



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Sultan Varlık ÇELİK Tarafından Hazırlanan**

**ÇELİK KONSTRÜKSİYON SANAYİ YAPILARININ ESKİ VE YENİ YÖNETMELİKLERE
GÖRE KARŞILAŞTIRILMALI ANALİZİ**

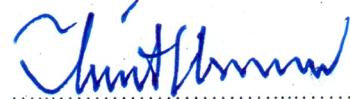
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2019 gün ve 1806 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof.Dr. Ümit UZMAN

Üye : Prof.Dr. Süleyman ADANUR

Üye : Doç.Dr. Temel TÜRKER



**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan bu tez çalışmasında, geçmişten günümüze Türkiye'de uygulamaya konmuş deprem yönetmeliği ve tasarım yaklaşımları karşılaştırılmış, çelik yapılara yönelik maliyet analizleri yapılmıştır.

Saygıdeğer danışmanım, Sayın Doç. Dr. Temel TÜRKER, yapmış olduğum çalışmanın her aşamasında bana destek olmuş, çalışmanın ilerlemesinde ve tamamlanmasında en büyük katkıyı sağlamıştır. Gerek akademik gerekse uygulamaya yönelik bilgi ve tecrübesi ile çalışmaya ışık tutmuştur. Çalışmamın başından sonuna dek bana kıymetli vaktini ayırdığı için kendisine sonsuz şükran ve teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamı tamamlayabilmek için kendilerine daha az vakit ayırdığım sevgili eşim Damla NAİBOĞLU ÇELİK ve çocuklarım Kerem Taha ile Aylin Zara'ya sabırlarından ötürü; öğrenim hayatım boyunca bana maddi manevi destek olan babama, annelerime ve kardeşlerime desteklerinden ötürü, çalışmama her daim yardım eden arkadaşım Arş. Gör. Memduh NAS'a katkılarından ötürü teşekkür ederim.

Sultan Varlık ÇELİK

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çelik Konstrüksiyon Sanayi Yapılarının Eski Ve Yeni Yönetmeliklere Göre Karşılaştırmalı Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Temel TÜRKER’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/06/2019

Sultan Varlık ÇELİK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	2
1.3. Konu ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar	2
1.4. Türkiye’de Deprem Yönetmelikleri Tarihiçesi.....	4
1.5. 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Farklılıkları	5
1.5.1. Zemin Sınıfının Belirlenmesi	5
1.5.1.1. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Zemin Sınıfının Belirlenmesi.....	5
1.5.1.2. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Zemin Sınıfının Belirlenmesi.....	7
1.5.2. Bina Önem Katsayılarının Belirlenmesi.....	8
1.5.2.1. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Önem Katsayıları.....	8
1.5.2.2. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Önem Katsayıları.....	8
1.5.3. Deprem Spektrumlarının Tanımlanması.....	9
1.5.3.1. DBYBHY2007’ye Göre Deprem Spektrumlarının Tanımlanması.....	9
1.5.3.2. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	11
1.5.4. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Spektrumların Tanımlanması.....	13
1.5.4.1.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları	15
1.5.4.1.2. Faya Yakınlık Katsayısı.....	15
1.5.4.1.3. Yerel Zemin Etki Katsayısı	16
1.5.4.1.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	16
1.5.4.1.5. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu	18

1.5.4.1.6.	Deprem Tasarım Sınıfları	19
1.5.4.1.7.	Bina Yükseklik Sınıfları	19
1.5.5.	Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması.....	20
1.5.5.1.	Yatay Deprem Yükü Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu	22
1.5.6.	2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Bina Performans Hedefleri.....	22
1.5.7.	TBDY2018 Yönetmeliğine Göre Tasarım Yaklaşımları.....	24
1.5.7.1.	Dayanıma Göre Tasarım Yaklaşımı	24
1.5.8.	Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi.....	26
1.5.8.1.	DBYBHY2007'ye Göre Doğrusal Hesap Yöntemleri	26
1.5.8.2.	TDY 2018'e Göre Doğrusal Hesap Yöntemleri	27
1.5.9.	Mod Birleştirme Yöntemi.....	27
1.5.9.1.	DBYBHY2007'ye Göre Mod Birleştirme Yöntemi.....	28
1.5.9.1.1.	Göz Önüne Alınacak Serbestlik Dereceleri.....	28
1.5.9.1.2.	Hesaba Katılacak Titremiş Modu Sayısı	28
1.5.9.1.3.	Mod Katkılarının Birleştirilmesi	29
1.5.9.1.4.	Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Alt Sınır Değerleri.....	29
1.5.9.2.	TBDY2018'e Göre Mod Birleştirme Yöntemi.....	30
1.5.9.2.1.	Göz Önüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri.....	30
1.5.9.2.2.	Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı	30
1.5.9.2.3.	Mod Katkılarının Birleştirilmesi	30
1.5.9.2.4.	Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Alt Sınır Değerleri.....	30
1.6.	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar	31
1.6.1.	Tasarımda Temel İlkeler.....	32
1.6.2.	Emniyet Gerilmeleri Yöntemine Göre Tasarım	33
1.6.3.	Güvenlik Katsayıları ile Tasarım.....	33
1.6.4.	Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT).....	34
1.6.5.	Yükler ve Yük Birleşimleri	34
1.6.6.	Emniyet Gerilmeleri Yöntemine Göre Kullanılan Yük Kombinasyonları	35
1.6.7.	GKT Yönteminde Kullanılan Yük Kombinasyonları.....	35
1.6.8.	YDKT Yönteminde Kullanılan Yük Kombinasyonları.....	36
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	37
2.1.	Giriş	37
2.2.	Seçilen Sanayi Yapısının Analiz Modelinin Oluşturulması	37

2.3.	Yapıya Etkiyen Yükler	42
2.3.1.	Sisteme Etkiyen Kar Yükünün Belirlenmesi	43
2.3.2.	Sisteme Etkiyen Rüzgar Yükünün Belirlenmesi	43
2.3.3.	Deprem Yüklerinin Belirlenmesi.....	45
2.3.3.1.	Konumlara Ait Değişkenler	48
2.3.3.2.	Tasarım İvme Spektrumları	48
2.4.	Yapının Analiz ve Tasarımı.....	53
2.4.1.	Yapının 1. Durum İçin Analiz Sonuçları.....	55
2.4.2.	Yapının 2. Durum İçin Analiz Sonuçları.....	59
2.4.1.	Yapının 3. Durum İçin Analiz Sonuçları.....	60
2.4.1.	Yapının 4. Durum İçin Analiz Sonuçları.....	62
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	63
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	69
5.	KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

ÇELİK KONSTRÜKSİYON SANAYİ YAPILARININ ESKİ VE YENİ
YÖNETMELİKLERE GÖRE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Sultan Varlık ÇELİK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Temel TÜRKER
2019, 73 Sayfa

Çelik yapılar ile ilgili yönetmelik ve standartlar açısından 2016 yılından itibaren Türkiye’de köklü değişiklikler yaşanmıştır. Daha önceden yürürlükte olan “TS648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” yürürlükten kaldırılmış, 2016 yılı itibariyle “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYDE)” yayınlanmıştır. Ayrıca 2007 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY2018), 2018 yılında yeni deprem yönetmeliği yayınlanmasının ardından 2019 yılı itibariyle tamamen yürürlükten kaldırılmıştır. Bu çalışmada, yenilenen deprem yönetmeliği ve değişen tasarım kurallarının, çelik yapıların maliyetine etkisini ölçmek amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde, 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri karşılaştırılmış, deprem hesabı yapılırken izlenen adımların farklılıkları açıklanmıştır. Ayrıca TS648’e göre tasarım yaklaşımı olan “Emniyet Gerilmeleri Yöntemi” ile 2016 yılında yayınlanan ÇYTHYDE yönetmeliğinde yer alan “Güvenlik Katsayılarına Göre Tasarım” yöntemleri açıklanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde, seçilen örnek bir sanayi yapısının dört farklı durum için analiz ve tasarımı yapılmış, ortaya çıkan güvenli kesitler için maliyet farkları belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 2007 deprem yönetmeliği, 2018 deprem yönetmeliği, Çelik yapılar, Emniyet gerilmeleri yöntemi.

Master Thesis

SUMMARY

COMPARATIVE ANALYSIS OF STEEL CONSTRUCTION INDUSTRY STRUCTURES
BY OLD AND NEW CODES

Sultan Varlık ÇELİK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Temel TÜRKER
2019, 73 Pages

Turkey has experienced drastic changes in terms of regulations and standards related to steel structures since 2016. Previously “TS648 Building Code For Steel Structures” which was in force was abolished and “Principles of Design, Calculation and Construction of Steel Structures” (PDCCSS) was published in 2016. Also Turkey Building Earthquake Regulations enacted in 2007 has been totally repealed in 2019 after the new earthquake regulations which was published in 2018. In this study, it is aimed to measure the effect of renewed earthquake regulations and changing design rules on the cost of steel structures. In the first part of the study, the earthquake regulations of 2007 and 2018 were compared and the differences of the steps taken during the earthquake calculations were explained. In addition, the design approach “Allowable Stress Design” according to the TS648 and PDCCSS regulation which was published in 2016 were explained. In the second part of the study, the analysis and design of the selected industrial structure for four different situations were made and the cost differences for the resulting safe sections were indicated.

Key Words: 2007 Earthquake regulations, 2018 Earthquake regulations, Steel structures, Allowable stress design,

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	DBYBHY2007'ye göre deprem bölgeleri haritası 10
Şekil 1.2.	DBYBHY2007'ye göre elastik tasarım ivme spektrumu 11
Şekil 1.3.	AFAD tarafından hazırlanan TDTH interaktif web uygulaması..... 14
Şekil 1.4.	TBDY2018'e göre yatay elastik tasarım ivme spektrumu 17
Şekil 1.5.	TBDY2018'e göre düşey elastik tasarım spektrumu 18
Şekil 1.6.	Dayanıma göre tasarım kriterleri..... 25
Şekil 2.1.	Yapının aks ve kolon yerleşimleri..... 38
Şekil 2.2.	Modelin +4.00 ve +8.00 kotları için kolon-kiriş aplikasyon planı..... 39
Şekil 2.3.	Modelde kullanılan elemanların X-Y düzlem kesitindeki görünüşü 41
Şekil 2.4.	Seçilen sanayi yapısının SAP2000 programındaki 3 boyutlu analiz modeli..... 42
Şekil 2.5.	TS498'e göre rüzgar yükleri için verilen hesap şeması 44
Şekil 2.6.	Kolon ve kirişler için hesap edilen rüzgâr yükleri 45
Şekil 2.7.	Erzurum ilinin TBDY2018 ve DBYBHY2007'ye göre deprem risk haritaları 46
Şekil 2.8.	Erzurum ilinin ilçeler bazında 2018 ve 2007 deprem yönetmelikleri risk haritaları açısından farklılıkları 47
Şekil 2.9.	Yapının 1. Durumda ve X doğrultusunda kullanılan $S_{ae}(g)$ ve $S_{aR}(T)$ grafikleri 50
Şekil 2.10.	Yapının 1. Durumda ve Y doğrultusunda kullanılan $S_{ae}(g)$ ve $S_{aR}(T)$ grafikleri 50
Şekil 2.11.	Yapının 2. Durumda ve X doğrultusunda kullanılan $S_{ae}(g)$ ve $S_{aR}(T)$ grafikleri 51
Şekil 2.12.	Yapının 2. Durumda ve Y doğrultusunda kullanılan $S_{ae}(g)$ ve $S_{aR}(T)$ grafikleri 51
Şekil 2.13.	Yapının 3. Durum için DBYBHY2007'ye göre deprem yüklemesinde kullanılacak elastik spektrum eğrisi 52
Şekil 2.14.	Yapının 3. Durum için DBYBHY2007'ye göre deprem yüklemesinde kullanılacak azaltılmış ivme spektrumu 53
Şekil 2.15.	GKT tasarımı için SAP2000 programında kullanılan ayarlar 54
Şekil 2.16.	Emniyet Gerilmeleri Yöntemiyle tasarım için SAP2000 programında kullanılan ön ayarlar 55
Şekil 2.17.	Analiz sonucunda oluşan deformasyon şekli 56

Şekil 2.18.	X-Z eksen kesiti için normal kuvvet diyagramı	57
Şekil 2.19.	E aksı için kesme kuvveti diyagramı.....	57
Şekil 2.20.	E aksı için eğilme momenti diyagramı.....	57
Şekil 2.21.	Yapının 1. Durum için 3 boyutlu model üzerinde renk skalası ile PMM oranları gösterimi	59
Şekil 3.1.	Tüm durumlar için elemanlarda oluşan maksimum normal kuvvet değerleri.....	64
Şekil 3.2.	Tüm durumlar için elemanlarda oluşan maksimum kesme kuvveti değerleri.....	64
Şekil 3.3.	Tüm durumlar için elemanlarda hesaplanan maksimum moment değerleri.....	65
Şekil 3.4.	Tüm durumlar için hesaplanan PMM oranları kıyaslama grafiği	66
Şekil 3.5.	Tüm durumlar için elde edilen tonajlar.....	68

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. DBYBHY2007'ye göre yerel zemin sınıfları.....	6
Tablo 1.2. DBYBHY2007'ye göre tanımlanmış zemin grupları.....	6
Tablo 1.3. TBDY2018'ye göre yerel zemin sınıfları tablosu.....	7
Tablo 1.4. DBYBHY2007'ye göre bina önem katsayıları	8
Tablo 1.5. TBDY2018'e göre bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	9
Tablo 1.6. TDY-2007'ye göre etkin yer ivmesi katsayısı	10
Tablo 1.7. DBYBHY2007'ye göre spektrum karakteristik periyotları	11
Tablo 1.8. DBYBHY2007'ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı (çelik binalar).....	13
Tablo 1.9. TBDY2018'e göre deprem yer hareketi düzeyleri	13
Tablo 1.10. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	16
Tablo 1.11. 1 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	16
Tablo 1.12. TBDY2018'e göre deprem tasarım sınıfları	19
Tablo 1.13. TBDY2018'e göre bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik sınıfı aralıkları	20
Tablo 1.14. TBDY2018'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları dayanım fazlalığı katsayıları	21
Tablo 1.15. Yeni yapılacak binalar (çelik yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme) için performans hedefleri tablosu.....	23
Tablo 1.16. DBYBHY2007'ye göre eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanımına izin verilen bina türleri	26
Tablo 1.17. TBDY2018'e göre eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanımına izin verilen bina türleri	27
Tablo 2.1. S235 sınıfı çelik için karakteristik değerler.....	40
Tablo 2.2. Karşılaştırması yapılacak dört farklı durumun sınıflandırılması.....	48
Tablo 2.3. Yapının 3. durumda kullanılacak 2007 deprem yönetmeliği parametreleri.....	48
Tablo 2.4. Seçilen koordinatlara ait deprem parametreleri	49
Tablo 2.5. Yapının 1.Durum için hesaplanan maksimum kesit tesirleri	56
Tablo 2.6. Yapının 1.Durum için yapılan ilk analiz ve tasarım sonucuna göre hesaplanan ihtiyaç/kapasite oranları.....	58
Tablo 2.7. Yapıya 1.Durum için atanan kesitlerin metrajı	59
Tablo 2.8. Yapının 2.Durum için hesaplanan maksimum kesit tesirleri	60

Tablo 2.9.	Yapının 2.Durum için yapılan ilk analiz ve tasarım sonucuna göre hesaplanan ihtiyaç/kapasite oranları.....	60
Tablo 2.10.	Yapının 3. Durum için hesaplanan maksimum kesit tesirleri	61
Tablo 2.11.	Yapının 3. Durum için yapılan ilk analiz ve tasarım sonucuna göre hesaplanan ihtiyaç/kapasite oranları.....	61
Tablo 2.12.	Yapının 4.Durum için hesaplanan maksimum kesit tesirleri	62
Tablo 2.13.	Yapının 4.Durum için yapılan ilk analiz ve tasarım sonucuna göre hesaplanan ihtiyaç/kapasite oranları.....	62
Tablo 3.1.	Tüm modeller ve elemanlar için ihtiyaç/kapasite oranı karşılaştırma tablosu	65
Tablo 3.2.	Yapıya 2.Durum için yeni atanan güvenli kesitler ve ağırlıkları	67
Tablo 3.3.	Yapıya 3.Durum için yeni atanan güvenli kesitler ve ağırlıkları	67
Tablo 3.4.	Yapıya 4.Durum için yeni atanan güvenli kesitler ve ağırlıkları	67

SEMBOLLER DİZİNİ

- A(T) : Spektral ivme katsayısı (DBYBHY2007)
- A₀ : Etkin yer ivme katsayısı (DBYBHY2007)
- E : Deprem etkisi
- F_s : Kısa periyod zemin etki katsayıları (TBDY2018)
- F₁ : 1 sn periyod zemin etki katsayıları (TBDY2018)
- F_{fi} : i'inci kata etkiyen fiktif yük (DBYBHY2007& TBDY2018)
- F_i : i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü (DBYBHY2007& TBDY2018)
- G: Sabit yük
- g : Yerçekim ivmesi
- H : Yapı toplam yüksekliği
- H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
- I : Bina önem katsayısı
- n : Hareketli yük katılım katsayısı
- Q : Hareketli yük
- R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
- R_a(T) : Deprem yükü azaltma katsayısı
- S(T) : Spektrum katsayısı (DBYBHY2007)
- S_{ae}(T) : Elastik spektral ivme (DBYBHY2007)
- S_s : Haritadan kısa periyodlarda okunan spektral davranış ivme parametresi (TBDY2018)
- S₁ : Haritadan 1 sn periyodunda okunan spektral davranış ivme parametresi (TBDY2018)
- S_{Ds} : Kısa periyodlarda okunan tasarım spektral davranış ivme parametresi (TBDY2018)
- S_{D1} : 1sn periyodunda okunan tasarım spektral davranış ivme parametresi (TBDY2018)
- T : Bina doğal titreşim periyodu
- T_A, T_B : Spektrum karakteristik periyodları
- T_L : Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu (TBDY2018)
- T₁ : Binanın 1. titreşim periyodu
- DBYBHY2007 : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
- TBDY2018 : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
- W: Rüzgar yükü

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Sosyal bilimler alanındaki meslek gruplarını ilgilendiren kurallar, zaman ve mekandan bağımsızdır. Ahlak gibi, etnik köken gibi, tarih gibi konular üzerinde çalışma yapmak isteyen insanlar için bulunduğu zaman dilimi ve konuma göre birçok değişken söz konusudur. Fakat fen bilimleri için böyle bir durumun söz konusu olması mümkün değildir. “1 gram” dünyanın her yerinde aynı şekilde tanımla bilinir ve zamana bağlı olarak değişmez. İşte bu yüzden fen bilimlerinin belli kabullere bağlılığı olmazsa olmazdır. Mühendislik bilimi açısından, dünyanın her yerinde kabul gören belli kavramlara göre çalışma yürütülür. İnşaat mühendisliği açısından bu kavramları, yönetmelikler ve standartlar olarak örnekleyebiliriz. Temel bilimler sabit kalmak üzere, her ülkenin kendine has standartları bulunur. Bu standartlara uyulması, mühendislik mesleğini icra eden kişiler tarafından hem yasal hem de ihtiyaçlar bakımından zaruridir.

Türkiye, inşaat mühendisliği alanındaki yönetmelikler açısından değerlendirildiğinde, son birkaç yıl öncesine kadar diğer ülkelere göre yetersiz bulmak mümkündür. İnşaat mühendisliği açısından birçok konuyu hiç kapsamayan, birçok konuyu ise yeterince açık işlemeyen yönetmelikler, inşaat mühendislerini çoğu kez yabancı ülkelerin yönetmeliklerini kullanmaya kadar itmiştir. Üstelik, yabancı ülke yönetmeliklerine göre yapılan çalışmaların birçok kamu kurum ve kuruluşunca onaylandığı da bir gerçektir. Son yıllarda yürürlüğe giren yönetmelikler sayesinde birçok konu açıklığa kavuşturulmuştur. Özellikle çelik yapılar alanında kayda değer yenilikler ve değişiklikler yapılmıştır. Yapıların analiz ve tasarımı açısından ucu açık bırakılan birçok konu netleştirilmiştir.

Tüm bunlar inşaat mühendisliği açısından pozitif gelişmeler olarak nitelendirilebilir fakat geçmişe dönük olarak düşünüldüğünde, eski yönetmelik ve standartların ülke ekonomisi açısından avantajları ve dezavantajları olmuştur. Mühendislik biliminin amacının optimum maliyet ve performansı sağlamak olduğu düşünülecek olursa, yönetmelik ve standartların önemi bir kez daha anlaşılmalı olacaktır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Türkiye’de 2016 ve 2019 yılları arasında tasarım ve hesap yöntemleri bakımından köklü değişiklikler yapılmıştır. Bu tez çalışmasında çelik yapıların yeni ve eski yönetmeliklere göre farklılıkları ortaya konmak istenmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde, 2018 yılında yayınlanıp, 2019 yılında yürürlüğe giren “2018 Deprem Yönetmeliği” (TBDY, 2018) ve 2007 yılında yürürlüğe giren “2007 Deprem Yönetmeliği” (DBYBHY, 2007) arasındaki farklılıklar açıklanmıştır. Ayrıca, çelik yapıların tasarım yöntemlerine yönelik olarak, 1980 yılından 2016 yılına kadar yürürlükte olan “TS648” (TS648, 1997) ile 2016 yılında yürürlüğe giren “Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapımına Dair Yönetmelik” (ÇYHYDY, 2016) arasındaki farklılıklarda ortaya konmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde, örnek olarak seçilen bir sanayi yapısının farklı deprem yönetmeliklerine ve farklı tasarım yöntemlerine göre statik analizi ve tasarımı yapılarak 4 ayrı sonuç elde edilmiştir. Oluşturulan modelin yönetmeliklere uygunluk bakımından gerekli geometrik kontrolleri IdeCAD Statik (2019) programında kontrol edildikten sonra statik analiz ve tasarım sonuçları SAP2000 (2008) programı ile hesaplanmıştır. Yapının statik analiz hesapları, 2018 deprem yönetmeliğine göre iki farklı konumda ve 2007 deprem yönetmeliğine göre 2. derece deprem bölgesinde olacağı öngörülerek yapılmıştır. Yapı elemanlarının tasarımı ise, 2018 deprem yönetmeliği uyarınca “Güvenlik Katsayılarına göre Tasarım” yaklaşımıyla ve 2007 deprem yönetmeliği uyarınca “Emniyet Gerilmeleri Yöntemine” göre iki ayrı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen analiz ve tasarım sonuçları, çalışmanın üçüncü bölümünde irdelenmiş, hesap sonuçlarında ortaya çıkan benzerlikler ve farklılıklar karşılaştırmalı olarak belirtilmiştir.

1.3. Konu ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar

Mühendislik biliminin temel amaçlarından biri olan, yeterli emniyeti en ekonomik şekilde sağlamak ve bunu yaparken belirli standartları da yerine getirmek dünyanın ve Türkiye’nin her yerinden araştırmacıları bu konuda çalışmaya itmiş, araştırmacıların konuyla ilgili birçok tez ve makale hazırlamasına vesile olmuştur.

Aydın ve Günaydın (2017), “Çelik Yapılar Açısından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Taslağına Bir Bakış” konulu makale çalışmasında ÇYTHYE (2016) ve 2018 deprem yönetmeliğine dair tasarım esasları hususunda bilgilendirme yapmıştır.

El Aj Ahmad (2018), yüksek lisans tezinde yaptığı iki farklı çalışma da çelik konstrüksiyon olarak tasarladığı yapıları TBDY2018, Eurocode8, ASCE 7/16 ve TDY 2018’e göre analiz edip, yapıları taban kesme kuvvetleri, yapı hâkim doğal titreşim periyodları, maksimum yatay yer değiştirmeler, görelî kat açısından karşılaştırmıştır.

İşsever (2012), yapmış olduğu çalışmada eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerini DBYBHY2007 ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir. ETABS programını kullanarak hazırladığı 15 katlı betonarme perde ve çerçeve sistemli bir yapıyı DBTBHY 2007 ye göre 4 farklı deprem bölgesinde, 4 farklı zemin koşuluna göre ve eşdeğer deprem yükü yöntemi ile mod birleştirme yöntemi kullanarak ayrı ayrı analiz etmiştir. Ortaya çıkan sonuçlara göre önerilerde bulunmuştur.

Kara (2011), hazırladığı yüksek lisans tezinde, 4 katlı betonarme çerçeve bir modeli geçmişten bugüne Türkiye’de yayınlanmış tüm deprem yönetmeliklerine ve bu yönetmeliklerde yer alan tüm deprem bölgelerine göre analiz ederek taban kesme kuvvetleri açısından farklarını irdelemiştir.

Korkmaz (2008), merkezi çaprazlı çelik yapıları incelediği çalışmasında farklı tip merkezi çaprazların çelik yapıların deprem davranışını nasıl etkilediğini Düzce (1999) ve Erzincan (1992) depremlerine ait ivme kayıtlarını kullanarak irdelemiştir. Ortaya çıkan sonuçları taban kesme kuvvetleri, görelî kat ötelemesi ve yer değiştirmelere açısından karşılaştırmıştır.

Önal (2015), çelik yapıları çeşitli tasarım metotlarına göre incelemiş ve çalışma yaptığı yıl olan 2015 yılında yürürlükte olan yönetmeliklerden TS648 (1982), AISC 360-10 (2005) ve Eurocode3 (2004) yönetmeliklerini incelemiş, farklarını ortaya koymuş ve bu farkları seçtiği bir çelik yapı modeli üzerinde uygulamalı olarak göstermiştir.

