

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TÜRK VE AVRUPA YÖNETMELİKLERİNDE YER ALAN
TASARIM YAKLAŞIMLARININ ÖRNEK BİR BİNANIN
TASARIMI YAPILARAK KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAMADOU SALIOU KOUYATE

DENİZLİ, OCAK - 2023

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**TÜRK VE AVRUPA YÖNETMELİKLERİNDE YER ALAN
TASARIM YAKLAŞIMLARININ ÖRNEK BİR BİNANIN
TASARIMI YAPILARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAMADOU SALIOU KOUYATE

DENİZLİ, OCAK - 2023

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

MAMADOU SALIOU KOUYATE

ÖZET

**TÜRK VE AVRUPA YÖNETMELİKLERİNDE YER ALAN TASARIM
YAKLAŞIMLARININ ÖRNEK BİR BİNANIN TASARIMI YAPILARAK
KARŞILAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAMADOU SALIOU KOUYATE
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)**

DENİZLİ, OCAK - 2023

Günümüzde ABD, Japonya ve Yeni Zelanda deprem yönetmelikleri ile Avrupa ülkelerinde yürürlükte olan Eurocode yönetmelikleri pek çok ülkede uygulanan mevzuatlar içinde yer almaktadır ve yasal olarak tanınmaktadır. Türkiye de deprem yönetmeliklerini belirli aralıklar ile yenileyen ve güncelleyen ülkeler arasında yer almaktadır. Yürütülen bu yüksek lisans çalışması kapsamında 2018 yılında ilan edilen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ile Avrupa Birliğinde ve dünyanın pek çok ülkesinde kullanılan Eurocode-8 yönetmeliklerinin karşılaştırması yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında öncelikle binaların tasarımını belirleyen yönetmelik hükümleri ve tasarım esasları karşılaştırılmış, Eurocode-8 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinin benzer ve farklı hükümleri özetlenmiştir. Ardından örnek olarak seçilen 10 katlı perdeli çerçevesel bir yapının analizi ve tasarımı yapılarak sözü edilen 2 yönetmeliğin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Hesap sırasında Pamukkale Üniversitesi sınırları içinde yer aldığı kabul edilen örnek binaya ait maksimum yer ivmesi, Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından elde edilmiş ve DD-2 depremi esas alınarak binanın tasarımı yapılmıştır. Taşıyıcı sistemin tasarımı yapılırken C25 sınıfı beton ve B420C sınıfı donatı kullanılmış, en olumsuz yük birleşimlerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak örnek bina tasarlanmıştır.

Yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile Eurocode-8 yönetmeliğinde deprem spektrumlarının tarifi açısından önemli farklar oluşabildiğini göstermiştir. Özellikle spektrum köşe periyodlarının hesabını düzenleyen kurallar, periyoda bağlı ivme değerlerinin ciddi biçimde

farklılaşabileceğini göstermiştir. Bu durum deprem hesabında göz önüne alınması gereken taban kesme kuvvetlerinin hesabını önemli ölçüde etkilemektedir.

Tespit edilen bir diğer farklılık ise analizler sırasında göz önüne alınan etkin kesit rijitliklerinin hesabından kaynaklanmaktadır. Etkin kesit rijitliklerinin farklı katsayılar kullanılarak tarif edilmesi hem moment ve kesme kuvvetlerinin kiriş ve kolonlara dağılımlarını hem binada oluşan dayanım talebini hem de kat seviyelerinde oluşan deplasman değerlerini etkilemektedir.

Sözü edilen bu farklılıkların yanı sıra taşıyıcı sistem davranış katsayısı, planda ve düşeyde düzensizlik tanımlamaları, deprem kuvvetlerinin katlara dağıtılması gibi hususlarda da Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile Eurocode-8 yönetmeliği arasında farklılıklar bulunduğu ve bunun da hesap sonuçlarını etkileyebileceği belirlenmiştir. Seçilen örnek binadan elde edilen bilgiler kullanılarak tasarım deprem kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri, kat deplasmanları ve göreceli kat ötelenmeleri karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği TBDY-2018, Eurocode-8, Deprem Hesabı, Deprem Tasarımı.

ABSTRACT

COMPARISON OF DESIGN APPROACHES OF TURKISH AND EUROPEAN SEISMIC DESIGN CODES BY USING EXAMPLE BUILDING

MSC THESIS

MAMADOU SALIOU KOUYATE

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)

DENİZLİ, JANUARY 2023

USA, Japan and New Zealand earthquake codes and the Eurocodes applied in European countries are used and legally recognized in many countries. Turkey is among the countries that periodically renew and update earthquake regulations. Within the scope of this postgraduate study, a comparison was made between the Turkish Building Earthquake Regulation (TBDY-2018) announced in 2018 and the Eurocode-8 regulations used in the European Union and many countries of the world.

Within the scope of the thesis, first of all, the provisions of the codes and design principles that determine the design of the buildings were compared, and the similar and different provisions of the Eurocode-8 and TBDY-2018 codes were summarized. Afterwards, it is aimed to compare these codes by analyzing and designing a 10-storey shear wall-frame structure selected as an example. During the calculation, the maximum ground acceleration of the sample building, which is considered to be within the boundaries of Pamukkale University, was obtained from the Turkey Earthquake Hazard Maps and the design of the building was made based on the DD-2 earthquake. While designing the structural system, C25 class concrete and B420C class reinforcement were used, and the sample building was designed using the results obtained from the most unfavorable load combinations.

The results obtained from the calculations showed that there can be significant differences in the definition of earthquake spectrums in the Turkish Building Earthquake Code and the Eurocode-8. In particular, the rules regulating the calculation of the corner periods of the spectrum showed that the acceleration values depending on the period can differ significantly. This situation significantly affects

the calculation of the base shear forces, which must be taken into account in the seismic design calculations.

Another difference detected is caused by the effective section stiffnesses coefficients considered. The definition of effective section stiffnesses using different coefficients affects both the distribution of moment and shear forces of beams and columns, the strength demand in the building and the displacement values at floor levels.

In addition to these differences, it has been determined that there are differences between the Turkish Building Earthquake Code and the Eurocode-8 regulation on issues such as the force reduction coefficients, definitions of structural irregularities in the plan and vertical direction, and the distribution of earthquake forces at floor levels. It was determined that all these code-based differences affect the results calculated. Using the information obtained from the selected sample building, the design earthquake forces, story shear forces, story displacements and relative story drifts were compared and evaluated.

KEYWORDS: Turkish Building Earthquake Code TBDY-2018, Eurocode-8, Seismic Analysis, Seismic Design.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖNSÖZ.....	xvii
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Problemin Tanımı	3
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Tezin Kapsamı.....	4
2 TÜRK VE EUROCODE YÖNETMEKLİKLERİNE GÖRE TASARIM	
TEMEL UNSURLAR.....	6
2.1 Türk Yönetmeliklerine Göre Tasarım Adımları.....	6
2.1.1 Türk Bina Deprem Yönetmeliği-2018’de Genel Bilgiler	7
2.1.1.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi	9
2.1.1.2 Tasarım İvme Spektrumu	9
2.1.1.3 Yerel Zemin Sınıflarının Belirlenmesi	11
2.1.1.4 Binalar İçin Performans Hedefleri	14
2.1.1.5 TBDY-2018’de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	15
2.1.1.6 TBDY-2018’e Göre Mod Birleştirme Yöntemi	23
2.1.1.7 TBDY-2018’de Yapı Düzensizlikleri	28
2.1.1.8 TS500’de Taşıma Gücüne Göre Hesap Adımları	29
2.2 Eurocode Yönetmeliğinde Tasarım Adımları	31
2.2.1.1 Yatay İvme Spektrumu	32
2.2.1.2 Düşey Elastik Deprem Spektrumu	33
2.2.1.3 Davranış Katsayısı ile Tasarım İçin Deprem Spektrumu.....	34
2.2.1.4 Eurocode-8’e Göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	38
2.2.1.5 Eurocode-8’e Göre Mod Birleştirme Yöntemi	42
2.2.1.6 Eurocode Yönetmeliği’ne Göre Yapı Düzensizlikleri	43
2.2.1.7 Düşey Yönde Düzensizlik.....	44
2.2.1.8 Eurocode-2’ye Göre Taşıma Gücü ile Hesap.....	45
3 ÖRNEK BİR BETONARME YAPININ TASARIMI	46
3.1 Malzeme Bilgileri.....	47
3.2 Taşıyıcı Sistem Planının Tanımı	47
3.3 Binaya Uygulanan Yüğülerin belirlenmesi	50
3.4 Döşeme Kalınlığı.....	51
3.5 Döşeme Yüğülerinin Hesabı	52
3.5.1 Kirişlere Etkiyen Yüğü	53
3.6 Hareketli yüğü Azaltma Katsayısı.....	53
3.7 Kat Kütlelerinin Ve Şaşırtılmış Ağırlık Merkezlerinin Hesabı	53
4 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE HESAP VE TASARIM	
56	
4.1 Deprem Spektrumlarının Hesabı	57
4.2 Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Hesabı	58

4.3	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Etkin Kesit Rijitlikleri ..	62
4.4	Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Yük Kombinasyonları.....	62
4.5	Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerin İncelemesi	63
4.6	İkincil Mertebe Etkileri İncelemesi	66
4.7	Mod Birleştirme Yöntemi ile TBDY-2018'e Göre Hesap	67
4.8	Görelî Kat Ötelemelerinin Değerlendirilmesi	75
4.9	Eşdeğer Deprem Yükü Ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	77
4.10	Yapı Eleman Kesitlerin Tasarımı	78
5	ÖRNEK BETONARME YAPININ EUROCOD-8'E GÖRE TASARIMI	87
5.1	Deprem Spektrumlarının Hesabı	87
5.1.1	Yatay Elastik İvme Spektrumu	87
5.1.2	Davranış Katsayısı İle Tasarım İçin Deprem Spektrumu	88
5.2	Eşdeğer Deprem Kuvvetlerin Hesabı	89
5.3	Eurocode Yönetmeliğine Göre Etkin Kesit Rijitlikleri	92
5.4	Eurocode Yönetmeliğine göre dikkate alınan Yük Birleşimleri	92
5.5	Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Kontrolü	93
5.6	Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin İncelemesi	93
5.7	İkincil Mertebe Etkilerinin İncelemesi	94
5.8	Mod Birleştirme Yöntemi ile Eurocode-8'e Göre Hesap.....	96
5.9	Betonarme Eleman Kesitlerinin Tasarımı	105
6	ELDE EDİLEN SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.....	113
6.1	Moment Diyagramları	113
6.2	Kesme Diyagramları.....	114
6.3	Eksenel Kuvvet.....	115
6.4	Kat Deplasmanların Karşılaştırılması.....	117
6.5	Görelî Kat Ötelemeleri	119
6.6	Periyotların Karşılaştırılması.....	121
6.7	Taban Kesme Kuvvetleri Ve Kat Deprem Kuvvetleri	121
6.8	Yük Birleşimlerin Karşılaştırılması.....	122
6.9	Spektrumların Karşılaştırılması.....	123
7	SONUÇ VE ÖNERİLER	124
8	KAYNAKLAR.....	127
9	EKLER.....	130
	EK A1: Kalıp Planı Ve Kesitten Şekil Vereli	130
	EK A2: ETABS 2020'den Elde Edilen Sonuçları.	131
10	ÖZGEÇMİŞ.....	135

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Deprem kuvvet analizleri.	8
Şekil 2.2: Yatay elastik tasarım spektrumu.	10
Şekil 2.3: Düşey elastik tasarım spektrumu.	10
Şekil 2.4: Yerdeğiştirme elastik tasarım spektrumu.	11
Şekil 2.5: Tasarım çerçevesinde, tek serbestlik dereceli sistemin süneklik kapasitesi.	18
Şekil 2.6: Rijit bodrumlu binalarda hesap	23
Şekil 2.7: Deprem dönüş periyoduna göre yapının önem katsayısı grafiği.	31
Şekil 2.8: Deprem hesap yöntem adımları.	37
Şekil 2.9: Eurocode 8’de yapılacak kontroller	37
Şekil 2.10: α_0/α_1 için varsayılan değerleri	40
Şekil 2.11: Mertebe etkilerinin kabul edilebilirliğinin doğrulanması.	41
Şekil 2.12: Çerçevelerin küresel plastik mekanizmasına karşılık gelen düğüm noktasındaki kirişlerin eğilme momentleri.	41
Şekil 2.13: Kat alanı genişlenmesi (a) (Eurocode-8).	44
Şekil 2.14: Kat alanı genişlenmesi (b) (Eurocode-8).	44
Şekil 2.15: Kat alanı genişlenmesi (c) (Eurocode-8).	44
Şekil 2.16: Kat alanı genişlenmesi (d) (Eurocode-8).	45
Şekil 3.1: Örnek binaya ait kat kalıp planı	48
Şekil 3.2: ETABS 2020 yazılım ile oluşturan bina modeli	49
Şekil 3.3: 1. Kat planı üzerinde şaşırtmış ağırlık merkezi	54
Şekil 4.1: Tasarım İvme Spektrumu TBDY-2018 (ETABS 2020).	57
Şekil 4.2: Azaltılmış tasarım ivme spektrumu (TBDY-2018).	57
Şekil 4.3: Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu	68
Şekil 4.4: G+Q+EXN+0.3EYN için kolon kesit S01’in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	82
Şekil 4.5: 1.4G + 1.6Q için kolon kesit S01’in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	82
Şekil 4.6: G+Q+EXN+0.3EYN için kolon kesit S02’nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	83
Şekil 4.7: 1.4G + 1.6Q için kolon kesit S02’nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	83
Şekil 4.8: Kiriş kesitlerinin açıklık ortası tasarımı (İTÜ).	85
Şekil 5.1: Yatay elastik ivme spektrumu (EXCEL).	87
Şekil 5.2: Davranış katsayısı ile elastik analiz spektrumu.	88
Şekil 5.3: β^*_{ag} Şartını dikkate alınarak elastik analiz spektrumu	89
Şekil 5.4: Mertebe etkilerinin kabul edilebilirliğinin doğrulanması.	94
Şekil 5.5: Eurocode-8’de elastik analiz hesaplama spektrumu (ETABS 2020).	97
Şekil 5.6: Eurocode-8’de elastik analiz hesaplama spektrumu (EXCEL).	97
Şekil 5.7: β^*_{ag} Şartını dikkate alınarak elastik analiz spektrumu (EXCEL).	98
Şekil 5.8: Kolon kesiti eğilme tasarımı (Eurocode-2)	105
Şekil 5.9: G+0.3Q-EYP+0.3EXP için kolon kesit S01’in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı (ETABS 2020).	109

Şekil 5.10: 1.35G+1.5Q için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı (ETABS 2020)	109
Şekil 5.11: G+0.3Q-EYP+0.3EXP için kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı (ETABS 2020).....	110
Şekil 5.12: 1.35G+1.5Q için Kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı (ETABS 2020)	110
Şekil 5.13: Kolon kesiti eğilme tanımı (Eurocode-2).....	111
Şekil 6.1: X yönünde TBDY-2018 ve Eurocode-8 'in kat momentlerinin karşılaştırılması	113
Şekil 6.2: X yönünde TBDY-2018 ve Eurocode-8'in kat momentlerinin karşılaştırılması	113
Şekil 6.3: X yönünde TBDY-2018 ve Eurocode-8 kesme diyagramları	114
Şekil 6.4: Y yönünde TBDY-2018 ve Eurocode-8 kesme diyagramları	114
Şekil 6.5: S01 Kolon için TBDY-2018 ve Eurocode-8 eksenel kuvvetleri	115
Şekil 6.6: Kolon S02 için TBDY-2018 ve Eurocode-8 eksenel kuvvet	116
Şekil 6.7: TBDY-2018 ve Eurocode-8 ivme spektrumları	123
Şekil A.9.1: Kat planı	130
Şekil A.9.2: TBDY-2018'e göre G+Q+EXN+0.3EYN için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	131
Şekil A.9.3: TBDY-2018'e göre 1.4G + 1.6Q için kolon kesit S01'in kesit moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	131
Şekil A.9.4: TBDY-2018'e göre G+Q+EXN+0.3EYN için kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	132
Şekil A.9.5: TBDY-2018'e göre 1.4G + 1.6Q için kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	132
Şekil A.9.6: Eurocode-8'e göre G+0.3Q-EYP+0.3EXP için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	133
Şekil A.9.7: Eurocode-8'e göre 1.35G+1.5Q için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	133
Şekil 9.8: Eurocode-8'e göre G+0.3Q-EYP+0.3EXP için kolon kesit S02'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	134
Şekil 9.9: Eurocode-8'e göre 1.35G+1.5Q için kolon kesit S02'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020	134

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Türkiye’de son yüzyılda meydana gelen depremler, can kayıpları ve yönetmelik düzenlemeleri	2
Tablo 2.1: TBDY-2018’de Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin uygulanışı.....	8
Tablo 2.2: TBDY-2018’e göre yerel zemin sınıfları.....	12
Tablo 2.3: Kısa periyot için yerel zemin etkiyen katsayıları	13
Tablo 2.4: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etkiyen katsayıları.....	14
Tablo 2.5: Yüksek binalar hariç, yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar.....	14
Tablo 2.6: Mevcut veya yeni yapılacak veya yüksek binalar (BYS = 1).....	15
Tablo 2.7: Mevcut yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar (BYS ≥ 2)	15
Tablo 2.8: TBDY-2018’de hareketli yük azaltma katsayısı (n)	19
Tablo 2.9: Yapı sistemin eleman kesit rijitliğinin çarpanı	20
Tablo 2.10: Yapı önem katsayısı (I).....	20
Tablo 2.11: TBDY-2018’de Deprem Tasarım Sınıfları	21
Tablo 2.12: TBDY-2018’de Yapı Yüksekliğinin Sınıfları.....	21
Tablo 2.13: Yapı sistemin davranış katsayısı, dayanım katsayısı ve yüksek sınıfları	22
Tablo 2.14: Düzensiz Binaların tanımı	28
Tablo 2.15: Beton sınıfına göre k_1 katsayısı (TS-500).....	30
Tablo 2.16: Eurocode-8’de Elastik ivme spektrumu (Tip 1)	32
Tablo 2.17: Eurocode-8’de Elastik ivme spektrumu (Tip 2)	33
Tablo 2.18: Önerilen parametreler	34
Tablo 2.19: Zemin bilgileri (Eurocod-8).....	35
Tablo 2.20: Hareketli yük azaltma katsayıları	36
Tablo 2.21: Bina önem katsayısı	39
Tablo 2.22: İvme değerleri a_g	39
Tablo 2.23: Bina önem katsayısı (q_0)	40
Tablo 3.1: Yapı elemanlarının kesit rijitlik çarpanı	46
Tablo 3.2: Kullanılan malzeme özellikleri (TS-500)	47
Tablo 3.3: Yapı ait kesitlerin boyutları	51
Tablo 3.4: 1. kata ait döşemelerin kalınlıklarının kontrolü	52
Tablo 3.5: Kat kütle ve Şaşırtılmış ağırlık merkezleri (ETABS 2020).....	54
Tablo 3.6: Kat dönme atalet kütlesi (ETABS 2020)	55
Tablo 4.1: Hesaplarda kullanılan deprem ve zemin parametreleri.....	56
Tablo 4.2: Eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanabileceği binalar (TBDY-2018)	58
Tablo 4.3: Modal analizden alınan periyod için eşdeğer deprem yükü yöntemi parametreleri.....	59
Tablo 4.4: Modal analiz yöntemi ile bulunan periyodu karşı gelen binanın taban ve tepe kesme kuvvetleri.....	59
Tablo 4.5: X yönünde modal analiz ile bulunan periyodun kat kesme kuvvetleri katlara dağıtılması	60
Tablo 4.6: Y yönünde modal analiz ile bulunan periyodun kat kesme kuvvetleri katlara dağıtılması	60

Tablo 4.7: Ampirik formül ile elde edilen periyod için eşdeğer deprem yükü yöntemi parametreleri	61
Tablo 4.8: Ampirik formül ile elde edilen periyod karşılık gelen binanın taban ve tepe kesme kuvvetleri.....	61
Tablo 4.9: X ve Y yönünde ampirik formül ile elde edilen periyodun kat kesme kuvvetleri katlara dağıtılması	61
Tablo 4.10: Taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları.....	62
Tablo 4.11: TBDY-2018'e göre dikkate alınan yük birleşimler	62
Tablo 4.12: EXN depremi için A1 düzensizliğinin incelenmesi.....	63
Tablo 4.13: EYP depremi için A1 düzensizliğinin incelenmesi	64
Tablo 4.14: A2 döşeme düzensizlikleri.....	64
Tablo 4.15: EXN depremi için B2 düzensizliğinin incelenmesi	65
Tablo 4.16: EYP depremi için B2 düzensizliğinin incelenmesi.....	65
Tablo 4.17: X yönünde EXN depremi için ikinci mertebe etkileri	66
Tablo 4.18: Y yönü EYP depremi için ikinci mertebe etkileri	67
Tablo 4.19: Azaltılmış tasarım ivme spektrumu çizmek için faydalanan parametreler.....	67
Tablo 4.20: Kütle katılım oranları (ETABS 2020)	68
Tablo 4.21: Modal analizden bulunan periyoda göre eşdeğer deprem yükü katlara dağıtması	69
Tablo 4.22: Spektrum X ve Y yönü katlarda oluşan kuvveti	69
Tablo 4.23: Spektrum için X ve Y yönü katlarda oluşan momenti.....	70
Tablo 4.24: EXN yönü için katlarda oluşan momenti.....	70
Tablo 4.25: EYP yönü için katlarda oluşan momenti	71
Tablo 4.26: EXN yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları	71
Tablo 4.27: EYP yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları	72
Tablo 4.28: Spektrum için X yönde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları	72
Tablo 4.29: Spektrum için Y yönde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları	73
Tablo 4.30: EXN yön için maksimum ve ortalama görelî kat ötelemeleri	73
Tablo 4.31: EYP yön için maksimum ve ortalama görelî kat ötelemeleri	74
Tablo 4.32: Spektrum için X yönde maksimum ve ortalama görelî kat ötelemeleri	74
Tablo 4.33: Spektrum için Y yönde maksimum ve ortalama görelî kat ötelemeleri	75
Tablo 4.34: X yönünde deprem EXN için etkin görelî kat ötelemesi incelemesi	76
Tablo 4.35: Y yönünde için deprem EYP için etkin görelî kat ötelemesi incelemesi	77
Tablo 4.36: Eşdeğer deprem yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri.	78
Tablo 4.37: G+Q+EXN+0.3EYN için Aks 1-E Kolon kesit S01 hakkında Bilgileri ETABS 2020.	79
Tablo 4.38: 1.4G+1.6Q için Aks 1-E kolon kesit S01 hakkında bilgileri ETABS 2020.....	79
Tablo 4.39: G+Q+EXN+0.3EYN için Aks 3-B kolon kesit S02 hakkında bilgileri ETABS 2020	79
Tablo 4.40: 1.4G+1.6Q için Aks 3-B kolon kesit S02 hakkında bilgileri ETABS 2020.....	80
Tablo 4.41: ETABS 2020 G+Q+EXN+0.3EYN için S01 kolonu kesme tasarımı	80

Tablo 4.42: ETABS 2020 1.4G+1.6Q için S01 kolonu kesme tasarımı	80
Tablo 4.43: ETABS 2020 G+Q+EXN+0.3EYN için S02 kolonu kesme tasarımı	81
Tablo 4.44: ETABS 2020 1.4G+1.6Q için S02 kolonu kesme tasarımı	81
Tablo 4.45: Kolon kesit S02 moment normal kuvvet etkileşimi (ETABS 2020).....	81
Tablo 4.46: Perde P01 tasarım hakkında bilgileri ETABS 2020	84
Tablo 4.47: Kiriş tasarımı kesit özellikleri (ETABS 2020)	86
Tablo 4.48: Kiriş tasarımı mesnet bölgesi kesit bilgileri (ETABS 2020)	86
Tablo 5.1: Yaklaşık yöntem kullanılarak eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	90
Tablo 5.2: Modal analiz yöntemi kullanılarak eşdeğer deprem yükü yöntemi	90
Tablo 5.3: Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan kat deprem kuvvetleri.....	91
Tablo 5.4: Modal analiz yöntemi ile hesaplanan kat deprem kuvvetleri	91
Tablo 5.5: Çatlamış kesit rijitliği çarpanı.....	92
Tablo 5.6: Dikkate alınan yük kombinasyonları (Eurocode-8).....	92
Tablo 5.7: X yönünde EXN etkin görelî kat ötelenmelerinin kontrollü.....	93
Tablo 5.8: Y yönünde etkin görelî kat ötelenmelerinin kontrollü.....	94
Tablo 5.9: X yönünde EXN depremi için ikinci mertebe kontrolleri.....	95
Tablo 5.10: Y yönünde EYP depremi için ikinci mertebe kontroller	95
Tablo 5.11: Mod Birleştirme Yönteminde kullanılacak parametreler	96
Tablo 5.12: Kütle Katılım Oranları (ETABS 2020).....	98
Tablo 5.13: X ve Y yönünde katlarda oluşan kuvvetler (ETABS 2020)	99
Tablo 5.14: X ve Y yönünde katlarda oluşan momentler (ETABS 2020)	99
Tablo 5.15: EXN depremi için kat momentleri (ETABS 2020)	100
Tablo 5.16: EYP depremi için kat momentleri (ETABS 2020)	100
Tablo 5.17: EXN depremi mutlak kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları (ETABS 2020)	101
Tablo 5.18: EYP depremi kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları (ETABS 2020).....	101
Tablo 5.19: Spektrum X yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları (ETABS 2020).....	102
Tablo 5.20: Spektrum Y yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları (ETABS 2020).....	102
Tablo 5.21: EXN depremi için maksimum ve ortalama görelî kat ötelenmeleri (ETABS 2020).....	103
Tablo 5.22: EYP depremi için maksimum ve ortalama görelî kat ötelenmeleri (ETABS 2020).....	103
Tablo 5.23: Spektrum X için maksimum ve ortalama görelî kat ötelenmeleri (ETABS 2020).....	104
Tablo 5.24: Spektrum Y için maksimum ve ortalama görelî kat ötelenmeleri (ETABS 2020).....	104
Tablo 5.25: Kolon kesit tanımı.....	105
Tablo 5.26: G+0.3Q-EYP+0.3EXP için kolon S01 bilgileri (ETABS-2020)	106
Tablo 5.27: 1.35G+1.5Q için Kolon S01 bilgileri (ETABS 2020)	106
Tablo 5.28: G+0.3Q-EYP+0.3EXP için Kolon S02 Bilgileri (ETABS 2020).....	106
Tablo 5.29: 1.35G+1.5Q için Kolon S02 bilgileri (ETABS 2020)	106
Tablo 5.30: ETABS 2020 G+0.3Q-EYP+0.3EXP için kolon S01 kesme kuvvetleri (ETABS 2020).....	107
Tablo 5.31: ETABS 2020 1.35G+1.5Q için kolon S01 kesme kuvvetleri (ETABS 2020).....	107
Tablo 5.32: ETABS 2020 G+Q+EXN+0.3EYN için kolon S02 kesme kuvvetleri (ETABS 2020).....	107

Tablo 5.33: ETABS 2020 1.35G+1.5Q için kolon S02 Kesme Kuvvetleri (ETABS 2020).....	107
Tablo 5.34: Kolon S01 için moment ve normal kuvvet değerleri (ETABS 2020)	108
Tablo 5.35: Kolon S02 için moment ve normal kuvvet değerleri (ETABS 2020)	108
Tablo 5.36: Perde P01 tasarım hakkında bilgileri (ETABS 2020).....	111
Tablo 5.37: Kiriş tasarımı kesit bilgileri (ETABS 2020)	112
Tablo 5.38: Kiriş tasarımı mesnet bölgesi kesit bilgileri (ETABS 2020)	112
Tablo 6.1: Kolon S01 için TBDY-2018 ve Eurocode-8 eksenel kuvvet değerleri	115
Tablo 6.2: Kolon S02 için TBDY-2018 ve Eurocode-8 eksenel kuvvet değerleri	116
Tablo 6.3: X yönünde mutlak maksimum kat deplasmanların karşılaştırılması	117
Tablo 6.4: Y yönünde mutlak maksimum kat deplasmanların karşılaştırılması	117
Tablo 6.5: X yönünde mutlak ortalama kat deplasmanların karşılaştırılması	118
Tablo 6.6: Y yönünde mutlak ortalama kat deplasmanların karşılaştırılması	118
Tablo 6.7: X yönünde maksimum görelî kat ötelenmeleri.....	119
Tablo 6.8: Y yönünde maksimum görelî kat ötelenmeleri.....	119
Tablo 6.9: X yönünde ortalama görelî kat ötelenmeleri.....	120
Tablo 6.10: Y yönünde ortalama görelî kat ötelenmeleri.....	120
Tablo 6.11: Modal analiz 'den bulunan yapı periyotların karşılaştırılması ...	121
Tablo 6.12: Ampirik formül ile bulunan yapı periyotların karşılaştırılması ..	121
Tablo 6.13: Modal Analiz yöntemi ile bulunan periyoduna karşı gelen binanın taban kesme kuvvetleri.....	122
Tablo 6.14: Ampirik formül ile bulunan periyoda karşılık gelen taban kesme kuvvetleri.....	122
Tablo 6.15: Yük kombinasyonların karşılaştırılması	123

SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$	:	Spektral ivme katsayısı
A_c	:	Brüt beton alanı
A_{ck}	:	Etriye içindeki kalan beton alanı
A_e	:	Etkili kesme alanı
A_g	:	Perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanı
A_k	:	Dolgu duvar alanı
A_p	:	Tüm kat alanı
$A_{s,g}$	:	Gövde donatısı alanı
A_{sh}	:	Enine donatı alanı
A_s	:	Çekme donatısı alanı
A_s'	:	Basınç donatısı alanı
A_0	:	Etkin yer ivme katsayısı
a_g	:	A tipi zemin için tasarım yer ivmesi (Eurocode-8)
b_k	:	Kolonda en dıştaki enine donatıları eksenleri arasındaki uzaklık
b_w	:	Kirişin gövde genişliği
c	:	Tarafsız eksen derinliği
C_d	:	Yer değiştirme arttırma katsayısı
C_s	:	Sismik davranış katsayısı
C_t	:	Yapı periyot katsayısı
C_u	:	Periyot üst limit katsayısı
d	:	Kirişin faydalı yüksekliği
d'	:	Beton örtüsü, paspayı
d_{fi}	:	Binanın i'inci katında fiktif yüklere göre hesaplanan yer değiştirme
d_r	:	Etkin görel kat ötelemesi (Eurocode-8)
E	:	Deprem etkisi
E_h	:	Yatay deprem etkisi
E_s	:	Çelik malzeme elastisite modülü
E_v	:	Düşey deprem etkisi
e	:	Dışmerkezlik
e_0	:	Kütle ve rigitlik merkezleri arası mesafe
F	:	Akışkan yükü
F_a	:	Kısa periyot için zemin düzeltme katsayısı
F_b	:	Eşdeğer deprem yükü yöntemi taban kesme kuvveti (Eurocode 8)
F_{bk}	:	Rigit bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_d	:	Tasarım kuvveti
F_{fi}	:	i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i	:	i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_v	:	Uzun periyot için zemin düzeltme katsayısı
f_{cd}	:	Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	:	Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctd}	:	Beton tasarım çekme dayanımı
f_{ctk}	:	Beton karakteristik çekme dayanımı
f_{yd}	:	Donatı akma gerilmesi
f_{ywd}	:	Etriye donatısı akma gerilmesi
f_{yk}	:	Donatı karakteristik akma gerilmesi
g	:	Yerçekim ivmesi

g_i	:	Binanın i'inci katındaki toplam ölü yük
H	:	Yapı toplam yüksekliği
H_{cr}	:	Kritik perde yüksekliği
H_w	:	Zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
h	:	Kat yüksekliği
h_k	:	Kiriş yüksekliği
I	:	Bina önem katsayısı
$I_{x,y}$	:	Atalet momentleri x ve y eksenleri etrafında
I_{bz}	:	Perde uç bölgesinin uzunluğu
I_{cr}	:	Kesitlere ait kritik yükseklik
I_n	:	Serbest açıklık
I_w	:	Perdenin plandaki uzunluğu
M_a	:	Kolonun alt ucunda, kolon kesme hesabında esas alınan moment
M_d	:	Tasarım momenti
M_n	:	n'inci doğal titreşim moduna ait kütle
$M_{p\ i,j}$	:	Kiriş i ve j uçlarında oluşan moment kapasiteleri
$M_{r\ ü,a}$	:	Kolon alt ve üst kısmında hesaplanan taşıma gücü momenti
M_{xn}	:	X deprem doğrultusunda n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{yn}	:	Y deprem doğrultusunda n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
m	:	Döşemelerde uzun kenarın kısa kenara oranı
m_i	:	Binanın i'inci katının kütlesi
N_d	:	Tasarım eksenel kuvveti
n	:	Kat sayısı
n	:	Hareketli yük katılım katsayısı
N_{dm}	:	Tasarım eksenel kuvvetlerinin en büyüğü
P_{tot}	:	İlgili kat seviyesi üzerindeki bina toplam yükü
P_u	:	Tasarım normal kuvveti
Q	:	Hareketli yük
Q_E	:	Yatay deprem etkisi
q	:	Yapı davranış katsayısı (Eurocode-8)
q_i	:	Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R	:	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R	:	Yağmur yükü
$R_a(T)$	:	Deprem yükü azaltma katsayısı
R_d	:	Tasarım dayanımı
S	:	Kar yükü
S	:	Zemin katsayısı (Eurocode 8)
S_s	:	Haritadan kısa periyotlarda okunan spektral davranış ivme parametresi
S_1	:	Haritadan 1 sn periyodunda okunan spektral davranış ivme parametresi
S_{DS}	:	Kısa periyotlarda okunan tasarım spektral davranış ivme parametresi
S_{D1}	:	1.0 sn periyodunda okunan tasarım spektral davranış ivme parametresi
S_{MS}	:	Zemin sınıfı etkileri etkililmiş kısa periyot spektral davranış ivme parametresi
S_{M1}	:	Zemin sınıfı etkileri etkililmiş 1 sn periyodu spektral davranış ivme parametresi

$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme
s	: Enine donatı aralığı
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T	: Sıcaklık değişimi, büzülme vb. Yük etkisi
T_a	: Yaklaşık periyot
$T_{A,B}$	: Spektrum karakteristik periyotları
T_L	: Uzun periyot bölgesine geçiş periyodu
T_1	: Binanın 1. titreşim periyodu
V	: Kesme kuvveti
V_c	: Betonun kesme kuvvetine etkisi
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_d	: Tasarım kesme kuvveti
V_{dy}	: Düşey yükler altında oluşan kesme kuvveti
V_e	: Kapasite hesapları ile elde edilen ve kesit kontrollerinde ele alınacak tasarım kesme kuvveti
V_i	: Binanın i'inci katına etki eden kesme kuvveti
V_{maks}	: Kesitlerde beton ile çeliğin beraber çalışarak karşılayabileceği maksimum kesme kuvveti
$V_{Rd,c}$	: Kesitin donatısız olarak taşıyabileceği kesme kuvveti
V_t	: Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti
V_{tB}	: Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti
V_u	: Kapasite hesapları ile elde edilen ve kesit kontrollerinde ele alınacak tasarım kesme kuvveti
W	: Rüzgar etkisi
W	: Binanın efektif ağırlığı
w_i	: Binanın i'inci katının ağırlığı
w_{bk}	: Binanın bodrum katının ağırlığı
α_s	: Döşemelerde, sürekli kenarların toplam kenar uzunluğuna oranı
β	: Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
β_v	: Perde kesme hesaplarında dinamik büyütme katsayısı
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
Δ_{FN}	: Binanın n'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
δ_i	: Binanın n'inci katına etkiyen etkin görelî kat ötelemesi
$\delta_{i, maks}$	: Binanın n'inci katına etkiyen maksimum etkin görelî kat ötelemesi
ε_{cu}	: Beton ezilme birim kısalması
ε_{su}	: Çelik kopma birim kısalması
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
Φ_{xin}	: Rijit kat döşemeli binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenî doğrultusundaki yatay birleşeni
Φ_{yin}	: Rijit kat döşemeli binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenî doğrultusundaki dönme birleşeni
$\Phi_{\theta in}$	: Rijit kat döşemeli binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksenî doğrultusundaki dönme birleşeni
ϕ	: Donatı çapı

γ_i	:	Bina önem katsayısı (Eurocode-8)
γ_{mc}	:	Beton için malzeme güvenlik katsayısı
γ_{ms}	:	Donatı için malzeme güvenlik katsayısı
ρ	:	Çekme donatısı oranı
ρ_b	:	Dengeli donatı oranı
ρ_{min}	:	Minimum donatı oranı
ρ_{maks}	:	Maksimum donatı oranı
λ	:	Eşdeğer deprem yükü düzeltme katsayısı
ξ	:	Yapının sönüm oranının (yüzdelik değeri)



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının yürütülmesi sırasında değerli bilgilerini, tecrübelerini benden esirgemeyen ve nezaketli, öğrencileri tarafından ulaşılabilir ve iyi bir eğitim vermeye sürekli ilgisi olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Şevket Murat ŞENEL’e en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Hiçbir zaman unutamadığım babamın bana gururla söylediği “Oğlum yüksek eğitimini uluslararası bir diploma ile bitirecek” diye gururla dile getiren rahmetli babamın ruhu şad olsun, çocukluk hayalimi gerçekleştirmeme vesile olan Yurtdışı Türkler ve Akraba Toplulukları Başkanlığı’na.

Bugüne kadar hiçbir konuda manevi ve maddi desteklerini benden esirgemen, tevazu, tutumluluk ve çalışkanlık gibi evrensel değerleri aşılayan annem ve babama, bugünlere gelebilmem için tüm desteğini veren sevgili kardeşim Thierno Mamadou KOUYATE ’ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu 2 harika yılı birlikte geçirdiğim arkadaşlarıma, özellikle Mohamad Kinan OTHMAN ve Nebyi Asmerom NEGASH’a yardımları ve tavsiyeleri için özellikle teşekkür ederim.

1 GİRİŞ

Türkiye, deprem açısından dünyanın en aktif bölgelerinden biri üzerinde yer almaktadır. Özellikle son yüzyılda Türkiye’de meydana gelen depremler sebebiyle meydana gelen can ve mal kayıplarının oldukça yüksek oluşu, binaların hesabı ile ilgili şartnamelerin ve yönetmeliklerin yayınlanmasını ve uygulanmasını zorunlu hale getirmektedir. Türkiye’de deprem yönetmeliklerinin yayınlanmasına yönelik şartnameler 1940’lı yıllara dayanmaktadır. 1939 yılında Erzincan da meydana gelen 7.9 büyüklüğündeki depremde 32962 kişinin hayatını kaybetmesi ile deprem yönetmeliklerinin ilan edilmesiyle ilgili süreçler hız kazanmıştır. Tablo 1’de Türkiye’de son yüzyıl içinde meydana gelen şiddetli depremler, bu depremler sırasında meydana gelen can kayıpları ve deprem yönetmeliklerinde meydana gelen güncellemeler ve yenilemeler liste halinde verilmiştir. Bu tablodan da anlaşılağı üzere şiddetli depremlerden sonra yönetmelik düzenlemeleri gündeme gelmiş, yıkıcı depremlerden çıkartılan dersler doğrultusunda binaların hesabı ve tasarımına yönelik kuralların güncellenmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Sadece Türkiye’de değil dünyada meydana gelen şiddetli depremler mevcut yapı stokunun önemli bir bölümünün depreme karşı dayanıklı olmadığını göstermiştir. Ortaya çıkan bu durum ve yapı mühendisliğinde meydana gelen ilerlemeler binaların hesabı ve tasarımı ile ilgili deneysel ve kuramsal çalışmaların artmasına sebep olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, İtalya, Yunanistan ve Türkiye gibi coğrafi konumları sebebiyle deprem tehlikesine açık olan ülkelerde depreme dayanıklı binaların hesabı ve tasarımı konularında çalışmalar yapılmıştır. Avrupa Birliğinin hayata geçirilmesinden sonra Avrupa’da geçerli olacak normlara duyulan ihtiyaç, binaların hesabı ve tasarımı ile ilgili de standartların oluşturulmasını gerekli hale getirmiştir. 1970’li yıllardan 1990’lara kadar uzanan süreçte oluşturulan komisyonlar tarafından ilan edilen teknik dokümanlar, 1990’lı yıllardan itibaren uyulması zorunlu yönetmelikler haline dönüşmeye başlamış ve bugün geçerli olan Eurocode yönetmelikleri ortaya çıkmıştır.

