat fazla çıkmıştır. Ayrıca iki yönetmelik açısından da ikinci mertebe etkisi katsayı değerleri bodrum katından son kata kadar düzenli bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

5.6. Kiriş Eğilme Momentlerinin Karşılaştırılması

Her iki yönetmeliğe göre daha önceden belirlenen A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan zemin kat kirişlerinin eğilme momentleri karşılaştırılmıştır. Kirişlerin sol mesnet, sağ mesnet ve açıklık momentleri olmak üzere yönetmelikler arasındaki farkın daha net olarak belirlenmesi sağlanmıştır. Tablo 5.7'de DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kiriş eğilme momentleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.7: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kiriş eğilme momentleri.

Kiriş	Sol Mesnet Momenti		Açıklık Momenti		Sağ Mesnet Momenti	
	DBYBHY	TBDY	DBYBHY	TBDY	DBYBHY	TBDY
	2007	2018	2007	2018	2007	2018
KZ2046	-82.03	-55.31	38.28	41.86	-88.53	-65.36
KZ2047	-83.60	-62.48	30.92	48.36	-82.75	-62.47
KZ2048	-83.00	-62.53	31.92	49.16	-83.83	-63.20
KZ2049	-83.48	-62.91	31.80	49.14	-83.48	-62.91
KZ2039	-486.48	-244.12	613.62	414.17	-400.76	-270.82
KZ2040	-203.38	-124.56	79.90	83.57	-167.37	-107.11
KZ2041	-172.64	-111.46	84.55	85.25	-176.90	-111.68
KZ2042	-180.85	-113.60	84.71	86.87	-180.84	-113.60
KZ2034	-519.25	-303.11	755.91	560.91	-441.94	-392.04
KZ2035	-202.94	-128.07	75.55	82.09	-210.06	-123.43
KZ2036	-182.80	-127.45	62.57	71.56	-182.80	-127.45
KZ2027	-514.55	-288.86	769.97	521.74	-446.42	-331.59
KZ2028	-191.64	-125.02	77.60	79.61	-214.51	-139.50
KZ2029	-137.58	-115.21	55.84	65.28	-95.88	-106.36
KZ2030	-112.55	-91.63	56.79	66.07	-112.54	-91.63

DBYBHY-2007'de kolon süreksizliğinden kaynaklı olarak iç kuvvetlerin %50 artırıldığı KZ2039, KZ2040, KZ2041, KZ2042, KZ2034, KZ2035, KZ2027 ve KZ2028 kirişlerinin eğilme momentleri diğer kirişlere göre çok yüksek çıkmıştır. Özellikle KZ2039, KZ2034 ve KZ2027 kirişlerinin üzerine oturan kolonlardan ötürü sol, sağ mesnet ve açıklık momentleri diğer tüm kirişlere kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir.

TBDY-2018'de ise DBYBHY-2007'ye benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kolon süreksizliğinden ötürü KZ2039, KZ2034 ve KZ2027 kirişlerinin eğilme momentleri diğer kirişlerle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. KZ2029 kirişi hariç incelenen tüm kirişlerin sol ve sağ mesnet momentleri DBYBHY-2007'ye göre yapılan hesaplarda daha yüksek bulunmuştur. İki yönetmelikte açıklık momentleri açısından incelendiğinde KZ2039, KZ2034 ve KZ2027 kirişleri hariç diğer tüm kirişlerde TBDY-2018'e göre bulunan değerler daha yüksek çıkmıştır. Kolon süreksizliğinden etkilenmeyen KZ2046, KZ2047, KZ2048, KZ2049, KZ2029 ve KZ2030 kirişlerinin eğilme momentleri iki yönetmelik açısından bakıldığında birbirine çok yakın değerler ortaya çıkmıştır. Fakat KZ2039, KZ2034 ve KZ2027 gibi üstüne kolon oturan kirişlerde iki yönetmelik arasında ciddi farklar bulunmaktadır. Bu

kirişlerin iç kuvvetleri DBYBHY-2007’de %50 artırıldığı için TBDY-2018’e göre yüksek çıktığı görülmektedir. DBYBHY-2007’ye göre KZ2039 kirişinin sol mesnet momenti 2 kat, sağ mesnet momenti ile açıklık momenti de 1.48 kat TBDY-2018’de bulunan değerlerden yüksektir. DBYBHY-2007’ye göre KZ2034 kirişinin sol mesnet momenti 1.71 kat, sağ mesnet momenti 1.13 kat, açıklık momenti ise 1.34 kat TBDY-2018’de bulunan değerlerden yüksektir. DBYBHY-2007’ye göre KZ2027 kirişinin sol mesnet momenti 1.78 kat, sağ mesnet momenti 1.34 kat, açıklık momenti ise 1.47 kat TBDY-2018’de bulunan değerlerden yüksektir.

5.7. Kiriş Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Her iki yönetmeliğe göre daha önceden belirlenen A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan zemin kat kirişlerinin kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Kirişlerin sol mesnet kesme kuvveti ve sağ mesnet kesme kuvveti olmak üzere yönetmelikler arasındaki farkın daha net olarak belirlenmesi sağlanmıştır. Tablo 5.8’de DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre kiriş kesme kuvvetleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.8: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre kiriş kesme kuvvetleri.

Kiriş	Sol Mesnet Kesme Kuvveti		Sağ Mesnet Kesme Kuvveti	
	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018
KZ2046	-67.62	-69.44	63.56	71.77
KZ2047	-59.35	-66.29	62.07	68.42
KZ2048	-61.80	-68.18	62.41	68.59
KZ2049	-62.13	-68.42	62.13	68.42
KZ2039	-610.21	-295.81	403.73	270.49
KZ2040	-159.76	-127.10	145.42	121.81
KZ2041	-148.58	-122.90	152.14	122.71
KZ2042	-151.36	-125.38	151.36	125.38
KZ2034	-672.86	-349.91	460.34	330.66
KZ2035	-158.67	-129.83	134.18	108.98
KZ2036	-117.90	-124.22	117.90	124.22
KZ2027	-674.62	-351.89	468.76	334.41
KZ2028	-150.96	-127.80	144.22	116.07
KZ2029	-112.06	-117.43	107.78	123.11
KZ2030	-117.49	-125.44	117.49	125.44

DBYBHY-2007’de kolon süreksizliğinden kaynaklı olarak iç kuvvetlerin %50 artırıldığı KZ2039, KZ2040, KZ2041, KZ2042, KZ2034, KZ2035, KZ2027 ve KZ2028 kirişlerinin kesme kuvvetleri diğer kirişlere göre çok yüksek çıkmıştır. Özellikle KZ2039, KZ2034 ve KZ2027 kirişlerinin üzerine oturan kolonlardan ötürü sol ve sağ mesnet kesme kuvvetleri tüm kirişlere kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. TBDY-2018’de ise DBYBHY-2007’ye benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kolon süreksizliğinden ötürü KZ2039, KZ2034 ve KZ2027 kirişlerinin kesme kuvvetleri diğer kirişlerle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. KZ2039, KZ2040, KZ2041, KZ2042, KZ2034, KZ2035, KZ2027 ve KZ2028 kirişlerinin sol ve sağ mesnet kesme kuvvetleri DBYBHY-2007’ye göre yapılan hesaplarda daha yüksek bulunmuştur. TBDY-2018’e göre yapılan hesaplarda ise KZ2046, KZ2047, KZ2048, KZ2049, KZ2036, KZ2029 ve KZ2030 kirişlerinin sol ve sağ mesnet kesme kuvvetleri daha yüksek olduğu görülmüştür. Kolon süreksizliğinden etkilenmeyen KZ2046, KZ2047, KZ2048, KZ2049, KZ2036, KZ2029 ve KZ2030 kirişlerinin kesme kuvvetleri iki yönetmelik açısından bakıldığında birbirine çok yakın değerler ortaya çıkmıştır. Fakat KZ2039, KZ2034 ve KZ2027 gibi üstüne kolon oturan kirişlerde iki yönetmelik arasında ciddi farklar bulunmaktadır. Bu kirişlerin iç kuvvetleri DBYBHY-2007’de %50 artırıldığı için TBDY-2018’e göre yüksek çıktığı görülmektedir. DBYBHY-2007’ye göre KZ2039 kirişinin sol mesnet kesme kuvveti 2.06 kat, sağ mesnet kesme kuvveti ise 1.49 kat TBDY-2018’de bulunan değerden yüksektir. DBYBHY-2007’ye göre KZ2034 kirişinin sol mesnet kesme kuvveti 1.92 kat, sağ mesnet kesme kuvveti ise 1.39 kat TBDY-2018’de bulunan değerden yüksektir. DBYBHY-2007’ye göre KZ2027 kirişinin sol mesnet kesme kuvveti 1.92 kat, sağ mesnet kesme kuvveti ise 1.40 kat TBDY-2018’de bulunan değerden yüksektir.

5.8. Kolon İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Her iki yönetmeliğe göre daha önceden belirlenen A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan zemin kat kolonlarının eksenel yükleri, kesme kuvvetleri ve moment değerleri karşılaştırılmıştır. Tablo 5.9’da DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre kolonların eksenel yükleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.9: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolonların en elverişsiz eksenel yükleri.

	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Kolon İsmi	P (kN)	P (kN)
SZ269	-186.31	-193.53
SZ270	-848.41	-410.77
SZ271	-907.84	-458.63
SZ272	-909.95	-460.46
SZ267	-848.42	-410.77
SZ236	-3418.42	-2269.86
SZ237	-3697.14	-2543.55
SZ238	-3796.87	-2559.45
SZ265	-907.84	-458.63
SZ232	-3697.14	-2543.55
SZ263	-909.96	-460.46
SZ226	-3796.87	-2559.45
SZ227	-3430.85	-3584.76

SZ269 ve SZ227 kolonlarında her iki deprem yönetmeliğine göre eksenel yükleri birbirine çok yakın değerler ortaya çıkmıştır. En büyük eksenel yükler, kolon süreksizliğinden ötürü büyük yüklere maruz kalan iç kolonlarda meydana gelmiştir. Bunlar SZ236, SZ237, SZ238, SZ232, SZ226 ve SZ227 olup her iki deprem yönetmeliğine göre de en büyük eksenel yükü alan kolonlardır. En az eksenel yük alan kolon ise SZ269'dur. Bunun sebebi ise köşe kolon olduğundan dolayı kolon süreksizliğinden etkilenmeyip büyük yüklere maruz kalmamasıdır. SZ270, SZ271, SZ272, SZ267, SZ265 ve SZ263 kolonları ise DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre çıkan eksenel yüklerin oransal olarak bakıldığında farkın en fazla olduğu kolonlardır. Bu kolonların ortak özelliği ise kenar kolonlar olmasıdır.

Tablo 5.10'da DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolonların kesme kuvvetleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir. En elverişsiz kesme kuvvetleri incelenirken, V2 ve V3 kesme kuvvetlerinin en yüksek olanı alınıp karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.10: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolonların en elverişsiz kesme kuvvetleri.

	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Kolon İsmi	V (kN)	V (kN)
SZ269	76.31	51.94
SZ270	111.35	132.28
SZ271	213.63	148.63
SZ272	152.03	148.60
SZ267	286.25	132.28
SZ236	94.25	42.52
SZ237	67.61	50.80
SZ238	62.05	51.93
SZ265	299.44	148.63
SZ232	103.77	50.79
SZ263	295.76	148.60
SZ226	101.00	51.91
SZ227	43.49	13.34

SZ270, SZ271, SZ272, SZ267, SZ265 ve SZ263 kolonlarının kesme kuvvetleri her iki deprem yönetmeliğinde de diğer kolonlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu kolonların ortak noktası kenar kolonlar olup iç kolonlara göre daha yüksek kesme kuvvetine maruz kalmasıdır. En yüksek kesme kuvveti SZ271 ve SZ263'te elde edilmiştir. DBYBHY-2007'ye göre 299.44 kN, TBDY-2018'e göre ise 148.63 kN değerleri bulunmuştur. DBYBHY-2007'ye göre elde edilen kesme kuvvetleri TBDY-2018'e kıyasla SZ270 hariç incelenen diğer kolonlarda daha yüksek çıkmaktadır. DBYBHY-2007'de kolon süreksizliğinden dolayı kolon iç kuvvetlerinin %50 oranında artırılması TBDY-2018'e kıyasla kesme kuvvetlerinin daha yüksek çıkmasını sağlamaktadır. En düşük kesme kuvveti ise SZ227'de çıkmaktadır. DBYBHY-2007'ye göre 43.49 kN, TBDY-2018'e göre ise 13.34 kN gibi çok küçük değerlerde kesme kuvvetleri elde edilmiştir.

Tablo 5.11'de DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolonların moment değerleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir. En elverişsiz moment değerleri incelenirken, M2 ve M3 momentlerinin en yüksek olanı alınıp karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.11: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolonların en elverişsiz moment değerleri.

	DBYBHY-2007	TBDY-2018
Kolon İsmi	M (kNm)	M (kNm)
SZ269	167.86	94.81
SZ270	405.30	179.40
SZ271	401.27	186.68
SZ272	389.28	184.81
SZ267	405.30	179.40
SZ236	180.80	63.28
SZ237	155.75	65.74
SZ238	155.64	66.36
SZ265	401.24	186.68
SZ232	181.35	65.73
SZ263	389.23	184.80
SZ226	173.04	66.33
SZ227	115.27	38.09

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'de SZ270, SZ271, SZ272, SZ267, SZ265 ve SZ263 kolonlarının eğilme momentleri diğer kolonlara kıyasla daha yüksek değerler bulunmuştur. Bu kolonların ortak özelliği ise kenar kolonlar olup iç kolonlara göre daha yüksek eğilme momentinin ortaya çıkmasıdır. En yüksek eğilme momentleri SZ270 ve SZ271'de elde edilmiştir. DBYBHY-2007'ye göre 405.30 kNm, TBDY-2018'e göre ise 186.68 kNm moment değerleri bulunmuştur. DBYBHY-2007'ye göre bulunan eğilme momentleri TBDY-2018'e göre incelenen bütün kolonlarda daha yüksek çıkmaktadır. DBYBHY-2007'de kolon süreksizliğinden dolayı kolon iç kuvvetlerinin %50 oranında artırılması TBDY-2018'e göre eğilme momentlerinde daha yüksek değerler elde edilmesini sağlamıştır. En düşük eğilme momentleri ise SZ227'de ortaya çıkmaktadır. DBYBHY-2007'ye göre 115.27 kNm, TBDY-2018'e göre ise 38.09 kNm gibi değerlerde eğilme momentleri elde edilmiştir.

5.9. Perde İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Her iki yönetmeliğe göre daha önceden belirlenen A1-A4 ve D1-D4 aksları arasında kalan zemin kat P3 perdesinin eksenel yükleri, kesme kuvvetleri ve moment

değerleri karşılaştırılmıştır. Tablo 5.12’de DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre P3 perdesinin eksenel yükleri kat kat gösterilmiştir.

Tablo 5.12: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre P3 perdesinin en elverişsiz eksenel yükleri.

	P (kN)	
Kat	DBYBHY-2007	TBDY-2018
5.Kat	2063.45	1956.64
4.Kat	4137.61	3921.01
3.Kat	6203.02	5885.05
2.Kat	8252.72	7846.00
1.Kat	10291.54	9809.18
Zemin	12339.25	11824.64
Bodrum	14418.84	13868.60

P3 perdesinde DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre elde edilen eksenel yükler birbirine çok yakın değerler olduğu görülmektedir. Ancak DBYBHY-2007’ye göre bulunan eksenel yükler TBDY-2018’e göre bulunan eksenel yüklerden her katta daha yüksek olduğu tespiti yapılmıştır. Elde edilen en yüksek eksenel yükler her iki deprem yönetmeliğine göre bodrum katta olmaktadır. DBYBHY-2007’ye göre 14418.84 kN, TBDY-2018’e göre ise 13868.60 kN olarak tespit edilmiştir. En düşük eksenel yükler ise 5.katta ortaya çıkmaktadır. DBYBHY-2007’ye göre 2063.45 kN, TBDY-2018’e göre ise 1956.64 kN olarak bulunmuştur. Tablo 5.13’te DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre P3 perdesinin kesme kuvvetleri kat bazında gösterilmiştir.

Tablo 5.13: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre P3 perdesinin en elverişsiz kesme kuvvetleri.

	V (kN)	
Kat	DBYBHY-2007	TBDY-2018
5.Kat	638.28	526.41
4.Kat	1270.11	699.48
3.Kat	1716.95	732.12
2.Kat	2098.46	775.67
1.Kat	2277.82	869.26
Zemin	2252.43	891.62
Bodrum	948.94	720.37

P3 perdesinin kesme kuvvetleri incelendiğinde, tüm katlarda DBYBHY-2007'ye göre hesaplanan kesme kuvvetlerinin TBDY-2018'e göre daha yüksek olduğu görülmüştür. İki deprem yönetmeliği arasında en büyük fark 1. katta meydana gelmektedir. DBYBHY-2007'ye göre 2277.82 kN, TBDY-2018'e göre ise 869.26 kN bulunmuş olup 2.62 kat fark ortaya çıkmaktadır. DBYBHY-2007'ye göre en yüksek kesme kuvveti de 1.katta olup 2277.82 kN, TBDY-2018'e göre ise 891.62 kN olarak zemin katta bulunmuştur. En düşük kesme kuvveti 5. katta meydana gelmiş olup DBYBHY-2007'ye göre 638.28 kN, TBDY-2018'e göre ise 526.41 kN olarak bulunmuştur. Tablo 5.14'te DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre P3 perdesinin eğilme momentleri kat kat gösterilmiştir.

Tablo 5.14: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre P3 perdesinin en elverişsiz moment değerleri.

Kat	M (kNm)	
	DBYBHY-2007	TBDY-2018
5.Kat	1150.21	955.23
4.Kat	3347.64	2312.61
3.Kat	6948.49	3580.93
2.Kat	11762.86	4699.70
1.Kat	17229.29	5873.37
Zemin	24287.51	7314.31
Bodrum	26619.42	8651.56

P3 perdesinin eğilme momentleri incelendiğinde, tüm katlarda DBYBHY-2007'ye göre hesaplanan eğilme momentlerinin TBDY-2018'e göre daha yüksek olduğu görülmüştür. İki deprem yönetmeliği arasında en büyük fark zemin katta meydana gelmektedir. DBYBHY-2007'ye göre 24287.51 kNm, TBDY-2018'e göre ise 7314.31 kNm bulunmuş olup 3.32 kat fark ortaya çıkmaktadır. En yüksek eğilme momenti bodrum katta olup DBYBHY-2007'ye göre 26619.42 kNm, TBDY-2018'e göre ise 8651.56 kNm olarak bulunmuştur. En düşük eğilme momenti 5. katta meydana gelmiş olup DBYBHY-2007'ye göre 1150.21 kNm, TBDY-2018'e göre ise 955.23 kNm olarak bulunmuştur.