Sangle (2012), çalışmalarında çok katlı çelik yapılar için çaprazların etkilerini araştırmıştır. Hazırlamış olduğu 40 katlı çelik konstrüksiyon binayı 5 farklı çapraz tipine göre ve çaprazsız olarak analiz etmiş, ortaya çıkan sonuçları taban kesme kuvveti periyod ve kat ötelemeleri bakımından irdelemiştir. Sonuç olarak çarpazların yüksek katlı yapıları nasıl etkilediğine dair yorumlarda bulunmuştur.

Tansel (2010), yapmış olduğu çalışmada hazırlamış olduğu 3 adet örnek çelik yapı modelini DBYBHY2007’ye uygun deprem yükleri etkisinde SAP2000 programı ile analiz

etmiştir. Hazırladığı modellerden birini moment aktaracak şekilde çerçevesi sistem olarak tasarlarken diğer ikisini merkezi ve dış merkezi çaprazlı perdeli sistem olarak dizayn etmiştir. Sonuç olarak 3 farklı modeli periyot, göreceli kat ötelemeleri, iç kuvvetler ve enkesit açısından irdeleyerek önerilerde bulunmuştur.

Taşan (2012), yüksek lisans tez çalışmasında hazırladığı 4 farklı yapının TDY-98 ve DBYBHY2007'ye göre deprem analizlerini yapmıştır. Yapmış olduğu çalışmada, deprem yüklerini SAP2000 programı yardımıyla hesaplamış ve her bir yapı için ayrı ayrı kontroller ederek karşılaştırmıştır.

Tuğrul (2011), yüksek lisans tezi olarak sunduğu çalışmasında, boyutlandırmadaki temel kavramlardan emniyet gerilmeleri yöntemi ve taşıma gücü yöntemlerinin karşılaştırmalarına yönelik bir çalışma yapmıştır. AISC-ASD ile AISC-LRFD ve Avrupa standardı Eurocode3'ün (2004) tasarım kriterlerini irdelemiş, farklı oldukları noktalar üzerinde durmuş ve hazırladığı 15 katlı binanın SAP2000 programında analizini yaparak, en ekonomik çözümü elde ettiği yöntemi açıklamıştır.

Tunç ve Tanfener (2016), yaptıkları çalışma ile DBYBHY2007 ve TBDY2018 taslaklarını karşılaştırdılar. Oluşturdukları özet çalışma ile her iki yönetmeliğin farklarını ve ortak yanlarını ortaya koydular.

Yardımcı (2005), hazırladığı çalışmada çelik yapıların tasarım yöntemlerini, yapısal tasarım, tasarım adımları ve tasarım felsefesi ile birlikte belirtmiş, kullanılmakta olan tasarım yöntemlerinden “Yük ve Dayanım Katsayılarına göre Tasarım (Load and Resistance Factor Design - LRFD)” ve “Güvenlik Gerilmeleriyle Tasarım (Allowable Stress Design – ASD)” yaklaşımlarını yük kombinasyonları ve güvenlik katsayıları açısından irdelemiştir aralarında ki farkları belirtmiştir. Son olarak ta çelik taşıyıcı sistem türlerinden bahsetmiştir.

1.4. Türkiye’de Deprem Yönetmelikleri Tarihçesi

Türkiye için deprem yönetmeliği konusu ilk defa 1939 yılında öz konusu olmuştur. Erzincan’da yaşanan deprem olayının ardından toplumun sağlığı ve güvenliği açısından özellikle göze batan yönetmelik eksikliği, bir ihtiyaç haline gelmiş ve ülke gündemine alınmıştır. Yapılan ilk çalışmaların ardından Türkiye’de yürürlüğe giren ilk yönetmelik “Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi” başlığıyla 1940 yılında yayınlanmıştır.

Dünyanın hemen hemen her ülkesindeki deprem yönetmelikleri birbirinden etkilenmiştir. Türkiye içinde aynı durum söz konusudur. 1940 yılında yayınlanan ilk yönetmeliğin ardından yürürlüğe giren tüm yönetmelikler bir başka ülkenin yönetmeliğinden esinlenilerek oluşturulmuştur. Oluşturulan ilk yönetmelik İtalyan yönetmeliğinden esinlendi. Günümüzde, her yapının inşa edileceği yerin koordinatlarına göre değişkenlik gösteren deprem yükleri, o dönem için tüm Türkiye genelinde aynı kabul ediliyordu. Bunun sebebi örnek alınan İtalyan yönetmeliğinde de benzer şekilde bölge ayırımının olmayışydı. Bu konuda ilk bölge ayırımı 1947 yılında yayınlanan yönetmelikte ortaya çıkmıştır. Yapılara uygulanan deprem etkileri konusundaki ilk değişiklikler burada görülmektedir. İlk kez sınır şartları 1968 yönetmeliğinde, sünek yapıların tasarımı ise 1975 yönetmeliğinde ortaya çıkmıştır. 1997 itibariyle de sünek yapı tasarımına ilişkin koşullar mecburi olmuştur. Daha sonradan yürürlüğe giren 2007 deprem yönetmeliğine ait birçok hesap ve yapı şartları bu yönetmelik ile gündeme gelmiştir. Günümüzde kullanılmakta olan yönetmelik, 2018 yılında yayınlanmış ve 2019 yılı itibariyle Türkiye’de yapılacak tüm binalar için uygulaması zorunlu hale getirilmiştir.

1.5. 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Farklılıkları

2018 deprem yönetmeliklerinin arasındaki başlıca farklılıklar, “Zemin Sınıfı” tanımında yapılan değişiklikler, “Bina Önem Katsayıları” ile ilgili düzenleme ve değişiklikler, “Deprem Yer Hareketi’nin” tanımıyla İlgili değişiklikler, “Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması” ile ilgili değişiklikler, “Doğrusal Hesap Yöntemi” ile ilgili değişiklikler ve “Bina Performans Hedefleri” ile ilgili değişiklikler olarak sıralanabilir.

1.5.1. Zemin Sınıfının Belirlenmesi

1.5.1.1. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Zemin Sınıfının Belirlenmesi

2007 deprem yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları, en iyi zemin Z1 ve en kötü zemin Z4 olacak şekilde dört gruba ayrılır. 2007 deprem yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları Tablo 1.1 ile gösterilmiştir.

Tablo 1.1. DBYBHY2007'ye göre yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grupları
Z1	(A) grubu (B) grubu ($h_1 \leq 15$ m)
Z2	(B) grubu ($h_1 > 15$ m) (C) grubu ($h_1 \leq 15$ m)
Z3	(C) grubu ($15m < h_1 \leq 50$ m) (D) grubu ($h_1 \leq 10$ m)
Z4	(C) grubu ($h_1 > 50$ m) (D) grubu ($h_1 > 10$ m)

2007 deprem yönetmeliğine göre zemin grubunun tayini yapının inşa edileceği alandaki zemin katmanının yüksekliğine ve zemin profiline bağlı olarak hazırlanan tablolar ile yapılır. 2007 deprem yönetmeliğine göre zemin grupları Tablo 1.2 ile belirtilmiştir.

Tablo 1.2. DBYBHY2007'ye göre tanımlanmış zemin grupları

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

1.5.1.2. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Zemin Sınıfının Belirlenmesi

2018 deprem yönetmeliğinde zemin sınıfları ile zemin grupları birleştirilerek tek tablo haline getirilmiştir. En iyi zemin sınıfı ZA olmak üzere sırasıyla ZB, ZC, ZD ve en kötü zemin ZF olacak şekilde 5 gruba ayrıldı. 2018 deprem yönetmeliğinin tanımladığı şekilde zemin sınıflarının açıklamaları ve bağlı buldukları parametreler Tablo 1.3 ile verilmiştir.

Tablo 1.3. TBDY2018'ye göre yerel zemin sınıfları tablosu

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Profili	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, 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	1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler 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. (Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektirir. Sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.)			

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

$(N_{60})_{30}$: Ortalama standart penetrasyon darbe sayısı,

$(c_u)_{30}$: Ortalama drenajsız kayma dayanımı,

PI : Plastisite İndisi,

w : Doğal su içeriğidir.

1.5.2. Bina Önem Katsayılarının Belirlenmesi

1.5.2.1. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Önem Katsayıları

Bina Önem Katsayısı (I), yapıya gelen deprem yükünü, yapının önemine ve deprem sonrası kullanım durumuna göre doğrudan etkiler. Dolayısıyla bina önem katsayısı yüksek olan binaların depremden daha az hasar alması veya hiç hasar almaması beklenir.

2007 deprem yönetmeliğinde “Binanın Kullanım Amacı veya Türü” başlığı altında sıralanan dört adet farklı bina önem katsayısı Tablo 1.4 ile belirtilmiştir.

Tablo 1.4. DBYBHY2007'ye göre bina önem katsayıları

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar. a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vc özellikleri olan maddelerin korunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süre ve yoğun olarak kaldığı ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim tesisleri, yatakhane ve yurtlar, askeri alanlar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar. Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

1.5.2.2. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Önem Katsayıları

2007 deprem yönetmeliğinde 4 gruba ayrılan bina önem katsayıları 2018 deprem yönetmeliğinde 3 gruba indirilerek yönetmeliğin bu bölümüne “Bina Kullanım Sınıfı” (BKS) adında yeni bir terim eklendi. 2018 deprem yönetmeliğinde belirtilen 3 adet bina kullanım sınıfı (BKS) ve bunlara bağlı olarak verilen 3 farklı bina önem katsayısı Tablo 1.5 ile gösterilmiştir.

Tablo 1.5. TBDY2018'e göre bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	Bina 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 1.5'te görüldüğü üzere 2007 deprem yönetmeliğinde ikinci önemli düzeyde bulunan okul, yurt, cezaevi ve müze gibi yapılar birinci önem düzeyine yükseltilerek önem katsayıları 1.4'ten 1.5'e çıkarılmıştır.

1.5.3. Deprem Spektrumlarının Tanımlanması

1.5.3.1. DBYBHY2007'ye Göre Deprem Spektrumlarının Tanımlanması

2007 deprem yönetmeliğine göre, binalar için kullanılacak tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (tekrarlama periyodu 475 yıl) yer hareketi için oluşturulur. Deprem yükleri hesaplanırken “Spektral İvme Katsayısı, A(T)” ve “Deprem Yüğü Azaltma Katsayıları, R,” kullanılır. Yapılar için kabul edilen sönüm oranı %5'tir. Spektral İvme Katsayısı (1.1) ve (1.2) bağıntıları ile hesaplanır.

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (1.1)$$

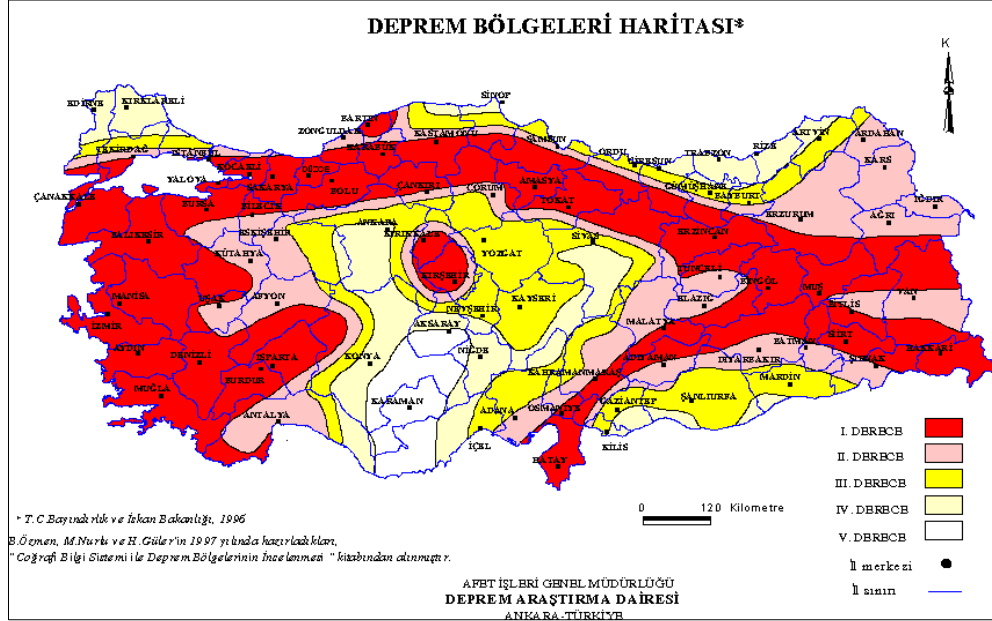
$$S_{ae}(T) = A(T)g \quad (1.2)$$

1.2 bağıntısı ile hesaplanan $S_{ae}(T)$ yani “Elastik Spektral İvme”, aynı zamanda %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumunun ordinatına denk gelir. (1.1) bağıntısında kullanılan “Etkin Yer ivmesi Katsayısı” (A_0), Tablo 1.6 yardımıyla belirlenir.

Tablo 1.6. TDY-2007’ye göre etkin yer ivmesi katsayısı

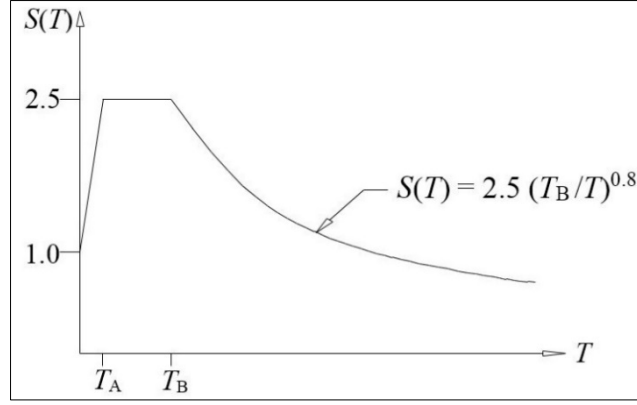
Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Yapının inşa edileceği konuma göre değişen deprem bölgeleri 4’e ayrılır. 2007 deprem yönetmeliğine göre yapının deprem bölgesini belirlemek için Şekil 1.1 ile belirtilen deprem bölgeleri haritası kullanılır.



Şekil 1.1. DBYBHY2007'ye göre deprem bölgeleri haritası

Spektrum katsayısı olarak ifade edilen $S(T)$, binanın birinci doğal titreşim periyodu ve yerel zemin sınıflarına göre değişen spektrum karakteristik periyodlarına (T_A ve T_B) bağlı olarak (1.3), (1.4) ve (1.5) bağıntılarıyla hesaplanır. Spektrum katsayısı $S(T)$ grafiği Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. DBYBHY2007'ye göre elastik tasarım ivme spektrumu

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (1.3)$$

$$S(T) = 2.5 \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (1.4)$$

$$S(T) = 2.5 \left[\frac{T_B}{T} \right]^{0.8} \quad T_B < T \quad (1.5)$$

(1.3), (1.4) ve (1.5) bağıntılarında kullanılan Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Yerel Zemin Sınıflarına bağlı olarak Tablo 1.7 ile gösterilmiştir.

Tablo 1.7. DBYBHY2007'ye göre spektrum karakteristik periyotları

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

1.5.3.2. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

Yapıların deprem anında ki davranışı doğrusal elastik değildir. Taşıyıcı sistemin deprem sırasında ki gerçek davranışı göz önüne alınarak bulunan spektral ivme katsayısına göre hesap edilecek elastik deprem yükleri, yapının türüne göre belli bir oranda azaltılır.

Deprem yüklerinin azaltılmasında kullanılan katsayı “Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı” ($R_a(T)$) olarak adlandırılır. Deprem yüğü azaltma katsayısı (1.6) ve (1.7) bağıntılarıyla hesaplanır.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (1.6)$$

$$R_a(T) = R \quad T_B < T \quad (1.7)$$

2007 deprem yönetmeliğinde yapıların depreme dayanıklı olarak boyutlandırılmasında esas alınan tasarım ilkesi “Dayanıma Göre Tasarım” ilkesidir (DGT). Dayanıma göre tasarım metodunun mantığına göre, göz önüne alınan tasarım depremi için elastik davranış spektrumundan yararlanarak hesaplanan deprem yükleri, taşıyıcı sistemin türüne ve özelliklerine bağılı olarak belirlenen bir deprem yüğü azaltma katsayısı ile bölünerek sisteme etki ettirilir.

Yapılar deprem anında kendine özgü doğrusal elastik olmayan bir davranış sergiler. Bu davranış göz önünde bulundurulduğunda spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri deprem yüğü azaltma katsayısına bölünür. Deprem yüğü azaltma katsayısı, Tablo 1.8 ile tanımlandığı üzere çeşitli süneklik düzeyindeki taşıyıcı sistemler için kullanılan “Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısına” (R) ve “Doğal Titreşim Periyoduna” (T) bağılı olarak belirlenir.

Tablo 1.8. DBYBHY2007'ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı (çelik binalar için)

Çelik Bina Türü		Süneklik Düzeyi	
		Normal	Yüksek
1	Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	5	8
2	Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.	-	4
3	Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler / yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
a	Çaprazların merkezi olması durumu.	4	5
b	Çaprazların dışmerkez olması durumu.	-	7
c	Betonarme perdelerin kullanılması durumu.	4	6
4	Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler/yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
a	Çaprazların merkezi olması durumu.	5	6
b	Çaprazların dışmerkez olması durumu.	-	8
c	Betonarme perdelerin kullanılması durumu.	4	7

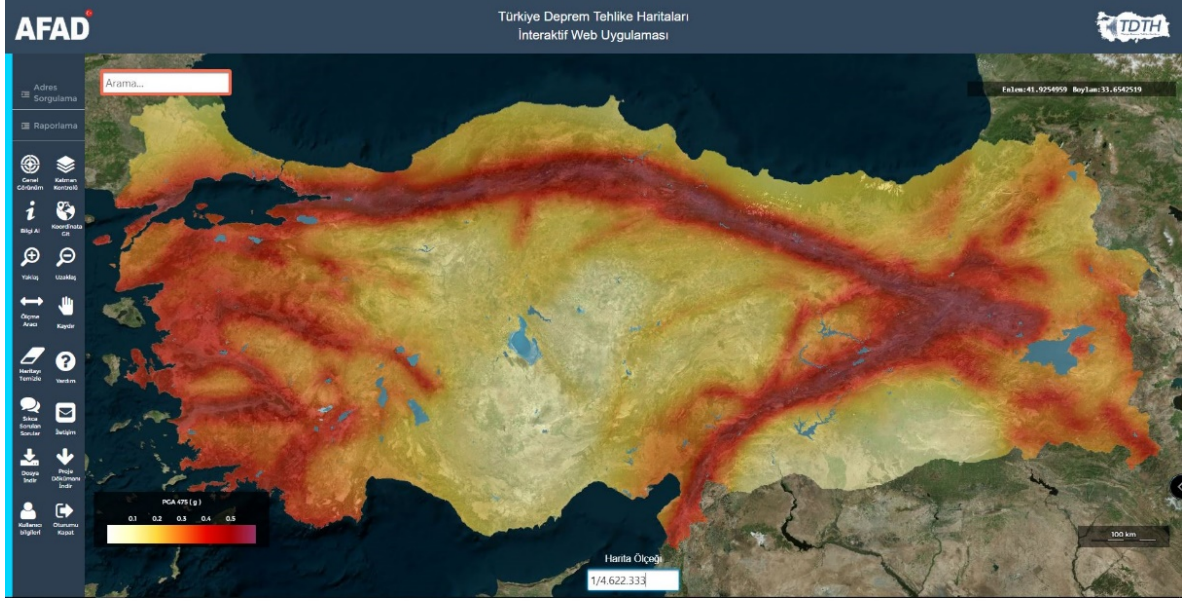
1.5.4. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Spektrumların Tanımlanması

TBDY2018'deki standart tasarım deprem yer hareketi için baz alınan istatistiksel parametrelerde değişiklik yapılmamış, DBYBHY2007 deprem yönetmeliğindeki olduğu gibi 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem hareketi kullanılmıştır. Ancak yüksek katlı bina gibi özel konuların tasarımı için farklı deprem düzeylerinin kullanımı zorunlu tutulmuştur. Buna göre deprem yer hareketi düzeyleri DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere 4 ayrı kategoriye ayrılmıştır. 2018 deprem yönetmeliğinde tanımlanan deprem düzeyleri Tablo 1.9 ile gösterilmiştir.

Tablo 1.9. TBDY2018'e göre deprem yer hareketi düzeyleri

DD	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Yıllık Tekrarlama Periyodu	Deprem Niteliği
DD-1	%2	2475 Yıl	Çok Nadir – En Büyük Deprem
DD-2	%10	475 Yıl	Seyrek – Standart Tasarım Depremi
DD-3	%50	72 Yıl	Sık Deprem
DD-4	%68	43 Yıl	Çok Sık – Servis Deprem

Deprem yer hareketinin hesabına ilişkin en belirgin fark yeni Türkiye Deprem Tehlikesi Haritalarıdır. 2018 deprem yönetmeliğinde deprem tehlikesi haritalarıyla birlikte deprem bölgeleri kavramı tamamen ortadan kaldırıldı. 2018 deprem yönetmeliğine göre Türkiye Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları Şekil 1.3 ile gösterildiği gibidir.



Şekil 1.3. AFAD tarafından hazırlanan TDTH interaktif web uygulaması

Yenilenen yönetmelik ile birlikte tasarım spektrumu çok daha fazla değişkenlere bağlıdır ve bu sayede yapılan hesaplanan harita spektral ivme katsayısı gerçeğe daha yakındır. Tasarım spektrumu belirlenirken kullanılan başlıca değişkenler,

- Kısa periyot (0.2 saniye) ve 1.0 saniyelik periyot için tanımlanan harita spektral ivme katsayıları,
- Faya yakınlık katsayısı ve
- Yerel zemin etki katsayıları olarak sıralanabilir.

2018 deprem yönetmeliğinde, 2007 deprem yönetmeliğinden farklı olarak düşük deprem ivmelerinin belirlenebileceği düşük elastik tasarım spektrumu da tanımlanmıştır.

1.5.4.1.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Harita spektral ivme katsayıları birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelmektedir. Belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için yapının inşa edileceği zemin koşulu da dikkate alınarak %5 sönüm oranı ile elde edilen harita spektral ivmelerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile harita spektral ivme katsayıları boyutsuz olarak bulunur. Yeni deprem tehlike haritasında dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyot (0.2 saniye) harita spektral ivme katsayısı “S_s” ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı “S₁” ayrı ayrı tanımlanmıştır. Haritadan elde edilen S_s ve S₁ değerleri (1.8) ve (1.9) bağıntılarındaki gibi tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{DI}’e dönüştürülür.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (1.8)$$

$$S_{DI} = S_1 \gamma_F F_1 \quad (1.9)$$

1.5.4.1.2. Faya Yakınlık Katsayısı

Faya yakınlık katsayısı, yapının inşa edileceği lokasyona göre değişir. Faya yakınlık katsayısı, yapıya en yakın olan fayın 25 km veya daha yakın mesafede olduğu durumlarda ve yalnızca DD-1 ve DD-2 deprem düzeyleri için kullanılır. (1.9) numaralı bağıntıda tanımlanan faya yakınlık katsayısı γ_F , yalnızca 1. saniye periyot için haritadan alınan tasarım spektral ivme katsayısı S_{DI}’in hesabında kullanılır.

$$\gamma_F = 1.2 \quad L_F \leq 15 \text{ km} \quad (1.10)$$

$$\gamma_F = 1.2 - 0.02(L_F - 1.5) \quad 15 \text{ km} \leq L_F \leq 25 \text{ km} \quad (1.11)$$

1.10 ve 1.11 bağıntılarıyla hesaplanan “Faya Yakınlık Katsayısı” (γ_F) birimsiz olup, fay düzlemine en yakın dik uzaklığı gösteren L_F, kilometre cinsindedir.

1.5.4.1.3. Yerel Zemin Etki Katsayısı

Tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} 'in hesabında kullanılacak olan kısa periyot ve 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları F_s ve F_1 , Tablo 1.10 ve Tablo 1.11 ile elde edilir.

Tablo 1.10. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki 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 gerektirir.					

Tablo 1.11. 1 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki 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 analizleri gerektirir.					

En kötü zeminleri ifade eden ZF sınıfı zeminler için sahaya özel davranış analizlerinin yapılması ve özel deprem yer hareketi spektrumunun kullanılması zorunludur.

1.5.4.1.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Yatay elastik tasarım spektral ivme değeri $S_{ac}(T)$, herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan yatay elastik tepki spektrumunun ordinatıdır. Yer çekimi ivmesi [g] cinsinden (1.12), (1.13), (1.14), (1.15) bağıntılarıyla hesaplanır.

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (1.12)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (1.13)$$

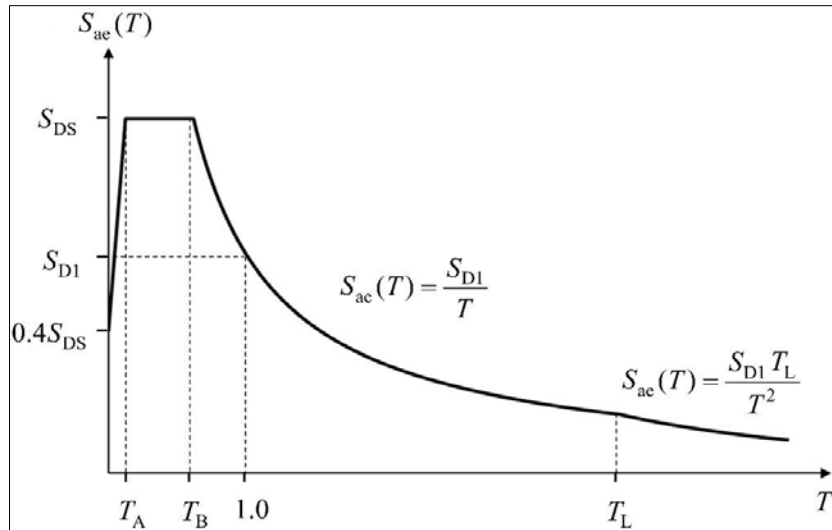
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (1.14)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (1.15)$$

Bu denklemlerde yer alan S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayılarını, “T” ise yapının doğal titreşim periyodunu ifade etmektedir. T_A ve T_B , yatay tasarım spektrumunun köşe periyotlarına karşılık gelir. T_A ve T_B , S_{DS} ve S_{D1} ’e bağlı olarak (1.16) bağıntılarında gösterildiği gibi tanımlanır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (1.16)$$

Yatay elastik tasarım ivme spektrumuna ait grafik Şekil 1.4 ile gösterilmiştir.