Tablo 1.1: Türkiye’de son yüzyılda meydana gelen depremler, can kayıpları ve yönetmelik düzenlemeleri

Türkiye’de Yönetmeliği			
Yıl	Meydana geldiği yer	Büyükölük	Can kaybı
1939	Erzincan	7.9	32962
1940	İlk Sismik Kod yayınlandı		
1944	Bolu-Gerede	7.2	3959
1944-1949	Sismik Kod revize edildi		
1953	Yenice, Gonen	7.4	265
1953	Sismik Kod revize edildi		
1957	Fethiye	7.1	67
1962	Sismik Kod revize edildi		
1966	Varto	6.9	2394
1968	Sismik Kod revize edildi		
1970	Gediz	7.2	1086
1975	Lice	6.9	2385
1975	Sismik Kod revize edildi		
1976	Çaldıran, Muradiye	7.2	3840
1992	Erzincan	6.8	653
1995	Dinar	6.3	94
1997	Sismik Kod revize edildi		
1998	Ceyhan, Adana	5.9	
1998	Sismik Kod revize edildi		
1999	Kocaeli	7.4	17408
1999	Düzce, Kaynaşlı	7.2	845
	İzmit		
2002	Sultandağı, Çay	6.3	42
2003	Bingöl	6.1	184
2005	Seferihisar-İzmir	5.9	
2005	Hakkari	5.4	3
2007	Sismik Kod revize edildi		
2010	Başıyurt-Elazığ	6.0	42
2011	Van	7.2	604
2018	Sismik Kod revize edildi		
2020	Elazığ	6.8	41
	İzmir Seferihisar	6.6	171

Özellikle 1990’lı yıllardan itibaren globalleşen ve sınırların öneminin gittikçe azaldığı dünyada elde edilen bilgiler çok daha hızlı bir biçimde yayılmakta ve deprem yönetmelikleri yayılan ve paylaşılan bilimsel bulgulara dayanarak belirli aralıklar ile güncellenmektedir. Bu açıdan bakıldığında farklı ülkeler tarafından ilan edilen deprem yönetmeliklerinin gittikçe birbirine benzeyen kuralları ve hükümleri içerir hale geldiğini, pek çok ortak noktanın ve hususun farklı ülkelerin yönetmeliklerinde yer aldığını söylemek mümkündür. Hatta pek çok ülkede ABD yönetmelikleri ile

Eurocode yönetmeliklerinin kullanılmasına izin verilmekte, başka bir ifade ile bu yönetmelikler farklı ülkelerin yasal mevzuatları içinde tanınmaktadır.

Türkiye’de de Avrupa birliğine başvuru süreci içinde pek çok farklı alanda olduğu gibi bina hesabı ve tasarımı konularındaki mevzuatlara intibak sağlamayı amaçlayan süreçler devam etmekte ve bu konudaki pek çok yönetmeliğe göre yapılan hesaplar ve tasarımlar kabul edilmektedir. Türkiye’de betonarme binaların hesabı ve tasarımı için yaygın olarak kullanılan yönetmelikler TS495, TS500 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’dir (TBDY-2018). Eurocode-1, Eurocode-2 ve Eurocode-8 yönetmelikleri ise sırasıyla adı geçen Türkiye yönetmeliklerine karşılık gelen Avrupa Birliği standartlarıdır ve yapılan tez çalışmasında bu standartlar esas alınmıştır.

Yapılan tez çalışması kapsamında Türkiye bina yönetmelikleri ve Eurocode yönetmeliklerinin karşılaştırılabilmesi ve özellikle 2018 yılında ilan edilen yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin değerlendirilebilmesi amacıyla 10 katlı örnek bir bina ele alınmıştır. Söz konusu bina hem Türkiye hem de Avrupa yönetmelikleri göz önüne alınarak hesaplanmış ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Böylelikle her iki yönetmelik yaklaşımlarının aralarındaki benzerlikler ve farklılıklar değerlendirilmiştir.

1.1 Problemin Tanımı

Dünya üzerinde farklı coğrafyalarda yürürlükte bulunan yönetmeliklerin hesap ve tasarım kuralları arasında önemli benzerlikler bulunmasına rağmen, deprem spektrumlarının tarifi, deprem kuvvetlerinin hesabı, etkin kesit rijitlikleri, deprem yükü azaltma katsayıları, dayanım fazlalığı kavramı, yapısal düzensizlik kavramlarının tarifi gibi konularda farklılıklar bulunmaktadır. Sözü edilen bu farklılıklar binaların hesabı sırasında elde edilen sonuçların ve dolayısı ile ortaya çıkabilecek tasarımların da farklılaşmasına sebep olabilmektedir. Bu durum farklı yönetmelik yaklaşımlarının benzer deprem talepleri altında farklı sonuçlar verebileceği anlamına gelmektedir. Başka bir ifade ile bu durum özdeş yapısal özelliklere sahip binaların özdeş yer hareketleri altında farklı hesap sonuçları üzerinden tasarlanması durumunu ortaya çıkarmaktadır. Yürütülen çalışma kapsamında bu problemin boyutları incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Yürütülen tez çalışmasının öncelikli amacı Türkiye’de ve Avrupa Birliği içinde yürürlükte olan yönetmelikleri kullanarak seçilen örnek bir binanın hesabını ve tasarımını yapmak ve elde edilen sonuçları kullanarak kullanılan yönetmelikleri hesap ve tasarım açısından karşılaştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda aynı yer ivmesine maruz kalan ve özdeş mimari özelliklere sahip 10 katlı örnek bir bina 2 farklı yönetmelik yaklaşımı kullanılarak hesaplanmış ve tasarlanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda binaların periyodları, deprem tasarım kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri, katlarda oluşan görelî ötelenme değerleri gibi pek çok sonuç birbiri ile karşılaştırılmış ve böylelikle 2 yönetmelik yaklaşımının birbiri ile kıyaslanması amaçlanmıştır.

1.3 Tezin Kapsamı

Yürütülen tez çalışması kapsamında 10 katlı örnek bir betonarme bina ele alınmış ve söz konusu bina Türkiye bina yönetmelikleri ve Avrupa Birliği içinde geçerli olan ilgili Eurocode yönetmelikleri kullanılarak hesaplanmış ve tasarlanmıştır. Yapılan hesaplamalar kapsamında öncelikle Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) ve Avrupa’da geçerli olan Eurocode-8 yönetmelikleri ele alınmıştır. Tez çalışması kapsamında yapılan analizler için ETABS programı kullanılmıştır.

Tezin birinci bölümünde problemin tanımı yapılmış, çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgiler verilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde Türk ve Avrupa yönetmeliklerine göre tasarımın temel unsurlarına değinilmiş ve Türk Deprem Yönetmeliği ve Eurocode-8 yönetmeliklerinde yer alan hükümler detaylı olarak açıklanmıştır. Bu bölümde ayrıca deprem hesabında kullanılacak parametreler hakkında bilgiler de verilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde tasarımı yapılacak 10 katlı betonarme bina hakkında bilgiler verilmiştir. Denizli il sınırları içerisinde yer aldığı kabul edilen ve yer ivmesinin seçilen bölgeye göre belirlendiği betonarme konut yapısının yapısal ve mimari özellikleri bu bölümde açıklanmış, yapıya özgü bilgiler verilmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yapılan hesaplamalar ayrıntılı bir biçimde hesaplanmıştır. Tasarımda göz önüne alınan spektrumlar, binaya ait periyod hesaplamaları ve kat kesme kuvvetlerinin hesabı ile ilgili konular bu bölümde sunulmuştur.

Tezin beşinci bölümünde Avrupa yönetmeliklerine (Eurocode-8) göre binanın deprem hesabı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Eurocode-8'e göre deprem spektrumlarının hesabı, binaya ait titreşim periyodlarının belirlenmesi ve deprem kuvvetlerinin hesabı ile ilgili konular beşinci bölümde açıklanmıştır.

Tezin altıncı bölümünde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Eurocode-8 yönetmeliğine göre yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. İki yönetmeliğe göre hesaplanan tasarım deprem kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri, oluşan göreceli ötelenmeler gibi deprem hesabından elde edilen sonuçlar tezin bu bölümünde kıyaslanmıştır.

Tezin 7. ve son bölümünde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar özetlenmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

2 TÜRK VE EUROCODE YÖNETMEKLİKLERİNE GÖRE TASARIM TEMEL UNSURLAR

2.1 Türk Yönetmeliklerine Göre Tasarım Adımları

2018 yılında çıkmış olan Türkiye Bina Depremi Yönetmeliği (TBDY-2018) 01/01/2019 tarihinden itibaren kullanılmaktadır. Bu tarihe kadar yürürlükte olan TBDY-2018 yürürlüktedir.

Yapı'nın deprem analizini yapabilmek için, deprem kuvvetlerini belirlemek gerekir. Deprem kuvvetlerini belirlemek içinde, birtakım depremler tanımlamak gerekir. Tanımlı bu deprem kuvvetlerine göre deprem kuvvetleri belirlenir ve analiz edilir.

TBDY 2018'de yer hareketinin düzeyi dört farklı grupta tanımlanmıştır. Bu depremler

- Deprem yer hareketi düzeyi-1 (DD-1): 50 yılda ve buna karşılık gelen 2475 yıllık bir süre içinde spektral büyüklükleri %2 aşma olasılığı olan çok nadir bir yer hareketini tanımlar. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
- Deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD2): 50 yılda büyüklükleri aşma olasılığının %10 ve karşılık gelen tekrarlamanın 475 yıl olduğu seyrek yer hareketini tanımlar. Bu Deprem yer hareketi aynı zamanda standart tasarım sismik yer hareketi olarak adlandırılır.
- Deprem yer hareketi düzeyi-3 (DD3): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşma olasılığının %50 ve karşılık gelen tekrar oluşma periyodunun ise 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketlerini karakterize eder.
- Deprem yer hareketi düzeyi-4 (DD4): 50 yılda büyüklükleri aşma olasılığının %68 ve karşılık gelen dönüş süresinin 43 yıl olduğu çok sık yer deprem hareketlerini tanımlar.
- Bu deprem yer hareketi aynı zamanda servis sismik yer hareketi olarak da adlandırılır.

Ayrıca, deprem yer hareketi düzeyi DD-2 olarak tanımlanan deprem, tasarım depremidir yani hesaplara esas olan deprem kuvveti. Günümüzde kullandığımız deprem kuvveti de tasarım depremi olarak DD-2 depremine tekabül etmekte. Bu depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10.

Bu yönetmelikte binaların tasarımında esas alınacak tasarım depremi, bina önem katsayısı $I = 1$ olan yapılar için DD-2 depremidir yani 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremlerdir.

Yapı türü yapıların deprem hesabında kullanılan yöntemler şu şekilde sınıflandırılabilir;

- Eşdeğer deprem yükü yöntemi (Statik Analiz),
- Mod birleştirme yöntemi (Dinamik Analiz).

2.1.1 Türk Bina Deprem Yönetmeliği-2018’de Genel Bilgiler

Eşdeğer deprem yük yöntemi, tasarlanan çoğu bina için kullanılabilir. Ve bu yöntemle yapılan tasarımlarda, yükler katlarda statik yatay yükler olarak uygulanır.

Eşdeğer Deprem yöntemin kullanımına izin verilmeyen binalarda, Bu yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, dinamik yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmalıdır. Mod birleştirme yöntemi kullanarak hesaplanan V_{TB} ’nin Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen V_t ’ye oranının belirli bir katsayıdan küçük olması durumunda. Bu oranda iç kuvvetlerin arttırılması arzu edilir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği yapılar Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

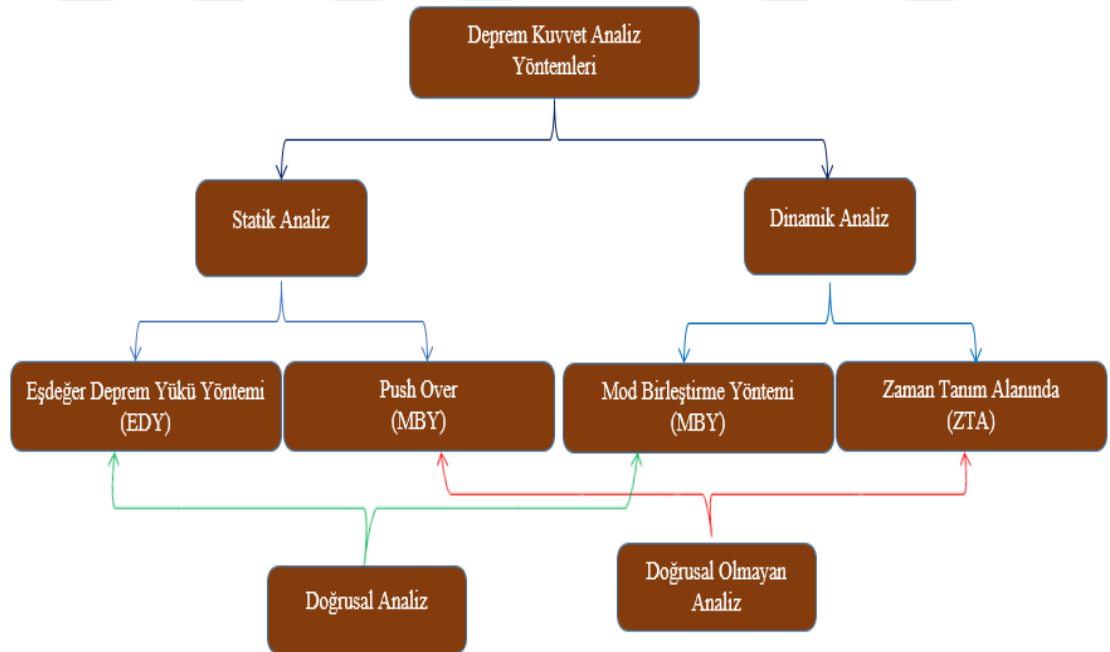
Bu tabloda belirtilen limitleri aşan yapıların sismik hesabı dinamik yöntemler kullanılarak yapılacaktır.

Tablo 2.1: TBDY-2018’de Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin uygulanışı

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

Tablo 2.1 Tablo 2.1’de DTS deprem tasarım sınıfı gösterir, BYS binanın yüksek sınıfı göstermektedir. Bodrumlu binalarda, zemin kat döşemesinden yüksekliği gösterir. η_{bi} ise i’nci katta tanımlanan burulmanın düzensizlik katsayısını gösterir.

Deprem hesabında kullanılacak hesap ve analiz yöntemi Şekil 2.1’de özetlenmiştir.



Şekil 2.1: Deprem kuvvet analizleri.

2.1.1.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi

Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası (TDTH) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'de deprem yer hareketi dört farklı düzeyde belirlenmiştir:

- a- Deprem Yer Hareketi Düzeyi (DD-1), dikkate alınan en büyük deprem yer hareketi olarak adlandırılır.
- b- Deprem Yer Hareketi (DD-2), standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
- c- Deprem Yer Hareketi (DD-3), Sık deprem yer hareketini anlatır.
- d- Deprem Yer Hareketi (DD-4) ise, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

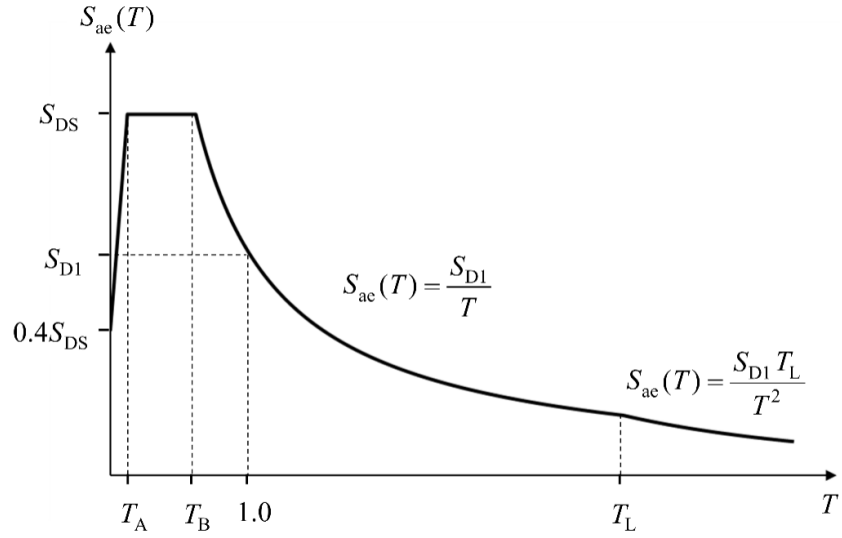
2.1.1.2 Tasarım İvme Spektrumu

Türk Bina Deprem Yönetmeliği'nde en önemli yeniliklerinden biri, tasarım spektrumu ve bu spektrumun parametrelerinin yanı sıra tamamen yenilenen haritadaki farklılık olmuştur, Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası (TDTH - 2018). Türkiye 2007 yönetmeliklerinde sismik riski belirleyen temel parametre olan efektif yer ivmesi yerine, 2018 Türkiye Bina Deprem yönetmeliğinde tasarım ivmesi spektrumu haritadaki spektral ivme katsayısına ve sismik haritadaki yerel zemin etki katsayısına göre kısa periyod ve 1.0 saniyelik periyodu için belirlenmektedir.

a- Yatay Tasarım İvme Spektrumu

$$\begin{aligned} S_{ae}(T) &= (0.40 + 0.60 \frac{T}{T_A}) S_{DS} \quad ; \quad 0 \leq T \leq T_A \\ S_{ae}(T) &= 1.0 S_{DS} \quad ; \quad T_A \leq T \leq T_B \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} \quad ; \quad T_B \leq T \leq T_L \\ S_{ae}(T) &= S_{D1} \frac{T_L}{T^2} \quad ; \quad T_L \leq T \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_L = 6 \text{ s (Sabit yerdeğiştirme bölgesine)}$$



Şekil 2.2: Yatay elastik tasarım spektrumu.

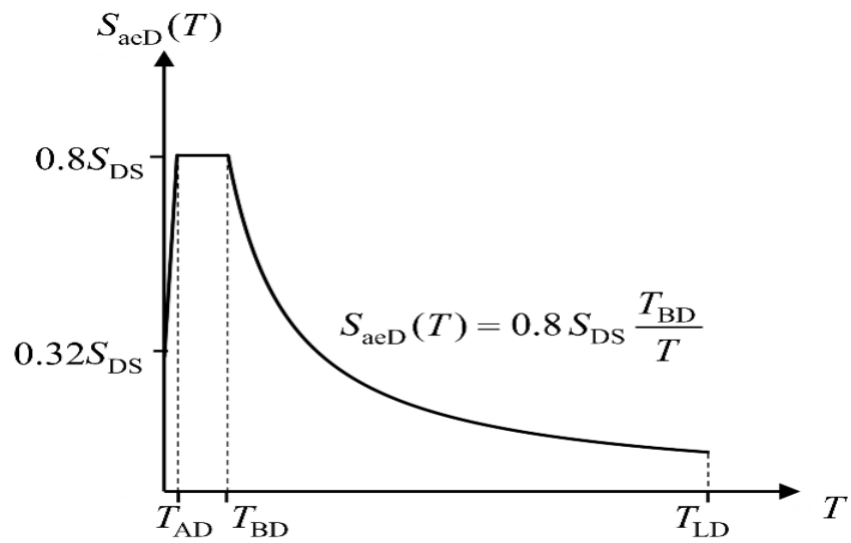
b- Düşey Tasarım İvme Spektrumu

$$S_{aeD}(T) = (0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}) S_{DS} \quad ; \quad 0 \leq T \leq T_{AD}$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad ; \quad T_{AD} \leq T \leq T_{BD} \quad (2.2)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad ; \quad T_{BD} \leq T \leq T_{LD}$$

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

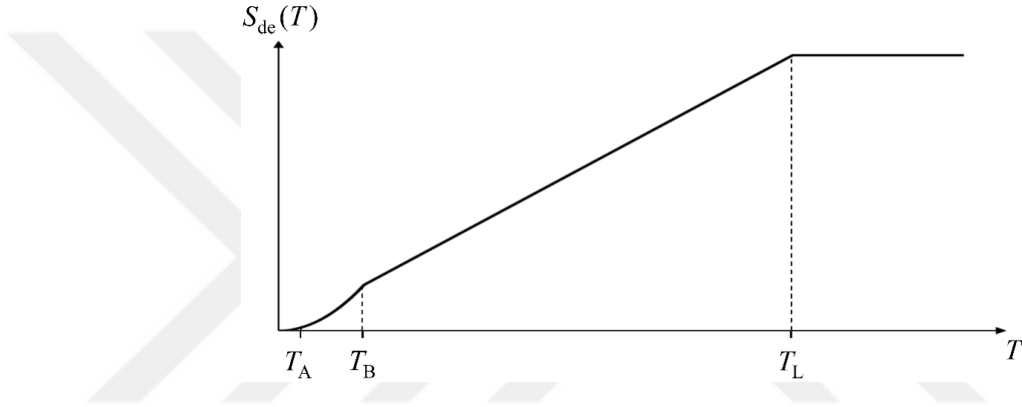


Şekil 2.3: Düşey elastik tasarım spektrumu.

c- Tasarım Yerdeğiştirme Spektrumu

Türkiye Bina Deprem 2018 Yönetmeliğine göre, dikkate alınan deprem yer hareketin herhangi bir düzeyi için yatay elastik tasarım yer değiştirme spektrumunun ordinatları olan elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri $S_{de}(T)$, (2.3) ile doğal titreşim periyoduna bağlı olarak metre cinsinden tanımlanır.

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (2.3)$$



Şekil 2.4: Yerdeğiştirme elastik tasarım spektrumu.

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, madde 2.4.1.1'e göre, bazı belirli bir özel durumlarda, sahaya özgü sismik yer hareketi, sahaya özel deprem yer hareketi spektrumları tanımlanabilir. Bu tür spektrumlar proje mühendisinin takdirine bağlı olarak kullanılabilir.

2.1.1.3 Yerel Zemin Sınıflarının Belirlenmesi

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde sismik tasarım spektrumlarının tanımında esas alınması gereken yerel zemin sınıfları 6 yerel zemin sınıfına ayrılmıştır.

Türkiye'nin tamamındaki herhangi bir arsa bu 6 sınıftan herhangi biriyle olabilmektedir.

Tablo 2.2’de gösterildiği gibi Zemin Cinsi, kayma hızına, standart penetrasyon, serbest basınç direnci ve rölatif sıklığa göre belirlenmiştir.

- Sınıfı ZA, en iyi zemini temsil eder. Sağlam ve sert kayalar bu sınıfa girer;
- Sınıfı ZB, biraz ayrılmış kayalar içindir;
- Sınıf ZC, çok çatlaklı zayıf olan kayaları ve çok kompakt kumlu çakılları içerir;
- Sınıfı ZD, orta sıkı kum çakıl ya da çok katı killer için kabul edilmiştir;
- ZE Sınıfı ise gevşek zeminler için tasarlanmış problemlili zeminleri içerir;
- Ve bu sınıfların dışında ZF sınıfı bağların araştırılma yapılması mutlaka gerekmektedir. Bu araştırmalar klasik sondaj değil, özel araştırmalar.

Tablo 2.2: TBDY-2018’e göre yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı $(V_s)_{30}$, ortalama standart penetrasyon darbe sayısı - SPT $(N_{60})_{30}$ ve ortalama drenajsız kayma dayanımı $(C_u)_{30}$ denklem (2.4) ile elde edilecektir:

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{V_{s,i}} \right)}$$

$$(N_{60})_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{N_{s,i}} \right)} \quad (2.4)$$

$$(C_u)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{C_{s,i}} \right)}$$

Denklem (2.4)'te h_i (i) numaralı alt tabakanın kalınlığını, $V_{s,i}$; $N_{60,i}$ ve $C_{u,i}$ değerleri ise, sırası ile, aynı alt tabakanın kayma dalgası hızını, standart penetrasyon deneyi darbe sayısını ve drenajsız kayma dayanımını [kPa] ifade eder.

GeoteknikPro yazılım yardımıyla, kayma dalgası hızı, zemin katmanlarını ve Standart Penetrasyon Testi (SPT) sonuçlarını girdikten sonra SPT $(N_{60})_{30}$, $(V_s)_{30}$ ve $(C_u)_{30}$ değerine göre yerel zemin sınıfı otomatik olarak hesaplanır.

a- Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yukarıda tanımlanan yerel zemin sınıflarına bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları F_S ve F_1 , sırası ile Tablo 2.3 ve Tablo 2.4 'te verilmiştir.

Tablo 2.3: Kısa periyot için yerel zemin etkiyen katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa Periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Tablo 2.4: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etkiyen katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

2.1.1.4 Binalar İçin Performans Hedefleri

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme ya da tasarım yaklaşımları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 2.5: Yüksek binalar hariç, yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar

Deprem Yer Hareket Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ ; 2, 2a ⁽¹⁾ ; 3, 3a ; 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ ; 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşım	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Tablo 2.6: Mevcut veya yeni yapılacak veya yüksek binalar (BYS = 1)

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

Tablo 2.7: Mevcut yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar
(BYS ≥ 2)

Deprem Yer Hareket Düzeyi	DTS = 1 ; 2 ; 3, 3a ; 4, 4a		DTS = 1a ; 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşım	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

(1) BYS > 3 olan binalarda uygulanacaktır.

(2) BYS = 2,3 olan binalarda uygulanacaktır.

(3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.

(4) I = 1.5 alınarak uygulanacaktır.

(5) Bkz. 3.5.2.2.

2.1.1.5 TBDY-2018’de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü, yapı döşemelere etki eden deprem yükleri olup ve sadece 1. modun etkisini göz önüne alan dinamik analiz bir yöntemdir.

Herhangi bir deprem yönde, binanın toplam eşdeğer deprem yüğü yanı taban kesme kuvveti $V_{TE}^{(X)}$, denklem (2.5) ile hesaplanacaktır.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04m_t I S_{DS} g \quad (2.5)$$

(2.5) denkleminde $S_{aR}(T_p^{(X)})$ göz önüne alınan (X) deprem yönde denklem (2.12)'ye göre hesaplanan yapının hâkim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ kullanarak denklem (2.13)'ten bulunan azaltılmış tasarım spektral ivmesine karşı gelmektedir, m_t yapının denklem (2.17) kullanarak hesaplanan toplam kütleğine karşı gelmektedir. S_{DS} ise kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısıdır.

$$V_{tE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} \quad (2.6)$$

Denklem (2.6)'den bulunan taban kesme kuvveti, yapı katların etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak denklem (2.7) kullanarak ele alınacaktır.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} \quad (2.7)$$

Binanın katın ilgili katın (tepesine) etkiyen deprem yükü $\Delta F_{NE}^{(X)}$ 'in değeri denklem (2.7)'ye karşı gelmektedir.

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{i=1}^N m_j H_j} \quad (2.8)$$

Eşdeğer deprem yükünün $\Delta F_{NE}^{(X)}$ hariç kalan diğerler, ilgili kat dikkate alınarak, yapı katlarına denklem (2.8) kullanarak dağıtılacaktır.

$$f_{jE}^{(S)} = \frac{F_{iE}^{(X)}}{m_i} m_j^{(S)} \quad (2.9)$$

Kat döşemelerinin membran sonlu elemanlar ile modellenmesi koşulunda, ilgili katta j'inci seviye etki eden toplam deprem yükü denklem (2.9) kullanarak elde edilecektir.

$$M_0^{(X)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} H_i \quad (2.10)$$

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde deprem yükler üreten yapının tabanında oluşturacak toplam devrilme momenti denklem (2.10) kullanarak hesaplanacaktır.

- **Binanın Hâkim Doğal Titreşim Periyodu ($T_{pA}^{(X)}$)**

$$T_{pA} = C_t (H_N)^{3/4} \quad (2.11)$$

Burada, T_{pA} yaklaşık formül (ampirik formül) ile hesaplanan hâkim doğal titreşim periyodunu temsil etmektedir. H_N binanın toplam yüksekliğidir.

Yapı sistemi yalnız betonarmeden oluşan binalarda $C_t = 0.1$ alınır, çelik çerçevelerden oluşan yapılarda $C_t = 0.08$ alınır, şunları olmayan yapılarda $C_t = 0.07$ kullanılacaktır. Binanın analizlerde kullanılacak titreşim periyodu ise denklem (2.12)'de verilen Rayleigh yaklaşımı ile hesaplanacaktır.

$$T_P^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X)^2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X)} d_{fi}^{(X)}} \right)^{1/2} \quad (2.12)$$

Denklemde m_i ilgili kat döşemesinin toplam kütlesi ifade etmektedir.

Binanın denklem (2.12)'den elde edilen bina periyodu $T_p^{(X)}$ 'in sismik hesap sırasında bulunan en büyük değeri, denklem (2.11)'den elde edilen T_{pA} periyodunun 1.4 katından yüksek olmamalıdır. Ancak yönetmelikte ‘‘DTS = 1, 1a, 2, 2a ve $BYS \geq 6$ giren binalarda ve DTS = 3, 3a, 4, 4a’’ giren tüm yapılar için bina periyodu, denklem (2.12)'den hesaplanmaksızın, doğrudan denklem (2.11)'de verilen yaklaşım T_{pA} periyodu olarak kabul edilebilir, yani $(T_p^{(X)} \cong T_{pA})$.

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$, denklem (2.13) kullanarak elde edilmiştir:

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (2.13)$$

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (2.14)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (2.15)$$

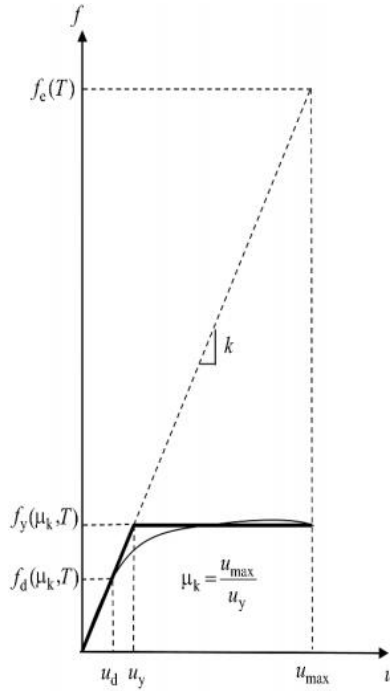
Burada $S_{ae}(T)$, DD-2 deprem yer hareketine göre yatay elastik tasarım spektral ivmesini, $R_a(T)$ ise Deprem Yüğü Azaltma Katsayısına karşı gelmektedir.

- **Akma Dayanımı, Tasarım Dayanımı Ve Azaltma Katsayıları**

$$R_y(T) = \frac{f_e(T)}{f_y(\mu_k, T)} \quad ; \quad D = \frac{f_y(\mu_k, T)}{f_d(\mu_k, T)} \quad ; \quad R_a(T) = \frac{f_e(T)}{f_d(\mu_k, T)}$$

$$R_a(T) = DR_y(\mu_k, T) \quad ; \quad \frac{R}{I} = \mu_k D \quad (2.16)$$

$$R_y(\mu_k, T) = \mu_k \quad T > T_B \quad ; \quad R_y(\mu_k, T) = 1 + (\mu_k - 1) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B$$



Şekil 2.5: Tasarım çerçevesinde, tek serbestlik dereceli sistemin süneklik kapasitesi.

- **Kütlelerin Hesaplaması**

Yapısal sistemin elemanları sonlu elemanlar olarak modellendiği halinde, bireysel düğüm kütleleri, sonlu bağlı bölgelerdeki dağıtılmış kütlelerin bileşkesi olarak atanır. Sonlu eleman düğümlerindeki bireysel kütleler, yalnızca iki ek yatay ya da dikey öteleme derecesi olarak belirtilir.

Elemanın düğümündeki j'ye etki eden bireysel kütle $m_j^{(S)}$ denklem (2.17) kullanarak elde edilecektir.

$$w_j^{(S)} = w_{G,j}^{(S)} + n w_{Q,j}^{(S)} \quad (2.17)$$

$$m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} = m_t$$

Denklem (2.17)'de $w_{G,j}^{(S)}$ ve $w_{Q,j}^{(S)}$ sırasıyla sabit olan yük ve hareketli yükü karşı gelen kütle ifade etmektedir. Denklemde belirtilen n katsayısı, Tablo 2.8'de gösterilmiştir. Ancak endüstri yapılarında sabit takım ağırlıklar için değeri 1.0 dikkate alınır.

Tablo 2.8: TBDY-2018'de hareketli yük azaltma katsayısı (n)

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

Tablo 2.9: Yapı sistemin eleman kesit rijitliğin çarpanı

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

Tablo 2.10: Yapı önem katsayısı (I)

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 terminalleri, 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

Tablo 2.11: TBDY-2018’de 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

Tablo 2.12: TBDY-2018’de Yapı Yüksekliğinin Sınıfları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına göre Tanımlanan Bina Yüksekliği 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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Tablo 2.13: Yapı sistemin davranış katsayısı, dayanım katsayısı ve yüksek sınıfları

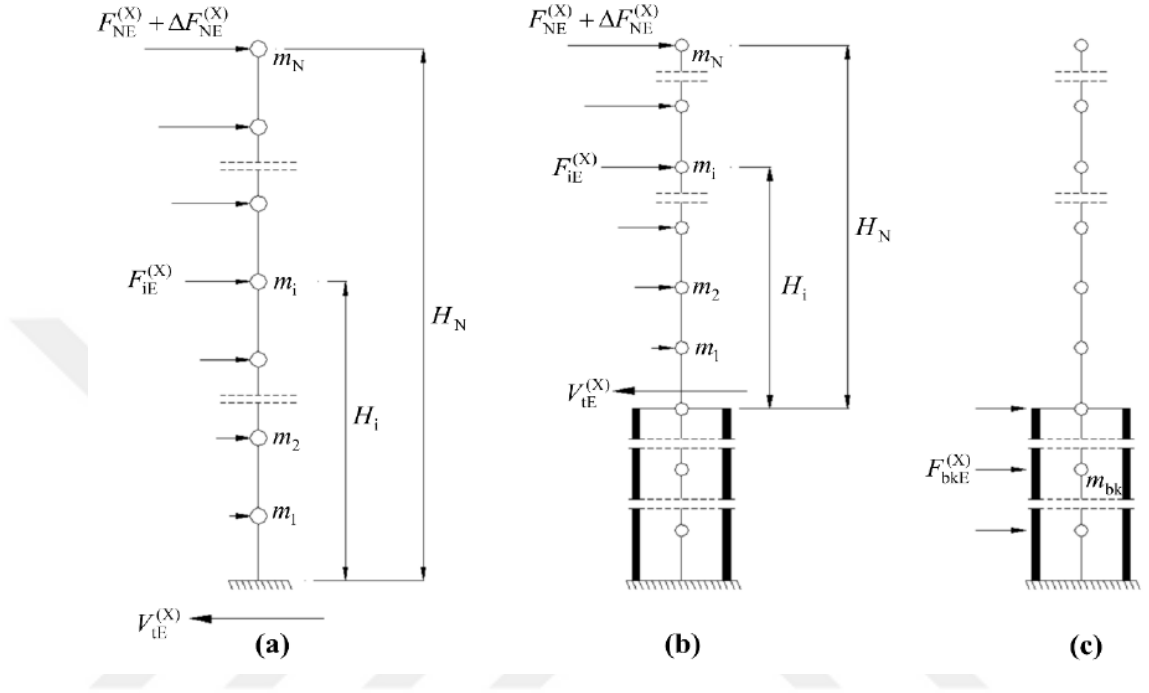
Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları (BYS)
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2,5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2,5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	---

Tablo 2.13'te Yapının davranış ve dayanım katsayıları bina yükseklik sınıfına göre verilmiştir.

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Bodrumlu Binaların Hesabı**

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, bölüm 3, madde 3.3.1'de açıkladığına göre, Bodrumlu yapılarda rijit perde ile çevrili bodrumlu binalarda, yapının üst kısmı bodrum ile alt kısmı ortak bir sistemle birlikte modellenir. Bu tip yapıların deprem hesabında aşağıda açıklanan iki yöntemden biri dikkate alınma mümkündür:

- TBDY-2018, 4.3.6.1 maddesinde açıklanan hesap yöntemi ve
- TBDY-2018’de 4.7.5.1, 4.7.5.2 ve 4.7.5.3 maddesinde açıklanan 2 yükleme halinde hesap yöntemi.



Şekil 2.6: Rijit bodrumlu binalarda hesap

2.1.1.6 TBDY-2018’e Göre Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yöntemi depremlerin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerden biri olup tüm binalarda kullanılabilir. Hesaplama yöntemlerinden her zaman inşaat mühendisleri için mod birleştirme yöntemi anlaşılması en zor yöntemlerden biri olmuştur. Mod Birleştirme Yönteminde; toplam deprem kuvvetinin hesabında dikkate alınan mod sayısı kütle katılım oranına bağlı olup ve birçok modun davranışı etkiler.

Denklem (2.18)’de gösterdiği gibi yapı toplam kütlelerinin %95’inden az olmayacaktır.

Modal analiz yöntem kullanırken, gereken yeterli titreşim modu sayısı denklem (2.18)’e karşı gelmektedir.

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.95 m_t \quad ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{ty n}^{(Y)} \geq 0.95 m_t \quad (2.18)$$

$$m_{ixn}^{(X)} = m_i \Phi_{ixn} \Gamma_n^{(X)} ; m_{iyn}^{(X)} = m_i \Phi_{iyn} \Gamma_n^{(X)} ; m_{i\theta n}^{(X)} = m_i \Phi_{i\theta n} \Gamma_n^{(X)}$$

Denklem (2.18)'de $m_{txn}^{(X)}$ kat modal etkin kütleleri, m_t bina toplam kütlelerini karşı gelmektedir. Ancak denklemde n' inci titreşim moduna ait modal katkı çarpanı $\Gamma_n^{(X)}$ ile binanın x eksenini doğrultusundaki taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi $m_{txn}^{(X)}$, kat döşemesi rijit diyafram olduğu durumda denklem (2.19) ile hesaplanır.

$$\Gamma_n^{(X)} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \Phi_{i(x)n}}{\sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{ixn}^2 + m_i \Phi_{iyn}^2 + m_i \Phi_{i\theta n}^2)} \quad (2.19)$$

$$m_{txn}^{(X)} = \Gamma_n^{(X)} \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{ixn}$$

Mod birleştirme yönteminde, dikkate alınan her bir titreşim modu için tepki genliklerinin değerleri, herhangi bir deprem yönünde titreşim tasarımı spektrumu kullanılarak hesaplama yöntemiyle hesaplanır.

- **Azaltılmış İç Kuvvetlerin Ve Yer değiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi**

Herhangi bir deprem yönü için $V_{tx}^{(X)} < \gamma_E V_{tE}^{(X)}$ ise, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği madde 4.8.2 ya da 4.8.3'e göre modal hesap yöntemi kullanılarak bulunan azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme değerleri, denklem (2.20) kullanarak $V_{tx}^{(X)}$ yükseltecektir.

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1 \quad (2.20)$$

Burada $V_{tE}^{(X)}$ eşdeğer deprem yükü yöntemi 'ne göre denklem (2.6) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükünü (taban kesme kuvvetini), $V_{tx}^{(X)}$ ise TBDY-2018 4.8.2 veya 4.8.3'e göre x yönünde elde edilen toplam deprem yükünü göstermektedir. Ve γ_E çarpanı ise 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Tablo 2.6'da tanımlanan A1, B2 ve B3 türü düzensizliklerine göre değeri elde edilecektir.

• Göreli Kat Ötelemelerinin Hesabı

(X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi, denklem (2.21) ile elde edilir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (2.21)$$

Burada $u_i^{(X)}$ ve $u_{i-1}^{(X)}$, yapının ilgili kat seviyesinde bir kolon ya da perdenin tepesinde azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirme karşı gelmektedir. Binanın etkin göreli kat ötelemesi $\delta_i^{(X)}$, denklem (2.22)'ye karşı gelmektedir.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (2.22)$$

Binanın göreli kat ötelenmelerinin maksimum değeri $\delta_{i,max}^{(X)}$, kullanılan malzeme türüne göre aşağıdaki denklemlerde şartların sağlayacaktır.

a- Boş olmayan boşluklu dolgu duvarlar ve kırılğan malzemeden yapılmış, çerçeve kirişlerine bitişik, esnek derzsiz veya aralarındaki cephe elemanları durumunda:

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (2.23)$$

b- Kırılğan malzemeden yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması:

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (2.24)$$

Denklemlerde $\delta_{i,\max}^{(X)}$ katlar seviyesinde maksimum görelî kat ötelenmesi, h_i i'inci kat yüksekliğine göstermektedir; κ değeri bina tipine göre değışir $\kappa = 1$ (betonarme olan bina), $\kappa = 0.5$ (çelik olan binalar) alınacaktır.