5.10. Kiriş Donatılarının Karşılaştırılması

Her iki yönetmeliğe göre kiriş tipleri kendi arasında karşılaştırılarak aradaki tasarım farklılıkları tespit edilmiştir. Her tip için örnek bir kiriş üzerinden karşılaştırma yapılmış olup yönetmelikler arasındaki donatı değişimlerine dikkat çekilmiştir. Tablo 5.15'te 30×50 enkesitli çevre kirişi olan K1046'nın donatı konfigürasyonu iki yönetmelik için de verilmiştir.

Tablo 5.15: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre K1046 kirişinin donatılarının karşılaştırılması.

Yönetmelik	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
DBYBHY-2007	K1046	4Ø16	4Ø16	2Ø18	2Ø18	Ø12/10-20
TBDY-2018	K1046	4Ø16	4Ø16	1Ø16	1Ø16	Ø12/10

K1046 kirişinin donatı tasarımı incelendiğinde, her iki yönetmelik için de üst ve alt donatılar 4Ø16 olarak belirlenmiştir. Bu da 8.04 cm² donatı alanına denk gelmektedir. DBYBHY-2007'de sol üst ve sağ üst donatılar 2Ø18 olarak belirlenmişken TBDY-2018'e göre ise 2Ø16 yeterli görülmüştür. İlave donatıların alanı DBYBHY-2007'ye göre 1.06 cm² azaldığı görülmektedir. Etriyeler açısından bakıldığında, herhangi bir donatı çapı değişikliği yapılmamış olup sadece donatı aralığı TBDY-2018'de sıklaştırılmıştır.

Tablo 5.16'da 30×50 enkesitli iç kirişi olan K1028'in donatı konfigürasyonu iki yönetmelik için de verilmiştir.

Tablo 5.16: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre K1028 kirişinin donatılarının karşılaştırılması.

Yönetmelik	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
DBYBHY-2007	K1028	4Ø22	4Ø20	2Ø20	2Ø20	Ø12/10-20
TBDY-2018	K1028	4Ø20	4Ø20	2Ø16	2Ø16	Ø12/10

K1028 kirişinin donatı tasarımı incelendiğinde, her iki yönetmelik için de alt donatılar 4Ø20 olarak belirlenmiştir. Bu da 12.56 cm² donatı alanına denk gelmektedir. Üst donatılar açısından değerlendirildiğinde, donatı alanı DBYBHY-2007'ye göre 2.64 cm² azalmıştır. DBYBHY-2007'de sol üst ve sağ üst donatılar 2Ø20 olarak belirlenmişken TBDY-2018'e göre ise 2Ø16 yeterli görülmüştür. İlave donatıların alanı DBYBHY-2007'ye göre 2.26 cm² azaldığı görülmektedir. Etriyeler açısından bakıldığında, herhangi bir donatı çapı değişikliği yapılmamış olup sadece donatı aralığı TBDY-2018'de sıklaştırılmıştır. Tablo 5.17'de 30×50 enkesitli her iki ucu perdeye mesnetli kiriş olan K115'in donatı konfigürasyonu iki yönetmelik için de verilmiştir.

Tablo 5.17: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre K115 kirişinin donatılarının karşılaştırılması.

Yönetmelik	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
DBYBHY-2007	K115	4Ø22	4Ø20	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
TBDY-2018	K115	4Ø20	4Ø20	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10

K115 kirişinin donatı tasarımı incelendiğinde, her iki yönetmelik için de alt donatılar 4Ø20 olarak belirlenmiştir. Üst donatılar açısından değerlendirildiğinde, donatı alanı DBYBHY-2007'ye göre 2.64 cm² azalmıştır. DBYBHY-2007'de sol üst ve sağ üst donatılar 2Ø22 olarak belirlenmişken TBDY-2018'e göre ise 2Ø20 yeterli görülmüştür. İlave donatıların alanı DBYBHY-2007'ye göre 1.32 cm² azaldığı görülmektedir. Etriyeler açısından bakıldığında donatı çapında ve aralığında değişiklik yapılmamıştır. Tablo 5.18'de süreksizliğin bulunduğu 50×70 enkesitli kiriş olan K1027'nin donatı konfigürasyonu iki yönetmelik için de verilmiştir.

Tablo 5.18: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre K1027 kirişinin donatılarının karşılaştırılması.

Yönetmelik	Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Sol Üst İlave Donatı	Sağ Üst İlave Donatı	Etriye
DBYBHY-2007	K1027	6Ø22	8Ø26	2Ø22	2Ø22	2Ø12/10
TBDY-2018	K1027	6Ø22	6Ø26	2Ø20	2Ø20	2Ø12/10

K1027 kirişinin donatı tasarımı incelendiğinde, her iki yönetmelik için de üst donatılar 6Ø22 olarak belirlenmiştir. Bu da 22.8 cm² donatı alanına denk gelmektedir. Alt donatılar açısından değerlendirildiğinde, donatı alanı DBYBHY-2007'ye göre 10.62 cm² azalmıştır. DBYBHY-2007'de sol üst ve sağ üst donatılar 2Ø22 olarak belirlenmişken TBDY-2018'e göre ise 2Ø20 yeterli görülmüştür. İlave donatıların alanı DBYBHY-2007'ye göre 1.32 cm² azaldığı görülmektedir. Etriyeler açısından bakıldığında donatı çapında ve aralığında değişiklik yapılmamıştır.

5.11. Kolon Donatılarının Karşılaştırılması

Her iki yönetmeliğe göre kolon tipleri kendi arasında karşılaştırılarak aradaki tasarım farklılıkları tespit edilmiştir. Her tip için karşılaştırma yapılmış olup yönetmelikler arasındaki donatı değişimlerine dikkat çekilmiştir.

Tablo 5.19'da her iki yönetmeliğe göre kolon boyuna donatıları verilmiştir. Tip1 kolonu incelendiğinde, DBYBHY-2007'ye göre boyuna donatı miktarı %2.3 olarak belirlenmişken TBDY-2018'de ise bu rakam %1.9'a düşmüştür. Tip2 kolonu incelendiğinde, DBYBHY-2007'ye göre boyuna donatı miktarı %2.1 olarak belirlenmişken TBDY-2018'de ise bu rakam %1.7'ye düşmüştür. Tip 3 kolonu açısından bakıldığında, aradaki farkın sadece %0.1'e denk geldiği görülmüştür. Tip 4 kolonunda ise herhangi bir tasarım farkı oluşmamıştır.

Tablo 5.19: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolon boyuna donatılarının karşılaştırılması.

Tip	Kolon Boyutu	DBYBHY-2007 Boyuna Donatı Miktarı	TBDY-2018 Boyuna Donatı Miktarı
Tip 1	60×60	22Ø22	22Ø20
Tip 2	60×60	20Ø22	20Ø20
Tip 3	60×60	22Ø16	20Ø16
Tip 4	70×70	22Ø20	22Ø20

Tablo 5.20'de her iki yönetmeliğe göre kolon enine donatıları verilmiştir. Kolon tipleri kendi arasında değerlendirilecek olursa, etriye adetleri iki yönetmelik açısından da aynı olduğu sonucuna varılır. TBDY-2018'de etriye aralıkları kat boyunca 10 cm olarak belirlenmiş olup DBYBHY-2007'de ise kolon orta bölgesinde etriye aralığı 20

cm'e kadar çıkmıştır. Ayrıca 70×70 kolonun etriye adedi 60×60 kolonun etriye adedinden fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 5.20: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre kolon enine donatılarının karşılaştırılması.

Tip	Kolon Boyutu	DBYBHY-2007 Enine Donatı Miktarı	TBDY-2018 Enine Donatı Miktarı
Tip 1	60×60	3 kollu Ø10/10-20	3 kollu Ø10/10
Tip 2	60×60	3 kollu Ø10/10-20	3 kollu Ø10/10
Tip 3	60×60	3 kollu Ø10/10-20	3 kollu Ø10/10
Tip 4	70×70	4 kollu Ø10/10-20	4 kollu Ø10/10

5.12. Perde Donatılarının Karşılaştırılması

Her iki yönetmeliğe göre perdeler kendi arasında karşılaştırılarak aradaki tasarım farklılıkları tespit edilmiştir. Her perde için karşılaştırma yapılmış olup yönetmelikler arasındaki donatı değişimlerine dikkat çekilmiştir.

Tablo 5.21'de her iki yönetmeliğe göre perde başlık bölgesi donatılarının karşılaştırılması verilmiştir. Aradaki tek fark başlık bölgesi boyuna donatı yüzdesinin TBDY-2018'de daha az olduğudur. DBYBHY-2007'de perde başlık bölgesine koyulan boyuna donatı %1.5 mertebesindeyken TBDY-2018'de ise %1.2'ye düşmüştür.

Tablo 5.21: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre perde başlık bölgesi donatılarının karşılaştırılması.

Perde İsmi	DBYBHY-2007 Başlık Bölgesi Boyuna Donatısı	TBDY-2018 Başlık Bölgesi Boyuna Donatısı	DBYBHY-2007 Başlık Bölgesi Enine Donatısı	TBDY-2018 Başlık Bölgesi Enine Donatısı
P1	12Ø22	12Ø20	Ø12/10	Ø12/10
P2	12Ø22	12Ø20	Ø12/10	Ø12/10
P3	12Ø22	12Ø20	Ø12/10	Ø12/10
P4	12Ø22	12Ø20	Ø12/10	Ø12/10

Tablo 5.22’de ise her iki yönetmeliğe göre perde gövde bölgesi donatılarının karşılaştırılması verilmiştir. Gövde bölgesi donatıları için herhangi bir tasarımsal farklılık görülmemiştir.

Tablo 5.22: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre perde gövde bölgesi donatılarının karşılaştırılması.

Perde İsmi	DBYBHY-2007 Gövde Bölgesi Düşey Donatısı	TBDY-2018 Gövde Bölgesi Düşey Donatısı	DBYBHY-2007 Gövde Bölgesi Yatay Donatısı	TBDY-2018 Gövde Bölgesi Yatay Donatısı
P1	Ø12/15	Ø12/15	Ø10/10	Ø10/10
P2	Ø12/15	Ø12/15	Ø10/10	Ø10/10
P3	Ø12/15	Ø12/15	Ø10/10	Ø10/10
P4	Ø12/15	Ø12/15	Ø10/10	Ø10/10

6. DÜŞEY DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME YAPININ DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

TBDY-2018 ile şekil değiştirme esaslı yaklaşım hem mevcut yapıların değerlendirilmesinde hem de yeni yapılacak yapıların tasarımında uygulanabilmektedir. Performansa dayalı tasarım yaklaşımında, deprem yer hareketi etkisi altında yapının taşıyıcı sisteminde oluşan hasarın niceliği belirlenebilmekte ve her bir hasar için hasarın meydana geldiği taşıyıcı sistem elemanının kesit özellikleri dikkate alınarak bulunan hasar sınırları ile karşılaştırması yapılabilmektedir.

Yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Doğrusal analiz yöntemleri Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi'dir. Bu yöntemlerin ayrıntıları TBDY 2018 15.5.1'de detaylı şekilde açıklanmıştır. Doğrusal olmayan yöntemler ise tek modlu itme yöntemleri, çok modlu itme yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemidir. Tek modlu itme yöntemleri ile çok modlu itme yöntemlerinin detayları TBDY 2018 5.6'da ayrıntılı olarak açıklanmıştır. TBDY 2018 5.7.1'de tanımlandığı üzere zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, deprem yer hareketi veya hareketlerinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini belirten diferansiyel denklem takımlarının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonu olarak ifade edilebilir. Bu analiz yönteminin gerçekleştiği süreçte sistemin doğrusal olmayan davranışından dolayı sistemin rijitlik matrisinin zamanla değişimi dikkate alınmaktadır.

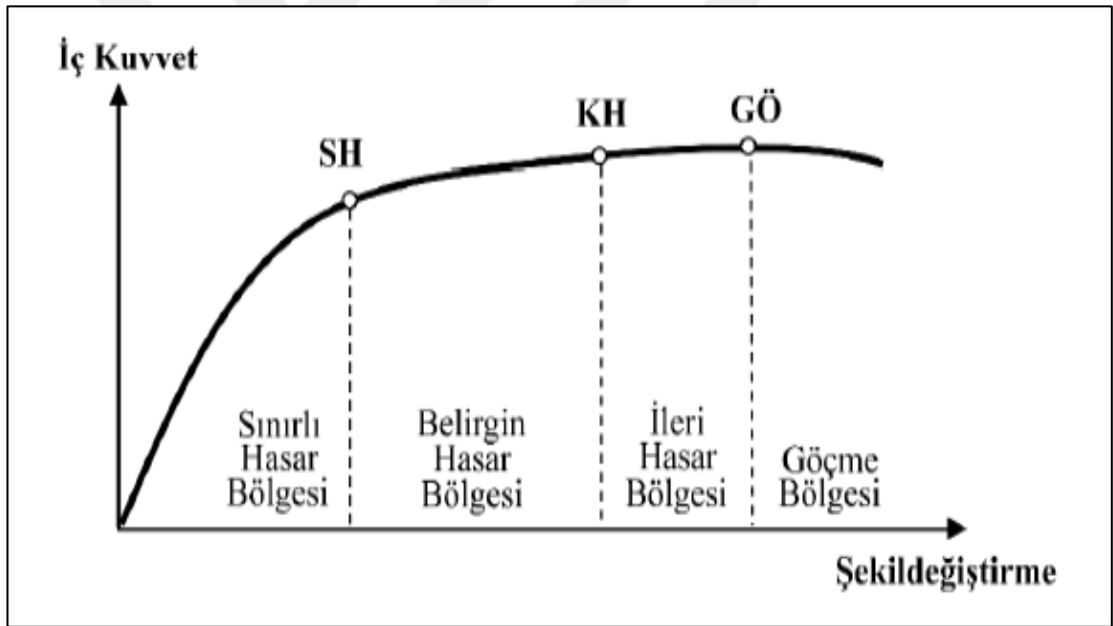
Çalışmanın bu bölümünde tasarımı DGT yaklaşımı ile TBDY-2018'e göre yapılan kolon süreksizliği bulunan 7 katlı betonarme yapının performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapının performansı ETABS programında hazırlanmış olup kesit analizleri SAP2000 kullanılarak yapılmıştır. Deprem performansının belirlenmesinde zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz kullanılmıştır. Kolon ve kirişte yığılı plastik mafsalları modelleri kullanılırken, perdelerde yayılı plastik mafsalları modeli kullanılmıştır. Perdelerde yayılı plastik davranış modeli sargılı ve sargısız beton özellikleri dikkate alınarak kesit hücresi (lif) modeli ile idealleştirilmiştir.

Zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan analizlerde kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtlarının veri tabanından seçilmesi ve ölçeklendirilmesine ait detaylar

ilerleyen bölümlerde açıklanmıştır. Doğrusal olmayan analizlerde 11 adet deprem kaydı kullanılmıştır.

6.1. Yapısal Elemanların Hasar Sınır Değerleri

TBDY-2018 15.3.1 ve 15.3.2’de yapısal elemanların hasar sınırları ve bölgelerine değinilmiştir. Kolon, kiriş ve perde gibi yapısal elemanların üç farklı hasar sınırları vardır. Bunlar sınırlı hasar, kontrollü hasar ve göçme öncesi hasardır. Sınırlı hasar yapının sınırlı seviyede hasarın ortaya çıktığı durum olarak tanımlanabilir. Kontrollü hasar yapının çok ciddi olmayan bir düzeyde ve tekrardan onarılması mümkün olan hasar durumudur. Göçme öncesi hasar ise binanın çok ciddi anlamda hasar aldığı ve bir daha oturulmayacak seviyeye gelmesi durumudur.



Şekil 6.1: Kesit hasar bölgeleri.

6.1.1. Göçme Öncesi Hasar Sınır Değerleri

TBDY-2018 5.8.1.1’de göçme öncesi performans düzeyi için belirlenmiş olan beton birim kısalması eşitlik (6.1)’de verilmiştir. Bu eşitlik sadece dikdörtgen kesite sahip yapısal elemanlar için geçerlidir.

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (6.1)$$

Dairesel kesite sahip yapısal elemanlar için geçerli olan eşitlik (6.2)'de gösterilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (6.2)$$

ω_{we} ; Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı anlamına gelmekte olup eşitlik (6.3)'te formülasyonu verilmiştir.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (6.3)$$

α_{se} ; Sargı donatısı etkinlik katsayısı anlamına gelmekte olup eşitlik (6.4)'te formülasyonu gösterilmiştir. ρ_{sh} ise dikdörtgen kesit için iki yatay yöndeki hacimsel donatı oranını vermekte olup eşitlik (6.5)'te belirtilmiştir.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_f^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad (6.4)$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k \times s} \quad (6.5)$$

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için belirlenen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi eşitlik (6.6)'da gösterilmiştir.

$$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (6.6)$$

Göçmenin önlenmesi performans düzeyinde plastik dönmeler için verilen sınır değer eşitlik (6.7)'de belirtilmiştir.

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s}\right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (6.7)$$

6.1.2. Kontrollü Hasar Sınır Değerleri

TBDY-2018 5.8.1.3'te kontrollü hasar performans düzeyinde beton ve donatı çeliği için toplam birim şekil değiştirmeler ve plastik dönme sınırları gösterilmiştir. $\epsilon_c^{(KH)}$ sargılı beton birim kısalması sınırı, $\epsilon_s^{(KH)}$ donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı ve $\theta_p^{(KH)}$ ise plastik dönme sınırı anlamına gelmektedir. Tanımlanan bu değerler eşitlik (6.8)'de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}\epsilon_c^{(KH)} &= 0.75\epsilon_c^{(GÖ)} \\ \epsilon_s^{(KH)} &= 0.75\epsilon_s^{(GÖ)} \\ \theta_p^{(KH)} &= 0.75\theta_p^{(GÖ)}\end{aligned}\tag{6.8}$$

6.1.3. Sınırlı Hasar Sınır Değerleri

TBDY-2018 5.8.1.4'te sınırlı hasar performans düzeyinde beton ve donatı çeliği için toplam birim şekil değiştirmeler ve plastik dönme sınırları eşitlik (6.9)'da gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}\epsilon_c^{(SH)} &= 0.0025 \\ \epsilon_s^{(SH)} &= 0.0075 \\ \theta_p^{(SH)} &= 0\end{aligned}\tag{6.9}$$

6.2. Yeni Yapılacak Yapıların Deprem Performansının Tespit Edilmesi

6.2.1. Yeni Yapılacak Yapılarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi

TBDY-2018 15.8.3'te belirtildiği üzere betonarme yapıların herhangi bir katında hesaplanan kırışların bütün deprem yönleri için maksimum %20 oranında belirgin hasar bölgesine geçmesi gerekir. Eğer hesaplamalar sonucu gevrek hasar tespit edilmiş ise bu yapısal elemanların güçlendirilmesi şartıyla binanın sınırlı hasar performans düzeyinde olduğuna karar verilir.