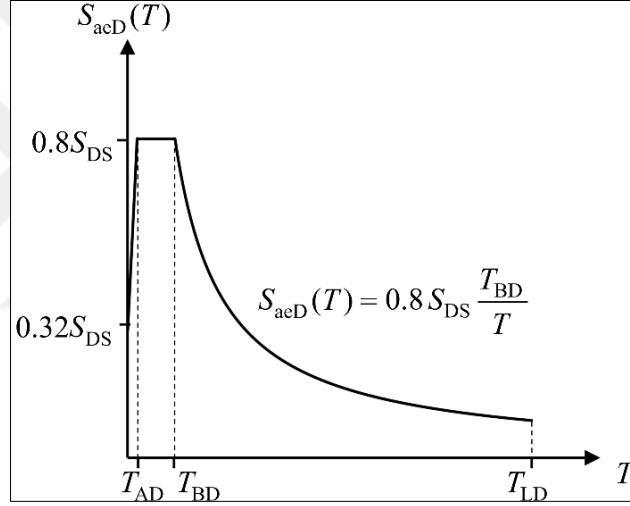


Şekil 1.4. TBDY2018’e göre yatay elastik tasarım ivme spektrumu

Şekil 1.4 ile gösterilen yatay elastik tepki spektrumu %5 sönüm oranı için tanımlanmıştır. DBYBHY2007’den farklı olarak “ T_L ” ifadesi sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodunu ifade eder ve $T_L = 6$ s olarak alınmalıdır.

1.5.4.1.5. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

TDY-2007’den farklı olarak TBDY2018’de yapılar için “Düşey Elastik Tasarım Spektrumu” hesaplara dahil edilmiştir. Düşey elastik tasarım spektral ivme değeri $S_{aeD}(T)$, herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatıdır. $S_{aeD}(T)$ hesap grafiği Şekil 1.5 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.5. TBDY2018'e göre düşey elastik tasarım spektrumu

Yatay deprem yer hareketi için tanımlanana kısa periyot tasarım spektral ivmesi katsayısı ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi [g] cinsinden (1.17), (1.18), (1.19) bağıntıları ile hesaplanır.

$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD}) \quad (1.17)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (1.18)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \quad (1.19)$$

Bu denklemlerde yer alan T_{AD} ve T_{BD} düşey spektrumun köşe periyotları ve T_{LD} periyodu (1.20) bağıntılarıyla hesaplanır.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3}, \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3}, \quad T_{BD} = \frac{T_L}{3}, \quad (1.20)$$

1.5.4.1.6. Deprem Tasarım Sınıfları

2018 deprem yönetmeliğinde, 2007 deprem yönetmeliğinden farklı olarak yapıların sınıflandırılmasına yönelik kavramlara yer verilmiştir. Bu kavramlardan biri de “Deprem Tasarım Sınıflarıdır” (DTS). Yapının deprem tasarım sınıfı, bina kullanım sınıfı ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değerlerine bağlı olarak Tablo 1.12 kullanılarak belirlenir.

Tablo 1.12. TBDY2018'e göre 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

1.5.4.1.7. Bina Yükseklik Sınıfları

2018 deprem yönetmeliğine 2007 deprem yönetmeliğinde bulunmayan “Bina Yükseklik Sınıfı” (BYS) terimi eklendi. Bu sınıflar bina yüksekliği (H_N) ve deprem tasarım sınıfına (DTS) bağlı olmak üzere 1’den 8’e kadar değer almaktadır. Deprem hesabı bakımından bina yüksekliği H_N , bina tabanından itibaren ölçülen yükseklik olarak tanımlanır. 2018 deprem yönetmeliğine göre bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik sınıfı aralıkları Tablo 1.13 ile gösterilmiştir.

Tablo 1.13. TBDY2018'e göre bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik sınıfı aralıkları

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

2018 deprem yönetmeliğine göre BYS=1 en yüksek bina sınıfını temsil etmektedir. BYS=1 olan binalar özel tasarım şartlarına tabidir. 2018 deprem yönetmeliğine göre BYS=1 olan yüksek binaların çözümünde zaman-tanım alanında doğrusal olmayan hesabın kullanılması zorunludur. Ayrıca etkin rijitlik katsayıları, minimum taban kesme kuvveti ve tasarım spektrumu gibi parametrelerin tamamı normal binalar için kullanılan parametrelere göre farklılık göstermektedir.

1.5.5. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması

2018 deprem yönetmeliğinde yararlanılan tasarım yaklaşımı, 2007 deprem yönetmeliğinde olduğu gibi “Dayanıma Göre Tasarım (DGT)” yaklaşımıdır. Dayanıma göre tasarımda, göz önüne alınan tasarım depremi için elastik davranış spektrumundan yararlanarak hesaplanan deprem yükleri, taşıyıcı sistemin türüne ve özelliklerine bağlı olarak belirlenen bir deprem yükü azaltma katsayısı ile bölünerek sisteme etkililir. Taşıyıcı sistem, deprem etkileri ve diğer yükler altında doğrusal-elastik teoriye göre analizi edildikten sonra iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler bulunur. Hesaplanan veriler/talepler ışığında taşıyıcı sistemin elemanları ve birleşimleri, güvenli taşıma kapasiteleri en az dış yükler ve azaltılmış deprem yüklerinden doğan toplam iç kuvvetlerden büyük veya eşit olacak şekilde boyutlandırılır. Sonuç olarak, ihtiyaç duyulan dayanım kıstasları sağlanmış olur. Dayanıma Göre Tasarım çerçevesinde, öngörülen süneklik kapasitesi – dayanım

talebi ilişkisi ve buna bağlı olarak belirlenen deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$ (1.21) ve (1.22) bağıntılarıyla hesaplanır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (1.21)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad T < T_B \quad (1.22)$$

1.21 ve 1.22 bağıntılarında kullanılan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R ve dayanım fazlalığı katsayısı D , bina yükseklik sınıfına bağlı olarak Tablo 1.14 ile elde edilir.

Tablo 1.14. TBDY2018'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları dayanım fazlalığı katsayıları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
C12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
C13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 2$
C15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	-

2018 deprem yönetmeliğinde dayanıma göre hesap ilkelerine ilişkin bir başka önemli değişiklik taşıyıcı sistem davranış katsayısının (R) yanı sıra “Dayanım Fazlalığı Katsayısının (D)” hesaplara dahil edilmiş olmasıdır. Dayanım fazlalığı katsayısı akma ve tasarım dayanımının birbirine oranının fazlalığını belirten bir katsayıdır. Yapıya ait elemanların sünek davranış göstermesinin beklenmediği durumlarda, deprem yüklerinin azaltılmasıyla elde edilen iç kuvvetlerin elastik sınırlar içerisinde kalması istendiği için deprem yüklerinin bu katsayı ile arttırılması şarttır. Bu sayede elemanların daima elastik koşullar içerisinde kalması amaçlanmaktadır. Örneğin; yüksek veya sınırlı sünek davranış gösteren çelik yapı elemanlarında D katsayısı 1 (etkisiz) alınırken özellikle betonarme elemanların kesme kuvveti hesaplarında iç kuvvetlerin D katsayısı ile büyütülmesi gerekmektedir.

1.5.5.1. Yatay Deprem Yüğü Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

TBDY2018’e göre, yatay doğrultuda yapılacak deprem hesabı için kullanılan azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$, (1.23) bağıntısı ile bulunur.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (1.23)$$

1.5.6. 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Bina Performans Hedefleri

Bina performans hedefi, belli bir deprem yer hareketi düzeyi için yapıdan istenen (hedeflenen) performans beklentisidir. 2007 deprem yönetmeliğinde yalnızca “Mevcut Binalar” için tanımlanan bina performans hedefleri, yeni deprem yönetmeliğiyle birlikte yeni yapılacak binalar için de söz konusu hale getirildi. Yeni deprem yönetmeliğine göre bina performans düzeyleri, kesintisiz kullanımı belirten (KK), hemen kullanımı belirten (HK), can güvenliğini belirten (CG) ve göçmenin önlenmesini belirten (GÖ) olarak 4 şekilde gruplandırılmıştır.

- KK, Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında herhangi bir yapısal hasarın meydana gelmediği veya ihmal edilebilir düzeyde hasar oluşan performans düzeyidir.
- SH, Sınırlı Hasar Performans Düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, yani nonlineer davranışın sınırlı olduğu hasar düzeyidir.
- KH, Kontrollü Hasar Performans Düzeyi, yapı elemanlarında çok ağır olmayan (onarılması mümkün) hasarların hedeflendiği düzey.
- GÖ Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi, binaların, tamamen veya kısmen göçmesi önlenmiş ve taşıyıcı sistemde ileri düzey ağır hasar meydana gelen göçme öncesi durum.

Binaların performans hedefini belirlemek üzere TBDY2018’de tanımlanmış olan dört deprem yer hareketi düzeyi için TBDY2018 bölüm 3.5.1’de verilen tablolardan yararlanılır. Bu tez çalışmasında incelenen yapı (yeni yapılacak çelik konstrüksiyon yapı) için gerekli olan performans hedefleri Tablo 1.15 ile gösterilmiştir.

Tablo 1.15. Yeni yapılacak binalar (çelik yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme) için performans hedefleri tablosu

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

Yeni binaların tasarımı veya mevcut binaların değerlendirilmesi için deprem tasarım sınıfı ve bina yükseklik sınıfına bağlı olarak bir performans hedefi belirlenecek ve bu performans hedefine uygun tasarım yaklaşımı seçilecektir.

1.5.7. TBDY2018 Yönetmeliğine Göre Tasarım Yaklaşımları

Yapı sistemlerinin depreme dayanıklı olarak tasarımını amaçlayan başlıca yaklaşımlar, dayanıma göre tasarım ve performansa göre tasarım olmak üzere ikiye ayrılır. 2018 deprem yönetmeliğinde bu iki ana tasarım yaklaşımı ile hesap yapılmasına müsaade edilir. Bunlar, 2007 deprem yönetmeliğinde de kabul gören tasarım yaklaşımlarından olan “Dayanıma Göre Tasarım” ve “Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım” yaklaşımlarıdır.

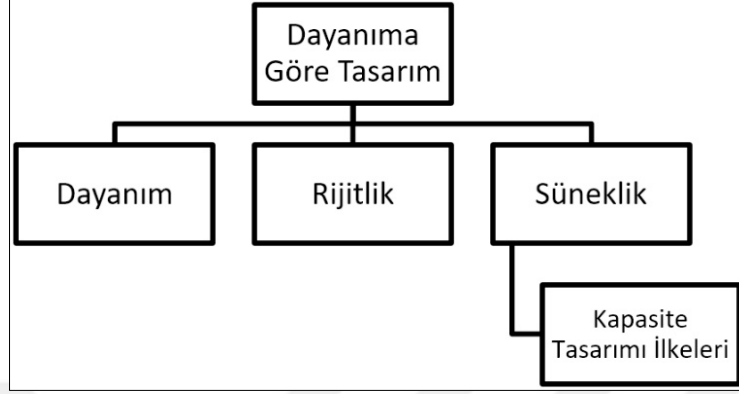
2018 deprem yönetmeliğine göre, yüksek binalar, taban izolasyonlu (Deprem Yalıtımlı) binalar ve mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde, DGT hesap esasları uygulanarak ön tasarım yapıldıktan sonra, ayrıca ŞGDT tasarım esasları kullanılarak performans değerlendirmesi yapılacaktır. Bunun dışında bina yükseklik sınıfı 2 veya 3, deprem tasarım sınıfı ise 1a veya 2a olan binaların ön tasarımı da DGT yaklaşımı ile yapıldıktan sonra ŞGDT yaklaşımı ile performans değerlendirmesi yapılması zorunludur. Bu sınıfa giren yapılar, 2007 deprem yönetmeliğinde bahsi geçen, yapı yüksekliği 42 metreyi aşan, önem katsayısı 1.4 veya 1.5 olan ve 1. veya 2. deprem bölgesi içerisinde yer alan yapılara tekabül eder. Bunların dışında, 2018 Deprem Yönetmeliği Bölüm 8’de tanımlanan tam ard-germeli ön üretimli yapıların üretiminde de aynı yaklaşım kullanılır. Bu tez çalışmasında incelenen bina türü gereği ŞGDT tasarımına ihtiyaç duyulmadığından DGT esaslarından bahsedilecektir.

Dayanıma göre tasarım esaslarında, yapı sistemi, DD-2 tasarım depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl) için doğrusal-elastik teoriye göre hesaplanmakta ve taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışının tasarıma etkileri ilgili deprem yönetmeliği kuralları ile göz önüne alınmaktadır. Bu yöntemde, 2007 deprem yönetmeliğinde bina tasarımı için kullanılan eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi gibi metotlarla doğrusal deprem hesabı yapılmaktadır. Ancak hesap esaslarında 2007 deprem yönetmeliğine göre önemli değişiklikler veya eklemeler mevcuttur.

1.5.7.1. Dayanıma Göre Tasarım Yaklaşımı

2018 deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri etkisi altında hesaplanan yapılar için başlıca tasarım metodu Dayanıma Göre Tasarımdır yaklaşımıdır. Bu yaklaşıma göre

depreme dayanıklı yapı tasarımı için en önemli üç kriter, rijitlik, dayanım ve sistemin sünekliğidir. DGT kriterleri Şekil 1.6 ile gösterilmektedir (Özer, 2015).



Şekil 1.6. Dayanıma göre tasarım kriterleri

DGT yaklaşımına göre çelik yapının, öncelikle deprem etkisi altında elemanlarında oluşan kuvvetler bulunmalıdır. Bunun için, elastik davranış spektrumu yardımıyla ile hesaplanan deprem yükleri yapının taşıyıcı sistem türüne göre değişiklik gösteren deprem yükü azaltma katsayısına bölünerek yapıya etkilir. Oluşan iç kuvvetler ve yer değiştirmeler hesaplanır. Yapı elemanlarının ve birleşimlerinin, bu kuvvetleri taşıyabileceği kapasiteler hesaplanır ve yapı elemanları bu kuvvetleri karşılayabilecek şekilde boyutlandırılır. Bu sayede yapının dayanım kriterleri sağlanmış olur.

Dayanım kriterini en az iç kuvvetler ve/veya daha fazlasıyla taşıyan kesitler oluşturulduktan sonra bu kesitlerin rijitlik kriterini sağlayıp sağlamadığı bakılmalıdır. Rijitlik kriteri kontrolü yaparken göz önünde bulundurulacak kıstaslar aşağıdaki gibidir.

- a- Yapının, olası küçük depremler ve titreşimler altında kullanıcıların konfor şartlarını sorunsuz şekilde karşılayabilmeli.
- b- Orta ve büyük depremler altında yapısal bütünlük korunmalı, taşıyıcı olmayan elemanlar aşırı şekil değiştirmemeli.
- c- Şekil değiştirmeler ikinci mertebe denklemlerini etkilemeyecek şekilde sınırlandırılmalı.

Bu kriterlerin yerine getirilmesi için, rijit diyafram kabulüne göre, deprem yükü azaltma katsayısı ile azaltılan elastik deprem yükleri etkisinde oluşan toplam yatay yer

değiştirmeler ve görel kat ötelemeleri yönetmelikte belirlenen sınırlar dahilinde tutulmalı, bu durumda rijitlik kriterinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir. (Özer,2015)

1.5.8. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

Dayanıma göre tasarım esaslarında yapı sistemi, DD-2 tasarım depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl) için doğrusal-elastik teoriye göre hesaplanmakta ve taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışının tasarıma etkileri ilgili deprem yönetmeliği uyarınca dikkate alınır. Bu yöntemde, 2007 deprem yönetmeliğinde de bina tasarımı için kullanılan eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi gibi alışlageldik metotlarla doğrusal deprem hesabı yapılmaktadır. Ancak hesap esaslarında 2007 yönetmeliğine göre önemli değişiklikler veya eklemeler mevcuttur.

1.5.8.1. DBYBHY2007'ye Göre Doğrusal Hesap Yöntemleri

TDY-2007'ye göre; binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler, Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemidir. Verilen yöntemler, tüm binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilir. Buna göre, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında yapılan hesap yöntemlerinin hepsi bina türü yapıların tamamının deprem hesabında kullanılabilir. Eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılmasına ilişkin sınır parametreleri binanın bulunduğu deprem bölgesi, düzensizlik durumu ve toplam bina yüksekliğine bağlı olarak belirtilmiştir. Bu parametreler ve sınırlandırmalar Tablo 1.16 ile gösterilmiştir.

Tablo 1.16. DBYBHY2007'ye göre eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanımına izin verilen bina türleri

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
3, 4	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m

1.5.8.2. TDY 2018'e Göre Doğrusal Hesap Yöntemleri

2018 deprem yönetmeliğinde dayanıma göre tasarım yaklaşımı kapsamında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemidir.

2007 deprem yönetmeliğinde olduğu gibi, 2018 deprem yönetmeliğinde de mod birleştirme yöntemi tüm binaların deprem hesabında kullanılabilir fakat iki yönetmelikte de eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanımına ilişkin sınırlar belirtilmiştir. Bu sınırlandırmalar, inşa edilecek binanın ait olduğu deprem tasarım sınıfı, düzensizlik durumu ve bina yükseklik sınıfına göre belirlenir. Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi ile ilgili sınırlandırmalar Tablo 1.17 ile gösterilmiştir.

Tablo 1.17. TBDY2018'e göre eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanımına izin verilen bina türleri

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

1.5.9. Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yöntemi eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılmadığı durumlarda kullanılan dinamik yöntemlerden biridir. Buna göre hesaplanan maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, yapıda yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Eşdeğer deprem yükü yönteminde yapının yalnızca ilk modu dikkate alınırken, mod birleştirme yönteminde yapıda yeterli sayıda doğal titreşim modu dikkate alınmakta ve eşdeğer deprem yükü yönteminin aksine mod birleştirme yönteminin kullanımında herhangi bir sınırlandırma getirilmemektedir.

1.5.9.1. DBYBHY2007'ye Göre Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yönteminde esas alınacak azaltılmış ivme spektrumuna ait ordinatlar, $S_{aR}(T_n)$, herhangi bir n'inci titreşim modu göz önüne alınarak (1.24) bağıntısında belirtildiği gibi elde edilmektedir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (1.24)$$

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi istendiği takdirde (1.24) bağıntısında yer alan $S_{ae}(T_n)$ yerine ilgili özel spektrum ordinatı göz önüne alınır.

1.5.9.1.1. Göz Önüne Alınacak Serbestlik Dereceleri

Döşemelerin rijit diyafram (yatay düzlemde) olarak tanımlandığı binalarda, her bir katta birbirine dik doğrultuda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi olmak üzere toplamda üç serbestlik derecesi göz önüne alınmak suretiyle her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanmaktadır. Ancak ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, deprem yükleri deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm \%5$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara uygulanmalıdır.

Döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınmalıdır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm \%5$ 'i kadar kaydırılmalıdır.

1.5.9.1.2. Hesaba Katılacak Titremiş Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önünde bulundurulan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde ve her bir mod için

hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmama koşuluna göre belirlenir.

1.5.9.1.3. Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için Karelerin SRSS (Toplamının Kare Kökü Kuralı) ya da CQC (Tam Karesel Birleştirme Kuralı) kullanılabilir.

$T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyodların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için SRSS kuralı uygulanır. Aksi takdirde, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için CQC kuralı uygulanmalıdır.

1.5.9.1.4. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Alt Sınır Değerleri

Göz önünde bulundurulan deprem doğrultusu için mod birleştirme yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvveti V_{tB} 'nin eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen toplam deprem taban yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olduğu takdirde, mod birleştirme yöntemi ile bulunan kuvvetler (1.25) bağıntısına göre büyütülmelidir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (1.25)$$

DBYBHY2007'ye göre A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması halinde (1.25) bağıntısında β değeri 0.90 olarak alınırken, bu düzensizliklerin hiçbirinin bulunmadığı takdirde ise $\beta=0.80$ alınmalıdır. (1.25) bağıntısında kullanılan B_B , mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklüğü, B_D ise B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş ilgili değeri göstermektedir.

1.5.9.2. TBDY2018'e Göre Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yönteminde esas alınacak azaltılmış ivme spektrumuna ait ordinatlar, $S_{aR}(T)$, belirli bir T doğal titreşim modunuda göz önüne alınarak (1.26) bağıntısında belirtildiği gibi elde edilmektedir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (1.26)$$

1.5.9.2.1. Göz Önüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri açısından göz önüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri kavramında herhangi bir fark yoktur.

1.5.9.2.2. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

DBYBHY2007'ye göre titreşim modu katılım sayısı hesaplanırken, söz konusu birbirine dik iki yatay deprem doğrultusunun (x ve y) her bir modu için tek tek hesaplanan etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %90'ından az olmaması gerekir. Bu koşul 2018 deprem yönetmeliğinde %5 arttırılmıştır. Sonuç olarak bu oran 2018 deprem yönetmeliğinde %95'e çıkarılmıştır.

1.5.9.2.3. Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Her iki yönetmelik açısından da mod katkılarının birleştirilmesi ile ilgili herhangi bir fark yoktur.

1.5.9.2.4. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Alt Sınır Değerleri

Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri açısından DBYBHY2007 ve TBDY2018 arasında herhangi bir fark yoktur.

1.6. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar

Bu bölümde, yenilenen deprem yönetmeliği ve çelik yapılar yönetmeliği açısından depreme dayanıklı çelik bina tasarımına yönelik olarak yapılan değişikliklere yer verilmiş, başlıca güncel tasarım kuralları ve uygulama prensiplerinden bahsedilmiştir.

Gelişmiş ülkelerde, inşaat sektörünün ilerlemesi ve mimari ihtiyaçların değişmesi, yapı güvenliğinin belirli kurallara dayandırılması gereğini ortaya çıkarmıştır. Bu durum, tasarıma dair esasların yenilenme sürecini beraberinde getirmiştir. Benzer şekilde Türkiye’de de mimarlık sektörünün ilerlemesine ve beraberinde standartlara dair ihtiyaçların oluşmasına rağmen 1980 yılında yayınlana TS648’den beri çelik yapıların tasarım standartlarında herhangi bir değişim olmamıştır.

Türkiye’de, 2016 yılı itibariyle uygulamada olan yönetmelikler açısından, inşaat mühendisliği alanında ciddi değişiklikler olmuştur. Çelik yapılar için dikkate alınan, DBYBHY2007 (DBYBHY, 2007) ve TS648 (TS648, 1982) Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları yönetmeliği yürürlükten kaldırıldı. Bunun sebebi ise TS648’in hesap ve tasarım açısından çok dar kapsamlı oluşu ve günümüz koşullarında birçok yapı için yeterli bilgi düzeyi sağlamayıdır. TS648 yönetmeliğinin olumsuz tarafları için aşağıdakiler söylenebilir:

- Narin plakaları olan profiller ile ilgili bilgi bulunamaz,
- Emniyet Gerilmeleri yaklaşımına dayandığı için bazen fazla güvenli tarafta kalabilir,
- Tedavülden kalkmış birleşim elemanları hakkında kuralları içerir fakat yüksek mukavemetli bulonlar hakkında bilgi bulmak mümkün değildir,
- Sadece bina türü yapılar için geçerlidir fakat buna rağmen 31ompozit döşemelerle ilgili herhangi bir bilgi yoktur.

2016 Yılında yürürlüğe giren “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Yönetmelik” (ÇYTHYDY, 2016) ile birlikte kapsam epeyce genişlemiştir. Ayrıca, 2018 yılında yayınlanan TBDY2018 (TBDY, 2018) ile uyumlu bir yönetmelik kullanıma sunulmuş oldu. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği, yapısal çelik ve çelik–betonarme kompozit yapı elemanlarının ve yapı sistemlerinin, yeterli

bir güvenlikle, kullanım amaçlarına uygun olarak tasarım ve yapımına ilişkin yöntem ve kuralları içermektedir.

1.6.1. Tasarımda Temel İlkeler

Yapı elemanları için temel tasarım ilkesi, elemanların maruz kaldıkları yükü güvenli, stabil ve ekonomik biçimde taşıyabileceği kesite karar vermektir. Buna göre, yapı elemanlarının güvenli tarafta kalacak şekilde tasarlanması için dünyanın her ülkesinin kendine has standartları/esasları bulunur.

Çelik yapı eleman ve birleşimlerinin tasarımı yapılırken, yapının kullanım süresi boyunca stabil kalması istenir. Diğer bir deyişle yapının tüm fonksiyonlarını belirli bir güvenlik altında yerine getirebilecek düzeyde dayanım, stabilite ve rijitliği olması gerekir. Tasarımın temel amacı budur.