Yer alan λ ise, yapının göz önüne alınan herhangi bir sismik yönündeki periyod için TBDY-2018 madde 2.2'de tanımlanan DD-3 deprem yer hareketinin madde 2.3.4.1'e göre elde edilen elastik tasarım spektral ivmesinin, deprem yer hareketi (DD-2)'nin elastik tasarım spektral ivmesi 'ne oranı göstermektedir.

$$\lambda = \frac{[S_{ae}(T_1^{(X)})]_{DD-3}}{[S_{ae}(T_1^{(X)})]_{DD-2}} \quad (2.25)$$

Yukarıdaki denklemlerde verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

- **İkinci Mertebe Etkileri**

Göz önüne alınan (X) deprem yönünde her bir ilgili katta denklem (2.26) kullanarak İkinci Mertebe gösterge Değeri $\theta_{II,i}^{(X)}$ hesaplanacaktır.

$$\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i^{(X)} h_i} \quad (2.26)$$

Bu bağıntıdaki $(\Delta_i^{(X)})_{\text{ort}}$, ilgili kattaki elemanları (kolon ve perde) (X) deprem yönde hesaplanan azaltılmış göreceli kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri olarak etkin göreceli kat ötelemelerinin sınırlandırılmasına göre 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği bölüm 4, madde 4.9.1'e göre elde edilecektir.

Tüm katlar için hesaplanan ikinci mertebe en yüksek değeri $\theta_{\text{II,max}}^{(X)}$ aşağıda belirtilen sınır şartı onaylanmalıdır.

Bu koşulu sağlamaması durumunda ise, dikkate alınan alınan (X) deprem yönü için bütün iç kuvvetler aşağıda tanımlanan ikinci mertebe büyütme katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir. Bu halinde, yapı sistemin en az rijitliği ya da dayanımının yeterli oluncaya kadar yükselterek hesabı tekrar yapılacaktır.

$$\theta_{\text{II,max}}^{(X)} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \quad (2.27)$$

Yukarıda koşulu sağlamaması durumunda ise, göz önüne alınan (X) deprem yönü için bütün iç kuvvetler aşağıda tanımlanan ikinci mertebe büyütme katsayısı ile büyütülecektir ve bu halinde, yapı sistemi en az rijitliği ya da dayanımının yeterli oluncaya kadar yükselterek hesabı tekrar yapılacaktır.

$$\beta_{\text{II}}^{(X)} = 0.88 + \frac{C_h R}{D} \theta_{\text{II,max}}^{(X)} \geq 1 \quad (2.28)$$

Denklemlerde C_h katsayısı betonarme binalarda 0.5'tir, çelik binalarda $C_h = 1,0$ olarak kabul edilecektir.

Yukarıdaki işlemler (X)'e dik (Y) deprem yönü için de yapılacaktır. Bodrumları dıştan rijit duvarlarla çevrili binalarda, bina bodrumlarının üzerindeki üst kısım için ikinci dereceden etkiler dikkate alınacaktır.

2.1.1.7 TBDY-2018’de Yapı Düzensizlikleri

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde planda ve düşey doğrultuda düzensizlik olduğu durumlar Tablo 2.14’te verilmiştir.

Tablo 2.14: Düzensiz Binaların tanımı

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 Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1.2’den büyük olması durumu (Şekil 3.1). $[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort} > 1.2]$. Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 4.7’ye göre yapılacaktır.	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
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 toplam etkili kesme alanı’nın, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanı’na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} ’nin 0.80’den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_c)_i / (\sum A_c)_{i+1} < 0.80]$ Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı: $(\sum A_c)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$ Not: 4.9.1.3(b)’de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ 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 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. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(h)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(h)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(h)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(h)} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7’ye göre yapılacaktır.	3.6.2.1
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya güzeli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.4).	3.6.2.4

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde yapının herhangi bir kat seviyesinde Tablo 2.14’te tanımlanan A1 türü düzensizliğin bulunması halinde, yani $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ şartı ile 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği bölüm 4 madde 4.5.10.2 ’ye göre ilgili katta uygulanan $\pm\%5$ ek dış merkezlik, her iki deprem yönü için denklem (2.29)’da verilen D_{bi} , katsayısı ile çarpılarak yükseltilecektir.

$$D_{bi} = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (2.29)$$

2.1.1.8 TS500’de Taşıma Gücüne Göre Hesap Adımları

Türk Standart 500 madde 6.2.5’te, hesaplarda karakteristik malzeme dayanımı değerleri malzeme katsayısı olarak adlandırılan 1,0’dan büyük katsayılarla bölünerek azaltılır. Böylece tasarım dayanımı değerleri elde edilir. Bu katsayılar, yerinde dökme betonlar için $\gamma_{mc} = 1.5$ alınırken donatı çeliğinin tüm sınıfları için $\gamma_{ms} = 1.15$ alınır.

Türk Standart 500 madde 6.2.6’ya göre tasarımda kullanılan yük birleşimleri

a- Sadece düşey yükler için;

$$1.4G + 1.6Q \quad (2.30)$$

$$1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

Burada G ve Q sırasıyla sabit yük ve hareketli yük göstermektedir, T sıcaklık değişimi ifade etmektedir.

b- Rüzgâr yükünün söz konusu olduğu durumlarda, düşey yük birleşimleri ile birlikte;

$$1.0G + 1.3Q + 1.3W \quad (2.31)$$

$$0.9G+1.3W$$

Burada W rüzgâr yükü ifade etmektedir.

c- Depremi olduğu Birleşimler;

$$1.0G+1.0Q+1.0E$$

(2.32)

$$0.9G+1.0E$$

Burada E deprem yükü ifade etmektedir.

d- Yanal toprak itkisinin H olduğu birleşimler

$$1.4G+1.6Q+1.6H$$

(2.33)

$$0.9G+1.6H$$

Tablo 2.15: Beton sınıfına göre k_1 katsayısı (TS-500)

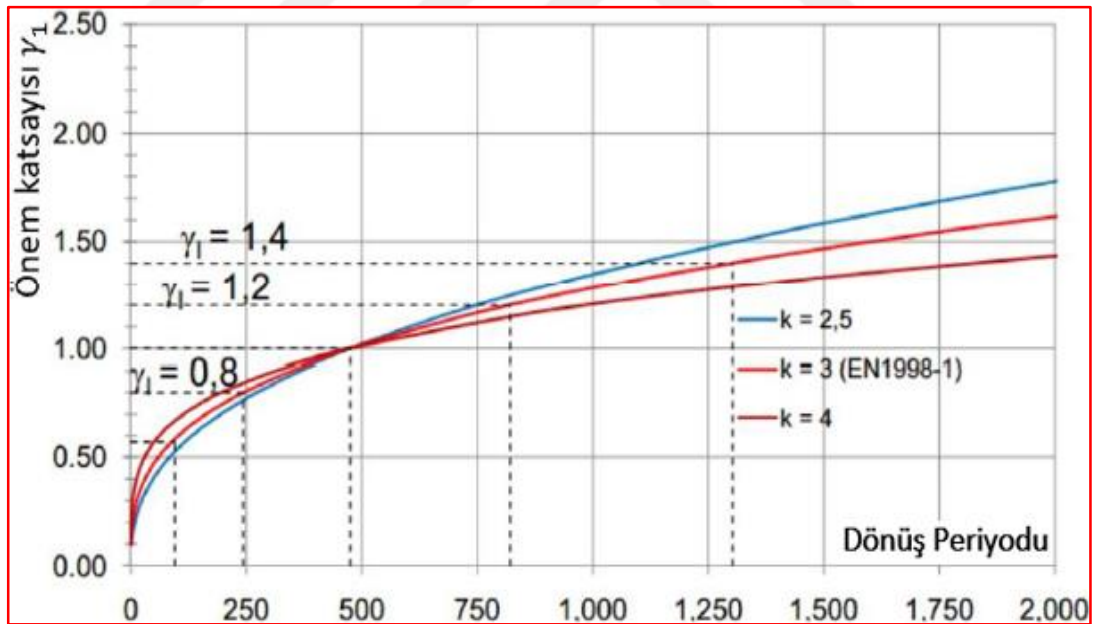
Beton sınıfı	C16	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
k_1	0,85	0,85	0,85	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70

2.2 Eurocode Yönetmeliğinde Tasarım Adımları

Avrupa yönetmeliğinde sismik yapılarda 2 hedef verilmiştir. Bu yönetmelikte sismik tasarımında, deprem dönüş periyodu yapıların kullanımına göre belirlenmiş ve yapıların önemine göre uygun tasarım amaçlanmıştır. Yapının önem katsayısı denklem (2.34)'e karşı gelmektedir.

$$\gamma_1 = (T_{LR}/T_L)^{-\frac{1}{k}} \quad (2.34)$$

Denklem (2.34)'te γ_1 yapı önem katsayısı göstermektedir, T_{LR} sismik dönüş periyod göstermektedir, T_L yapı tasarımı yapılırken kullanılacak sismik dönüş periyod, k katsayı bölgenin depremsel katsayısı olup değeri genelde 3 kullanılır. Deprem dönüş periyoduna göre yapının önem katsayısı Şekil 2.7'de verilmektedir.



Şekil 2.7: Deprem dönüş periyoduna göre yapının önem katsayısı grafiği.

2.2.1.1 Yatay İvme Spektrumu

Eurocode-8’de yatay elastik ivme spektrum ($S_e(T)$), denklem (2.35) kullanarak elde edilecektir.

$$\begin{aligned}
 S_e(T) &= a_g \times S \left[1 + \frac{T}{T_B} (\eta \times 2.5 - 1) \right] & 0 \leq T \leq T_B \\
 S_e(T) &= a_g \times S \times \eta \times 2.5 & T_B \leq T \leq T_C \\
 S_e(T) &= a_g \times S \times \eta \times 2.5 \frac{T_C}{T} & T_C \leq T \leq T_D \\
 S_e(T) &= a_g \times S \times \eta \times 2.5 \frac{T_C \times T_D}{T^2} & T_D \leq T \leq 4 \text{ s}
 \end{aligned} \tag{2.35}$$

Bu denklemlerde $S_e(T)$ elastik ivme katsayısı gösterir, T periyod ifade eder, a_g tasarım yer ivmesine karşı gelir, T_B başlangıç ivme spektrumunun (sabit), T_C bitişi ivme spektrumunun (sabit), T_D başlangıç sabit yer değiştirme göre periyod, S zemin katsayısı ve η sönüm oranı düzelten katsayısı gösterip %5 değeri için η karşı 1 gelir. Avrupa yönetmeliği Eurocode-8’e göre iki tip elastik ivme spektrum vardır. Bu iki tip elastik ivme spektrum bölgenin sismisite göre ayrılmaktadır. Ancak Eurocode-8 elastik ivme spektrumun grafiği çizmek sönüm değeri %5 olarak dikkate alınmıştır. Eurocode-8’de tanımlanan bu iki tip elastik ivme spektrumun parametreler Tablo 2.16 ve Tablo 2.17’de verilmiştir.

Tablo 2.16: Eurocode-8’de Elastik ivme spektrumu (Tip 1)

Zemin sınıfı	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.2	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

Tablo 2.17: Eurocode-8’de Elastik ivme spektrumu (Tip 2)

Zemin sınıfı	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1.0	0.05	0.25	1.2
B	1.35	0.05	0.25	1.2
C	1.5	0.10	0.30	1.2
D	1.8	0.10	0.30	1.2
E	1.6	0.05	0.25	1.2

Yukarıdaki tabloları incelediğimizde, zemin ve saha koşullarının göz ardı edilmesinin sismik hareketin önemli ölçüde eksik tahmin edilmesine yol açabileceğini açıkça görüyoruz.

Sönüm düzelten katsayısı η , yüzdelik olup denklem (2.36) kullanarak ele edilecektir.

$$\eta = \sqrt{(10/5 + \xi)} \geq 0.55 \quad (2.36)$$

Salınım periyodu 4 s’den küçük olan yapılarda elastik ivme spektrumuna dayanarak elastik yerdeğiştirme spektrumu $S_{DC}(T)$, denklem (2.37) kullanarak ele edilecektir.

$$S_{DC}(T) = S_e(T) \left[\frac{T}{2\pi} \right]^2 \quad (2.37)$$

2.2.1.2 Düşey Elastik Deprem Spektrumu

Eurocode-8’e göre Deprem sırasında düşey elastik ivme spektrumu $S_{ve}(T)$, denklem (2.38) kullanarak ele edilecektir.

$$\begin{aligned} S_{ve}(T) &= a_{vg} \times S \left[1 + \frac{T}{T_B} (\eta \times 3.0 - 1) \right] & 0 \leq T \leq T_B \\ S_{ve}(T) &= a_{vg} \times S \times \eta \times 3.0 & T_B \leq T \leq T_C \\ S_{ve}(T) &= a_{vg} \times S \times \eta \times 3.0 \frac{T_C}{T} & T_C \leq T \leq T_D \\ S_{ve}(T) &= a_{vg} \times S \times \eta \times 3.0 \frac{T_C \times T_D}{T^2} & T_D \leq T \leq 4 \text{ s} \end{aligned} \quad (2.38)$$

Denklem (2.38)'de $S_{ve}(T)$ düşey elastik ivme katsayısını, T salınım periyodunu, a_{vg} tasarım yer ivmesi gösterir, S Zemin parametre, T_B başlangıç maksimum ivme spektrumunun, T_C bitiş maksimum ivme spektrumu, T_D başlangıç spektrumun sabit yerdeğiştirme göre ifade eder.

Düşey elastik ivme spektrumu denklemlerinde kullanılan periyotları ve tasarım yer ivme değerleri hem Tip 1 elastik ivme spektrum için hem de tip 2 elastik ivme spektrumu için Tablo 2.18'de verilmiştir.

Tablo 2.18: Önerilen parametreler

Spektrum	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Tip 1	0.90	0.05	0.15	1.0
Tip 2	0.45	0.05	0.15	1.0

Tasarımı yapılan bina depremin düşey bileşeninin ilişkin durumların herhangi birine sallanmadığı için yük birleşimlerde düşey birleşeni dikkate alınmayacaktır.

$$E_{Edx} + 0.30 E_{Edy} + 0.30 E_{Edz}$$

$$E_{Edy} + 0.30 E_{Edx} + 0.30 E_{Edz} \quad (2.39)$$

$$E_{Edz} + 0.30 E_{Edx} + 0.30 E_{Edy}$$

Burada E_{Edx} (X) yönü için etki, E_{Edy} depremin (Y) yönü için etki ve E_{Edz} düşey (Z) yönü için etkiyi göstermektedir.

2.2.1.3 Davranış Katsayısı ile Tasarım İçin Deprem Spektrumu

Eurocode-8'de Tasarım spektrumu hesaplama sırasında, tasarımının ivme spektrumu, %5'lik için sönüm dikkate alınarak hesaplayıp yapının doğrusal olmayan davranışı davranış katsayısı dikkate alınarak denklem (2.40) ile elde edilir.

$$\begin{aligned}
S_d(T) &= a_g \times S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] & 0 \leq T \leq T_B \\
S_d(T) &= a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) & T_B \leq T \leq T_C \\
S_d(T) &= \begin{cases} = a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \times a_g \end{cases} & T_C \leq T \leq T_D \\
S_d(T) &= \begin{cases} = a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) \frac{T_C \times T_D}{T^2} \\ \geq \beta \times a_g \end{cases} & T_D \leq T \leq 4 \text{ s}
\end{aligned} \tag{2.40}$$

Burada $S_d(T)$ ve q sırasıyla tasarım spektrumu, davranış katsayısı gösterir, β ise yatay hesaplama spektrumunun alt sınırdaki karşılık gelen katsayısı olup ve önerilen değeri 0.2'dir.

Depreme dayanıklılıkları için yapıların tasarımı ve boyutlandırılmasında yer alan Eurocode 8, bir deprem durumunda zemin sıvılaşması riski çalışmasının bir parçası olarak zeminleri sınıflandırmayı mümkün kılar. Bunun için Eurocode 8, zeminin ilk 30 metresi üzerindeki kesme dalgalarının hızlarının harmonik ortalamasının hesaplanmasına dayanmaktadır.

Eurocod-8'de bölüm 3.2 zemin koşullarına bağlı zemin sınıfları Tablo 2.19'da verilmiştir.

Tablo 2.19: Zemin bilgileri (Eurocod-8)

Zemin sınıfı	Zemin katmanlarının tanımı	Parametreler		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{spt} (30cm)	C_u (kPa)
A	Kaya veya benzeri jeolojik oluşumlar	> 800	-	-
B	Sıkı kum, çakıl çok katı kil	360-800	> 50	> 250
C	Orta sıkı kum, çakıl katı kil	180-360	15-50	70-250
D	Gevşek kum orta sıklıkta kohezyonsuz zemin yumuşak kohezyonlu zemin	< 180	< 15	< 70
E	Yüzeyi altüvyon tabakalı, 5 ile 20 m arası derinlikte C veya D tipi zemin $V_{s,30}$ değerlerine sahip, daha derinlerde $V_{s,30} > 800$ m/s olan daha katı zemin			
S1	Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak kil silt (plastik indeksi $PI > 40$)	< 100	-	10-20
S2	Sıvılaşabilir zeminler A-E arası zeminleri içermeyen hassas killer			

Kayma dalga hızı Ortalaması $V_{s,30}$ denklem (2.41) kullanarak elde edilecektir.

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}} \quad (2.41)$$

Burada h_i zemin kalınlığı gösterir ve V_i kayma dalga hızı ifade etmektedir.

Avrupa yönetmeliği, Eurocode-8’de bina ağırlığı denklem (2.42)’ye göre elde edilecektir.

$$\sum G_{k,j} + \sum \Psi_{2,i} Q_i \quad (2.42)$$

Denklem (2.42)’de $G_{k,j}$ ölü yükü, $\Psi_{2,i}$ hareketli yük azaltma katsayısıdır. Tablo 2.20’de bina kategorisine bağlı $\Psi_{2,i}$ değerleri ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 2.20: Hareketli yük azaltma katsayıları

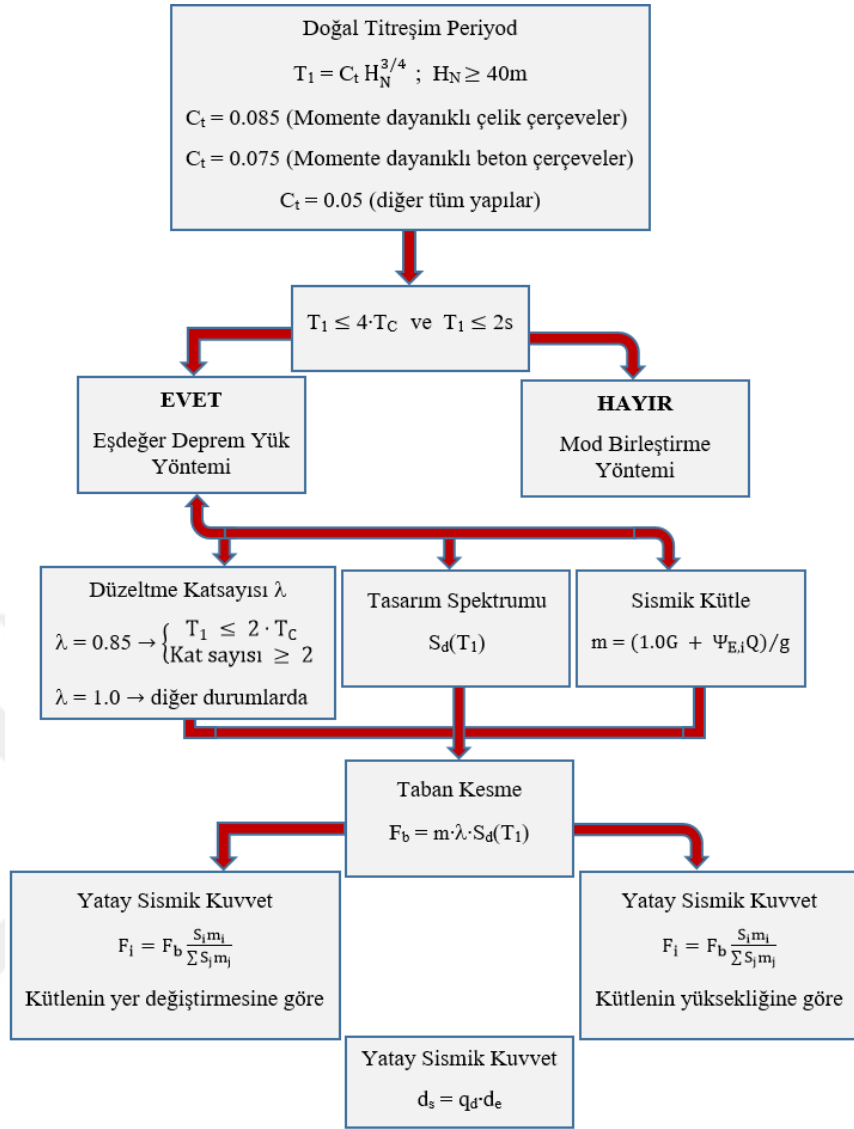
Bina Kategorisi	$\Psi_{2,i}$
Konut binaları	0.3
Ofis binaları	0.3
Toplantı salonları	0.6
Alışveriş mağazaları	0.6
Depo alanları	0.8
Araç ağırlığının 30 kN’den küçük olduğu trafik alanları	0.6
Araç ağırlığının 30 kN ile 160 kN arasında olduğu trafik alanları	0.3
Çatı katları	0

- Eurocode 8’de Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Kullanımı**

Eşdeğer deprem yöntemi kullanabilmesi için yapının yatay doğrultudaki salınım periyodu T_1 aşağıdaki şartlara sağlanmalıdır.

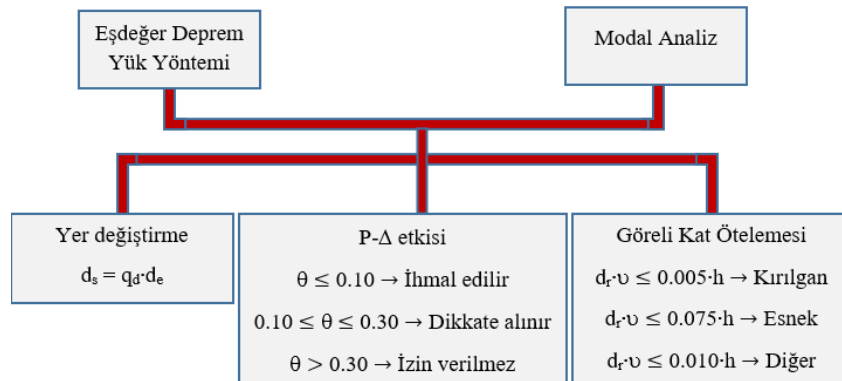
$$T_1 \leq 2.0 \text{ s} \quad T_1 \leq 4.0 T_C \quad (2.43)$$

Eurocode-8’e göre deprem hesap yöntem adımları şekil (2.8)’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Deprem hesap yöntem adımları

Eurocode-8 yönetmeliği 'ne göre deprem hesap ardından yapılacak kontroller şekil (2.9)'da verilmiştir.



Şekil 2.9: Eurocode 8'de yapılacak kontroller

2.2.1.4 Eurocode-8'e Göre Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Eurocode-8'de taban kesme kuvveti eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplamak için denklem (2.44)'te belirttiği gibi hesaplanacaktır.

$$F_b = m \cdot \lambda \cdot S_d(T_1) \quad (2.44)$$

Burada, belirtilen F_b taban kesme kuvveti göstermektedir, $S_d(T_1)$, T_1 periyoduna karşı gelen tasarım spektrumunun ivmesi, m bina toplam kütlesi ifade eder, λ katsayısı ise düzeltme katsayısı olup değeri Şekil 2.8 kullanarak T_C göre bulunur.

Ancak yüksekliği 40m 'ye kadar olan binalar için yapılarda birinci doğal periyodu yaklaşık olarak denklem (2.45)'te verilen ampirik formüle göre elde edilecektir.

$$F_b = C_t H^{\frac{3}{4}} \quad (2.45)$$

Burada belirtilen C_t çelik çerçeveler için 0.085, betonarme çerçeveler ve dış merkezli çelik çerçeveler için 0.075, diğer tüm yapılar için 0.050 değerini alan bir katsayıdır, H ise zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen bina yüksekliğini karşı gelir.

Yapı davranış katsayısı q , denklem (2.46)'ya karşı gelmektedir.

$$q = q_0 k_w \geq 1.5 \quad (2.46)$$

Burada belirtilen q_0 , yapı esas davranış katsayısını, k_w , perdeli yapılarda 1 olarak dikkate alınacaktır.

Avrupa Yönetmeliği'nde bina türüne göre binanın önem kategorisi ve önem katsayısı değerleri Tablo 2.21'de gösterilmiştir.

Tablo 2.21: Bina önem katsayısı

Bina Önem kategorisi	Bina Türü	γ_1
I	Kamu güvenliği için düşük öneme sahip binalar; tarım yapıları vb.	0.8
III	Yıkılması durumunda doğuracağı sonuçlar nedeni ile sismik dayanımı önem taşıyan binalar; okullar toplantı salonları; kültür kurumları vb.	1.2
IV	Deprem durumunda kullanılabilirliği hayati önem taşıyan binalar; hastaneler, itfaiye binaları, enerji santralleri, vb.	1.4
II	Diğer binalar	1.0

Bina önem katsayısı $\gamma_1 = 1$ olan binalar için 50 yıllık süre için de aşılma olasılığı %10 olan deprem, tasarım depremidir.

Eurocode-8’de Tasarım yatay yer ivmesi, yapının önem kategorisine göre aşağıdaki denklemle ilişkilendirilir.

$$a_g = \gamma_1 a_{gR} \quad (2.47)$$

(2.47) denkleminde γ_1 bina önem katsayısı gösterir, a_{gR} maksimum yer ivmesini göstermektedir.

Tablo 2.22: İvme değerleri a_g

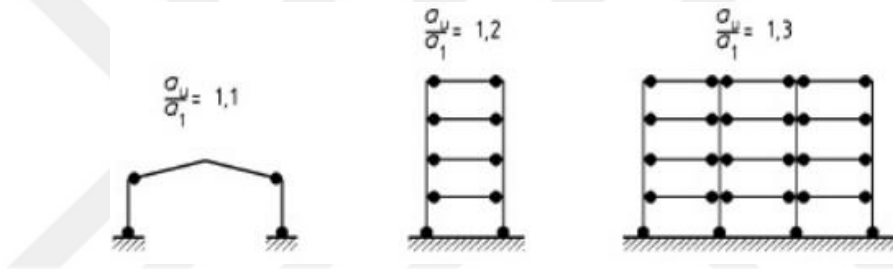
Sismik Bölgeler	a_g (m/s ²)
1 (çok düşük)	0,4
2 (düşük)	0,7
3 (orta)	1.1
4 (normal)	1.6
5 (güçlü)	3.0

Eurocode yönetmeliğinde kullanılan yapı davranış katsayısı q , yapı tipi ve süneklik sınıfına göre Tablo 2.23’te verilen değerleri almaktadır.

Tablo 2.23: Bina önem katsayısı (q_0)

Bina tipi	Sünekliğin Sınıfı	
	Sünekliği normal	Sünekliği yüksek
Çerçeveler, perdeli çerçeveli sistemler, boşluklu perdeli sistemler	$3(\alpha_u/\alpha_1)$	$4.5 (\alpha_u/\alpha_1)$
Boşluksuz perdeli sistemler	3,0	$4,0 (\alpha_u/\alpha_1)$
Burulma rijitliği zayıf sistemler	2,0	3,0
Ters sarkaç sistemler	1,5	2,0

Tablo 2.23'te verilen α_u/α_1 oranı, maksimum eğilme kapasitesine ulaşmak için yapısal elemanların dikkatli hesaplanmalıdır. Eurocode yönetmeliğinde bu oranı yapı tipine göre aşağıdaki değerleri dikkate alınacaktır.

**Şekil 2.10:** α_u/α_1 için varsayılan değerleri

Deprem Kuvveti katlara dağıtmak için denklem (2.48) dikkate alınır.

$$F_i = F_b \frac{Z_i m_i}{\sum Z_j m_j} \quad (2.48)$$

Burada, belirtilen f ilgili katin yatay deprem yükü gösterir, F_b taban kesme kuvveti ifade eder, Z_i , Z_j kat yüksekliğidir, m_i , m_j ilgili katların efektif sismik kütlesini göstermektedir.

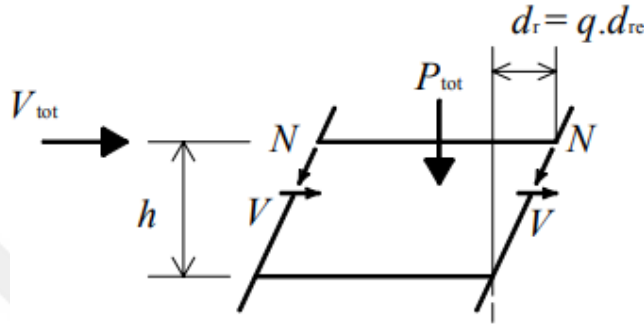
$$e_{ai} = \pm 0.5L_i \quad (2.49)$$

(2.49) denkleminde e_{ai} Kat ağırlık merkezinin dış merkezlik mesafesi zeminin kayma mukavemeti binada etkilenecektir, L_i hesap yönüne binanın dik yüzey mesafesi ifade eder.

- **Eurocode-8’de İkincil Mertebe Etkileri**

İkincil mertebe etkilerinin dikkate alınmaması için tüm katlarda denklem (2.50)’de belirtilen şartı sağlanması istenir.

$$\theta = \frac{P_{tot} d_r}{V_{tot} h} \leq 0.10 \quad (2.50)$$

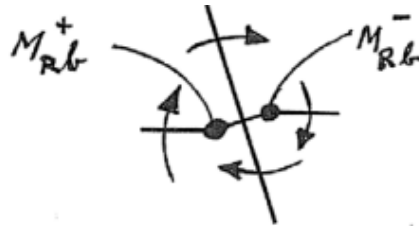


Şekil 2.11: Mertebe etkilerinin kabul edilebilirliğinin doğrulanması

Denklem (2.50)’de θ kat yerdeğiştirme kesinliğini gösteren bir katsayı, P_{tot} katın toplam deprem yükü gösterir, d_r yapı davranış katsayısına bağlı artırılmış etkin göreceli kat deplasman gösterir, V_{tot} toplam taban kesme kuvveti ifade eder ve h kat yüksekliğine karşı gelmektedir.

Kolon ile kiriş birleşim bölgelerinde süneklilik koşulu sağlanması denklem (2.51) ile kontrol edilecektir.

$$\sum M_{RC} \geq 1.30 M_{Rb} \quad (2.51)$$



Şekil 2.12: Çerçevelerin küresel plastik mekanizmasına karşılık gelen düğüm noktasındaki kirişlerin eğilme momentleri

Denklem (2.51)'de belirtilen M_{RC} tepe noktasında birleşen kolonun eğilme kapasitesi değerlerin toplamı gösterir ve M_{Rb} tepe noktasında birleşen eğilme kapasitesi değeri toplamı karşı gelmektedir.

Eurocode yönetmeliğinde yapısal olmayan elemanlara zarar vermemek için katlar arasındaki göreceli kat deplasmanlarda uyulması gereken sınırlar, elemanın tipine bağlı olup ve aşağıdaki denklem (2.52) ve (2.53)'de belirtilen koşulları sağlamalıdır.

- Yapısal olmayan malzemelerin mevcut olduğu bina sistemleri için göreceli kat ötelenmelerin sınır koşulu.

$$d_r V \leq 0.005h \quad (2.52)$$

- Sünek veya yapısal olmayan elemanların bulunmaması.

$$d_r V \leq 0.0075h \quad (2.53)$$

Burada d_r etkin göreceli kat ötelemesi gösterir, h kat yüksekliği ifade eder, V en küçük dönüş periyotlu bir sismik tasarımının azaltma katsayısını ifade edip yapı önem katsayısına göre, bina önem sınıfı 1 ve 2 olan binalar için 0.5, bina önem sınıfı 3 ve 4 olan binalar için 0.4 değerini alınacaktır.

2.2.1.5 Eurocode-8'e Göre Mod Birleştirme Yöntemi

Bir bina tasarlarken, eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılmasına ilişkin koşullar sağlanmayabilir. Bu koşullar altında mod birleştirme yöntemi kullanılır.

Mod birleştirme yönteminin uygulanmada etkin kütleleri binanın toplam kütlelerinin en az %90'dan büyük olan yeterli sayıda mod gerektirmektedir. Yoksa kullanılan mod sayısı denklem (2.54) ile hesaplanacaktır.

$$k \geq 3 \sqrt{n} \quad T_k \leq 0.20 \text{ s} \quad (2.54)$$

(2.54) denkleminde k hesapta kullanılacak modun sayısı gösterir, n kat sayısı ve T_k , ilgili modun periyoduna karşı gelmektedir.

Eurocode yönetmeliğine göre mod birleştirme yöntemi uyguladığında, yapıda burulma varsa burulma momenti denklem (2.55) kullanılarak hesaplanacaktır.

$$M_{ai} = e_{ai} F_i \quad (2.55)$$

Burada e_{ai} , kütle merkezi, F_i ilgili kattaki katın kesme kuvvetini gösterir, M_{ai} katta düşey yönde oluşacak burulma momenti karşı gelmektedir.

2.2.1.6 Eurocode Yönetmeliği'ne Göre Yapı Düzensizlikleri

Eurocode-8' de yapı planda düzenli olarak incelenebilmesi koşulları;

- 2 ortogonal yönde, yani X ve Y doğrultularında kütle ve yatay rijitlik dağılımı bakımından bina planda simetrik olmalıdır.
- Katların düzlem içi rijitliği, yapının düşey elemanlarının yanal rijitliği ile karşılaştırıldığında, kat döşeme deformasyonunun, yapının düşey elemanları arasındaki kuvvetlerin dağılımı üzerinde çok az etkisi olacak şekilde, yeterince büyük olmalıdır.
- Planda karmaşık şekle sahip yapılarda, kat diyaframlarının düzlem içi rijitliği ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir.
- Planda girinti yapan bölümlerin toplam alanı, bina toplam alanının %5'ini geçmemelidir.
- Binanın planında anlaşılan ve ortogonal yönlerde ölçülen boyutlar uzun boyutunun kısa boyutuna oranı $\lambda = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} < 4.0$ olmalıdır.

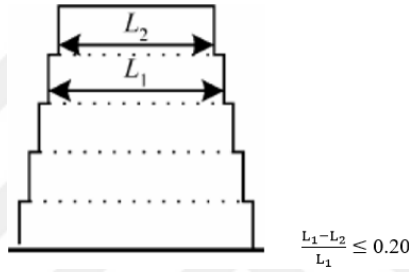
Ancak her katta ve her X ve Y ortogonal doğrultuda yapısal eksantrisite denklem (2.56)'da gösterilen şartı sağlamalıdır.

$$e_{0x} = 0.30 r_x \quad r_x \geq l_s \quad (2.56)$$

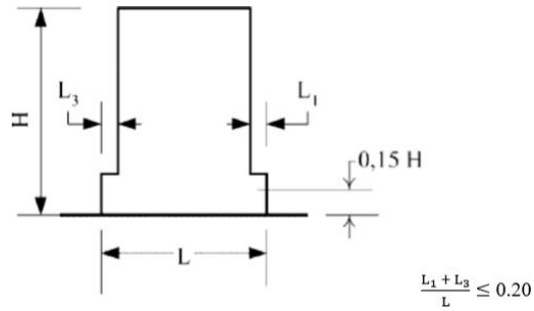
Burada e_{0x} rijitlik merkezi ve kütle merkezi arasındaki olan mesafeyi, r_x kat burulma yarıçapını olup l_s ise kat dönme yarıçapını karşı gelmektedir. Herhangi bir yönde bu şartı onaylanmıyor ise yapı sistemi, “burulma rijitliği yanı zayıf sistem” olarak kabul edilir.

2.2.1.7 Düşey Yönde Düzensizlik

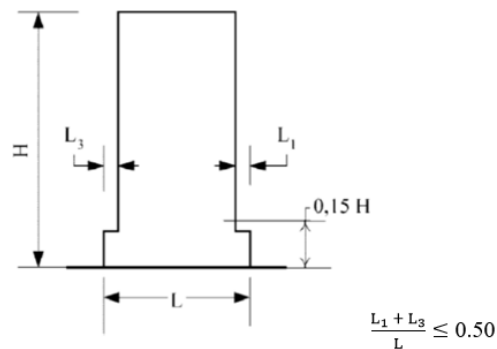
Eurocode yönetmeliğine göre binada düşey yönde düzensizlik olmadığının kabul edebilmesi için gereken şartlar aşağıda belirtilmiştir.



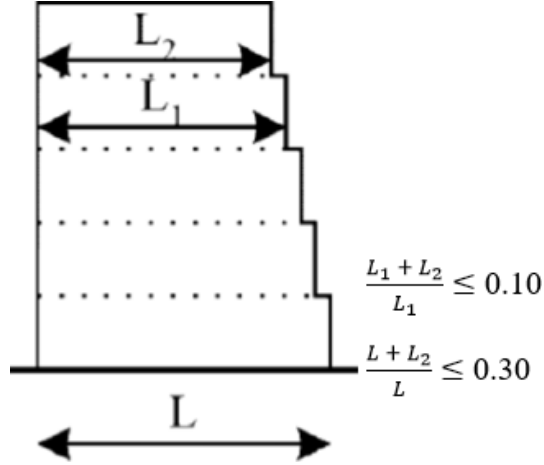
Şekil 2.13: Kat alanı genişlenmesi (a) (Eurocode-8)



Şekil 2.14: Kat alanı genişlenmesi (b) (Eurocode-8)



Şekil 2.15: Kat alanı genişlenmesi (c) (Eurocode-8)



Şekil 2.16: Kat alanı genişlenmesi (d) (Eurocode-8)

2.2.1.8 Eurocode-2'ye Göre Taşıma Gücü ile Hesap

Avrupa yönetmeliği Eurocode-2'de beton ve donatı malzemenin güvenlik katsayıları, beton için 1.5 ve donatı için 1.15 kabul edilmektedir.

EN 1990'a göre düşey birleşim kombinasyonları;

$$1.35G + 1.5Q \quad (2.57)$$

$$1.0G + \Psi_{E,i}Q + 1.0E$$

Eurocode yönetmeliği Eurocode-2'de betonarme elemanların hesaplama sırasında betonun birim ezilme kısalması $\varepsilon_{cu} = 0.0035$ dikkate alınır. Yüksek dayanımlı betonlarda ise aşağıdaki denklemden hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon_{cu} = 0.0026 + 0.035(0.90 - 0.01f_{ck})^4 \quad (2.58)$$

3 ÖRNEK BİR BETONARME YAPININ TASARIMI

Bu çalışma ile birlikte Türk ve Avrupa yönetmeliklerinde yer alan tasarım yaklaşımlarına göre aynı model betonarme bir binanın Tasarım ve analizlerinin yapılp sonuçlarının karşılaştırılarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Modellenen örnek bina, DD-2 Sismik Yer Hareket Seviyesi alanı içinde yer almaktadır. Özellikleri, ilgili bölge için AFAD 'ın interaktif web uygulaması kullanılarak elde edilen nihai rapordan alınmıştır. Gerek Eurocode-8 ve gerekse de TBDY-2018'e göre spektrumların hesabı yapılırken belirlenen örnek binanın Denizli ilinde Pamukkale Üniversite Rektörlüğü bölgesinde bulunduğu ve zemine ait kayma dalgası hızının (V_{s30}) 500 m/s olduğu kabul edilmiştir.

Binanın her katında kolon ve kiriş kesitleri aynıdır, çatlamış kesit rijitliği her koda göre alınmıştır ve de gösterilir. Seçilen dikey taşıyıcı elemanlar, Türk yönetmeliği TS-500 artan yükler ($1.4G + 1.6Q$), Avrupa Yönetmeliği'ne göre Eurocode-1 artan yükler ($1.35G + 1.5Q$) altında yeterli kesit boyutlarına sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Her iki yönetmelik için de taşıyıcı sistem hesaplamalarında beton sınıfı C25 ve donatı sınıfı B420C dikkate alınmış olup, kullanılan malzemelerin özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Binanın taşıyıcı sistemi, tüm sismik etkilere sahip betonarme perdeli binaların sünekliği yüksek bir sistem olarak kabul edilmiş,

Yapı sistemlerinin tasarımı Türk Yönetmeliği için TBDY-2018 ve TS-500, Avrupa yönetmeliği için ise Eurocode-8 ve Eurocode-2'ye göre, ETABS 20 yazılımı ile yapılmıştır.

Tablo 3.1: Yapı elemanlarının kesit rijitlik çarpanı

Kesit	TBDY-2018		Eurocode	
	Eğilme	Kesme	Eğilme	Kesme
Kolon	0.70	1.0	0.50	1.0
Perde	0.50	1.0	0.50	1.0
Kiriş	0.35	1.0	0.50	1.0
Döşeme	0.25	1.0	0.50	1.0

3.1 Malzeme Bilgileri

Tasarımı yapılan binada C25 betonu ve B420C nervürlü donatı çeliği ele alınmıştır. Kullanılan beton ve donatı malzeme sınıflarına ait malzeme karakteristik ve tasarım dayanımları Tablo 3.2’de gösterilmektedir. Malzeme güvenlik katsayıları ise $\gamma_{mc} = 1.50$ ve $\gamma_{ms} = 1.15$ alınmıştır.