6.2.2. Yeni Yapılacak Yapılarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

TBDY-2018 15.8.4'te belirtildiği üzere betonarme yapıların herhangi bir katında hesaplanan kirişlerin, ikincil kirişler dahil olmamak kaydıyla, bütün deprem yönleri için maksimum %35 oranında ileri hasar bölgesine geçmesi gerekir. İleri hasar bölgesinde bulunan kolon ve perdelerin, her bir katta kolon ve perdeler tarafından taşınan kesme kuvvetine olan katkısı %20 oranının altında olması gerekir. Yapının en üst katında ileri hasar bölgesinde bulunan kolon ve perdelerin kesme kuvvetlerinin toplamı, o katta bulunan bütün kolon ve perdelerin kesme kuvvetlerinin toplamına oranı %40'ı geçemez. Diğer yapısal elemanların hepsi sınırlı hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesinde olması beklenir. Eğer hesaplamalar sonucu gevrek hasar tespit edilmiş ise bu yapısal elemanların güçlendirilmesi şartıyla binanın kontrollü hasar performans düzeyinde olduğuna karar verilir.

6.2.3. Yeni Yapılacak Yapılarda Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi

TBDY-2018 15.8.5'de belirtildiği üzere betonarme yapıların herhangi bir katında hesaplanan kirişlerin, ikincil kirişler dahil olmamak kaydıyla, bütün deprem yönleri için maksimum %20 oranında göçme bölgesine geçmesi gerekir. Diğer yapısal elemanların hepsi sınırlı hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesinde olması beklenmektedir. Hesaplamalar sonucunda gevrek hasar tespiti yapılan elemanların tümü göçme bölgesinde olduğu göz önüne alınması şartıyla, yapının mevcut durumda kullanımı can güvenliği açısından riskli olduğu sonucuna varılır. Eğer yapı göçmenin önlenmesi performans düzeyini de sağlamıyorsa göçme durumunda olduğu ortaya çıkar.

6.3. Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Modelin Hazırlanması

Doğrusal olmayan hesaplar yapılmadan önce yapının düzgün bir şekilde modellenmesi gerekir. Modelleme yaparken TBDY-2018 5.4.1'de belirtildiği üzere üç boyutlu olarak modellenmelidir. Birbirine dik iki yatay yöndeki deprem etkisi her zaman dikkate alınması gerekir. Lineer sönüm oranı %5 olarak uygulanmalıdır.

Eksenel kuvvetlerden dolayı şekil değiştirmiş binada ikinci mertebe etkilerine dikkat edilmelidir. Bu tez çalışmasında TBDY-2018 5.5.2’de belirtildiği gibi zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılmıştır. Binanın deprem yükleri altında her saniyesindeki reaksiyonunu çözümleyen yöntemle zaman tanım alanında analiz denmektedir.

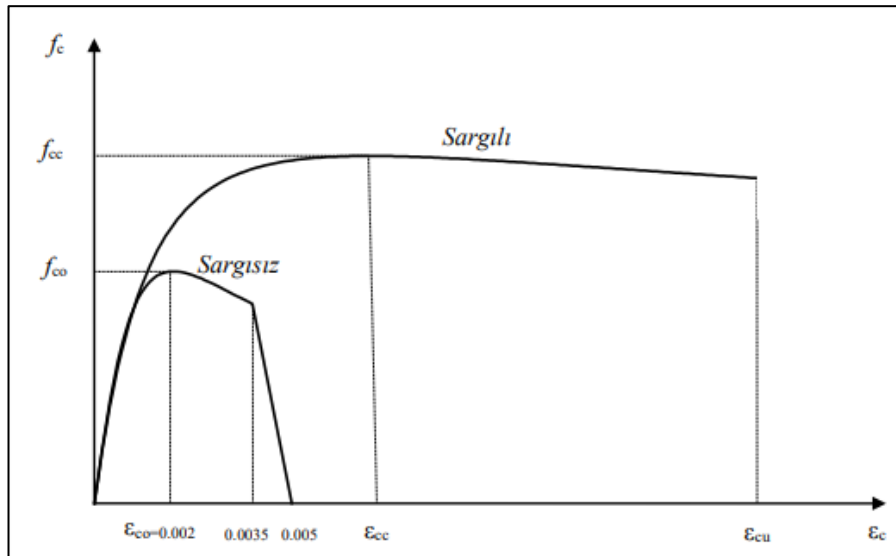
6.3.1. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Binanın performans analizi yapılmadan önce beton ve donatıların özellikleri modele doğru bir şekilde girilmesi gerekmektedir. TBDY-2018 5.4.1.5’de belirtildiği üzere beton ve donatının beklenen basınç ve akma dayanımları dikkate alınacaktır. Betonun beklenen basınç dayanımı eşitlik (6.10)’da, donatı çeliğinin beklenen akma dayanımı ise eşitlik (6.11)’de gösterilmiştir.

$$f_{ce} = 1.3 \times f_{ck} \quad (6.10)$$

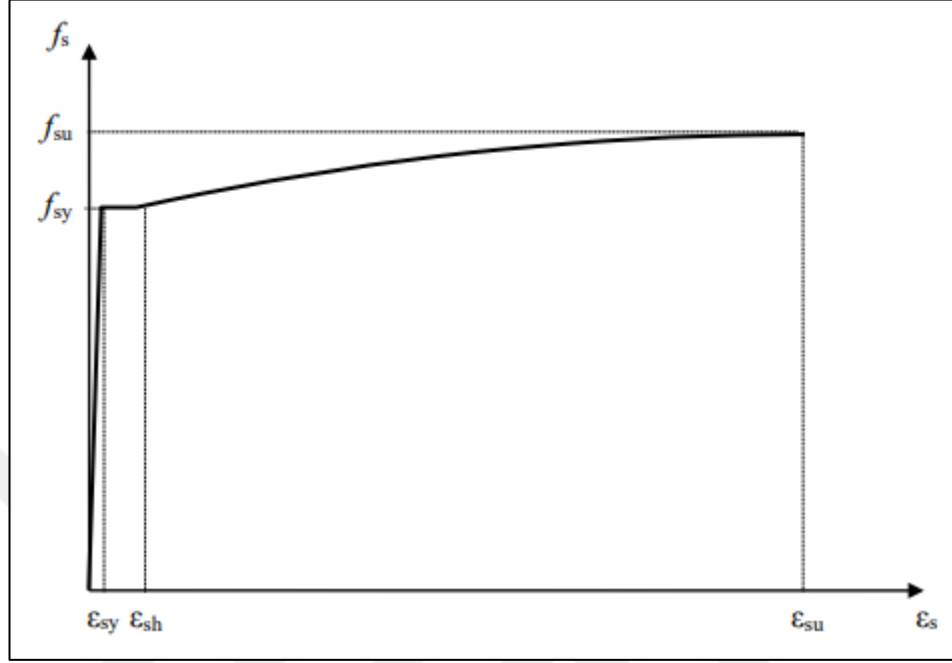
$$f_{ye} = 1.2 \times f_{yk} \quad (6.11)$$

Zaman tanım alanında analiz yöntemi gibi diğer doğrusal olmayan performans analizlerinde de Şekil 6.2’de gösterildiği üzere sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekil değiştirme bağıntılarından faydalanılabilir.



Şekil 6.2: Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekil değiştirme grafiği.

Zaman tanım alanında analiz yöntemi gibi diğer doğrusal olmayan performans analizlerinde de Şekil 6.3'te gösterildiği üzere donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme bağıntılarından faydalanılabilir.



Şekil 6.3: Donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme grafiği.

Donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s = 2 \times 10^5$ MPa'dır. Şekil 6.4'te donatı çeliklerinin özellikleri gösterilmiştir.

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} / f_{sy}
S220	220	0.0011	0.011	0.12	1.20
S420	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	1.15 – 1.35

Şekil 6.4: Donatı çeliklerinin özellikleri.

Performans analizi için hazırlanan model ETABS programında olmasına rağmen beton ve donatı malzemelerinin özellikleri SAP2000 programı aracılığıyla tanımlanmıştır. Analiz kolaylığı açısından yapılan bu işlemde bulunan değerler ETABS programına aktarılmıştır.

Şekil 6.5'te SAP2000 programı aracılığıyla hazırlanan C30 betonun özellikleri gösterilmiştir. Eşitlik (6.10)'da belirtildiği üzere beklenen beton basınç dayanımları da dikkate alınmıştır.

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a material named 'C30/37'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name and Display Color is 'C30/37' with a blue color swatch. Material Type is 'Concrete'. Material Grade is 'C30/37'. Material Notes has a 'Modify/Show Notes...' button.
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume is '25.'. Mass per Unit Volume is '2.5493'.
- Units:** A dropdown menu is set to 'KN, m, C'.
- Isotropic Property Data:** Modulus Of Elasticity, E is '32000000.'. Poisson, U is '0.2'. Coefficient Of Thermal Expansion, A is '1.000E-05'. Shear Modulus, G is '13333333.'.
- Other Properties For Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, f_c is '30000.'. Expected Concrete Compressive Strength is '39000.'. There is an unchecked checkbox for 'Lightweight Concrete' and a corresponding 'Shear Strength Reduction Factor' field.
- Switch To Advanced Property Display:** An unchecked checkbox.

At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Şekil 6.5: C30 sargısız beton özelliklerinin tanımlanması.

Şekil 6.6'da SAP2000 programı aracılığıyla hazırlanan S420 donatı çeliğinin özellikleri gösterilmiştir. Eşitlik (6.11)'de belirtildiği üzere beklenen donatı akma dayanımları da dikkate alınmıştır.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: S420

Material Type: Rebar

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units

KN, m, C

Uniaxial Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 1.999E+08

Poisson, U: 0.

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G:

Other Properties For Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 420000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 500000.

Expected Yield Stress, Fye: 504000.

Expected Tensile Stress, Fue: 580000.

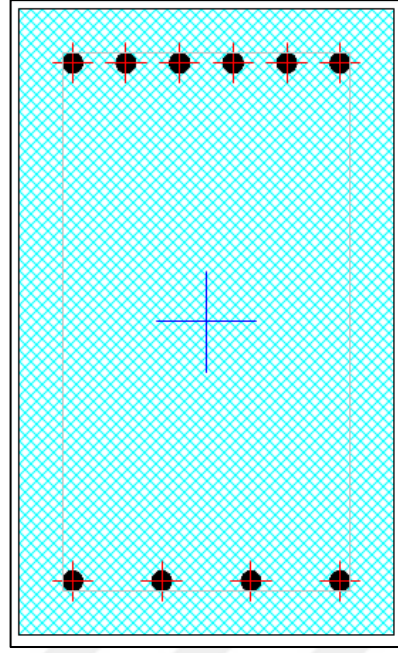
☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Şekil 6.6: S420 Donatı çeliği özelliklerinin tanımlanması.

6.3.2. Kolon, Kiriş ve Perde Plastik Mafsalların Tanımlanması

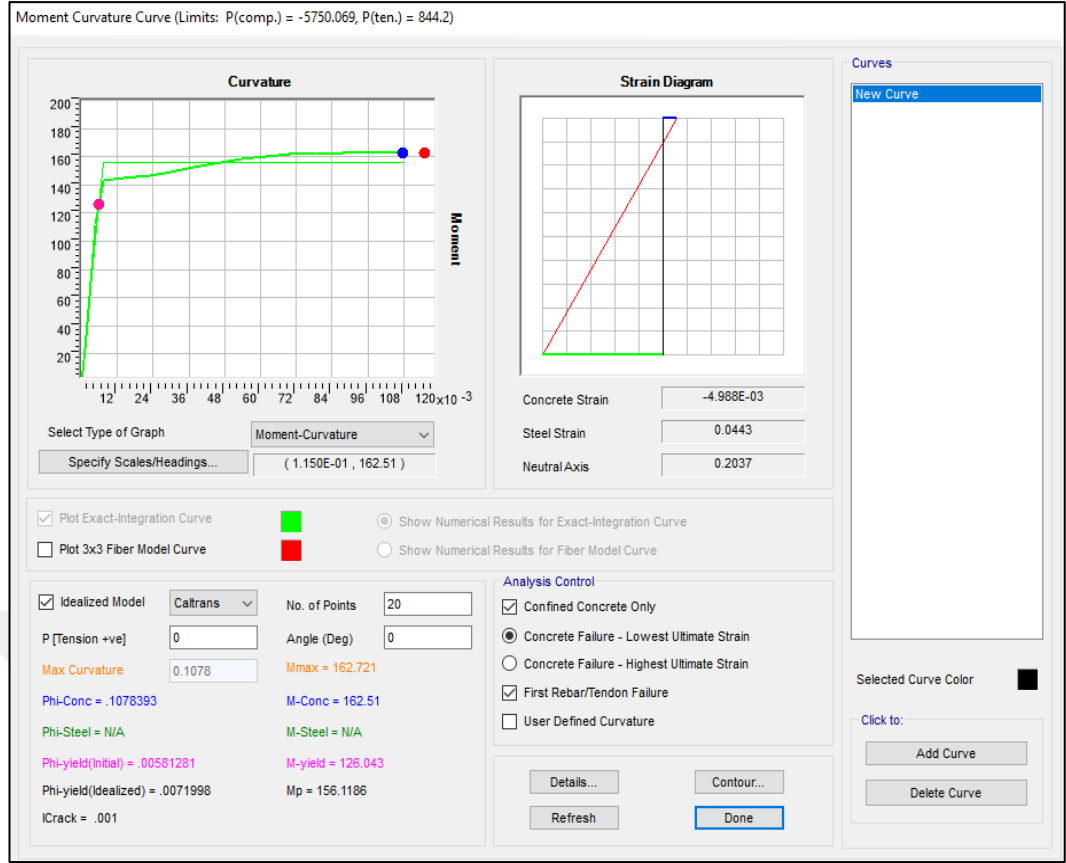
C30 beton ve S420 donatı çeliklerinin özellikleri analiz modeline tanımlandıktan sonra kolon, kiriş ve perdeler plastik mafsallara atanacaktır. Ardından değişen kesit özelliklerine ve donatı alanlarına göre modellenip moment – dönme değerleri bulunacaktır. Tasarım aşamasında kirişler dört tip olarak belirlenmiştir. Modellenen kirişlerde sargı etkisi göz önüne alınmamıştır. Örnek olması açısından 30×50 çevre kirişinin moment eğrilik ilişkisi bulunurken atılan adımlar gösterilmiştir. Şekil 6.7’de SAP2000 programında hazırlanmış kiriş kesitinin modeli görülmektedir.



Şekil 6.7: 30×50 çevre kirişinin kesiti.

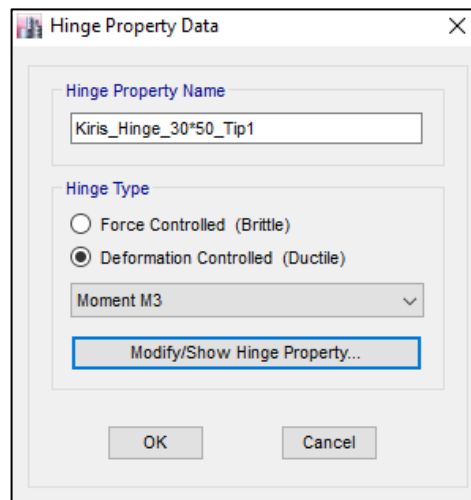
0° ve 180° eğilme açılarında ortaya çıkan moment-eğrilik değerleri plastik mafsalların tanımlanması sırasında kullanılmıştır. Şekil 6.8’de 0° etkileşim yüzeyine göre elde edilen moment-eğrilik diyagramı verilmiştir.

- $L_p = 0.25$ m
- $\phi_y = 0.005813$ rad/m
- $\phi_u = 0.1078$ rad/m
- $M_y = 126.043$ kNm
- $M_u = 162.721$ kNm
- $\phi_p = \phi_u - \phi_y = 0.1019$ rad/m
- $\theta_p = \phi_p \times L_p = 0.0255$ rad
- $M_u / M_y = 1.29$



Şekil 6.8: 0° Etkileşim yüzeyine göre kiriş moment-eğrilik diyagramı.

Binada bulunan kirişler yalnızca güçlü eksenleri etrafında eğilmeye çalışan yapısal elemanlardır. Bu sebeple kirişlere M3 moment tipinde plastik mafsal atanabilir. Şekil 6.9’da ETABS programında 30×50 çevre kirişinin plastik mafsal seçimi gösterilmektedir.



Şekil 6.9: 30×50 kirişi için plastik mafsal seçilmesi.

Şekil 6.10'da ETABS programında plastik mafsalsal bilgilerinin girildiği pencere gösterilmektedir.

Hinge Property Data for Kiris_Hinge_30*50_Tip1 - Moment M3

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.0301
D-	-0.2	-0.0201
C-	-1.2	-0.0201
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.29	0.0255
D	0.2	0.0255
E	0.2	0.0355

☐ Symmetric

Additional Backbone Curve Points

☐ BC - Between Points B and C

☐ CD - Between Points C and D

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☐ Immediate Occupancy

☐ Life Safety

☐ Collapse Prevention

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☒ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☐ Drops To Zero

☒ Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis: Isotropic

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Şekil 6.10: 30×50 kirişi için plastik mafsalsal bilgilerinin tanımlanması.

Şekil 6.11'de ETABS programında plastik mafsalların kiriş uçlarına nasıl girildiği ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Frame Assignment - Hinges

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Kiris_Hinge_30*50_Tip1	0
Kiris_Hinge_30*50_Tip1	0
Kiris_Hinge_30*50_Tip1	1

Add

Modify

Delete

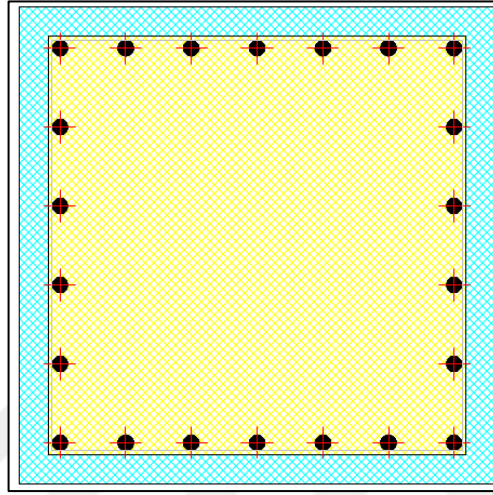
Auto Hinge Assignment Data

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

OK Cancel

Şekil 6.11: 30×50 kirişinin uç bölgelerine plastik mafsalların girilmesi.