Buna göre, çelik yapılar için dayanım sınır durumu ve kullanılabilirlik sınır durumu olmak üzere, boyutlandırmada baz alınacak iki kriter vardır. Yapısal tasarım yapılırken ilk olarak dayanım sınır durumuna göre boyutlandırma yapılır, ardından yapılan boyutlandırma ve yapının maruz kaldığı diğer etkiler ile birlikte kullanılabilirlik sınır durumu kontrol edilir. Bunun sebebi, yapı elemanlarına etkiyen yükler altında oluşan kuvvetlerden dolayı öncelikle stabilite ve ani şekil değiştirmenin önlenmesi amaçlanır, ardından yapılan tahkikler ile mimari şartlar (kullanıma yönelik konfor şartları) için sehim, titreşim vb durumlar irdelenir. Bu sebepten ötürü öncelikle dayanım sınır durumu kriteri ardından kullanım sınır durumu kriteri aranır.

2016 yılında yayınlanan yönetmelikte TS468'e nazaran birçok yenilik ile birlikte emniyet gerilmeleri yöntemi de artık yerini yeni tasarım yaklaşımlarına bırakmıştır. Yeni yönetmeliğe göre dayanım sınır durumunu esas alan iki tasarım yöntemi Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) ve Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT) yöntemidir. Bu bölümde Emniyet Gerilmeleri Yöntemi, YDKY ve GKT incelenerek aralarındaki farklar ortaya konacaktır.

1.6.2. Emniyet Gerilmeleri Yöntemine Göre Tasarım

Emniyet gerilmeleri yöntemi, yapı elemanlarının deprem etkisi altındaki tasarımı için kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bu yaklaşımın temel mantığına göre, yüke maruz elemanda oluşan gerilmeler, emniyetli gerilme değerini geçmemelidir. Yapı elemanının materyaline göre değişkenlik gösteren emniyetli gerilme değeri, daima elastik sınırlar dahilinde tutulmalıdır ve hiçbir durumda akma gerilmesi değerini aşmamalıdır. Emniyet gerilmesi yönteminde kullanılan yükler “işletme yükleri” olmalıdır. İşletme yükleri, “servis yükleri” olarak da adlandırılabilirler. Bu yöntemde göre, (1.27) bağıntısında gösterildiği üzere yapının maruz kaldığı işletme yükü etkisinde yalnızca normal gerilme meydana gelen bir çelik yapı elemanında oluşan gerilme değeri σ , emniyet gerilmesi değeri olan σ_{em} ‘den daha küçük veya eşit olmalıdır.

$$\sigma \leq \sigma_{em} \quad (1.27)$$

1.6.3. Güvenlik Katsayıları ile Tasarım

Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT) yöntemi, tüm yapısal elemanlar için, güvenli dayanım ile ifade edilen R_n / Ω ’nın bu tasarım yöntemi için öngörülen ve GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım ile ifade edilen R_a , değerine eşit veya daha büyük olması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde göre tasarım, (1.28) bağıntısına uygun olarak gerçekleştirilir.

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega} \quad (1.28)$$

Burada;

R_a : Deprem etkili GKT yük birleşimi ile belirlenen gerekli dayanımı

R_n : Karakteristik dayanımı

Ω : Güvenlik katsayısını

R_n / Ω : Güvenli dayanımı göstermektedir.

1.6.4. Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yöntemi, tüm yapısal elemanlar için, tasarım dayanımı ile ifade edilen $\phi \cdot R_u$ 'in bu tasarım yöntemi için öngörülen ve YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım ile ifade edilen R_u değerine eşit veya daha büyük olması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemle göre tasarım, (1.29) denklemi ile verilen koşula uygun olarak gerçekleştirilir.

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \quad (1.29)$$

Burada;

- R_u : Deprem etkili YDKT yük birleşimi ile belirlenen gerekli dayanımı
- R_n : Karakteristik dayanımı
- ϕ : Güvenlik katsayısını
- ϕR_n : Güvenli dayanımı göstermektedir.

1.6.5. Yükler ve Yük Birleşimleri

Yapı sistemlerinin tasarımında temel alınan karakteristik yük değerleri için TS498 göz önüne alınır. Kar yükleri TS EN 1991-1-3 ve rüzgâr yükleri TS EN 1991-1-4'e uygun olarak belirlenir. Deprem etkisinin ayrıntılı tanımı için deprem yönetmeliği koşulları dikkate alınır. Seçilen tasarım yöntemine bağlı olarak (YDKT veya GKT) gerekli dayanımı belirlemek için karakteristik yüklere uygulanacak yük birleşimleri aşağıda verilmiştir.

Bu yük birleşimlerinde yer alan yükler aşağıda tanımlanmıştır.

- G : Sabit Yük
- Q : Hareketli Yük
- Q_r : Çatı Hareketli Yükleri
- S : Kar Yükü
- R : Yağmur ve Buz Kaynaklı Yükler
- W : Rüzgar Yükü
- E : Deprem Yükleri
- F : Akışkan Maddelerden Kaynaklanan Basınç Yükü

- T : Isı Değişimi veya Mesnet Çökmesinden Oluşan Yükler
- H : Yatay Toprak Basıncı, Zemin Suyu Basıncı veya Yığılı Malzeme Yükü

1.6.6. Emniyet Gerilmeleri Yöntemine Göre Kullanılan Yük Kombinasyonları

Emniyet gerilmeleri yönteminde kullanılan yükler herhangi bir katsayı ile arttırılmaz. Hesap ve tasarımda kullanılan yük kombinasyonları aşağıdaki gibidir.

G

G+Q

G+W

G+L+W

G+E

G+Q+E

1.6.7. GKT Yönteminde Kullanılan Yük Kombinasyonları

Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT) yönteminde aşağıdaki kombinasyonlar kullanılır.

G

G + Q

G + (Q_r veya S veya R)

G + 0.75Q + 0.75(Q_r veya S veya R)

G + 1.0W

G + 0.7E

G + 0.75Q + 0.75(Q_r veya S veya R) + 0.75(W)

G + 0.75Q + 0.75S + 0.75(0,7E)

0.6G + W

0.6G + 0.7E

1.6.8. YDKT Yönteminde Kullanılan Yük Kombinasyonları

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yönteminde aşağıdaki kombinasyonlar kullanılır.

$$1.4G$$

$$1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$$

$$1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + (Q \text{ veya } 0,8W)$$

$$1.2G + 1.0Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 1.6W$$

$$1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E$$

$$0.9G + 1.6W$$

$$0.9G + 1.0E$$

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

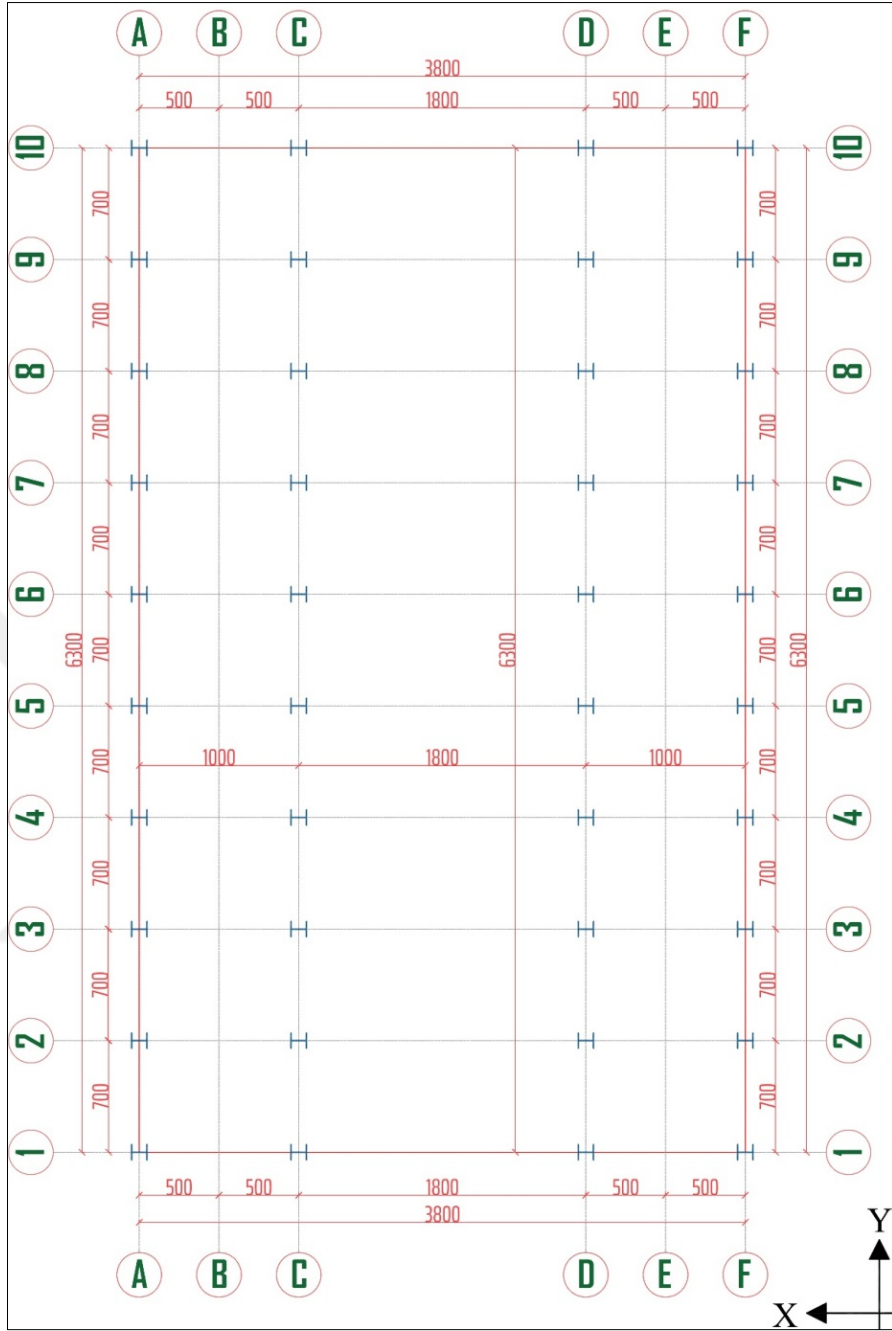
2.1. Giriş

Bu bölümde, Erzurum ili Yakutiye ilçesinde yapılması öngörülen örnek bir sanayi yapısı modeli için, statik analiz programları yardımıyla, eski ve yeni yönetmelikler kullanılarak üç farklı deprem yüklemesi ve iki farklı yöntemle tasarım yapılmış elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. İzlenen yol adımları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. Tasarımı yapılacak yapının mimari niteliklerinin tanıtılması
2. Taşıyıcı sistemin matematiksel modelinin 3 boyutlu olarak oluşturulması.
3. Konumların belirlenmesi ve konum farklarının ortaya konulması
4. Sisteme etkiyen yüklerin belirlenmesi ve yüklemelerin yapılması
5. Analiz ve boyutlandırmada kullanılacak yük kombinasyonlarının belirlenmesi
6. Statik analiz programları yardımıyla yapının analizi
7. Oluşan kesit tesirlerinin incelenmesi ve tasarımın yapılması

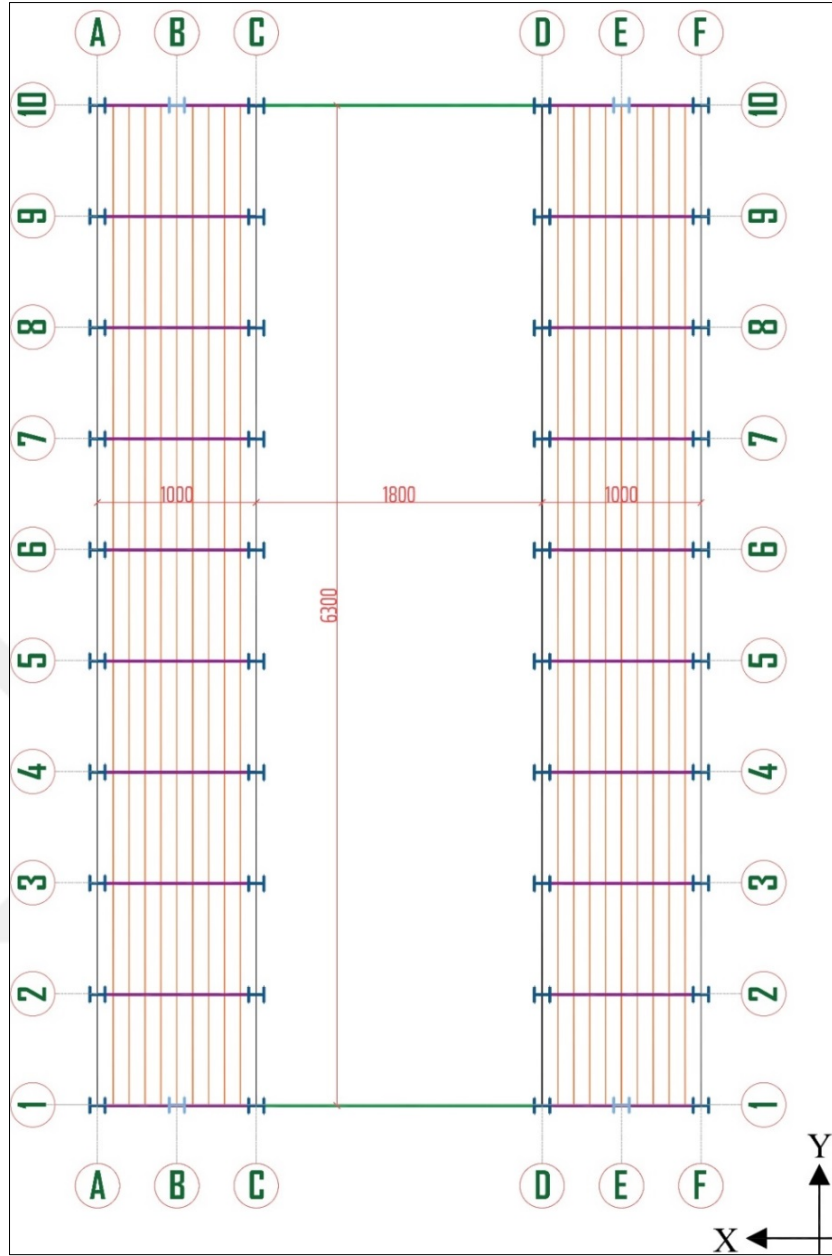
2.2. Seçilen Sanayi Yapısının Analiz Modelinin Oluşturulması

Bu tez çalışmasında kullanılmak üzere Yakutiye ilçesinde bulunan organize sanayi bölgesinde inşa edilecek bir kâğıt fabrikası örnek olarak seçilmiştir. 38m genişliğinde ve 63m uzunluğunda olup, taban alanı 2894m², toplam yapı inşaat alanı 3304m²'dir. Yapının aks planı ve kolon yerleşimi Şekil 1.1 ile gösterilmiştir. (Şekildeki kolonların daha net görünmesi için ölçekleri büyütülmüştür).



Şekil 2.1. Yapının aks ve kolon yerleşimleri

Yapının kullanım amacı genel itibariyle üretim üzerine olup, tasarlanacak olan en büyük açıklıklar üretim bandının bulunduğu bölgededir. Yapı aynı zamanda +4.00 ve +8.00 kotlarında düzenlenecek kompozit döşemelerle ofis, showroom, depo ve temel ihtiyaçlar için de kullanılacak olup, yapıya etkiyen yükler ve açıklıklar bu ihtiyaçlara göre karşılanacaktır. Seçilen yapının +4.00 ve +8.00 kotlarındaki eleman yerleşimleri Şekil 2.2 ile gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Modelin +4.00 ve +8.00 kotları için kolon-kiriş aplikasyon planı

3 farklı deprem ve tasarım durumu için değerlendirilmek istenen yapının objektif bir şekilde değerlendirilebilmesi için 3 deprem durumu içinde aynı ön boyutlandırma kesitleri kullanılmıştır. Deprem yükleri ve tasarım yaklaşımları farklı olduğu için ön boyutlandırması yapılan modelin 3 durum içinde aynı sonuçları vermesi beklenemez. Bu nedenle temel bir model oluşturulması ve yapının birden çok kez analizi yapılarak temel modelin tüm kesitlerinin ihtiyaç/kapasite (PMM) oranı bakımından %100'e en yakın derecede zorlanması gerekmektedir. Oluşturulan ilk model, diğer iki deprem ve tasarım

durumu için de analiz edildiğinde PMM oranları karşılaştırılarak oluşan yeni ihtiyaçlara göre yeni kapasiteler tanımlanır ve maliyet farkları hesaplanabilir. Buna göre, başlangıç olarak 2018 deprem yönetmeliğine uygun deprem yükü hesabı yapılan ve GKT yaklaşımına göre tasarlanan model baz alınmıştır. Bu durum için yapının tasarımında ana taşıyıcı ve rüzgâr kolonları olmak üzere iki tip çelik kolon profili kullanılmıştır. Ana taşıyıcı kolonlar HEA320 profilden, rüzgâr kolonları HEA220 profilden olacak şekilde düzenlenmiştir. Modelin kenar akslarındaki kolonlar 10.5m yüksekliğinde orta akslardaki kolonlar 13.50m yüksekliğindedir. Yapıdaki tüm kolonlar, temel ile ankastre bağlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Rüzgâr kolonlarının uç noktaları moment aktarmayacak şekilde hareketli düzenlenmiştir. Yapılan analizlerde zemin etkileri ihmal edilmiştir. Modelin tüm elemanlarında S235 (St37) cinsi çelik kullanılmıştır. Kullanılan çelik için karakteristik özellikler Tablo 2.1 ile gösterildiği gibidir.

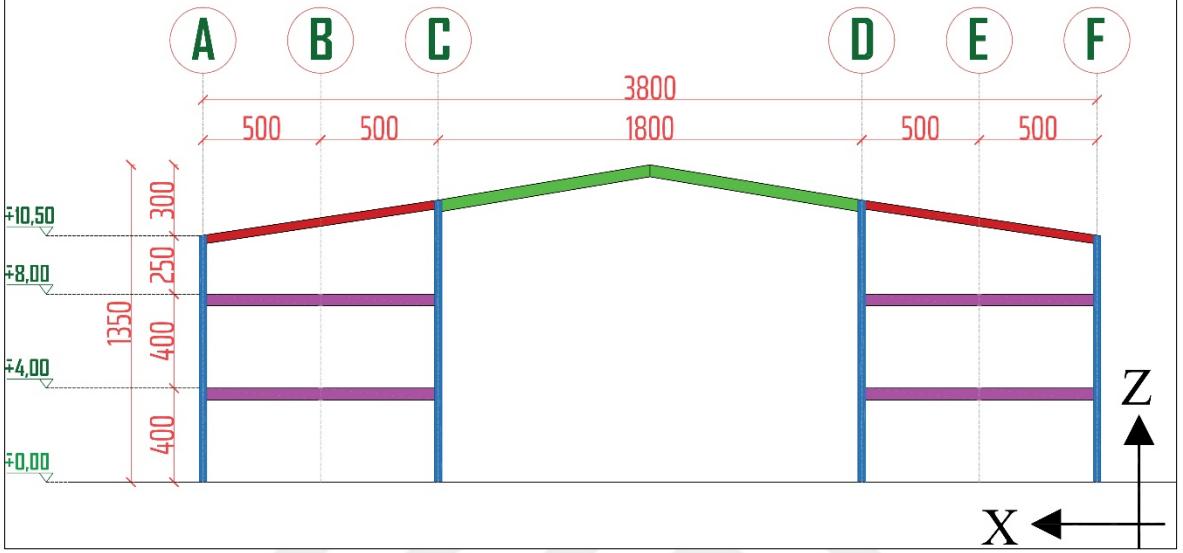
Tablo 2.1. S235 sınıfı çelik için karakteristik değerler

Nitelik	Değeri
Birim Hacim Ağırlığı	76.9729 kN/m ³
Minimum Akma Gerilmesi f_y	235359.6 kN/m ²
Minimum Çekme Gerilmesi f_u	37000 kN/m ²
Elastisite Modülü	20594 kN/cm ²
Poisson Oranı	0.3

Seçilen yapıda imalat bölümü, ofis, showroom, depo vb. bölümler bulunmaktadır. Çok amaçlı kullanımdan ötürü 3 katlı olarak tasarlanmıştır. Kat yükseklikleri 4m olacak şekilde model oluşturulmuştur. Kat döşemeleri kompozit döşeme olacak şekilde modellenmiştir. Kompozit döşeme tali kirişleri, UPN220 profilden ve 100cm aralıkla yerleştirilmiştir. Tali kirişlerin uç serbestlikleri majör yönde moment almayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca tali kiriş burkulma boyu minör yönde kiriş uzunluğunun 3'te 1'ine düşürülmüştür. Kompozit döşeme de kullanılan beton için birim hacim ağırlığı 25kN/m³ alınmıştır.

Modelde en çok yük taşıyan 10m açıklıklı kat döşemelerini taşıyan ana kirişler IPE500 profilden, katların olduğu bölümün çatısında kullanılan kirişler IPN360 profilden, 18m açıklık için kullanılan çatı kirişleri IPE500 profilden ve Y eksenine paralel olarak (uzun kenar doğrultusunda) kolondan kolona yatay bağlantı sağlayan 7m açıklıklı ikinci tip kirişler ise Ø76.1x4 boru profilden olacak şekilde düzenlenmiştir. Uzun kenar

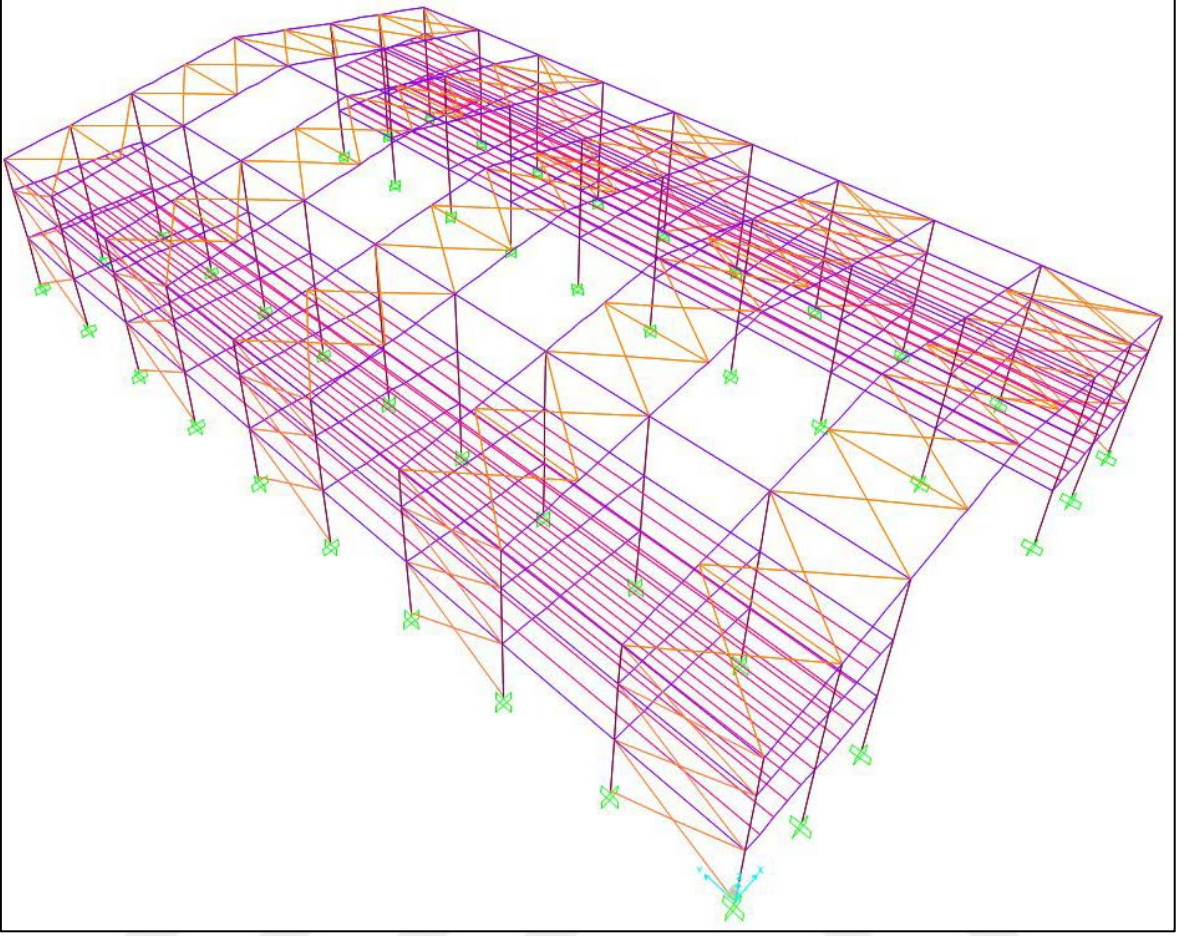
doğrultusunda yerleştirilen boru profillerin uç serbestlikleri majör ve minör yönde moment almayacak şekilde tasarlanmıştır. Modelin X-Y düzleminden alınmış kesit görüntüsü Şekil 2.3 ile gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Modelde kullanılan elemanların X-Y düzlem kesitindeki görünüşü

Yapıda kullanılacak aşıklar, eleman olarak modele tanımlanmamış olup basit kiriş olarak elle hesabı hesaplandıktan sonra elde edilen profilin oluşturduğu yükler sisteme noktasal yük olarak eklenmiştir. Yapılan hesaplar sonucunda IPE180 profilden aşıklar kullanılmasına karar verilmiştir. 7m boyunda IPE180 profilden gelen yükler 100cm aralıkla çatı kirişlerine düşey noktasal yük olarak tanımlanmıştır. Bunun dışında cephe aşıkları (kuşaklar) UPN160 profilden ve 100cm aralık ile yerleştirilecek şekilde planlanmıştır. Modelde kullanılan kuşaklar, çatı aşıkları gibi yalnızca düşey yük olarak tanımlanmıştır.