Tablo 3.2: Kullanılan malzeme özellikleri (TS-500)

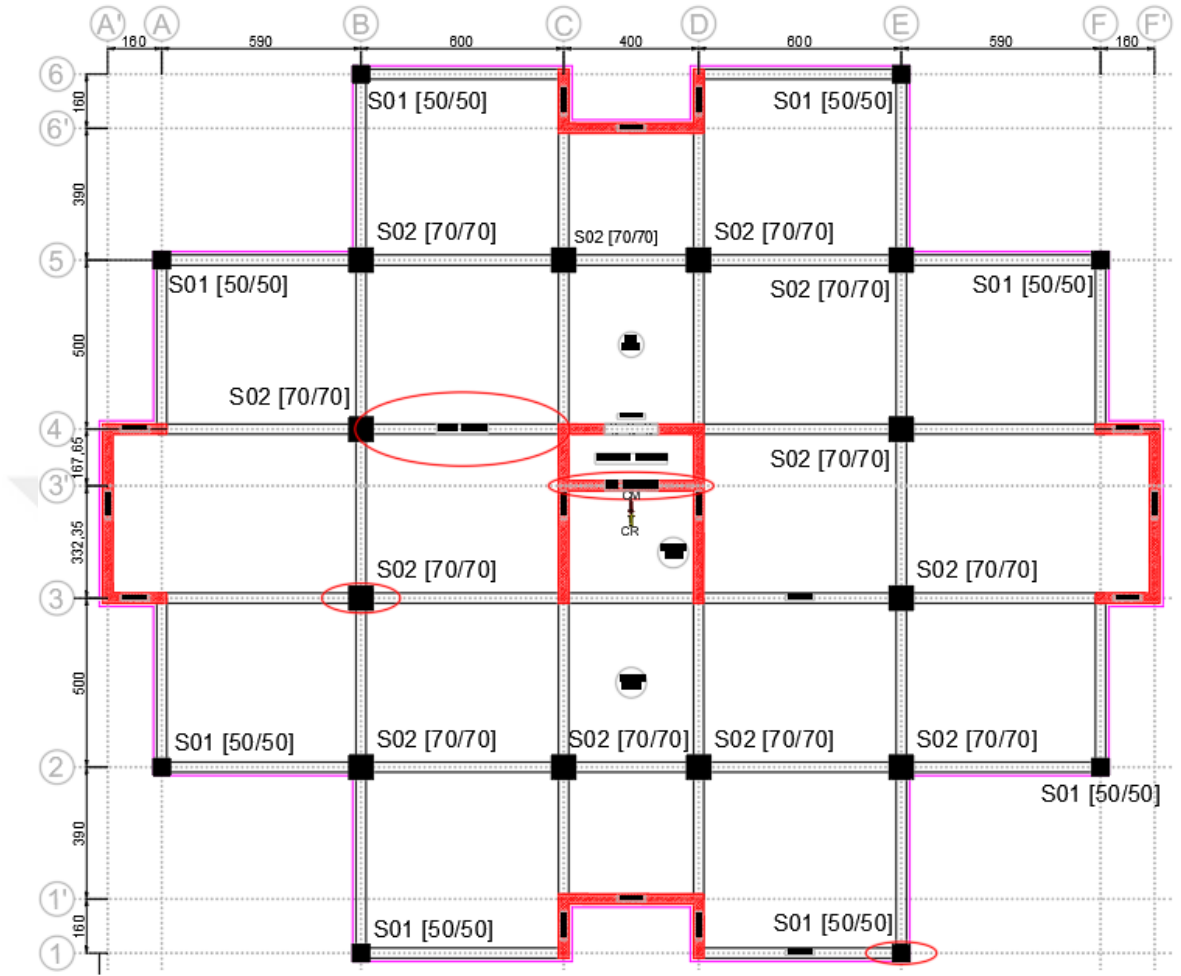
Beton	C25/30	Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck}	25 MPa
		Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ctk}	1.725 MPa
		Tasarım basınç dayanımı, f_{cd}	16.67 MPa
		Eksenel çekme dayanımı, f_{ctd}	1.15 MPa
		28 Günlük Elastik Modülü, E_c	32000 MPa
Donatı	B420C	Karakteristik akma dayanımı, f_{yk}	420 MPa
		Kopma Dayanımı, f_{su}	500 MPa
		Tasarım akma dayanımı, f_{yd}	365.22 MPa
		Elastik Modülü, E_s	200000 MPa

3.2 Taşıyıcı Sistem Planının Tanımı

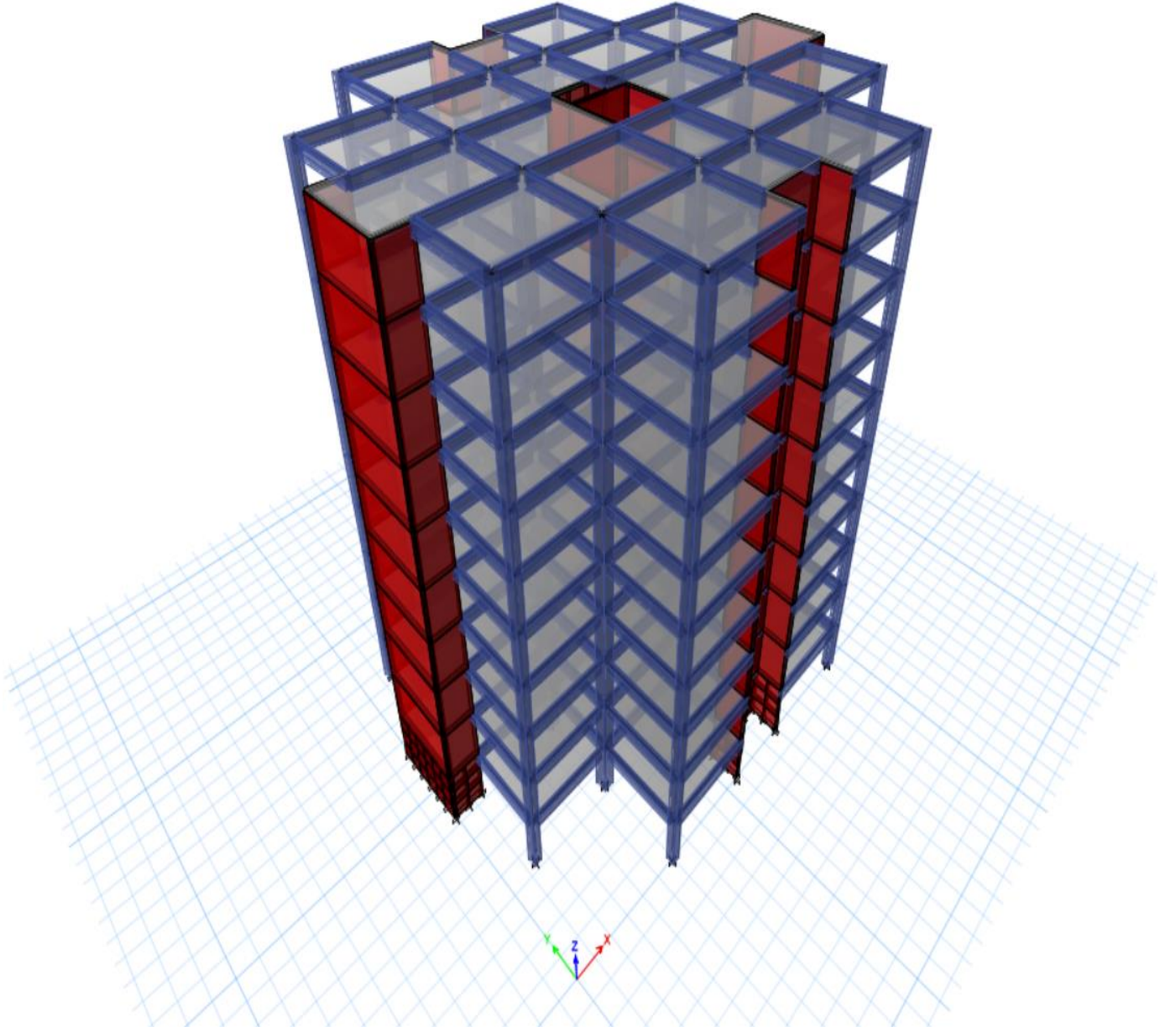
Bu tez çalışmasında tasarlan bina, 10 kattan oluşan, taşıyıcı sistemi perde ve çerçeve sistemlerden oluşan betonarme bir yapı olup, kullanım amacı konut olarak tasarlanacaktır.

- Kat sayısı: 10
- Bina yüksekliği: 30.00 m
- Kat yüksekliği: 3.00 m
- Sismik Kuvvete Dayanıklı Temel Sistem: Etkileşimli Perde Duvar Sistemi - Çekirdek Destekli Sistemli Çerçeve
- Modelde kullanılan yapısal elemanlar: Rijit diyaframlar, betonarme çerçeve, kolonlar, betonarme perde duvarlar
- Temeller: ankastre
- Tipik kat planı boyutları: Uzun kenarı: 31.00 m ve Kısa kenar: 26.00 m

- Kat Kalıp Planının Görüşü



Şekil 3.1: Örnek binaya ait kat kalıp planı



Şekil 3.2: ETABS 2020 yazılım ile oluşturan bina modeli

3.3 Binaya Uygulanan Yüklerin belirlenmesi

Yük analizlerini yaparken Türkiye Yönetmeliği için Türk Standart TS-498 esas alınmıştır, Avrupa yönetmeliği ise EN.1991.1.1.2002 esas alınmıştır. Hesap yükü sırasıyla denklem (3.1) ve denklem (3.2)'de verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$P_d = 1.4 G + 1.6 Q \quad (3.1)$$

$$P_d = 1.35 G + 1.5 Q \quad (3.2)$$

Burada G döşemeler etkileyen sabit yükü, Q döşemeler etkileyen hareketli yükü göstermektedir.

- **Binaya ait Ölü Yüklerin Belirlenmesi**

Betonarme birim ağırlığı = 25.00 (kN/m³)

Sıva birim ağırlığı = 20.00 (kN/m³)

Şap birim ağırlığı = 22.00 (kN/m³)

Kaplama ve şap betonu ağırlıkları = 1.5 kN/m², oturtma çatı elemanları, Kiremit ve İzolasyon ise sırasıyla 0.50 kN/m², 0.50 kN/m² ve 0.20 kN/m² 'dir.

Duvar kalınlığı 20 cm (14kN/m³) kullanmıştır.

- **Binaya ait hareketli yüklerin belirlenmesi**

Çatı kat döşemesinde: q = 1.00 kN/m²

Normal kat döşemesinde: q = 2.00 kN/m²

Eleman kesitlere ait ön boyutları

Tablo 3.3: Yapı ait kesitlerin boyutları

Eleman	Boyut	
Kolon	50cmx50cm	70cmx70cm
Perde	30cmx300cm	
Kiriş	30cmx60cm	
Döşeme	15cm	

3.4 Döşeme Kalınlığı

Çift doğrultuda çalışan döşemeler için döşeme kalınlıklarının belirlenmesi;

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right)$$
$$h_f \geq 80 \text{ mm} \quad (3.3)$$

$$h_f \geq 100 \text{ mm (Birinci derece deprem bölgesinde)}$$

Türk Standart TS-500 madde 11.4.1 'e göre betonarme döşeme çift doğrultuda çalışma şartı;

$$m = \frac{l_l}{l_s} \leq 2 \quad (3.4)$$

Burada açıklanan h_f döşeme kalınlığını, l_{sn} döşemenin kısa kenar serbest açıklığı, m döşemenin Kenar uzunlukları toplamı Sürekli kenarları toplamına oranını ve α_s Döşemelerde, sürekli kenarların toplam kenar uzunluğuna oranı belirtmektedir.

Donatının dış etkilere korunması amacıyla beton örtüsü en az 15 mm olması gerekir. Döşemelerin kalınlıklarının ayrıntılı bir şekilde Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4: 1. kata ait döşemelerin kalınlıklarının kontrolü

Döşeme No	Sürekli kenarları toplamı (m)	Kenar uzunlukları toplamı (m)	$m = \frac{l_l}{l_s}$	α_s	l_{sn} (mm)	h_f (mm)
D01	9.6	15.1	1.09	0.64	5.2	0.131
D02	10.6	15.6	1.12	0.68	4.7	0.119
D03	16.2	25.0	1.50	0.65	4.7	0.139
D04	11.2	15.2	1.11	0.74	3.3	0.082
D05	22.0	22.0	1.20	1.00	4.7	0.111
D06	17.0	22.0	1.20	0.77	4.7	0.120
D07	14.0	18.0	1.25	0.78	3.7	0.096

Yapılan hesaplar sonucu tüm döşeme elemanlarında döşeme çift doğrultuda çalışma şartı uyup en kritik olan döşeme kalınlığı 139 mm görülmüştür.

En kritik döşeme kalınlığı 13.90 cm olduğu için tasarlanan yapı döşeme kalınlığı $h_f = 15$ cm kabul edilmiştir.

Hesaplarda seçilen 15 cm döşeme kalınlığı ve 30×60 kiriş ön boyutları dikkate alındığında programa tanıtılan birim yüklemeler aşağıda ayrıntılı bir şekilde hesaplanmıştır.

3.5 Döşeme Yüklerinin Hesabı

▪ Normal kat döşemelerinde;

- Betonarme döşeme $0.15m \times 25kN/m^3 = 3.75kN/m^2$
- Sıva $0.02m \times 20kN/m^3 = 0.40 kN/m^2$
- Şap $0.03m \times 22kN/m^3 = 0.66 kN/m^2$
- Kaplama + Yalıtım malzemesi $= 0.44 kN/m^2$
- Toplam sabit yük $g = 5.25 kN/m^2$

▪ **Çatı kat döşemesinde;**

- Betonarme döşeme: $0.15\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 3.75 \text{ kN/m}^2$
- Sıva: $0.02\text{m} \times 20\text{kN/m}^3 = 0.40 \text{ kN/m}^2$
- Oturtma çatı elemanları: 0.50 kN/m^2
- Kiremit: 0.50 kN/m^2
- İzolasyon: 0.20 kN/m^2
- Toplam sabit yük: $g = 5.35 \text{ kN/m}^2$

3.5.1 Kirişlere Etkiyen Yüğü

- $0.20 \text{ m} \times 14 \text{ kN/m}^3 = 2.80 \text{ kN/m}^2$
- $2 \times 0.02 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ (çift tarafı)

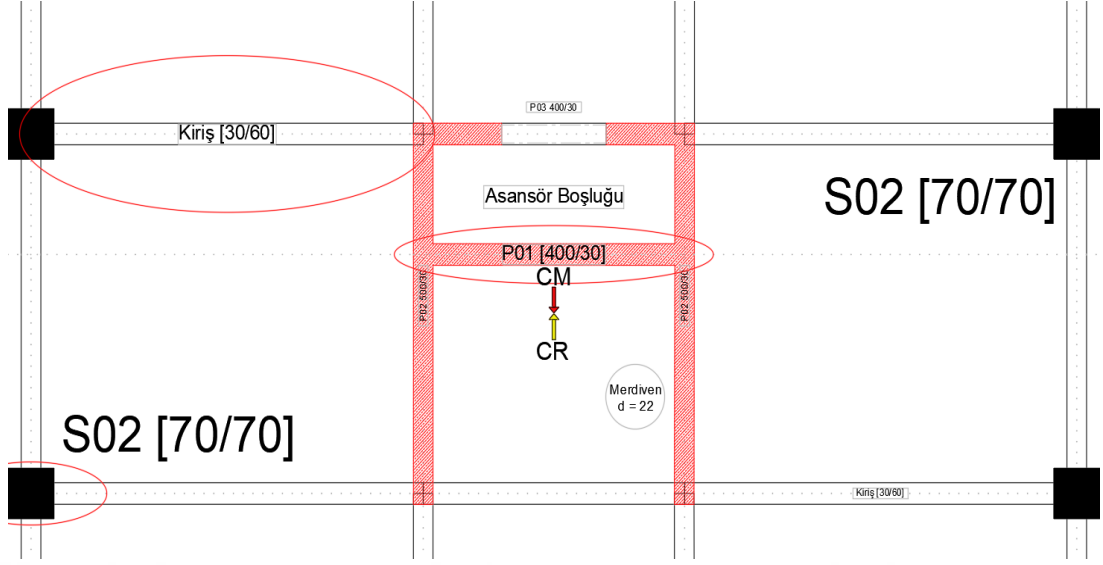
Toplam $3.6 \text{ kN/m}^2 \times (3.00 - 0.60) = 8.60 \text{ kN/m}$ olarak elde edilir.

3.6 Hareketli yük Azaltma Katsayısı

Binaya etkiyen hareketli yüklerin hesabı hem Eurocode 8’de hem de Türk deprem yönetmeliğinde incelen yapı türüne göre verilmiştir. Çalışmamızda incelen yapı türü bina projesi konut olduğundan dolayı hem Eurocode için hem de Türk Deprem Yönetmeliğı için 0.3 alınmıştır.

3.7 Kat Kütlelerinin Ve Şaşırtılmış Ağırlık Merkezlerinin Hesabı

Bir deprem sırasında binaların burulmasına neden olan çeşitli olaylar vardır. Birincisi, her bir kat seviyesinin kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasında yapısal bir dışmerkezliğı varlığını, bir de bir kat seviyesinde deprem tarafından üretilen deprem atalet kuvvetlerinin genellikle kat rizitliğı merkezi ile karıştırılmaması gerçeğidir. Bu sebeplerden kat seviyelerinde burulma momentleri oluşur.



Şekil 3.3: 1. Kat planı üzerinde şaşırtmış ağırlık merkezi

Tablo 3.5: Kat kütle ve Şaşırtılmış ağırlık merkezleri (ETABS 2020)

Kat	Diyafram	Kütle X	Kütle Y	XCM	YCM
		kg	kg	m	m
Kat 1	D1	945456.64	945456.64	15.5	13.01
Kat 2	D2	907578.64	907578.64	15.5	13.03
Kat 3	D3	907578.64	907578.64	15.5	13.03
Kat 4	D4	907578.64	907578.64	15.5	13.03
Kat 5	D5	907578.64	907578.64	15.5	13.03
Kat 6	D6	907578.64	907578.64	15.5	13.03
Kat 7	D7	907578.64	907578.64	15.5	13.03
Kat 8	D8	907578.64	907578.64	15.5	13.03
Kat 9	D9	907578.64	907578.64	15.5	13.03
Kat 10	D10	706392.52	706392.52	15.5	13.02

Tablo 3.6: Kat dönme atalet kütlesi (ETABS 2020)

Kat	Dönme Atalet Kütlesi
	ton-m ²
Kat 10	75196.255
Kat 9	108863.2073
Kat 8	108863.2073
Kat 7	108863.2073
Kat 6	108863.2073
Kat 5	108863.2073
Kat 4	108863.2073
Kat 3	108863.2073
Kat 2	108863.2073
Kat 1	114411.3469

4 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE HESAP VE TASARIM

Örnek binanın Denizli ilinde Pamukkale Üniversite Rektörlüğü bölgesinde bulunduğu ve zemine ait kayma dalgası hızının (V_{s30}) 500 m/s olduğu kabul edilmiştir. Hesaplamalarda 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ve Türk Standart (TS-500) 'a göre tasarlanan betonarme taşıyıcı sistem modellerinde deprem ve zemin parametreleri AFAD web uygulamasından (<https://tdth.afad.gov.tr>) parametreleri alınarak verilmiştir. Seçilen kayma dalgası hızına göre binanın zemin sınıfının ZC olduğu belirlenmiştir.

Hesaplarda kullanılan deprem ve zemin parametreleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

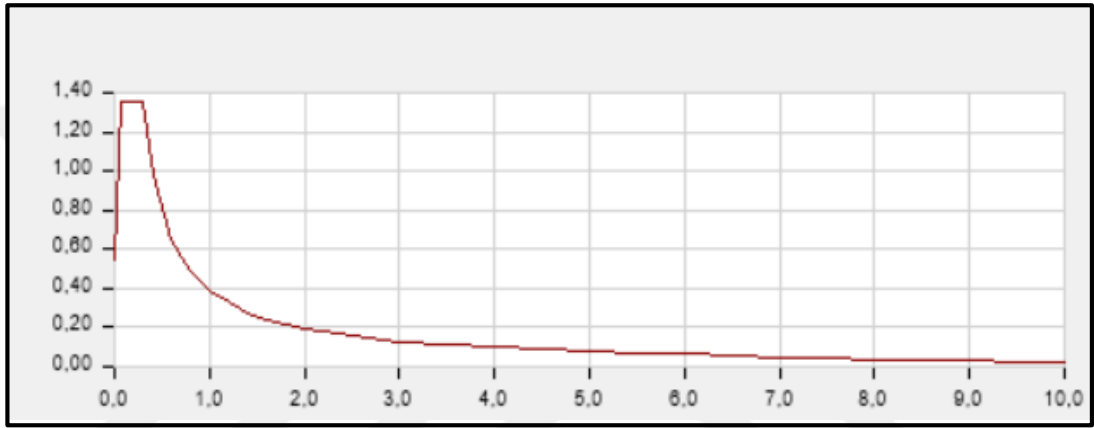
Tablo 4.1: Hesaplarda kullanılan deprem ve zemin parametreleri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Bina Önem Katsayısı	$I = 1$
Bina Kullanım Sınıfı	BKS = 3
Eksantrisite Oranı	0.05
Sünekliği Düzey	Yüksek
Deprem Tasarım Sınıf	DTS = 1
Bina Yüksekliği Sınıfı	BYS = 4
Normal Performans Hedefi	KH
Zemin Tipi	ZC
Spektrum Karakteristik Periyotları	$T_A = 0.058$; $T_B = 0.288$
Kısa Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı	$S_S = 1.129$
1.0 saniye Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı	$S_1 = 0.260$
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı	$S_{DS} = 1.355$
1.0 Saniye Periyot için Tasarım Spektral İvme Katsayısı	$S_{D1} = 0.390$
Bina davranış katsayısı	$R = 6$
Bina dayanım fazlağı	$D = 2.5$

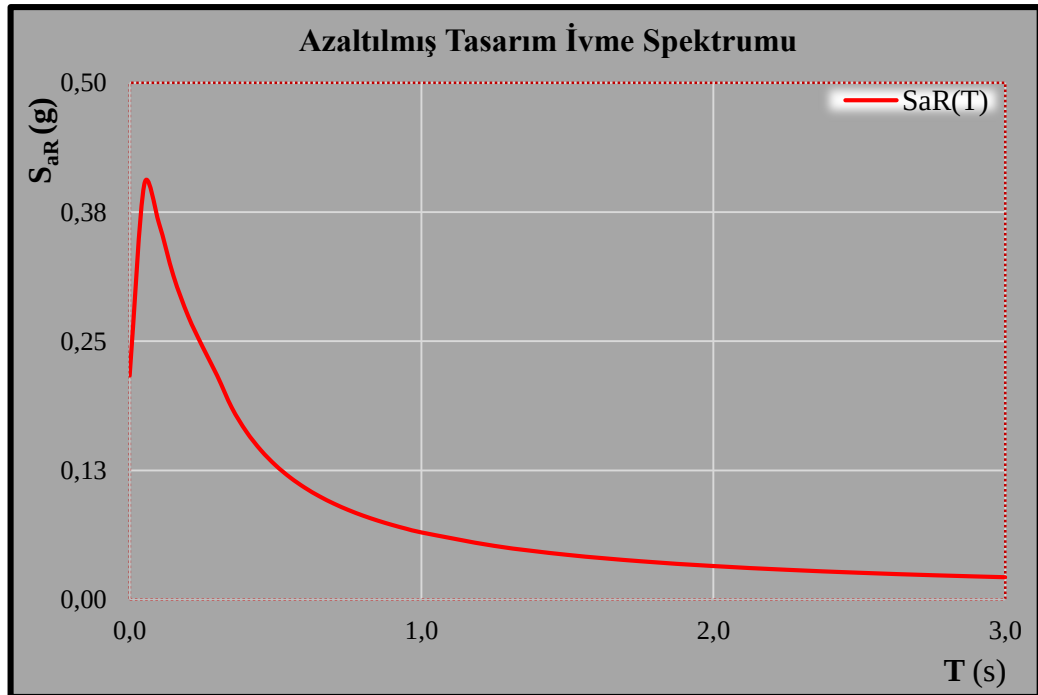
4.1 Deprem Spektrumlarının Hesabı

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde tasarım ivmesi spektrumu haritadaki spektral ivme katsayısına ve sismik haritadaki yerel zemin etki katsayısına göre kısa ve 1.0 saniyelik periyodu için belirlenmektedir.

Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı bilme, deplasman mukabele spektrum durumlarını aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 4.1: Tasarım İvme Spektrumu TBDY-2018 (ETABS 2020)



Şekil 4.2: Azaltılmış tasarım ivme spektrumu (TBDY-2018)

4.2 Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Hesabı

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerine göre dayanım esaslı tasarımda kullanılacak doğrusal hesaplama yöntemleri, detayları 4.7’de açıklanan deprem eşdeğer yük yöntemi ’dir.

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde, 4. bölüm kapsamındaki tüm binaların deprem hesabında 4.8’de detaylandırılan modal yöntemlerden herhangi biri kullanılabilir.

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği madde 4.7’de açıklanan eşdeğer yük yönteminin uygulanabileceği binalar, aşağıdaki Tablo 4.2’de gösterilmektedir.

Tablo 4.2: Eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanabileceği binalar (TBDY-2018)

Bina türü	İzin verilen bina yüksekliği sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$BYS \geq 4$	$BYS \geq 5$
Diğer tüm binalar	$BYS \geq 5$	$BYS \geq 6$

Eşdeğer deprem yükü yöntemi dinamik analiz yöntemi olup, yüksekliği fazla olmayan binalarda göz önüne alınan deprem doğrultusunda bina dinamik davranışının taşıyıcı sistemin hâkim titreşim modundaki davranışı ile temsil edilebileceği ve bu modun şeklinin yaklaşık ters üçgen olarak kabul edilebileceği esasına dayanan hesap yöntemidir. Ancak, tasarlanan yapıda **B2** türü düzensizliği bulunduğu nedeniyle Eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılması için gerekli koşullar sağlamamaktadır. Ancak karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır.

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde; yapıya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü $V_{te}^{(X)}$ denklem (4.1) ile elde edilecektir.

$$V_{te}^{(X)} = m_t S_{aR} \left(T_p^{(X)} \right) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (4.1)$$

2018 Yönetmeliğinde efektif deprem ağırlık W hesabında denklem (4.2) ile hesaplanır.

$$G + 0.3Q \quad (4.2)$$

Tablo 4.3: Modal analizden alınan periyod için eşdeğer deprem yükü yöntemi parametreleri

DYHD	DTS	Zemin Sınıfı	Bina Önem Katsayısı	Bina davranış Katsayısı	T_A	T_B	S_{D1}	S_{DS}	T_X	T_Y
DD-2	1	ZC	$I = 1$	$R = 6$	0.058	0.288	0.39	1.35	1.094	1.008

$R_a(T_X)$	$R_a(T_Y)$	$S_{ae}(T_X)$	$S_{ae}(T_Y)$	$S_{aR}(T_X)$	$S_{aR}(T_Y)$	m_t (kN)
6	6	0.356	0.387	0.059	0.064	91573.18

Tablo 4.4: Modal analiz yöntemi ile bulunan periyodu karşı gelen binanın taban ve tepe kesme kuvvetleri

Taban Kesme Kuvveti		Tepe Kuvveti	
V_{tEx}	V_{tEy}	ΔF_{Nx}	ΔF_{Ny}
5433.342	5905.016	407.501	442.876

$$X \text{ doğrultuda, } V_{tEx} - \Delta F_{Nx} = 5025.841 \text{ kN}$$

$$Y \text{ doğrultuda, } V_{tEy} - \Delta F_{Ny} = 5462.140 \text{ kN}$$

Modal analizden alınan periyod için hesaplanan deprem kuvvetleri katlara dağıtılacaktır;

Tablo 4.5: X yönünde modal analiz ile bulunan periyodun kat kesme kuvvetleri katlara dağıtılması

Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kN)	$m_i \times H_i$	$m_i \times H_i / \sum m_i \times H_i$	F_{iEX} (kN)	$F_{iEX} + \Delta F_{NE}^{(X)}$
10	3,00	30	7166.45	214993.61	0.145	729.544	1137.045
9	3,00	27	9378.52	253220.17	0.171	859.259	859.259
8	3,00	24	9378.52	225084.60	0.152	763.786	763.786
7	3,00	21	9378.52	196949.02	0.133	668.313	668.313
6	3,00	18	9378.52	168813.45	0.114	572.840	572.840
5	3,00	15	9378.52	140677.87	0.095	477.366	477.366
4	3,00	12	9378.52	112542.30	0.076	381.893	381.893
3	3,00	9	9378.52	84406.723	0.057	286.420	286.420
2	3,00	6	9378.52	56271.148	0.038	190.947	190.947
1	3,00	3	9378.52	28135.574	0.019	95.473	95.473
Toplam			91573.18	1481094.4	1	5025.841	5433.342

Tablo 4.6: Y yönünde modal analiz ile bulunan periyodun kat kesme kuvvetleri katlara dağıtılması

Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kN)	$m_i \times H_i$	$m_i \times H_i / \sum m_i \times H_i$	F_{iEY} (kN)	$F_{iEY} + \Delta F_{NE}^{(Y)}$
10	3,00	30	7166.45	214993.61	0.145	792.877	1235.753
9	3,00	27	9378.52	253220.17	0.171	933.853	933.853
8	3,00	24	9378.52	225084.60	0.152	830.091	830.091
7	3,00	21	9378.52	196949.02	0.133	726.330	726.330
6	3,00	18	9378.52	168813.45	0.114	622.568	622.568
5	3,00	15	9378.52	140677.87	0.095	518.807	518.807
4	3,00	12	9378.52	112542.30	0.076	415.046	415.046
3	3,00	9	9378.52	84406.723	0.057	311.284	311.284
2	3,00	6	9378.52	56271.148	0.038	207.523	207.523
1	3,00	3	9378.52	28135.574	0.019	103.761	103.761
Toplam			91573.18	1481094.4	1	5462.140	5905.016

Ampirik formül ile elde edilen periyod için deprem kuvvetlerinin hesabı ve katlara dağıtılması ile ilgili işlemler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Tablo 4.7: Ampirik formül ile elde edilen periyod için eşdeğer deprem yükü yöntemi parametreleri

DYHD	DTS	Zemin Sınıfı	Bina Önem Katsayısı	Bina davranış Katsayısı	T_A	T_B	S_{D1}	S_{DS}	T_{pAX}	T_{pAY}
DD-2	1	ZC	$I = 1$	$R = 6$	0.058	0.288	0.39	1.35	0.897	0.897

$R_a(T_{pAX})$	$R_a(T_{pAY})$	$S_{ae}(T_{pAX})$	$S_{ae}(T_{pAY})$	$S_{aR}(T_{pAX})$	$S_{aR}(T_{pAY})$	m_t
6	6	0.435	0.435	0.072	0.072	91573.18

Tablo 4.8: Ampirik formül ile elde edilen periyod karşılık gelen binanın taban ve tepe kesme kuvvetleri

Taban Kesme Kuvveti		Tepe Kuvveti	
V_{tEx}	V_{tEy}	ΔF_{nx}	ΔF_{ny}
6633.499	6633.499	497.512	497.512

X yönünde, $V_{tEx} - \Delta F_{nx} = 6135.987$ kN ; Y yönünde, $V_{tEy} - \Delta F_{ny} = 6135.987$ kN

Tablo 4.9: X ve Y yönünde ampirik formül ile elde edilen periyodun kat kesme kuvvetleri katlara dağıtılması

Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kN)	$m_i \times H_i$	$m_i \times H_i / \sum m_i \times H_i$	F_{iEX} (kN)	F_{iEY} (kN)
10	3,00	30	7166.45	214993.61	0.145	885.779	885.779
9	3,00	27	9378.52	253220.17	0.171	1050.042	1050.042
8	3,00	24	9378.52	225084.60	0.152	933.370	933.370
7	3,00	21	9378.52	196949.02	0.133	816.699	816.699
6	3,00	18	9378.52	168813.45	0.114	700.028	700.028
5	3,00	15	9378.52	140677.87	0.095	583.356	583.356
4	3,00	12	9378.52	112542.30	0.076	466.685	466.685
3	3,00	9	9378.52	84406.723	0.057	350.014	350.014
2	3,00	6	9378.52	56271.148	0.038	233.343	233.343
1	3,00	3	9378.52	28135.574	0.019	116.671	116.671
Toplam			91573.18	1481094.4	1	6135.987	6135.987

4.3 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Etkin Kesit Rijitlikleri

2018 Türkiye Bina Deprem yönetmeliğine göre analiz açısında dikkate alınacak Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10: Taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları

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

4.4 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Yük Kombinasyonları

Tablo 4.11: TBDY-2018’e göre dikkate alınan yük birleşimler

1.4G + 1.6Q	G + Q
G + Q ± EXP ± 0.3 EYP	G + Q ± EYP ± 0.3 EXP
G + Q ± EXP ± 0.3 EYN	G + Q ± EYP ± 0.3 EXN
G + Q ± EXN ± 0.3 EYP	G + Q ± EYN ± 0.3 EXP
G + Q ± EXN ± 0.3 EYN	G + Q ± EYN ± 0.3 EXN
0.9G ± EXP ± 0.3 EYP	0.9G ± EYP ± 0.3 EXP
0.9G ± EXP ± 0.3 EYN	0.9G ± EYP ± 0.3 EXN
0.9G ± EXN ± 0.3 EYP	0.9G ± EYN ± 0.3 EXP
0.9G ± EXN ± 0.3 EYN	0.9G ± EYN ± 0.3 EXN

4.5 Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerin İncelemesi

Türkiye Bina Deprem 2018 Yönetmeliğinde; Mod birleştirme yöntemi ve Zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanımına izin verilir. Eşdeğer deprem yükleri yönteminden farklı olarak mod birleştirme yöntemi kullanımında herhangi bir sınırlama yoktur. Ancak, Türk Bina Deprem Yönetmeliği'nin 4.8.3 maddesinde, eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanan V_{tE} 'nin mod birleştirme yöntemiyle hesaplanan V_{tx} 'ye oranının sınırları düzensizliklerin fonksiyonu olarak belirtilmiştir. Çalışmamızda **B2** türü düzensizliği olduğu için eşdeğer deprem yük yöntemi kullanmasına izin verilmemiştir bu nedenle mod birleştirme yönteminin üzerinde durulacaktır.

Tasarlanan bina plan olarak düzgün ve simetrik olmasına rağmen yapılarımızın yeterli rijitliğe sahip olup olmadığını anlamak için depremin X ve Y doğrultuda katların görelî ötelenmelerin negatif (EXN) ve pozitif (EYP) etkileri dikkate alınarak her birisi için ayrı kontroller yapılmıştır. Genellikle depremin x yönündeki pozitif etkileri ile y yönündeki negatif etkileri en elverişsiz durumları içerir.

X yönündeki deprem etkileri Tablo 4.12'de, Y yönündeki deprem etkileri ise Tablo 4.13'te gösterilmiştir.

Tablo 4.12: EXN depremi için A1 düzensizliğinin incelenmesi

Kat	d_{maks} (mm)	d_{ort} (mm)	Δ_{imaks} (mm)	Δ_{iort} (mm)	η_{bi}	Düzensizlik Durumu
10	40.93	36.40	4.57	4.05	1.13	YOK
9	36.36	32.35	4.80	4.26	1.13	YOK
8	31.56	28.09	4.94	4.39	1.13	YOK
7	26.63	23.71	5.01	4.45	1.13	YOK
6	21.62	19.26	4.95	4.40	1.12	YOK
5	16.67	14.86	4.73	4.21	1.12	YOK
4	11.94	10.65	4.31	3.84	1.12	YOK
3	7.64	6.81	3.64	3.25	1.12	YOK
2	4.00	3.57	2.70	2.41	1.12	YOK
1	1.30	1.16	1.30	1.16	1.12	YOK

Tablo 4.13: EYP depremi için A1 düzensizliğinin incelenmesi

Kat	d_{maks} (mm)	d_{ort} (mm)	Δ_{imaks} (mm)	Δ_{iort} (mm)	η_{bi}	Düzensizlik Durumu
10	38.23	33.67	4.35	3.81	1.14	YOK
9	33.88	29.86	4.53	3.98	1.14	YOK
8	29.35	25.88	4.65	4.09	1.14	YOK
7	24.70	21.79	4.70	4.14	1.14	YOK
6	20.00	17.66	4.63	4.08	1.13	YOK
5	15.37	13.58	4.41	3.89	1.13	YOK
4	10.96	9.69	3.99	3.53	1.13	YOK
3	6.97	6.16	3.35	2.96	1.13	YOK
2	3.62	3.20	2.45	2.17	1.13	YOK
1	1.17	1.03	1.17	1.03	1.14	YOK

Yapılan kontrollerin sonucunda herhangi bir doğrultuda, herhangi bir katta **A1** burulma düzensizliği görülmemiştir. Toplam kat döşemesinde boşluk yüzenin kat brüt yüzüne oranı Tablo 4.14’te sunulmaktadır.

Tablo 4.14: A2 döşeme düzensizlikleri

Kat	Kat alanı (m ²)	Boşluk alanı (m ²)	Boşluk/kat alanı	Düzensizlik Durumu
10	576	20	0.035	Yok
9	576	20	0.035	Yok
8	576	20	0.035	Yok
7	576	20	0.035	Yok
6	576	20	0.035	Yok
5	576	20	0.035	Yok
4	576	20	0.035	Yok
3	576	20	0.035	Yok
2	576	20	0.035	Yok
1	576	20	0,035	Yok

Yukarıdaki tabloda gösterildiği üzere boşluk alanı/brüt kat alanı oranı 1/3’değerinden küçük olduğundan dolayı yapıda **A2** döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

Tablo 4.15: EXN depremi için B2 düzensizliğinin incelenmesi

Kat	d_{iort} (mm)	Δ_{iort} (mm)	Δ_{iort}/h	η_{ci}		Düzensizlik
				$(\Delta_{iort}/h_i)/(\Delta_{(i+1)ort}/h_i)$	$(\Delta_{iort}/h_i)/(\Delta_{(i-1)ort}/h_{i-1})$	
10	36.40	4.05	0.0013	-	0.95	YOK
9	32.35	4.26	0.0014	1.05	0.97	YOK
8	28.09	4.39	0.0015	1.03	0.99	YOK
7	23.71	4.45	0.0015	1.01	1.01	YOK
6	19.26	4.40	0.0015	0.99	1.05	YOK
5	14.86	4.21	0.0014	0.96	1.10	YOK
4	10.65	3.84	0.0013	0.91	1.18	YOK
3	6.81	3.25	0.0011	0.85	1.35	YOK
2	3.57	2.41	0.0008	0.74	2.08	VAR
1	1.16	1.16	0.0004	0.48	-	YOK

Tablo 4.16: EYP depremi için B2 düzensizliğinin incelenmesi

Kat	d_{iort} (mm)	Δ_{iort} (mm)	Δ_{iort}/h	η_{ci}		Düzensizlik
				$(\Delta_{iort}/h_i)/(\Delta_{(i+1)ort}/h_i)$	$(\Delta_{iort}/h_i)/(\Delta_{(i-1)ort}/h_{i-1})$	
Kat10	33.67	3.81	0.0013	-	0.96	YOK
Kat9	29.86	3.98	0.0013	1.04	0.97	YOK
Kat8	25.88	4.09	0.0014	1.03	0.99	YOK
Kat7	21.79	4.14	0.0014	1.01	1.01	YOK
Kat6	17.66	4.08	0.0014	0.99	1.05	YOK
Kat5	13.58	3.89	0.0013	0.95	1.10	YOK
Kat4	9.69	3.53	0.0012	0.91	1.19	YOK
Kat3	6.16	2.96	0.0010	0.84	1.37	YOK
Kat2	3.20	2.17	0.0007	0.73	2.10	VAR
Kat1	1.03	1.03	0.0003	0.48	-	YOK

Yapılan kontrollerin sonucunda X ve Y doğrultularında rijitliği düzensizlik katsayısı 2.0'den büyük olduğunu 2. Katta görülmüştür, yapıda B2 yumuşak kat düzensizliği bulunmaktadır.

Yapıda planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığı için A3 türü düzensizlik olmadığını ortaya çıkmıştır.

4.6 İkincil Mertebe Etkileri İncelemesi

İkincil mertebe etkiler, mevcut betonarme ve çelik yapıya dayalı olarak değerlendirilecektir. Binalarda ikinci dereceden etkilerin gösterge değeri olan θ_i 'ye atıfta bulunularak düzenlemeler yapılır. Değeri denklem (4.3) ile elde edilecektir.

$$\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i^{(X)} h_i} \quad (4.3)$$

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde verilen şartları sağlanmaması durumunda taşıyıcı sistemin rijitliği artırılmalıdır. İki yönde etki ettirilen deprem kuvvetleri için elde edilen değerler aşağıda Tablo 4.17 ve Tablo 4.18'de sunulmaktadır.