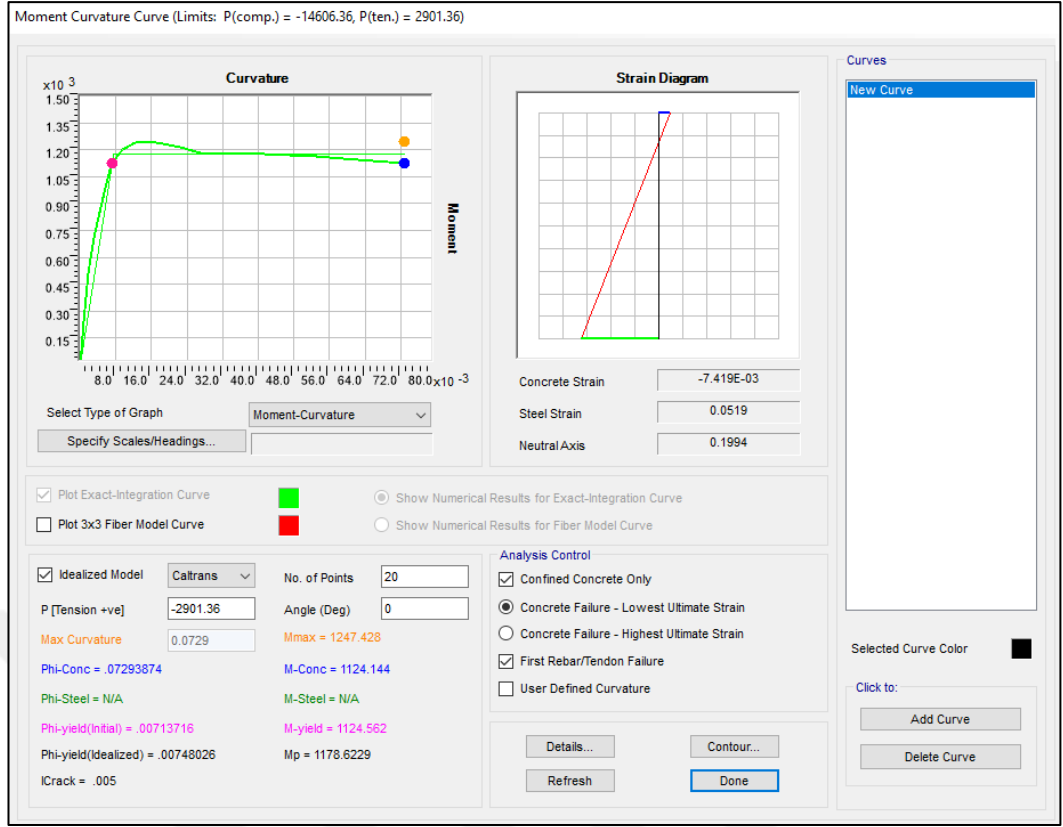
Tasarım aşamasında kolonlar dört tip olarak belirlenmişti. Modellenen kolonlarda sargı etkisi göz önüne alınmıştır. Örnek olması açısından zemin kattan 1. kata devam etmeyen 60×60 kolonlarının moment eğrilik ilişkisi bulunmuş olup atılan adımlar gösterilmiştir. Şekil 6.12’de SAP2000 programında hazırlanmış kolon kesitinin modeli görülmektedir.



Şekil 6.12: 60×60 kolonun kesiti.

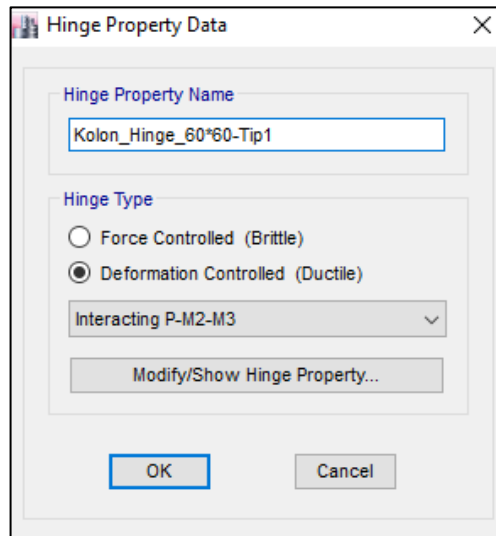
0°, 45° ve 90° eğilme açılarında ortaya çıkan moment-eğrilik değerleri plastik mafsalların tanımlanması sırasında kullanılmıştır. Şekil 6.13’te 0° etkileşim yüzeyine göre elde edilen moment-eğrilik diyagramı verilmiştir.

- $L_p = 0.30$ m
- $\phi_y = 0.007137$ rad/m
- $\phi_u = 0.0729$ rad/m
- $M_y = 1124.56$ kNm
- $M_u = 1247.43$ kNm
- $\phi_p = \phi_u - \phi_y = 0.0657$ rad/m
- $\theta_p = \phi_p \times L_p = 0.0197$ rad
- $M_u / M_y = 1.11$



Şekil 6.13: 0° etkileşim yüzeyine göre kolon moment-eğrilik diyagramı.

Binada bulunan kolonlar her iki yönde de moment aktaran yapısal elemanlardır. Bu sebeple düşey ve iki eksenli eğilme momentlerinin etkisi göz önüne alınarak kolonlara P-M2-M3 moment tipinde plastik mafsalları atanabilir. Şekil 6.14’de ETABS programında 60×60 kolonunun plastik mafsalları seçimi gösterilmektedir.



Şekil 6.14: 60×60 kolonu için plastik mafsalları seçilmesi.

Şekil 6.15’de ETABS programında 60×60 kolonun plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması gösterilmektedir.

Şekil 6.15: 60×60 kolonu için plastik mafsallık bilgilerinin tanımlanması.

Şekil 6.16’da 60×60 kolonun plastik mafsallık özellikleri girilirken es geçilmemesi gereken eksenel kuvvet adetleri ve değerleri gösterilmektedir.

	Force kN
1	-6572.7
2	-2190.9

Şekil 6.16: 60×60 kolonu plastik mafsalların eksenel kuvvet değerleri.

Şekil 6.17’de 60×60 kolonun plastik mafsallık özellikleri girilirken unutulmaması gereken etkileşim yüzey açıları ve sayıları gösterilmektedir.

Angles for Kolon_Hinge_60*60-Tip1 - Interacting P-M2-M3

This Number of Angles is Specified

Number of Angles: 3

Angle Data

	Angle deg
1	0
2	45
3	90

Order Rows

OK

Cancel

Şekil 6.17: 60×60 kolonu plastik mafsallık etkileşim açıları.

Şekil 6.18’de 60×60 kolonunun çeşitli eksenel kuvvet değerlerinde ve açılarındaki moment-dönme değerleri gösterilmektedir.

Moment Rotation Data for Kolon_Hinge_60*60-Tip1 - Interacting P-M2-M3

Select Curve

Axial Force: -6572.7

Angle: 0

Curve #1: [Navigation Buttons]

Moment Rotation Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0	0
B	1	0
C	1.11	0.0197
D	0.2	0.0197
E	0.2	0.0297

Note: Yield moment is defined by interaction surface

Copy Curve Data

Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

Immediate Occupancy: 0.003

Life Safety: 0.012

Collapse Prevention: 0.015

Show Acceptance Points on Current Curve

3D View

Plan: 315 deg

Elevation: 35 deg

Aperture: 0 deg

Axial Force: -6572.7 kN

3D Surface

3-D Surface

Axial Force = -6572.7 kN

Angle is Moment About

0 degrees = About Positive M2 Axis

90 degrees = About Positive M3 Axis

180 degrees = About Negative M2 Axis

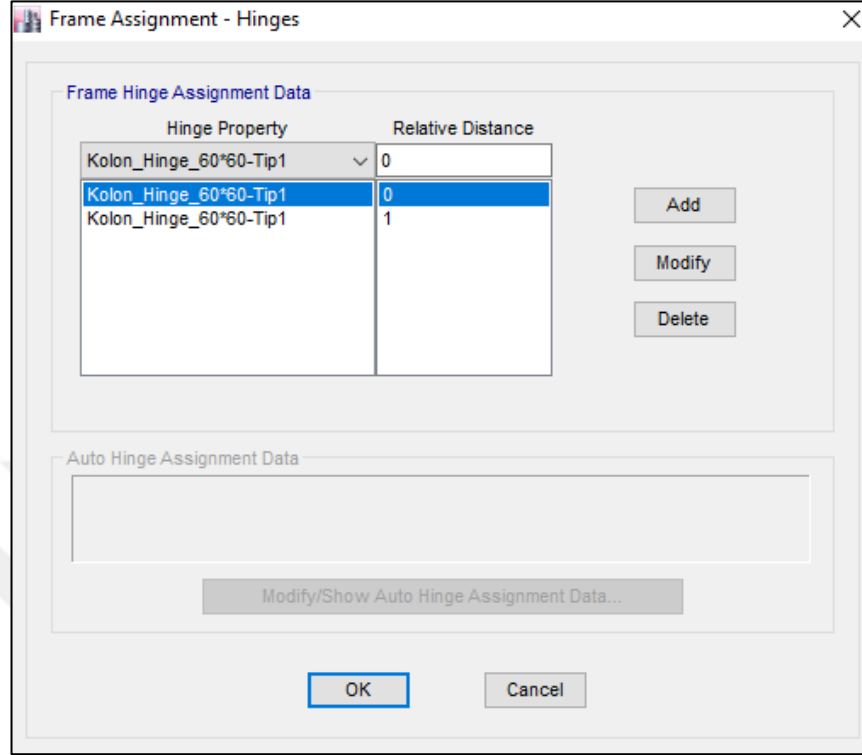
270 degrees = About Negative M3 Axis

OK

Cancel

Şekil 6.18: 60×60 kolonu plastik mafsallık tanımları.

Şekil 6.19’da ETABS programında plastik mafsalların kolon uçlarına nasıl girildiği ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.19: 60×60 kolonunun uç bölgelerine plastik mafsalların girilmesi.

Yapıda sadece L şeklinde tek tip perde bulunmaktadır. Perde uzunlukları ve kalınlıkları aynı olan bu perdelerin donatıları da birbirinin aynısı olarak belirlenmiştir. Plastik mafsallar atanırken perde başlık bölgeleri sargılı beton, perde gövde bölgesi ise sargısız beton olarak gösterilmektedir. Perde başlık bölgeleri için girilen boyuna donatı miktarı 12Ø20, perde gövde bölgesi için girilen boyuna donatı miktarı ise 15 cm arayla 24Ø12’dir. Perde başlık bölgeleri için girilen yatay donatı miktarı 10 cm arayla Ø12, perde gövde bölgesi için girilen yatay donatı miktarı ise 10 cm arayla Ø10’dur. Şekil 6.20’de ETABS modelinde perdelerle plastik mafsallara atanması için kullanılan yol gösterilmiştir. Binada tek tip perde bulunduğu için modelleme kolaylığı açısından bu yol tercih edilmiştir.

Wall Hinge Reinforcement Select

☐ From Current Design
☐ Uniform rebar ratio:
 Vertical rebar
 Horizontal rebar
☒ Specified rebar layout

Şekil 6.20: Perdelere plastik mafsal atanması.

Şekil 6.21’de görüldüğü üzere L perdenin y yönü için girilen donatılar mevcuttur. Girilen bu donatılar bütün L perdelerin x ve y yönleri için geçerlidir.

Wall Hinge Reinforcement

Rebar Material
 Material Flexure: S420
 Material Shear: S420
 Bar Clear Cover: 0.035 m

Layout

Geometry

Start X (m)	Start Y (m)	End X (m)	End Y (m)	Length (m)	Thickness (m)	Start Zone Size (m)	End Zone Size (m)
12	24	12	30	6	0.25	1.2	1.2

Reinforcement

Flexural Detail - Each Face			
Station	Bar Size	Bar Spacing (m)	Number of Bars
Start	20		12
Center	12	0.15	24
End	20		12

Shear/Confinement Detail			
Station	Bar Size	Bar Spacing (m)	Confined
Start	12	0.1	Yes
Center	10	0.1	No
End	12	0.1	Yes

Flexural Detail (Additional Individual Bars)		
Material	Distance (m)	Area (m2)
*		

Şekil 6.21: L perdenin y yönündeki kolu için atanan donatı miktarları.

6.3.3. Çatlamış Kesit Rijitliklerinin Tanımlanması

TBDY-2018 5.4.5.2’de belirtildiği üzere yığılı plastik davranışına göre yapılan modelin kolon, kiriş ve perdelerin çatlamış kesit rijitlikleri eşitlik (6.12)’de tanımlandığı gibi yapılacaktır.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y} \quad (6.12)$$

Plastik mafsalsal akma dönmesi olan θ_y ise eşitlik (6.13)’te belirtildiği üzere hesabı yapılacaktır.

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (6.13)$$

Örnek olması açısından zemin katta bulunan KZ1047 kirişinin çatlamış kesit rijitliği hesaplanacaktır. 6 metre uzunluğa, 30×50 kesit özelliklerine sahip bu kirişin üst donatısı 6Ø16, alt donatısı 4Ø16 olarak atanmıştır. İlk olarak 0° etkileşim yüzeyi için hesap yapılacaktır.

- $\phi_y = 0.005813$ rad/m ; Akma eğriliği anlamına gelmektedir.
- $L_s = 2.8$ m ; Kiriş açıklığının yarısıdır.
- $\eta = 1$; Kirişlerde 1 değerini alır.
- $h = 0.5$ m ; Kiriş yüksekliğidir.
- $d_b = 0.016$ m ; Boyuna donatı çapıdır.
- $f_{ye} = 504$ MPa ; Donatının beklenen akma dayanımıdır.
- $f_{ce} = 39$ MPa ; Betonun beklenen basınç dayanımıdır.
- $\theta_y = \frac{0.005813 \times 2.80}{3} + 0.0015 \times 1 \times \left(1 + 1.5 \frac{0.5}{2.8} \right) + \frac{0.005813 \times 0.016 \times 504}{8\sqrt{39}}$
- $\theta_y = 0.0082$ rad

Ardından 180° etkileşim yüzeyi için hesap yapılacaktır.

- $\phi_y = 0.006254 \text{ rad/m}$
- $\theta_y = \frac{0.006254 \times 2.80}{3} + 0.0015 \times 1 \times \left(1 + 1.5 \frac{0.5}{2.8}\right) + \frac{0.006254 \times 0.016 \times 504}{8\sqrt{39}}$
- $\theta_y = 0.0087 \text{ rad}$
- $M_{y,ort} = 161.05 \text{ kNm}$; Ortalama etkin akma momentidir.
- $\theta_{y,ort} = 0.00845 \text{ rad}$; Ortalama akma durumu için eksen dönmesidir.
- $(EI)_e = \frac{161.05}{0.00845} \times \frac{2.8}{3} = 17788 \text{ kNm}^2$
- $(EI)_o = 100000 \text{ kNm}^2$
- $\frac{(EI)_e}{(EI)_o} = \frac{17788}{100000} = 0.18$

Çıkan sonuca göre %18 oranında kirişin çatlamış kesitliği azaltılmıştır. Kolonlarda ise örnek olarak bodrum katta bulunan SZ136 kolonu için çatlamış kesit rijitliği hesabı yapılacaktır. 60×60 kesit özelliklerine sahip bu kolonun boyuna donatıları 20Ø16 olarak atanmıştır. Kolon kare şeklinde olduğundan dolayı 0° ve 90° etkileşim yüzeylerinde çıkacak sonuçlar aynı olacaktır. İlk olarak 0° ve 90° etkileşim yüzeyi için hesap yapılacaktır.

- $\phi_y = 0.006102 \text{ rad/m}$
- $M_y = 670.62 \text{ kNm}$
- $\theta_y = \frac{0.006102 \times 1.75}{3} + 0.0015 \times 1 \times \left(1 + 1.5 \frac{0.6}{1.75}\right) + \frac{0.006102 \times 0.016 \times 504}{8\sqrt{39}}$
- $\theta_y = 0.0066 \text{ rad}$
- 45° etkileşim yüzeyi için ise;
- $\phi_y = 0.004971 \text{ rad/m}$
- $M_y = 640.56 \text{ kNm}$
- $\theta_y = \frac{0.004971 \times 1.75}{3} + 0.0015 \times 1 \times \left(1 + 1.5 \frac{0.6}{1.75}\right) + \frac{0.004971 \times 0.016 \times 504}{8\sqrt{39}}$
- $\theta_y = 0.0059 \text{ rad}$
- $M_{y,ort} = 655.59 \text{ kNm}$
- $\theta_{y,ort} = 0.00625 \text{ rad}$

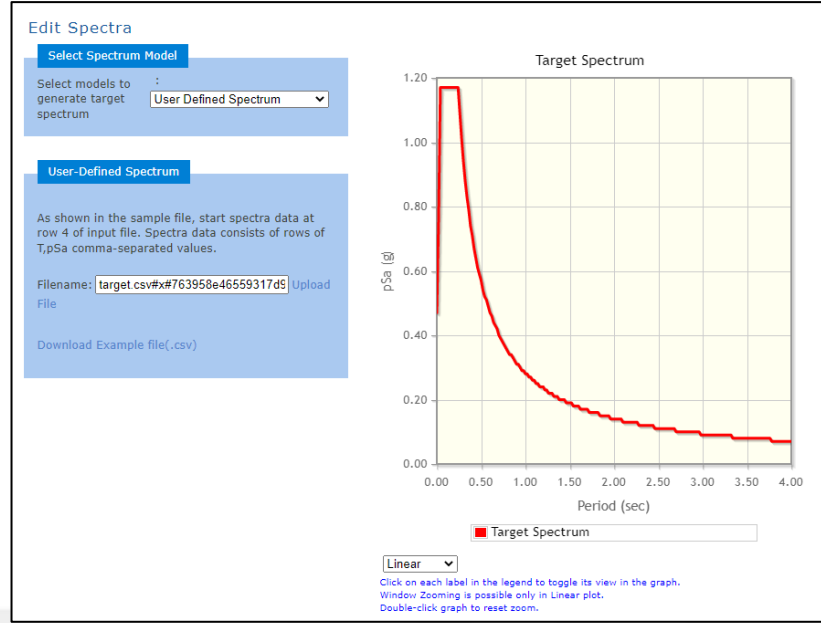
- $(EI)_e = \frac{655.59}{0.00625} \times \frac{1.75}{3} = 61188.4 \text{ kNm}^2$
- $(EI)_o = 345600 \text{ kNm}^2$
- $\frac{(EI)_e}{(EI)_o} = \frac{61188.4}{345600} = 0.18$

Çıkan sonuca göre %18 oranında kolonun çatlamış kesitliği azaltılmıştır.

6.4. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

Yapının performans analizinde uygulanacak olan zaman tanım alanında hesap yönteminde kullanılmak üzere TBDY-2018 madde 5.7.2.1 uyarınca en az onbir deprem yer hareketi takımı seçilmiştir. TBDY-2018 uyarınca birbirine dik iki eksende kaydedilmiş olan bu ivme kayıtları yapısal analizlerde her iki asal eksen doğrultusunda aynı anda etkitilecektir. Yönetmelikte belirtildiği üzere bu ivme kayıtları 90° döndürülerek analizler tekrarlanmalıdır. Bu çalışma kapsamında yapının simetrik olması ve her iki doğrultuda benzer yapısal davranış sergilemesi nedeniyle yapının performans değerlendirmesi tek yönlü yükleme için yapılmış ve 11 adet analiz gerçekleştirilmiştir.

Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının seçilmesi hususunda birçok veri tabanı bulunmaktadır. Bu veri tabanlarından sıklıkla kullanılan Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER)'dir. Dünya çapında yaygın olarak kullanılmakta olan bu veri tabanında kuvvetli yer hareketi kayıtlarının seçimi aşamasında önceden tanımlanmış bir hedef tasarım spektrumu tanımlanabilmekte ve bu spektrum ile uyumlu deprem kayıt takımları seçilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında deprem kayıtlarının seçilmesinde Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na göre binanın konumu göz önüne alınarak elde edilen ve Şekil 6.22'de verilen yatay elastik tasarım ivme spektrumu kullanılmıştır.



Şekil 6.22: PEER veri tabanında hedef ivme spektrumunun tanımlanması.

TBDY-2018'e göre bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır. Deprem yer hareketi kayıtlarının seçilirken PEER veritabanında arama kriterleri olarak faylanma tipi (doğrultu atımlı, normal, oblik atımlı vb.), deprem büyüklüğü, zeminde üstte 30 metrelik tabakadaki kayma dalgası hızı gibi parametreler kullanılabilir. Şekil 6.23'te ayrıntılı arama için bilgi girişi yapılan parametreler verilmiştir. TBDY-2018'de deprem kayıtlarının basit ölçekleme yöntemi ile ölçeklendirilmesi hususunda bazı koşullar bulunmaktadır. Madde 2.5.2 (b) çerçevesinde verilmekte olan bu koşullar uyarınca, seçilen her deprem kaydının iki yatay bileşeninin spektrumları elde edilecek ve bu spektrumların karelerinin toplamalarının karekökü hesaplanarak bileşke spektrum belirlenecektir. Bu bileşke spektrumların ortalaması hesaplanacak ve $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumunun aynı iki periyot arasındaki genliklerinin 1.3 katından büyük olması sağlanacaktır. Ölçekleme işlemi yapılırken her iki yatay bileşen için de aynı ölçek katsayısı kullanılacaktır. TBDY 2018 2.5.1.3'e göre aynı depremden seçilecek kayıt veya kayıt takımı sayısı maksimum 3 olacaktır.

New Search

Load Sample Input Values Clear Input Values

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : RSN1,...RSNn

Event Name :

Station Name :

Search Parameters:

Fault Type : Strike Slip (SS)

Magnitude : 5.0,7.5

min,max

RJB(km) : 10,100

min,max

Rrup(km) : 10,30

min,max

Vs30(m/s) : 500,1300

min,max

D5-95(sec) :

min,max

Pulse : Any Record

Additional Characteristics:

Max No. Records :

(<=100)

Initial ScaleFactor :

min,max

Suite

Spectral Ordinate : SRSS

Damping Ratio : 5%

Suite Average : Arithmetic

Scaling

Scaling Method : Minimize MSE

MSE = Computed Weighted Mean Squared Error of record, and suite average, wrt target spectrum.

Weight Function

Used in both search and scaling when computing MSE. Values can be updated for rescaling. Intermediate points are interpolated with $W = fcn(\log(T))$

Period Points : 0.142,1.065 (T1,T2,... Tn)

Weights : 1,1,1 (W1,W2,... Wn)

Şekil 6.23: PEER veri tabanında deprem kayıtlarını arama parametreleri.

Deprem kayıtlarını ölçeklendirmede zaman tanım alanında ölçekleme yöntemi kullanılmıştır. Yer hareketinin frekans içeriğinde bir değişikliğe neden olmayan bu yöntemde ivme verisinin genlikleri belirlenen bir ölçek katsayısı ile çarpılmaktadır. Bu yöntem; tasarım ivme spektrumu ile en küçük kareler yöntemi uygulanarak ölçeklendirilen deprem yer hareketinin spektrumu arasındaki farkın minimize edilmesi prensibine dayanmaktadır. Eşitlik (6.14)'te gösterildiği gibi tasarım ivme spektrumu ile ölçeklenmiş davranış spektrumunun genlikleri arasındaki farkın karesinin ölçeklendirmenin yapılacağı periyot aralıklarında integrali alınır ve fark olarak isimlendirilir.

$$|Fark| = \int_{T_A}^{T_B} [\alpha S_a^{\text{gerçek}}(T) - S_a^{\text{hedef}}(T)]^2 dT \quad (6.14)$$

Burada; S_a^{hedef} hedef ivme davranış spektrumunu, $S_a^{\text{gerçek}}$ kullanılan gerçek deprem kaydının ivme spektrumunu, α lineer ölçekleme katsayısını, T periyodu, T_A ve T_B ise sırasıyla ölçeklemelerin yapılacağı periyot aralığının alt ve üst sınırlarını göstermektedir. Fark fonksiyonunun minimize olması için bu fonksiyonun lineer ölçekleme katsayısına göre türevi eşitlik (6.15)'te gösterildiği gibi sıfır olmalıdır.

$$\min |Fark| = \frac{d|Fark|}{d\alpha} = 0 \quad (6.15)$$

Eşitlik (6.15)'te verilen integral işlemi ayrık forma dönüştürülüp T_A ve T_B arasında ΔT artımlarla bir toplam fonksiyonuna dönüştürülür ise lineer ölçekleme katsayısı α eşitlik (6.16)'da verilen bağıntı yardımıyla hesaplanabilmektedir.

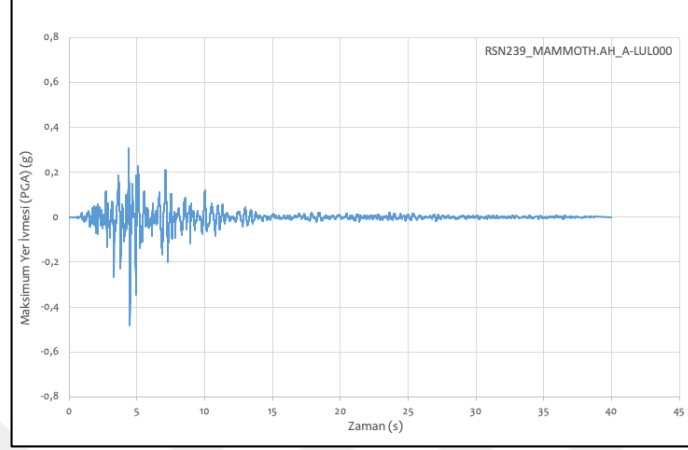
$$\alpha = \frac{\sum_{T=T_A}^{T_B} (S_a^{\text{gerçek}}(T) S_a^{\text{hedef}}(T))}{\sum_{T=T_A}^{T_B} (S_a^{\text{gerçek}}(T))^2} \quad (6.16)$$

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde kullanılmak üzere yukarıda açıklanan yöntemler çerçevesinde seçilen ve zaman tanım alanında ölçeklendirilen kuvvetli yer hareketi kayıtları ve bu kayıtlara ait ölçekleme katsayıları Tablo 6.1'de verilmiştir.

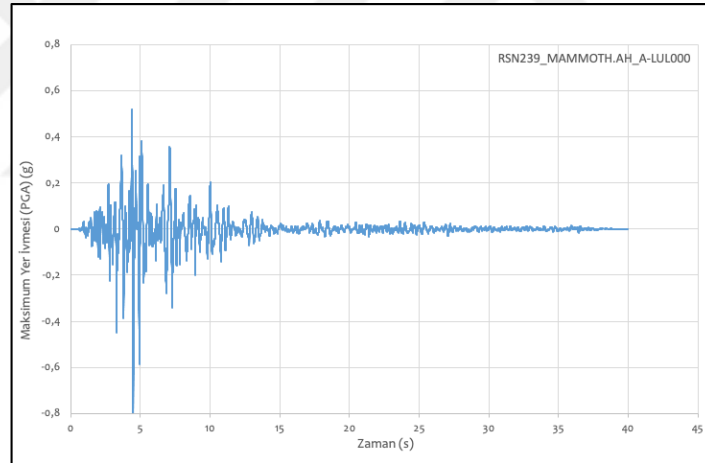
Tablo 6.1: Seçilen kuvvetli yer hareketi kayıtları özellikleri ve ölçekleme katsayıları.

PEER Kayıt No	Depremin Adı	İstasyon Adı	Tarih	Büyükölük	Faylanma Tipi	Vs30 (m/sec)	Ölçek Katsayısı
33	Parkfield	Temblor pre-1969	1966	6,19	Yanal Atımlı	527.92	1.593
164	Imperial Valley-06	Cerro Prieto	1979	6,53	Yanal Atımlı	471.53	1.588
212	Livermore-01	Del Valle Dam	1980	5,8	Yanal Atımlı	403.37	2.255
239	Mammoth Lakes-03	Long Valley Dam	1980	5,91	Yanal Atımlı	537.16	1.690
265	Victoria_Mexico	Cerro Prieto	1980	6,33	Yanal Atımlı	471.53	0.856
457	Morgan Hill	Gilroy Array #3	1984	6,19	Yanal Atımlı	349.85	1.928
548	Chalfant Valley-02	Benton	1986	6,19	Yanal Atımlı	370.94	1.758
1107	Kobe_Japan	Kakogawa	1995	6,9	Yanal Atımlı	312	1.113
1148	Kocaeli_Turkey	Arcelik	1999	7,51	Yanal Atımlı	523	2.120
1633	Manjil_Iran	Abbar	1990	7,37	Yanal Atımlı	723.95	0.555
1787	Hector Mine	Hector	1999	7,13	Yanal Atımlı	726	1.035

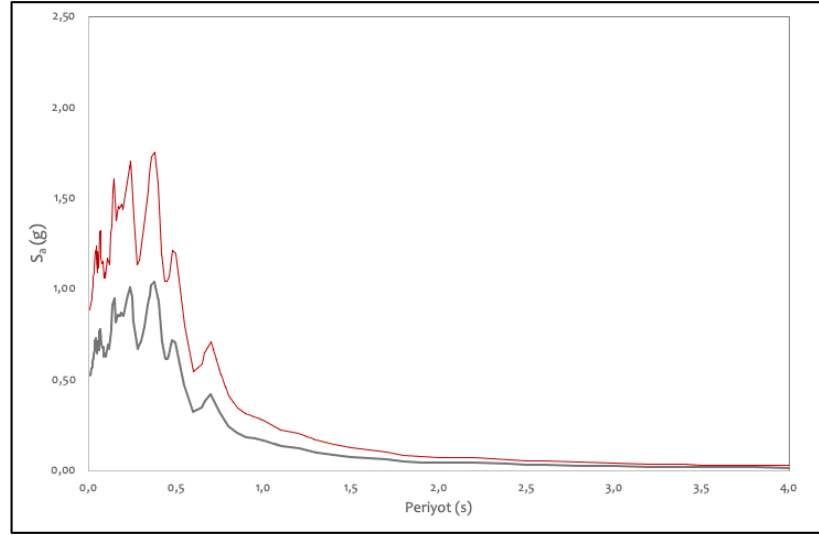
Örnek olması amacıyla 239 kayıt no'lu Mammoth Lakes-03 depreminin kuvvetli yer hareketi kayıtları ve davranış spektrumları ölçeklenmemiş ve ölçeklendirilmiş durumlar için sırasıyla Şekil 6.24 ve Şekil 6.25'te gösterilmiştir.



Şekil 6.24: Mammoth Lakes-03 depremi gerçek kuvvetli yer hareketi kaydı.

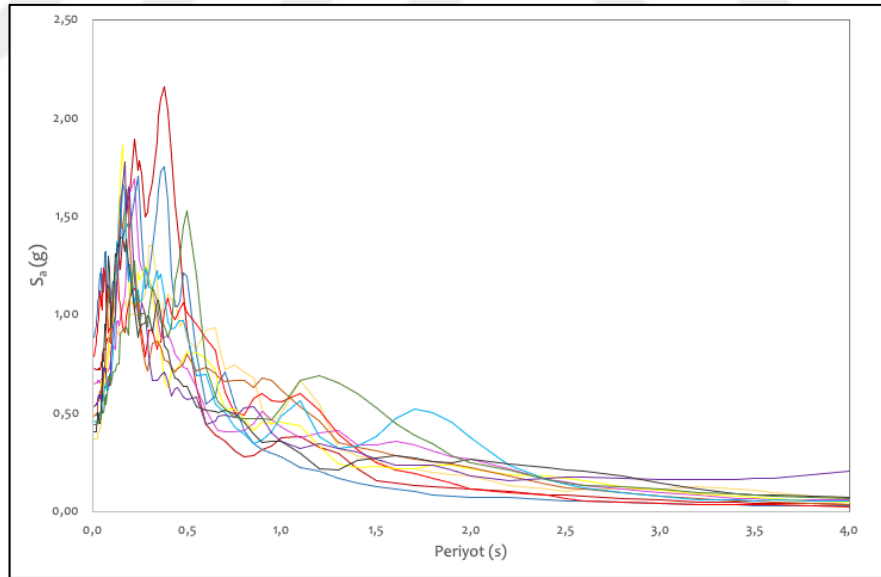


Şekil 6.25: Mammoth Lakes-03 depremi ölçeklendirilmiş kuvvetli yer hareketi kaydı.



Şekil 6.26: Mammoth Lakes-03 depreminin davranış spektrumlarının karşılaştırılması.

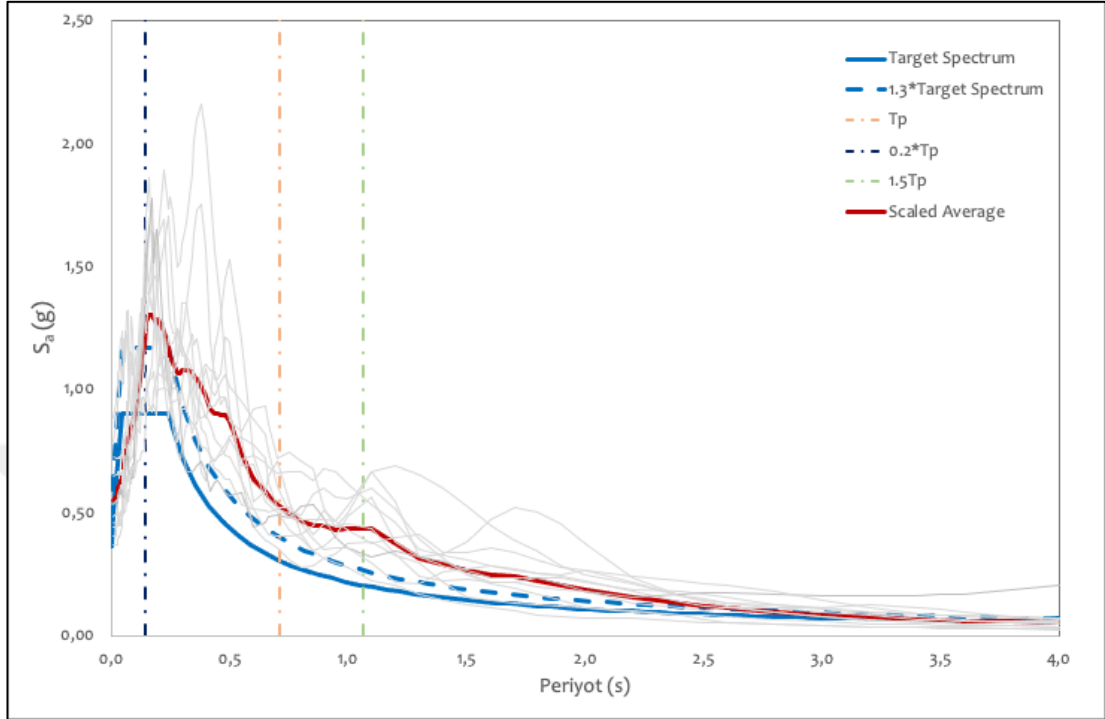
Bu şekilde elde edilmiş olan tüm deprem kayıtlarının her iki yatay bileşenlerinin spektrumlarının karelerinin toplamalarının karekökleri alınarak oluşturulmuş ölçeklenmiş bileşke spektrumlar Şekil 6.27’de verilmiştir.



Şekil 6.27: Tüm kuvvetli yer hareketi kayıtlarının ölçeklenmiş bileşke davranış spektrumları.

Tüm deprem kayıtlarının her iki yatay bileşenlerinin spektrumlarının karelerinin toplamalarının karekökleri alınarak oluşturulmuş ölçeklenmiş bileşke spektrumların

ortalama spektrumu ve yatay elastik ivme spektrumu ile karşılaştırması Şekil 6.28’de verilmiştir.



Şekil 6.28: Tüm kuvvetli yer hareketi kayıtlarının ölçeklenmiş bileşke davranış spektrumları.

6.5. Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi

Yapının performans hesabından önce düşey deprem etkisi modele tanımlanır. Zaman tanım alanında analiz yönteminin başlangıç koşulu olarak kabul edilir. Deprem öncesi durum için binanın düşey şekil değiştirme yapmasına olanak sağlamaktadır. Şekil 6.29’da yapılan düşey yüklemenin ETABS programında tanımlanması verilmiştir. Şekil 6.29’dan da anlaşılacağı üzere 1.18 ve 0.3 katsayı değerleri görülmektedir.

Load Case Data

General

Load Case Name: Dusey_Push [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G1	1.18
Load Pattern	G2	1.18
Load Pattern	Q	0.3

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

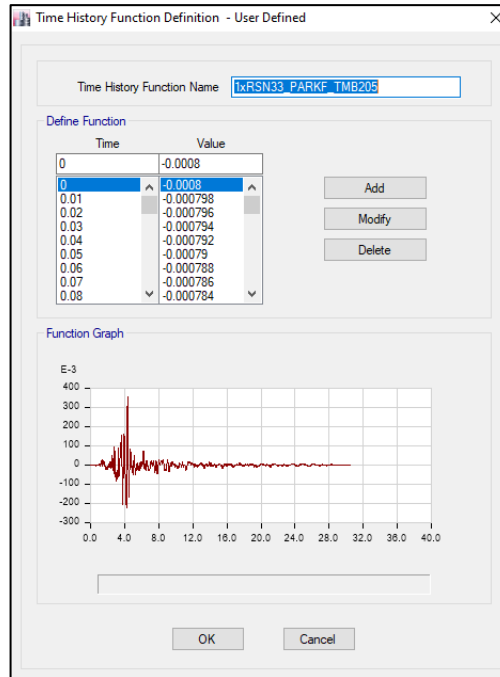
Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil 6.29: Düşey deprem etkisinin tanımlanması.

Zaman tanım alanında analiz öncesi 11 adet depremin x ve y yönlerine ait deprem kayıtları modele etkilmiştir. Şekil 6.30'da Parkfield depremine ait ivme kaydı gösterilmektedir.



Şekil 6.30: Parkfield depremi ivme kaydı.