Yapıya etkileyen yatay deprem yüklerinin belli oranda karşılanması ve yapıda istenilen rijitliğin elde edilebilmesi amacıyla her iki aks aralığında bir olacak şekilde $\varnothing 139.7 \times 5$ boru profilden çaprazlar dahil edilmiştir. Yapının Y yönünde merkezi çaprazları bulunurken X yönünde ise mimari şartlardan ötürü herhangi bir çapraz bulunmamaktadır. Çaprazların uç serbestlikleri moment almayacak şekilde tasarlandı. Hazırlanan matematiksel modelin 3 boyutlu görüntüsü Şekil 2.4 ile gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Seçilen sanayi yapısının SAP2000 programındaki 3 boyutlu analiz modeli

2.3. Yapıya Etkiyen Yükler

Yapının çatısına etkiyen sabit yükler, çatı kaplaması, gerji çubukları, çatı aşıkları ve birleşimlerde kullanılan bağlantı elemanları olarak tespit edilmiştir. Yapının katlarında, kompozit döşemenin oluşturduğu 2.5kN/m^2 'lik yük sabit yük olarak, TS498'in belirttiği büro, depo vb, yapılar için kullanılan 5kN/m^2 'lik yük ise hareketli yük olarak alınmıştır (TS498, 1997). Cephede kullanılan cephe kaplaması ve cephe aşıklarından gelen yükler ise kolonlara etkiyen yükler olarak sisteme ilave edilmiştir.

- Çatı Yükleri

Çatı Kaplaması (Sandwich Panel)	: 0.15kN/m^2
Gergi Çubukları ve Bağlantılar	: 0.05kN/m^2
Aşıklar	: $0,2\text{kN/m}^2$

- Kat Yükleri
 - Sabit Yükler (Kompozit Döşeme) : 2.5kN/m²
 - Hareketli Yükler : 5kN/m²
- Cephe Yükleri
 - Cephe Kaplaması : 0.15kN/m²
 - Cephe Aşıkları : 0.2kN/m²

2.3.1. Sisteme Etkiyen Kar Yükünün Belirlenmesi

TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri standardına göre Erzurum III. Derece kar yükü bölgesidir (TS498, 1997). Buna göre kar yükü hesap değeri (P_k) (2.1) ve (2.2) bağıntıları yardımıyla şu şekilde hesaplanır:

$$P_k = mP_{k0} \quad (2.1)$$

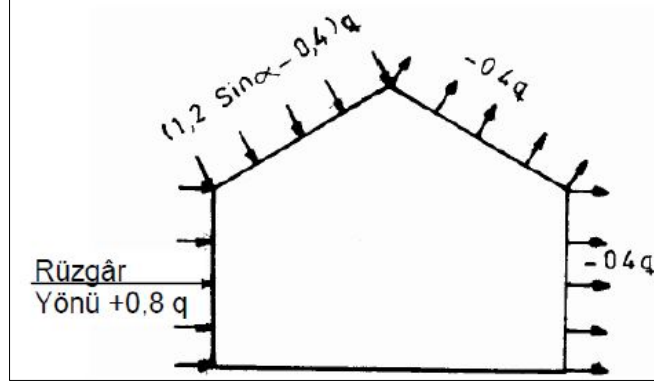
$$m = 1 - \frac{\alpha - 30^\circ}{40^\circ} \quad (2.2)$$

Rakım = 1900 m, $P_{k0} = 1.2$, $\alpha = 0$, $m=1$ ise;

$P_k = 1 \times 1.2 = 120 \text{ kg/m}^2$ olarak belirlenir.

2.3.2. Sisteme Etkiyen Rüzgar Yükünün Belirlenmesi

Seçilen sanayi yapısına etkiyen rüzgar yüklerini hesap etmek için TS498 (TS498, 1997) yönetmeliği kullanılır. Rüzgar yükü hesabında kullanılacak olan hesap şeması Şekil 2.5 ile gösterilmiştir.



Şekil 2.5. TS498'e göre rüzgar yükleri için verilen hesap şeması

$$w = C_p \times q \quad (2.3)$$

Burada;

w : Rüzgar yükü

C_p : Emme katsayısı

Q : Rüzgar basınç kuvvetidir.

Yapının yüksekliğine göre TS498'den elde edilen rüzgâr basıncı kuvveti $q=0.5$ kN/m olarak elde edilir (TS498, 1997). Buna göre;

$$w = C_p \times q = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \text{ N/m}^2$$

Tek kolon için rüzgar hesabı:

$$0.4 \times 7 = 2.8 \text{ kN/m}^2$$

Tek kiriş için rüzgar hesabı (basınç):

$$w = C_p \times q = (1.2 \times \sin 8 - 0.4) \times 0.5 = -0.11$$

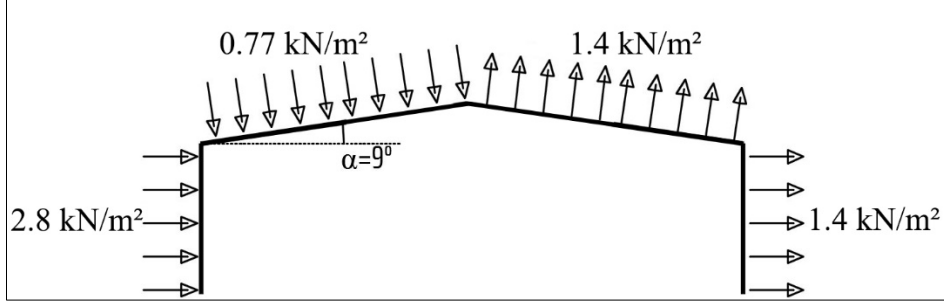
$$7 \times -0.11 = -0.77 \text{ kN/m}^2$$

Tek kiriş için rüzgar hesabı (emme):

$$w = 0.5 \times 0.4 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$0.2 \times 7 = 1.4 \text{ kN/m}^2 \text{ olur}$$

Yapılan hesaplar sonucunda yapıya etkiyen rüzgar yükleri ve etkiye yönleri Şekil 2.6 ile gösterilmiştir.

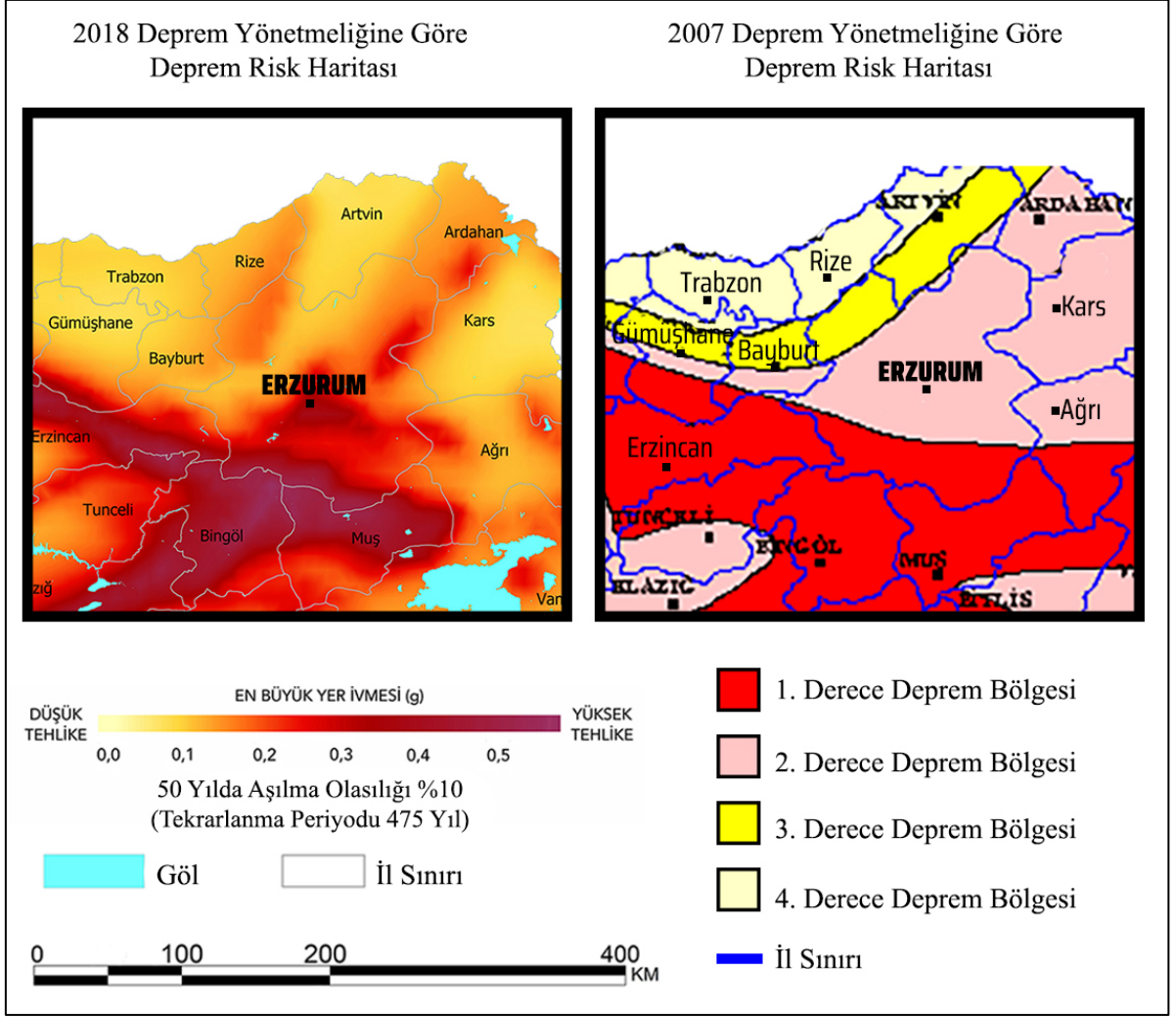


Şekil 2.6. Kolon ve kirişler için hesap edilen rüzgâr yükleri

2.3.3. Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

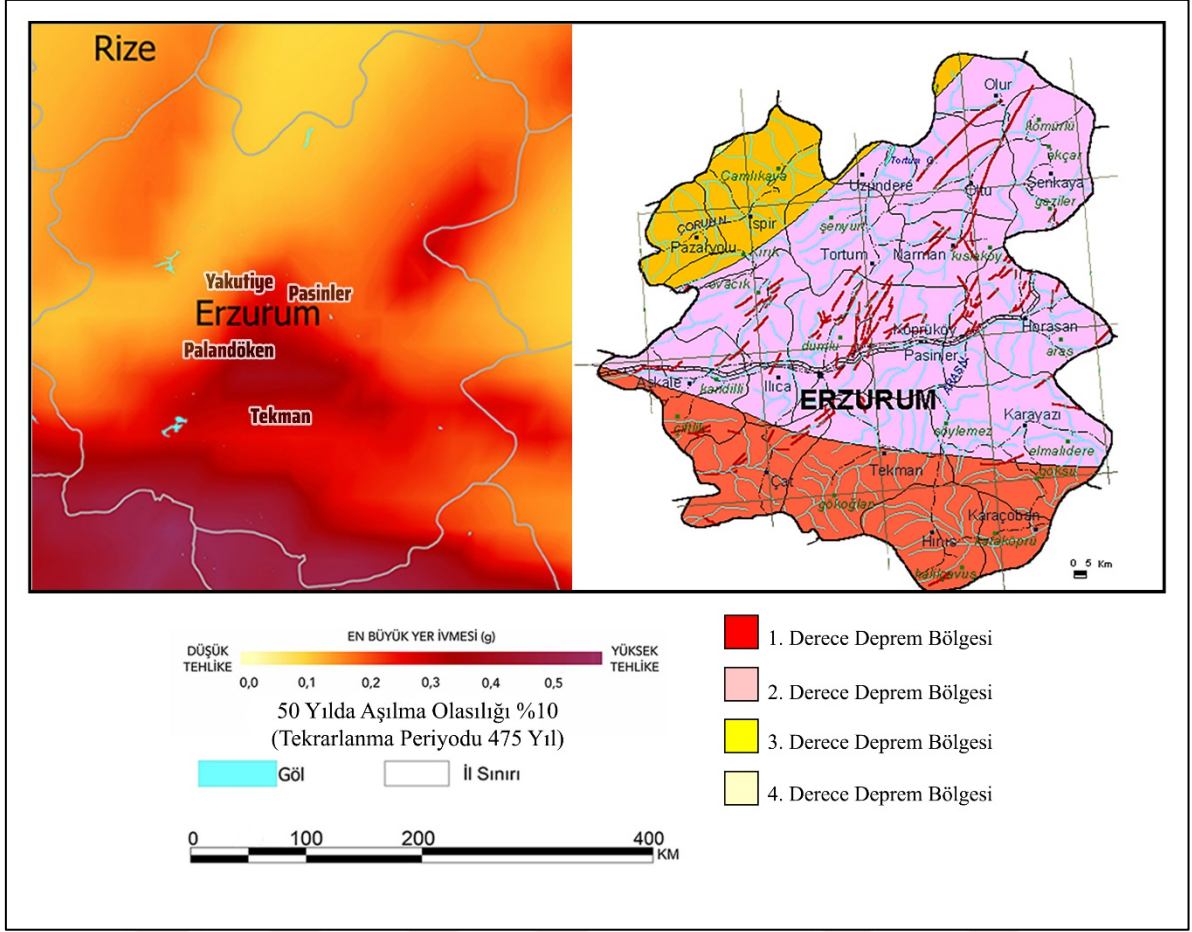
2007 deprem yönetmeliğine göre yapılara etkiyecek deprem yüklerinin hesabında kullanılan etkin yer ivmesi A_0 , Türkiye'deki tüm il ve tüm ilçeler için oluşturulmuş deprem bölgeleri haritasından elde edilir. 2018 deprem yönetmeliğinde bu durum tamamen değiştirildi ve birçok parametreye bağlandı. Yeni deprem tehlike haritalarında yapının inşa edileceği lokasyonun koordinatları girilerek yapıya ait parametreler sistem tarafından otomatik oluşturulur. Sonuç olarak DBYBHY2007'nin baz aldığı deprem bölgeleri haritasındaki keskin sınırlar 2018 deprem yönetmeliğinde söz konusu değildir.

Bu tez çalışmasında üzerinde durulan bölge Erzurum iline bağlı Yakutiye ilçesidir. Erzurum ilinde, 2007 deprem yönetmeliğine göre 3 farklı deprem bölgesi bulunmaktadır. Erzurum açısından 2018 ve 2007 deprem risk haritalarını Şekil 2.7 üzerinden kıyaslamak mümkündür.



Şekil 2.7. Erzurum ilinin TBDY2018 ve DBYBHY2007'ye göre deprem risk haritaları

Şekil 2.7 ile görüldüğü Erzurum Merkez'de 2007 deprem yönetmeliğinde homojen olarak gösterilen bölümde, 2018 deprem yönetmeliği deprem risk haritasında her bir noktaya için ayrı ayrı yer ivmesi değeri verilmektedir. Eski yönetmelik ile değerlendirildiğinde Yakutiye ilçesinin tamamı 2. Derece deprem bölgesi olarak değerlendirilerek tüm ilçe sınırları içerisinde aynı parametreler ile hesap yapılmaktaydı. Sonuç olarak zemin parametreleri aynı olmak koşuluyla ilçenin herhangi bir yeri için daima aynı hesapların yapılması yeterliydi. Şekil 2.8 üzerinde görüldüğü üzere 2018 deprem yönetmeliği risk haritasında Yakutiye ilçesi için en büyük yer ivmesi (g), yeni deprem yönetmeliğinde oldukça değişkenlik göstermektedir. Buna göre yaklaşık 20 km aralık ile belirlenen iki farklı konum için, zemin parametreleri aynı olmasına rağmen iki farklı deprem hesabı gerekmektedir.



Şekil 2.8. Erzurum ilinin ilçeler bazında 2018 ve 2007 deprem yönetmelikleri risk haritaları açısından farklılıkları

Bu tez çalışmasında, yenilenen deprem haritasının, eski haritaya kıyasla yapılar üzerinde oluşturduğu deprem kuvvetlerinden kaynaklı sonuçları irdelenecektir. Bunun için, Erzurum Yakutiye ilçesi baz alınarak inşa edilmesi öngörülen bir yapının 2007 deprem yönetmeliğine göre belirlenen zemin sınıfı için herhangi bir konuma göre hesabı ile yine aynı yapının aynı zemin sınıfı için Yakutiye ilçe sınırları içerisindeki iki farklı lokasyonda olma durumuna göre iki farklı deprem yer ivmesi kullanılarak statik analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmada incelenen çelik yapı 3 farklı durum için ayrı ayrı modellenmiştir. Konuma ve yönetmeliğe göre değişen dört farklı durum aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 2.2. Karşılaştırması yapılacak dört farklı durumun sınıflandırılması

Durum	Konum	Yönetmelik	Tasarım Yaklaşımı
1. Durum	1.Konum	TDY 2018	GKT
2. Durum	2.Konum	TDY 2018	GKT
3. Durum	3. Konum (2. Derece DB)	DBYBHY2007	GKT
4. Durum	4. Konum (2. Derece DB)	DBYBHY2007	Emniyet Gerilmeleri Yöntemi

2.3.3.1. Konumlara Ait Değişkenler

2007 deprem yönetmeliğine göre belirlenen lokasyona ait nitelikler Tablo 2.3 ile belirtilmiştir.

Tablo 2.3. Yapının 3. durumda kullanılacak 2007 deprem yönetmeliği parametreleri

Yapının Bulunduğu İl / İlçe	Erzurum / Yakutiye
Deprem Bölgesi	2. Derece
Etkin Yer İvmesi A_0	0.30
Zemin Grubu	B
Zemin Sınıfı	Z2
Spektrum Karakteristik Periyotları T_A, T_B	$T_A : 0.15, T_B : 0.40$

2.3.3.2. Tasarım İvme Spektrumları

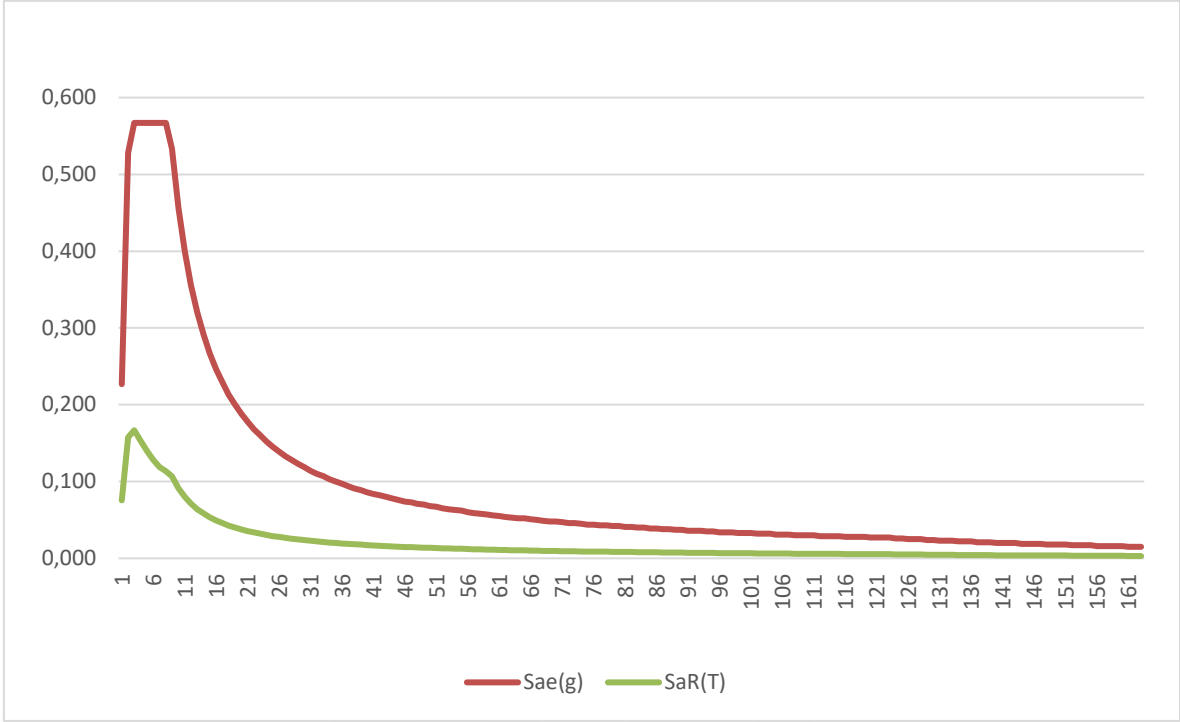
2018 Deprem yönetmeliği için gerekli olan parametreler zemin sınıfına bağlı olarak AFAD İnteraktif Web Uygulaması üzerinden alınmıştır. Seçilen koordinatlarda zemin sınıfı ZB ve DD-2 deprem düzeyi için elde edilen değerler, her iki konum için Tablo 2.4 ile gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Seçilen koordinatlara ait deprem parametreleri

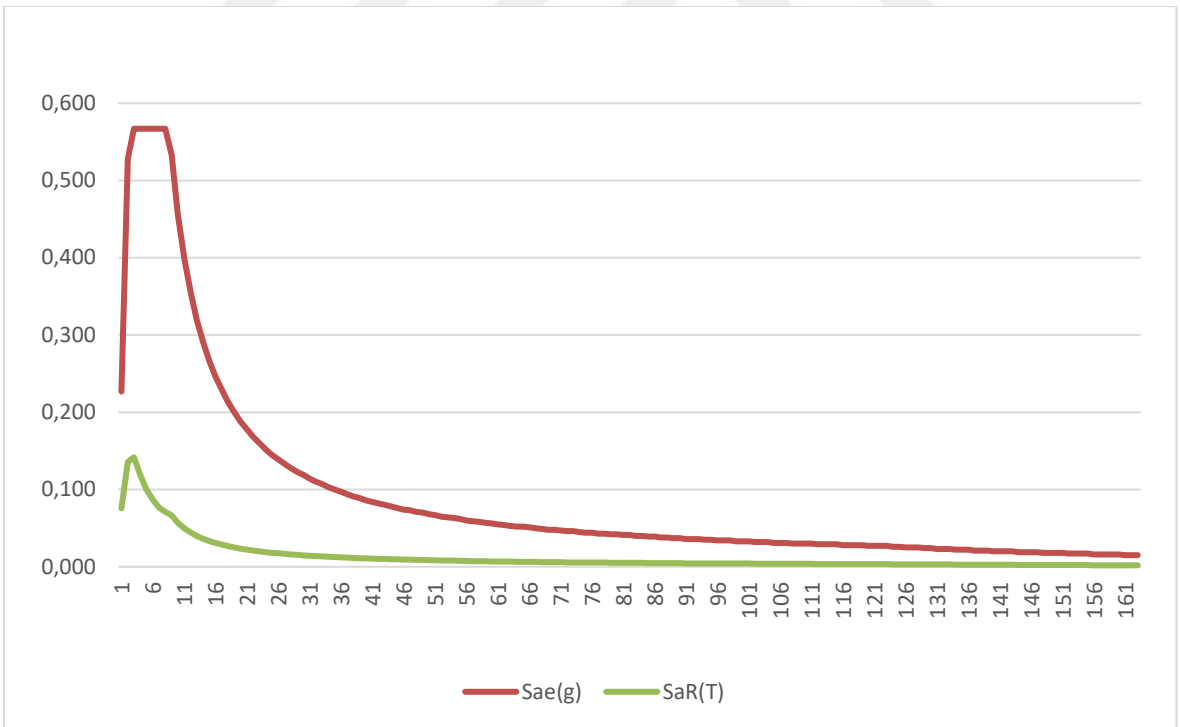
	1. Konum	2. Konum
Enlem	39.980699°	39.904902°
Boylam	41.044734°	41.32578°
S_s	0.630	1.223
S_1	0.200	0.311
PGA (g)	0.267	0.515
PGV (cm/sn)	17.326	30.933
S_{DS}	0.567	1.101
S_{D1}	0.160	0.249
T_A (s), T_B (s)	0.056, 0.282	0.045, 0.226

Tablo 2.4 ile görüldüğü üzere aynı ilçe sınırları içerisinde olmalarına rağmen 1. ve 2. konum için verilen değerler arasında yaklaşık 2 kat fark görülmektedir.