Tablo 4.17: X yönünde EXN depremi için ikinci mertebe etkileri

Kat	h mm	U _x mm	$\Delta_i^{(X)}$ mm	P _{Total} kN	V _x kN	P _{Total} * Δ_s	V _x * h	θ	P- Δ Etkisi
Kat10	3000	36.391	4.052	-4678.179	-1147.30	-18955.98	-3441908.7	0.0055	YOK
Kat9	3000	32.339	4.255	-10079.61	-2018.98	-42888.76	-6056935.5	0.0071	YOK
Kat8	3000	28.084	4.384	-15485.46	-2794.79	-67888.24	-8384371.8	0.0081	YOK
Kat7	3000	23.700	4.447	-20897.01	-3474.61	-92929.00	-10423824.0	0.0089	YOK
Kat6	3000	19.253	4.4	-26315.67	-4058.27	-115788.95	-12174802.8	0.0095	YOK
Kat5	3000	14.853	4.207	-31743.04	-4545.58	-133542.96	-13636733.4	0.0098	YOK
Kat4	3000	10.646	3.833	-37180.72	-4936.32	-142513.70	-14808951.6	0.0096	YOK
Kat3	3000	6.813	3.246	-42630.11	-5230.23	-138377.33	-15690691.5	0.0088	YOK
Kat2	3000	3.567	2.408	-48093.70	-5427.02	-115809.63	-16281046.2	0.0071	YOK
Kat1	3000	1.159	1.159	-53576.87	-5526.24	-62095.60	-16578730.8	0.0037	YOK

Tablo 4.18: Y yönü EYP depremi için ikinci merteye etkileri

Kat	h mm	U _Y mm	$\Delta_i^{(Y)}$ mm	P _{Total} kN	V _Y kN	P _{Total} * Δs	V _Y *h	θ	P- Δ etkisi
Kat10	3000	33.672	3.811	-4678.18	-1243.80	-17828.54	-3731390.1	0.0048	YOK
Kat9	3000	29.861	3.981	-10079.61	-2188.02	-40126.94	-6564065.4	0.0061	YOK
Kat8	3000	25.880	4.088	-15485.46	-3028.23	-63304.55	-9084679.5	0.0070	YOK
Kat7	3000	21.792	4.135	-20897.01	-3764.29	-86409.13	-11292866.7	0.0077	YOK
Kat6	3000	17.657	4.081	-26315.67	-4396.06	-107394.25	-13188171.0	0.0081	YOK
Kat5	3000	13.576	3.889	-31743.04	-4923.35	-123448.67	-14770056.9	0.0084	YOK
Kat4	3000	9.687	3.527	-37180.72	-5345.97	-131136.40	-16037906.4	0.0082	YOK
Kat3	3000	6.160	2.964	-42630.11	-5663.67	-126355.64	-16991014.8	0.0074	YOK
Kat2	3000	3.196	2.166	-48093.70	-5876.19	-104170.95	-17628572.1	0.0059	YOK
Kat1	3000	1.030	1.030	-53576.87	-5983.17	-55184.18	-17949511.5	0.0031	YOK

İkincil merteye göstergesi $\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} = 1.5$ değerinden az olduğu için ikincil merteye etkileri mevcut değildir.

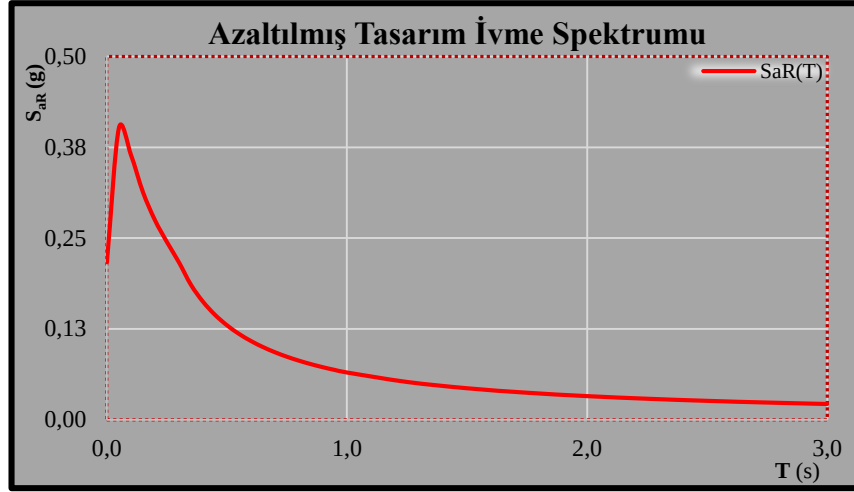
4.7 Mod Birleştirme Yöntemi ile TBDY-2018'e Göre Hesap

Mod birleştirme yöntemi, her bir serbest titreşim modun sismik harekete tepkisini elde ederek ve bunları istatistiksel yöntemlerle birleştirerek maksimum iç kuvvetlerin ve deplasmanların bulunduğu bir yöntemdir. Ancak, tasarlanan binada dikkate alınması için mod birleştirme yönteminin kullanılması için gerekli koşullar sağlanmaktadır.

Azaltılmış tasarım ivme spektrumu çizmek için faydalanan parametreler Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19: Azaltılmış tasarım ivme spektrumu çizmek için faydalanan parametreler

S _s	S ₁	F _s	F ₁	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	R	D	I
1.129	0.26	1.2	1.5	0.135	0,39	0.058	0,288	6	2.5	1



Şekil 4.3: Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

10 katlı bir bina için, kullanılan mod sayısı 10×3 (2 yer değiştirme 1 dönme serbestliği) = toplam 30 mod 'dur. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre toplu kütle katılım oranı, eser toplam kütlelerinin en az %95'i olmalıdır.

Tablo 4.20: Kütle katılım oranları (ETABS 2020)

Mod	Periyot	UX	UY	ToplamUX	ToplamUY	RZ	ToplamRZ
1	1.094	0.6895	0	0.6895	0	0.00510	0.0051
2	1.008	0	0.69080	0.6895	0.6908	0	0.0051
3	0.829	0.0051	0	0.6946	0.6908	0.68180	0.6868
4	0.262	0.1826	0	0.8772	0.6908	0.00110	0.6880
5	0.237	0	0.18480	0.8772	0.8756	0	0.6880
6	0.192	0.0012	0	0.8784	0.8756	0.19480	0.8828
7	0.12	0.06070	0	0.9391	0.8756	0.00030	0.8831
8	0.106	0	0.06380	0.9391	0.9394	0	0.8831
9	0.087	0.00030	0	0.9394	0.9394	0.06310	0.9462
10	0.076	0.02770	0	0.9671	0.9394	0.00010	0.9464
11	0.066	0	0.02890	0.9671	0.9683	0	0.9464
12	0.055	0.00002	0	0.9671	0.9683	0.02690	0.9733
13	0.055	0.01470	0	0.9818	0.9683	0	0.9733
14	0.048	0	0.01470	0.9818	0.983	0	0.9733
15	0.044	0.00840	0	0.9903	0.983	0.00004	0.9733
16	0.041	0.00010	0	0.9903	0.983	0.01290	0.9862
17	0.04	0	0.00020	0.9903	0.9832	0	0.9862
18	0.038	0	0.00770	0.9903	0.9909	0	0.9862
19	0.037	0.00500	0	0.9954	0.9909	0.00002	0.9862
20	0.035	0	0	0.9954	0.9909	0	0.9862
21	0.035	0	0.00000	0.9954	0.9909	0	0.9862
22	0.034	0	0.00004	0.9954	0.991	0	0.9862
23	0.034	0	0.00001	0.9954	0.991	0	0.9862
24	0.033	0.00003	0	0.9954	0.991	0.00690	0.9931
25	0.033	0	0.00210	0.9954	0.993	0	0.9931
26	0.033	0	0.00001	0.9954	0.993	0	0.9931
27	0.032	0.00290	0	0.9982	0.993	0.00001	0.9931
28	0.032	0	0.00040	0.9982	0.9934	0	0.9931
29	0.031	0	0.00005	0.9982	0.9935	0	0.9931
30	0.031	0	0.00280	0.9982	0.9963	0	0.9931

Tablo 4.21: Modal analizden bulunan periyoda göre eşdeğer deprem yükü katlara dağıtması

Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kN)	$m_i \times H_i$	$m_i \times H_i / \sum m_i \times H_i$	F_{iEX} (kN)	$F_{iEX} + \Delta F_{NE}^{(X)}$
Kat10	3.00	30	7166.45	214993.61	0.145	729.544	1137.045
Kat9	3.00	27	9378.52	253220.17	0.171	859.259	859.259
Kat8	3.00	24	9378.52	225084.60	0.152	763.786	763.786
Kat7	3.00	21	9378.52	196949.02	0.133	668.313	668.313
Kat6	3.00	18	9378.52	168813.45	0.114	572.840	572.840
Kat5	3.00	15	9378.52	140677.87	0.095	477.366	477.366
Kat4	3.00	12	9378.52	112542.30	0.076	381.893	381.893
Kat3	3.00	9	9378.52	84406.723	0.057	286.420	286.420
Kat2	3.00	6	9378.52	56271.148	0.038	190.947	190.947
Kat1	3.00	3	9378.52	28135.574	0.019	95.473	95.473
Toplam			91573.18	1481094.4	1	5025.841	5433.342

▪ **Katlarda Oluşan Kuvvet Ve Moment Dağılımın Gösterimi**

ETABS 2020 yazılımından elde edilen katlarda oluşan kuvvet ve moment dağılımının gösterimi (X ve Y yönünde)

Tablo 4.22: Spektrum X ve Y yönü katlarda oluşan kuvveti

Kat	Output Case	Step Type	VX	VY
			kN	kN
Kat 10	RS_TS2018	Maks	1331.054	1354.800
Kat 9	RS_TS2018	Maks	2272.352	2324.632
Kat 8	RS_TS2018	Maks	2679.140	2759.211
Kat 7	RS_TS2018	Maks	2818.054	2944.279
Kat 6	RS_TS2018	Maks	2943.995	3119.650
Kat 5	RS_TS2018	Maks	3247.200	3453.970
Kat 4	RS_TS2018	Maks	3755.467	3967.263
Kat 3	RS_TS2018	Maks	4353.188	4550.534
Kat 2	RS_TS2018	Maks	4880.688	5062.221
Kat 1	RS_TS2018	Maks	5181.923	5354.794

Tablo 4.23: Spektrum için X ve Y yönü katlarda oluşan momenti

Kat	Output Case	Step Type	MX	MY
			kN-m	kN-m
Kat 10	RS_TS2018	Maks	4064.399	3993.161
Kat 9	RS_TS2018	Maks	10955.316	10718.172
Kat 8	RS_TS2018	Maks	18886.997	18411.820
Kat 7	RS_TS2018	Maks	26874.403	26041.528
Kat 6	RS_TS2018	Maks	34582.985	33220.432
Kat 5	RS_TS2018	Maks	42240.343	40166.373
Kat 4	RS_TS2018	Maks	50470.654	47553.061
Kat 3	RS_TS2018	Maks	59966.664	56180.023
Kat 2	RS_TS2018	Maks	71123.478	66540.535
Kat 1	RS_TS2018	Maks	83825.811	78549.014

Tablo 4.24: EXN yönü için katlarda oluşan momenti.

Kat	MY
	kN-m
Kat 10	-3441.909
Kat 9	-9498.844
Kat 8	-17883.216
Kat 7	-28307.040
Kat 6	-40481.843
Kat 5	-54118.576
Kat 4	-68927.528
Kat 3	-84618.219
Kat 2	-100899.265
Kat 1	-117477.995

Tablo 4.25: EYP yönü için katlarda oluşan momenti

Kat	MX
	kN-m
Kat 10	3731.390
Kat 9	10295.455
Kat 8	19380.1349
Kat 7	30673.001
Kat 6	43861.173
Kat 5	58631.229
Kat 4	74669.136
Kat 3	91660.151
Kat 2	109288.723
Kat 1	127238.234

▪ **Kat Deplasmanlarının Hesabı**

ETABS 2020 yazılımından elde edilen kat deplasmanların gösterimi (X ve Y yönünde)

Tablo 4.26: EXN yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	40.927	36.396	1.124
Kat 9	36.359	32.347	1.124
Kat 8	31.562	28.091	1.124
Kat 7	26.625	23.706	1.123
Kat 6	21.619	19.258	1.123
Kat 5	16.67	14.857	1.122
Kat 4	11.942	10.649	1.121
Kat 3	7.636	6.814	1.121
Kat 2	3.995	3.568	1.120
Kat 1	1.298	1.159	1.120

Tablo 4.27: EYP yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	38.227	33.672	1.135
Kat 9	33.88	29.861	1.135
Kat 8	29.346	25.88	1.134
Kat 7	24.696	21.792	1.133
Kat 6	19.998	17.657	1.133
Kat 5	15.369	13.576	1.132
Kat 4	10.963	9.687	1.132
Kat 3	6.971	6.16	1.132
Kat 2	3.621	3.196	1.133
Kat 1	1.171	1.03	1.137

Tablo 4.28: Spektrum için X yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	29.647	26.758	1.108
Kat 9	26.288	23.742	1.107
Kat 8	22.792	20.599	1.106
Kat 7	19.247	17.409	1.106
Kat 6	15.709	14.222	1.105
Kat 5	12.245	11.098	1.103
Kat 4	8.926	8.099	1.102
Kat 3	5.851	5.317	1.1
Kat 2	3.167	2.883	1.099
Kat 1	1.084	0.988	1.098

Tablo 4.29: Spektrum için Y yönde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	25.973	24.022	1.081
Kat 9	22.989	21.274	1.081
Kat 8	19.895	18.424	1.08
Kat 7	16.758	15.532	1.079
Kat 6	13.628	12.641	1.078
Kat 5	10.566	9.809	1.077
Kat 4	7.645	7.103	1.076
Kat 3	4.962	4.612	1.076
Kat 2	2.652	2.466	1.075
Kat 1	0.897	0.832	1.077

▪ **Görelî Kat Ötelenmelerinin Durumu**

ETABS 2020 yazılımından elde edilen Görelî Kat ötelenmelerinin gösterimi (X ve Y Yönünde)

Tablo 4.30: EXN yön için maksimum ve ortalama görelî kat ötelemeleri

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	4.568	4.049	1.128
Kat 9	4.797	4.256	1.127
Kat 8	4.938	4.385	1.126
Kat 7	5.006	4.448	1.125
Kat 6	4.949	4.401	1.125
Kat 5	4.729	4.208	1.124
Kat 4	4.306	3.835	1.123
Kat 3	3.641	3.246	1.121
Kat 2	2.697	2.409	1.12
Kat 1	1.298	1.159	1.12

Tablo 4.31: EYP yön için maksimum ve ortalama görelî kat ötelemeleri

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	4.346	3.811	1.140
Kat 9	4.534	3.981	1.139
Kat 8	4.65	4.088	1.137
Kat 7	4.698	4.136	1.136
Kat 6	4.629	4.081	1.134
Kat 5	4.406	3.889	1.133
Kat 4	3.992	3.528	1.132
Kat 3	3.35	2.963	1.131
Kat 2	2.45	2.167	1.131
Kat 1	1.171	1.03	1.137

Tablo 4.32: Spektrum için X yönde maksimum ve ortalama görelî kat ötelemeleri

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	3.511	3.161	1.11
Kat 9	3.695	3.334	1.108
Kat 8	3.762	3.398	1.107
Kat 7	3.737	3.378	1.106
Kat 6	3.622	3.276	1.106
Kat 5	3.426	3.101	1.105
Kat 4	3.136	2.841	1.104
Kat 3	2.712	2.461	1.102
Kat 2	2.093	1.904	1.099
Kat 1	1.084	0.984	1.102

Tablo 4.33: Spektrum için Y yönde maksimum ve ortalama görel kat ötelemeleri

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	3.09	2.853	1.083
Kat 9	3.233	2.988	1.082
Kat 8	3.286	3.041	1.081
Kat 7	3.265	3.025	1.079
Kat 6	3.167	2.937	1.078
Kat 5	2.992	2.777	1.077
Kat 4	2.725	2.531	1.076
Kat 3	2.33	2.166	1.076
Kat 2	1.762	1.639	1.075
Kat 1	0.897	0.831	1.079

4.8 Görel Kat Ötelemelerinin Değerlendirilmesi

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde yapıların görel kat ötelemelerine sınır empoze etmiştir. Denklem (4.4)'da belirttiği gibi yapısal elemanların bir üst ya da bir alt kattaki düşey elemana göre hesaplanan yer değiştirme farkları görel kat ötelemeleri karşı gelmektedir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (4.4)$$

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin görel kat ötelemesi denklem (4.5)' e dikkate alınarak elde edilecektir.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (4.5)$$

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde maksimum etkin görel kat ötelemesinin

kat yüksekliğine oranını, λ katsayısı ile çarparak, (4.6) denkleminde verilen koşulları sağlayacaktır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (4.6)$$

Bu koşul herhangi bir katta sağlanmadığı durumda, kat rijitliği artırıp hesaplar tekrarlanacaktı. X ve Y doğrultulu depremlerde yapılan kontrolleri sırası ile Tablo 4.34 ve Tablo 4.35'te gösterilmiştir.

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	40.927	36.396	1.124
Kat 9	36.359	32.347	1.124
Kat 8	31.562	28.091	1.124
Kat 7	26.625	23.706	1.123
Kat 6	21.619	19.258	1.123
Kat 5	16.67	14.857	1.122
Kat 4	11.942	10.649	1.121
Kat 3	7.636	6.814	1.121
Kat 2	3.995	3.568	1.120
Kat 1	1.298	1.159	1.120

Tablo 4.34: X yönünde deprem EXN için etkin görel kat ötelemesi incelemesi

Kat	$\delta_i^{(X)}$	$\Delta_{\max}$ (mm)	h_i (mm)	$\delta_{i,\max}^{(X)} =$ $\frac{R}{I} \Delta_{i,\max}^{(X)}$	$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(X)}}{h_i} \leq$ 0.008κ	Durum
10	4.568	-0.229	3000	-1.603	-0.00021	İyi
9	4.797	-0.141	3000	-0.987	-0.00013	İyi
8	4.938	-0.068	3000	-0.476	-0.00006	İyi
7	5.006	0.057	3000	0.399	0.00005	İyi
6	4.949	0.22	3000	1.54	0.00021	İyi
5	4.729	0.423	3000	2.961	0.00039	İyi
4	4.306	0.665	3000	4.655	0.00062	İyi
3	3.641	0.944	3000	6.608	0.00088	İyi
2	2.697	1.399	3000	9.793	0.00131	İyi
1	1.298	1.298	3000	9.086	0.00121	İyi

Tablo 4.35: Y yönünde için deprem EYP için etkin görelî kat ötelemesi incelemesi

Kat	$\delta_i^{(X)}$	Δ_{maks} (mm)	h_i (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_{imaks}$	$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008\kappa$	Durum
10	4.346	-0.188	3000	-1.316	-0.00018	İyi
9	4.534	-0.116	3000	-0.812	-0.00011	İyi
8	4.650	-0.048	3000	-0.336	-0.00004	İyi
7	4.698	0.069	3000	0.483	0.00006	İyi
6	4.629	0.223	3000	1.561	0.00021	İyi
5	4.406	0.414	3000	2.898	0.00039	İyi
4	3.992	0.642	3000	4.494	0.00060	İyi
3	3.350	0.900	3000	6.3	0.00084	İyi
2	2.450	1.279	3000	8.953	0.00119	İyi
1	1.171	1.171	3000	8.197	0.00109	İyi

İnceleme sonucunda tüm katlarda, $\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i}$ değerinin 0.008 κ değerinden az olduğundan dolayı etkin görelî kat ötelemesi şartının sağlandığı onaylanmıştır.

4.9 Eşdeğer Deprem Yüğü Ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Türkiye Bina Deprem 2018 yönetmeliğı madde 2.8.5 'e göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda mod birleştirme yöntemine göre elde edilen bina deprem yüğü V_{tb} 'nin, eşdeğer deprem yüğü yönteminde elde edilen deprem kuvveti V_t 'ye oranı γ değerinden büyük olmalı.

Çalışmamızda, Mod birleştirme analizi sonucunda bulunan temel kesme kuvveti, eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti ile karşılaştırılmış ve gerekli büyütme yapılmıştır.

Tablo 4.36: Eşdeğer deprem yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri.

Hesap Yöntemi	Kombinasyon	Durum	F _x	F _y
	Text	Text	kN	kN
Eşdeğer Deprem Yüğü	EXN	LinStatic	-5440.820	-
	EYP	LinStatic	-	-5905.017
Mod Birleştirme	SPECYXN	Maks	5137.455	-
	SPECYYP	Maks	-	5314.525

X doğrultusunda: $5137.455/-5440.820 = 0.94 > 0.90$,

Y doğrultusunda: $5314.525/-5905.017 = 0.90 \geq 0.90$,

Yönetmelik koşulu sağlandığı için iç kuvvetler ve yer değıştirmelerde bir değışiklik yapılmasına gerek yoktur.

4.10 Yapı Eleman Kesitlerin Tasarımı

Örnek Binamız, çok yüksek sünekliğı düzey tasarlanmış 10 kattan oluşan betonarme bir yapıdır, bu nedenle 2018 Türkiye Bina Deprem yönetmeliğinde belirtilen süneklik düzeyi yüksek (kolonlar, kirişler, sistemlerde kolon kiriş birleşim alanları ve duvarlar) için kurallara dikkate alınarak binamızın elemanlarının tasarım yapılacaktır.

▪ Kolonların Tasarımı

Tasarlanan S01 ve S02 kolonların boyutu sırasıyla:

- 500×500 mm²
- 700×700 mm²

• Kolon Eğilme Tasarımı

ETABS 2020 yazılımı yardımıyla kolayca önce 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı 7.3.1.2 ve 7.3.2.1 maddesinde belirtilen koşul doğrulanıp ve gerektirdiğı

kombinasyonların en olumsuz yükleme göre S01 ve S02 kolonun kesit tasarım bilgileri ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4.37: G+Q+EXN+0.3EYN için Aks 1-E Kolon kesit S01 hakkında Bilgileri ETABS 2020.

Tasarım N_{dm} kN	Tasarım M_{d2} kN-m	Tasarım M_{d3} kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Donatı alanı mm ²	Donatı yüzdesi %
2021.961	-60.6588	72.9865	60.6588	60.6588	2500	1

$$A_C = b_w \times d = 500 \times 500 = 250000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_d}{A_c f_{ck}} = \frac{2021,961}{250000 \times 25} = 0,324 < 0.40 \text{ TBDY-2018 yönetmeliği madde 7.3.1.2 şartı onaylanmıştır.}$$

$$A_{smin} = 0.01 \times 500 \times 500 = 2500 \text{ mm}^2 = 49 \text{ cm}^2.$$

Tablo 4.38: 1.4G+1.6Q için Aks 1-E kolon kesit S01 hakkında bilgileri ETABS 2020

Tasarım N_{dm} kN	Tasarım M_{d2} kN-m	Tasarım M_{d3} kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Donatı alanı mm ²	Donatı yüzdesi %
2714.793	-28.3843	81.4438	81.4438	81.4438	2500	1

$$A_C = b_w \times d = 500 \times 500 = 250000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_d}{A_c f_{ck}} = \frac{2714,793}{250000 \times 25} = 0.434 < 0.60 \text{ TBDY-2018 yönetmeliği madde 7.3.2.1 koşulu onaylanmıştır.}$$

$$A_{smin} = 0.01 \times 500 \times 500 = 2500 \text{ mm}^2 = 49 \text{ cm}^2.$$

Tablo 4.39: G+Q+EXN+0.3EYN için Aks 3-B kolon kesit S02 hakkında bilgileri ETABS 2020

Tasarım N_{dm} kN	Tasarım M_{d2} kN-m	Tasarım M_{d3} kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Donatı alanı mm ²	Donatı yüzdesi %
4051.974	145.8711	150.4948	145.8711	145.8711	4900	1

$$A_C = b_w \times d = 700 \times 700 = 490000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_d}{A_c f_{ck}} = \frac{4051.974}{490000 \times 25} = 0.331 < 0.40 \text{ TBDY yönetmeliği madde 7.3.1.2 şartı onaylanmıştır.}$$

$$A_{smin} = 0.01 \times 700 \times 700 = 4900 \text{ mm}^2 = 49 \text{ cm}^2.$$

Tablo 4.40: 1.4G+1.6Q için Aks 3-B kolon kesit S02 hakkında bilgileri ETABS 2020

Tasarım N_{dm} kN	Tasarım M_{d2} kN-m	Tasarım M_{d3} kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Donatı alanı mm ²	Donatı yüzdesi %
5782.580	-208.173	-7.343	208.173	208.173	4900	1

$$A_C = b_w \times d = 700 \times 700 = 490000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_d}{A_c f_{ck}} = \frac{5782.580}{490000 \times 25} = 0.413 < 0.60 \text{ TBDY-2018 yönetmeliği madde 7.3.2.1 koşulu onaylanmıştır.}$$

$$A_{smin} = 0.01 \times 700 \times 700 = 4900 \text{ mm}^2 = 49 \text{ cm}^2.$$

ETABS 2020 yazılımı yardımı ile yapılan analizler sonucu kolon S01 ve S02'yi kesite ait kesme bilgileri sırasıyla Tablo 4.41 ve Tablo 4.42'de gösterilmiştir.

Tablo 4.41: ETABS 2020 G+Q+EXN+0.3EYN için S01 kolonu kesme tasarımı

	Kesme V_d kN	Kesme V_c kN	Kesme V_s kN	Kesme V_p kN	Donatı A_v/S mm ² /m
Major, V_{d2}	61.5556	209.0296	77.0003	61.5556	479.170
Minor, V_{d3}	41.3231	209.0296	77.0003	41.3231	479.170

Tablo 4.42: ETABS 2020 1.4G+1.6Q için S01 kolonu kesme tasarımı

	Kesme V_d kN	Kesme V_c kN	Kesme V_s kN	Kesme V_p kN	Donatı A_v/S mm ² /m
Major, V_{d2}	40.0606	234.9213	77.0003	61.5556	479.170
Minor, V_{d3}	28.1763	234.9213	77.0003	41.3231	479.170

Tablo 4.43: ETABS 2020 G+Q+EXN+0.3EYN için S02 kolonu kesme tasarımı

	Kesme V_d kN	Kesme V_c kN	Kesme V_s kN	Kesme V_p kN	Donatı A_v/S mm ² /m
Major, V_{d2}	109.6482	429.1126	156.8005	109.6482	670.83
Minor, V_{d3}	73.3973	429.1126	156.8005	73.3973	670.83

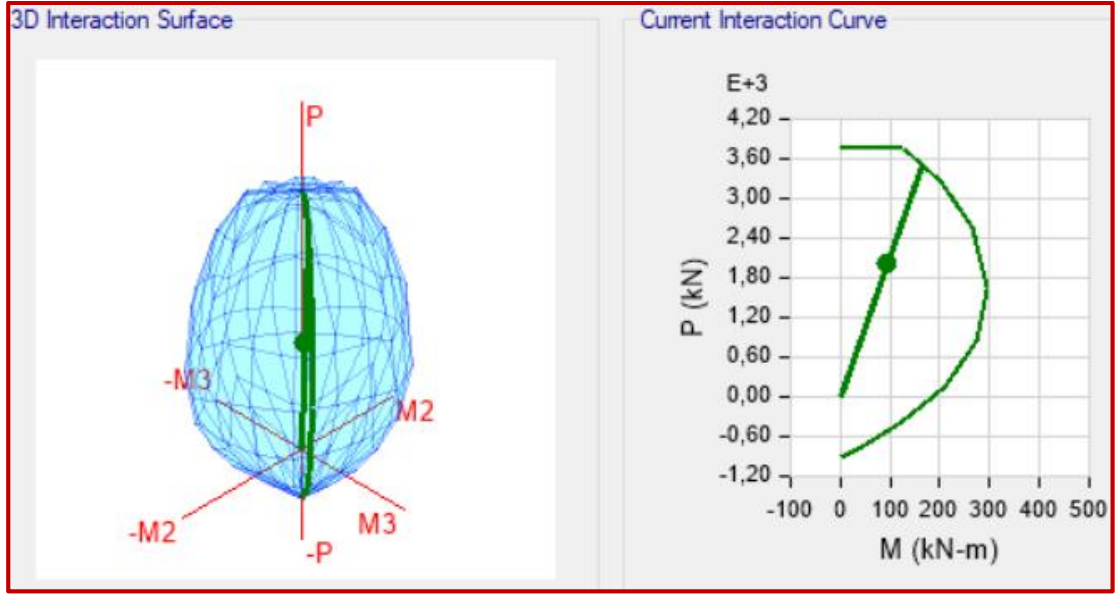
Tablo 4.44: ETABS 2020 1.4G+1.6Q için S02 kolonu kesme tasarımı

	Kesme V_d kN	Kesme V_c kN	Kesme V_s kN	Kesme V_p kN	Donatı A_v/S mm ² /m
Major, V_{d2}	7.7622	496.3064	156.805	109.6482	670.830
Minor, V_{d3}	0.4438	496.3064	156.805	73.3973	670.830

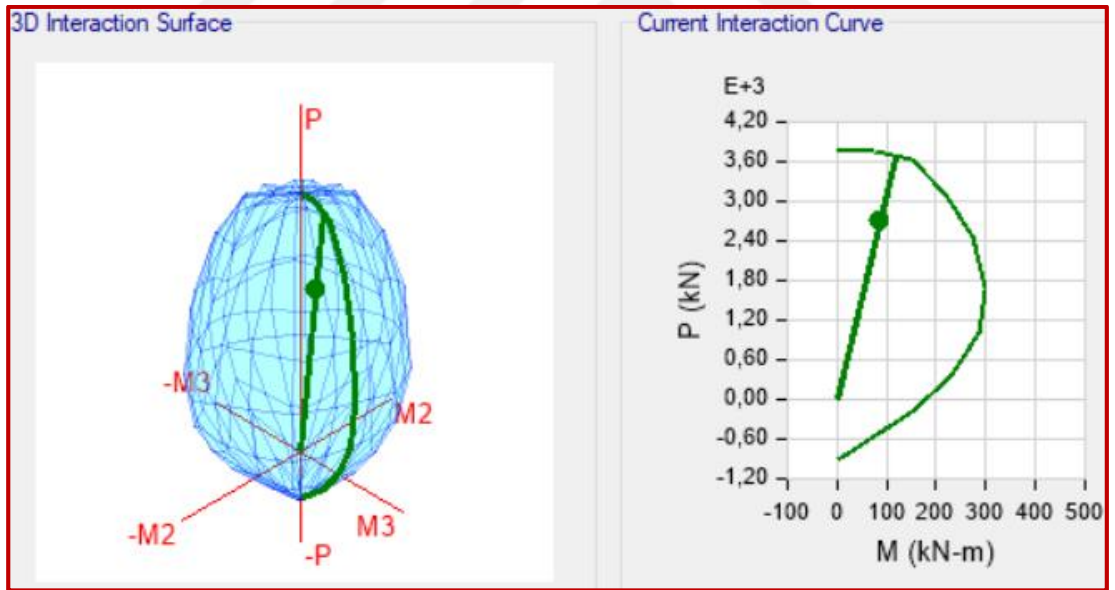
Tablo 4.45'te ETABS 2020 yazılımı ile elde edilen etkileşim diyagramına ait normal kuvvet moment değerleri verilmiştir.

Tablo 4.45: Kolon kesit S02 moment normal kuvvet etkileşimi (ETABS 2020)

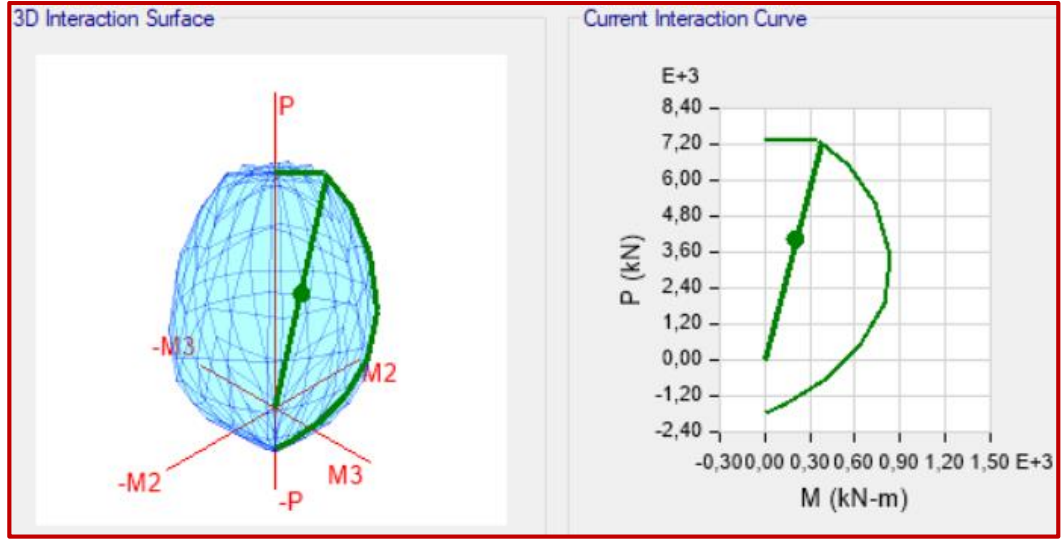
1.4G + 1.6Q			G + Q + EXN + 0.3EYN		
P kN	M2 kN-m	M3 kN-m	P kN	M2 kN-m	M3 kN-m
7350	0	0	7350	0	0
7350	-356.924	-12.5901	7350	117.454	121.177
6560.433	-573.6084	-20.2334	7350	242.560	250.248
5617.144	-752.9235	-26.5586	6530.711	386.364	398.611
4582.055	-897.4045	-31.655	5210.671	512.340	528.580
3413.437	-1014.228	-35.7758	3502.696	583.686	602.188
2541.429	-988.0927	-34.8539	1894.535	556.514	574.154
1654.521	-899.849	-31.7412	498.845	442.281	456.300
856.185	-758.9757	-26.772	-628.852	278.637	287.469
-253.702	-461.446	-16.277	-1447.694	99.211	102.356
-1789.565	0	0	-1789.565	0	0



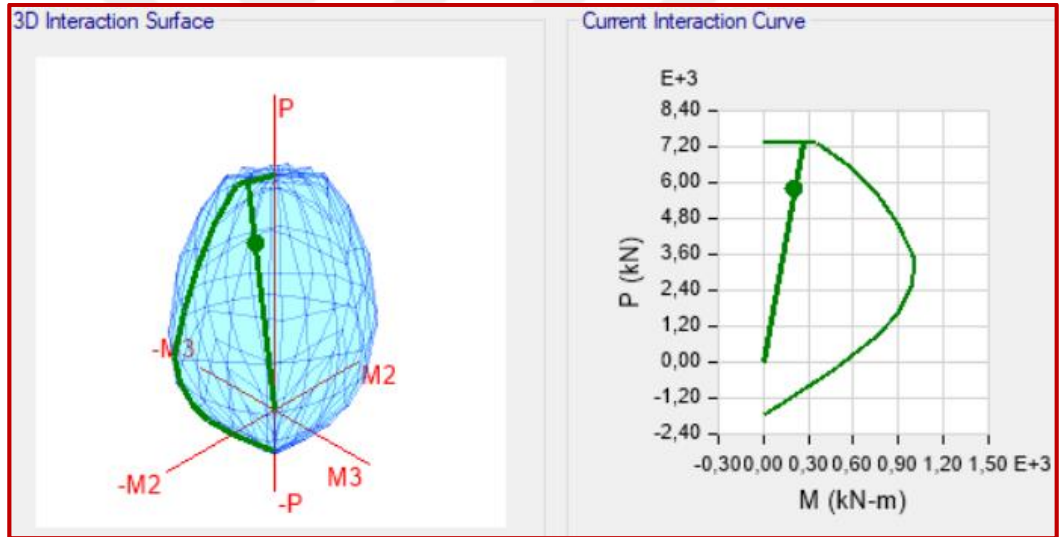
Şekil 4.4: $G+Q+EXN+0.3EYN$ için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



Şekil 4.5: $1.4G + 1.6Q$ için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



Şekil 4.6: $G+Q+EXN+0.3EYN$ için kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



Şekil 4.7: $1.4G + 1.6Q$ için kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020

- **Kolon Sargı Donatısının Hesabı**

Sırasıyla kolon S01 ve S02'nin sargı donatısının hesabı,

$G+Q+EXN+0.3EYN$ için

$$\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}} = \frac{2021,961}{250000 \times 25} = 0.324 > 0.20 \text{ o zaman kolon S01'in Türkiye Bina Deprem}$$

yönetmeliğinde madde 7.3.4.1, (b)'e göre gerekli enine donatı alanı tanımlanacaktır.

$$\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}} = \frac{4051,974}{490000 \times 25} = 0.331 > 0.20 \text{ o zaman kolon S02'nin Türkiye Bina Deprem}$$

yönetmeliğinde madde 7.3.4.1, (b)'e göre gerekli enine donatı alanı tanımlanacaktır.

1.4G + 1.6Q için

$$\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}} = \frac{2714,793}{250000 \times 25} = 0.434 > 0.20 \text{ o zaman kolon S01'in Türkiye Bina Deprem}$$

yönetmeliğinde madde 7.3.4.1, (b)'e göre gerekli enine donatı alanı tanımlanacaktır.

$$\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}} = \frac{5782,580}{490000 \times 25} = 0.413 > 0.20 \text{ o zaman kolon S02'nin Türkiye Bina Deprem}$$

yönetmeliğinde madde 7.3.4.1, (b)'e göre gerekli enine donatı alanı tanımlanacaktır.

▪ Perde Tasarımı

ETABS 2020 yazılımından elde edilen normal kuvvet momenti etkileşimleri ile birlikte 3'-3' aksı üzerinde bulunan P01 perde kesiti tasarım bilgileri Tablo 4.46'da sunulmaktadır.

Perde boyutları: 300×3000 mm

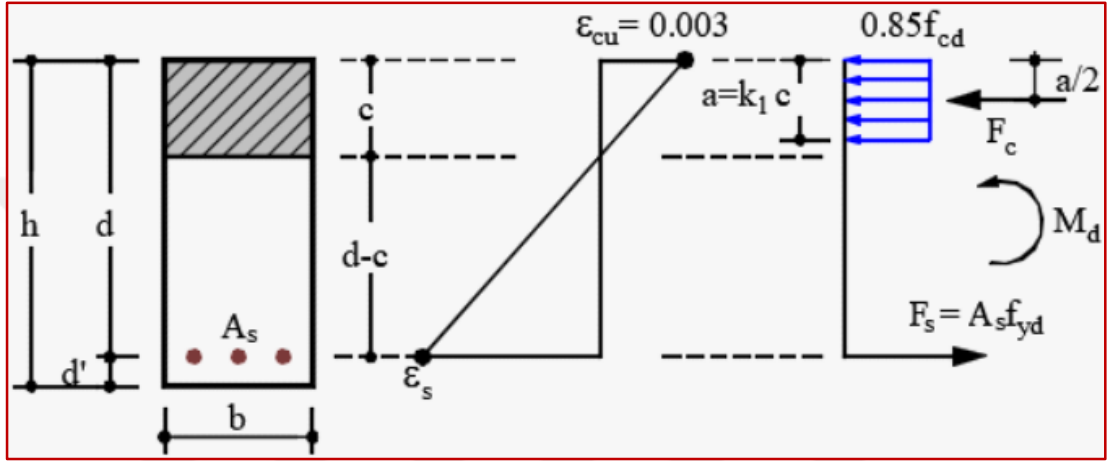
Tablo 4.46: Perde P01 tasarım hakkında bilgileri ETABS 2020

	Gerekli donatı alanı mm ²	Gerekli donatı oranı	Mevcut donatı oranı	Eğilme kombinasyonu	N _d kN	M _{d2} kN-m	M _{d3} kN-m	Pier A _g mm ²
Üst	12525	0,0025	0.0127	G+Q-EYP+0.3EXP	13000.2	-22876,39	8594.57	5010000
Altı	20263	0,0041	0.0107	0.9G-EXP+0.3EYP	10915.8	6932,2959	-33187.5	4920000

▪ Kiriş Tasarımı

Süneklik düzeyi yüksek olan kirişlerin betonarme tasarımında enkesit koşulları, boyuna donatı koşulları, boyuna donatın düzenlenmesi, enine donatı koşulları ve kirişlerin kesme güvenliği hesabı 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği bölüm 7.4'e dayanarak hesaplanacaktır.

Şekil 4.8 'de kiriş tasarımına bir örnek verilmiştir.



Şekil 4.8: Kiriş kesitlerinin açıklık ortası tasarımı (İTÜ)

Tasarlanan kiriş en uzun açıklığa ait kirişi tasarım amacı ile elde edilmiştir.