Deprem ivme kayıtları modele tanımlandıktan sonra analizi yapılacak 11 adet depremin yatay ve düşey yüklemeleri yapılır. Şekil 6.31’de görüldüğü üzere Parkfield depremine ait yüklemenin ETABS programında tanımlanması gösterilmektedir. Tanımlama yapılırken seçilen analiz yöntemi, başlangıç koşulu olarak tanımlanan düşey deprem etkisi, deprem kayıtları ve büyütme katsayıları, deprem ivme değerlerinin sayısı ve aralıkları belirlenmektedir.

Load Case Data

General

Load Case Name: PARKF

Load Case Type/Subtype: Time History | Nonlinear Direct Integration

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Dusey_Push

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	1xRSN33_PARKF_...	15.6283
Acceleration	U2	1yRSN33_PARKF_...	15.6283
Acceleration	U3	1zRSN33_PARKF_...	9.81

Other Parameters

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Number of Output Time Steps: 3042

Output Time Step Size: 0.01 sec

Damping: Mass: 0.5206; Stiff: 0.002; Modal: No

Time Integration: Newmark

Nonlinear Parameters: Default

OK Cancel

Şekil 6.31: Deprem yüklemelerinin tanımlanması.

Direct Integration Damping

Viscous Proportional Damping

☐ Direct Specification
☒ Specify Damping by Period
☐ Specify Damping by Frequency

Mass Proportional Coefficient: 0.5293 1/sec
 Stiffness Proportional Coefficient: 4.723E-03 sec

	Period	Frequency	Damping
First	0.594 sec		0.05
Second	0.593 sec		0.05

☐ Include Additional Modal Damping
 Modal Load Case:
☐ Maximum Considered Modal Frequency:
 Modify/Show Modal Damping Parameters...

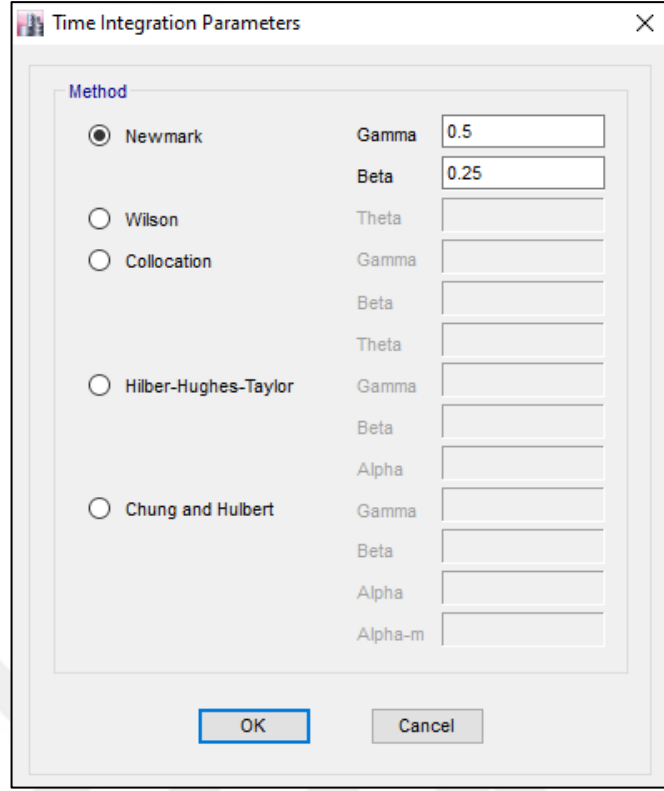
OK Cancel

Şekil 6.32: Rayleigh sönüm matrisinin tanımlanması.

Şekil 6.32’de Rayleigh sönüm matrisinin tanımlanması gösterilmiştir. ETABS programında birinci ve ikinci periyot değerleri girildikten sonra a_0 ve a_1 Rayleigh sönüm katsayıları program tarafından hesaplanır. ξ sönüm oranı, ω_i ve ω_j doğal açısıl frekans anlamına gelmektedir.

- $\omega_i = \frac{2\pi}{T_i} = \frac{2\pi}{0.594} = 10.577 \text{ rad/s}$
- $\omega_j = \frac{2\pi}{T_j} = \frac{2\pi}{0.594} = 10.577 \text{ rad/s}$
- $a_0 = \xi \times 2 \frac{\omega_i \times \omega_j}{\omega_i + \omega_j} = 0.05 \times 2 \frac{10.577 \times 10.577}{10.577 + 10.577} = 0.5288$
- $a_1 = \xi \times 2 \frac{1}{\omega_i + \omega_j} = 0.05 \times 2 \frac{1}{10.577 + 10.577} = 0.00472$

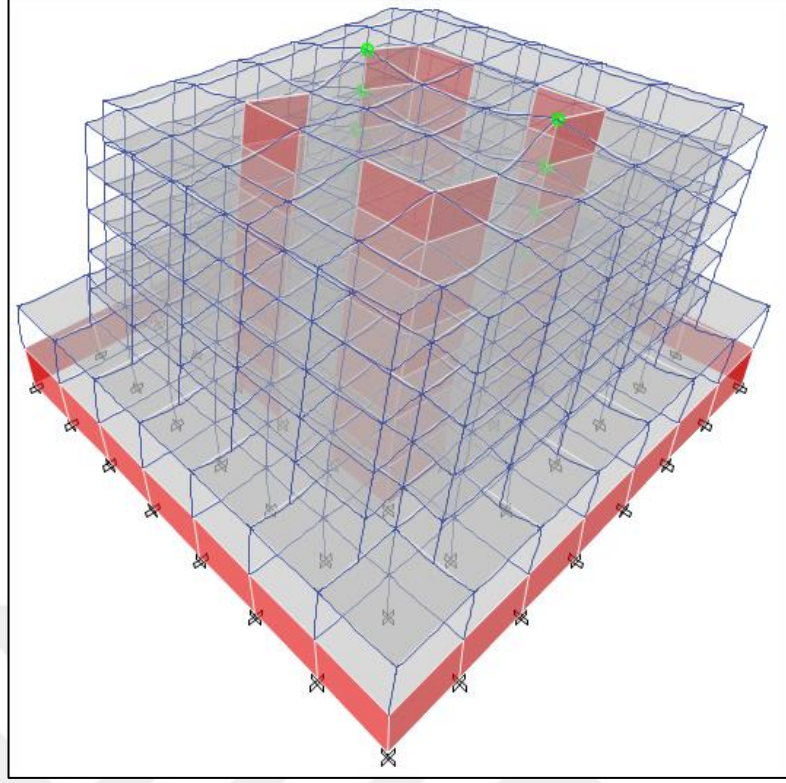
Çözümlemenin analitik olarak yapılması deprem ivmelerinin zamana bağlı olarak değişiminin düzensiz olmasından ötürü çok olanaklı değildir. Bu sebeple sayısal integrasyon yöntemlerine başvurulur. Bu yöntemler arasında Newmark, Wilson, Collocation, Hilber - Hughes - Taylor ve Chung - Hulbert gibi yöntemler vardır. Bu tez çalışmasında Newmark sabit ortalama ivme yöntemi kullanılmıştır. Gamma değeri 0.5, beta değeri 0.25 olarak ETABS programına tanımlanmıştır.



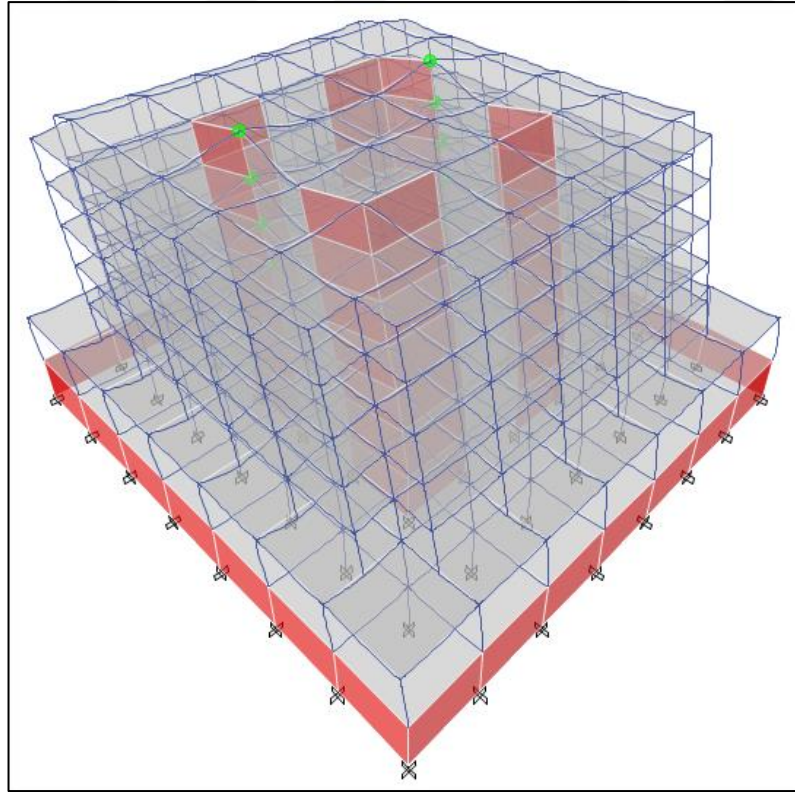
Şekil 6.33: İntegrasyon yönteminin tanımlanması.

6.6. Performans Analizi Sonuçları

Analiz sonuçları incelendiğinde yapıda bulunan elemanların çoğunlukla sınırlı hasar bölgesinde olduğu saptanmıştır. TBDY-2018 5.7.4’te açıklandığı üzere yapısal elemanların şekil değiştirme talepleri en az 22 analizden sonra ortaya çıkan sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak dikkate alınacaktır. Örnek olması açısından Chalfant Valley-02 depreminin analiz sonucunda yapısal elemanlarda ortaya çıkan plastik mafsallar Şekil 6.34 ve Şekil 6.35’te gösterilmiştir.



Şekil 6.34: Chalfant Valley-02 x yönü analiz sonucu ortaya çıkan mafsallaşmış yapı elemanları.



Şekil 6.35: Chalfant Valley-02 y yönü analiz sonucu ortaya çıkan mafsallaşmış yapı elemanları.

5.katta bulunan K162 kirişinin Chalfant depremi plastik mafsal sonucu Tablo 6.2’de verilmiştir. K162 kirişi bir ucu perdeye diğer ucu kolona mesnetli olup kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınır değerinden küçük olduğu için K162 kirişinin sınırlı hasar bölgesinde olduğu sonucuna varılır. Göçmenin önlemesi performans düzeyinde plastik dönmeler için verilen sınır değer, 0° ve 180° etkileşim yüzeyleri için, $\theta_p^{(G\ddot{O})} = 0.10$ rad olarak hesaplanmıştır. Kontrollü hasar performans düzeyinde plastik dönmeler için verilen sınır değer, 0° ve 180° etkileşim yüzeyleri için, $\theta_p^{(G\ddot{O})} = 0.075$ rad olarak belirlenir.

Tablo 6.2: K162 kirişinin plastik mafsal sonucu.

Kat	Kiriş	Yük Durumu	Mutlak Mesafe (m)	M3 (kNm)	R3 Dönme (rad)	Mafsal Durumu
5.Kat	K162	CHALFANT	0	16.83	0	Sınırlı H.
5.Kat	K162	CHALFANT	6	-43.46	0	Sınırlı H.
5.Kat	K162	CHALFANT	0	-126.01	0	Sınırlı H.
5.Kat	K162	CHALFANT	6	-216.32	0	Sınırlı H.
5.Kat	K162	CHALFANT-90	0	-7.38	0	Sınırlı H.
5.Kat	K162	CHALFANT-90	6	-42.19	0	Sınırlı H.
5.Kat	K162	CHALFANT-90	0	-127.05	0	Sınırlı H.
5.Kat	K162	CHALFANT-90	6	-187.07	0	Sınırlı H.

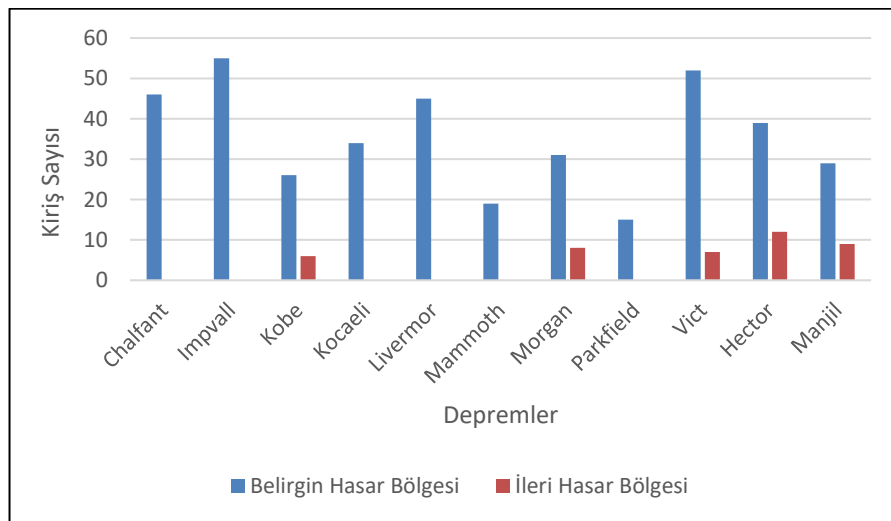
Yapılan analiz sonucunda Chalfant depremi için 84 adet kiriş belirgin hasar bölgesine erişmektedir. Yapıda ileri hasar bölgesinde kiriş bulunmamaktadır. Yapıda toplam 712 adet kiriş olduğu düşünülünce sadece %12 civarında kirişin belirgin hasar bölgesine eriştiği görülmektedir. Örnek olarak 5. Katta yer alan S116 kolonunun plastik mafsal sonucu Tablo 6.3’te paylaşılmıştır.

Tablo 6.3: S116 kolonunun plastik mafsals sonucu.

Kat	Kolon	Yük Durumu	Mutlak Mesafe (m)	P (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	R3 Dönme (rad)	Mafsals Durumu
5.Kat	S116	CHALFANT	0	-336.8	82.9	79.0	0	Sınırlı H.
5.Kat	S116	CHALFANT	3.2	-308.2	63.7	47.8	0	Sınırlı H.
5.Kat	S116	CHALFANT	0	-352.2	-61.2	-43.8	0	Sınırlı H.
5.Kat	S116	CHALFANT	3.2	-323.5	-85.4	-77.6	0	Sınırlı H.
5.Kat	S116	CHALFANT-90	0	-337.4	60.1	110.8	0	Sınırlı H.
5.Kat	S116	CHALFANT-90	3.2	-308.7	56.4	63.1	0	Sınırlı H.
5.Kat	S116	CHALFANT-90	0	-351.1	-54.2	-58.8	0	Sınırlı H.
5.Kat	S116	CHALFANT-90	3.2	-322.4	-62.0	-109.7	0	Sınırlı H.

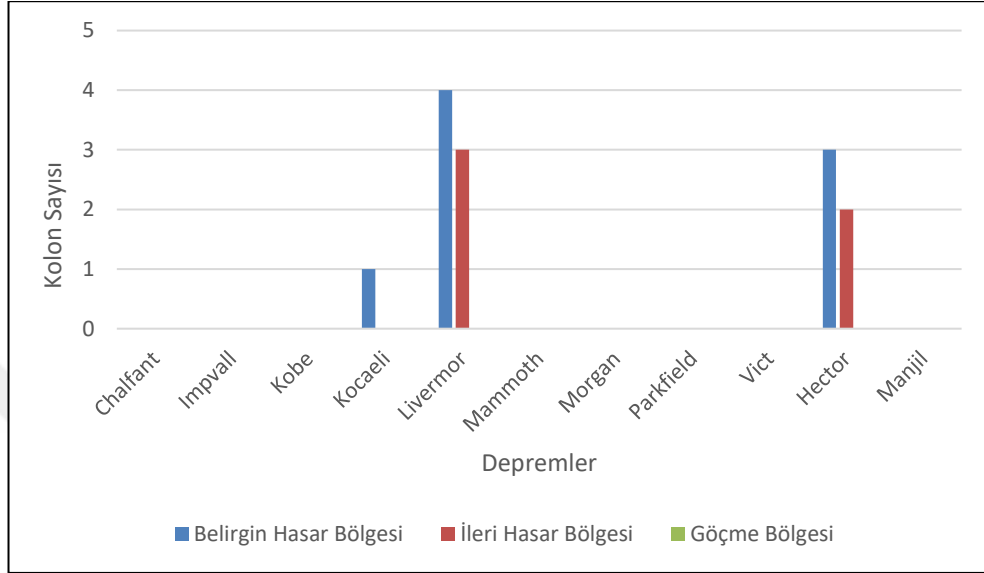
Kontrollü hasar performans düzeyi için kirişlerin maksimum %35'inin ileri hasar bölgesine geçmesine izin verilmiştir. Kolon ve perdeler için ise ileri hasar bölgesine geçen elemanların kesme kuvvetinin, her bir katta düşey elemanlar tarafından karşılanan kesme kuvvetine katkısı %20'yi geçmemelidir. Kolonlarda 3 adet elemanın belirgin hasar bölgesinde olduğu görülmektedir. Kolon ve perdelerde ileri hasar bölgesine erişen bir eleman bulunmamaktadır. Böylece Chalfant depremi için yapının kontrollü hasar performans düzeyinde olduğu sonucuna varılmış olur.

Kiriş, kolon ve perde için her bir analiz sonucunda minimum hasarı aşan eleman sayıları gösterilmiştir. Bu yapı için hedeflenen performans düzeyi kontrollü hasar performans düzeyidir. Göçme bölgesine erişen eleman olmaması gerekmektedir. Şekil 6.36'da sınırlı, belirgin ve ileri hasar bölgesine ulaşmış kirişler verilmektedir.



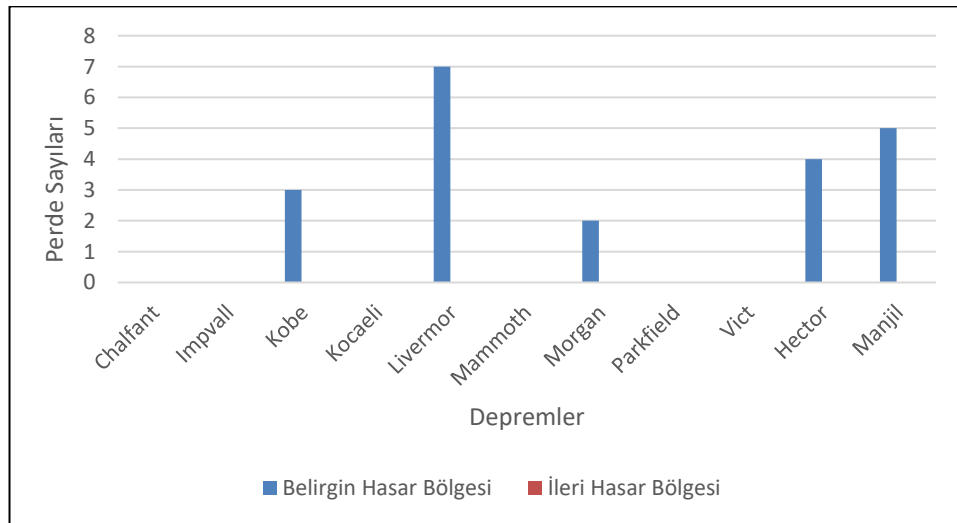
Şekil 6.36: Kirişlerin hasar bölgeleri.