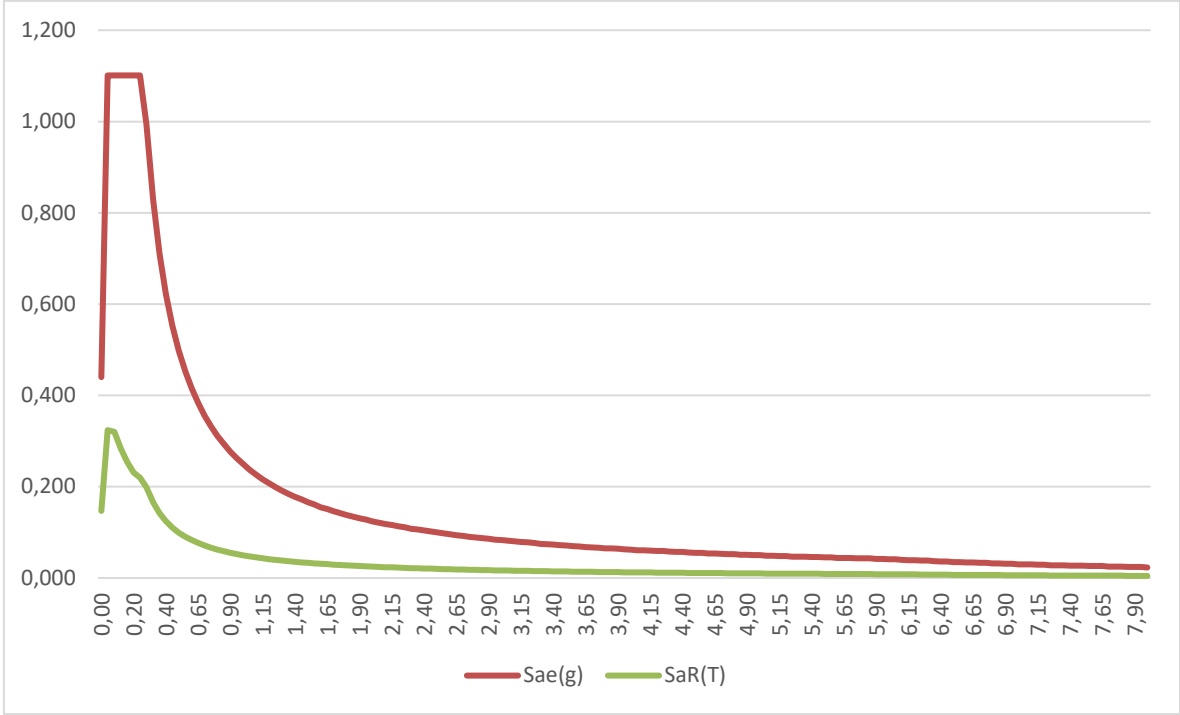
Seçilen modelde kullanılan çaprazların yerleşim şekline göre belirlenen taşıyıcı sistem davranış katsayıları R, sistemin X doğrultusunda 5 ve Y doğrultusunda 8 olarak belirlenmiştir. Bu durumda her iki doğrultu için de aynı tasarım spektral ivmesini kullanmak söz konusu olamaz. Seçilen modelin 1. ve 2. durumda deprem yüklemesinin yapılabilmesi için TBDY2018'e göre seçilen her iki konum içinde ayrı ayrı azaltılmış yatay elastik tasarım ivme spektrumu kullanılması gerekmektedir. AFAD interaktif web uygulaması üzerinden indirilen veriler ile oluşturulan spektrumlar Şekil 2.9-2.12 ile gösterildiği gibidir.



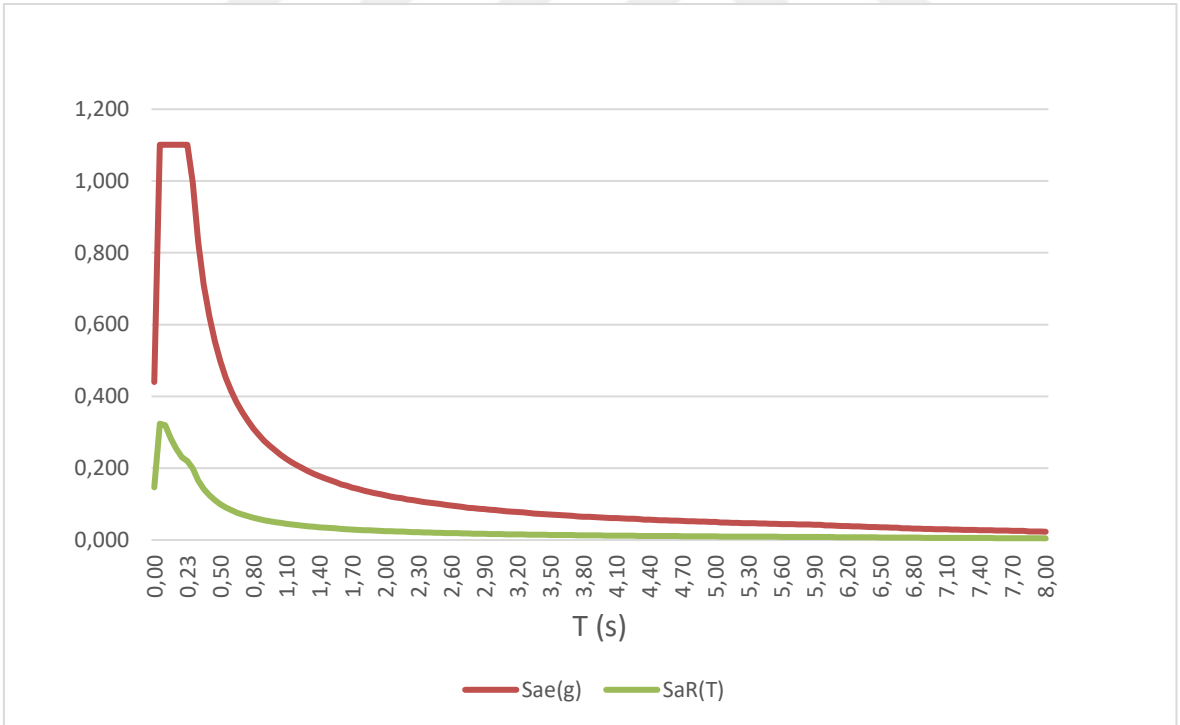
Şekil 2.9. Yapının 1. Durumda ve X doğrultusunda kullanılan $S_{ae}(g)$ ve $S_{aR}(T)$ grafikleri



Şekil 2.10. Yapının 1. Durumda ve Y doğrultusunda kullanılan $S_{ae}(g)$ ve $S_{aR}(T)$ grafikleri



Şekil 2.11. Yapının 2. Durumda ve X doğrultusunda kullanılan $S_{ae}(g)$ ve $S_{aR}(T)$ grafikleri



Şekil 2.12. Yapının 2. Durumda ve Y doğrultusunda kullanılan $S_{ae}(g)$ ve $S_{aR}(T)$ grafikleri

2007 deprem yönetmeliği uyarınca, yatay elastik tasarım spektrumlarının hesabında kullanılan ve spektrum katsayısı olarak ifade edilen $S(T)$, yapıların yerel zemin sınıfları ve

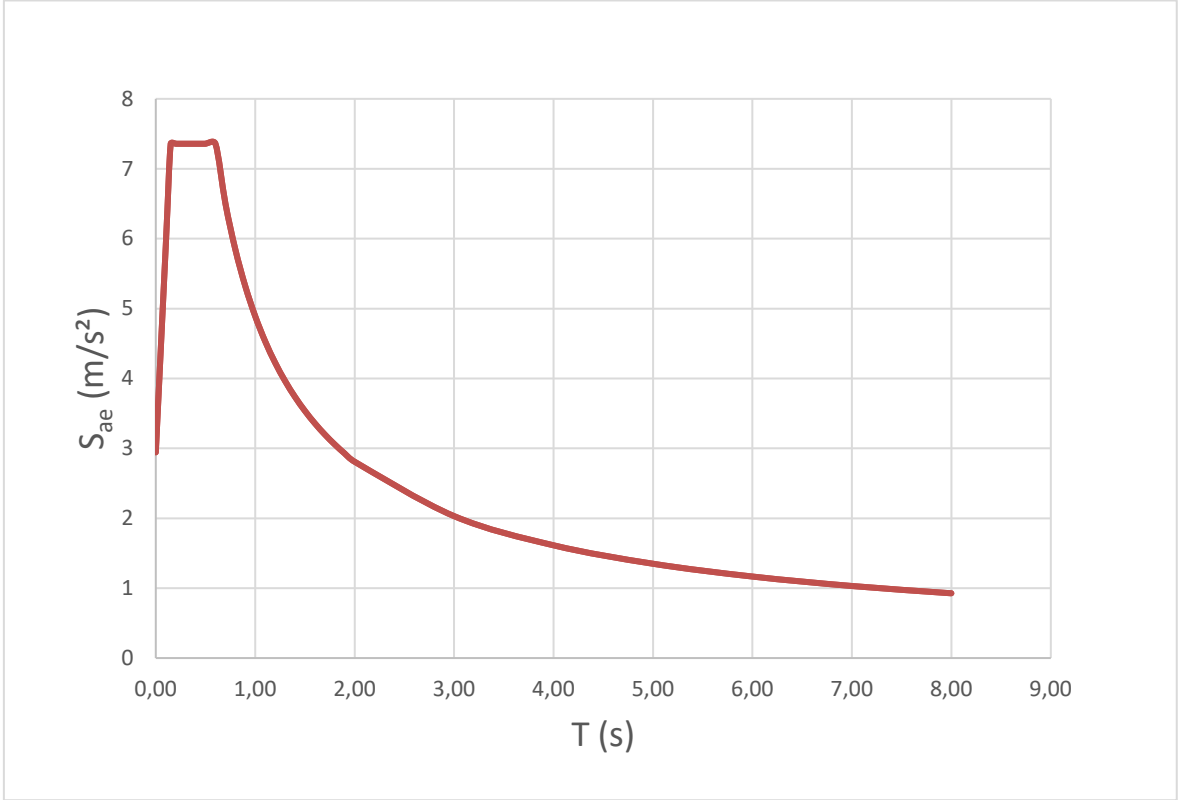
birinci doğal titreşim periyoduna göre değişen spektrum karakteristik periyodlarına (T_A ve T_B) bağlı olarak bulunur. Seçilen bölge için hesaplanan tasarım ivme spektrumu Şekil 2.13 ile gösterilmiştir.

Örnek olarak seçilen yapının 2007 deprem yönetmeliğine göre;

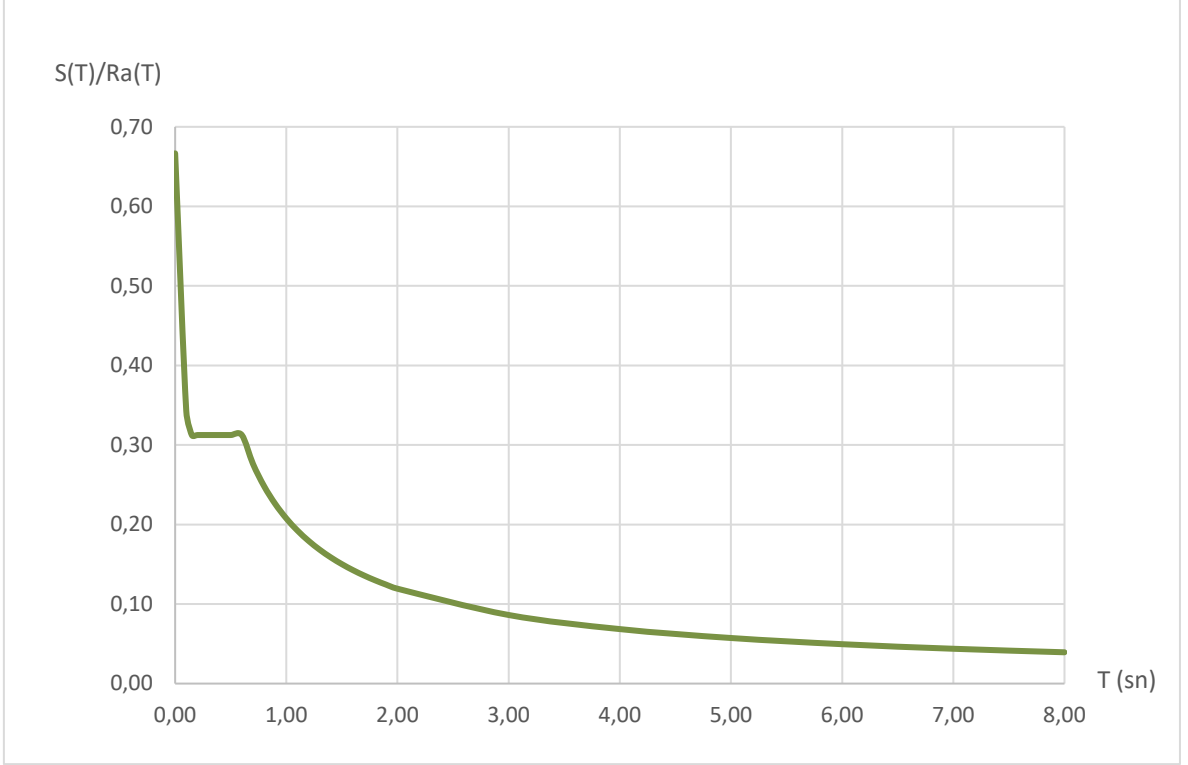
Bina önem katsayısı I , : 1.0

Etkin Yer İvmesi A_0 : 0.3

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R : 8



Şekil 2.13. Yapının 3.Durum için DBYBHY2007'ye göre deprem yüklemesinde kullanılacak elastik spektrum eğrisi



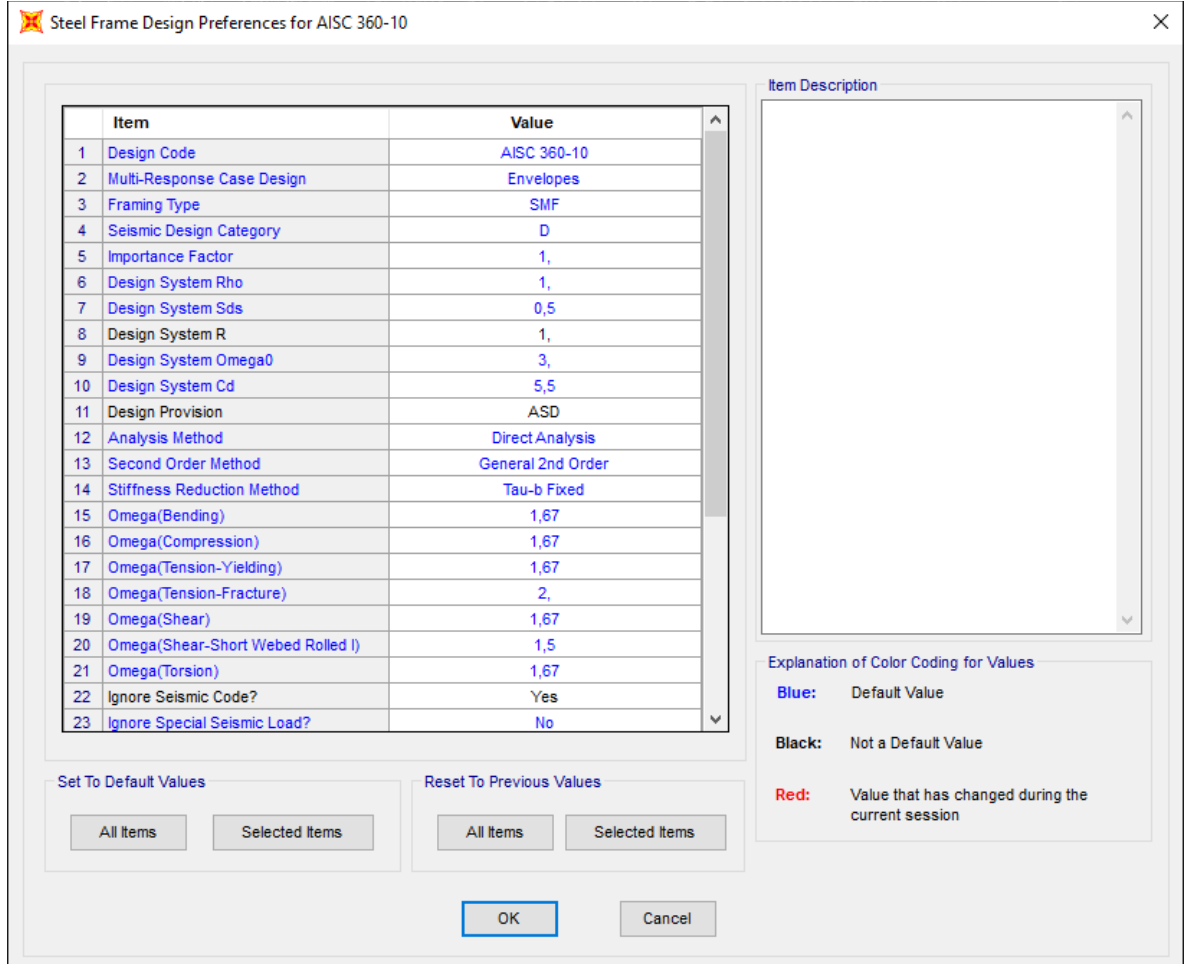
Şekil 2.14 Yapının 3.Durum için DBYBHY2007'ye göre deprem yüklemesinde kullanılacak azaltılmış ivme spektrumu

2.4. Yapının Analiz ve Tasarımı

4 farklı durum için yapılan analiz ve tasarımların tamamı SAP2000 statik analiz programı yardımıyla hesaplanmıştır. SAP2000 programı, Türkiye'de yürürlükte olan deprem yönetmeliklerine göre kullanılacak deprem yüklerinin hesabını otomatik olarak yapabilmesine rağmen yapının geometrik formunun ve kullanılan eleman boyutlarının yönetmeliklere Türk deprem yönetmeliklerine uygunluğunu kontrol etmemektedir. Yapının yönetmeliklere uygunluğunu kontrol etmek için ön boyutlandırması yapılan model SAP2000 programı ile analiz edilmeden önce ideCAD (ideCAD, 2019) programına girilerek yönetmelik kontrolleri yapılmıştır. Yapının analizinde belirtilmiş olan konum, deprem yönetmeliği ve tasarım bilgileri kullanılmıştır.

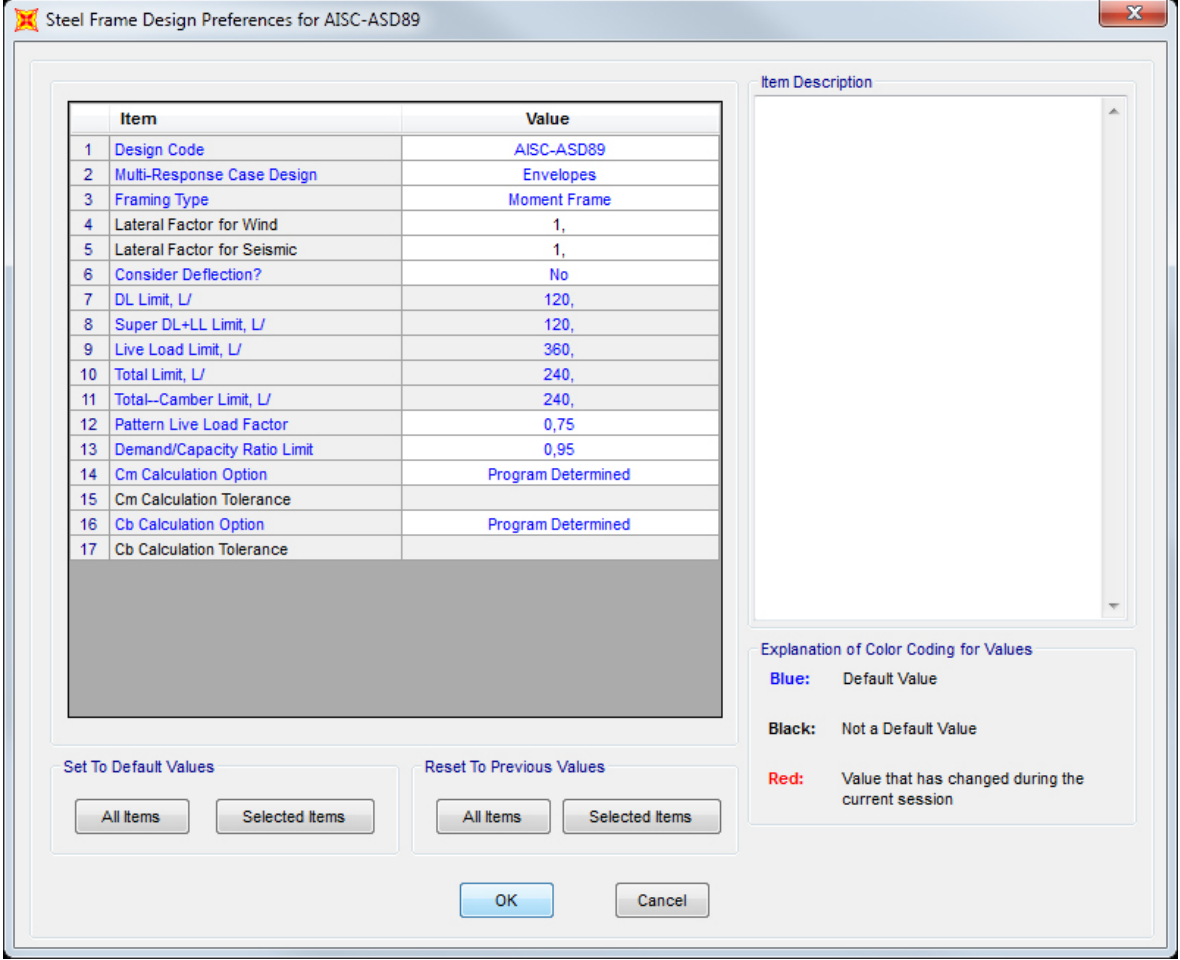
SAP2000 programında TBDY2018 deprem yönetmeliğine göre gerekli ön ayarlar direkt olarak bulunmadığından analiz sonucunda GKT tasarım yöntemini uygulamak için ön ayar olarak Amerikan AISC 360-10 yönetmeliğinde geçen ve GKT ile aynı olan "ASD" (Allowable Strength Design) tasarım yöntemi kullanılmıştır. 1, 2, ve 3. durumlar için

SAP2000 programında kullanılan ayarların belirlendiği “Steel Frame Design Preferences” ara yüzü Şekil 2.15 ile gösterilmiştir.



Şekil 2.15. GKT tasarımı için SAP2000 programında kullanılan ayarlar

SAP2000 programında 2007 deprem yönetmeliğine göre gerekli ön ayarlar direkt olarak bulunmadığından analiz sonucunda “Emniyet Gerilmeleri” tasarım yöntemini uygulamak için ön ayar olarak Amerikan AISC 360-10 yönetmeliğinde geçen ve Emniyet Gerilmeleri Yöntemi ile aynı olan “ASD-89” (Allowable Stress Design) tasarım yöntemi kullanılmıştır. 4. Durum için SAP2000 programında kullanılan ayarların belirlendiği “Steel Frame Design Preferences” ara yüzü Şekil 2.16 ile gösterilmiştir.

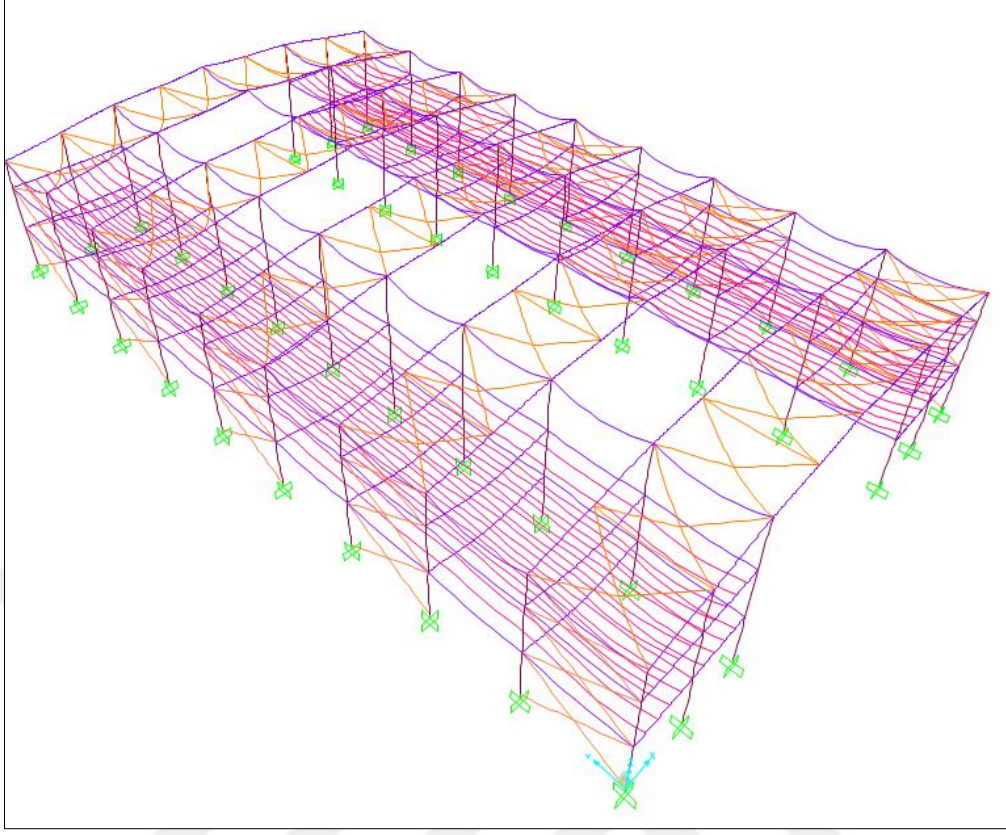


Şekil 2.16. Emniyet Gerilmeleri Yöntemiyle tasarım için SAP2000 programında kullanılan ön ayarlar

Oluşturulan model için ilk analiz 2018 deprem yönetmeliğine göre 1. Durum için yapılmıştır. Diğer durumlar için analizler bu model referans alınarak yapılmıştır. Tüm durumlar için en elverişsiz yüklemelerde oluşan kesit tesirleri ve tasarım sonuçları sırasıyla aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

2.4.1. Yapının 1. Durum İçin Analiz Sonuçları

Analiz sonucunda tüm eleman grupları için hesaplanan kuvvetler ve atanan kesit kapasiteleri sonuçları Güvenlik Katsayılarına göre Tasarım yöntemiyle SAP2000 programı kullanılarak hesaplandı.