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 7.4.1.2 maddesine göre bir yapısal elemanın kiriş olarak tasarlanabilmesi için aşağıdaki denklem (4.7) koşullu sağlamalıdır.

$$N_d \leq 0.10 A_c f_{ck} \quad (4.7)$$

Tasarlanan kiriş boyutları: $300 \times 600 \text{ mm}^2$

$$A_c = 300 \times 600 = 180000 \text{ mm}^2$$

$0.10 A_c f_{ck} = 0.10 \times 180000 \times 25 = 450 \text{ kN} > N_d = 0$ olduğu için yapısal elemanı kiriş olarak tasarlanacaktır.

ETABS 2020 yazılımı ile yapılan analizler sonucunda kirişinde elde edilen tasarım momenti ve donatı bilgileri Tablo 4.47’de verilmiştir.

Tablo 4.47: Kiriş tasarımı kesit özellikleri (ETABS 2020)

	Tasarım -Momenti kN-m	Tasarım N _d kN	- Eğilme donatısı mm ²	+ Eğilme donatısı mm ²	Minimum Donatı mm ²	Gerekli donatı mm ²
Üst taraf (+2 Axis)	-158.1242	0	825	0	429	825
Altı taraf (-2 Axis)	79.0621	0	0	399	429	429

Eğilme donatı alanı: $A_s = 399 \text{ mm}^2$

Minimum donatı alanı: $A_{s,min} = 429 \text{ mm}^2$

Kiriş için seçilen donatı alanı: $603.05 \text{ mm}^2 \rightarrow 3\phi 16$

Tablo 4.48: Kiriş tasarımı mesnet bölgesi kesit bilgileri (ETABS 2020)

Kesme V _{d2} kN	Kesme V _c kN	Kesme V _s kN	Kesme V _p kN	Donatı A _v /S mm ² /m
136.7042	101.92	58.80	61.9793	287.50

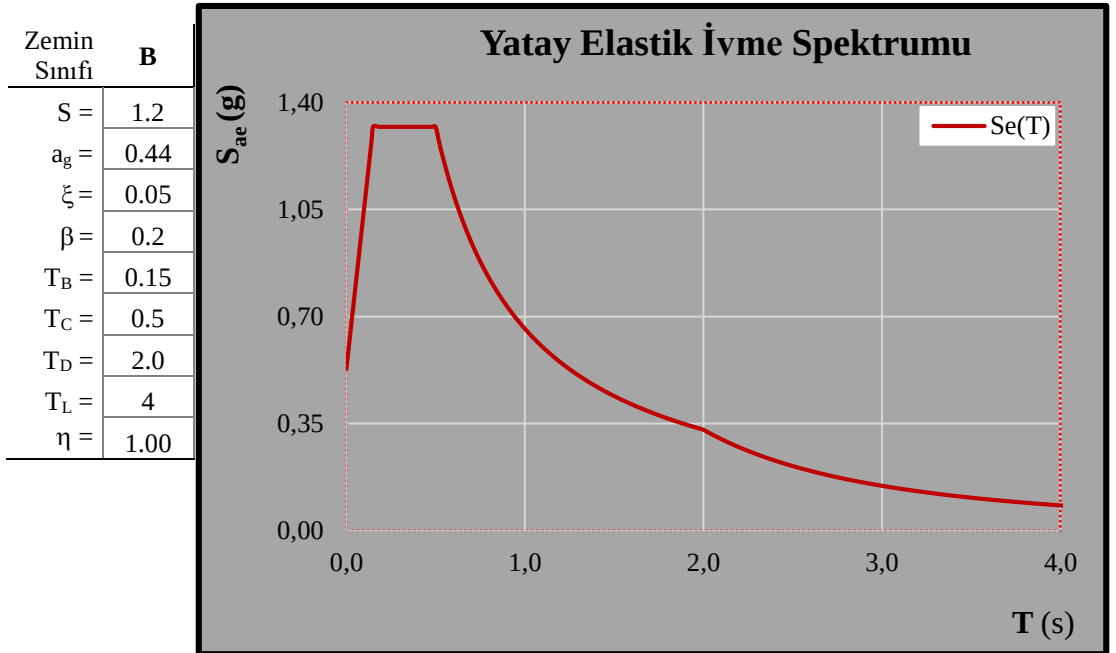
5 ÖRNEK BETONARME YAPININ EUROCOD-8'E GÖRE TASARIMI

5.1 Deprem Spektrumlarının Hesabı

5.1.1 Yatay Elastik İvme Spektrumu

Deprem hesaplarında kullanılacak yatay elastik ivme spektrumu $S_e(T)$, denklem (5.1)'de belirtilen yöntemle hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned}
 S_e(T) &= a_g \times S \left[1 + \frac{T}{T_B} (\eta \times 2.5 - 1) \right] & 0 \leq T \leq T_B \\
 S_e(T) &= a_g \times S \times \eta \times 2.5 & T_B \leq T \leq T_C \\
 S_e(T) &= a_g \times S \times \eta \times 2.5 \frac{T_C}{T} & T_C \leq T \leq T_D \\
 S_e(T) &= a_g \times S \times \eta \frac{T_C \times T_D}{T^2} & T_D \leq T \leq 4 \text{ s}
 \end{aligned} \tag{5.1}$$



Şekil 5.1: Yatay elastik ivme spektrumu (EXCEL)

5.1.2 Davranış Katsayısı İle Tasarım İçin Deprem Spektrumu

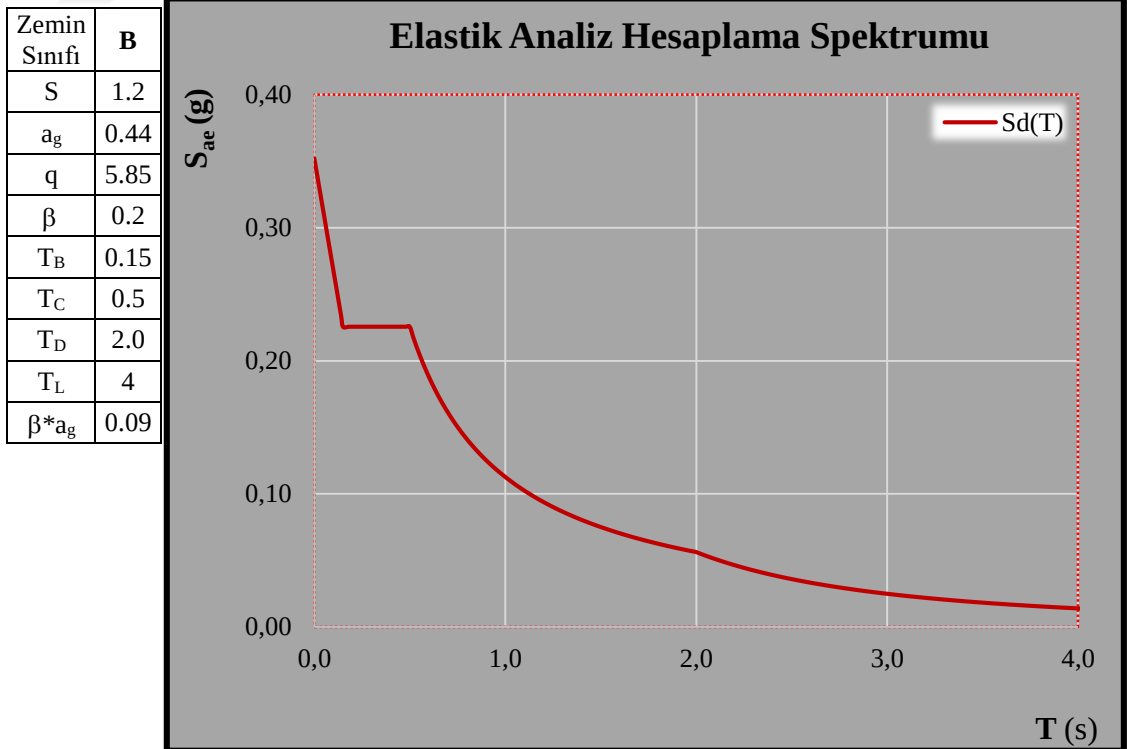
Tasarım spektrumu hesaplanırken yapının lineer olmayan davranışı q davranış katsayısı dikkate alınarak denklem (5.2)'de belirtildiği gibi hesaplanır. Tasarım ivme spektrumu %5 sönüm oranı göz önünde bulundurularak hesap edilmiştir.

$$S_d(T) = a_g \times S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_d(T) = a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) \quad T_B \leq T \leq T_C$$

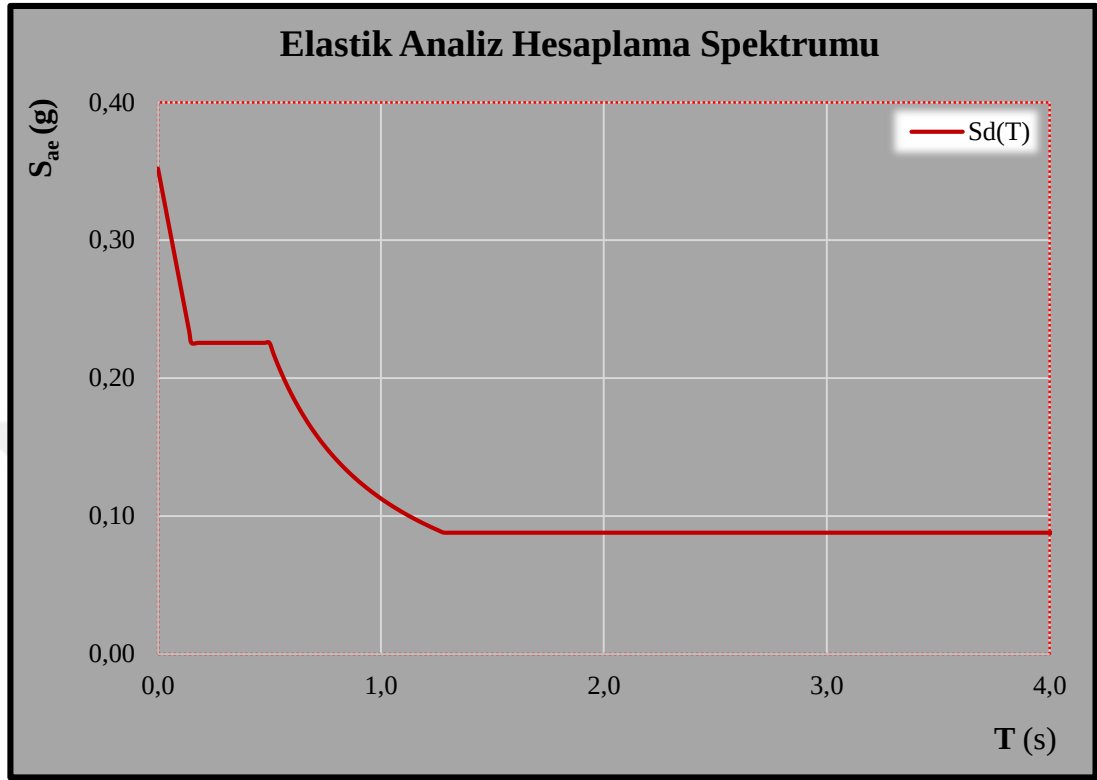
$$S_d(T) = \begin{cases} = a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \times a_g \end{cases} \quad T_C \leq T \leq T_D \quad (5.2)$$

$$S_d(T) = \begin{cases} = a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) \frac{T_C \times T_D}{T^2} \\ \geq \beta \times a_g \end{cases} \quad T_D \leq T \leq 4 \text{ s}$$



Şekil 5.2: Davranış katsayısı ile elastik analiz spektrumu

$S_d(T)$ değeri $\beta \cdot a_g$ değerinden büyük olması şartını dikkate alınarak elastik analiz hesaplama Spektrumu Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3: $\beta \cdot a_g$ Şartını dikkate alınarak elastik analiz spektrumu

5.2 Eşdeğer Deprem Kuvvetlerin Hesabı

Şekil 2.8'e atıfta bulunulan Eurocode-8'den çekimler bina yüksekliğimiz 30m ve 40 m 'den düşük olduğu için ayrıca binanın periyodu yaklaşım formül ve modal analiz yöntemine göre ayrı ayrı hesaplanmış ve bulunan bu periyoda ait değerler açıkça görülmektedir. Ve $4T_C$ ve 2 s 'den daha düşük, bu nedenle eşdeğer yük yöntemi geçerlidir.

Tablo 5.1 ve Tablo 5.2'de sırasıyla yaklaşık yöntem ve modal analiz yöntemi için dikkate alınan parametreler sunulmaktadır.

Tablo 5.1: Yaklaşık yöntem kullanılarak eşdeğer deprem yükü yöntemi

Deprem Bölgesi	Yüksek deprem bölgesi
Zemin sınıfı	$B \rightarrow S = 1.2$; $T_B = 0.15$; $T_C = 0.50$
Bina Yüksekliği	$H_N = 30$ m
Bina Önem Katsayısı	$I = 1$
Yapı Davranış Katsayısı	$q = 5.85$
Yaklaşık Yöntemle bulunan Periyot	$T_{1x} = C_t \cdot H^{3/4} = 0.641$ s ; $T_{1y} = C_t \cdot H^{3/4} = 0.641$ s
$S_d(T_{1x})$	$0.44 \times 9.807 \times 1.2 \times \frac{2.5}{5.85} \times \frac{0.50}{0.641} = 1.726$
$S_d(T_{1y})$	$0.44 \times 9.807 \times 1.2 \times \frac{2.5}{5.85} \times \frac{0.50}{0.641} = 1.726$
λ katsayısı	$T_{x,y} < 2 \cdot T_C = 1.0$ s ve Kat sayısı $> 2 \rightarrow 0.85$
m_t	9337.53 kNs ² /m
m_t	91573.18 kN
F_{bx}	13701.38 kN
F_{by}	13701.38 kN

Tablo 5.2: Modal analiz yöntemi kullanılarak eşdeğer deprem yükü yöntemi

Deprem Bölgesi	Yüksek sismisite bölgesi
Zemin Grubu	$B \rightarrow S = 1.2$; $T_B = 0.15$; $T_C = 0.50$
Bina Yüksekliği	$H_N = 30$ m
Bina Önem Katsayısı	$I = 1$
Yapı Davranış Katsayısı	$q = 5.85$
Modal Analiz'den bulunan Periyot	$T_x = 1.018$ s ; $T_y = 0.962$ s
$S_d(T_x)$	$0.44 \times 9.807 \times 1.2 \times \frac{2.5}{5.85} \times \frac{0.50}{1.018} = 1.087$
$S_d(T_y)$	$0.44 \times 9.807 \times 1.2 \times \frac{2.5}{5.85} \times \frac{0.50}{0.962} = 1.150$
λ katsayısı	$T_x = 1.018$ s $> 2 \cdot T_C = 1.0$ s $\rightarrow 1.0$ $T_y = 0.962$ s $< 2 \cdot T_C = 1$ s ve Kat sayısı $> 2 \rightarrow 0.85$
m_t	9337.53 kNs ² /m
m_t	91573.18 kN
F_{bx}	10148.657 kN
F_{by}	9128.516 kN

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve modal analiz yöntemine göre ayrı ayrı hesaplanan deprem kuvvetlerinin katlara dağıtılması Tablo 5.3 ve Tablo 5.4 'te gösterilmiştir.

Tablo 5.3: Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan kat deprem kuvvetleri

Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kN)	$m_i \times H_i$	$m_i \times H_i / \sum m_i \times H_i$	F_{iEX} (kN)	F_{iEY} (kN)
10	3.00	30	7166.45	214993.61	0.145	1988.873	1988.873
9	3.00	27	9378.52	253220.17	0.171	2342.501	2342.501
8	3.00	24	9378.52	225084.60	0.152	2082.224	2082.224
7	3.00	21	9378.52	196949.02	0.133	1821.946	1821.946
6	3.00	18	9378.52	168813.45	0.114	1561.668	1561.668
5	3.00	15	9378.52	140677.87	0.095	1301.390	1301.390
4	3.00	12	9378.52	112542.30	0.076	1041.112	1041.112
3	3.00	9	9378.52	84406.723	0.057	780.834	780.834
2	3.00	6	9378.52	56271.148	0.038	520.556	520.556
1	3.00	3	9378.52	28135.574	0.019	260.278	260.278
Toplam			91573.18	1481094.4	1	13701.381	13701.381

Tablo 5.4: Modal analiz yöntemi ile hesaplanan kat deprem kuvvetleri

Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kN)	$m_i \times H_i$	$m_i \times H_i / \sum m_i \times H_i$	F_{iEX} (kN)	F_{iEY} (kN)
10	3.00	30	7166.45	214993.61	0.145	1473.165	1325.083
9	3.00	27	9378.52	253220.17	0.171	1735.098	1560.687
8	3.00	24	9378.52	225084.60	0.152	1542.310	1387.277
7	3.00	21	9378.52	196949.02	0.133	1349.521	1213.867
6	3.00	18	9378.52	168813.45	0.114	1156.732	1040.458
5	3.00	15	9378.52	140677.87	0.095	963.944	867.048
4	3.00	12	9378.52	112542.30	0.076	771.155	693.639
3	3.00	9	9378.52	84406.723	0.057	578.366	520.229
2	3.00	6	9378.52	56271.148	0.038	385.577	346.819
1	3.00	3	9378.52	28135.574	0.019	192.789	173.410
Toplam			91573,18	1481094,4	1	10148.657	9128.516

5.3 Eurocode Yönetmeliğine Göre Etkin Kesit Rijitlikleri

Eurocode-8 yönetmeliğine göre dikkate alınan etkin kesit rijitliği çarpanları aşağıdaki Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5: Çatlamış kesit rijitliği çarpanı

Kesit	Çatlamış Kesit Rijitliği Çarpanı
Kolon	0.50
Perde	0.50
Kiriş	0.50
Döşeme	0.50

5.4 Eurocode Yönetmeliğine göre dikkate alınan Yük Birleşimleri

Eurocode yönetmeliğine göre dikkate alınan yük kombinasyonlar aşağıdaki Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6: Dikkate alınan yük kombinasyonları (Eurocode-8)

$1.35G + 1.5Q$	$G + Q$
$G + 0.3Q \pm EXP \pm 0.3 EYP$	$G + 0.3Q \pm EYP \pm 0.3 EXP$
$G + 0.3Q \pm EXP \pm 0.3 EYN$	$G + 0.3Q \pm EYP \pm 0.3 EXN$
$G + 0.3Q \pm EXN \pm 0.3 EYP$	$G + 0.3Q \pm EYN \pm 0.3 EXP$
$G + 0.3Q \pm EXN \pm 0.3 EYN$	$G + 0.3Q \pm EYN \pm 0.3 EXN$
$1.0G \pm EXP \pm 0.3 EYP$	$1.0G \pm EYP \pm 0.3 EXP$
$1.0G \pm EXP \pm 0.3 EYN$	$1.0G \pm EYP \pm 0.3 EXN$
$1.0G \pm EXN \pm 0.3 EYP$	$1.0G \pm EYN \pm 0.3 EXP$
$1.0G \pm EXN \pm 0.3 EYN$	$1.0G \pm EYN \pm 0.3 EXN$

5.5 Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Kontrolü

Planda düzensizlik durumu incelemesi sonucu, planda girinti yapan bölümlerin toplam alanı, bina toplam alanının %5'ini geçmemesi şartı sağladığı için bu tür bir düzensizlik bulunmamaktadır.

Binanın planında anlaşılan ve ortogonal yönlerde ölçülen boyutlar uzun boyutunun kısa boyutuna oranı 4.0' dan az olması şartı sağlanmıştır.

Eurocode-8 'e göre yapı planda düzenli olarak incelenebilmesi koşulları sağlanmıştır.

5.6 Etkin Görelî Kat Ötelenmelerinin İncelemesi

Yapıda kullanılan yapısal olmayan duvar vb. elemanlar gevrek olması durumu da kullanılan etkin görelî kat ötelenmesi hesaplarında (5.3) göz önüne alınmıştır.

$$d_r \cdot v \leq 0.005h \quad (5.3)$$

Tablo 5.7: X yönünde EXN etkin görelî kat ötelenmelerinin kontrollü

Kat	h (m)	d _{imaks} (mm)	d _{iort} (mm)	Δ _{iort} (mm)	d _r (m)	v*d _r /h
10	3.0	62.69	55.58	5.81	0.0022	0.00037
9	3.0	56.10	49.78	6.20	0.0023	0.00039
8	3.0	49.09	43.58	6.50	0.0024	0.00041
7	3.0	41.74	37.08	6.70	0.0025	0.00042
6	3.0	34.18	30.38	6.74	0.0025	0.00042
5	3.0	26.58	23.64	6.54	0.0025	0.00041
4	3.0	19.21	17.10	6.04	0.0023	0.00038
3	3.0	12.41	11.06	5.19	0.0019	0.00032
2	3.0	6.57	5.86	3.92	0.0015	0.00024
1	3.0	2.18	1.95	1.95	0.0007	0.00012

Tablo 5.8: Y yönünde etkin görelî kat ötelenmelerinin kontrollü

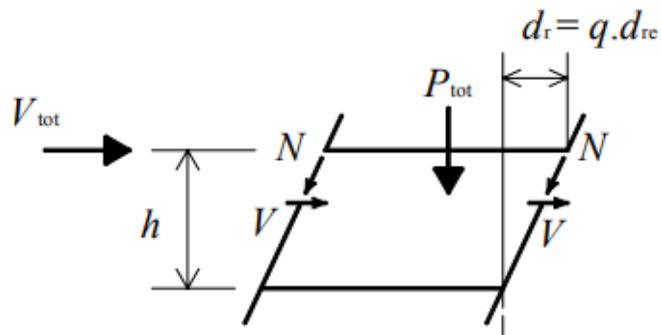
Kat	h (m)	d _{imaks} (mm)	d _{iort} (mm)	Δ _{iort} (mm)	d _r (m)	υ*d _r /h
10	3.0	60.02	52.91	5.75	0.0022	0.00036
9	3.0	53.47	47.16	6.06	0.0023	0.00038
8	3.0	46.57	41.11	6.29	0.0024	0.00040
7	3.0	39.42	34.81	6.44	0.0024	0.00041
6	3.0	32.11	28.37	6.43	0.0024	0.00040
5	3.0	24.82	21.94	6.19	0.0023	0.00039
4	3.0	17.82	15.76	5.67	0.0021	0.00036
3	3.0	11.41	10.09	4.81	0.0018	0.00030
2	3.0	5.98	5.28	3.55	0.0013	0.00022
1	3.0	1.96	1.72	1.72	0.0007	0.00011

Tablolara bakıldığından tüm katlarda eşdeğer deprem yükleri altında $d_r \cdot \nu / h \leq 0.005h$ olduğu için etkin görelî kat ötelemeleri sınırları aşılmamıştır.

5.7 İkincil Mertebe Etkilerinin İncelemesi

Eurocode-8’de ikincil mertebe etkilerinin tahkiki denklem (5.4) ile yapılacaktır.

$$\theta = \frac{P_{tot} d_r}{V_{tot} h_i} \leq 0.10 \quad (5.4)$$

**Şekil 5.4:** Mertebe etkilerinin kabul edilebilirliğinin doğrulanması

Denklem (5.4)'de θ kat yerdeğiştirme kesinliğini ifade eden bir katsayı, P_{tot} deprem hesabı yapılan kat üzerindeki toplam yükü, d_r yapı davranış katsayısı ile artırılmış etkin görelı kat yer değiştirmesini, V_{tot} depremden oluşan toplam taban kesme kuvvetini, h ise kat yüksekliğini karşı gelmektedir.

Tablo 5.9: X yönünde EXN depremi için ikinci merteye kontrolleri

Kat	h (m)	d_r (m)	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	$P_{tot} \cdot d_r$	$V_{tot} \cdot h_i$	θ
10	3.00	0.0022	-4678.18	-1485.77	-10.26	-4457.32	0.00230
9	3.00	0.0023	-10079.61	-3237.37	-23.58	-9712.11	0.00243
8	3.00	0.0024	-15485.46	-4796.00	-37.91	-14388.01	0.00263
7	3.00	0.0025	-20897.01	-6161.47	-52.70	-18484.40	0.00285
6	3.00	0.0025	-26315.67	-7333.50	-66.66	-22000.50	0.00303
5	3.00	0.0025	-31743.04	-8311.78	-77.96	-24935.35	0.00313
4	3.00	0.0023	-37180.72	-9095.95	-84.33	-27287.85	0.00309
3	3.00	0.0019	-42630.11	-9685.57	-82.92	-29056.71	0.00285
2	3.00	0.0015	-48093.70	-10080.14	-70.41	-30240.41	0.00233
1	3.00	0.0007	-53576.87	-10278.92	-39.00	-30836.77	0.00126

Tablo 5.10: Y yönünde EYP depremi için ikinci merteye kontroller

Kat	h (m)	d_r (m)	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	$P_{tot} \cdot d_r$	$V_{tot} \cdot h$	θ
10	3.00	0.0022	-4678.18	-1571.20	-10.22	-4713.61	0.00217
9	3.00	0.0023	-10079.61	-3423.27	-23.16	-10269.81	0.00226
8	3.00	0.0024	-15485.46	-5071.05	-36.92	-15213.15	0.00243
7	3.00	0.0024	-20897.01	-6514.35	-50.93	-19543.05	0.00261
6	3.00	0.0024	-26315.67	-7752.92	-63.89	-23258.76	0.00275
5	3.00	0.0023	-31743.04	-8786.46	-74.15	-26359.39	0.00281
4	3.00	0.0021	-37180.72	-9614.64	-79.46	-28843.91	0.00275
3	3.00	0.0018	-42630.11	-10237.04	-77.20	-30711.12	0.00251
2	3.00	0.0013	-48093.70	-10653.22	-64.35	-31959.65	0.00201
1	3.00	0.0007	-53576.87	-10862.57	-34.99	-32587.72	0.00107

Tablolarda görüldüğü üzere, yapılan kontroller sonucunda tüm katlarda $\theta \leq 0.10$ koşulu sağlanmıştır.

5.8 Mod Birleştirme Yöntemi ile Eurocode-8'e Göre Hesap

Mod birleştirme yöntemi, her bir serbest titreşim modun sismik harekete tepkisini elde ederek ve bunları istatistiksel yöntemlerle birleştirerek maksimum iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin bulunduğu bir yöntemdir. Ancak, tasarlanan binada dikkate alınması için eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılması için gerekli koşullar sağlanmaktadır. Ancak karşılaştırma amacıyla mod birleştirme yönteminde kullanılacak parametreler Tablo 5.11'de verilmektedir.

Tablo 5.11: Mod Birleştirme Yönteminde kullanılacak parametreler

Bina Bilgileri	Yüksek Sismik Risk Bölgesi
Spektrum Tipi	1
Yerel Zemin Sınıfı	$B \rightarrow S = 1.2$; $T_B = 0.15$; $T_C = 0.50$
Bina türü	Konut
Bina Önem Katsayısı	$I = 1$
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	$q_0 = 4.5 \cdot \alpha_u / \alpha_1 = 4.5 \times 1.3 = 5.85$ $q = q_0 \times k_w = 5.85 \times 1.0 = 5.85$

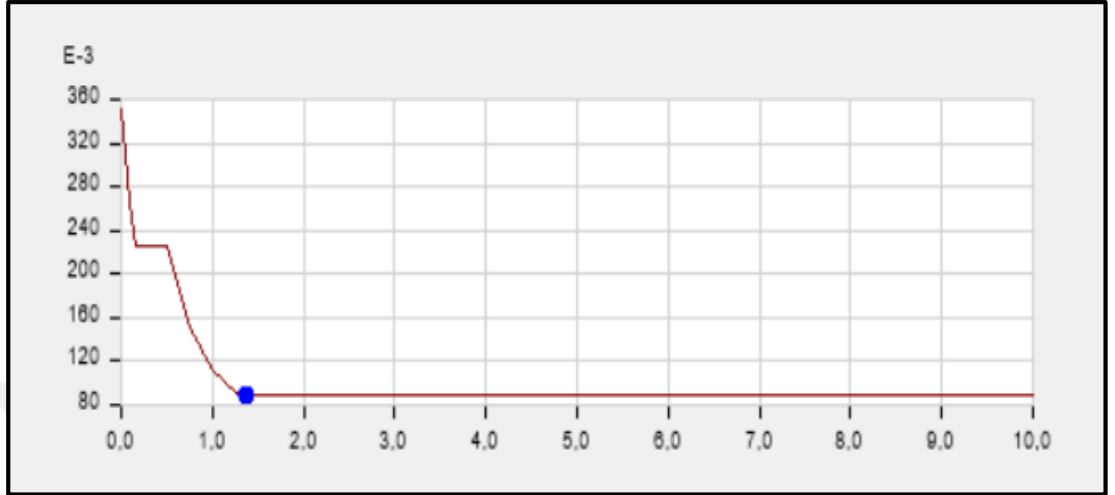
$$S_d(T) = a_g \times S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_d(T) = a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) \quad T_B \leq T \leq T_C$$

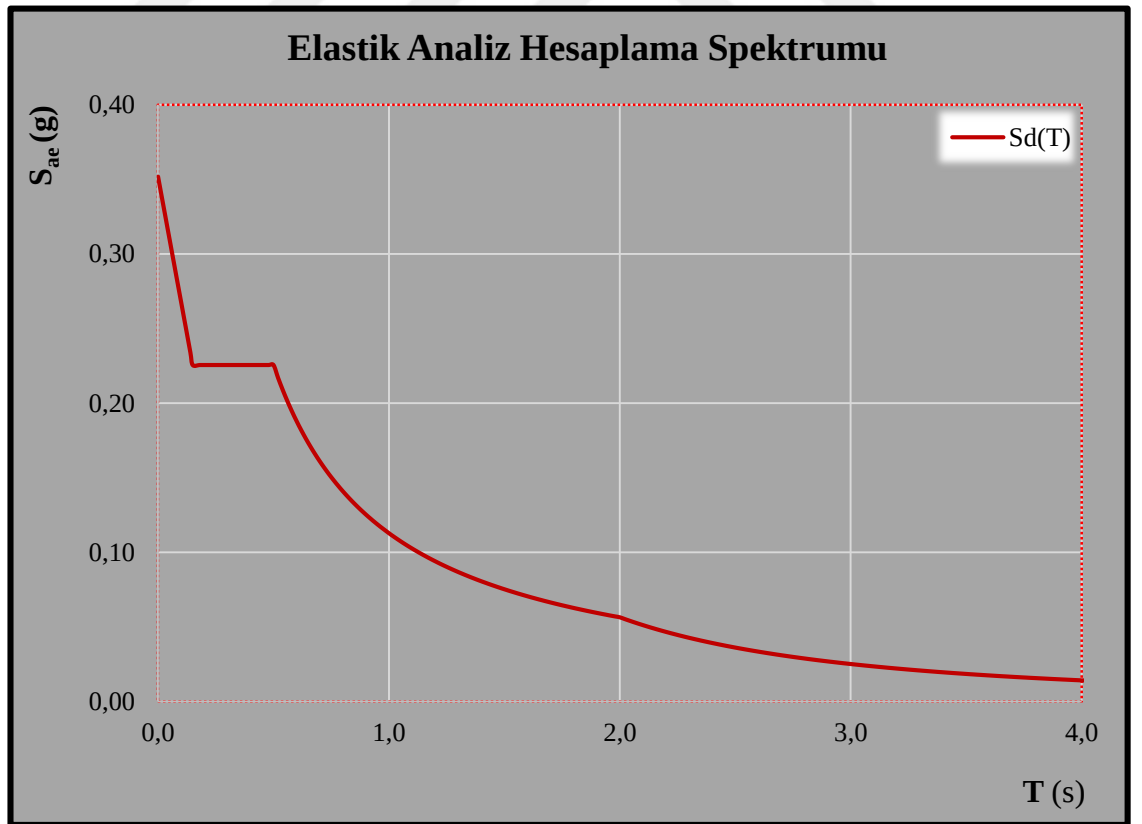
$$S_d(T) = \begin{cases} = a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \times a_g \end{cases} \quad T_C \leq T \leq T_D \quad (5.5)$$

$$S_d(T) = \begin{cases} = a_g \times S \left(\frac{2.5}{q} \right) \frac{T_C \times T_D}{T^2} \\ \geq \beta \times a_g \end{cases} \quad T_D \leq T \leq 4 \text{ s}$$

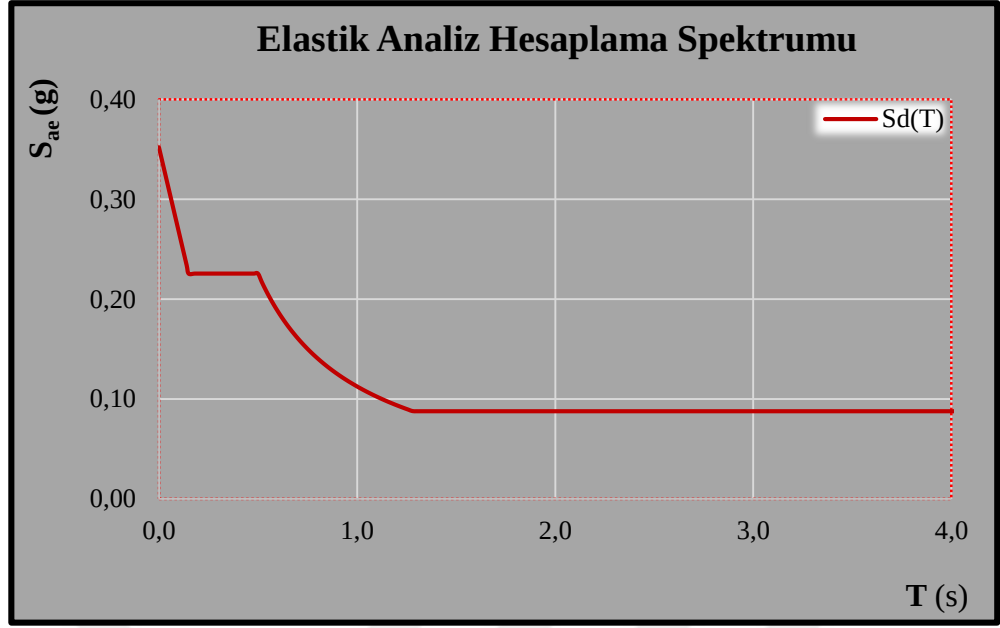
Burada $S_d(T)$ ve q sırasıyla tasarım spektrumu, davranış katsayısını ifade eder, β ise yatay hesaplama spektrumunun alt sınırına karşılık gelen katsayısı olup ve önerilen değeri 0.2'dir.



Şekil 5.5: Eurocode-8'de elastik analiz hesaplama spektrumu (ETABS 2020)



Şekil 5.6: Eurocode-8'de elastik analiz hesaplama spektrumu (EXCEL)



Şekil 5.7: $\beta \cdot a_g$ Şartını dikkate alınarak elastik analiz spektrumu (EXCEL)

Tablo 5.12: Kütle Katılım Oranları (ETABS 2020)

Mod	Periyot (s)	UX	UY	ToplamUX	ToplamUY	RZ	ToplamRZ
1	1.018	0.6947	0	0.6947	0	0.0057	0.0057
2	0.962	0	0.6934	0.6947	0.6934	0	0.0057
3	0.790	0.0057	0	0.7004	0.6934	0.6841	0.6898
4	0.251	0.1784	0	0.8788	0.6934	0.0012	0.6909
5	0.229	0	0.1832	0.8788	0.8766	0	0.6909
6	0.186	0.0012	0	0.8801	0.8766	0.1927	0.8836
7	0.116	0.0601	0	0.9402	0.8766	0.0004	0.8840
8	0.104	0	0.0635	0.9402	0.9401	0	0.8840
9	0.085	0.0003	0	0.9405	0.9401	0.0629	0.9468
10	0.074	0.0275	0	0.9680	0.9401	0.0001	0.9469
11	0.064	0	0.0288	0.9680	0.9689	0	0.9469
12	0.054	0.0000	0	0.9680	0.9689	0.0268	0.9737
13	0.054	0.0145	0	0.9825	0.9689	0	0.9737
14	0.046	0	0.0147	0.9825	0.9836	0	0.9737
15	0.043	0.0083	0	0.9908	0.9836	0.0000	0.9738
16	0.040	0.0001	0	0.9908	0.9836	0.0128	0.9866
17	0.037	0	0.0081	0.9908	0.9916	0	0.9866
18	0.036	0.0048	0	0.9957	0.9916	0.0000	0.9866
19	0.032	0.0000	0	0.9957	0.9916	0.0068	0.9934
20	0.032	0.0027	0	0.9984	0.9916	0.0000	0.9934
21	0.031	0	0.0045	0.9984	0.9962	0	0.9934
22	0.029	0.0012	0	0.9996	0.9962	0.0000	0.9934
23	0.028	0.0000	0	0.9996	0.9962	0.0037	0.9971
24	0.028	0	0.0004	0.9996	0.9965	0	0.9971
25	0.028	0.0003	0	1	0.9965	0	0.9971
26	0.027	0	0.0021	1	0.9986	0	0.9971
27	0.025	0	0.0011	1	0.9997	0	0.9971
28	0.025	0.0000	0	1	0.9997	0.0019	0.9990
29	0.024	0	0	1	0.9997	0	0.9990
30	0.024	0	0.0000	1	0.9997	0	0.9990

▪ **Katlarda Oluşan Kuvvetler Ve Momentler**

ETABS 2020 yazılımından elde edilen katlarda oluşan kuvvet ve moment dağılımının gösterimi (Spektrum X ve Y yönünde) aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 5.13: X ve Y yönünde katlarda oluşan kuvvetler (ETABS 2020)

Kat	Output Case	Step Type	VX	VY
			kN	kN
Kat10	RS_EC8_2004	Maks	1792.561	1886.943
Kat9	RS_EC8_2004	Maks	3273.801	3446.087
Kat8	RS_EC8_2004	Maks	4283.513	4521.092
Kat7	RS_EC8_2004	Maks	5045.056	5353.977
Kat6	RS_EC8_2004	Maks	5697.162	6071.870
Kat5	RS_EC8_2004	Maks	6323.375	6742.924
Kat4	RS_EC8_2004	Maks	6943.765	7383.314
Kat3	RS_EC8_2004	Maks	7522.641	7966.972
Kat2	RS_EC8_2004	Maks	7997.730	8444.283
Kat1	RS_EC8_2004	Maks	8286.243	8737.262

Tablo 5.14: X ve Y yönünde katlarda oluşan momentler (ETABS 2020)

Kat	Output Case	Step Type	MX	MY
			kN-m	kN-m
Kat10	RS_EC8_2004	Maks	5660.828	5377.684
Kat9	RS_EC8_2004	Maks	15835.588	15039.098
Kat8	RS_EC8_2004	Maks	28905.759	27428.479
Kat7	RS_EC8_2004	Maks	44052.802	41700.951
Kat6	RS_EC8_2004	Maks	60873.652	57437.389
Kat5	RS_EC8_2004	Maks	79211.201	74510.317
Kat4	RS_EC8_2004	Maks	99029.669	92950.897
Kat3	RS_EC8_2004	Maks	120296.541	112798.593
Kat2	RS_EC8_2004	Maks	142894.014	133982.395
Kat1	RS_EC8_2004	Maks	166565.394	156259.039

Tablo 5.15: EXN depremi için kat momentleri (ETABS 2020)

Kat	MY
	kN-m
Kat10	-4457.317
Kat9	-14169.424
Kat8	-28557.435
Kat7	-47041.839
Kat6	-69042.338
Kat5	-93977.685
Kat4	-121265.532
Kat3	-150322.243
Kat2	-180562.649
Kat1	-211399.416

Tablo 5.16: EYP depremi için kat momentleri (ETABS 2020)

Kat	MX
	kN-m
Kat10	4713.613
Kat9	14983.420
Kat8	30196.568
Kat7	49739.616
Kat6	72998.375
Kat5	99357.766
Kat4	128201.671
Kat3	158912.788
Kat2	190872.438
Kat1	223460.154

▪ **Kat Deplasmanlarının Hesabı (X ve Y yönü)**

ETABS 2020 yazılımından elde edilen kat deplasmanların gösterimi (X ve Y yönünde) aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 5.17: EXN depremi mutlak kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları (ETABS 2020)

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	62.686	55.582	1.128
Kat 9	56.103	49.776	1.127
Kat 8	49.088	43.577	1.126
Kat 7	41.744	37.08	1.126
Kat 6	34.177	30.377	1.125
Kat 5	26.578	23.640	1.124
Kat 4	19.211	17.100	1.123
Kat 3	12.408	11.056	1.122
Kat 2	6.574	5.863	1.121
Kat 1	2.183	1.947	1.121

Tablo 5.18: EYP depremi kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları (ETABS 2020)

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	60.02	52.913	1.134
Kat 9	53.467	47.163	1.134
Kat 8	46.573	41.106	1.133
Kat 7	39.42	34.813	1.132
Kat 6	32.109	28.371	1.132
Kat 5	24.824	21.944	1.131
Kat 4	17.818	15.755	1.131
Kat 3	11.407	10.085	1.131
Kat 2	5.975	5.277	1.132
Kat 1	1.96	1.724	1.137

Tablo 5.19: Spektrum X yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları
(ETABS 2020)

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	50.927	46.112	1.104
Kat 9	45.423	41.158	1.104
Kat 8	39.6	35.907	1.103
Kat 7	33.566	30.456	1.102
Kat 6	27.414	24.893	1.101
Kat 5	21.295	19.351	1.10
Kat 4	15.401	14.007	1.099
Kat 3	9.974	9.081	1.098
Kat 2	5.315	4.844	1.097
Kat 1	1.787	1.63	1.097

Tablo 5.20: Spektrum Y yönünde kat mutlak maksimum ve ortalama deplasmanları
(ETABS 2020)

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	46.406	43.298	1.072
Kat 9	41.224	38.479	1.071
Kat 8	35.797	33.429	1.071
Kat 7	30.209	28.224	1.070
Kat 6	24.549	22.946	1.070
Kat 5	18.954	17.723	1.069
Kat 4	13.604	12.724	1.069
Kat 3	8.724	8.161	1.069
Kat 2	4.589	4.291	1.069
Kat 1	1.52	1.418	1.072

▪ **Görelî Kat Ötelenmelerinin Gösterimi (X ve Y yönü)**

ETABS 2020 yazılımından elde edilen Görelî Kat Ötelenmelerinin gösterimi (X ve Y yönünde)

Tablo 5.21: EXN depremi için maksimum ve ortalama görelî kat ötelenmeleri (ETABS 2020).