Hedeflenen performans düzeyine göre çok az sayıda kiriş ileri hasar bölgesine geçmiştir. Dolayısıyla kirişlerin yeterli performansı sağladığı görülmektedir. Şekil 6.37’de belirgin hasar, ileri hasar ve göçme bölgesine erişen kolonlar verilmektedir.



Şekil 6.37: Kolonların hasar bölgeleri.

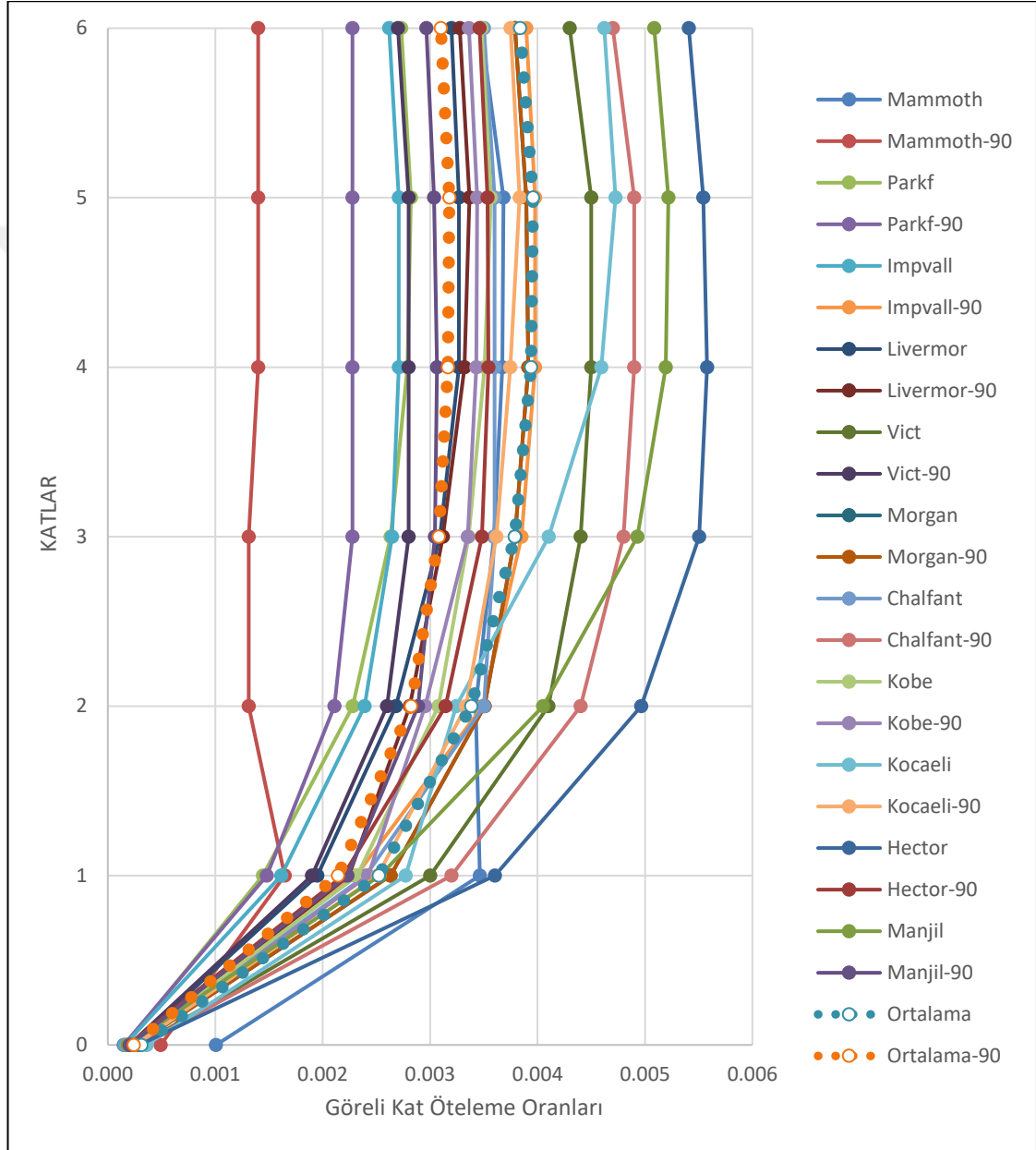
Hiçbir kolonda göçme bölgesine erişen eleman bulunmamaktadır. Yapıda toplam 344 adet kolon olduğu düşünüldüğünde çok az sayıda kolonun belirgin hasar ve ileri hasar bölgesinde olduğu görülmektedir. Şekil 6.38’de belirgin ve ileri hasar bölgesine erişen perdeler verilmektedir.



Şekil 6.38: Perdelerin hasar bölgeleri.

Perdelerin analiz sonuçları incelendiğinde hiçbir perde göçme bölgesinde ve ileri hasar bölgesinde bulunmamaktadır. Yapıda toplam 56 adet perde olduğu düşünüldüğünde çok az sayıda perdenin belirgin hasar bölgesinde olduğu görülmüştür.

Zaman tanım alanında analiz sonucu yapının her bir katı için meydana gelen göreceli kat öteleme oranları Şekil 6.39’da gösterilmiştir. Y ekseninde 0 olarak belirtilen değer bodrum kat, 1 olarak belirtilen değer zemin kat, diğerleri ise normal katlardır.



Şekil 6.39: X doğrultusu göreceli kat öteleme oranları.

Her bir zaman tanım alanında yapılan analizden ortaya çıkan taban kesme kuvveti ve tepe deplasman değerleri Tablo 6.4’te verilmektedir.

Tablo 6.4: Taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasmanları.

Yükleme Durumu	FX	FY	Tepe Deplasman
	kN	kN	(m)
CHALFANT	29565.70	27387.42	0.089
CHALFANT-90	27387.43	29565.70	0.089
IMPVALL	26635.47	16782.94	0.118
IMPVALL-90	16782.45	26638.14	0.118
KOBE	27784.37	20039.33	0.051
KOBE-90	20039.34	27784.37	0.051
KOCAELI	30080.58	21652.03	0.059
KOCAELI-90	21652.01	30077.72	0.059
LIVERMOR	30787.31	20299.54	0.053
LIVERMOR-90	20299.53	30787.31	0.053
MAMMOTH	29003.00	17414.43	0.077
MAMMOTH-90	17414.41	29003.02	0.077
MORGAN	22363.59	18671.68	0.066
MORGAN-90	18671.68	22363.59	0.066
PARKF	20909.11	18859.53	0.118
PARKF-90	18859.53	20909.12	0.118
VICT	27265.49	17806.30	0.081
VICT-90	17806.30	27265.49	0.081
MANJIL	28728.92	23253.73	0.066
MANJIL-90	23253.73	28728.93	0.066
HECTOR	24609.21	20288.49	0.065
HECTOR-90	20288.48	24609.21	0.065

7. SONUÇLAR

Kolon süreksizliği bulunan bir binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre modellenip analizleri yapılmıştır. Bu tez kapsamında, düzensizlik kontrolleri, görelî kat ötelemesi kontrolü, ikinci mertbe etkilerinin kontrolü, taşıyıcı sistem davranış katsayısı kontrolü ve kolon, kiriş, perde iç kuvvet değerleri elde edilip incelemeleri yapılmıştır. 1 kat bodrum, 1 kat zemin, 5 katı normal olmak üzere toplam 7 katlı olan yapının modeli ETABS programında hazırlanmıştır. İnceleme kolaylığı açısından bina iki yönde de simetrik olarak düşünülmüştür. Kolonlar ve kirişler çubuk eleman, döşemeler ve perdeler kabuk eleman olarak modellenmiştir. Bina döşemeleri yarı rijit diyafram olarak tanımlanmıştır. Binanın deprem hesabı mod birleştirme yöntemine göre yapılmıştır. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'ye göre tasarlanan yapıların karşılaştırılması sonucunda aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir.

- DBYBHY-2007'ye göre tasarlanan binanın doğal titreşim periyodu 0.476 sn çıkarken TBDY-2018'e göre tasarımı yapılan binanın doğal titreşim periyodu 0.71 sn olarak bulunmuştur. Taban kesme kuvveti DBYBHY-2007'de 12431 kN olarak bulunmuşken TBDY-2018'de ise 4448 kN olarak elde edilmiştir. Bu durum taban kesme kuvvetinin yaklaşık %64 oranında azaldığını göstermektedir. TBDY-2018'de çatlamış kesit rijitliğinin kullanılması doğal titreşim periyodunun artmasına neden olup taban kesme kuvvetinin de azalmasına yol açmıştır. Ayrıca yatay elastik tasarım spektrumunda TBDY-2018 ile birlikte farklı bir yaklaşımın olması da taban kesme kuvvetinin azalmasında etkili olmuştur.
- A1 burulma düzensizliği incelendiğinde, her iki deprem yönetmeliğine göre de bodrum katta burulma düzensizliği ortaya çıkmaktadır. B2 rijitlik düzensizliği katsayıları açısından iki yönetmelikte en yüksek değer zemin katta olduğu görülüp diğer bütün katlarda birbirine yakın sonuçlar ortaya çıkmıştır. Görelî kat öteleme oranları incelendiğinde, 2007 yönetmeliğine göre bulunan değerlerin daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. İkinci mertbe etkileri karşılaştırıldığında; TBDY-2018'de bulunan değerlerin çatlamış kesit rijitliğinden dolayı yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

- DBYBHY-2007’de kolon süreksizliği bulunan kritik kesitler için bütün iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılırken, TBDY-2018’de ise düşey elastik tasarım spektrumunun tanımlanması yeterli olacaktır. Elde edilen sonuçlara göre DBYBHY-2007’ye göre bulunan iç kuvvet değerlerinin daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir.
- Zaman tanım alanında yapılan analiz sonucunda ileri hasar bölgesine geçen toplam kırış sayısının yapının herhangi bir katında %35’i geçmediği görülmüştür. Kolonlarda hiçbir elemanın göçme bölgesine erişmediği görülmüş olup, kolon süreksizliğinin bulunduğu yerlerde herhangi bir mafsallaşma oluşmamıştır. Perdelerde ise ileri hasar bölgesine ulaşan perde bulunmamakla birlikte belirgin hasar bölgesine ulaşan perde sayısı ise %10’un altında kalmıştır. 11 depremden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması hesaplanarak değerlendirmeye esas iç kuvvet talepleri incelendiğinde kontrollü hasar performans düzeyinin sağlandığı görülmüştür.

Sonuç olarak; DBYBHY-2007’ye göre tasarlanmış binanın iç kuvvet değerleri taban kesme kuvvetinin yüksek olmasının da etkisiyle TBDY-2018’e kıyasla daha fazla çıkmıştır. Bununla beraber DBYBHY-2007’de kolon süreksizliğinin meydana geldiği kritik kesitler için şart olan %50 oranındaki iç kuvvet artırımını TBDY-2018’de tanımlanması gereken düşey elastik tasarım spektrumuyla kıyaslandığında taşıyıcı elemanların daha güvenli tarafta kalmasını sağlamaktadır. Bu durum binada düşey süreksizlikler bulunması durumunda TBDY-2018’in DBYBHY-2007’ye göre daha ekonomik bir yapı tasarımına olanak sağladığı sonucuna varılabilir. Ayrıca bu tez çalışması kapsamında, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007’ye göre düşey süreksizlik durumu seçilen bir örnek yapı üzerinde incelenmiştir. Daha kesin sonuçlara ulaşabilmek için, bu çalışmada bir örnek üzerinde yapılan çalışmanın, çok sayıda örnek üzerinde tekrarlanması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Ateş A., (2013), “Kolon Süreksizliğinin Taşıyıcı Sistem Deprem Davranışına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bashirli E., (2017), “Betonarme Yapılarda Kiriş Süreksizliğinin Yapısal Davranışa Etkisinin İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- Bayhan B., (2003), “Düzensiz Betonarme Bir Binanın Boyutlandırılması ve Kolon Eksenindeki Ötelenmenin Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bozat F., (2013), “Düşey Süreksizlik Bulunan Bir Binanın Tasarımı ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik ve Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Celep Z., (2015), “Betonarme Yapılar”, 8. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Chintanapakdee C., Chopra A., (2004), “Seismic Response of Vertically Irregular Frames: Response History and Modal Pushover Analyses, Journal of Structural Engineering”, ASCE, 130, 1177-1185.
- Çelebi E., (2012), “Mevcut Binalardaki Geri Çekme Düzensizliği”, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi.
- DBYBHY (2007), “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.
- Gezmiş M. G., (2012), “Planda Taşıyıcı Sistemi Düzenli ve Düzensiz Olan Betonarme İki Yapının Davranışının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Kurt C., (2010), “Çerçeve ve Perdeli Çerçeve Binalarda A1 Türü Düzensizliklerin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- Öz R., (2014), “Zayıf Kat Düzensizliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışına ve Kaba İnşaat Maliyetine Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi.
- TBDY (2018), “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Topaktaş M., (2019), “Kolon Süreksizliği Bulunan Betonarme Bir Binanın DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Esaslarına Göre İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ulucan Z. C., Alyamaç K. E., (2008), “A3 Düzensizliğine Sahip Yapıların Doğrusal Olmayan Kat Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi”, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (1), 145-155.

Web 1, (2020), <http://www.koeri.boun.edu.tr/>, (Erişim Tarihi: 05/04/2020).

Web 2, (2020), <https://www.afad.gov.tr/turkiye-bina-deprem-yonetmeligi/>, (Erişim Tarihi: 05/04/2020).

Web 3, (2020), <https://insapedia.com/turkiye-bina-deprem-yonetmeligi-b1-komsu-katlar-arasi-dayanim-duzensizligi-zayif-kat/>, (Erişim Tarihi: 06/04/2020).

Web 4, (2022), <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/504053/>, (Erişim Tarihi: 20/02/2022).



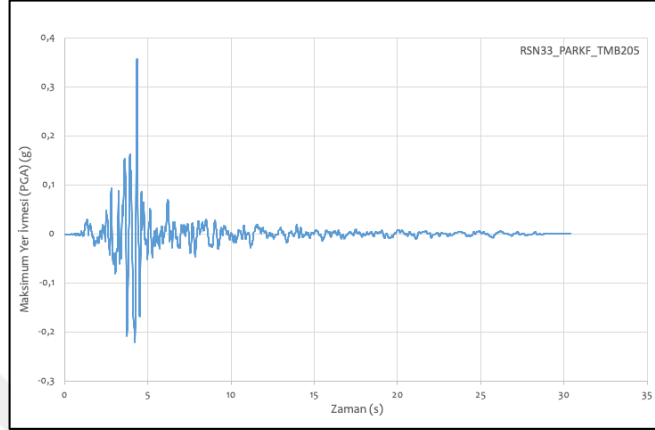
ÖZGEÇMİŞ

Mert SEZGİN, 2012 yılında başladığı FMV Işık Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2017 yılında başarıyla tamamladı. 2018 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. Şu anda bir mimarlık ve inşaat şirketinde inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.

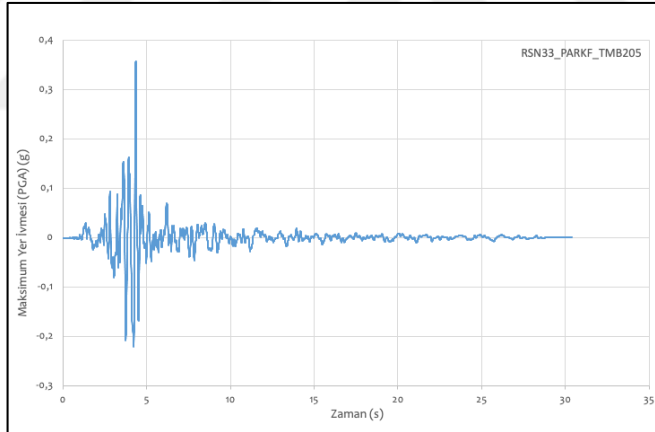


EKLER

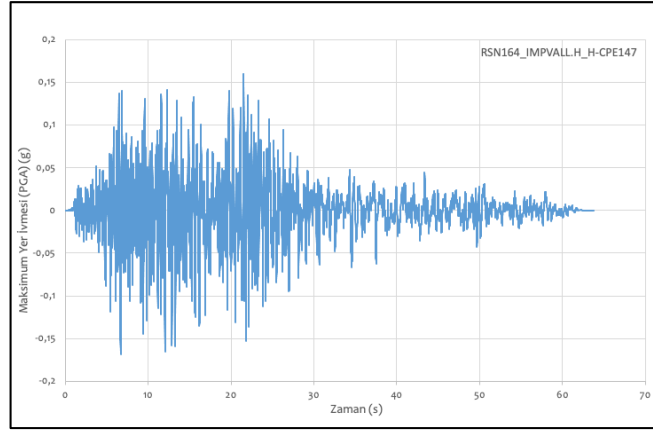
Ek A: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan analizlerde Kullanılan Deprem Kayıtlarına Ait İvme-Zaman Grafikleri



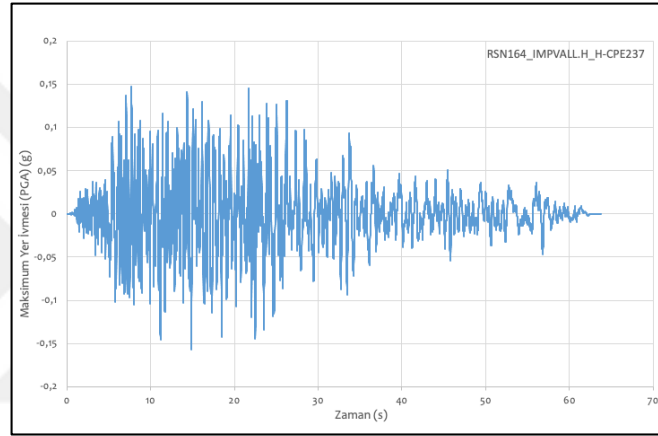
Şekil A1.1: Parkf-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



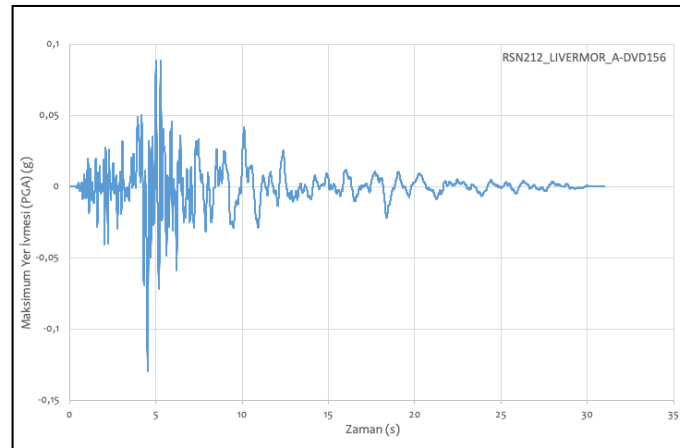
Şekil A1.2: Parkf-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