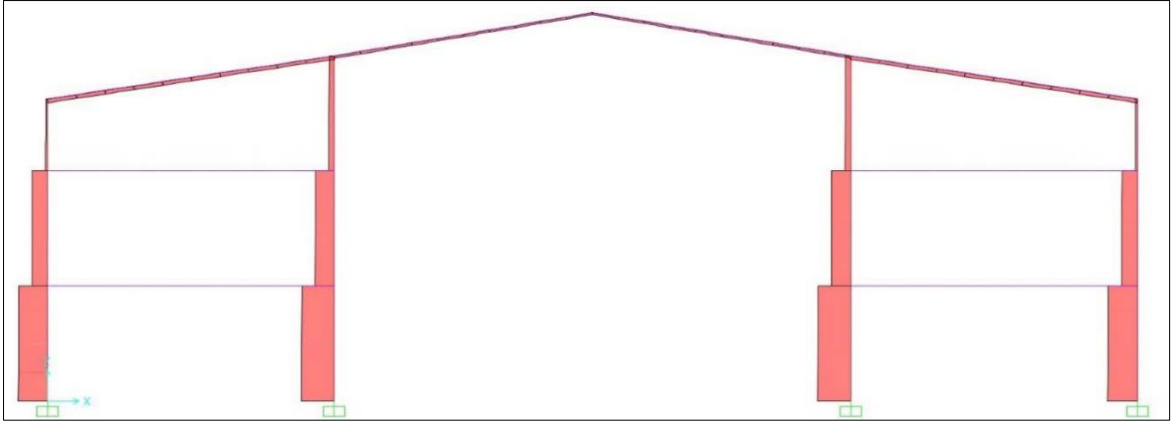


Şekil 2.17. Analiz sonucunda oluşan deformasyon şekli

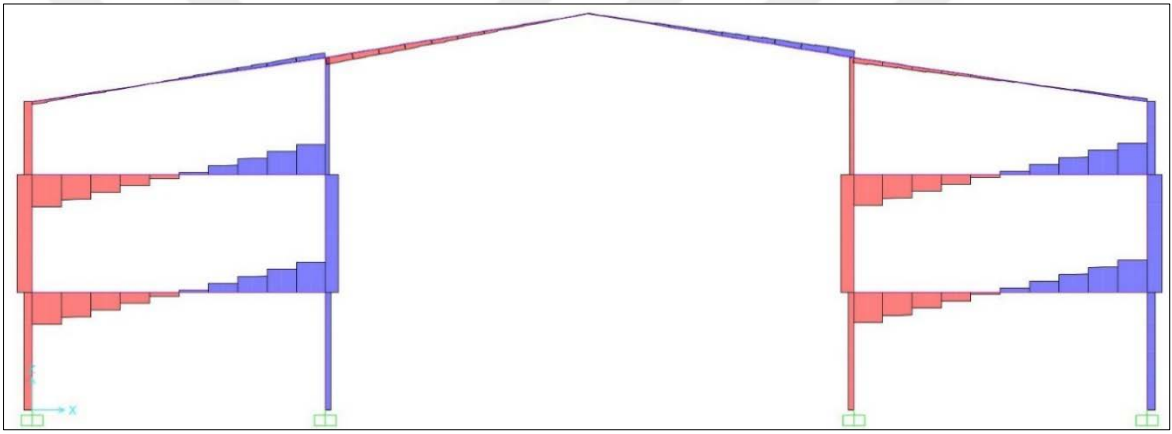
2018 deprem yönetmeliğine göre yapılan yükleme sonucunda oluşan maksimum kuvvet ve şekil değiştirmeler hesaplanmıştır. Buna göre; kesitlerde oluşan “Normal Kuvvet”, “Kesme Kuvveti” ve “Eğilme Momenti” değerleri Tablo 2.5 ile verilmiş, oluşan kuvvet diyagramları (X-Z eksenini için) Şekil 2.18-Şekil 2.20 ile gösterilmiştir. Sıfır veya sıfıra yakın olan değerler tabloda ihmal edilmiştir.

Tablo 2.5. Yapının 1.Durum için hesaplanan maksimum kesit tesirleri

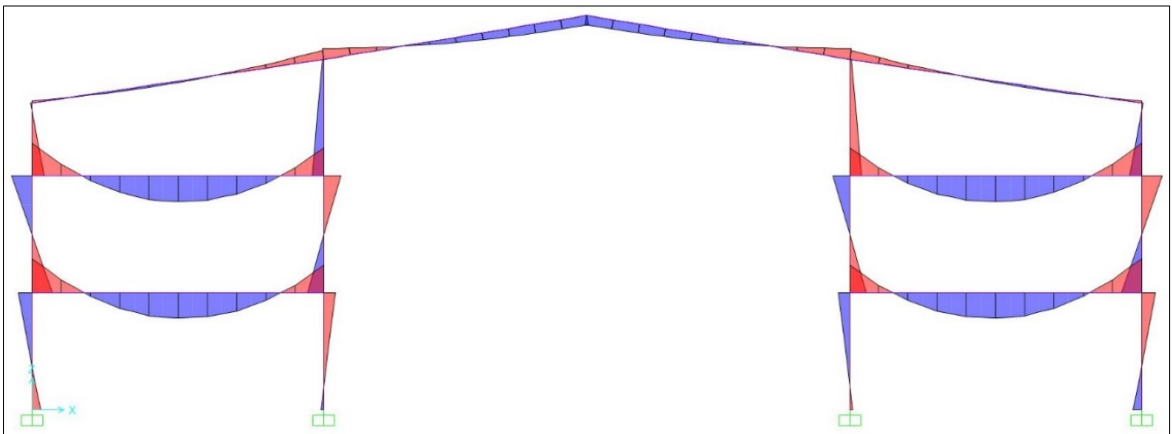
Eleman	Kesit	Normal Kuvvet		Kesme Kuvveti		Eğilme Momenti	
		# No	kN	# No	kN	# No	kNm
Ana Kolonlar	HEA320	#29	498.471	#26	113.652	#505	277.68
Rüzgar Kolonları	HEA220	#22	197.105	#507	58.560	#507	118.309
Kat Kirişleri	IPE500	-	-	#440	191.851	#95	360.086
Orta Açıklık	IPE500	#1375	62.77	#1394	107.447	#1393	275.47
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	#1217	59.583	#1349	69.716	#1085	169.63
Tali Kirişler	UPN220	-	-	#125	22.20	#125	26.47
Çaprazlar	Ø139.7x5	#565	13.129	-	-	-	-



Şekil 2.18. X-Z eksen kesiti için normal kuvvet diyagramı



Şekil 2.19. E aksı için kesme kuvveti diyagramı



Şekil 2.20. E aksı için eğilme momenti diyagramı

Buna göre; yük katsayıları kullanımı ile elemanda hesaplanan maksimum eksenel kuvvet P_r ve aynı eleman için emniyetli eksenel dayanım P_c / Ω , yük katsayıları kullanarak elemanda oluşan maksimum eğilme momenti M_r ve aynı eleman için hesaplanan emniyetli eğilme dayanımı M_c / Ω olmak üzere; bu kolon için birleşik tasarım kontrolü (2.4) ve (2.5) etkileşim denklemi yardımıyla aşağıdaki gibi bulunur.

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ için } \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (2.4)$$

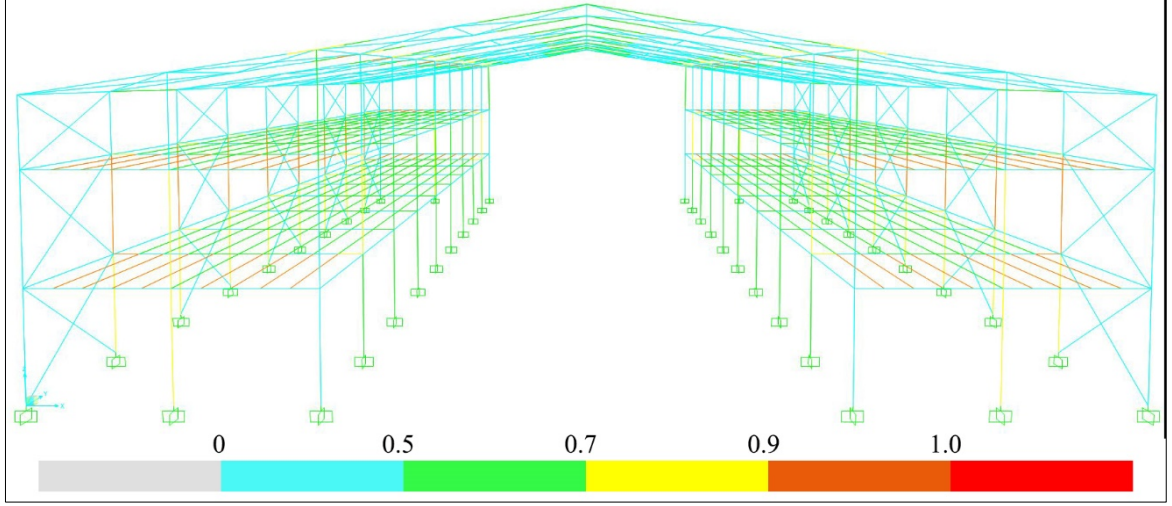
$$\frac{P_r}{P_c} < 0.2 \text{ için } \frac{P_r}{2P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (2.5)$$

SAP2000 programı tarafından yapılan kapasite hesapları sonucu ortaya çıkan ihtiyaç/kapasite oranları Tablo 2.6 ile gösterilmiştir.

Tablo 2.6. Yapının 1.Durum için yapılan ilk analiz ve tasarım sonucuna göre hesaplanan ihtiyaç/kapasite oranları

Eleman	Kesit	# No	PMM Oranı	Kontrol
Ana Kolonlar	HEA320	537	0.969	✓
Rüzgâr Kolonları	HEA220	542	0,806	✓
Kat Kirişleri	IPE500	440	0.930	✓
Orta Açıklık	IPE500	1393	0.801	✓
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	1340	0.974	✓
Tali Kirişler	UPN220	601	0.786	✓
Çaprazlar	Ø139.7x5	483	0.333	✓

Tablo 2.6 ile görüldüğü üzere 1.Durumda tüm kontroller sağlanmış ve kesitler maksimum verimlilikle çalışacak şekilde optimize edilmiştir. Modelde kullanılan çaprazların kesiti geometrik şartlardan ötürü daha fazla küçültülemediği için PMM oranı 0.333 çıkmış ve fazla güvenli tarafta kalınmıştır. Oluşan PMM oranlarının 3 boyutlu model üzerinde renk skalası şeklinde görünümü Şekil 2.21 ile gösterilmiştir.



Şekil 2.21. Yapının 1. Durum için 3 boyutlu model üzerinde renk skalası ile PMM oranları gösterimi

Şekil 2.21 ve Tablo 2.6 ile görüldüğü üzere 1.Durumda taşıyıcı elemanlara atanan tüm kesitler optimize edilmiştir. Atanmış olan kesitlerin oluşturduğu metraj Tablo 2.7 ile gösterilmiştir.

Tablo 2.7. Yapıya 1.Durum için atanan kesitlerin metrajı

Eleman	Kesit	Ağırlık [kg/m]	Metraj [m]	Top. Ağırlık [t]
Ana Kolonlar	HEA320	97.6	430	41.96
Rüzgâr Kolonları	HEA220	50.5	45	2.27
Kat Kirişleri	IPE500	90.7	400	36.28
Orta Açıklık	IPE500	90.7	182	16.50
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	76.1	202	15.37
Tali Kirişler	UPN220	29.4	2268	66.67
Çaprazlar	Ø139.7x5	16.6	1238	20.55
Genel Toplam				199.6

2.4.2. Yapının 2. Durum İçin Analiz Sonuçları

4 farklı modelin birbiriyle kıyaslanabilmesi için, ilk olarak tüm modellerin kapasite hesabı yapıldı ve bu hesaplarda ön boyutlandırma olarak 1. Durumda elde edilen eleman kesitleri kullanıldı. Buna göre 2.Durum için elde edilen kesit tesirleri ve kapasite tasarım sonuçları Tablo 2.8 ile gösterilmiştir.

Tablo 2.8. Yapının 2.Durum için hesaplanan maksimum kesit tesirleri

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet		Kesme Kuvveti		Eğilme Momenti	
		# No	kN	# No	kN	# No	kNm
Ana Kolonlar	HEA320	#29	499.08	#26	114.938	#505	283.630
Rüzgar Kolonları	HEA220	#22	199.210	#507	63.34	#507	127.89
Kat Kirişleri	IPE500	-	-	#440	192.469	#95	362.158
Orta Açıklık	IPE500	#1382	61.375	#1394	108.628	#1393	278.41
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	#1217	59.798	#1349	69.366	#1085	187.211
Tali Kirişler	UPN220	-	-	#125	22.20	#125	26.47
Çaprazlar	Ø139.7x5	#565	28.114	-	-	-	-

Analiz sonucunda SAP2000 programı yardımıyla yapılan tasarıma göre ön boyutlandırmada kullanılmış olan kesitlerin PMM oranları Tablo 2.9 ile gösterilmiştir.

Tablo 2.9. Yapının 2.Durum için yapılan ilk analiz ve tasarım sonucuna göre hesaplanan ihtiyaç/kapasite oranları

Eleman	Kesit	# No	PMM Oranı	Kontrol
Ana Kolonlar	HEA320	540	1.133	x
Rüzgâr Kolonları	HEA220	504	0.834	✓
Kat Kirişleri	IPE500	440	0.941	✓
Orta Açıklık	IPE500	1393	0.873	✓
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	1340	1.015	x
Tali Kirişler	UPN220	601	0.851	✓
Çaprazlar	Ø139.7x5	483	0.371	✓

Tablo 2.9 ile görüldüğü üzere 1. Duruma göre ön boyutlandırması yapılan kesitler ile 2.Durum için gerekli şartlar sağlanamamıştır. Bazı kolon ve kirişler için kapasite artırım gerekmektedir.

2.4.1. Yapının 3. Durum İçin Analiz Sonuçları

4 farklı model için kıyaslanmanın yapılabilmesi için, ilk olarak tüm modellerin kapasite hesabı yapılırken 1.Durumda elde edilen eleman kesitleri kullanıldı. Fakat 3. Durumun hesabında kullanılan deprem yükleri 2007 deprem yönetmeliğine göre 2. Derece deprem bölgesinde olduğu varsayılarak hesap edildi ve deprem yüklemesi buna göre yapıldı. 2007 deprem yönetmeliğine göre çelik yapıların kesit hesapları için emniyet

gerilmelerine göre tasarım yöntemi kullanılmasına rağmen, deprem yönetmelikleri ve tasarım yöntemlerinin oluşturduğu farkları inceleyebilmek adına 3. Durumda GKT tasarım yöntemi kullanılacaktır. Buna göre 3. Durum için elde edilen kesit tesirleri ve kapasite tasarım sonuçları Tablo 2.10 ile gösterilmiştir.

Tablo 2.10. Yapının 3. Durum için hesaplanan maksimum kesit tesirleri

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet		Kesme Kuvveti		Eğilme Momenti	
		# No	kN	# No	kN	# No	kNm
Ana Kolonlar	HEA320	#29	498.38	#26	115.269	#505	281.220
Rüzgar Kolonları	HEA220	#22	196.146	#507	63.812	#507	128.86
Kat Kirişleri	IPE500	-	-	#440	191.202	#95	360.730
Orta Açıklık	IPE500	#1382	60.502	#1394	108.459	#1393	278.45
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	#1217	59.882	#1349	70.444	#1085	182.59
Tali Kirişler	UPN220	-	-	#125	22.202	#125	26.41
Çaprazlar	Ø139.7x5	#565	27.343	-	-	-	-

SAP2000 programı yardımıyla yapılan kapasite hesapları sonucu ortaya çıkan ihtiyaç/kapasite oranları tablosu Tablo 2.11 ile gösterilmiştir.

Tablo 2.11. Yapının 3. Durum için yapılan ilk analiz ve tasarım sonucuna göre hesaplanan ihtiyaç/kapasite oranları

Eleman	Kesit	# No	PMM Oranı	Kontrol
Ana Kolonlar	HEA320	537	1.076	x
Rüzgâr Kolonları	HEA220	542	0.826	√
Kat Kirişleri	IPE500	440	0.933	√
Orta Açıklık	IPE500	1393	0.863	√
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	1340	0.996	√
Tali Kirişler	UPN220	601	0.790	√
Çaprazlar	Ø139.7x5	483	0.361	√

Tablo 2.11 ile görüldüğü üzere 1.Duruma göre ön boyutlandırması yapılan kesitler ile 3.Durum için gerekli şartlar sağlanamamıştır. Bazı kolon ve kirişler için kapasite artırımı gerekmektedir.

2.4.1. Yapının 4. Durum İçin Analiz Sonuçları

2016 yılında yeni çelik yapılar yönetmeliği yayınlanmadan önce geçerli olan TS648'e göre çelik yapıların tasarımında kullanılacak yöntem elastik tasarım yöntemi olan emniyet gerilmeleri yöntemidir. Buna göre SAP2000 programı ile yapılan analize göre Tablo 2.12 ile gösterilen kesit tesirleri elde edilir.

Tablo 2.12. Yapının 4.Durum için hesaplanan maksimum kesit tesirleri

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet		Kesme Kuvveti		Eğilme Momenti	
		# No	kN	# No	kN	# No	kNm
Ana Kolonlar	HEA320	#57	461.68	#26	142.92	#26	349.18
Rüzgar Kolonları	HEA220	#25	197.18	#507	78.79	#507	159.07
Kat Kirişleri	IPE500	-	-	#440	200.05	#95	446.14
Orta Açıklık	IPE500	#1375	56.116	#1392	112.25	#1393	283.57
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	#1217	73.756	#1349	70.44	#1339	188.24
Tali Kirişler	UPN220	-	-	#125	22.20	#125	26.42
Çaprazlar	Ø139.7x5	#502	32.327	-	-	-	-

SAP2000 programı yardımıyla yapılan kapasite hesapları sonucu ortaya çıkan ihtiyaç/kapasite oranları tablosu ve oranları Tablo 2.13 ile gösterilmiştir.

Tablo 2.13. Yapının 4.Durum için yapılan ilk analiz ve tasarım sonucuna göre hesaplanan ihtiyaç/kapasite oranları

Eleman	Kesit	# No	PMM Oranı	Kontrol
Ana Kolonlar	HEA320	537	1.24	x
Rüzgâr Kolonları	HEA220	542	1.12	x
Kat Kirişleri	IPE500	440	1.06	x
Orta Açıklık	IPE500	1345	0.92	√
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	1354	1.09	x
Tali Kirişler	UPN220	419	0.91	√
Çaprazlar	Ø139.7x5	483	0.36	√

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Bu tez çalışmasında, modellenen bir örnek sanayi yapısının 2007 ve 2018 Deprem yönetmeliklerine ve ayrıca 2007 deprem yönetmeliğinin uygun gördüğü tasarım metodu olan “Emniyet Gerilmeleri Yöntemi” ile 2018 deprem yönetmeliğinin uygun gördüğü dayanıma göre tasarım metotlarından “Güvenlik Katsayılarına göre Tasarım” yaklaşımına uygun olacak şekilde analizi ve tasarımı yapıp optimum şekilde çalışacak güvenli kesitler elde edildikten sonra 4 farklı durum için oluşan metraj (tonaj) farkları ortaya konulmuştur.

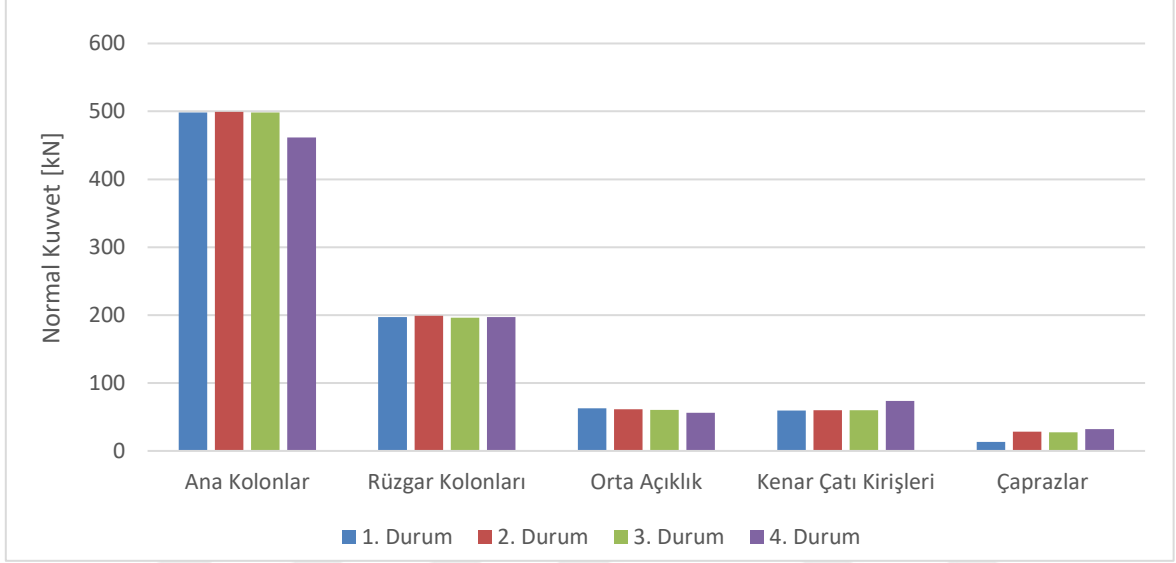
Çalışmanın önceki bölümünde 1.Durum olarak belirlenen ve yapının 1.Konum olarak adlandırılan konumda 2018 deprem yönetmeliğine göre deprem yüklemesi yapılmış, oluşan kesit tesirlerine göre ortaya çıkan kapasite hesapları belirtilmiştir. 1.Durumda ele edilen optimum kesitler 2. Durum, 3. Durum ve 4. Durumda ön boyutlandırma olarak kullanılmış ve bazı elemanların kapasite hesapları sağlamamıştır. Çalışmanın bu bölümünde, sonuçları sağlamayan kesitlerin arttırılarak mümkün mertebe maliyet/performans açısından optimize edilmesi hedeflenmektedir. Kısaca, tüm analiz ve tasarımların sonucunda yapıdan aynı performansı almak suretiyle oluşan maliyet farklılıklarının hangi boyutta olduğu gözlemlenmek istenmektedir.

Çalışmanın ikinci analizi, 2018 deprem yönetmeliğine uygun olarak, fakat 2. Konumda olduğu varsayılarak yapılmıştır. 1. ve 2. Konum olarak belirtilen noktaların her ikisi de 2007 deprem yönetmeliğine göre 2. derece deprem bölgesinde kalmasına rağmen 2018 deprem yönetmeliğine göre deprem yer hareketi tanımı bakımından birbirlerinden farklıdır.

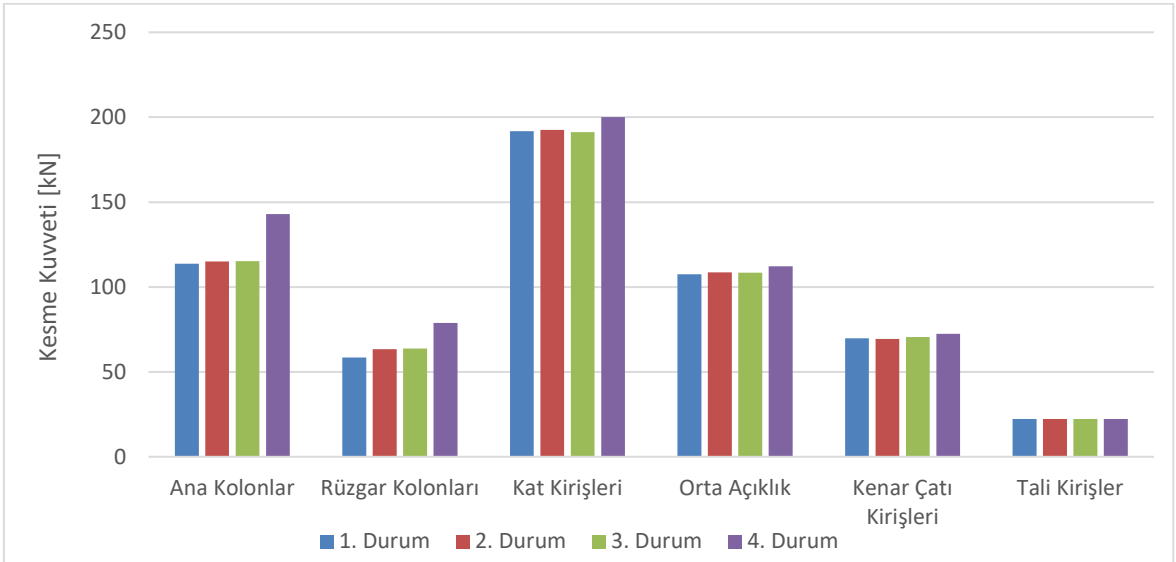
Yapılan üçüncü analiz, DBYBHY2007’ye uygun şekilde olmuştur. 2007 deprem yönetmeliği 4. Bölüm uyarınca, 2016 yılına kadar çelik yapılar için geçerli olan tasarım metodu emniyet gerilmeleri yöntemi olmasına rağmen 2016 yılında yayınlanan çelik yapılar yönetmeliğinin ardından, DBYBHY2007 ile yapılan analizlerde de GKT tasarım metotları kullanılmaya başlandı. Her iki metot açısından farkları görebilmek adına 4. Durumda yine 2007 deprem yönetmeliğine uygun analiz yapılmış fakat tasarım hesapları TS648’de belirtilen emniyet gerilmeleri yöntemine göre olmuştur.

Yapılan analizler sonucu elde edilen Normal Kuvvet, Kesme Kuvveti ve Moment değerleri arasındaki farklılıkları gösteren grafikler Şekil 3.1-Şekil 3.3 ile gösterilmiştir. Oluşan maksimum iç kuvvetler irdelendiğinde ilk üç durumda yakın sonuçlar çıkarken 4.

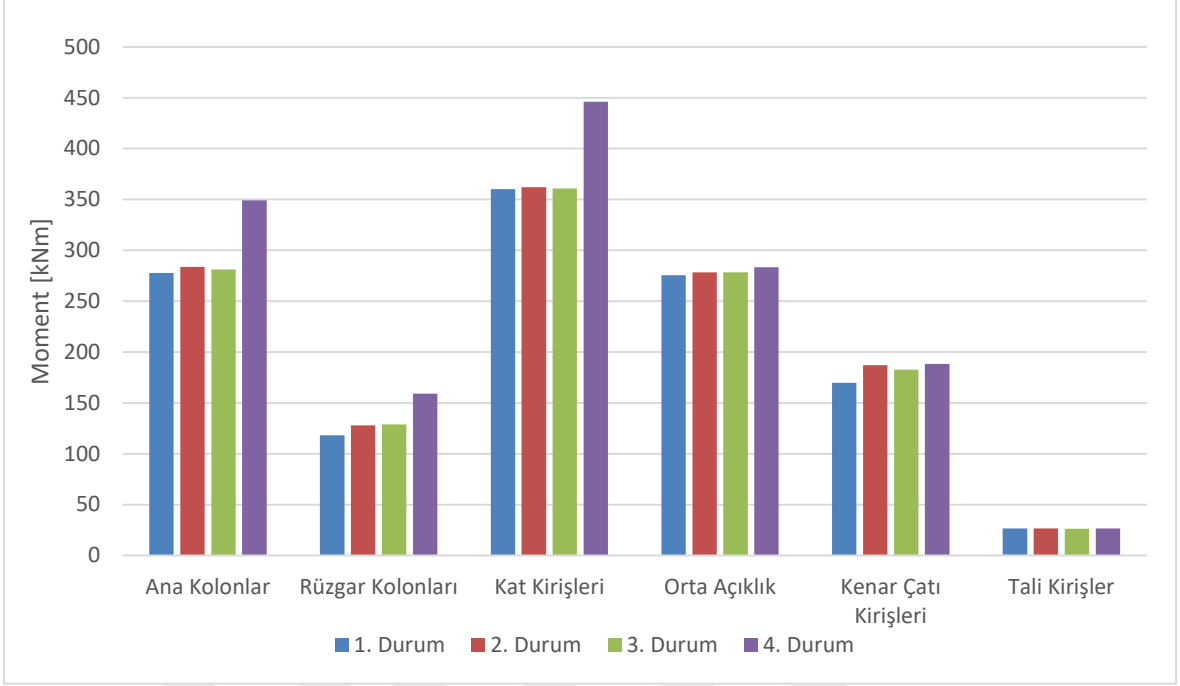
Durum için belirgin farklar olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre, 4. Durumda elde edilen kesme kuvveti ve moment değerleri tüm kolon ve kirişlerde daha fazla olup, normal kuvvet değerleri kolonlarda ve çaprazlarda diğer durumlara nispeten daha düşüktür. İlk üç durum kendi içinde kıyaslandığında ise oluşan iç kuvvetlerin deprem yükleriyle orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.



Şekil 3.1. Tüm durumlar için elemanlarda oluşan maksimum normal kuvvet değerleri



Şekil 3.2. Tüm durumlar için elemanlarda oluşan maksimum kesme kuvveti değerleri



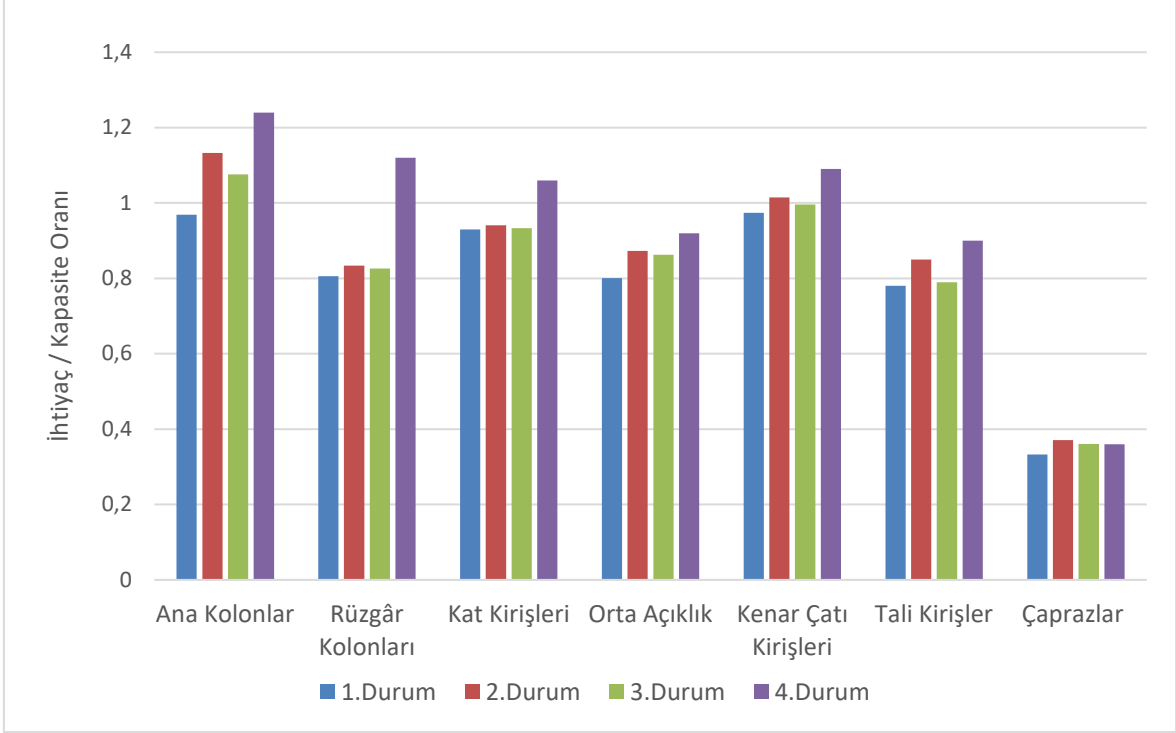
Şekil 3.3. Tüm durumlar için elemanlarda hesaplanan maksimum moment değerleri

Bu bölüme kadar yapılan bütün tasarımlar için aynı kesitler kullanılmış ve hangi kesitlerin ihtiyacı karşılayıp, hangi kesitlerin yetersiz olduğu belirlenmiştir. Buna göre, tüm durumlar için hesaplanan maksimum PMM değerleri Tablo 3.1 ile gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tüm modeller ve elemanlar için ihtiyaç/kapasite oranı karşılaştırma tablosu

Eleman	Kesit	İhtiyaç / Kapasite Oranları			
		1. Durum	2. Durum	3. Durum	4. Durum
Ana Kolonlar	HEA320	0.969	1.133	1.076	1.24
Rüzgâr Kolonları	HEA220	0.806	0.834	0.826	1.12
Kat Kirişleri	IPE500	0.930	0.941	0.933	1.06
Orta Açıklık	IPE500	0.801	0.873	0.863	0.92
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	0.974	1.015	0.996	1.09
Tali Kirişler	UPN220	0.780	0.850	0.790	0.90
Çaprazlar	Ø139.7x5	0.333	0.371	0.361	0.36

Elde edilen tüm sonuçların (PMM oranlarının) karşılaştırıldığı grafik Şekil 3.4 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Tüm durumlar için hesaplanan PMM oranları kıyaslama grafiği

Tablo 3.1 ve Şekil 3.4'ten anlaşılacağı üzere yapıda kullanılan elemanlarının kapasite ihtiyaçları, sisteme etkiyen deprem yükleri ile orantılı olarak değişmektedir. Aynı zamanda 4 farklı durum için en bariz farkın 4. Durumda olduğu gözlemlenmektedir. Yapıda kullanılan çaprazların dışında tüm kolon ve kirişler için en büyük kesit ihtiyacı 4. Durumda oluşmuştur.

Her bir durum için ayrı ayrı yapılan analiz ve tasarımlar sonucunda 2, 3 ve 4. duruma ait elemanların bazılarında kesitlerin yetersiz olduğu gözlemlendi. Yetersiz olan kesitler daha yüksek kapasiteli kesitlere artırılarak analizler tekrar yapıldı. Kesit artırma işlemi tüm kesitler güvenlik şartlarını maksimum verimlilikte yerine getirene kadar devam ettirildi. Tüm durumlar için hesaplanan güvenli kesitler ve yeni kesitlerin oluşturduğu ağırlıklar Tablo 3.2-3.4 ile gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Yapıya 2.Durum için yeni atanan güvenli kesitler ve ağırlıkları

Eleman	Kesit	PMM	Ağırlık[kg/m]	Metraj [m]	Toplam Ağırlık [t]
Ana Kolonlar	HEA 340	0.870	105	430	45.15
Rüzgâr Kolonları	HEA220	0.779	50.5	45	2.27
Kat Kirişleri	IPE500	0.921	90.7	400	36.28
Orta Açıklık	IPE500	0.873	90.7	182	16.51
Kenar Çatı Kirişleri	IPN 380	0.845	84.0	202	16.97
Tali Kirişler	UPN220	0.961	29.4	2268	66.68
Çaprazlar	Ø139.7x5	0.490	16.6	1238	20.55
Genel Toplam					204.41

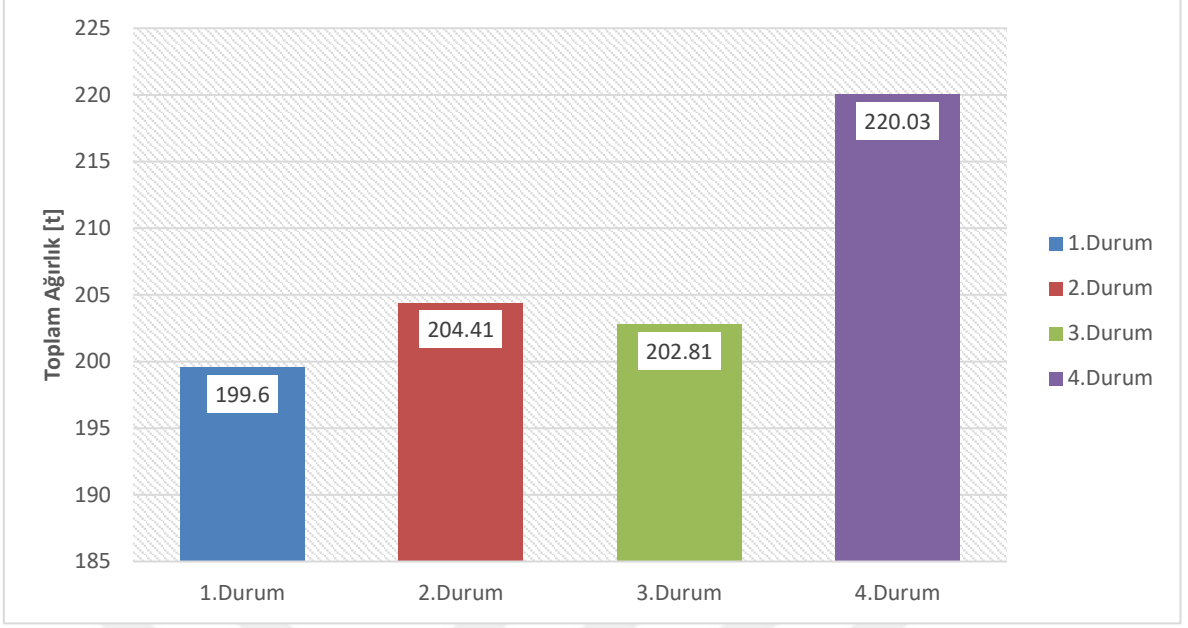
Tablo 3.3. Yapıya 3.Durum için yeni atanan güvenli kesitler ve ağırlıkları

Eleman	Kesit	PMM	Ağırlık[kg/m]	Metraj [m]	Toplam Ağırlık [t]
Ana Kolonlar	HEA 340	0.890	105	430	45.15
Rüzgâr Kolonları	HEA220	0.790	50.5	45	2.27
Kat Kirişleri	IPE500	0.996	90.7	400	36.28
Orta Açıklık	IPE500	0.873	90.7	182	16.51
Kenar Çatı Kirişleri	IPN360	0.830	76.1	202	15.37
Tali Kirişler	UPN220	0.958	29.4	2268	66.68
Çaprazlar	Ø139.7x5	0.310	16.6	1238	20.55
Genel Toplam					202.81

Tablo 3.4. Yapıya 4.Durum için yeni atanan güvenli kesitler ve ağırlıkları

Eleman	Kesit	PMM	Ağırlık[kg/m]	Metraj [m]	Toplam Ağırlık [t]
Ana Kolonlar	HEA 400	0.88	105	430	53.75
Rüzgâr Kolonları	HEA 260	0.76	50.5	45	3.07
Kat Kirişleri	IPE 550	0.85	90.7	400	42.40
Orta Açıklık	IPE500	0.92	90.7	182	16.51
Kenar Çatı Kirişleri	IPN 380	0.93	76.1	202	17.07
Tali Kirişler	UPN220	0.91	29.4	2268	66.68
Çaprazlar	Ø139.7x5	0.36	16.6	1238	20.55
Genel Toplam					220.03

Yapılan tüm hesap ve tahkiklerin sonucunda elde edilen tonajlar Şekil 3.5 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Tüm durumlar için elde edilen tonajlar.

Yapıda dört farklı durum için oluşan optimum metrajlar Şekil 3.5 ile gösterilmiştir. Buna göre ekonomik açıdan bakıldığında en olumlu kesitler 1.Durumda iken ekonomik anlamda en olumsuz durum 4.Durum olmuştur. 2018 deprem yönetmeliğine göre yükleme yapılan 2. ve 1. Durum arasında %2.4'lük bir tonaj farkı oluşurken 2007 deprem yönetmeliğine göre deprem yüklemesi yapılmış olan 3. Durum ile 1. Durum arasında da %1.6 tonaj farkı oluşmuştur. Aynı şekilde, 3. Durum ile 2. Durum arasında da %1'lik bir fark oluşmuştur. En büyük farkının olduğu 4. Durum ile 1. Durum arasında ise %10.3'lük bir tonaj farkı ortaya çıkmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında TDY-2007 ve TBDY2018 deprem yönetmeliklerinin çelik yapılar ile ilgili analiz ve tasarım kuralları açısından farklılıkları irdelenmiş, hazırlanan örnek bir sanayi yapısı üzerinden kesit kapasite hesapları yapılarak maliyet farklılıkları ortaya koyacak şekilde sayısal uygulama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki gibidir:

✓ Her iki yönetmelikte de elastik deprem yükleri tanımı zemin sınıflarına göre yapılmaktadır. 2007 deprem yönetmeliğine göre zeminler için sınıflandırma yapılırken Z1'den Z4'e kadar 4 sınıf ve A'dan D'ye kadar 4 grup olacak şekilde tanımlanırdı. Yeni yönetmeliğe 2007 yönetmeliğindeki her iki tanım ZA'dan ZF'ye doğru olacak şekilde 5 grupta birleştirilmiştir. ZF grubu zeminler en kötü zemin olarak belirtildiği için bu tip zeminlerde sahaya özel araştırma koşulu getirilmiştir. Ayrıca elastik deprem yüklerinin de yine sahaya özel olarak belirlenmesi şartı koşulmuştur. 2018 yönetmeliğindeki bu değişiklikler, zemin tanımı açısından daha anlaşılır, uygulama açısından daha gerçeğe yakın olmuştur.

✓ 2007 deprem yönetmeliğinde 4 farklı şekilde tanımlanan bina önem katsayıları, yeni yönetmelikte 3'e indirilmiş ve isim olarak Bina Kullanım Sınıfı yani BKS olacak şekilde yenilenmiştir. Buna göre, 2007 deprem yönetmeliğinde bina önem katsayısı 1.4 olan yapılar için yapı güvenliği daha da arttırılmış ve yeni yönetmelikte bu katsayı 1.5'e yükseltilmiştir.

✓ TBDY2018 yönetmeliği ile birlikte gelen en önemli fark deprem risk haritalarıdır. 2007 deprem yönetmeliğindeki deprem bölgeleri ayrımı, 2018 deprem yönetmeliği için artık söz konusu değildir. Buna göre, yapının deprem yükü hesabında kullanılacak spektral bilgiler, AFAD tarafından yayınlanan interaktif web uygulaması yardımıyla yapının zemin parametreleri ve deprem düzeyine göre bağlı olarak elde edilecek. Deprem yükü hesapları açısından 2007 deprem yönetmeliğine göre il ve ilçe bazlı yapılan değerlendirmenin yeni yönetmeliğe kıyasla gerçeğe daha uzak ve daha yüzeysel olduğu anlaşılmaktadır. Kısaca, yeni yönetmelik ile birlikte keskin deprem bölgesi sınırları ortadan kaldırılmış oldu.

✓ Yapılan analizler sonucunda 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri açısından eleman kesitlerini etkileyen en büyük farkın tasarım metodu olduğu tespit edildi. Öyle ki,

tasarım metodu aynı olmak koşuluyla deprem yükleri açısından fark oluşsa da sanayi yapılarını çok fazla etkilememektedir.

✓ DBYBHY2007’de yalnızca çelik yapılar için kullanılan “Emniyet Gerilmeleri Yöntemi” (elastik tasarım), ÇYTHYE 2016 ile tüm yapılar için kullanımdan kaldırılmıştır. ÇYTHYE 2016’ya göre kabul edilen “Dayanıma Göre Tasarım Yöntemleri” 2018 deprem yönetmeliğinde de kabul edilen tasarım yöntemleridir.

✓ DBYBHY2007’ye göre yapılan tasarımlarda kullanılan “Emniyet Gerilmeleri Yönteminin” ekonomik açıdan TBDY2018’in sunduğu tasarım yöntemlerinden olan “Güvenlik Katsayılarına göre Tasarım” yöntemine göre daha maliyetli olduğu sonucuna varılmıştır.

✓ Yapıda oluşan maksimum iç kuvvetler irdelendiğinde ilk üç durumda birbirine yakın sonuçlar çıkmasına rağmen 4. Durumda belirgin farklar oluşmuştur. Buna göre, 4. Durumda elde edilen kesme kuvveti ve moment değerleri tüm kolon ve kirişlerde daha fazla olup, normal kuvvet değerleri kolonlarda ve çaprazlarda diğer durumlara nispeten daha düşüktür. İlk üç durum kendi içinde kıyaslandığında ise oluşan iç kuvvetlerin deprem yükleriyle orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.

✓ Yapılan analizlerin sonucuna göre PMM oranları incelendiğinde aynı tasarım metodunun kullanıldığı ilk üç durum için elde edilen değerlerin deprem yükleriyle doğru orantılı olarak değiştiği fakat 3. Durum ile aynı deprem yüklemesi yapılan 4. Durumda tasarım metodundan ötürü daha fazla kapasite ihtiyacı olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre, deprem yüklerinin belirlenmesi açısından 2018 deprem yönetmeliğinin 2007 deprem yönetmeliğine nazaran tek farkı konuma parametreler ile daha hassas hesap yapmaya olanak tanınmasıdır. Fakat her iki yönetmeliğin kabul ettiği tasarım metodu açısından bakılacak olursa 2018 deprem yönetmeliğinin ekonomik açıdan daha elverişli olduğu gözlemlenmiştir.

✓ DBYBHY2007’ye 2. Derece deprem bölgesinde kalan bir yapı için TBDY2018’e göre hesap yapıldığında yapının konumuna göre daha fazla veya daha az tonaj elde etmek mümkündür. Öyle ki, aynı deprem bölgesinde kalan iki farklı yapı için %2.4’lük bir tonaj farkı elde edilmiştir. İncelenen sanayi yapısı, 2007 deprem yönetmeliği deprem bölgeleri haritasına göre 2. derece deprem bölgesinde olan Yakutiye ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Buna göre örnek verilen sanayi yapısını, zemin parametreleri sabit kalmak koşuluyla 1342km²’lik ilçenin herhangi bir yerinde inşa etmenin maliyetler açısından herhangi bir farkı olmamaktaydı. Yeni yönetmeliğe göre değerlendirildiğinde görüldü ki,

aynı yapıyı Yakutiye ilçesi sınırları içerisinde koordinata dayalı spektral bilgiler kullanılarak daha ekonomik veya daha maliyetli olarak inşa etmek mümkün. Sayısal uygulamada kullanılan koordinatlara bakıldığında böyle bir farkın oluşması için 30 km'lik bir mesafe farkı bile yeterli olmaktadır.

✓ Çelik yapı standartları açısından değerlendirilecek olursa TS648'in tasarım yöntemi olarak kabul ettiği emniyet gerilmeleri yönteminin ÇYTHYDE2016 yönetmeliğinin kabul ettiği dayanıma göre tasarım ilkelerine kıyasla fazla güvenli tarafta kaldığı görülmüştür.

✓ Değerlendirmeler sonucunda elde edilen bilgilere göre 2018 deprem yönetmeliği gerek deprem yükü hesabı gerekse tasarım yöntemleri açısından 2007 deprem yönetmeliğine nazaran çok daha geniş kapsamlıdır. Bu sayede betonarme ve çelik yapılar için daha hassas hesap yapabilme imkânı tanımaktadır.

✓ 2018 deprem yönetmeliğinin sağladığı hassas deprem yükleme imkanı sayesinde, 2019 yılı itibariyle inşa edilecek olan yapıların yatırım maliyetleri hesaplanırken konuma göre deprem açısından avantaj ve dezavantajları da göz önünde bulundurulabilir. Öyle ki, bu tez çalışmasında bahsedilen örnek sanayi yapısının herhangi organize sanayi bölgesinde inşa edileceği varsayımıyla, şehirler için master planları hazırlanırken, organize sanayi bölgesi gibi birçok çelik yapının içerisinde bulunacağı bir endüstri bölgesini, deprem yükleri açısından daha avantajlı olacak şekilde planlamak, içerisinde barındıracağı fabrika, depo, imalathane vb. birçok yapının toplam maliyetleri göz önüne alındığında kayda değer bir mali avantaja dönüşecektir.

5. KAYNAKLAR

1. AISC 360-10, Specification for Structural Steel Buildings: Load and Resistance Factor Design, Chicago, U.S.A., 2005.
2. ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers; Virginia, U.S.A., 2017.
3. Aydın, M.R. ve Günaydın, A, Çelik Yapılar Açısından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Taslağına Bir Bakış, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir, 2017.
4. Aydınoğlu M. N., Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin Esasları, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarım Esasları, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Seminer Notları, İstanbul, 2018.
5. Eurocode8, Design Of Structures For Earthquake Resistance - Part 1: General Rules, Seismic Actions And Rules For Buildings, European Committee For Standardization; Brussels, Belgium, 2004.
6. El Aj Ahmad, M, Çelik Çerçevesel Binalarda Doğrusal Hesap Yöntemlerinin Tdy-2007, Ec8, Asce 7/16 ve TBDY2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2018.
7. IdeCAD Statik, 2019. IdeCAD Statik IDS v10 Betonarme ve Çelik Yapılar İçin Entegre Yazılım Çözümü, IdeYAPI Bilgisayar Destekli Tasarım, Bursa.
8. İşsever, M. A., Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Çok Katlı Betonarme Bir Yapıda Kıyaslanması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
9. Kara, E., Deprem Yönetmeliklerinin Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri Bakımından İncelenmesi ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2011.
10. Korkmaz, K. A., Ay, Z. ve Çelik, D., Merkezi Çaprazlı Çelik Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 26, 1 (2008) 58-67.
11. Sangle, K. K., Bajoria, K. M. and Mhalungkar, V., Seismic Analysis of High Rise Steel Frame With and Without Bracing, The 15th World Conference on Earthquake Engineering, September 2012, Lisbon, Portugal,
12. SAP2000 , 2008. Integrated Finite Elements Analysis and Design of Structures, Computers and Structures, Inc, Berkeley, California.

13. Sayar, M., Doğrusal Elastik Deprem Hesabı Yöntemlerinin Taban Kesme Kuvveti ve Görelî Kat Ötelemesi Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
14. Önal M. Ç., Çelik Yapıların Farklı Standartlara Göre Karşılaştırmalı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2015.
15. Özer E., Depreme Dayanıklı Çelik Bina Tasarımının Temel İlkeleri ve Yeni Türk Deprem Yönetmeliği, 6. Çelik Yapılar Sempozyumu, Eskişehir, 2015, Bildiriler Kitabı: 277-290.
16. Tansel, M., Çok Katlı Çelik Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2010.
17. Taşan, Z. A., Türk Deprem Yönetmeliği-1998 (TDY-98) ile Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007(DBYBHY2007) Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2012.
18. Tuğrul A., Çok Katlı Çelik Yapıların İnteraktif Olarak Ekonomik Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 2011.
19. Tunç G. ve Tanfener T., 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi, 3. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişilebilirlik, Kasım 2016, Ankara, 1-13.
20. TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Kasım 1997.
21. TS648, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, I. Baskı Nisan 1982.
22. T.C. Resmi Gazete, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (26454) , 06.04.2007.
23. T.C. Resmi Gazete, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, (30364 Mükerrer), 18.04.2018, 1-241.
24. Yardımcı, N., Çelik Yapıların Tasarımı ve Tasarım Yöntemleri, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 435, 46-50, Ankara, 2005.
25. TDTH Web Arayüzü, <https://tdth.afad.gov.tr>, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 15 Mart 2018.

ÖZGEÇMİŞ

Sultan Varlık ÇELİK, 01.09.1990'da Sakarya'da doğdu. İlköğrenimini Akçaabat Abdullah Fazıl Ağanoğlu İlköğretim okulunda, lise öğrenimini ise Akçaabat Anadolu Lisesinde tamamladı. 2008 yılında lisans eğitimi almaya hak kazandığı Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2012 yılında tamamladı. 2014 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Fakültesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2012 yılından beri Türkiye genelinde birçok yapının proje ve inşaat çalışmalarında yer aldı. İyi seviyede İngilizce ve orta seviye de Almanca bilmektedir.