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	6.583	5.806	1.134
Kat 9	7.016	6.199	1.132
Kat 8	7.343	6.497	1.130
Kat 7	7.567	6.703	1.129
Kat 6	7.599	6.738	1.128
Kat 5	7.367	6.539	1.127
Kat 4	6.803	6.045	1.125
Kat 3	5.834	5.192	1.124
Kat 2	4.391	3.916	1.121
Kat 1	2.183	1.947	1.121

Tablo 5.22: EYP depremi için maksimum ve ortalama görelî kat ötelenmeleri (ETABS 2020).

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	6.553	5.75	1.14
Kat 9	6.894	6.057	1.138
Kat 8	7.153	6.293	1.137
Kat 7	7.311	6.441	1.135
Kat 6	7.285	6.427	1.133
Kat 5	7.007	6.189	1.132
Kat 4	6.411	5.669	1.131
Kat 3	5.432	4.808	1.130
Kat 2	4.014	3.553	1.13
Kat 1	1.96	1.724	1.137

Tablo 5.23: Spektrum X için maksimum ve ortalama göreli kat ötelenmeleri
(ETABS 2020)

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	5.594	5.04	1.110
Kat 9	5.94	5.364	1.107
Kat 8	6.159	5.57	1.106
Kat 7	6.264	5.672	1.104
Kat 6	6.208	5.627	1.103
Kat 5	5.956	5.403	1.102
Kat 4	5.464	4.963	1.101
Kat 3	4.678	4.255	1.099
Kat 2	3.535	3.222	1.097
Kat 1	1.787	1.618	1.105

Tablo 5.24: Spektrum Y için maksimum ve ortalama göreli kat ötelenmeleri
(ETABS 2020)

Kat	Maksimum	Ortalama	Oranı
	mm	mm	
Kat 10	5.246	4.882	1.074
Kat 9	5.51	5.133	1.074
Kat 8	5.674	5.291	1.072
Kat 7	5.739	5.356	1.071
Kat 6	5.656	5.284	1.07
Kat 5	5.392	5.041	1.07
Kat 4	4.906	4.589	1.069
Kat 3	4.149	3.884	1.068
Kat 2	3.074	2.878	1.068
Kat 1	1.52	1.409	1.079

5.9 Betonarme Eleman Kesitlerinin Tasarımı

• Kolon Eğilme Tasarımı

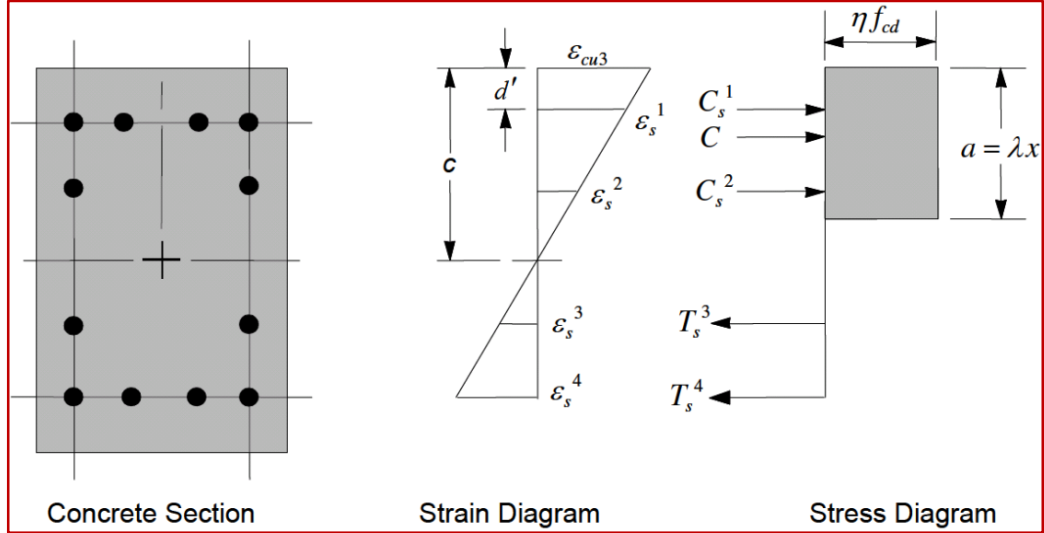
ETABS 2020 yazılımı yardımıyla Eurocode-2 madde 3.1.7'e göre kombinasyonların en olumsuz yükleme göre S01 ve S02 kolonun kesit tasarım bilgileri ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Kolonun kesit özellikleri Tablo 5.25'te özetlenmiştir;

Tablo 5.25: Kolon kesit tanımı

S01	S02
500×500 mm	700×700 mm

Eurocode-2'den kolon kesiti eğilme tanımı Şekil 5.8'de verilmiştir;



Şekil 5.8: Kolon kesiti eğilme tasarımı (Eurocode-2)

Tablo 5.26: G+0.3Q-EYP+0.3EXP için kolon S01 bilgileri (ETABS-2020)

Tasarım N_{Ed} kN	Tasarım M_{d2} kN-m	Tasarım M_{d3} kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Donatı alanı mm ²	Donatı yüzdesi %	D/C Oranı Birimsiz
2219.507	-85.549	44.390	44.390	44.390	2500	1	0.54

Tablo 5.27: 1.35G+1.5Q için Kolon S01 bilgileri (ETABS 2020)

Tasarım N_{Ed} kN	Tasarım M_{d2} kN-m	Tasarım M_{d3} kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Donatı alanı mm ²	Donatı yüzdesi %	D/C Oranı Birimsiz
2382.923	-47.6585	47.6585	47.6585	47.6585	2500	1	0.53

Tablo 5.28: G+0.3Q-EYP+0.3EXP için Kolon S02 Bilgileri (ETABS 2020)

Tasarım N_{Ed} kN	Tasarım M_{d2} kN-m	Tasarım M_{d3} kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Donatı alanı mm ²	Donatı yüzdesi %	D/C Oranı Birimsiz
3837.073	-191.614	89.532	89.532	89.532	4900	1	0.46

Tablo 5.29: 1.35G+1.5Q için Kolon S02 bilgileri (ETABS 2020)

Tasarım N_{Ed} kN	Tasarım M_{d2} kN-m	Tasarım M_{d3} kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Donatı alanı mm ²	Donatı yüzdesi %	D/C Oranı Birimsiz
5319.2268	-124.1153	124.1153	124.1153	124.1153	4900	1	0.59

ETABS 2020 yazılımı yardımı ile yapılan analizler altında S01 ve S02 kolonu kesite ait kesme bilgileri sırasıyla Tablo 5.30, Tablo 5.31, Tablo 5.32 ve Tablo 5.33'te gösterilmiştir.

Tablo 5.30: ETABS 2020 G+0.3Q-EYP+0.3EXP için kolon S01 kesme kuvvetleri
(ETABS 2020)

	Kesme V_{Ed} kN	Kesme V_{Rdc} kN	Kesme V_{Rds} kN	Kesme V_{Rdmks} kN	$\tan(\theta)$ Birimsiz	Donatı A_{sw}/S mm ² /m
Major, V_{d2}	225.6267	217.0426	225.6267	891.0038	1	1560.06
Minor, V_{d3}	239.9979	217.0426	239.9979	891.0038	1	1659.43

Tablo 5.31: ETABS 2020 1.35G+1.5Q için kolon S01 kesme kuvvetleri (ETABS 2020)

	Kesme V_{Ed} kN	Kesme V_{Rdc} kN	Kesme V_{Rds} kN	Kesme V_{Rdmks} kN	$\tan(\theta)$ Birimsiz	Donatı A_{sw}/S mm ² /m
Major, V_{d2}	26.7699	217.0426	0	891.0038	1	0
Minor, V_{d3}	24.7111	217.0426	0	891.0038	1	0

Tablo 5.32: ETABS 2020 G+Q+EXN+0.3EYN için kolon S02 kesme kuvvetleri
(ETABS 2020)

	Kesme V_{Rd} kN	Kesme V_{Rdc} kN	Kesme V_{Rds} kN	Kesme V_{Rdmks} kN	$\tan(\theta)$ Birimsiz	Donatı A_{sw}/S mm ² /m
Major, V_{d2}	613.5738	424.411	613.5738	1814.4053	1	2916.70
Minor, V_{d3}	682.2934	424.411	682.2934	1814.4053	1	3243.37

Tablo 5.33: ETABS 2020 1.35G+1.5Q için kolon S02 Kesme Kuvvetleri (ETABS 2020)

	Kesme V_{Rd} kN	Kesme V_{Rdc} kN	Kesme V_{Rds} kN	Kesme V_{Rdmks} kN	$\tan(\theta)$ Birimsiz	Donatı A_{sw}/S mm ² /m
Major, V_{d2}	1.8962	424.411	0	1814.4053	1	0
Minor, V_{d3}	3.6263	424.411	0	1814.4053	1	0

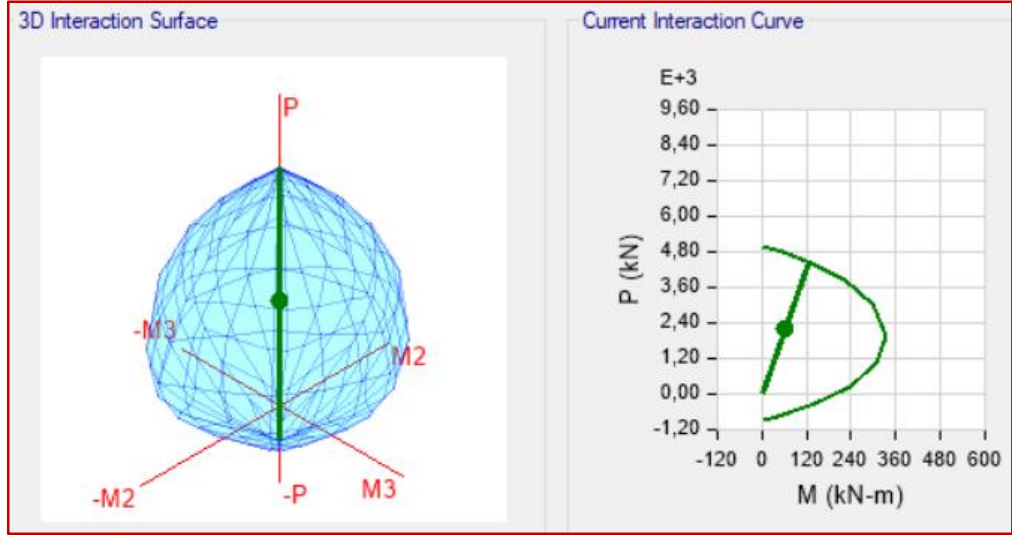
Tablo 5.34 ve Tablo 5.35'te ETABS 2020 yazılımı ile elde edilen etkileşim diyagramına ait normal kuvvet moment değerleri verilmiştir.

Tablo 5.34: Kolon S01 için moment ve normal kuvvet değerleri (ETABS 2020)

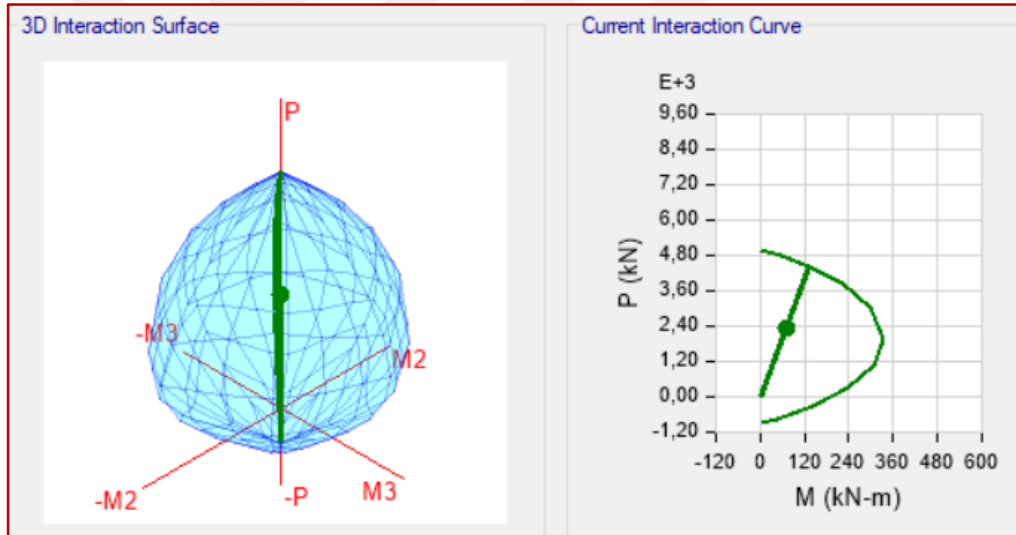
1.35G+1.5Q			G+0.3Q-EYP+0.3EXP		
P kN	M2 kN-m	M3 kN-m	P kN	M2 kN-m	M3 kN-m
5000	0	0	5000	0	0
4779.833	38.717	-43.1995	4781.591	40.8233	-40.8233
4437.967	89.4102	-99.7618	4446.810	93.9805	-93.9805
3848.106	148.8711	-166.1068	3862.356	157.4363	-157.4363
3017.843	198.1579	-221.0999	3030.619	210.7734	-210.7734
1965.095	220.7866	-246.3484	1956.409	235.0821	-235.0821
1071.147	205.1207	-228.8688	1054.804	217.8333	-217.8333
286.978	157.9267	-176.2109	277.803	167.2352	-167.2352
-336.163	93.5491	-104.3799	-341.505	98.5347	-98.5347
-750.254	30.9004	-34.478	-771.091	29.0512	-29.0512
-913.044	0	0	-913.044	0	0

Tablo 5.35: Kolon S02 için moment ve normal kuvvet değerleri (ETABS 2020)

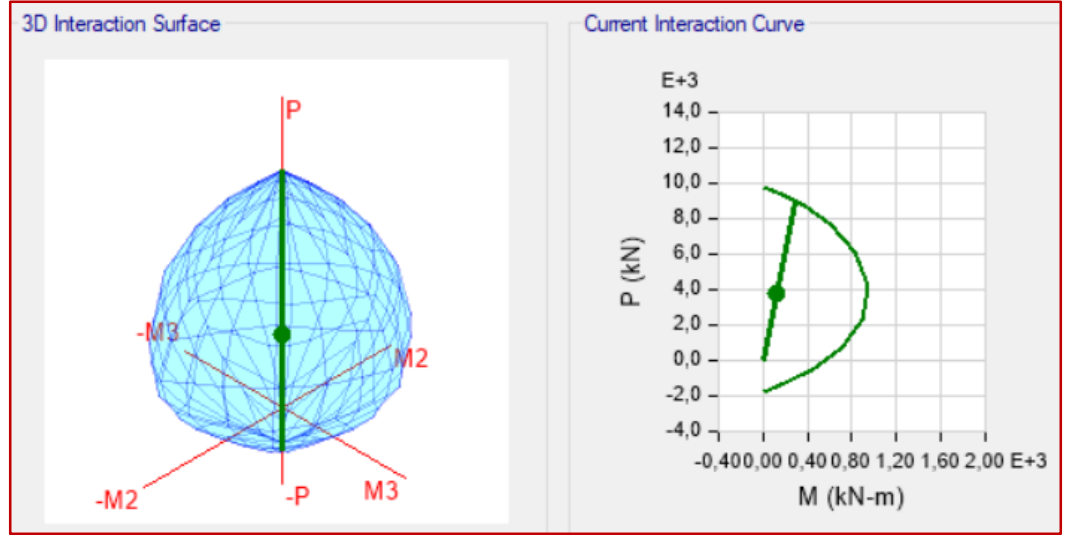
1.35G + 1.5Q			G+0.3Q-EYP+0.3EXP		
P kN	M2 kN-m	M3 kN-m	P kN	M2 kN-m	M3 kN-m
9800	0	0	9800	0	0
9369.936	115.701	115.701	9369.936	-115.701	115.701
8752.373	257.2649	257.2649	8752.373	-257.2649	257.2649
7670.890	429.6642	429.6642	7670.890	-429.6642	429.6642
6148.358	581.539	581.539	6148.358	-581.539	581.539
4179.230	668.1879	668.1879	4179.230	-668.1879	668.1879
2341.467	634.9844	634.9844	2341.467	-634.9844	634.9844
771.795	503.4206	503.4206	771.795	-503.4206	503.4206
-510.059	311.7083	311.7083	-510.059	-311.7083	311.7083
-1414.358	111.095	111.095	-1414.358	-111.095	111.095
-1789.565	0	0	-1789.565	0	0



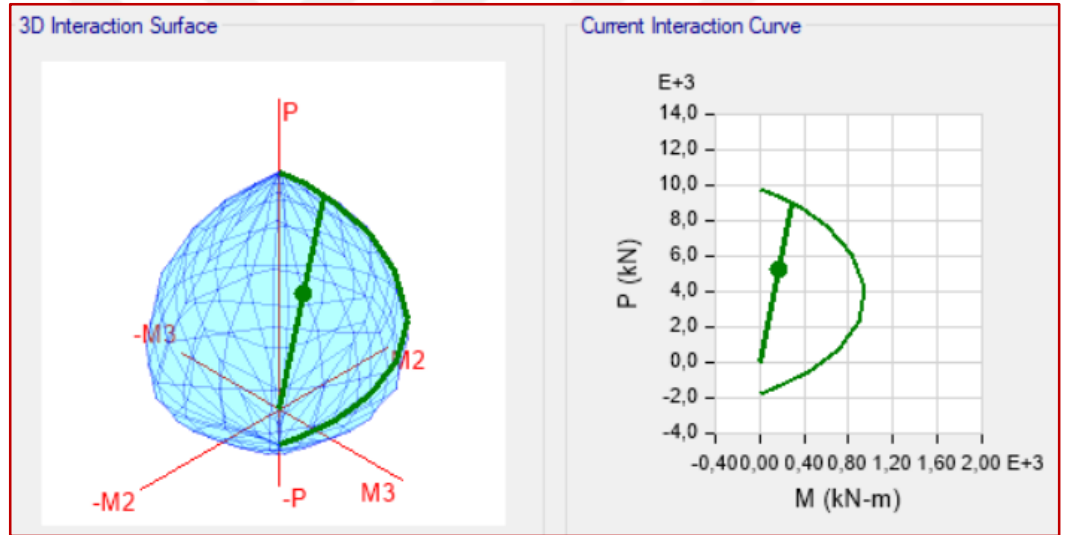
Şekil 5.9: $G+0.3Q-EYP+0.3EXP$ için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı (ETABS 2020)



Şekil 5.10: $1.35G+1.5Q$ için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı (ETABS 2020)



Şekil 5.11: $G+0.3Q-EYP+0.3EXP$ için kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı (ETABS 2020)



Şekil 5.12: $1.35G+1.5Q$ için Kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı (ETABS 2020)

▪ Perdelerin Tasarımı

ETABS 2020 yazılımından elde edilen normal kuvvet momenti etkileşimleri ile birlikte 3'-3' aksı üzerinde bulunan P01 perde kesiti tasarım bilgileri Tablo 5.36'da sunulmaktadır.

Perde boyutları: 300×3000 mm

Tablo 5.36: Perde P01 tasarım hakkında bilgileri (ETABS 2020)

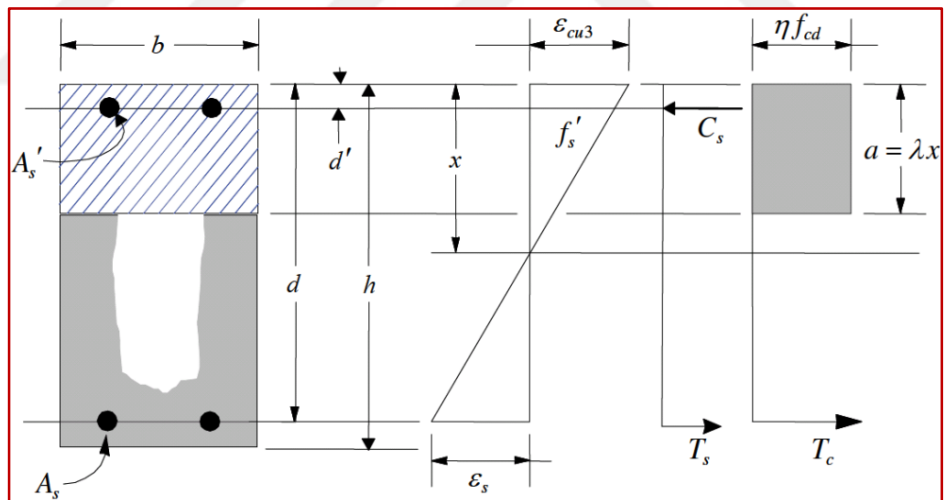
	Gerekli donatı alanı mm ²	Gerekli Donatı oranı	Mevcut Donatı oranı	Eğilme Kombinasyonu	N _{Ed} kN	M _{Ed2} kN-m	M _{Ed3} kN-m	Pier A _g mm ²
Üst	43475	0.0087	0.0127	G-EXP+0.3EYP	12604.2	10485.3	-52205.9	5010000
Altı	51038	0.0104	0.0107	G-EXP+0.3EYP	12988.7	12590.8	-56285.2	4920000

- **Kirişlerin Tasarımı**

ETABS 2020 yazılımı yardımıyla kolayca Eurocode-2 bölüm 3.1.7 'ye göre kolonun kesit tasarımı hakkında bilgileri ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Kiriş boyutları: 300×600 mm

En uzun açıklığa sahip giriş kesiti örnek tasarım amacı ile sunulmuştur.



Şekil 5.13: Kolon kesiti eğilme tanımı (Eurocode-2)

ETABS 2020 yazılımı ile yapılan analizler sonucunda K105 kirişinde elde edilen tasarım momenti ve donatı bilgileri Tablo 5.37’de verilmiştir.

Tablo 5.37: Kiriş tasarımı kesit bilgileri (ETABS 2020)

	Tasarım -Momenti kN-m	Tasarım N _{Ed} kN	- Eğilme Donatısı mm ²	+ Eğilme Donatısı mm ²	Minimum Donatı mm ²	Gerekli Donatı mm ²
Üst (+2 Axis)	-105.424	0	534	0	513	534
Altı (+2 Axis)	52.712	0	0	262	513	513

+Eğilme donatı alanı: 262 mm²

Kiriş için seçilen donatı alanı: 603 mm² → 3φ16

ETABS 2020 yazılımı ile yapılan analizler sonucunda kirişinde elde edilen tasarım mesnet bölgesi kesit bilgileri Tablo 5.38’de verilmiştir.

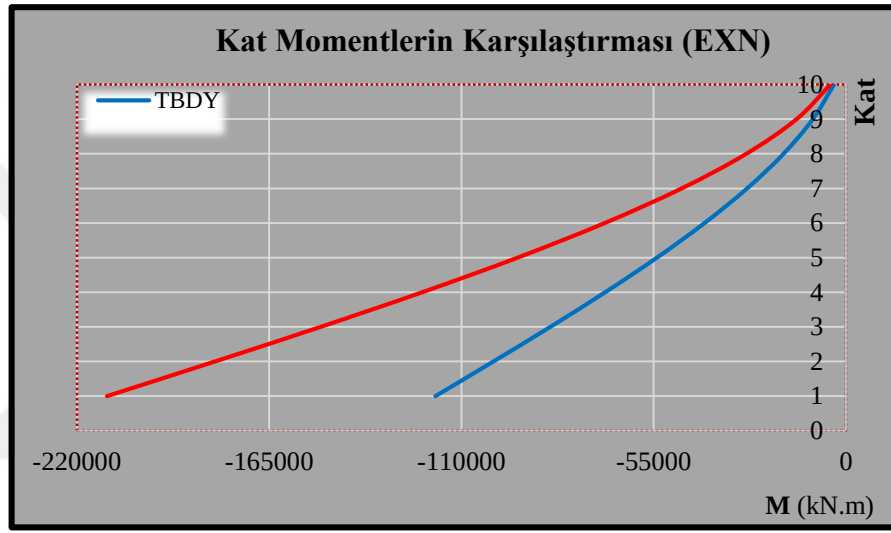
Tablo 5.38: Kiriş tasarımı mesnet bölgesi kesit bilgileri (ETABS 2020)

Kesme V _{Ed} kN	θ deg	tan (θ)	Kesme V _{Rdc} kN	Kesme V _{Rds} kN	Kesme V _{Rdmaks} kN	A _{sw} /S mm ² /m
65.078	45	1	72.813	94.867	680.40	515.39

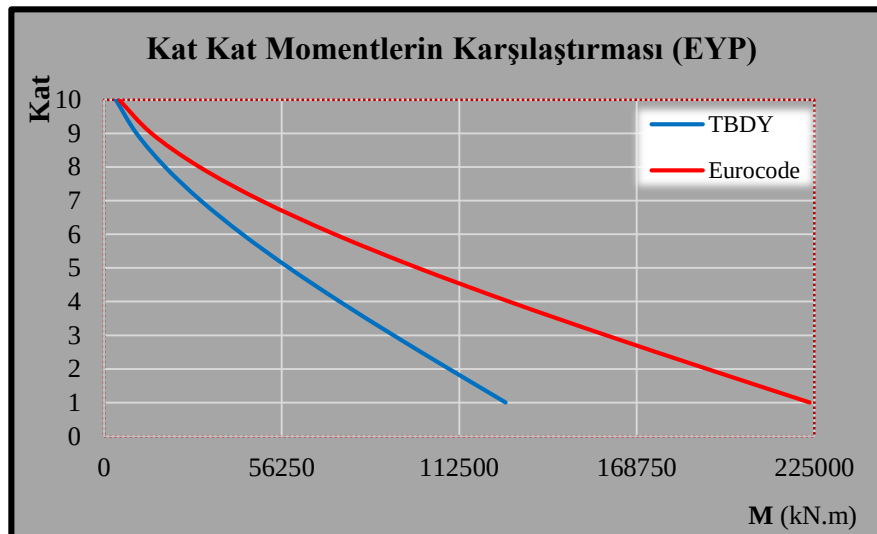
6 ELDE EDİLEN SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

6.1 Moment Diyagramları

X ve Y yönleri için TBDY-2018 ve Eurocode-8'in kat moment diyagramlarının karşılaştırılması Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan kat momentlerinin TBDY-2018' yöntemine göre hesaplanan değerlerden çok daha yüksek olduğunu göstermiştir.



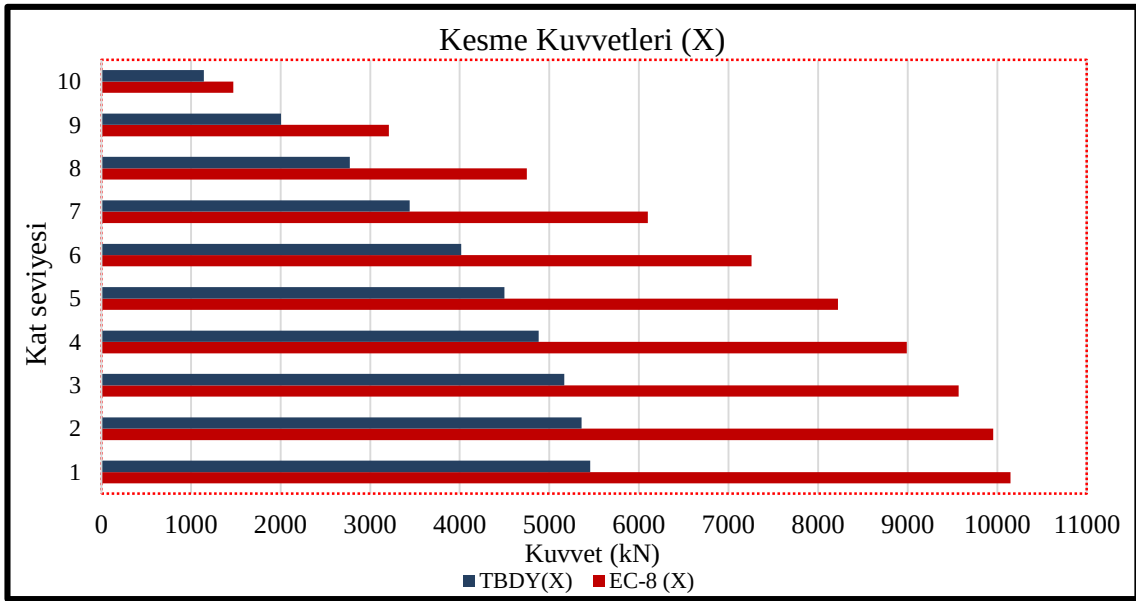
Şekil 6.1: X yönünde TBDY-2018 ve Eurocode-8'in kat momentlerinin karşılaştırılması



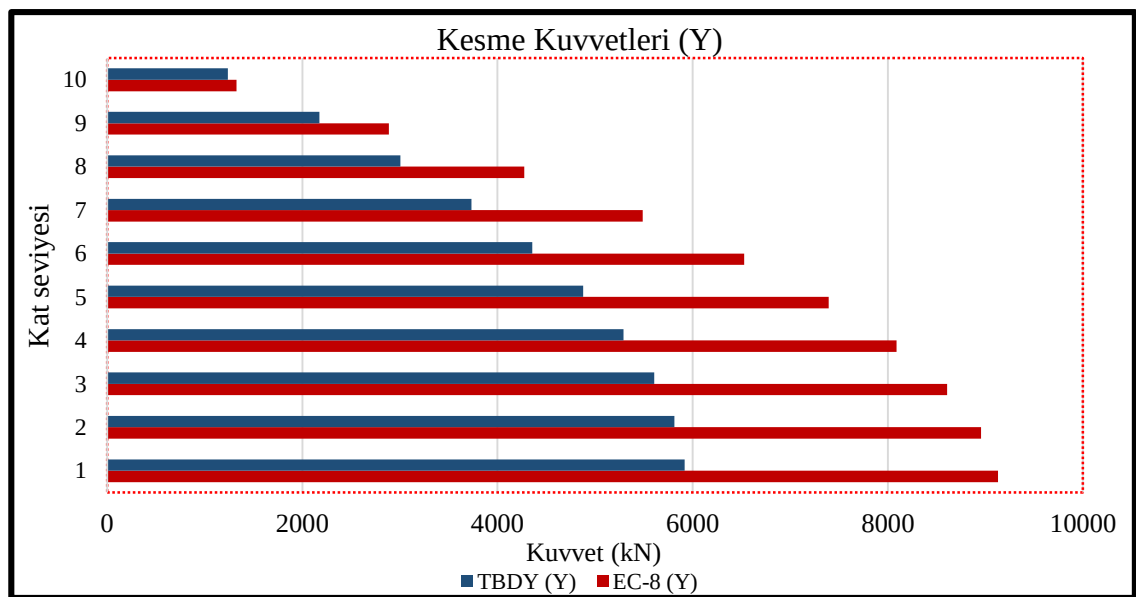
Şekil 6.2: X yönünde TBDY-2018 ve Eurocode-8'in kat momentlerinin karşılaştırılması

6.2 Kesme Diyagramları

ETABS 2020 yazılımı yardımı ile sırası ile X yönünde (EXN) ve Y yönünde (EYP) için bulunan kat kesme diyagramları sırasıyla Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te verilmiştir. Elde edilen değerler Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan kat kesme kuvvetlerinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan daha yüksek deprem kuvvetlerinin bir sonucudur

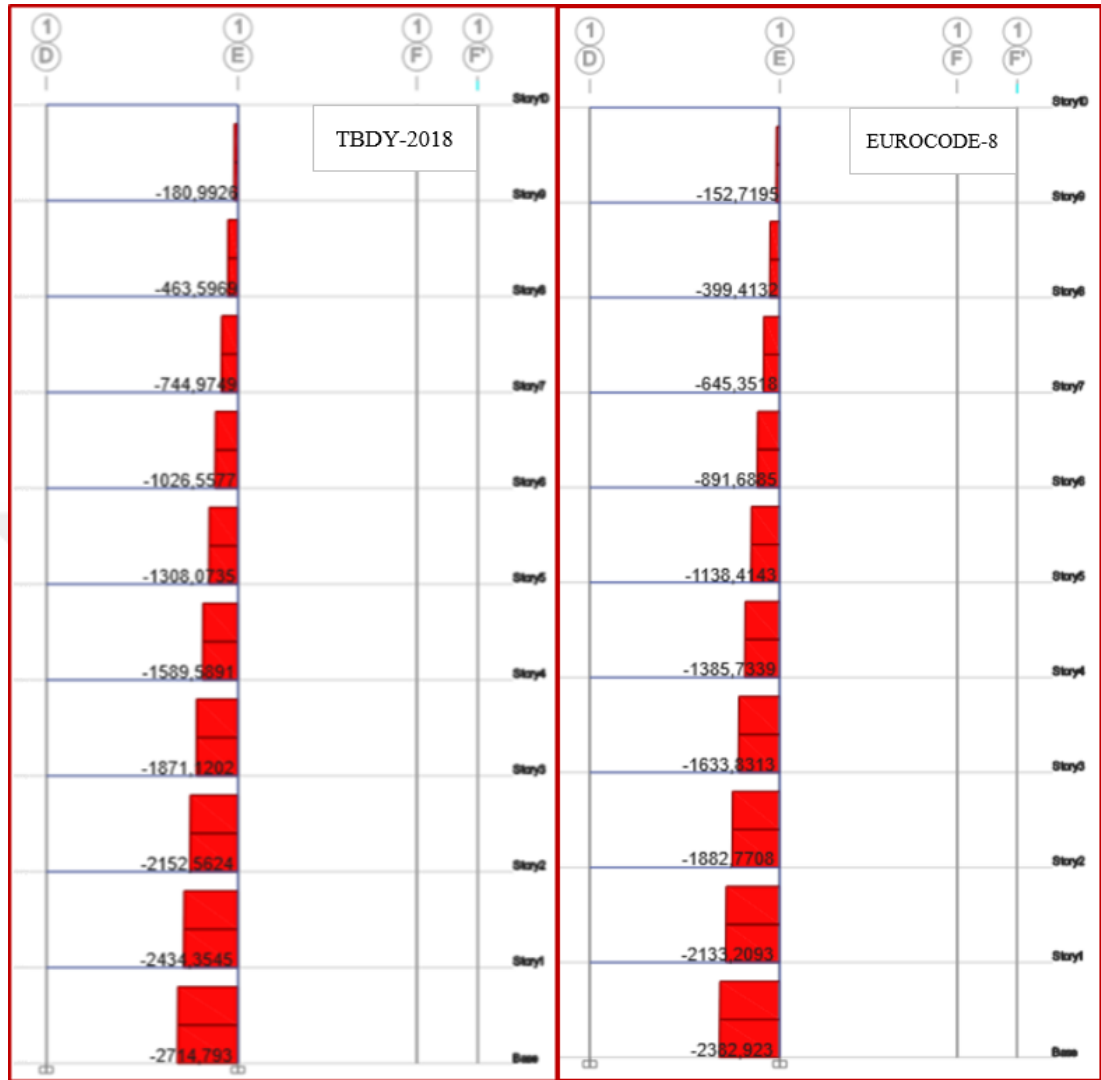


Şekil 6.3: X yönünde TBDY-2018 ve Eurocode-8 kesme diyagramları



Şekil 6.4: Y yönünde TBDY-2018 ve Eurocode-8 kesme diyagramları

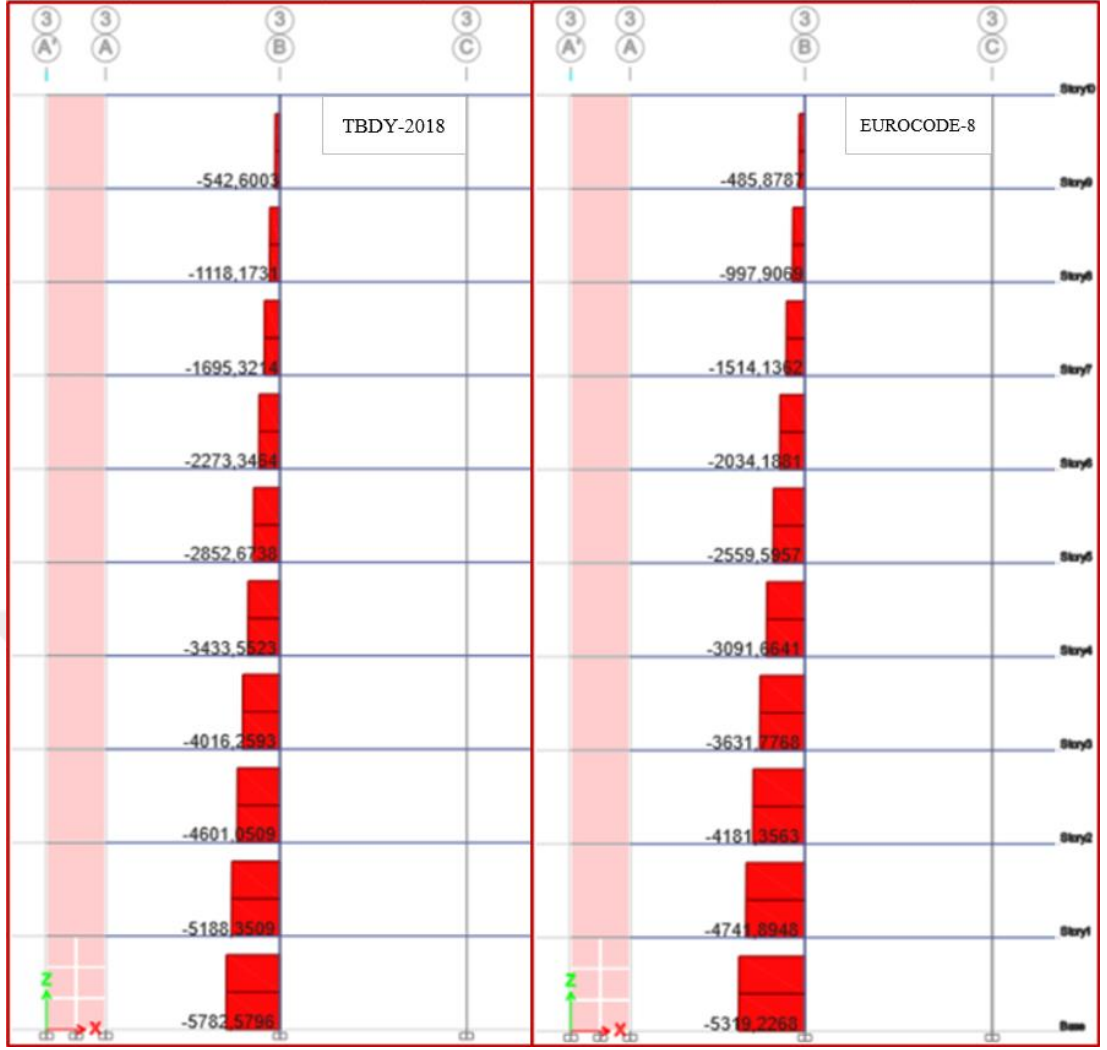
6.3 Eksenel Kuvvet



Şekil 6.5: S01 Kolon için TBDY-2018 ve Eurocode-8 eksenel kuvvetleri

Tablo 6.1: Kolon S01 için TBDY-2018 ve Eurocode-8 eksenel kuvvet değerleri

Kat No.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
TBDY (kN)	-181	-463.6	-745	-1027	-1308	-1590	-1871	-2153	-2434	-2715
Eurocode (kN)	-152.7	-399.4	-645.4	-891.7	-1138	-1386	-1634	-1883	-2133	-2383



Şekil 6.6: Kolon S02 için TBDY-2018 ve Eurocode-8 eksenel kuvvet

Tablo 6.2: Kolon S02 için TBDY-2018 ve Eurocode-8 eksenel kuvvet değerleri

Kat No.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
TBDY (kN)	-542.6	-1118.2	-1695.3	-2273.3	-2852.7	-3433.6	-4016.3	-4061.1	-5188.4	-5782.6
Eurocode (kN)	-485.9	-997.91	-1514.1	-2034.2	-2559.6	-3091.7	-3631.8	-4181.4	-4741.9	-5319.2

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 ve Eurocode-8'in yük sırasıyla 1.4G+1.6Q ve 1.35G+1.5Q kombinasyonlarının etkisi altında eksenel kuvvetler hesaplanmıştır.

Hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, Eurocode-8'e göre hesaplanan eksenel kuvvetlerin daha küçük olduğunu göstermektedir.

6.4 Kat Deplasmanların Karşılaştırılması

2018 Türk Bina Deprem Yönetmeliği ve Eurocode gibi iki yönetmeliğe göre yapılan analizlerin ardından, depremin (EXN) ve (EYP) iki ortogonal yönünün ek eksantriklik etkileri dikkate alınarak katların maksimum deplasmanları ve ortalama deplasmanları karşılaştırılmıştır. Ve karşılaştırma sırası ile Tablo 6.3, Tablo 6.4, Tablo 6.5 ve Tablo 6.6’da gösterilmiştir.

Tablo 6.3: X yönünde mutlak maksimum kat deplasmanların karşılaştırılması

Kat	TBDY-2018 (mm)	Eurocode (mm)
Kat 10	40.927	62.686
Kat 9	36.359	56.103
Kat 8	31.562	49.088
Kat 7	26.625	41.744
Kat 6	21.619	34.177
Kat 5	16.670	26.578
Kat 4	11.942	19.211
Kat 3	7.636	12.408
Kat 2	3.995	6.574
Kat 1	1.298	2.183

Tablo 6.4: Y yönünde mutlak maksimum kat deplasmanların karşılaştırılması

Kat	TBDY-2018 (mm)	Eurocode (mm)
Kat 10	38.227	60.02
Kat 9	33.880	53.467
Kat 8	29.346	46.573
Kat 7	24.696	39.42
Kat 6	19.998	32.109
Kat 5	15.369	24.824
Kat 4	10.963	17.818
Kat 3	6.971	11.407
Kat 2	3.621	5.975
Kat 1	1.171	1.96

Tablo 6.5: X yönünde mutlak ortalama kat deplasmanların karşılaştırılması

Kat	TBDY-2018 (mm)	Eurocode (mm)
Kat 10	36.396	55.582
Kat 9	32.347	49.776
Kat 8	28.091	43.577
Kat 7	23.706	37.08
Kat 6	19.258	30.377
Kat 5	14.857	23.64
Kat 4	10.649	17.1
Kat 3	6.814	11.056
Kat 2	3.568	5.863
Kat 1	1.159	1.947

Tablo 6.6: Y yönünde mutlak ortalama kat deplasmanların karşılaştırılması

Kat	TBDY-2018 (mm)	Eurocode (mm)
Kat 10	33.672	52.913
Kat 9	29.861	47.163
Kat 8	25.880	41.106
Kat 7	21.792	34.813
Kat 6	17.657	28.371
Kat 5	13.576	21.944
Kat 4	9.687	15.755
Kat 3	6.160	10.085
Kat 2	3.196	5.277
Kat 1	1.030	1.724

Deplasmanların maksimum değerleri tasarımda Eurocode yönetmeliğine göre hesaplanmıştır. Bu durum Eurocode-8 'e göre hesaplanan daha büyük deprem kuvvetlerinin bir sonucudur.

6.5 Göreli Kat Ötelemeleri

Türk Bina Deprem Yönetmeliği ve Eurocode gibi iki yönetmeliğe göre yapılan analizlerin ardından, depremin (EXN) ve (EYP) iki ortogonal yönünün ek eksantriklik etkileri dikkate alınarak katların maksimum göreli kat ötelenmeleri ve ortalama göreli kat ötelenmeleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sırası ile Tablo 6.7, Tablo 6.8, Tablo 6.9 ve Tablo 6.10'da gösterilmiştir.

Tablo 6.7: X yönünde maksimum göreli kat ötelenmeleri

Kat	TBDY-2018 (mm)	Eurocode (mm)
Kat 10	4.568	6.583
Kat 9	4.797	7.016
Kat 8	4.938	7.343
Kat 7	5.006	7.567
Kat 6	4.949	7.599
Kat 5	4.729	7.367
Kat 4	4.306	6.803
Kat 3	3.641	5.834
Kat 2	2.697	4.391
Kat 1	1.298	2.183

Tablo 6.8: Y yönünde maksimum göreli kat ötelenmeleri

Kat	TBDY-2018 (mm)	Eurocode (mm)
Kat 10	4.346	6.553
Kat 9	4.534	6.894
Kat 8	4.650	7.153
Kat 7	4.698	7.311
Kat 6	4.629	7.285
Kat 5	4.406	7.007
Kat 4	3.992	6.411
Kat 3	3.350	5.432
Kat 2	2.450	4.014
Kat 1	1.171	1.96

Tablo 6.9: X yönünde ortalama görelî kat ötelenmeleri

Kat	TBDY-2018 (mm)	Eurocode (mm)
Kat 10	4.049	5.806
Kat 9	4.256	6.199
Kat 8	4.385	6.497
Kat 7	4.448	6.703
Kat 6	4.401	6.738
Kat 5	4.208	6.539
Kat 4	3.835	6.045
Kat 3	3.246	5.192
Kat 2	2.409	3.916
Kat 1	1.159	1.947

Tablo 6.10: Y yönünde ortalama görelî kat ötelenmeleri

Kat	TBDY-2018 (mm)	Eurocode (mm)
Kat 10	3.811	5.75
Kat 9	3.981	6.057
Kat 8	4.088	6.293
Kat 7	4.136	6.441
Kat 6	4.081	6.427
Kat 5	3.889	6.189
Kat 4	3.528	5.669
Kat 3	2.963	4.808
Kat 2	2.167	3.553
Kat 1	1.030	1.724

Görelî kat Ötelenmeleri düşük değeri tasarımıda 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanmıştır.

6.6 Periyotların Karşılaştırılması

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Eurocode yönetmeliği için modal analiz ve yaklaşık formülü ile bulunan periyod değerlerin karşılaştırma sırasıyla Tablo 6.11 ve Tablo 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.11: Modal analiz ’den bulunan yapı periyotların karşılaştırılması

Mod	TBDY-2018 (s)	Eurocode-8 (s)
1	1.094	1.018
2	1.008	0.962

Tablo 6.12: Ampirik formül ile bulunan yapı periyotların karşılaştırılması

Yön	TBDY-2018 (s)	Eurocode-8 (s)
X	0.897	0.641
Y	0.897	0.641

Her iki yönetmeliği için çıkan modal analiz ile bulunan periyod değerleri birbirine yakın çıkmıştır, ampirik formülü ile bulunan periyod değerleri ise maksimum Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’de çıkmıştır.

6.7 Taban Kesme Kuvvetleri Ve Kat Deprem Kuvvetleri

Modal analiz yöntemi ve yaklaşım formülüne göre ayrı ayrı hesaplanan ve bulunan periyoda ait değerler sırası ile yapının toplam ve kat deprem kuvvetleri karşılaştırma amacı ile Tablo 6.13 ve Tablo 6.14’te gösterilmiştir.

Tablo 6.13: Modal Analiz yöntemi ile bulunan periyoduna karşı gelen binanın taban kesme kuvvetleri

TBDY-2018 (kN)		Eurocode-8 (kN)	
V_{tx}	V_{ty}	V_{tx}	V_{ty}
5433.342	5905.016	10148.657	9128.516

Tablo 6.14: Ampirik formül ile bulunan periyoda karşılık gelen taban kesme kuvvetleri

TBDY-2018 (kN)		Eurocode-8 (kN)	
V_{tx}	V_{ty}	V_{tx}	V_{ty}
6633.499	6633.499	13701.381	13701.381

TBDY-2018 ve Eurocode-8 ile yapılan analizler karşılaştırıldığında, Eurocode-8 ile yapılan analizde toplam kesme kuvvetlerinin çıktısı maksimum olmuştur.

6.8 Yük Birleşimlerin Karşılaştırılması

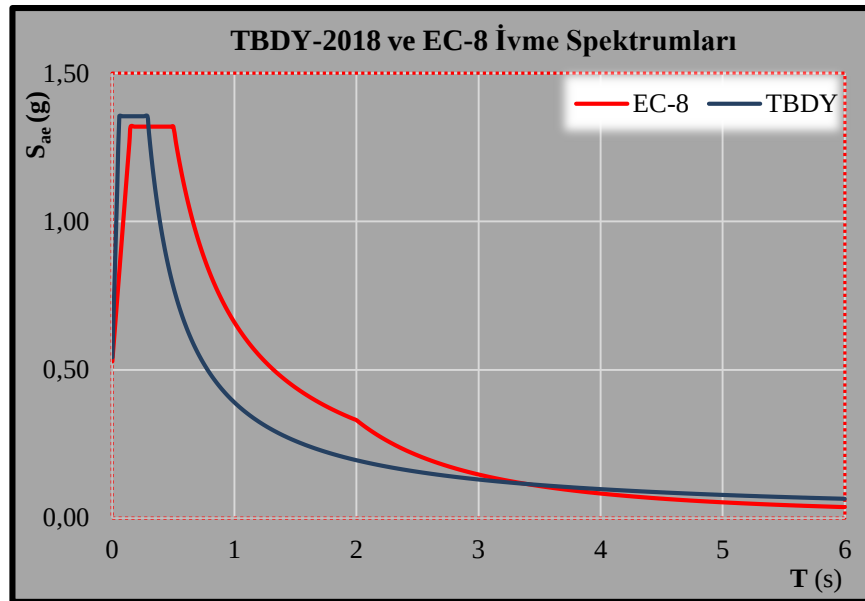
Türk Bina Deprem 2018 Yönetmeliği ve Eurocode-8 'de verilen yük birleşimleri birbirinden farklı olması gösterme amacı ile yalnız düşey yüklerden oluşan yük kombinasyonları ve depremin olduğunu birleşim için yük kombinasyonları TBDY-2018 ve Eurocode-8 'de Tablo 6.15'te gösterilmiştir.

Tablo 6.15: Yük kombinasyonların karşılaştırılması

TBDY-2018	Eurocode-8
Yalnız düşey yükler için; $1.4G + 1.6Q$ $G + Q$	Yalnız düşey yükler için; $1.35G + 1.5Q$ $G + Q$
Depremi olduğu Birleşimler; $1.0G + 1.0Q + 1.0E$ $0.9G + 1.0E$	Depremi olduğu Birleşimler; $1.0G + \Psi_{E,i} Q + 1.0E$ $1.0G + 1.0E$

6.9 Spektrumların Karşılaştırılması

Hesaplamalardan elde edilen sonuçlar TBDY-2018'e göre hesaplanan maksimum spektrum ivmesinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte Eurocode-8 yönetmeliğinde verilen ve sabit hız bölgesinin başlangıcını tarif eden spektrum köşe periyodunun daha yüksek oluşu, incelenen binaya ait spektral ivme değerlerinin ve dolayısıyla da deprem kuvvetlerinin artmasına sebep olmaktadır.

**şekil 6.7:** TBDY-2018 ve Eurocode-8 ivme spektrumları

7 SONUÇ VE ÖNERİLER

Yürütülen tez çalışması kapsamında, 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ve Avrupa deprem yönetmeliği (Eurocode-8) hükümleri göz önüne alınarak 10 katlı örnek bir betonarme binanın tasarımı yapılmıştır. Doğrusal analiz yöntemleri göz önüne alınarak seçilen örnek bina her iki yönetmelikte de tarif edilen Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Belirlenen örnek binanın Pamukkale Üniversitesi kampüsü sınırları içinde yer aldığı ve binanın üzerinde bulunduğu alana ait kayma dalgası hızının (V_{s30}) 500 m/s olduğu kabul edilmiştir. Söz konusu zemin bilgileri esas alınarak Eurocode-8 yönetmeliğine göre binanın B gurubu zemin üzerinde olduğu, TBDY-2018 yönetmeliğine göre ise ZC gurubu zemin üzerinde bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca seçilen örnek binanın konumu esas alınarak Türkiye Deprem Tehlike Haritalarında verilen bilgilerden faydalanılmış ve DD2 deprem için tarif edilen maksimum yer ivmesi kullanılarak deprem tasarım spektrumları her iki yönetmeliğe göre ayrı ayrı belirlenmiştir.

Spektrumların hesabından elde edilen sonuçlar TBDY-2018 yöntemine göre bulunan maksimum ivme değerinin daha yüksek olduğunu, fakat spektrumun sabit hız bölgesini ayıran köşe periyodunun Eurocode-8 yönetmeliğinde daha büyük olduğunu göstermiştir. Bu durum özellikle binanın hesaplanan titreşim periyodu seviyelerinde Eurocode-8 yöntemine göre belirlenen ivme değerlerinin çok daha yüksek çıkmasına ve Eurocode 8'e göre hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin önemli ölçüde artmasına sebep olmaktadır.

Yapısal düzensizliklerin kontrolü sonucunda elde edilen sonuçlar söz konusu yapının TBDY 2018'e komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ile karşılaştığını, fakat hesaplanan değer yönetmeliğin izin verdiği üst sınıra çok yakın olduğunu göstermiştir. Bu yüzden eşdeğer statik yük yönteminden elde edilen sonuçların da karşılaştırılabilmesi için eşdeğer statik yük yönteminden elde edilen sonuçlar da göz önüne alınmıştır. Seçilen örnek binanın Eurocode-8 yönetmeliğinde belirtilen düzensizlikler açısından herhangi bir sorunu bulunmadığı tespit edilmiştir.

Binanın yapısal modal analizlerinden elde edilen sonuçlar hem TBDY-2018 hem de Eurocode-8 yöntemi ile bulunan periyod değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğunu ve hesaplanan titreşim periyodlarının 1 sn civarında olduğunu göstermiştir. Eurocode-8 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinde kolon ve kirişler için tarif edilen etkin kesit rijitlikleri arasında farklılıklar bulunmasına rağmen hesaplanan periyod değerlerinin birbirine oldukça yakın çıkması ortalama bina rijitliği açısından önemli farklar oluşmadığını göstermiştir.

Her iki yönetmelikte de verilen ampirik yaklaşım ile periyod hesaplamalarında önemli derecede farklar bulunduğu belirlenmiştir. Eurocode-8 yönetmeliğinde verilen ampirik yaklaşım ile hesaplanan periyod değerlerinin TBDY-2018’de verilen ifadeye kıyasla çok daha küçük periyod değerleri verdiği hesaplanmıştır. Hem spektrum köşe periyodunun hesabından kaynaklanan farklılıklar, hem de ampirik formül sebebiyle küçülen periyod sebebiyle artan spektral ivme değerleri, ampirik formül kullanılarak hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin Eurocode-8 yönteminde önemli şekilde büyümesine sebep olmaktadır. Bu durum Eurocode-8 yöntemi ile yapılan hesaplamalar sırasında titreşim periyodu hesabının Rayleigh yöntemi ile yapılmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceğini göstermektedir.

Spektrum köşe periyodunun tanımında kaynaklanan farklılıklar sebebiyle Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan daha büyük ivme değerleri, binanın tasarımında Eurocode-8 yönetmeliğine göre hesaplanan daha büyük deprem kuvvetlerinin esas sebebidir. Yapılan hesaplamalar neticesinde Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan spektral ivme değerlerinin TBDY-2018’e göre hesaplanan değerlerden yaklaşık 1.5 kat daha büyük olduğunu göstermiştir. Bu farklılık taban kesme kuvvetlerinin ve kat deprem kuvvetlerinin hesabına da yansımıştır. Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan kuvvet değerlerinin TBDY-2018 yöntemi ile hesaplanan değerlerden yaklaşık 1.5 kat ve daha fazla olabildiği hesaplanmıştır.

Toplam taban kesme kuvvetleri ve kat deprem kuvvetleri hesabından kaynaklanan bu farklılıklar, katlarda oluşan mutlak ve görelî ötelenmelerin hesabına da yansımıştır. Elde edilen sonuçlar Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan deplasmanların TBDY-2018’e göre hesaplanan değerlerden daha büyük olduğunu göstermiştir. TBDY-2018’e göre yapılan hesaplamalar sonucunda maksimum görelî ötelenmeler ve burulma düzensizliği açısından sorun bulunmadığı, sadece binanın 2

katında hesaplanan görelî ötelenmelerin katlar arası rijitlik düzensizliğı için tarif edilen üst sınırı az da olsa aştığı ($2.08 > 2.0$) hesaplanmıştır. Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan deplasman değerleri daha büyük olmasına rağmen söz konusu yönetmeliğe göre herhangi bir düzensizlik oluşmamıştır.

Gerek TBDY-2018 ve gerekse de Eurocode-8 yöntemi ile yapılan tasarımlardan elde edilen sonuçlar birbiri ile uyumlu değerler vermiştir. Her ne kadar Eurocode-8 yöntemi ile hesaplanan moment ve kesme değerleri daha yüksek bulunmuş ise de pek çok betonarme kolonda tasarımı belirleyen unsurun minimum enine ve boyuna donatı oranları ile ilgili sınırlar olduğu belirlenmiştir. Bu da betonarme kolonlarda hesaplanan boyuna ve enine donatı oranlarının birbirine yakın çıkmasına sebep olmuştur.

8 KAYNAKLAR

- EN-1991-1. Actions on structures – Part 1-1: General actions-Densities, self – weight imposed loads for buildings (Eurocode 1) . European Committee for Standardization , (2002).
- EN-1992-1. Design of concrete structures – Part 1-1:General Rules and Rules for Buildings. European Committee for Standardization, (2004).
- EN-1998-1. Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 1 : General rules, seismic actions and rules for buildings (Eurocode 8). European Committee for Standardization, (2004).
- Eurocode-2. ENV 1992-1-1. Design of concrete structures-Part 1: General rules and rules for. Comité Européen de normalisation: Brussels, 1-253 (1992).
- Karasu, A. “Betonarme Bir Yapının Türk, Avrupa Ve Amerikan Yönetmeliklerine Göre Tasarımı”. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul (2015).
- Madhu, S. Vijaya Bhaskar Reddy ve V. “Comparative Study on Design Results of a Multistoried Building using STAAD PRO and ETABS for Regular and Irregular Plan Configuration”. Research India Publications, International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 13, Number 15, 12194-12201 (2018).
- Mosley W. H., Hulse R., Bungey J. H. “Reinforced Concrete Design to Eurocode 2”. Macmillan Pres Ltd, 227-309 (1996).
- P. Bisch, E. Carvalho, H. Degee, P. Fajfar, M. Fardis, P. Franchin, M. Kreslin, A. Pecker, P. Pinto, A. Plumier, H. Somja, G. Tsionis. Seismic Design of Buildings Worked examples. JRC European Commission: Lisbon, (2011).
- TBDY. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, (2018).
- TS-495. Demir cevheri numunelerinin hazırlanması. Türk Standartları: Ankara, (1974).

TS-498. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Türk Standartları Enstitüsü: Ankara, (1987).

TS-500. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü: Ankara, (2000).

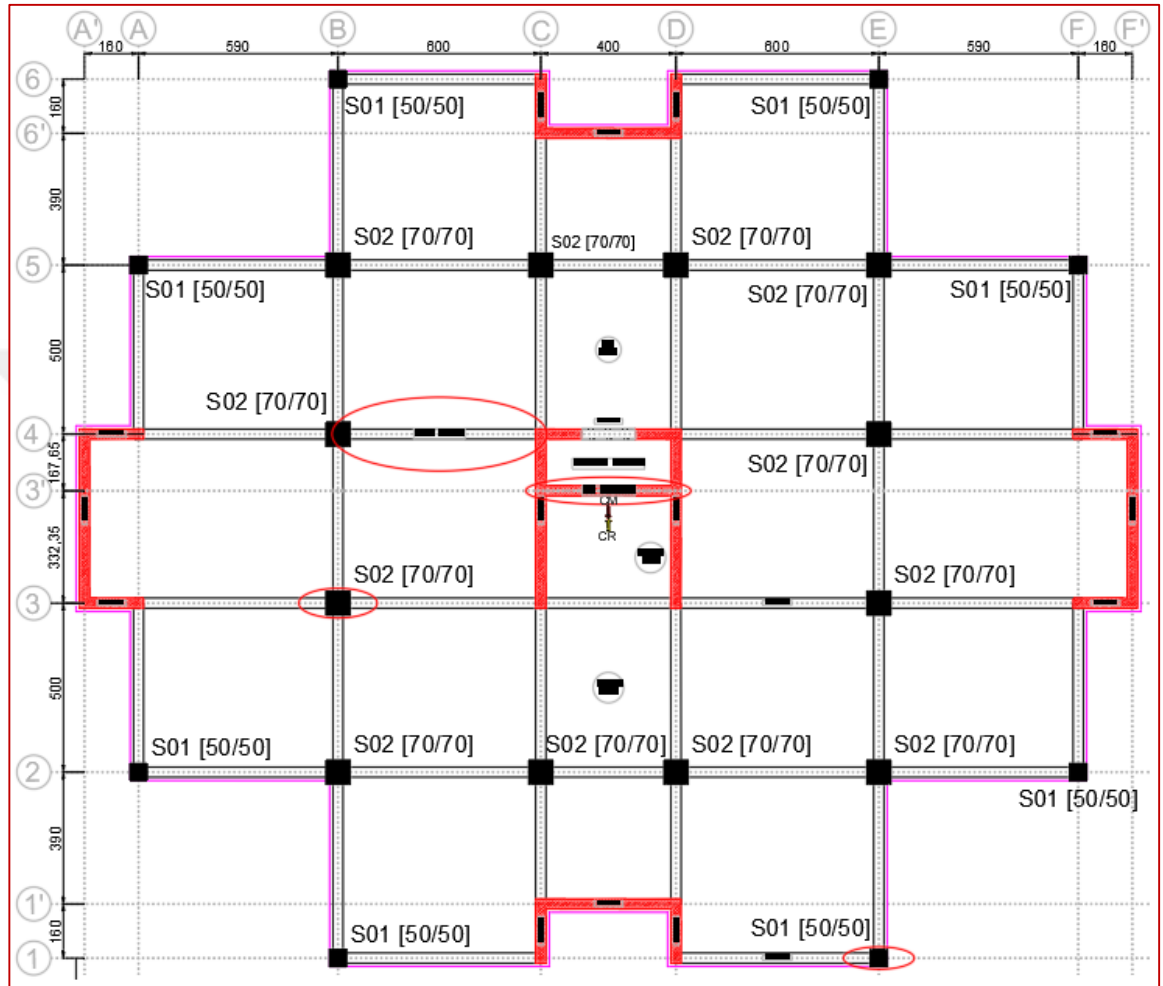




EKLER

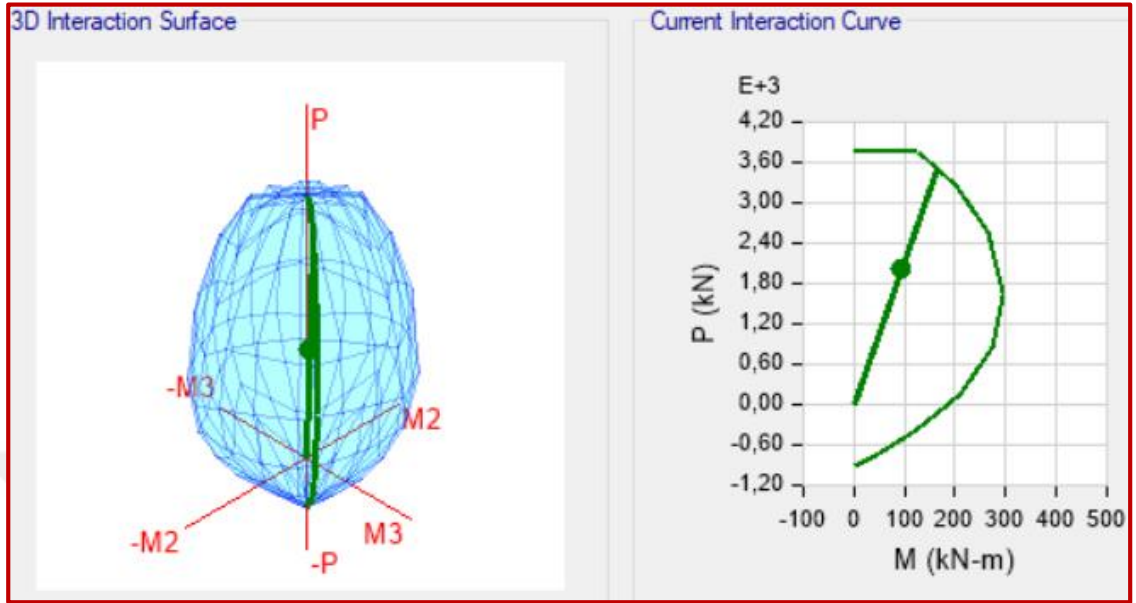
9 EKLER

EK A1: Kalıp Planı Ve Kesitten Şekil Vereli

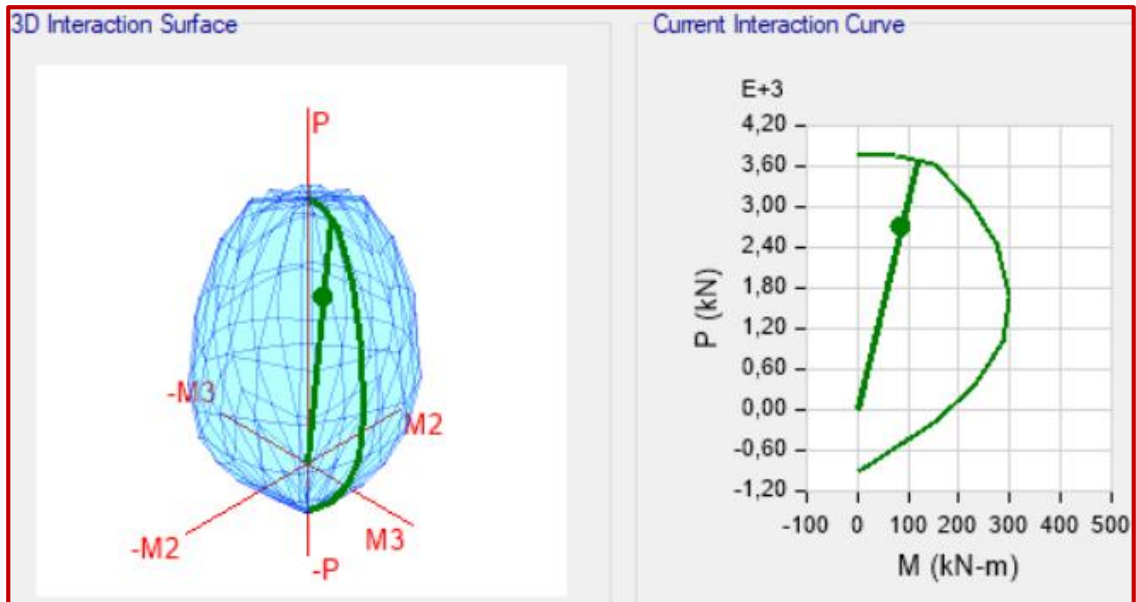


Şekil A.9.1: Kat planı

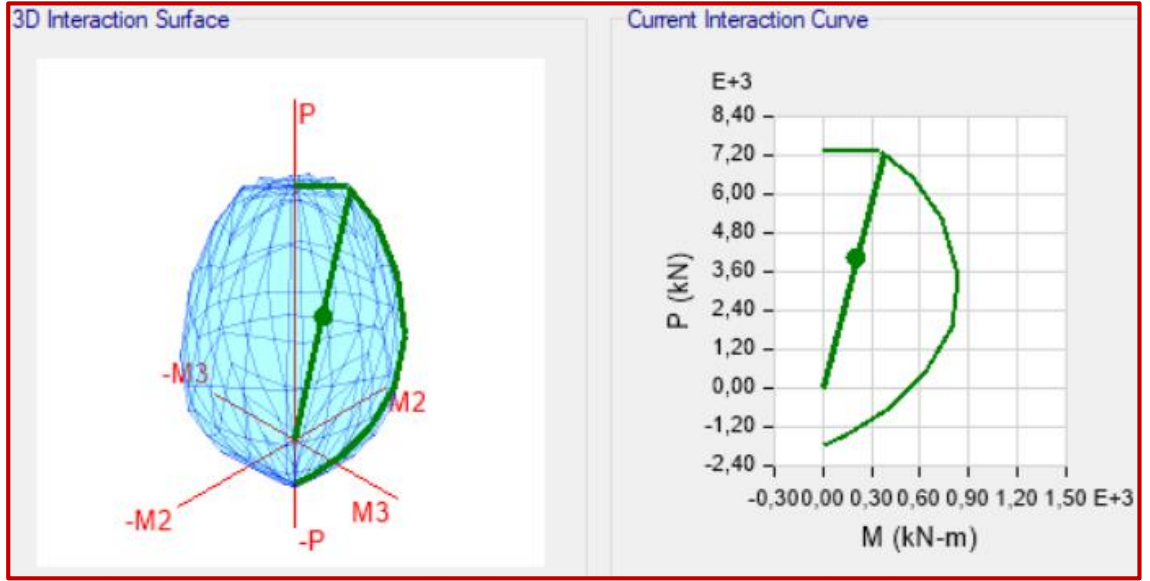
EK A2: ETABS 2020'den Elde Edilen Sonuçları.



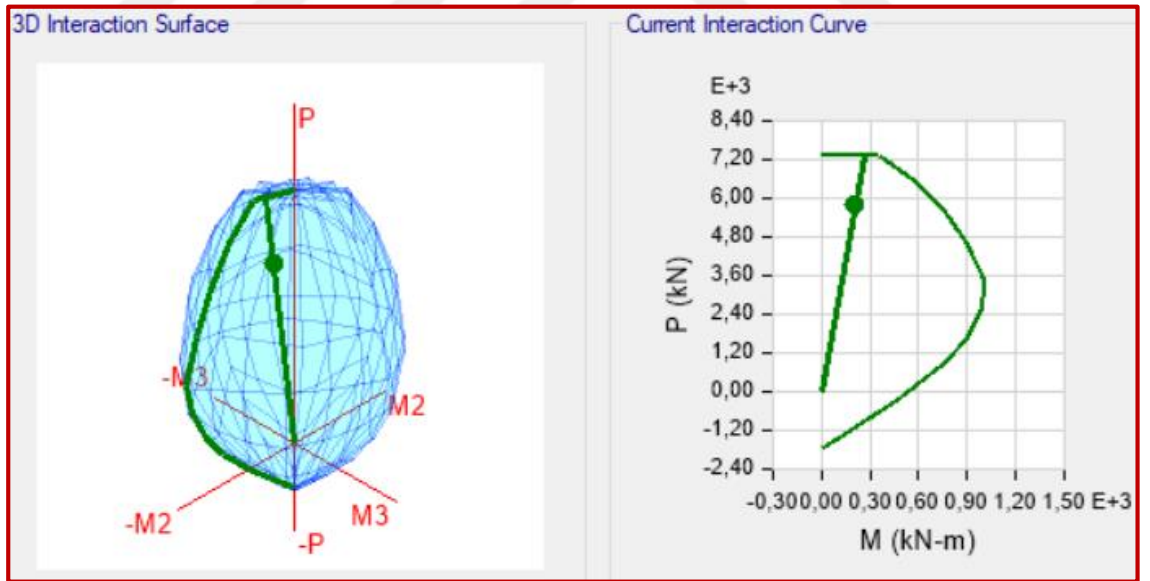
Şekil A.9.2: TBDY-2018'e göre G+Q+EXN+0.3EYN için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



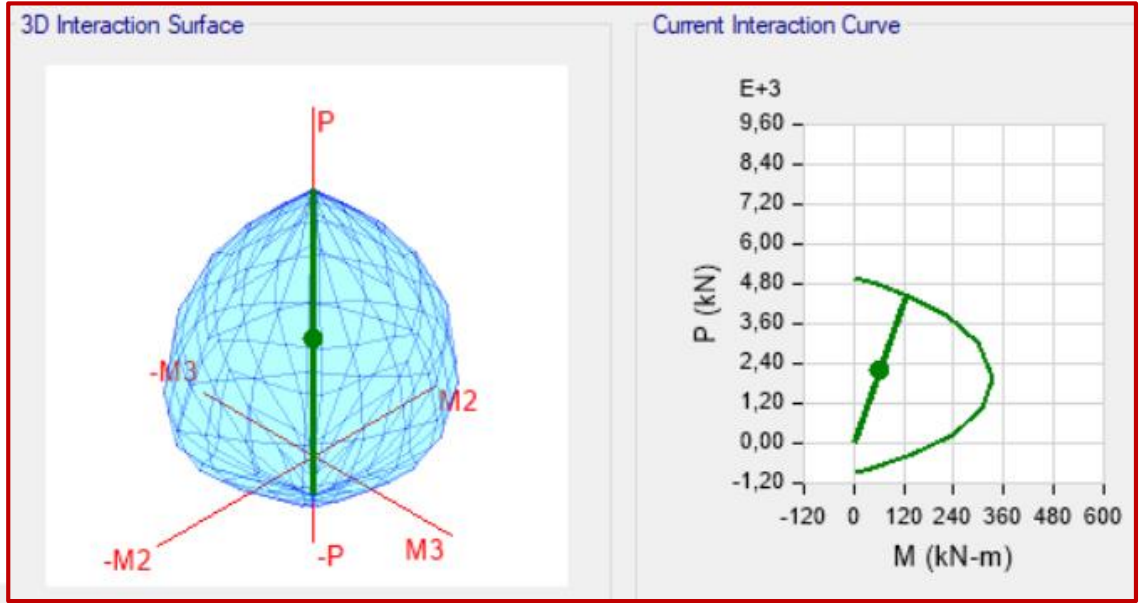
Şekil A.9.3: TBDY-2018'e göre 1.4G + 1.6Q için kolon kesit S01'in kesit moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



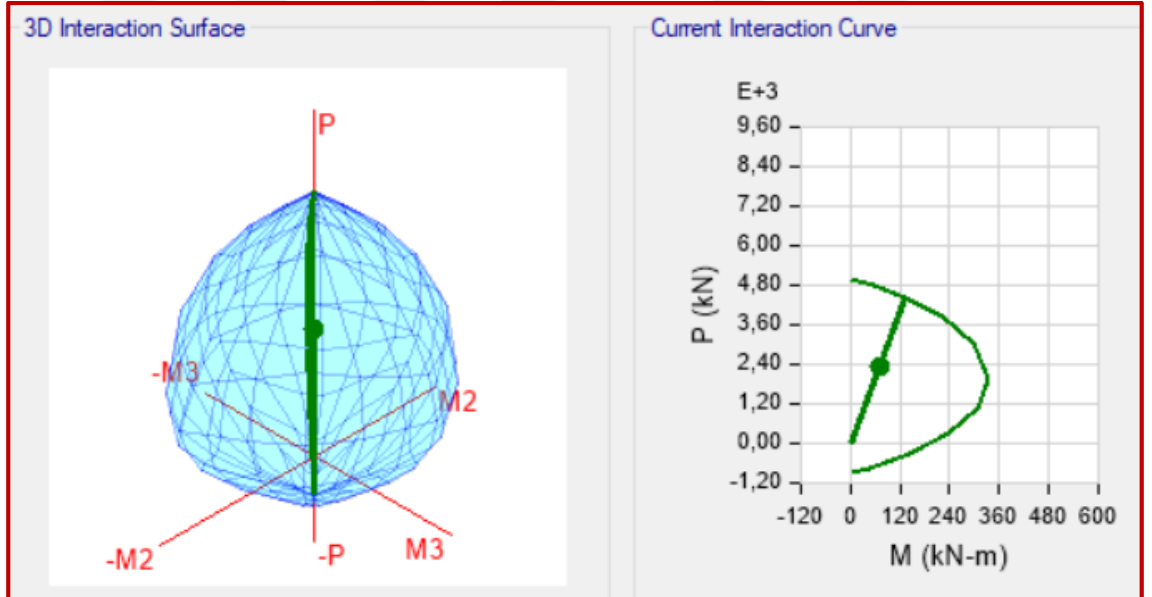
Şekil A.9.4: TBDY-2018'e göre $G+Q+EXN+0.3EYN$ için kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



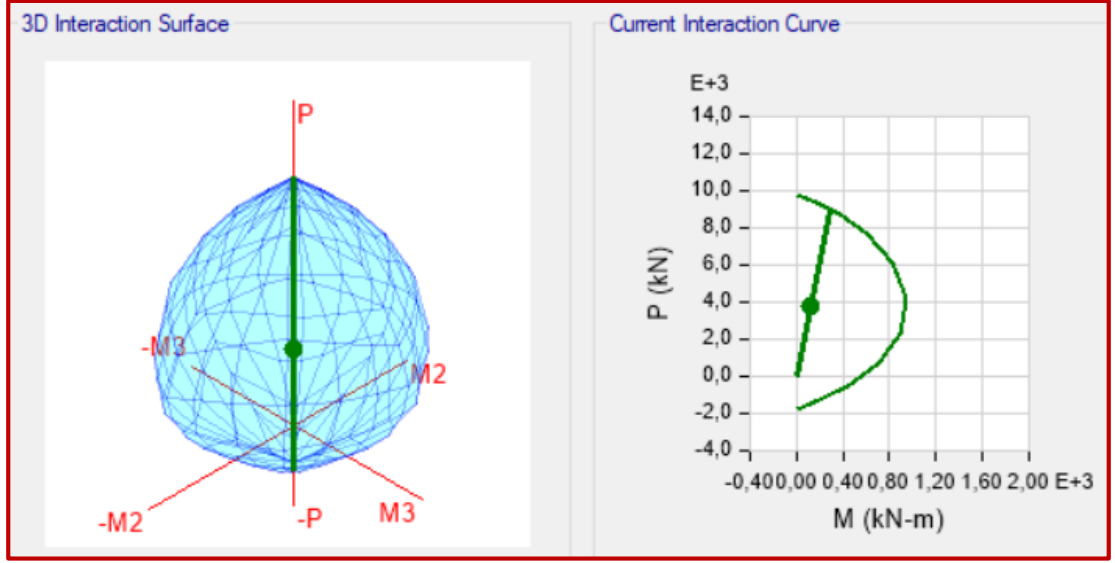
Şekil A.9.5: TBDY-2018'e göre $1.4G + 1.6Q$ için kolon kesit S02'nin moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



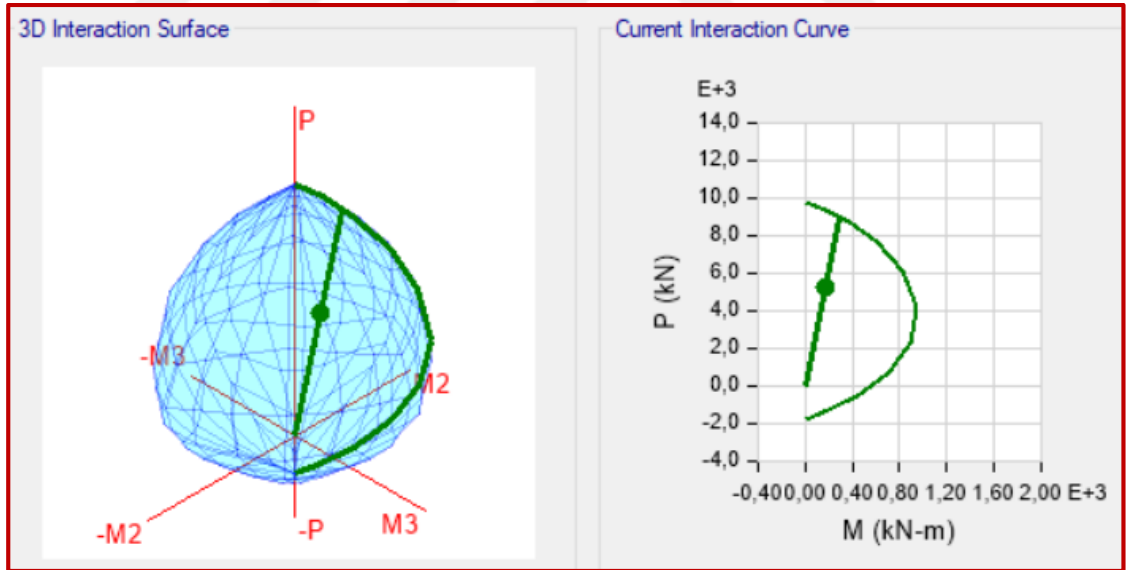
Şekil A.9.6: Eurocode-8'e göre $G+0.3Q-EYP+0.3EXP$ için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



Şekil A.9.7: Eurocode-8'e göre $1.35G+1.5Q$ için kolon kesit S01'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



Şekil 9.8: Eurocode-8'e göre $G+0.3Q-EYP+0.3EXP$ için kolon kesit S02'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020



Şekil 9.9: Eurocode-8'e göre $1.35G+1.5Q$ için kolon kesit S02'in moment normal kuvvet etkileşim diyagramı ETABS 2020