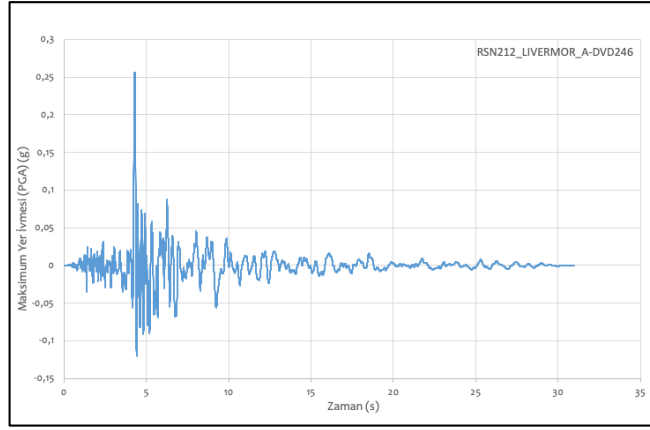
Şekil A1.3: Impvall-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



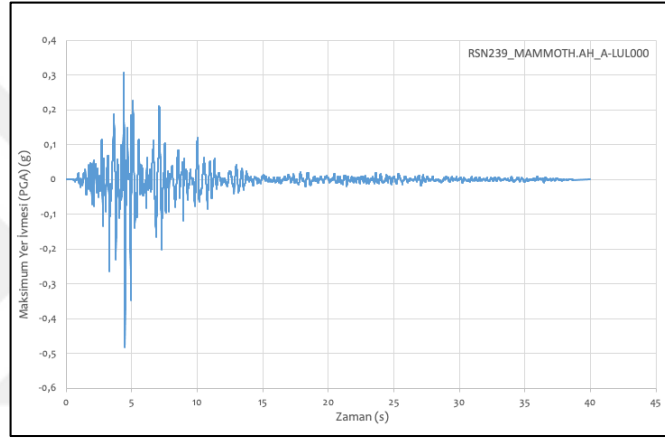
Şekil A1.4: Impvall-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



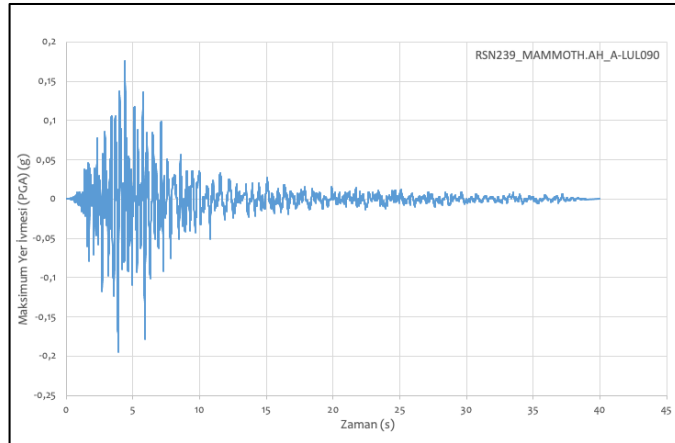
Şekil A1.5: Livermor-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



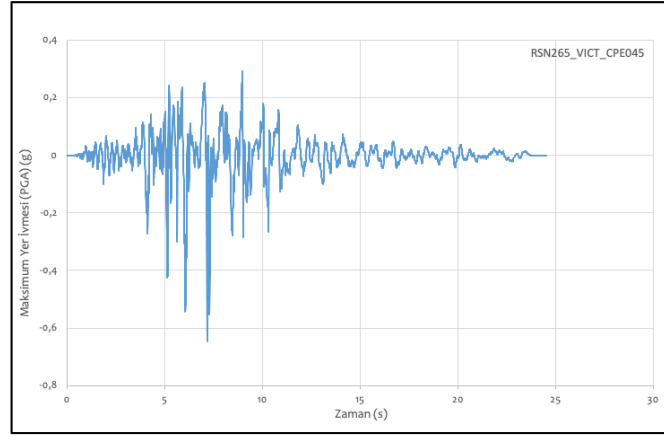
Şekil A1.6: Livermor-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



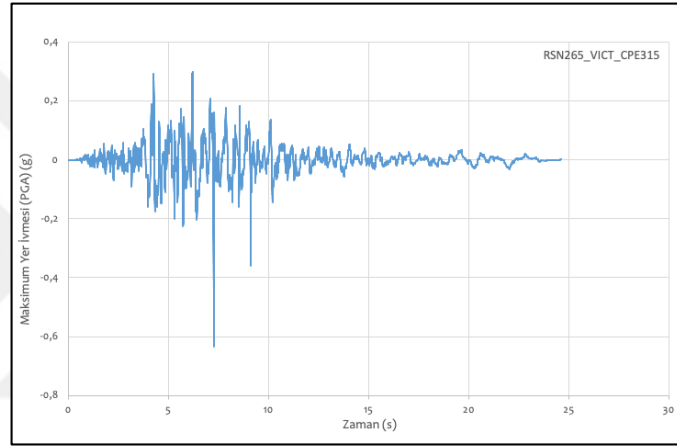
Şekil A1.7: Mammoth-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



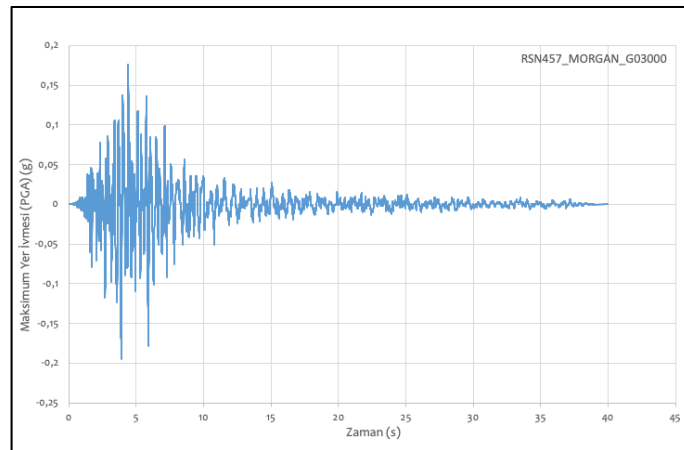
Şekil A1.8: Mammoth-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



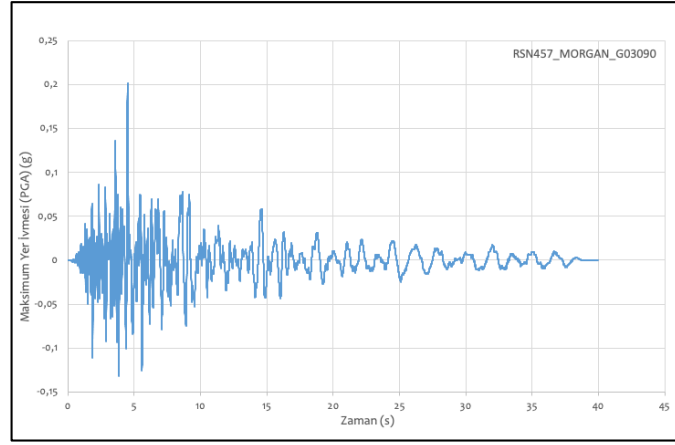
Şekil A1.9: Vict-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



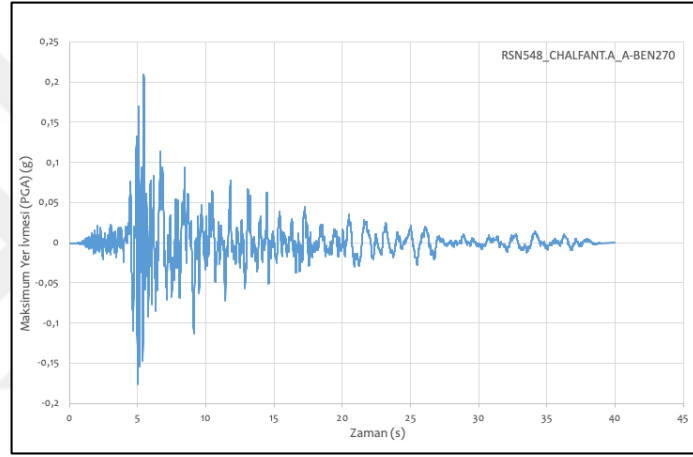
Şekil A1.10: Vict-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



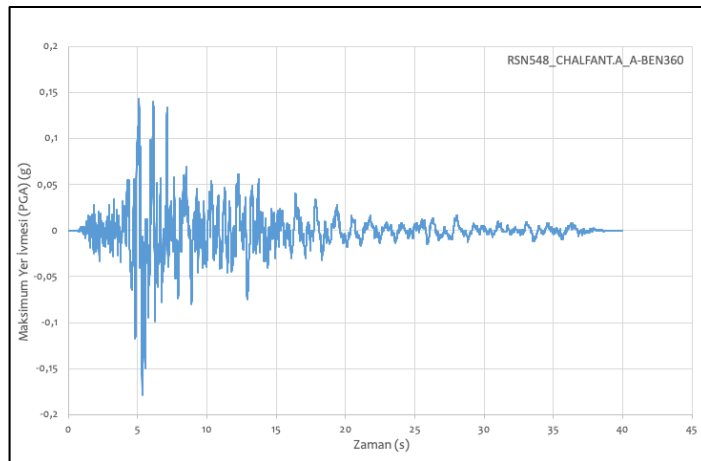
Şekil A1.11: Morgan-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



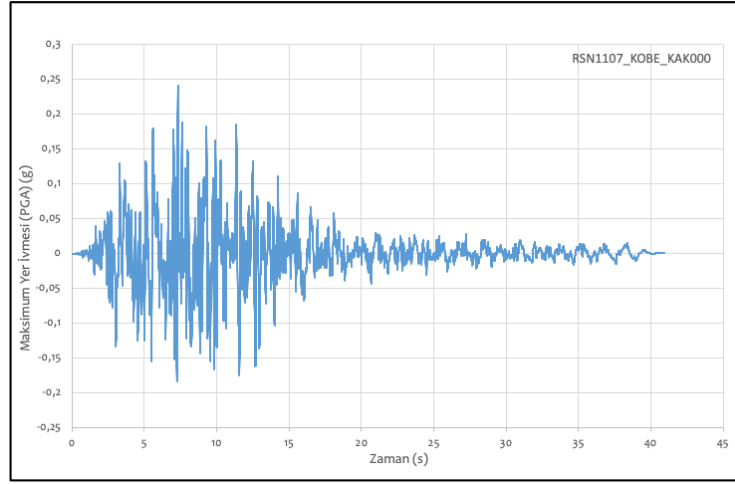
Şekil A1.12: Morgan-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



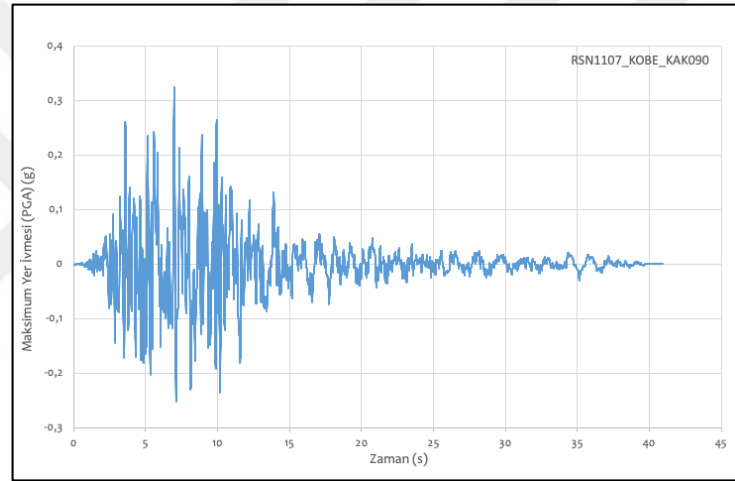
Şekil A1.13: Chalfant-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



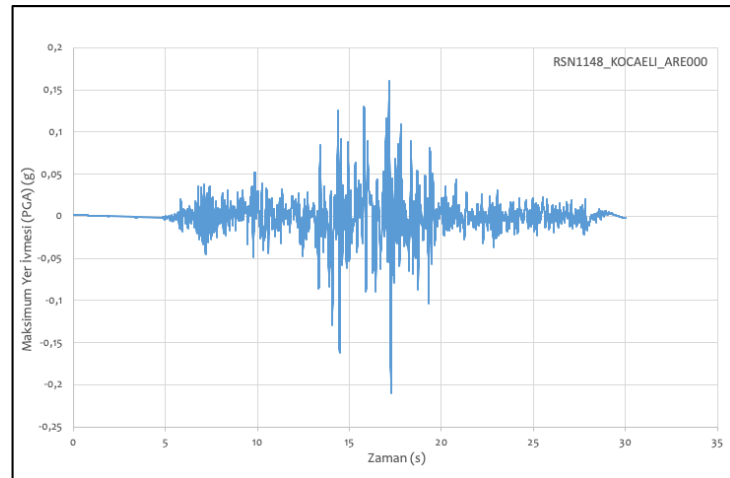
Şekil A1.14: Chalfant-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



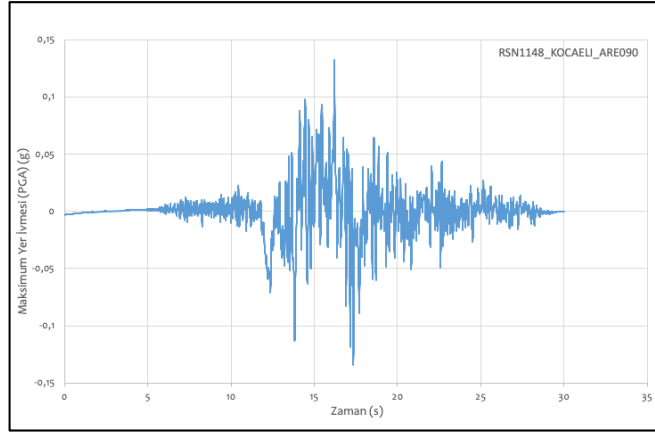
Şekil A1.15: Kobe-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



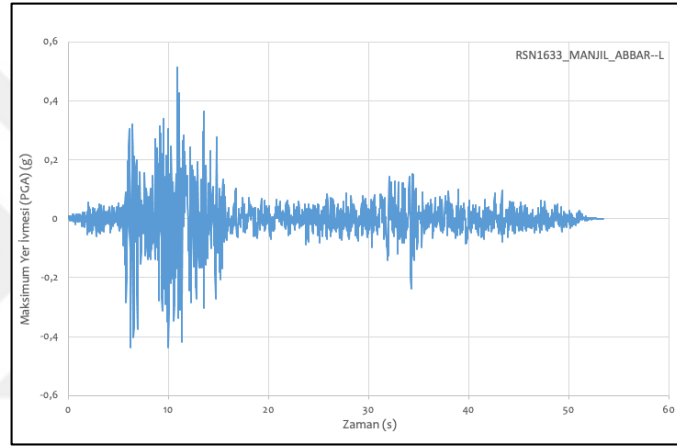
Şekil A1.16: Kobe-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



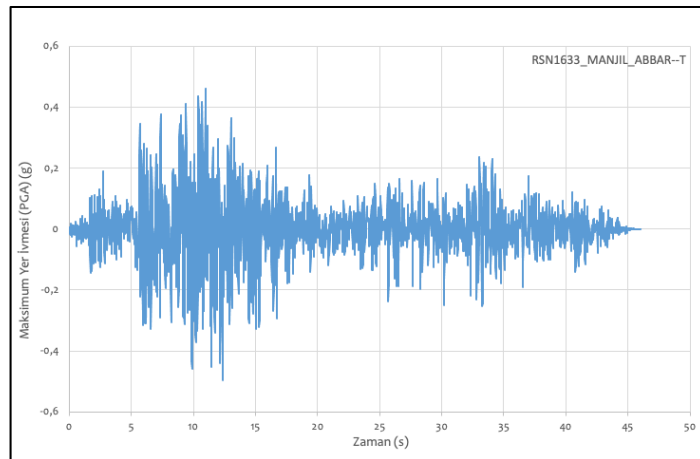
Şekil A1.17: Kocaeli-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



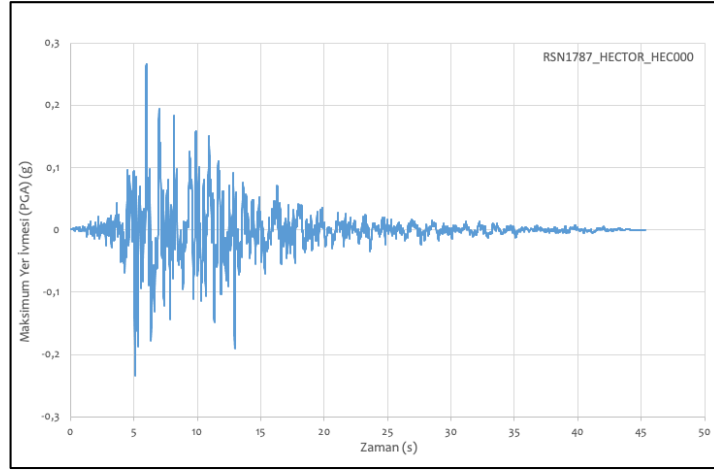
Şekil A1.18: Kocaeli-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



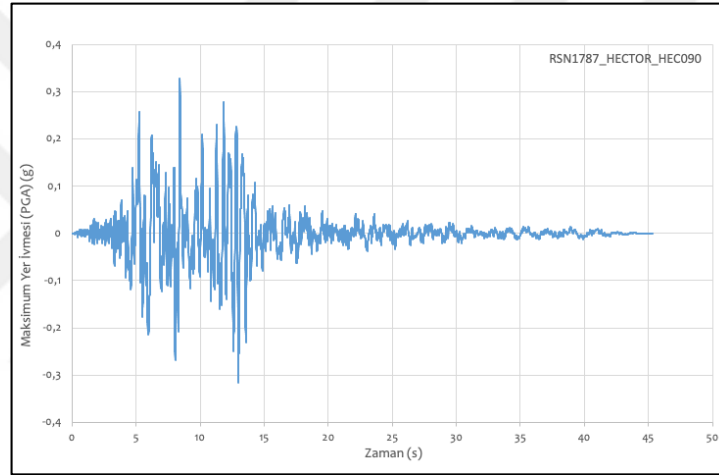
Şekil A1.19: Manjil-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



Şekil A1.20: Manjil-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



Şekil A1.21: Hector-x deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.



Şekil A1.22: Hector-y deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği.