

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK KATLI YAPILARDA MERKEZİ ÇELİK ÇAPRAZ
SİSTEMİNİN 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE
GÖRE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Ahmad DANİSH

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Elif AĞCAKOCA

Ocak 2021

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI YAPILARDA MERKEZİ ÇELİK ÇAPRAZ
SİSTEMİNİN 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE
GÖRE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Ahmad DANİŞH

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 26/01/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Dr. Öğr. Üyesi
Elif AĞCAKOCA
Jüri Başkanı**

**Dr. Öğr. Üyesi
Zeynep YAMAN
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi
Elif BORU
Üye**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ali Ahmad DANİSH

26.01.2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Elif AĞCAKOCA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen değerli dostum ve sınıf arkadaşım Fahim Ahmad NOWBAHARİ'ye ve bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli dostum OSKA Mühendislik Genel Müdürü İnşaat Yüksek Mühendisi Osman Ali KORKMAZ'a teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi açıdan beni teşvik eden ve destekleyen başta annem Homayra DANİŞH ve babam Mohammaddin DANİŞH olmak üzere bütün aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	16
1.1. Tezin Konusu, Kapsamı ve Amacı	22
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ÇALIŞMASI	24
2.1. Çok Katlı Çelik Yapılar ile İlgili Çalışmalar	24
2.2. Merkezi ve Dışmerkez Çelik Çaprazlı Çerçevesiz İlgili Çalışmalar	28
2.3. TBDY-2018 ile İlgili Çalışmalar	32
BÖLÜM 3.	
TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBDY-2018) ESASLARI.	34
3.1. Amaç ve Kapsam	34
3.2. Uygun Tasarım için Genel Esaslar	35
3.3. TBDY-2018'e Göre Tasarım Aşamaları	36
3.4. Deprem Yükünün Belirlenmesinde Kullanılan Parametreler ...	36

3.4.1. TBDY-2018’de tanımlanan deprem yer hareketi düzeyleri (DYHD)	36
3.4.2. Deprem spektrumlarının belirlenmesi	37
3.4.3. Harita spektral ivme katsayıları (HSİK)	37
3.4.4. Tasarım spektral ivme katsayıları (TSİK)	37
3.4.5. Yerel zemin etki katsayıları (YZEK)	38
3.4.6. Yatay elastik tasarım spektrumu	38
3.4.7. Düşey elastik tasarım spektrumu	40
3.4.8. Bina yükseklik sınıfı (BYS)	41
3.5. Düzensiz Binalar	42
3.6. Bina Taşıyıcı Sistem Tasarım Yöntemleri	45
3.6.1. Deprem yükü azaltma katsayısı (DYAK)	45
3.6.2. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (TSDK)	46
3.6.3. Taşıyıcı sisteme göre D ve R katsayıları	46
3.7. Deprem Etkisinin Tanımlanması	47
3.7.1. Yatay deprem etkisi altında azaltılmış tasarım ivme spektrumu	47
3.7.2. Yatayda birbirine dik doğrultulardaki deprem etkilerinin birleştirilmesi	48
3.7.3. Düşey deprem etkisi	48
3.7.4. Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi	48
3.8. Kütlelerin Modellenmesi	49
3.9. Lineer Hesap Yöntemleri	49
3.9.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle lineer analiz	49
3.9.2. Toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı	50
3.9.3. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesaplanması	50
3.9.4. Binanın hâkim doğal titreşim periyotlarının hesaplanması	52
3.9.5. Mod birleştirme hesap yöntemi (MBY)	52
3.9.5.1. Mod birleştirme yöntemi kontrolü	54
3.10. Göreli Kat Ötelemeleri Hesabı ve Kontrolü	55
3.11. İkinci Mertebe Etkileir	56

BÖLÜM 4.

ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN MODELLENMESİ VE ANALİZİ	58
4.1. Yapı Malzemesi Olarak Çeliğin Kullanılması	58
4.2. Yapı Malzemesi Olarak Çeliğin Avantajları ve Dezavantajları ..	59
4.3. Yapı Tasarımında Çeliğin Esas Alınacak Özellikler	59
4.4. Çok Katlı Çelik Yapıların Analiz Yöntemleri	60
4.5. Dayanıma Göre Tasarım (DGT)	61
4.5.1. Eşdeğer deprem yükü	61
4.5.2. Mod birleştirme (response spectrum analiz)	62
4.5.3. Mod toplama (zaman tanım alanında lineer analiz)	62
4.6. Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (SGDT) ..	63
4.6.1. İtme yöntemleri (pushover)	63
4.6.2. Zaman tanım alanında nonlinear hesap yöntemi	63
4.7. Tezde Analizi Yapılacak Bina Hakkında Genel Bilgiler	64
4.8. Modelde Kullanılan Malzeme	68
4.9. Modelde Kullanılan Kesitler	69
4.10. Yapı Modeline Etkiyen Yükler	70
4.10.1. Sabit ve hareketli yükler	71
4.10.2. Rüzgâr yükü	71
4.11. Mod Birleştirme Yöntemiyle Yapı Modellerinin Analizi	76
4.11.1. Örnek modeller için deprem verileri	76
4.11.2. Deprem yatay tasarım spektrumu	77
4.11.3. Azaltılmış yatay deprem spktrumu	78
4.11.4. Düşey deprem etkisi	80
4.11.5. Dayanım sınır durumuna göre tasarım	80
4.11.5.1. Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım	80
4.11.5.2. Yük kombinasyonları	81
4.11.6. Yapı modelinin analiz verilerinin değerlendirmesi	82
4.11.6.1. Bina periyotlarının kontrolü	82
4.11.6.2. Taban kesme kuvvetinin EDYY kontrolü	84

4.11.6.3. Kütle katılım oranı	88
4.11.6.4. Göreli kat ötelemesinin kontrolü	88
4.11.6.5. İkinci mertebe etkilerinin kontrolü	91
4.11.6.6. Yerdeğiştirme verileri	92
4.11.6.7. A1 burulma düzensizliğin kontrolü	94
4.11.6.8. A2 döşeme süreksizliği düzensizliğin kontrol.	96
4.11.6.9. A3 planda çıkıntı düzensizliğin kontrolü	96
4.11.6.10. B1 zayıf kat düzensizliğin kontrolü	96
4.11.6.11. B2 yumuşak kat düzensizliğin kontrolü	96
4.11.6.12. B3 düzensizliğin kontrolü	96
4.12. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Analiz	97
4.12.1. Modellerin X ve Y doğrultuda taban kesme kuvveti	97
4.12.2. Taban kesme kuvvetinin katlara dağılımı	97
4.12.3. Göreli kat öteleme oranların kontrolü	99
4.12.4. İkinci mertebe etkilerin kontrolü	100
4.12.5. Modellerin X ve Y doğrultuda maksimum yerdeğiştirmesi	100
4.12.6. Yapı modellerin düzensizlik kontrolü	103
4.13. Araştırma ve Bulgular	104
 BÖLÜM 5.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	113
5.1. Sonuçlar	113
5.2. Öneriler	115
KAYNAKLAR	116
ÖZGEÇMİŞ	119

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AISC-ASD	: Allowable Stress Design
AISC-LRFD	: Load and Resistance Factor Design
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
CQC	: Tam Karesel Birleştirme Kuralı
ÇYTHYE-2016	: 2016 Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları
DBYBHY-2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DÇÇ	: Dışmerkezi Çelik Çaprazlı
DD	: Deprem Düzeyi
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
EDYY	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
GKT	: Güvenlik Katsayılarıyla Tasarım
İMO	: İnşaat Mühendisler Odası
İYBDY	: İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmelik
MBY	: Mod Birleştirme Yöntemi
MÇÇ	: Merkezi Çelik Çaprazlı
MÇÇS	: Merkezli Çelik Çaprazlı Sistem
MS1600	: Milattan Sonra 1600 yılında
NBC-1995	: Kanada Yönetmeliği
SAP2000	: Structural Software for Analysis and Design
SRSS	: Karelerin Toplamının Karekökü
ŞGDT	: Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
TBDY-2018	: 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TDTH-2018	: 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritaları

TKB	: Tam Karesel Birleştirme Kuralı
TS648	: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları Yönetmeliği
TUSCA	: Türkiye Yapısal Çelik Derneği
UNESCO	: United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization
YDKT	: Yük ve Dayanım Katsayılarıyla Tasarım



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Şibam'ın kule evleri, Yemen (MS1600)	17
Şekil 1.2. Home Insurance Yapısı, Chicago (Yapım yılı:1885)	17
Şekil 1.3. Dünyanın en yüksek yapılarının yıllara göre sıralanışı (CTBUH 2010)	18
Şekil 1.4. a) Hearst kulesi, New york b) Doha kulesi, Katar c) Capital Gate, UAE d) Shanghai Center, 19 Çin.....	19
Şekil 1.5. Çeşitli Dışmerkez Çaprazlı Çerçeve Sistem Konfigürasyonları	21
Şekil 1.6. Çeşitli Merkezi Çaprazlı Çerçeve Sistem Konfigürasyonları	21
Şekil 3.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Grafiği (TBDY-2018)	39
Şekil 3.2. Yatay Elastik Tasarım Spektral Yer değiştirmeleri Grafiği (TBDY- 2018)	40
Şekil 3.3. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu Grafiği (TBDY-2018)	41
Şekil 3.4. A1 Türü Düzensizlik (a) (TBDY-2018)	44
Şekil 3.5. A2 Türü Düzensizlik (b) (TBDY-2018)	44
Şekil 3.6. A3 Türü Düzensizlik (c) (TBDY-2018)	44

Şekil	3.7.	B3	Türü	Düzensizlik	(d)	(TBDY-2018)	45
.....							
Şekil	3.8.	Taban	Kesme	Kuvvetinin	Katlara	Dağılımı	(TBDY-2018) 51
.....							
Şekil	4.1.	Eşdeğer	Deprem	Yükü	Yönteminde	Yatay	Sismik Yük Dağılımı (ÜSTÜN, 2019) 61
.....							
Şekil	4.2.	Moment	Aktaran	Çerçeve	Planı		64
.....							
Şekil	4.3.	MÇÇ	Sistemlerin	Yapı	Planı		65
.....							
Şekil	4.4.	DÇÇ	Sistemlerin	Yapı	Planı		65
.....							
Şekil	4.5.	Moment	Aktaran	Çerçeve	Modelinin	3D	Görünüşü 66
.....							
Şekil	4.6.	MÇÇ	Yapı	Modelinin	3D		Görünüşü 67
.....							
Şekil	4.7.	DÇÇ	Yapı	Modelinin	3D		Görünüşü 67
.....							
Şekil	4.8.	Modellerin	En	Kesitleri			68
.....							
Şekil	4.9.	Rüzgâr	Yönü				74
.....							
Şekil	4.10.	Binaya	Rüzgâr	Yükü	Etkime	Şekli	75
.....							
Şekil	4.11.	DD-2	Deprem	Düzeyi	Yatay	Elastik	Tasarım Spektrumu Sae(T) 77
.....							
Şekil	4.12.	DD-2	Deprem	Düzeyi	için	Azaltılmış	Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (MÇÇ) 78
.....							
Şekil	4.13.	DD-2	Deprem	Düzeyi	için	Azaltılmış	Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (DÇÇ) 79

.....	
Şekil 4.14. DD-2 Deprem Düzeyi için Azaltılmış Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	(MAÇ) 79
.....	
Şekil 4.15. Modellerin Doğal Hâkim Titreşim Periyotları	(MBY) 83
.....	
Şekil 4.16. Yapı Modellerin Ağırlıkları	(MBY) 84
.....	
Şekil 4.17. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Toplam Kat Kesme Kuvveti (MBY)	85
.....	
Şekil 4.18. Modellerin (X) Doğrultusunda Katlara Etkiyen Taban Kesme Kuvveti	(MBY) 87
.....	
Şekil 4.19. Modellerin (Y) Doğrultusunda Katlara Etkiyen Taban Kesme Kuvveti	(MBY) 88
.....	
Şekil 4.20. X Eksenindeki Kat Hızasında Yerdeğiştirmeler	(MBY) 93
.....	
Şekil 4.21. (Y) Eksenindeki Kat Hızasında Yerdeğiştirmeler	(MBY) 93
.....	
Şekil 4.22. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (MBY)	94
.....	
Şekil 4.23. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Toplam Kat Kesme Kuvveti (EDYY)	97
.....	
Şekil 4.24. (X) ve (Y) Doğrultusundaki Maksimum Yerdeğiştirmeleri (cm) (EDYY)88.....	101
Şekil 4.25. Modellerin Bütün Katların X Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi	(EDYY) 102
.....	

Şekil 4.26. Modellerin Bütün Katların (Y) Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi	(EDYY) 103
.....	
Şekil 4.27. MBY ve EDYY için (X) ve (Y) Doğrultuda Yapı Modellerin Doğal Titreşim	Periyotları 105
.....	
Şekil 4.28. MBY ve EDYY için Yapı Modellerin	106
Ağırlıkları.....	
Şekil 4.29. MBY ve EDYY için Yapı Modellerin Taban Kesme Kuvveti	108
.....	
Şekil 4.30. MBY ve EDYY için Yapı Modellerin Maksimum Yerdeğiştirmesi	109
.....	
Şekil 4.31. MBY ve EDYY için MÇÇ X Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi	110
.....	
Şekil 4.32. MBY ve EDYY için MÇÇ V Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi	110
.....	
Şekil 4.33. MBY ve EDYY için MÇÇ Ters V Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi	111
.....	
Şekil 4.34. MBY ve EDYY için DÇÇ V Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi	111
.....	
Şekil 4.35. MBY ve EDYY için DÇÇ Ters V Yapı Modelin Kat Yerdeğiştirmesi..	112
Şekil 4.36. MBY ve EDYY için MAÇ Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi	112
.....	

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Yerel Zemin Sınıfları (TBDY-2018)	37
Tablo 3.2. Kısa Periyot Bölgesi için YZEK (TBDY-2018)	39
Tablo 3.3. 1.0 Saniye Periyot için YZEK (TBDY-2018)	39
Tablo 3.4. Bina Önem Katsayıları ve Bina Kullanım Sınıfları (TBDY-2018)	42
Tablo 3.5. TBDY-2018 Deprem Tasarım Sınıfları DTS (TBDY-2018)	43
Tablo 3.6. DTS ve BYS'ye Bağlı Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları (TBDY-2018)	43
Tablo 3.7. Düzensiz Binalar (TBDY-2018)	43
Tablo 3.8. Bina Taşıyıcı Sistemleri için D, R ve İzin Verilen BYS (TBDY- 2018)	48
Tablo 3.9. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı (TBDY-2018)	50
Tablo 3.10. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar (TBDY-2018)	51
Tablo 4.1. Sıcakta Haddelenmiş Yapısal Çeliklerde Çekme Dayanımı, Fu ve Karakteristik Akma Gerilmesi, Fy (ÇYTHYE-2016)	70
Tablo 4.2. Kolonlarda Kullanılan Kesitler ve Özellikleri	70
Tablo 4.3. Ana Kirişlerde Kullanılan Kesitler ve Özellikleri	71
Tablo 4.4. Ara Kirişlerde Kullanılan Kesitler ve Özellikleri	71
Tablo 4.5. Çaprazlarda Kullanılan Kesitler ve Özellikleri	71
Tablo 4.6. Dış Basınç Katsayıları $b=21m$ ve $h/d=1.45$	75
Tablo 4.7. Net basınç katsayıları $b=d=21m$ $h/d>1$	75
Tablo 4.8. $b = 21m$ Genişliğindeki Yüzeye Dik Olarak Etkiyen Rüzgâr Kuvvetleri	77
Tablo 4.9. $b= 24 m$ Genişliğindeki Yüzeye Dik Olarak Etkiyen Rüzgâr Kuvvetleri	77

Tablo 4.10. Model Yapının Deprem Verileri	78
Tablo 4.11. Modellerin Doğal Hâkim Titreşim Periyotları (MBY)	83
Tablo 4.12. Yapı Toplam Ağırlık ve Toplam Kütleleri (MBY)	85
Tablo 4.13. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Toplam Taban Kesme Kuvveti (MBY)	85
Tablo 4.14. Toplam Taban Kesme Kuvveti Kontrolü (MBY)	87
Tablo 4.15. Modellerin (X) Doğrultusunda Katlara Etkiyen Taban Kesme Kuvveti (MBY)	87
Tablo 4.16. Modellerin (Y) Doğrultusunda Katlara Etkiyen Taban Kesme Kuvveti (MBY)	88
Tablo 4.17. X Modeli için (X) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelenmesinin Kontrolü (MBY)	91
Tablo 4.18. X Modeli için (Y) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelenmesinin Kontrolü (MBY)	91
Tablo 4.19. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelenmesinin Kontrolü (MBY)	91
Tablo 4.20. X Model için, (X) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (MBY)	92
Tablo 4.21. X model için, (Y) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (MBY)	92
Tablo 4.22. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (MBY)	93
Tablo 4.23. X Eksenindeki Kat Hizasında Yerdeğiştirmeler (MBY)	93
Tablo 4.24. Y Eksenindeki Kat Hizasında Yerdeğiştirmeler (MBY)	94
Tablo 4.25. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (MBY)	95
Tablo 4.26. X Modeline Ait (X) Doğrultusundaki Burulma Düzensizliği Katsayıları (MBY)	96
Tablo 4.27. X Modeline Ait (Y) Doğrultusundaki Burulma Düzensizliği Katsayıları (MBY)	96
Tablo 4.28. Tüm Modellere ve Katlarına Ait (X) Doğrultusundaki Burulma Düzensizliği Oranı (MBY)	96

Tablo 4.29. Tüm Modellere ve Katlarına Ait (Y) Doğrultusundaki Burulma Düzensizliği Oranı (MBY)	96
Tablo 4.30. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti (EDYY)	98
Tablo 4.31. X Model için (X) Doğrultusunda Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetlerin Katlara Dağılımı (EDYY)	99
Tablo 4.32. X Model için (Y) Doğrultusunda Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetlerin Katlara Dağılımı (EDYY)	99
Tablo 4.33. Modellerin (X) Doğrultusunda Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetlerin Katlara Dağılımı (EDYY)	99
Tablo 4.34. Modellerin (Y) Doğrultusunda Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetlerin Katlara Dağılımı (EDYY)	100
Tablo 4.35. X model için, (X) Doğrultusunda Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (EDYY)	100
Tablo 4.36. X model için, (Y) Doğrultusunda Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (EDYY)	100
Tablo 4.37. Modellere Ait Her İki Eksen Doğrultusunda Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (EDYY)	100
Tablo 4.38. X model için, (X) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (EDYY)	101
Tablo 4.39. X model için, (Y) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (EDYY)	101
Tablo 4.40. Modellerin İkinci Mertebe Etkilerin Kontrolü (EDYY)	101
Tablo 4.41. (X) ve (Y) Doğrultusundaki Maksimum Yerdeğiştirmeleri (cm) (EDYY)	101
Tablo 4.42. Modellerin Bütün Katların X Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (EDYY)	102
Tablo 4.43. Modellerin Bütün Katların Y Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (EDYY)	103
Tablo 4.44. X Modeline Ait (X) Ekseni Burulma Düzensizliği Katsayıları (EDYY)	104

Tablo 4.45. X Modeline Ait (Y) Eksenli Burulma Düzensizliği Katsayıları (EDYY)	104
Tablo 4.46. (X) Doğrultusunda Tüm Modellerin Katlarına Ait Burulma Düzensizliği Katsayısı (EDYY)	105
Tablo 4.47. (Y) Doğrultusunda Tüm Modellerin Katlarına Ait Burulma Düzensizliği Katsayısı (EDYY)	105
Tablo 4.48. Modellerin Düzensizlik Kontrolleri (EDYY)	105



ÖZET

Anahtar Kelimeler: Çok Katlı Çelik Yapılar, TBDY-2018, Merkezi ve Dış Merkezi Çelik Çaprazlar, Mod Birleştirme, Eşdeğer Deprem Yüğü

Deprem bölgesinde bulunan ve aktif deprem faylarına sahip olan ölkelerde çok katlı binaların yapımının önündeki en büyük engel deprem yükleridir. Deprem yüklerinin hesapları için kapsamlı ve güncel olan standart ve yönetmeliklerin kullanılması önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı (TBDY-2018) esasları gözönüne alınarak; çok katlı çelik yapılarda doğrusal analiz yöntemlerinden mod birleştirme yöntemi ve eşdeğer deprem yüğü yöntemi kullanarak merkezi çelik çaprazların yapının dinamik karakteristiklerine etkisi irdelenmiştir. Yapı modellerine etki eden yükler Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik'e uygun olarak Yüğü ve Dayanım Katsayılarıyla Tasarım (YDKT) yöntemine göre hesaplanmıştır. Kullanım amacı ve yapı boyutu aynı olan 10 katlı bir çelik yapıda çerçeve olarak; çaprazsız çerçeve, Merkezi Çelik Çaprazlardan X, V ve ters V ve Dışmerkez Çelik Çaprazlardan da V ve Ters V kullanılarak altı adet farklı model yapı üretilmiştir. Yapı modellerin analizi sonlu elemanları programlarından Etabs 18 kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda; çaprazsız çerçeve modelinin her iki yöntem kullanılarak yapılan hesaplarında en büyük yer değıştirmeye sahip olduğı görölmüştür. Eşdeğer deprem yüğü kullanılarak yapılan hesaplamalarda yapıda daha büyük iç kuvvetler oluştuğı görölmüştür.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CONCENTRICALLY STEEL BRACES IN MULTI-STOREY BUILDINGS ACCORDING TO TURKISH BUILDING EARTHQUAKE CODE 2018

SUMMARY

Keywords: Multi- storey Steel Buildings, TBDY-2018, Concentrically and Eccentrically Steel Braces, Mode Combination Method, Equivalent Earthquake Load Method

In countries that are located on earthquake zone and has active earthquake faults, the biggest obstacle in the construction of high-rise and multi-storey buildings are seismic loads. In earthquake calculations and finding seismic loads the rules of comprehensive and up-to-date standards and codes are very important. In this thesis, according to the principles of Turkish Earthquake Building Codes (TBDY-2018) the effect of concentrically steel braces in multi-storey steel structures was investigated by using the Mode Combination Method and Equivalent Earthquake Load Method of Linear Analysis Methods. The loads affecting to building models were calculated by using the Design with Load and Strength Coefficients (YDKT) method in accordance with the Standards on Design, Calculation and Construction Principles of Steel Structures. X, V and inverted V concentrically steel braces, without brace frame and V and inverted V eccentrically steel braces were used as the frame's brace. Etabs 18 one of the finite element programs, was used in the analysis of models. As a result of the investigation; It was seen that the model without brace frame, has the largest displacement by using both analysis methods. Also it was seen that greater internal forces occurred in models were analyzed by Equivalent Earthquake Load Methode.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Mühendislik insanlık tarihinde çok eski çağlardan beri bilinmektedir. Mühendisliğin temelini oluşturan makine mühendisliği; bıçak, kılıç ve bunlara benzer delci ve kesici özelliği bulunan çok basit aletlerin yapımıyla tanınmıştır. İnşaat mühendisliği ise tam anlamıyla 2500 yıl önce yapılmış ve belgelenmiş olan ahşap ve kâgir yol köprülerinin yapımına kadar uzanmaktadır (Deren, 2005).

Teknoloji, sosyal ve ekonomik yönünden günümüzün gelişen dünyanın en popüler problemlerinden biri de kentleşme ve her geçen gün artan nüfusun sorunudur. Son yıllarda dünya çapında artmakta olan kentleşme oranı, bilhassa gelişmekte olan ekonomilerinde, yüksek ve çok katlı binaların inşaatında artış sağlamıştır. Yüksek katlı konut tipi yapıların artmasının temel neden ise ekonomik güç ve dünyanın yoğun kentleşmiş bölgelerinde toprak kıtlığıdır. Bir şehir, ülke, bölge veya dünyadaki en yüksek yapıyı inşa etme yarışı ise, dünya çapındaki yüksek binaların büyümesi için başka bir neden oluşturmuştur. Her ne kadar Chicago ve New York çok katlı ve yüksek yapıların doğuş yeri olsa da çok katlı yapıların tarihçesi daha eskilere dayanmaktadır. Yemen'deki Şibam kule evleri, MS 1600'lere kadar dayanmaktadır ve çok katlı yapılarda insan yerleşiminin en eski örneklerinden birini temsil etmektedir. Bu güneşte kurutulmuş kerpiç evler, sakinlerine güvenlik ve prestij sağlayan 7 kat yüksekliğinde inşa edilmiştir. 1982 yılında UNESCO tarafından, bu yapı dünya miras listesinde “çölün Chicago” lakabına sahip olmuştur (Kayvani, 2014).



Şekil 1.1. Şibam'ın kule evleri, Yemen (MS1600)

Modern yüksek binaların meydana çıkması için en önemli iki faktör, çelik malzemesi ve asansör teknolojisindeki gelişmeleridir. Gustav Eiffel 1889'da Paris'teki 300m yüksekliğindeki kuleyi tasarlaması ve inşa etmesi için önceden yapılmış olan demir parçaları montelenerek kullanmıştır. 1852'de Elisha Graves Otis, ilk düşme emniyetli kaldırma sistemi olan “asansör” teknolojisini kullanarak yüksek binaların daha uygulanabilir olmasını sağladı. Chicago'daki “Hom Insurance” binası, yüksek katlı inşaatlarda kullanılan ilk çelik çerçeveli sistemi olarak kabul edilmektedir (Kayvani, 2014).

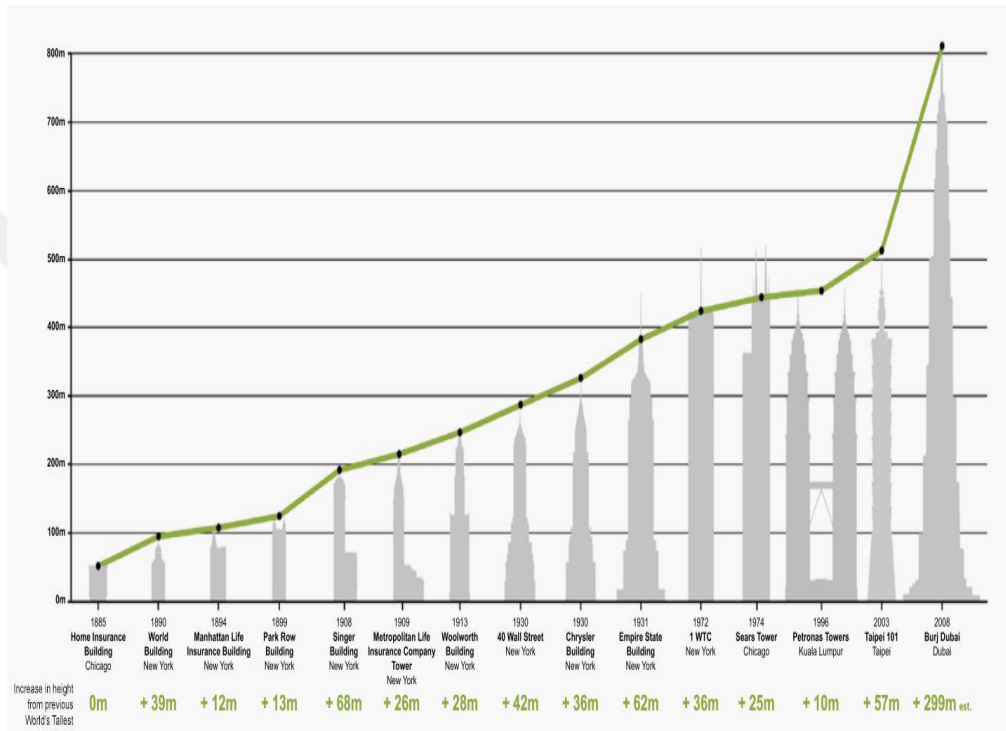


Şekil 1.2. Home Insurance Yapısı, Chicago (Yapım yılı:1885)

1903 senesinde ABD'nin Cincinnati şehrinde yapılmış olan Ingal Building, ilk “betonarme gökdelen” olarak kabul edilmiştir. Bu 16 katlı bina, kolonların,

döşemelerin ve duvarların o zamanki standartlara göre düşük dayanımlı betonların dökülmesi ile inşa edilmiştir.

Geçtiğimiz son yıllarda yüksek katlı yapı yarışı yanında, yapıda karmaşık geometriler ve eğik bükük formlar önem kazanmıştır. Bu nedenler yapı mühendisleri yüksek ve çok katlı yapı projeleri için, tasarım sürecinin çekirdeğine yerleştirmiştir.



Şekil 1.3. Dünyanın en yüksek yapılarının yıllara göre sıralanışı (CTBUH 2010)



Şekil 1.4. a) Hearst kulesi, New York b) Doha kulesi, Katar



Şekil 1.5. c) Capital Gate, UAE d) Shangai Center, Çin

Yüksek, çok katlı ve karmaşık yapıların tasarımı için çelik, en uygun yapı malzemesi olarak açıklanmaktadır. Taşıyıcı sistemde yapı malzemesi olarak kullanılan çelik binalarda, köprülerden sonra kullanmaya başlamış ve birinci dünya savaşından sonra hızla kullanılması artmıştır. Çeliğin kullanılmasını sağlayan üstün özellikleri aşağıda verilmiştir. Ekonomiklik sorunun çözümü için ise tasarım mühendisleri yapı malzemesi olarak çeliği aşağıdaki üstünlüklerden dolayı önermektedir:

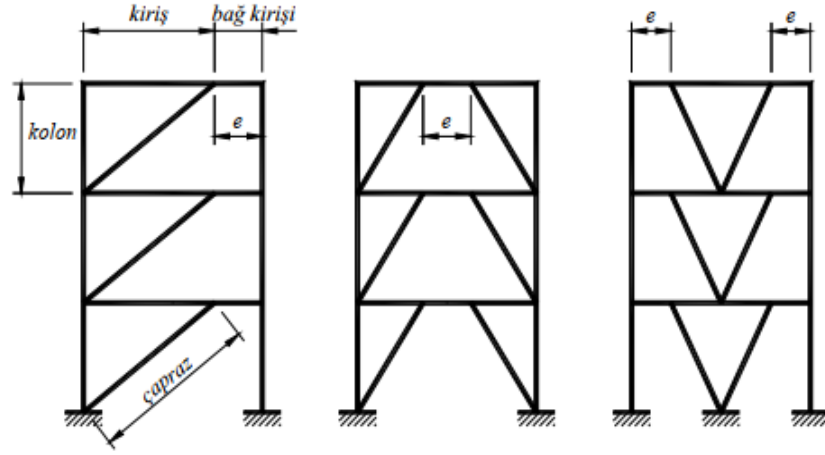
- Çelik betonarme ve ahşaba göre oldukça izotrop ve homojen bir malzemedir.
- Elastisite modülü betonarmede 210.000 MPa, ahşapta 100.000 MPa ve çelikte ise 2.100.000 MPa'dır. Çeliğin elastisite modülü betonarmenin 10 katı ve ahşabın 21 katına denk gelmektedir. Bu sebeple çelik daha dayanıklı bir malzemedir.
- İşçiliğin büyük bir kısmı atölyelerde yapılabileceği için çelik yapı maliyeti düşüktür.
- Belirli bir yükü taşımak amacıyla seçilen kesit boyutları, çelik malzemesinde betonarmeye göre daha küçük olmaktadır.
- Çeliğin öz ağırlığı betonarmeye göre azdır.
- Çelik yapıların elamanlarında kolayca değişiklikler yapılabilir ve güçlendirmesi kolaydır. Betonarme yapılarda ise bu işlemler sınırlıdır hatta bazen imkânsızdır.

- Çelik taşıyıcı elemanlar kullanıldıkları yapıdan tamamen veya kısmen söküldükleri zaman çelik malzemeler bir başka yapıda kullanıma imkân vermektedir (Erşen).

Türkiye gibi içerisinde deprem fay hattı geçen ve deprem kuşağında olan ülkelerde, çok katlı yapıların tasarımında en ciddi sorunlarından bir tanesi ise deprem kuvvetidir. Doğal afet olan deprem engellenemez ve bu afetten kaçınılamaz fakat depremin vereceği hasarları ve zararları depreme karşı dayanıklı yapı tasarımı ile minimuma indirilebilmektedir. Türkiye gibi deprem riski altında kalan diğer ülkelerde depreme karşı dayanıklı uygulama esasları ve yapı tasarımı ile ilgili deprem yönetmelikleri hazırlanmaktadır. Depremlerin ne zaman ve ne büyüklükte meydana geleceği bilinmediği için, yapı tasarımı yaparken geçmiş yıllarda meydana gelen deprem kayıtları baz alınarak depreme dayanıklı yapıların proje edilmesi ve inşasının yapılması mümkündür. Bu kapsamda hazırlanmış olan deprem yönetmeliklerinin ve tasarım mühendislerinin temel hedeflerinden biri depremin meydana getireceği muhtemel hasarları ve can kayıplarını minimize etmektir. Özellikle ekonomik faktörden önce, insanın can güvenliğinin sağlanması daha önemli olmaktadır.

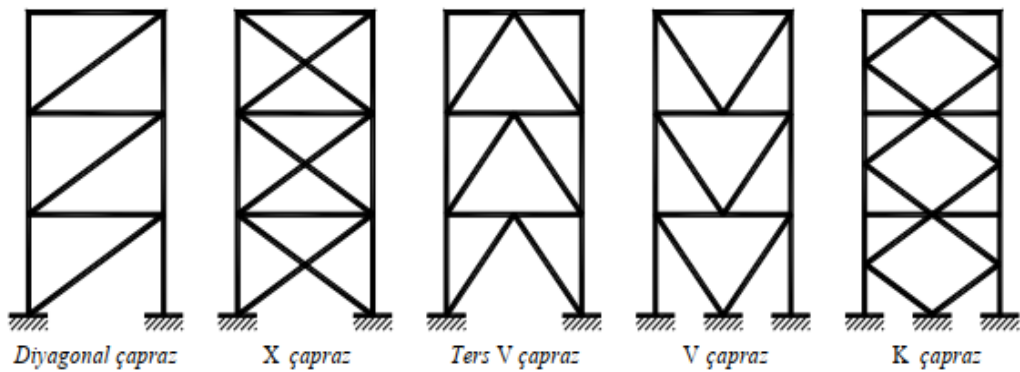
Çelik yapıların düşey yüklerini, taşıyıcı sistemin kolon, kiriş, döşeme ve diğer elemanları karşılarken; rüzgâr ve deprem gibi yatay yükleri ise çapraz olarak oluşturulmuş perdeler karşılanmaktadır. Çaprazlar, yatay yükler altında yapı sisteminin performansı üzerine çok büyük bir etkiye sahiptir. Bu nedenle çelik yapılarda sıklıkla kullanılmaktadır. Genelde yapılarda iki tip çaprazlı perde kullanılmaktadır. Bunlar, Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçeve (MÇÇ) ile Dışmerkez Çelik Çaprazlı Çerçeve (DÇÇ) olarak adlandırılır. Dışmerkez çelik çaprazlı çerçeveler (DÇÇ), mükemmel bir süneklik, enerji yutma kapasitesi ve yüksek elastik rijitliğine sahiptir. Bu nedenle, deprem etkisi yüksek olan bölgeler için DÇÇ en uygun taşıyıcı sistem olmaktadır. DÇÇ taşıyıcı sistemlerinin diğer sistemlerden ayırıcı ve en belirgin özelliği, kirişte “bağlantı (bağ) kirişi” adını vereceğimiz bir parçayı oluşturacak şekilde çelik çapraz elemanın bulunmasıdır (Erşen).

TBDY-2018 DÇÇ sistemlerinde çaprazları aşağıdaki şekilde olduğu gibi V, Ters V ve Diyagonal çapraz formunda düzenlemiştir.



Şekil 1.6. Çeşitli Dışmerkez Çaprazlı Çerçeve Sistem Konfigürasyonları

Merkezi çelik çaprazlı çerçeve (MÇÇ) sistemlerinde, çapraz elemanlar X, V, Ters V ve K çapraz formunda düzenlenebilmektedir.



Şekil 1.7. Çeşitli Merkezi Çaprazlı Çerçeve Sistem Konfigürasyonları

MÇÇ; basınç kuvvetlerin altında burkulma ve çekme kuvvetlerin altında akma davranışı göstermekte ve çelik çaprazı olmayan çerçeve sistemlere kıyasla daha büyük elastik yatay rijitliğe sahiptir. MÇÇ'lerde başlangıçtaki basınç kuvvetlerin altındaki burkulma kapasitesi, çekme kuvvetlerin altındaki akma kapasitesinden daha küçüktür. Bu nedenle, çekme ve basınçtaki yanıl direncin her iki yönde benzer olması için çapraz sistemlerin dengeli bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Şekil

1.5.'te verilen diyagonal çaprazlar hem çekme hem de basınç etkisi altında çalıştığından, bu gerekli dengeyi sağlayabilmesi için karşılıklı olarak düzenlenmesi gerekmektedir. X tipi merkezi çapraz, çok katlı X tipi çapraz ve ters V gibi diğer çapraz türleri bu dengeyi doğrudan sağlamaktadır. MÇÇ'lerden, X tipi çaprazlar en yaygın olarak hafif elemanlarla düzenlenerek kısa yapılarda kullanılır. Palmer 2012 yılında yaptığı çalışmada; X merkezi çapraz sistemlerinde burkulma kapasitesinin en iyi, çaprazlar kirişin orta kısmında kesiştiğinde ve kirişin uzunluğu kadar düzenlendiği zaman meydana geldiğini açıklamıştır. X çaprazlı sistemin elastik olmayan deformasyon kapasitesi, diğer birçok çaprazlı çerçeve sistemiyle elde edilen deformasyon kapasitesinden daha azdır. Zira elastik olmayan deformasyon, çapraz uzunluğunun yarısında yoğunlaşır. V ve Ters V çapraz sistemleri ise kirişin ortasında kesişen çaprazlardan meydana gelmektedir. Bu tip çaprazlarda, burkulma yükü çekme altındaki akma direncinden daha küçük olmasından, kiriş üzerinde dengeli olmayan kuvvetler ve eğilme momentleri meydana gelir. Ayrıca V ve Ters V çapraz sistemlerinde kirişin burkulma etkisinin altındaki esnekliği, dinamik etkilerinin sönümlemesini artırır. K şeklinde kolonun orta yüksekliğinde çaprazların kesişmesiyle düzenlenen çapraz sistemi gibi, başka tipte çapraz sistemleri de mümkündür. V ve Ters V çapraz sistemlerinde de belirtildiği gibi aynı dengesiz kuvvet sorunu bu tip çaprazlarda da söz konusudur. Eğilme momentleri ve esnek olmayan deformasyonlar ise kolonun orta kısmında meydana gelir hatta bazen çökmeye bile sebep olabilir. Sonuç olarak, birçok yönetmelik merkezi çelik çapraz sistemlerinde K çapraz düzenlemesine izin verilmez. Buna ek olarak, sadece çekme kuvvetinin altında kalan çaprazlar geçmiş depremler sırasında nispeten zayıf bir performans sergilemiştir. Zira basınç elemanının olmaması esnek olmayan davranışa yol açmaktadır. MÇÇ taşıyıcı sistemlerinin özellikle rüzgâr yüklerini doğrusal elastik bölgede kalacak şekilde taşıyabilmesi amacı ile geliştirilmiştir (Rafael ve Ark.).

1.1. Tezin Konusu, Kapsamı ve Amacı

Bu tez çalışmasında; merkezi çelik çaprazlı sistemlerinden X, V ve ters V, Moment Aktaran Çerçeve (MAÇ) ve dışmerkez çaprazlı sistemlerinden V ve Ters V olan sistemler TBDY-2018 ilkelerine göre modellenmesi ve analizi gerçekleştirilmiştir.

Tez için örnek oluşturacak yapı modeli Mod Birleştirme (Response Spectrum) dinamik analiz yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ETABS 2018 3D analiz programı kullanılarak yapıya uygulanmıştır. Örnek yapı modeli, zemin + 9 kattan oluşmakta olup X ekseninde 4 açıklık ve Y ekseninde 3 açıklık bulunmaktadır. Yapının toplam yüksekliği 30m'dir.

Tezin birinci bölümünde, araştırması yapılan konuya giriş yapılmıştır. İnşaat mühendisliğin, yüksek yapıların, çelik yapıların ve çaprazlı çerçeve sistemlerin önemine ve tarihçesine değinilmiştir.

İkinci bölümde, çok katlı çelik yapılar, çaprazlı çerçeve sistemleri ve TBDY-2018 ile ilgili yapılmış olan akademik çalışmalar özetlenmiştir.

Üçüncü bölümde, yapı tasarımı ve analizi ve çelik yapılar için TBDY-2018 esasları özet olarak bu bölümde sunulmuştur.

Dördüncü bölümünde; çok katlı çelik yapılara örnek bir modelin yukarıda bahsi geçen TBDY-2018 esaslarını göz önüne bulundurarak ETABS 2018 analiz programı kullanarak analizleri gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçlara göre en uygun merkezi çapraz perde sistemine karar verilmiştir.

Beşinci ve Sonuç bölümünde ise; analizden çıkan sonuçların, kat taban kesme kuvveti, yerdeğiştirmeleri, ağırlıkları ve doğal titreşim periyotları karşılaştırması yapıp çok katlı çelik yapı taşıyıcı sisteminde kullanılacak olan merkezi çelik çapraz sistemleri hakkında mühendislerin ve mimarların da göz önünde bulundurması gereken öneriler anlatılmıştır. Çok katlı çelik yapıdaki taşıyıcı sistemin farklı merkezi çelik çapraz sistemlerin çeşitleri, uygulama alanları, çalışma şekilleri irdelenerek çok katlı çelik yapıların modellenmesi, analizi ve uygulanmasına fayda sağlanmak istenmiştir. Sonuç olarak en uygun ve ekonomik merkezi çelik çapraz sistemine karar verilmiştir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Tez çalışmasının bu kısmında; çok katlı çelik yapılar, merkezi ve dışmerkezi çelik çaprazlı yapılar ve TBDY-2018 ile alakalı önceden yapılan akademik çalışmalara yer verilmiştir. Tez çalışması yeni deprem yönetmeliğiyle alakalı olduğu için genel olarak son yıllarda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

2.1. Çok Katlı Çelik Yapılar ile İlgili Çalışmalar

Çok katlı yapıların yapımının başlamasıyla birlikte, çelik yapılara olan talep ve çalışmalar son zamanlarda önemli ölçüde artmıştır. Türkiye’de çelik yapıların yapımının karşısındaki en büyük zorluklardan biri; teknik şartname ve standart gereksiniminin yeterince karşılanmamasıdır. Analiz ve tasarım konusunda TBDY-2018 ve ÇYTHYE-2016 gelişiyile bu problem önlenmiş olsa da, uygulama ve imalat kısmında teknik şartnameler ve standartlar kâfi değildir. Bu sebepten ötürü imalat ve uygulama kısmında genel olarak diğer ülkelerin şartnamelerinden yararlanılmaktadır. Çelik yapıların sorunların giderilmesi ve fikir alışverişi adına, İnşaat Mühendisler Odası (İMO) 2007’den beri her yıl düzenli olarak ulusal çelik yapılar sempozyumu düzenliyorlar. Türkiye Yapısal Çelik Derneği (TUSCA) çelik yapılar ile alakalı uluslararası ve ulusal çalışmalar ve gelişmeleri kapsayan aylık bültenler ve bu alanda yararlı teknik yayınlar yapmaktadır. Üniversitelerde de çelik yapılar ile alakalı yapılan pek çok akademik çalışma bulunuyor. Bu çalışmalardan birkaçı altta özet olarak sunulmuştur.

Ruya mehdi zain alabdeen; zaman tanım alanında hesap yönteminde İstanbul-Gölcük deprem kaydı kullanarak, 30 ve 50 katlı X merkezi çelik çaprazlı ve çaprazsız çelik çerçeve sistemine sahip yapıları incelemiştir. Bu çalışma, depremlerin meydana getirdiği yanal yüklere karşı dayanıklı olan en etkili çelik çerçeve sistemi bulunmaya

hedeflemiştir. Tezde kullanılan çelik çerçeveli yapı modelleri SAP2000 sonlu eleman programıyla modellenmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde; çaprazlı ve çaprazsız çelik çerçeve sistemler benzer taban kesme kuvvetlerine sahip olurken, çaprazlı çerçeve sistemlerin daha az yanal deformasyon yaptığını ifade etmiştir. Ayrıca bu çalışma deprem yükleri altında zaman tanım alanında analizlerinin çok katlı yapıların uygun davranışının belirlenebilmesi için gerekli olduğunu göstermiştir. Zira zaman tanım alanında analiz yöntemi, yapının zaman içerisindeki bütün dinamik tepkilerini göstermesini ifade etmiştir (Alabdeen,2019).

Burak Çırpan yaptığı çalışmada; çok katlı çelik yapılarda ideal geometrik formun belirlenmesi ve yapı geometrisinin taşıyıcı sistem davranışına etkisi üzerine çalışmıştır. Çalışmada 40 katlı bir altıgen, dikdörtgen, kare ve dairesel forma sahip çelik yüksek yapıların analizini yaparak en ideal geometrik formunu belirlemeye hedeflemiştir. Yapı analiz için SAP2000 paket programından yararlanarak taşıyıcı sistem elemanları; TS648, Kanada Yönetmeliği (NBC-1995), AISC-ASD89 ve DBYBHY-2007 esaslarına göre mod birleştirme yöntemi kullanarak analizini gerçekleştirmiştir. Yapılar için zemin sınıfı Z1 seçilerek, 1.derece deprem bölgesinde olduğu varsayılmıştır. Yapı modellerinde yapı kullanım amaçları, kat yükseklikleri ve taban alanları her dört model için aynı değerler alınarak, yapılarda MÇÇ sistemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar kıyaslandığında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır: Yatay yükler altında rüzgâr ve deprem yükü analizlerine göre en ideal sonuç dairesel modeline aittir. En düşük periyot değeri dairesel modele aitken en yüksek periyot değeri ise dikdörtgen modelden elde edilmiştir. Kat kesme kuvveti değerleri ise en düşük dairesel model ve en yüksek değerler dikdörtgen modelden elde edilmiştir. Taşıyıcı sistemin nihai ağırlığı açısından en ağır dikdörtgen model, en düşük ise kare modeldir. Tüm bu sonuçlar ışığında en olumsuz sonuçlar dikdörtgen modeline aitken en iyi performansı dairesel modelin verdiği gözlemlenmiştir (Çırpan, 2017).

Mursel İğın yaptığı çalışmada; çelik bir yapıda kullanım amaçları ve geometrik özellikleri aynı olan, fakat taşıyıcı sistem konfigürasyonu farklı iki sistem üzerine çalışmıştır. Birinci konfigürasyonda 2.0m aralıklar ile oluşturulan ikincil ara kirişler, ana kirişlere mafsallı olarak bağlanmıştır. Akslardaki ana çerçeve kirişlerinin

kolonlara bağlantısı kuvvetli eksenleri doğrultusunda rijit ve kolonların zayıf eksenleri doğrultusunda mafsalı olarak bağlanmıştır. İkinci konfigürasyonda ise 2.0m aralıklar ile oluşturulan ikincil ara kirişler, ana kirişlere mafsalı bağlanmakta ve ana kirişler de kolonlara mafsalı olarak bağlanmaktadır. Çevre kirişlerin kolonlara bağlantısı ise rijit olarak kabul edilmiştir. İki konfigürasyonda da kolonların ± 0.00 kotunda, temele ankastre bir şekilde mesnetlendiği farz edilerek dizayn edilmiştir. Yapısal analizler SAP2000 programı ile gerçekleştirilmiştir. Performans analiz sonucunda konfigürasyon A'de birinci ve altıncı akslarda maksimum hasar oluşurken, diğer akslarda minimum hasar meydana gelmiştir. Konfigürasyon B'de ise deprem kuvvetlerini karşılayan dış akslarda ileri derece hasar oluşurken, iç akslarda ise hiçbir hasar oluşmamaktadır. Yapılan maliyet hesaplarında ise, konfigürasyon A'da, konfigürasyon B'den 24.6 kN daha az çelik malzemenin kullanıldığını ifade etmiştir (İğın, 2016).

Mustafa Râşid yaptığı çalışmada; 10 katlı, 20 katlı ve 30 katlı dairesel ve dörtgen kat planlarına sahip çok katlı çelik yapıların dinamik davranışını inceleyerek yanal deplasmanları düşük mertebelerde tutmak amacıyla en uygun çelik çapraz türünü araştırmıştır. Oluşturulan modeller DBYBHY-2007 esaslarına göre belirli deprem etkisi altında incelenmiştir. Analizler SAP2000 bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizden çıkan sonuçlar karşılaştırıldığı zaman, çelik çaprazların konumunun ve türünün yanal yükler altında farklı performanslar göstermesinin sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak bu davranışların anlaşılması için mühendislerin çok katlı çelik yapılarda deprem yükleri için daha verimli yöntemleri ve mekanik ilkelerinin dikkate almaların gerekliliğini tavsiyede bulunmuştur (Rashid, 2015).

Ahmet Metin Yıldırım yaptığı çalışmada; İstanbul ilinde yapılacak betonarme çekirdeğe ve çelik taşıyıcı sisteme sahip olan çok katlı bir binanın DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre doğrusal analizini gerçekleştirmiştir. Yapı elemanları, Amerikan yönetmeliğine uygun olarak boyutlandırılmıştır. Yapının deprem etkileri altındaki performansı, İYBDY (İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmelik)'ine göre irdelenmiştir. Bu çalışma ile belli bir düzeydeki deprem yer hareketleri çok katlı

binanın taşıyıcı sistemlerin elemanlarında meydana gelecek hasarın sayısal olarak ön görülmesi ve bu hasarın her bir yapı elemanında kabul edilebilir hasar seviyelerinin altında olup olmadığının kontrolünü kapsamaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarından elde edilen veriler ise, İstanbul ilinde projelendirilecek taşıyıcı sistemi çelik olan bir yüksek binaya örnek teşkil etmiştir (Yıldırım, 2013).

Abdürrahim Tuğrul yaptığı çalışmada; yapı güvenliği kavramı ve boyutlandırmanın temel ilkelerini açıklayarak yönetmeliklerde kullanılan taşıma gücü yöntemi ve emniyet gerilmeleri yöntemi hakkında genel bilgilendirme yapmıştır. Örnek olarak süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerden oluşan 15 katlı bir yapının taşıyıcı elemanları; deprem yükleri altında ve düşeyde AISC-ASD, AISC-LRFD ve Eurocode3 yönetmeliklerini baz alarak ayrı ayrı boyutlandırmıştır. Analizlerde SAP2000 programını kullanmıştır. Üç yönetmelik birlikte kullanılarak yapılmış olan çözümlerde, yapı elemanları interaktif olarak değiştirilerek daha ekonomik dizaynlar araştırılmıştır. Bunun yanı sıra, her üç yönetmelikten elde edilen sonuçlarda kıyaslanma yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; AISC-LRFD yönetmeliğe göre yapılmış olan çözümün en ekonomik tasarım olduğunu ifade etmiştir (Tuğrul, 2011).

Armağan Ercan yaptığı çalışmada; deprem yüklemesini dikkate almadan Paris'te bulunan 10 kattan oluşan çelik bir yapının, DBYBHY-2007 esaslarına göre, süneklik düzeyi yüksek MÇÇ yerleştirerek karşılaştırılmasını irdelenmiştir. Paris'teki yapının taşıyıcı sistemi ise çelik çerçevelerden oluşmuştur. Bu çelik yapı, bir zemin kat olmak üzere dokuz normal kattan oluşmaktadır. Yapının döşemesi ise kompozit malzemeden seçilmiştir. 1. derece deprem bölgesinde ve Z4 zemin sınıfı özelliklerine sahip zemin üzerinde oturacağı varsayılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; sismik koşulları ve DBYBHY-2007'nin hesap koşullarına bağlı olarak boyutlandırılan yapıda, Paris'te inşa edilen binaya göre yaklaşık 3123.93 ton değerinde bir ağırlık artışı meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak yapı maliyetinin artmasını ifade etmiştir (Ercan, 2008).

Fatih Güner; çok katlı çelik yapıların doğrusal olmayan davranışın incelenmesi ve deprem performansının belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Çok katlı çelik yapıları

temsil eden taşıyıcı sistem modelinin boyutlandırması ve analizini Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS 648) ve DBYBHY-2007 esaslarına göre yapmıştır. Deprem yönetmeliğinde tanımlı olan Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarını tek tek uygulanarak görelî kat ötelemesinin sınırlandırmasını göz önünde bulundurup bulundurmuyarak, düşey yükleri ve geometrik özellikleri aynı olan 6 adet taşıyıcı sistemi irdelemiştir. Sonuç olarak; zemin özellikleri, görelî kat ötelemesi, yerdeğiştirme, yapı performansı, taşıyıcı sistemi ve zemin sınıfı bakımından doğrusal olmayan analizin doğrusal analizden daha avantajlı olduğunu kanıtlamıştır (Güner, 2007).

Umut Tunçel yaptığı çalışmada; çelik merkezi çaprazlı çerçeve sistemlerini tanımlamış, bu çerçeve sistemlerin AISC ve DBYBHY-2007'e göre süneklik düzeyini tayin eden tasarım şartlarından bahsedip DBYBHY-2007'in esaslarına bağlı kalarak örnek bir yapının süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek olarak boyutlandırılmasını yapmıştır. Yapısal analiz için SAP2000 bilgisayar programı kullanmıştır. Süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek olarak dizayn edilen her iki sistemin çapraz elemanları ters V ve V çaprazlı konfigürasyonlar olarak seçilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; çelik sınıfı yükseldikçe enkesit koşulları sebebiyle süneklik düzeyi normal sisteme dönüşmesinin gerçekleştiğini ifade etmiştir. Nedenini de "çeliğin akma dayanımının artmasıyla birlikte b/t sınır değeri düşmekte" şeklinde açıklamıştır (Tunçel, 2007).

Yunus Emre Çağatay yaptığı çalışmada; İstanbul ilinde yer alan ve daha önce betonarme olarak yapılan Metrocitiy yapısını, süneklik düzeyi yüksek dış merkez güçlendirilmiş çerçeve çelik yapı şeklinde baştan tasarlamıştır. Rijitlik ve mimari, ihtiyaçlarına göre yerlerin değişimi, yapım süresi, dinamik yüklere karşı direnci, yatırımın geri dönüşü ve maliyeti bakımından analiz ve karşılaştırmasını yapmıştır. Sonuç olarak, çelik yapının betonarme yapıya göre daha elverişli olduğunu ifade etmiştir (Çağatay, 2006).

2.2. Merkezi ve Dışmerkez Çelik Çaprazlı Çerçevelerle İlgili Çalışmalar

Çaprazlar, yapılarda rüzgâr ve deprem gibi yatay yüklere karşı direnç gösteren veya başka bir deyişle yatay yükleri taşıyan elemanlardır. Çaprazlar genel olarak merkezi çelik çaprazlar ve dışmerkez çelik çaprazlar şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Merkezi çelik çaprazlarından en çok kullanılanları ise; X, ters V, V, K ve diyagonal şeklinde düzenlenen çaprazlardır. Tez çalışmasının bu kısmında dışmerkez çaprazlardan, merkezi çaprazlardan X, V ve Ters V'den oluşan sistemler ve çaprazsız çerçevelerle ilgili bazı akademik çalışmalar yer almaktadır.

Ahasan-ul-haq ve arkadaşları; çelik binanın farklı çapraz sistemleri ile yapısal performanslarına odaklanarak çeşitli çapraz sistemlerinin yapı üzerindeki etkisini irdelemişlerdir. Bu çalışmada, on katlı ticari bir çelik bina tasarlanmış ve ardından yanal yükleme altında analizlerini gerçekleştirmiştir. Çelik binanın yapısal performansı; çaprazsız çerçeve sistemi, X merkezi çapraz sistemi, V merkezi çapraz sistemi ve dışmerkez çapraz gibi farklı tipte çapraz sistemleri kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda; çaprazsız çelik çerçeveli yapıya göre, yapıda X merkezi çelik çapraz sistemi kullanıldığında, yanal yer değiştirmenin %41 oranında azaldığı görülmüştür. Sonuç olarak, X merkezi çelik çaprazlı yapının, benzer koşullar altında burada ele alınan tüm yapılar arasında en iyi yapısal performansın gösterdiğini ifade etmiştir (Md. ahasan – ul – haque, 2018).

Kheyroddin ve Ezoddin; üçgen plana sahip olan çelik yapılarda X merkezi çelik çaprazların en uygun konumunun belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Spektrum Analizi ve doğrusal olmayan statik Pushover (İtme-Tepme) analiz yöntemiyle; üçgen plana sahip 5,10 ve 15 kattan oluşan çelik yapıların sismik davranışını, planda X merkezi çelik çapraz sistemini 7 farklı şekilde yerleştirerek incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre; üçgen plana sahip yapılarda düzenlenen bu yedi modeldeki en uygun çapraz düzenlemesi ise, üçgen kenarların ortasında çelik çaprazların yerleştirilmesidir. Bu tür çapraz düzenlemesi kütle merkezinin rijitlik merkezine yaklaşmasına neden olur, bunun sonucunda katlardaki burulma momentleri azalır ve düktilite veya enerji yuma kapasitesinin oranı artmış olur. Bu şekilde yerleştirilen

elik çaprazlar yapının yanal yer değiştirmesini yaklaşık %38 azaltırken yer değiştirme süneklik oranını yaklaşık %12 arttırdığını ifade etmektedir (Kheyroddin, 2018).

Tahir Khaleel ve Dileep Kumar; yüksek katlı binalarda sismik kuvvetlerin, farklı elik çapraz sistemiyle güçlendirilmiş düzenli ve düzensiz elik çerçeveli aprazların etkisini ve en iyi aprazlı sistemi bulmayı hedeflemişlerdir. Yapı sonlu elemanlar analiz programı olan ETABS'i kullanarak analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz, Eşdeğer Deprem Statik Yöntemi ve Spektrum Yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yer değiştirme ve taban kesme kuvveti gibi çeşitli parametreler incelenerek hem normal hem de düzensiz binalar için, X merkezi elik çaprazlar kat yer değiştirmesini azaltmak için en iyi çapraz sistemi olduğu sonucuna varılmıştır. X tipi merkezi elik çapraz sistemi yapı rijitliğini arttırdığı için taban kesme kuvveti de yüksek değerlerin aldığını ifade etmiştir (Muhammed tahir khaleel, 2016).

Dwinita ve Ark. Doğrusal olmayan analiz yönteminde plastik mafsallın D zerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu alışma deneysel ve numerik olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Numerik analiz için tek ve üç katlı bir D sistemini iki ve 3D olarak modellemişlerdir. Plastik mafsallın tanımlamasını ve D sistemi üzerindeki etkisini FEMA 356 ve Richard-Uang'a göre araştırmıştır. Richard-Uang ile tanımlanan plastik mafsallın davranışı FEAM 356'a göre deneysel çalışmanın sonucuna daha yakın olduğunu göstermiştir. FEMA 356 ve Richard-Uang analizlerinden çıkan sonuçları, deneysel çalışma sonuçlarının arasındaki farkı sırasıyla %15,55 ve %34,54 olduğunu ifade etmiştir (Dwinita ve Ark. 2020).

Rou Wen ve arkadaşları; AISC 341-05 ve AISC 341-10 yönetmelikleri kullanarak özel merkezi elik çapraz ereve tasarımları gerçekleştirmişlerdir. Bu alışma farklı sitelerde farklı ykseklіęe sahip üç özel merkezi elik çapraz çerçevenin 4, 10 ve 20 katlı sismik tasarımını özetlemektedir. Her bir modal için iki tip elik çapraz ereve, iki katta bir X apraz ve ters V apraz sistemi seçerek modelleme gerçekleştirilmiştir. Tipik zel merkezi elik çapraz çerçeveler üzerinde adım adım tasarım prosedürleri AISC 341-05 ve AISC 341-10 yönetmeliklerine göre tamamlanmıştır. Bu amaçla 36

adet yapı çerçevesi tasarlanmış ve ayrı ayrı analiz edilmiştir. İncelenen çerçevelerin tasarım sonuçlarına göre lokal burkulmaların sınırlandırılması AISC 341-10 standardında AISC 341-5'dakilere göre daha güvenli tarafta kaldığını ve yüksek sismik bölgelerdeki tasarım durumları için kolonlardaki dayanım taleplerini önemli ölçüde arttırmasının sonucuna varılmıştır (Wen, et al., 2015).

Semih ve Ark. TBDY-2018'e göre DÇÇ sistemlerinden Ters V çaprazların çelik bir yapı üzerine etkisini irdelemişlerdir. Bu çalışmada beş katlı, moment aktaran çelik çerçevelerden oluşan bir bina ile dışmerkez "V" çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan bir binanın düşey yük ve deprem etkileri altında tasarımı yapılarak yapısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, DÇÇ V modelinin deprem etkisi altında en üst kat ötelenmesinin daha az olduğu ve buna bağlı olarak kesit boyutlarının küçüldüğünü, toplamda %21,55 azalmasıyla malzeme kullanımından tasarruf edildiğini ve toplam bina ağırlığında %2,47 azalma olduğunu ifade etmiştir (Semih ve Ark. 2019).

K.K. Sangle ve arkadaşları; Northridge depremi için farklı çapraz (X çaprazlardan oluşan Diyagonal Çapraz-A, X çaprazlardan oluşan Diyagonal Çapraz-B, K ve X) sistemine sahip yüksek katlı çelik binalarda doğrusal zaman tanım alanında analiz yapmışlardır. Doğal frekanslar, mod şekilleri, yapı doğal titreşim periyodu, görel kat öteleme ve taban kesme kuvveti bu farklı çapraz sistemleri için hesaplanmıştır. Görel kat ötelemesi, toplam yatay yer değiştirmeyi ve gerilme seviyesini izin verilen sınır dahilinde tutarak uygun çapraz tipine karar vermek adına daha ileri bir optimizasyon çalışması yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı, yüksek katlı çelik binaların sismik analiz sonuçlarını farklı çaprazlı çelik sistemi ve çaprazsız çelik modellerle karşılaştırmaktır. Çalışmanın sonucunda ise, çelik çapraz elemanının deprem etkisi altındaki yapısal davranış üzerinde çok önemli bir etkisi olacağını göstermektedir. Her iki yöndeki çelik çaprazların neden olduğu taban kesme kuvveti %38'e kadar artmıştır. Çelik yapının çatı katındaki farklı çelik çapraz stiline sahip yer değiştirmeler %43'ten %60'a düşürüldüğü görülmüştür. Modelin doğal titreşim periyodu da %65'e kadar azaltılmıştır. Sonuç olarak Diyagonal Çapraz-B, çelik çapraz stiline oldukça etkili ve ekonomik tasarımını göstermiştir (K.k.sangle, 2012).

2.3. TBDY-2018 ile İlgili Çalışmalar

TBDY-2018; yeni yapılacak olan binaların deprem etkisi altında tasarımıyla mevcutta yapılmış olan binaların değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı, yerinde dökme ve önüretimli betonarme binalar, hafif çelik, çelik, ahşap ve yığma malzemeleriyle yapılan binaların deprem etkisi altında dizaynı için uygulanır. TBDY-2018, Eurocode yönetmeliklere ve Ameriken Deprem Yönetmeliğine paralel olarak ve Türkiye’de bulunan önceki deprem yönetmeliklere nazaran daha kapsamlı bir şekilde hazırlanmıştır. TBDY-2018’in ikinci bölümünde deprem yer hareketi düzeyleri ve parametreleri, üçüncü bölümünde deprem tasarım sınıflarıyla binaların performans hedefleri, dördüncü ve beşinci bölümlerinde hesap yöntemleri, dokuzuncu bölümünde çelik bina taşıyıcı sistemlerinin dizaynı için özel kurallar ve on altıncı bölümünde ise zemin sınıfları yer almaktadır. Bu tezin ilerleyen bölümlerde bahsi geçen konulardan yararlanılmıştır. Aşağıda, TBDY-2018 ile ilgili bazı akademik çalışmalar özet olarak verilmiştir.

Deniz Öz yaptığı çalışmada, ÇYTHYE-2016’de tanımlanan tasarım şartlarıyla TBDY-2018 hakkında bilgilere yer vermiştir. Yönetmeliklerin uygulamaya yardımcı olmak amacıyla süneklik düzeyi yüksek MÇÇ ile oluşturulan bir yapı ve süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çelik çerçevelerden meydana gelen bir yapıyı GKT ve YDKT yöntemlerine göre ayrı olarak tasarlamıştır. Sistem analizlerini elastik hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemini kullanarak SAP2000 paket programıyla gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak YDKT yönteminin GKT yöntemine göre daha güvenilir, ekonomik ve kullanışlı olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca yapmış olduğu tezinin yukarıda ismi geçen her iki yönetmeliğinin uygulama kısmında ve çelik yapıların tasarımı için kaynak olacağını ifade etmiştir (Öz, 2018).

Ömer yıldız yaptığı çalışmada; çelik sanayi yapıların tasarım ve analizini TBDY-2018’in sunduğu ilkelerine göre gerçekleştirmiştir. Yapıların tasarımı ve analizi için matris deplasman metodunu kullanan bir bilgisayar programı hazırlayarak, yönetmelikte tanımlanan GKT ve YDKT koşullarına göre analiz yapıp irdlemiştir.

Tasarım sonuçlarını her iki yöntem için araştırarak karşılaştırmıştır. Analiz sonucunda; YDKT yöntemi daha ekonomik sonuçlar verdiğini ve taşıyıcı sistemde kullanılabilirlik sınır durumu açısından ise GKT yöntemi YDKT yönteminden daha güvenli sonuçlar verdiğini ifade etmiştir. Taşıyıcı sistem eleman bazında karşılaştırıldığında ise; GKT yöntemi daha büyük boyutlu kesitler vermektedir. Birleşim elemanları açısından GKT yönteminde elemanlar daha büyük kesit etkileri altında kaldıklarından dolayı fazla sayıda birleşim elemanı çıkmasının sonucuna varılmıştır. YDKT hesap yönteminin daha da yaygınlaştırılmasıyla çelik maliyetinin düşürülmesi sonucu çelik kullanımında artış olacağını vurgulamıştır (Yıldız, 2018).

Erdoğan Keskin ve K. Burak Bozdoğan yaptığı çalışmada; TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri Kırklareli için bir örnekle karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Çalışmada TBDY-2018 kullanılarak Kırklareli şehir merkezinde yer alan iki ayrı zemin sınıfı için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları hesaplanmıştır. Bu spektrumlar DBYBHY-2007’de bulunan Elastik Tasarım Spektrumlarıyla mukayese edilmiştir. Çalışmanın son kısmında Kırklareli için dört katlı yapının deprem analizini farklı zemin sınıfları seçerek gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak; DBYBHY-2007’e göre depremin zeminle ilişkisi ve tehlikesi yüzeysel olarak göz önüne alınıyordu. Sismik tehlike haritası TBDY-2018 ile birlikte yürürlüğe girmiş olup, bu sayede zemin etkisini hesaplamalarda daha gerçekçi olarak almaktadır. ZE ve Z4 zemin sınıflarına dikkat edildiğinde; yer değiştirme ve kuvvetlerde TBDY-2018’de önemli bir artış görülmektedir. Yeni yönetmeliğin deprem tehlikesini daha kapsamlı olarak ortaya koyduğu için bina kalitesinin artması beklenmektedir (Erdoğan, 2018).

Murat Öztürk yaptığı çalışmada; TBDY-2018 ve deprem tehlike haritasının İç Anadolu Bölgesinde yer alan dört il (Konya, Eskişehir, Kırşehir ve Kayseri) için değerlendirmesi yapılmış ve DBYBHY-2007 şartlarıyla kıyaslanmıştır. Öngörülen zemin ivmesinin Konya’da arttığı, Kırşehir ve çevresinde büyük oranda azaltıldığı görülmüştür. Tasarım spektrumları irdelendiğinde ise; Eskişehir, Kayseri ve Konya’da ZB zemin sınıfı için genellikle TDTH-2018’in 1996’daki haritadan daha düşük ivmeler verdiğini ifade etmiştir. Elde edilen spektrumların dört şehir için geçerli olduğu ve taban kesme kuvvetlerinin de 2 farklı periyot değeri için

hesaplanıldığı, farklı periyota sahip ve farklı bölgelerde yapılan yapılarda oranların artıp azalabileceği gözden kaçırılmamalıdır. Sonuç olarak TBDY-2018 köklü değişiklikler getirdiğini ifade etmiştir (Öztürk, 2018).

Ozan Hebun Sümeli yaptığı çalışmada, 10 katlı bir betonarme mevcut yapıyı zaman tanım alanında nonlinear analiz yöntemi ile incelemiştir. Binanın birinci modun katkısının düşük olmasından ve burulma düzensizliği bulunması sebebiyle statik itme yöntemi seçilememiştir. Değerlendirmeler TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'ye göre ayrı ayrı yapılarak, alınan sonuçların karşılaştırması yapılmıştır. TBDY-2018'i esas alan analiz sonuçları incelendiğinde, binaya gelen kesme kuvveti değerlerinde ve yapı periyodunda artış gözlemlenmiştir. TBDY-2018'e göre yapılan analizlerde kesitlerden hesaplanan birim şekil değiştirme taleplerinin DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre daha küçük olduğu görülmüştür. TBDY-2018'e göre yapılan hesap yönteminde, beton için hasar sınırı değerlerinin, enine donatıların kısmi olarak da olsa sargı etkisinin dikkate alınması sebebiyle arttığı görülmüştür. TBDY-2018'in esaslarına göre yapılan analizlerde yapıda daha büyük kesme kuvvetleri ve yer değiştirmelerin oluşmasına karşın elemanlarda daha az hasarın oluştuğunu ifade etmiştir (Sümeli, 2017).

BÖLÜM 3. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBDY-2018) ESASLARI

3.1. Amaç ve Kapsam

Bu yönetmeliğin amacı; yeni yapılacak olan bütün özel ve resmi yapıların, bina türü yapıların bir kısmının veya tamamının deprem etkisi altında yapımı ve tasarımıyla mevcutta olan yapıların deprem etkisi altındaki performanslarının güçlendirilmesi ve değerlendirilmesi için minimum ve gerekli şartları açıklamaktır. Bu yönetmelikte tanımlanan kurallar; deprem etkisi altında önüretimli ve yerinde dökme betonarme, hafif çelik, çelik, yığma ve ahşap malzemelerinden yapılan binaların, yüksek binaların ve yalıtımlı binaların tasarımı için uygulanır. Binalar ve bina türü yapıların dışında kalan ve binalardan farklı hesap ve güvenlik şartlarına göre projelendirilecek yapılar TBDY-2018'in kapsamı dışında kalmaktadır. Bu yapılar ise; liman, baraj, kıyı ve köprü yapıları, enerji nakil hatları, tüneller, boru hatları, doğal gaz depolama ve nükleer tesisleri gibi yapılar ve tamamen yer altında kalan yapılar bu kapsamın içindedir. Bunun yanı sıra, kültürel ve tarihi değeri olan anıtların ve tescilli yapıların deprem etkisi altında güçlendirilmesi ve değerlendirilmesi de TBDY-2018'in kapsamı dışındadır. Yeni Yönetmelikte bina tasarımında ve yüklerinin hesabında kullanılacak hesap yöntemlerinde önemli derecede değişiklikler meydana gelmiştir. Tez çalışmasında kullanılan yapı sistemlerinin deprem hesabı ve modellemesi TBDY-2018'e göre gerçekleştiği için burada yönetmeliğin ilgili bölümlerinde verilen minimum şartlar, esaslar, gerekli formüller ile çelik yapıların esaslarından bahsedilecektir.

3.2. Uygun Tasarım için Genel Esaslar

Bina taşıyıcı sistemi düzenlerken aşağıda bulunan maddelere uyulması gerekmekte olup bu genel kuralları gözönünde bulundurarak tasarım ve modelleme yapılmalıdır.

Ayrıca taşıyıcı sistemin düzenlenmesini yaparken düşeyde ve planda mümkün mertebede düzensiz taşıyıcı sistemlerden kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistemin düzenlenmesinde uyulması gereken maddeler ise;

- Taşıyıcı sistemin basitliği ve sadeliği
- Taşıyıcı sistemin simetrik ve düzenli olarak düzenlenmesi
- Taşıyıcı sistemde hiperstatiklik özelliğinin sağlanması
- Taşıyıcı sistemde yeterli rijitlik ve dayanım
- Taşıyıcı sistemde yeterli süneklik
- Katlarda ve geçiş katlarda yeterli döşeme dayanımı ve rijitliği

Ayrıca çelik binaların ve diğer çelik yapıların tasarımını yaparken kaliteli ve standartlara uygun yapısal çeliğin seçilmesi de unutulmamalıdır.

3.3. TBDY-2018'e Göre Tasarım Aşamaları

TBDY-2018 ve ÇYTHEY-2016 yönetmeliklere göre analiz ve tasarım aşamaları aşağıda özetlenmiştir.

- Yapı bilgisi
- Yük analizi
- Kar yüklerinin belirlenmesi
- Rüzgâr yüklerinin belirlenmesi
- Deprem yüklerinin belirlenmesi
- Sistem analizi
- Seçilen elemanların YDKT ve GKT için en elverişsiz yük birleşimleri altında kontrolü

Yukarıda verilen tasarım aşamalardan; yapı bilgisi, kar yükü ve rüzgâr yükünün hesaplanmasından tezin bir sonraki analiz bölümünde detaylı bahsedilmiştir. Bu bölümde ise deprem yüklerinin hesaplanması ve sistem analizi için TBDY-2018 esasları anlatılmıştır.

3.4. Deprem Yükünün Belirlenmesinde Kullanılan Parametreler

3.4.1. TBDY-2018’de tanımlanan deprem yer hareketi düzeyleri (DYHD)

TBDY-2018 ve Türkiye Deprem Tehlike Haritaları 2018 (TDTH-2018)’de dört ayrı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

Tablo 3.1. Yerel Zemin Sınıfları (TBDY-2018)

Deprem yer hareketi	50 yılda aşılma olasılığı	Tekrarlanma periyodu (yıl)	Görülme sıklığı
DD-1	%2	2475	Çok seyrek
DD-2	%10	475	Seyrek
DD-3	%50	72	Sık
DD-4	%68	43	Çok sık

3.4.2. Deprem spektrumlarının belirlenmesi

TBDY-2018’de deprem yer hareketi spektrumlarını “belirli bir deprem yer hareketi düzeyi baz alınarak %5 sönüm oranı için, yerel zemin etki katsayılarına ve harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak standart biçimde veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleriyle tanımlanmaktadır” şeklinde açıklamıştır.

3.4.3. Harita spektral ivme katsayıları (HSİK)

TBDY-2018’de deprem tehlike haritaları “deprem yer hareketi düzeylerinde tanımlanan dört ayrı deprem yer hareketi düzeyi için; iki spektral ivme değerini spektral ivme haritaları olarak, kısa periyod bölgesi ve 1,0 saniye periyod bölgesi” şeklinde tanımlamıştır. Boyutsuz olarak verilen harita spektral ivme katsayıları altta yer almıştır.

- S_s : Kısa periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı
- S_1 : 1,0 saniye periyod için harita spektral ivme katsayısı

3.4.4. Tasarım spektral ivme katsayıları (TSİK)

TSİK veya S_{D1} ve S_{DS} , harita spektral ivme katsayıları S_1 ve S_s 'e bağlı olarak alttaki gibi tanımlanır.

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 \quad (3.2)$$

Burada; S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayıları, S_s ve S_1 harita spektral ivme katsayılarını ve F_s ve F_1 ise yerel zemin etki katsayılarını ifade etmektedir.

3.4.5. Yerel zemin etki katsayıları (YZEK)

YZEK veya F_s ve F_1 , yerel zemin sınıflarına bağlı olmaktadır. Tablolarda bulunan harita spektral ivme katsayılarının ara değerlerinin hesaplanması için lineer enterpolasyon uygulanabilir. ZF yerel zemin sınıfı kapsamındaki zeminler için sahaya özel zemin davranış değerlendirmeleri ve analizleri TBDY-2018 bölüm 16.5'e göre yapılacaktır.

Tablo 0.1. Kısa Periyot Bölgesi için YZEK (TBDY-2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa Periyot Bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_1 \leq 0.25$	$S_1 = 0.50$	$S_1 = 0.75$	$S_1 = 1.00$	$S_1 = 1.25$	$S_1 \geq 1.50$
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 gerekecektir.					

Tablo 0.2. 1.0 Saniye Periyot için YZEK (TBDY-2018)

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

3.4.6. Yatay elastik tasarım spektrumu

Yatay elastik tasarım ivme spektrumu herhangi bir DYHD için, doğal titreşim periyodu T_p ve $S_{ae}(T)$ yatay elastik tasarım spektral ivmelerine göre yerçekimi ivmesi $[g]$ cinsinden altta verilen denklemlerle tanımlanmıştır.

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.3)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.4)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{(S_{D1})}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.5)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{(S_{D1} T_L)}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.6)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

Burada;

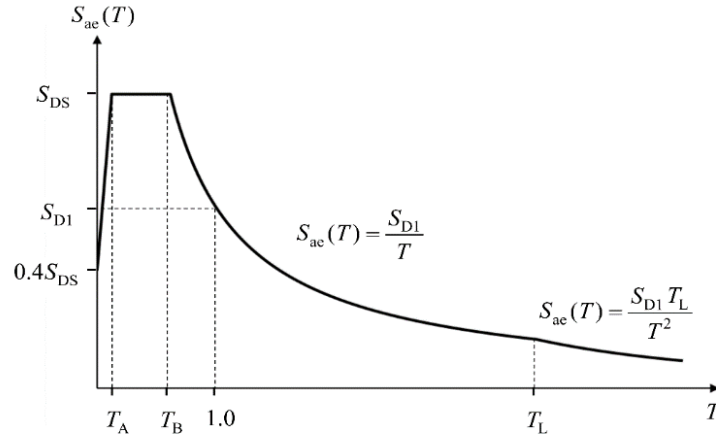
$S_{ae}(T)$: Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri

T_A ve T_B : Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları

T : Doğal titreşim periyodu

T_L : Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6$ s

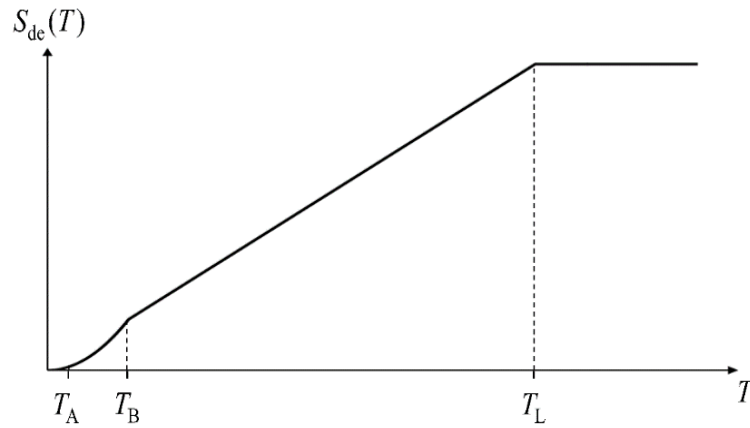
g : Yerçekimi



Şekil 0.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Grafiği (TBDY-2018)

Yatay elastik tasarım yerdeğiştirmesi $S_{de}(T)$ ise, doğal titreşim periyoduna T_p ve yatay elastik tasarım spektral ivmelerine göre metre [m] cinsinden altta bulunan bağlantıyla elde edilir.

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (3.8)$$



Şekil 0.2. Yatay Elastik Tasarım Spektral Yer değiştirmeleri Grafiği (TBDY-2018)

3.4.7. Düşey elastik tasarım spektrumu

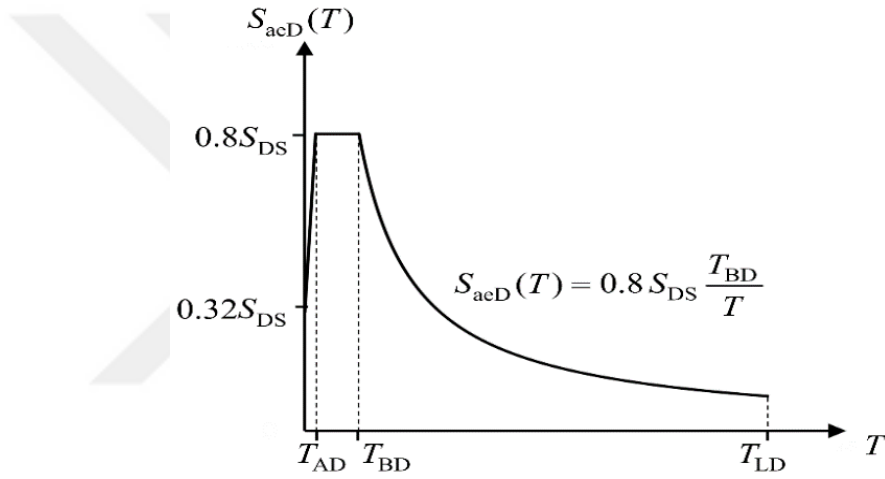
Düşey elastik tasarım ivme spektrumu $S_{aeD}(T)$, doğal titreşim periyoduna ve yatay deprem yer hareketi için verilen kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına göre yerçekimi ivmesi [g] cinsinden altta bulunan denklemlerden elde edilir.

$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (3.9)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (3.10)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (3.11)$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3}; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3}; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (3.12)$$



Şekil 0.3. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu Grafiği (TBDY-2018)

Burada;

$S_{aeD}(T)$: Düşey elastik tasarım spektral ivmeleri

T_{AD} ve T_{BD} : Düşey spektrum köşe periyotları

T_{LD} : Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu

3.4.8. Bina yükseklik sınıfı (BYS)

Bina yükseklik sınıfının tayin edilmesi için, bina kullanım sınıfına bağlı olan bina önem katsayısı belirlenir. Daha sonra BKS ve DD-2 deprem düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak DTS belirlenir. Binalar, yükseklikleri

bakımından 8 adet Bina Yükseklik Sınıfına ayrılmıştır. Bu sınıflara giren binalar deprem tasarım sınıfları ve yükseklik aralıklarına bağlıdır. TBDY-2018’de tanımlanan I, BKS, DTS ve BYS tabloları aşağıda özet olarak verilmiştir.

Tablo 0.3. Bina Önem Katsayıları ve Bina Kullanım Sınıfları (TBDY-2018)

BKS	Bina Kullanım Amacı	(I)
BKS = 1	Tehlikeli madde içeren binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve deprem sonrası kullanımı gereken binalar: a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (İtfaiye bina ve tesisleri, dispanserler, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, hastaneler, sağlık ocakları, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, ilk yardım ve afet planlama istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları) b) Cezaevleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri vb. c) Müzeler d) Parlayıcı, patlayıcı, Toksik vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Sinema, Alışveriş merkezleri, tiyatro, spor tesisleri, ibadethaneler, konser salonları vb. Diğer binalar	1.2
BKS = 3	BKS=1 ve BKS=2 tanımlarına girmeyen diğer binalar (Oteller, konutlar, bina türü endüstri yapıları, işyerleri vb.)	1.0

Tablo 0.4. TBDY-2018 Deprem Tasarım Sınıfları DTS (TBDY-2018)

DD-2 DYHD’inde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{SD})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{SD} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{SD} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{SD} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{SD}$	DTS = 1a	DTS = 1

Tablo 0.5. DTS ve BYS’ye Bağlı Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları (TBDY-2018)

BYS	DTS ve BYS’ye Bağlı 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	$10,5 < H_N \leq 17,5$	$7,5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10,5$	$10,5 < H_N \leq 17,5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

3.5. Düzensiz Binalar

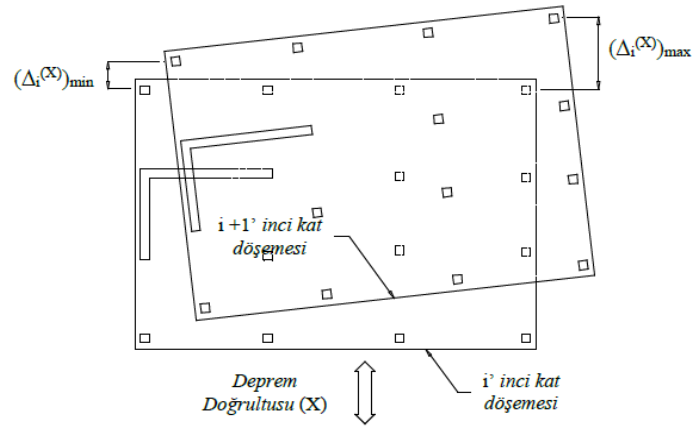
Düzensiz binaların depreme karşı gösterdikleri olumsuz davranışlar sebebiyle yapımından ve tasarımından uzak durulması gereken düzensiz binaların açıklamasıyla ilgili olarak, düşey doğrultuda ve planda düzensizlik oluşturan durumlar Tablo 3.7.'de verilmiştir.

Tablo 0.6. Düzensiz Binalar (TBDY-2018)

Düzensizlik Türü	Açıklama	Tanım
A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI		
A1	Burulma Düzensizliği	Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını tanımlayan Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu. $[\eta_{bi} = (\Delta i^{(x)})_{\max} / (\Delta i^{(x)})_{\text{ort}} > 1.2]$. Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm 5\%$ ek dışmerkezlik etkileri de dikkate alınarak, TBDY-2018 4.7'ye göre yapılacaktır.
A2	Döşeme Süreksizlikleri	Herhangi bir kattaki döşemede; I – Asansör boşlukları ve merdiven dâhil, boşluk alanların toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına emniyetle aktarılabilmesini zorlaştıran yerel döşeme boşluklarının varlığı durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu
A3	Planda Çıkıntılar Bulunması	Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu.
B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI		
B1	Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_o)_i / (\sum A_o)_{i+1} < 0.80]$ Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı: $(\sum A_o)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$
B2	Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesiyle açıklanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta i^{(x)} / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta i + 1^{(x)} / h_i + 1)_{\text{ort}} > 2.0]$

Tablo 3.7. (Devamı)

Düzensizlik Türü	Açıklama	Tanım
B3	Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (perde veya kolonların) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu.



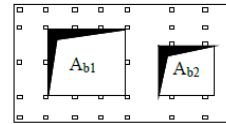
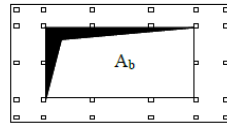
Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i^{(X)})_{ort} = 1/2 [(\Delta_i^{(X)})_{max} + (\Delta_i^{(X)})_{min}]$$

$$\text{Burulma düzensizliği katsayısı: } \eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort}$$

$$\text{Burulma düzensizliği durumu: } \eta_{bi} > 1.2$$

Şekil 0.4. A1 Türü Düzensizlik (a) (TBDY-2018)



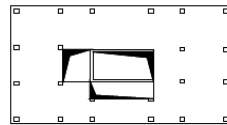
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

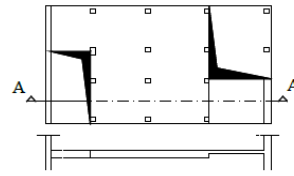
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



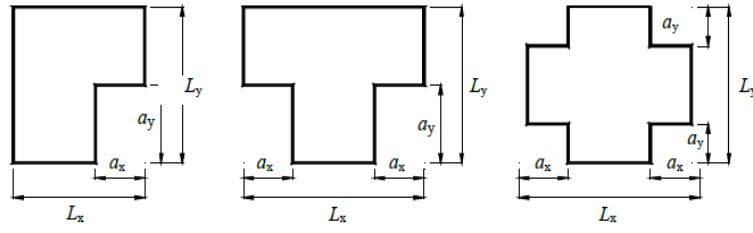
A2 türü düzensizlik durumu – II



Kesit A-A

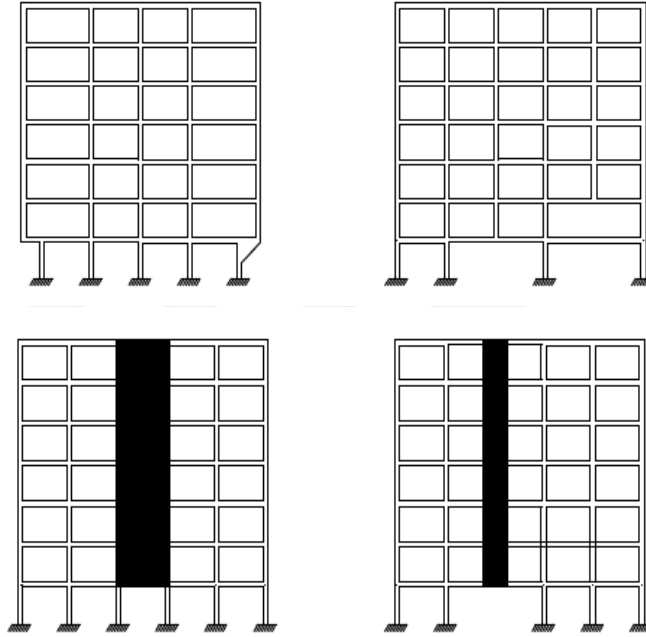
A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 0.5. A2 Türü Düzensizlik (b) (TBDY-2018)



A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 0.6. A3 Türü Düzensizlik (c) (TBDY-2018)



Şekil 0.7. B3 Türü Düzensizlik (d) (TBDY-2018)

3.6. Bina Taşıyıcı Sistem Tasarım Yöntemleri

TBDY-2018'e göre deprem etkisinde maruz yapıların taşıyıcı sistem tasarımında, şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞDGT) ve dayanıma göre tasarım (DGT) olmak üzere iki ayrı tasarım yöntemi bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında analiz edilen yapı modeli için yüklerin hesabında DGT yaklaşımı kullanılmıştır. DGT'da, taşıyıcı sistem süneklik kapasitesine denk gelen azaltılmış deprem yükleri tanımlayıp bu deprem yükleri etkisi altında lineer deprem hesabı gerçekleştirilecektir. Yapı elemanların iç kuvvetleri, gerektiğinde dayanım fazlalığı da göz önünde bulundurarak, diğer yüklerden meydana gelen iç kuvvetler ile birleştirilerek dayanım

taleplerini hesaplayıp eleman iç dayanım kapasiteleriyle kıyaslanacaktır. Eğer dayanım talepleri, dayanım kapasitelerinin altında ise ve görelî kat ötelemelerin izin verilen sınırı geçmediği zaman tasarım tamamlanmış olur. Aksi takdirde eleman kesitleri değiştirilerek hesap tekrardan yapılacaktır. Bina tasarımında kullanılan bazı parametreler aşağıda özet olarak verilmiştir.

3.6.1. Deprem yükü azaltma katsayısı (DYAK)

DGT’da taşıma gücü yöntemiyle kesit dizaynı için, taşıyıcı sistem türlerinde her biri için alınan belirli sabit bir süneklik kapasitesine denk gelen DYAK $R_a(T)$ altta bulunan denklemde olduğu gibi tanımlanır;

$$R_a = \frac{f_e(T)}{f_d(\mu_k, T)} \quad (3.13)$$

veya taşıyıcı sistem davranış katsayısı denkleminde yararlanarak aşağıdaki gibi özetlenebilir.

$$R_a = DR_y(\mu_k, T) \quad (3.14)$$

Sonuç olarak uygulamada $R_a(T)$ aşağıdaki denklemlerle elde edilerek kullanılır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (3.15)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (3.16)$$

D ve R dayanım fazlalığı katsayısı ile taşıyıcı sistem davranış katsayısını, T_B spektrum köşe periyodunu, I bina önem katsayısını ve T sistemin doğal titreşim periyodunu göstermektedir.

3.6.2. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (TSDK)

R veya (TSDK); D dayanım fazlalığı katsayısı, I ve öngörülen süneklik kapasitesi μ_k 'ye bağlı olarak aşağıdaki denklem ile tanımlanır.

$$\frac{R}{I} = \mu_K D \quad (3.17)$$

3.6.3. Taşıyıcı sisteme göre D ve R katsayıları

Ön üretimli ve yerinde dökme betonarme, hafif çelik, çelik, ahşap, yığma malzemelerinden yapılan binaların taşıyıcı sistemleri ve bunların çeşitli süneklik düzeyleri için D dayanım fazlalığı katsayısı ve R Tablo 3.8.'de verilmiştir.

Tablo 0.7. Bina Taşıyıcı Sistemleri için D, R ve İzin Verilen BYS (TBDY-2018)

Bina Taşıyıcı Sistem	R	D	BYS
C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Olan Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
C12. Deprem etkilerinin tamamının burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı veya süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	2,5	$BYS \geq 2$
C13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
C14. Deprem etkilerinin süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle birlikte karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 2$
C2. Süneklik Düzeyi Karma Olan Taşıyıcı Sistemler			
C21. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle birlikte karşılandığı binalar	6	2,5	$BYS \geq 4$
C22. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle birlikte karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
C3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Olan Taşıyıcı Sistemler			
C31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	4	2,5	$BYS \geq 7$
C32. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	3	2	$BYS = 8$
C33. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 7$

3.7. Deprem Etkisinin Tanımlanması

3.7.1. Yatay deprem etkisi altında azaltılmış tasarım ivme spektrumu

Azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$, yatay doğrultuda azaltılmış tasarım ivme spektrumu ve deprem yükü azaltma katsayısına göre altta bulunan denklem ile tanımlanmıştır.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.18)$$

3.7.2. Yatayda birbirine dik doğrultulardaki deprem etkilerinin birleştirilmesi

Deprem hesabının eşdeğer deprem yükü yöntemi ile lineer deprem hesabı veya mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabında tanımlanan yöntemlerden biriyle yapıldığı zaman, yatayda birbirine dik (x) ve (y) doğrultularında belirlenen depremlerden oluşan deprem etkileri aşağıdaki denklemde tanımlandığı şekilde birleştirilecektir.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \quad (3.19)$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (3.20)$$

Burada; E_d^X ve E_d^Y herhangi bir eleman kesitinde birbirine dik (X) ve (Y) doğrultulardaki deprem etkilerini, $E_d^{(H)}$ ise doğrultu birleştirilmesi uygulanmış tasarıma özgü yatay deprem etkisini tanımlamaktadır.

3.7.3. Düşey deprem etkisi

DTS = 1, DTS = 1a, DTS = 2 ve DTS = 2a olarak sınıflandırılan binalarda düşey deprem hesabı, bu elemanların yerel düşey titreşim modları baz alınarak sadece bu elemanlar için düşey elastik ivme spektrumuna göre mod birleştirme hesap yöntemi uygulanacaktır. $E_d^{(Z)}$ 'in bu biçimde hesaplanmasında bütün taşıyıcı sistemler için $D =$

1 ve $R/I = 1$ alınacaktır. Üstte tanımlanan elemanların dışındaki taşıyıcı sistem elemanlarında düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$, özel bir hesap yapılmadıkça, aşağıdaki denklem ile takribi olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} \approx \left(\frac{2}{3}\right) S_{DS} G \quad (3.21)$$

3.7.4. Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının dizaynında göz önünde bulundurulacak, deprem etkisini kapsayan yük birleşimleri altta bulunan denklemlerle verilmiştir.

$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (3.22)$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)} \quad (3.23)$$

Burada verilen; S kar yükünü, H yatay zemin itkisini ve Q ise hareketli yükünü göstermektedir.

3.8. Kütlelerin Modellenmesi

Taşıyıcı sistem eleman kütlelerin modellenmesinde aşağıdaki tabloda verilen hareketli yük kütle katılım katsayısı (n) göz önüne bulundurarak hesap yapılmalıdır.

Tablo 0.8. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı (TBDY-2018)

Bina Kullanım Amacı	n
Antrepo, Depo ve benzeri	0,80
Mağaza, lokanta, ibadethane, konser salonu, sinema, tiyatro, spor tesisi, okul, öğrenci yurdu ve benzeri	0,60
Otopark, hastane, işyeri, otel, konut ve benzeri	0,30

3.9. Lineer Hesap Yöntemleri

Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımında kullanılacak olan lineer hesap yöntemleridir. Tez çalışması kapsamında eşdeğer deprem yükü ve modal hesap yöntemlerinden olan mod birleştirme yöntemi kullanılacaktır.

3.9.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle lineer analiz

Dayanıma Göre Tasarım kapsamına giren Lineer hesap yöntemleri daha önceki bölümlerde de bahsettiğimiz gibi ikiye ayrılmaktadır bunlar; eşdeğer deprem yükü yaklaşımı ve modal hesap yöntemleridir. Modal hesap yöntemleri ise kendi içerisinde mod toplama ve mod birleştirme olarak iki yöneme ayrılmaktadır. Modal hesap yöntemlerin her ikisi de yüksek binaların sınıfına giren binalar hariç, diğer bütün binaların deprem hesabında kullanılmaktadır. Fakat eşdeğer deprem yükü hesap yönteminin uygulanabileceği binalar altta verilen tabloda özetlemiştir.

Tablo 0.9. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar (TBDY-2018)

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

EDYY, birbirine dik (X) ve (Y) deprem doğrultularında binaya etkiyen depremler için ayrı olarak uygulanmaktadır. Aşağıdaki denklemler sadece (X) deprem doğrultusu için verilmiştir. Hesaplarda bina yüksekliği, bina tabanı veya temel sıfır kotundan hesaba katılmaktadır.

3.9.2. Toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı

Dikkate alınacak (X) deprem doğrultusunda, tüm binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü $V_{tE}(x)$, aşağıda verilen denklem ile ifade etmektedir.

$$V_{tE}(x) = m_t S_{aR}(T_p) \geq 0,04m_t I S_{DS} g \quad (3.25)$$

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.26)$$

Burada; $S_{aR}(T_p)$, binanın hâkim doğal titreşim periyodu $T_p(X)$ dikkate alınarak hesaplanan azaltılmış tasarım spektral ivmesini, S_{DS} 'ini, m_t binanın toplam kütleini, I bina önem katsayısını, g yer çekim ivmesini ve m_i i'inci kat döşemesinin toplam kütleini göstermektedir.

3.9.3. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesaplanması

Toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak aşağıda verilen denklemle hesaplanmaktadır.

$$V_{tE}(x) = \Delta F_{NE}(x) + \sum_{i=1}^N F_{iE}(x) \quad (3.27)$$

Burada $\Delta F_{NE}(x)$, binanın N'inci katın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükün değeri aşağıda verilen denklemle hesaplanmaktadır.

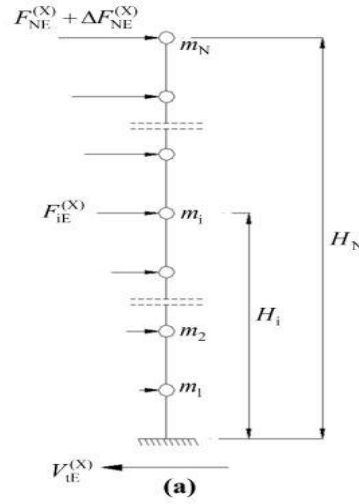
$$\Delta F_{NE}(x) = 0.0075 N V_{tE}(x) \quad (3.28)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün $\Delta F_{NE}(x)$ dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına aşağıda verilen denklemle dağıtılacaktır.

$$\Delta F_{iE}(x) = (V_{tE}(x) - \Delta F_{NE}(x)) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (3.29)$$

Kat döşemelerinin rijit diyafram şeklinde modellenmesinde yukarıda verilen EDYY, i'inci kattaki ana düğüm noktasına dikkate alınan deprem doğrultusunda etki ettirilecektir. Deprem yüklerinden binanın tabanında meydana gelen toplam devrilme momenti aşağıda verilen denklemle hesaplanmaktadır.

$$M_o(x) = \sum_{i=1}^N F_{iE}(x) H_i \quad (3.30)$$



Şekil 0.8. Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı (TBDY-2018)

3.9.4. Binanın hâkim doğal titreşim periyotlarının hesaplanması

EDYY'nin uygulandığı bütün binalarda dikkate alınan (X) deprem doğrultusunda binanın hâkim doğal titreşim periyodu $T_p(x)$, daha kesin bir hesap yapılmadığı takdirde aşağıda verilen denklemle hesaplanmaktadır.

$$T_p(x) = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d f_i(x)^2}{\sum_{i=1}^N F f_i(x) d f_i(x)} \right)^{1/2} \quad (3.31)$$

Buna ek olarak Ampirik hâkim doğal titreşim periyodu aşağıda verilen denklemle hesaplanmaktadır.

$$T_{PA} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.32)$$

Taşıyıcı sistemi çaprazlı çelik çerçevelerden veya çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0,08$ alınacaktır.

3.9.5. Mod birleştirme hesap yöntemi (MBY)

Modal Hesap Yöntemi, deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin modal davranışını baz alan hesap yöntemlerindendir. Bu yöntemler, deprem spektrumuyla hesaba dayalı Mod Birleştirme Yöntemi (MBY) ve zaman tanım alanında hesaba dayalı Mod Toplama Yöntemi (MTY) olarak ikiye ayrılmaktadır. Modal hesap yöntemlerinden olan Mod Birleştirme yöntemi tez analizlerinde kullanıldığı için sadece bu yöntem açıklanacaktır. MHY’de, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, (X) ve (Y) deprem doğrultusunda her bir mod için hesaplanan V_t , modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95’inden daha az olmaması şartına göre belirlenmektedir. Fakat katkısı %3’ten büyük olan bütün modlar dikkate alınacaktır. Ayrıca her iki doğrultu için hesaplanan yeterli mod sayıların büyüğü üç boyutlu hesapta gözönüne alınmaktadır.

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} 0.95m_t; \sum_{n=1}^{YM} m_{tyn}^{(Y)} 0.95m_t \quad (3.34)$$

Burada $m_{txn}^{(X)}$ ve $m_{tyn}^{(Y)}$ sırası ile, (X) veya (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında yine aynı doğrultuda n’inci titreşim moduna ait taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerini m_t ise binanın toplam kütlelerini göstermektedir. MBY’de, tanımlanan bir deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak göz önünde bulunduran her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri MHY ile hesaplanmaktadır. Yeterli sayıda titreşim modu için hesaplanan, fakat eşzamanlı olmayan en büyük modal davranış büyüklükleri daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek en büyük davranış büyüklüklerinin yaklaşık değerleri elde edilmektedir. Mod Birleştirme Yönteminde, (X) deprem doğrultusu için en büyük modal davranış büyüklüğü $r_{n,max}^{(X)}$, aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$r_{n,max}^{(X)} = \Gamma_n^{(X)} S_{aR}(T_n) \quad (3.35)$$

Burada $\Gamma_n^{(X)}$ tipik birim modal davranış büyüklüğünü, $S_{aR}(T_n)$ ise tipik n’inci T_n için azaltılmış tasarım spektral ivmesini tanımlanmaktadır.

Yerdeğiştirme, görelî kat ötelemesi ve iç kuvvet bileşenleri gibi davranış büyüklüklerinin her biri için ayrı olarak uygulanarak, her bir titreşim modu için eşzamanlı olmayan en büyük modal katkılar, aşağıdaki gibi istatîksel olarak birleştirilmiştir. Tam Karesel Birleştirme (TKB) Kuralı aşağıdaki denklem ile verilmiştir.

$$r_{max}^{(X)} = \sqrt{\sum_{m=1}^{YM} \sum_{n=1}^{YM} r_{m,max}^{(X)} \rho_{mn} r_{n,max}^{(X)}} \quad (3.36)$$

Burada $r_{m,max}^{(X)}$ ve $r_{n,max}^{(X)}$, tipik m'inci ve n'inci titreşim modları için en büyük modal davranış büyüklüklerini, ρ_{mn} ise bu modlara ait çapraz korelasyon katsayısını göstermektedir. Yukarıdaki denklemde yer alan çapraz korelasyon katsayısı altta bulunan denklem ile hesaplanmaktadır.

$$\rho_{mn} = \frac{8\sqrt{\xi_m \xi_n} (\beta_{mn} \xi_n + \xi_m) \beta_{mn}^{3/2}}{(1 - \beta_{mn}^2)^2 + 4\xi_m \xi_n \beta_{mn} (1 + \beta_{mn}^2) + 4(\xi_m^2 + \xi_n^2) \beta_{mn}^2} \quad \beta_{mn} = \frac{T_m}{T_n} \quad (3.37)$$

Burada β_{mn} , dikkate alınan m'inci ve n'inci T_p 'lerinin oranını ξ_m ve ξ_n ise aynı modlara ait olan ve birbirinden farklı alınabilen modal sönüm oranlarını tanımlamaktadır. Modal sönüm oranlarının tüm modlarda aynı olduğu varsayılarak çapraz korelasyon katsayısı da aşağıda denklemde verildiği üzere sadeleştirilebilir.

$$\rho_{mn} = \frac{8\xi^2 (1 + \beta_{mn}) \beta_{mn}^{3/2}}{(1 - \beta_{mn}^2) + 4\xi^2 \beta_{mn} (1 + \beta_{mn}^2)} ; (\xi_m = \xi_n = \xi) \quad (3.38)$$

Gözönüne alınan tüm modlar için $\beta_{mn} < 0,8$ koşulunun sağlanması durumunda, denklem 3.27'de verilen birleştirme kuralı yerine aşağıda tanımlanan Karelerin Toplamının Karekökü (KTKK) Kuralı kullanılabilir.

$$r_{max}^{(X)} = \sqrt{\sum_{n=1}^{YM} (r_{n,max}^{(X)})^2} \quad (3.39)$$

Bu birleştirme kuralı, denklem 3.27’de $\rho_{mn} = 0(m \neq n)$ ve $\rho_{mn} = 1(m = n)$ alınması özel durumuna karşı gelmektedir.

Ayrıca en büyük taban devrilme momenti $M_{axn,max}^{(X)}$ aşağıdaki denklemler ile hesaplanır.

$$V_{txn,max}^{(X)} = \sum_{i=1}^N f_{ixn,max}^{(X)} = m_{txn}^{(X)} S_{aR}(T_n) ; M_{axn,max}^{(X)} = \sum_{i=1}^N f_{ixn,max}^{(X)} H_i \quad (3.40)$$

Bu büyüklüklere ait mod katkılarının birleştirilmesi de yukarıdakinin aynısı yapılacaktır.

3.9.5.1. Mod birleştirme yöntemi kontrolü

Binanın matematik modelinde hesaplanan T_p ’in deprem hesabında dikkate alınacak en büyük değeri, aşağıda verilen T_{PA} periyodunun 1,4 katından daha fazla olamaz.

$$T_{PA} = CtH^{3/4} \quad (3.41)$$

TBDY-2018’e göre herhangi bir doğrultusundaki MBY ile hesaplanan toplam deprem yükü, EDYY ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükünden (taban kesme kuvveti) az olduğunda, β_{tE} , eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısıyla çarpılacaktır.

$$\beta_{tE} = \frac{\gamma_E V_{tE}}{V_t} \quad (3.42)$$

TBDY-2018’de açıklanan düzensizliklerden hiçbirinin binada bulunmadığında, $\gamma_E = 0,8$ olarak alınır. Burada V_{tE} Toplam EDYY ve V_t MBY ile hesaplanan (taban kesme kuvveti)’dir.

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T_p) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (3.43)$$

3.10. Göreli Kat Ötelemeleri Hesabı ve Kontrolü

Ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkıyla açıklanan azaltılmış göreli kat ötelemesi $\Delta_i^{(X)}$, herhangi bir perde veya kolon için (x) deprem doğrultusunda altta bulunan denklemlerle elde edilmektedir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (3.44)$$

Binanın i'inci katındaki perde veya kolonlar için etkin göreli kat ötelemesi olarak açıklanan $\delta_i^{(X)}$, x deprem doğrultusunda altta bulunan denklem ile elde edilmektedir.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (3.45)$$

Binanın herhangi bir i'inci katındaki perde veya kolonlarda denklem 3.45 ile belirlenen $\delta_i^{(X)}$ etkin göreli kat ötelemelerinin, her bir deprem doğrultusu için, kat içindeki en büyük değeri $\delta_{i,max}^{(X)}$, altta tanımlanan şartları sağlayacaktır. Cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına ve gevrek malzemeden yapılmış boşluksuz/boşluklu dolgu duvarlarının, aralarında herhangi bağlantı veya derz olmadan tamamen bitişik olması halinde:

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0,008 \quad (3.46)$$

3.11. İkinci Mertebe Etkileir

İkinci mertebe olarak tanımlanan $\theta_{Ili}^{(X)}$, her bir i'inci katta, (x) deprem doğrultusu için denklem 3.47 ile hesaplanacaktır.

$$\theta_{Ili}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i^{(X)} h_i} \quad (3.47)$$

Verilen denklemde $(\Delta_i^{(X)})_{ort}$, (x) deprem doğrultusu için i'inci kattaki perde veya kolonlarda hesaplanmış olan azaltılmış görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değerini tanımlar ve denklem 3.44'ye göre bulunmaktadır.

Bütün katlar için hesaplanacak olan ikinci mertebe gösterge değerlerinin maksimumu, $\theta_{II,i}^{(X)}$ 'ın denklem 3.48'de tanımlanan şartı sağlaması durumunda, tasarıma esas iç kuvvetlerin hesabında ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması gerekli görülmemiştir. Denklem 3.49'de verilen C_h taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışına göre tanımlandırılan bir katsayıyı göstermektedir. Çelik binalarda $C_h=1$ alınacak.

$$\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0,12 \frac{D}{C_h R} \quad (3.48)$$

Bütün katlar için hesaplama yapılan ikinci mertebe gösterge değerlerinin maksimumu $\theta_{II,i,max}^{(X)}$ 'ın denklem 3.42'de tanımlanan şartı sağlamaması durumunda, (x) deprem doğrultusunda bulunan bütün iç kuvvetler aşağıda verilen denklem 3.43'de tanımlanan ikinci mertebe büyütme katsayısı olarak gösterilen $\theta_{II}^{(X)}$, θ ile çarpılarak arttırılacaktır.

$$\beta_u^{(X)} = 0,88 + \frac{C_h R}{D} \theta_{II,max}^{(X)} \geq 1 \quad (3.49)$$

Denklem 3.42'de tanımlanan şartın sağlanamaması durumunda alternatif olarak, taşıyıcı sistemin dayanımı veya rijitliği arttırılarak deprem hesabı yeniden yapılabilir. Yukarıda gösterilen (x) deprem doğrultusu için gösterilen işlemler (y) deprem doğrultusuna da uygulanmaktadır.

BÖLÜM 4. ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN MODELLENMESİ VE ANALİZİ

4.1. Yapı Malzemesi Olarak Çeliğin Kullanılması

Demir ve çeliğin varlığı insanlık tarihinde çok eski çağlardan beri bilinmektedir. Çelik ilk başta sadece eşyaların ve silahların yapımında uzun süre kullanılmıştır. Lakin daha sonra çelik konstrüksiyon endüstrisine de girmeye başlamıştır. Çelik konstrüksiyonları ilk önce anıtsal yapıların taş duvarlarını birbirine bağlamak için gergi demir çubukları olarak kullanılmıştır. Daha sonra İngiltere’de köprü yapımında da kullanılmaya başlamıştır. Köprü yapımında kullanılan ilk malzeme ise fonttur. 19. Yüz yılın başında demirin elde edilme teknolojisinin gelişmesiyle haddeleme ile çelik profillerin yapımı başlanmış oldu. Delik açan preslerin keşfiyle perçinli birleşimler uygulanmaya başlandı ve böylelikle çelik hızlı bir şekilde konstrüksiyon malzemesi olarak piyasa giriş yaptı. 1920 yılından günümüze kadar olan zamanda büyük açıklıklı yapılar, kentlerde çok katlı yüksek yapılar ve çubuklardan oluşan konstrüksiyonlar yaygın olarak yapılmaya başlamıştır. Çelik, etkiyen yüklere karşı direnci ve mimari yönünden kullanışlılığı açısından yapım dünyasında büyük bir uygulama alanına sahiptir. Bunlardan birkaçı;

- Sanayi Yapıları
- Büyük Açıklıklı Sosyal Yapılar
- Köprüler ve Estakadolar
- Çelik Levha Konstrüksiyonları
- Kuleler ve Pilonlar
- Çok Katlı Yapıların Karkası
- Teleskop, Radyo Anteni ve Trampelen Konstrüksiyonları
- Kren ve Benzeri Hareketli Konstrüksiyonları
- Atom Elektrik Santral Yapıları (Eyyubov, 2015).

Çelik emniyetli, kısa sürede ve yılın her mevsimde inşa edilebilir olması ve geçirimsiz bir malzemenin olması yanında çekme gerilmesi de çok yüksektir. Çekme gerilmesinin enerji yutma kapasitesini artırmaktadır. Malzeme enerji yutma kapasitesi ne kadar yüksekse eleman enerji yutma kapasitesi de aynı oranda yüksek olur. Dolayısıyla eleman enerji yutma kapasitesi ne kadar yüksekse yapının enerji yutma kapasitesi veya sünekliği de yüksek olmaktadır (Eyyubov, 2015).

4.2. Yapı Malzemesi Olarak Çeliğin Avantajları ve Dezavantajları

Çelik konstrüksiyon malzemesi olarak kullanıldığı zaman avantajları ise şunlardır;

- Emniyetlidir. İzotrop ve Homojen cisim kabulüne çok uygun olduğu için kendisinden beklenen davranışı gösterir.
- Hafiftir. İnşaatta kullanılan ahşap, taş ve beton gibi malzemelerden daha hafiftir.
- Kısa ve her mevsimde inşa edilebilme özelliğine sahiptir. Zira konstrüksiyon parçaları iyi donanımlı fabrikalarda hazırlanıyor.
- Geçirimsizdir bir malzemedir. Emniyet gerilmesi yüksek olmasından yüksek yoğunluk değerine sahiptir. Bunun için gaz ve sıvı depolanmasında kullanılır.

Çelik konstrüksiyon malzemesi olarak kullanıldığı zaman, dezavantajları kısaca şunlardır.

- Yangına karşı zayıf olması: çelik 200 C° derece civarında çeliğin Elastisite modülü (E) azalmaya başlar, 600 C° derecede ise tamamen plastiklaşır.
- Korozyon: gazlar ile kirlenmiş ve nemli hava ortamında paslanmaya başlar.
- Ciddi ve hassa imalat gerektirir: yani işçilik maliyeti yüksektir ve montaj için imalat sahasında kalifiyeli elemen gerektirir.
- Patlama ve yangının birlikte karşı mukavemetinin olmaması (Eyyubov, 2015).

4.3. Yapı Tasarımında Çeliğin Esas Alınacak Özellikler

- Çelik konstrüksiyon malzemesi olarak kullanıldığı zaman, aşağıdaki özellikler esas alınmalıdır;
- Projelendirme esnasında yapılacak yapı kullanım amacına uygun projelendirilmelidir.
- Çelik diğer inşaat malzemelerine göre pahalı olmasından dolayı ekonomik kesitler seçilmelidir.
- Yapıda kullanılan çelik parçaların taşınması kolay olmalıdır.
- Çelik konstrüksiyonların ömrü uzun olmalıdır.
- Konstrüksiyonlarda mukavemeti yüksek kaliteli çelikler kullanarak maksimum verimi sağlayacak en kesit profillerini seçilmelidir (Eyyubov, 2015).

4.4. Çok Katlı Çelik Yapıların Analiz Yöntemleri

Analiz yöntemleri hem çelik yapılar için hem de betonarme yapılar için genel olarak aynı metotla yapılmaktadır. Fakat malzeme olarak çelik ve betonarme birbirinden farklı olduğu için dolayısıyla analiz prosedürlerinde ufak tefek değişiklikler vardır. Bina sistemlerinin hesaplanması için kullanılacak olan analiz prosedürleri yönetmeliklerce iki ana başlıkta altında açıklamaktadır.

1. Lineer (Doğrusal) yöntemler

- Lineer statik
- Lineer dinamik modal spektrum
- Zaman tanım alanında lineer dinamik

2. Lineer (Doğrusal) olmayan yöntemler

- Doğrusal olmayan statik (Pushover)
- Zaman tanım alanında lineer olmayan dinamik yöntemler (Üstün, 2019).

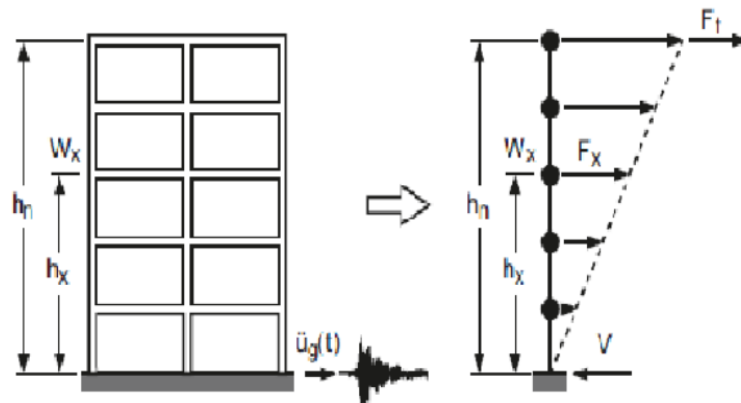
TBDY-2018’de en önemli bölümlerden biri, yeniden düzenlenen ve kapsamı artmış olan analiz yöntemleridir. TBDY-2018 uluslararası standartlara paralel olarak, analiz yöntemlerini benzer bir şekilde gruplamış, lineer ve lineer olmayan hesap esasları için ayrı bölümler oluşturmuştur. Tasarım spektrumunun hesaplanmasındaki değişiklikler bütün analiz yöntemlerinde birtakım değişikliklerin oluşmasına sebep olmuştur.

4.5. Dayanıma Göre Tasarım (DGT)

Dayanımına göre tasarımın hesap esasları, lineer analiz yöntemlerine dayanmaktadır. Lineer hesap yaklaşımlarında hesaplar azaltılmış deprem kuvvetleri ile süneklik kapasitesine göre yapılmaktadır. Yaklaşımın en önemli noktası ise, sistemin lineer elastik sınır yükünden sonraki taşıma gücünden yararlanılamaz (Üstün, 2019).

4.5.1. Eşdeğer deprem yükü

Bu yaklaşım lineer statik yöntemi grubuna aittir. Eş değer deprem yükü yöntemi TBDY-2018’de tanımlanan yöntemler arasında çok sık kullanılan elastik hesap yöntemidir. Eşdeğer değer deprem yükü yönteminin uygulanması için bina yükseklik sınırı ve düzensizlik şartlarının yerine getirilmesi gerekmektedir. Ampirik formüller vasıtasıyla hesap yapılan deprem yönündeki doğal titreşim hâkim periyoduna göre deprem yükü hesaplanır (Üstün, 2019).



Şekil 4.1. Eşdeğer Deprem Yönteminde Yatay Sismik Yük Dağılımı (ÜSTÜN, 2019)

V: Taban kesme kuvveti

W_x : X'inci kattaki kütle

F_x : X'inci kattaki yatay kuvveti

H_x : X'inci kattaki yüksekliği

H_n : Bina Toplam yüksekliği

4.5.2. Mod birleştirme (response spectrum analiz)

Lineer dinamik modal spektrum yöntemleri grubuna girer. Daha önce yayınlanan yönetmeliklerde de en çok kullanılan temel yöntemlerden biridir. Mod birleştirme yöntemi hiçbir koşul aranmaksızın her türlü yapı için analiz yöntemi olarak seçilebilmektedir. Mod katkılarının birleştirilmesi sürecinde modlar arasındaki bir şarta bağlı olarak Karelerin Toplamının Karekökü (SRSS) veya her zaman Tam Karesel Birleştirme (CQC) kuralı kullanılabilmektedir. TBDY-2018'de hesaba katılacak yeterli mod sayısı kuralında önemli bir revize yapılmıştır. Daha önce yayınlanan yönetmelikte %90 olan değer %95'e yükseltilmiştir. Tez çalışması için kullanılan analiz yöntemi ve yapılacak değerlendirmelerde, hesap yöntemi olarak bu yöntem kullanılmıştır (Üstün, 2019).

4.5.3. Mod toplama (zaman tanım alanında lineer analiz)

TBDY-2018'de yeni bir konu başlığı olarak kullanıma sunulan, literatürde zaman tanım alanında lineer dinamik analiz olarak tanımlanan hesap yöntemidir. Bir deprem kaydının birbirine dik iki doğrultuda aynı anda etkiyen bileşenleri altında; görelî kat ötelemesi, iç kuvvet ve yerdeğiştirme bileşenlerinin bütün titreşim modlarına denk gelen katkılarının zamana bağlı olarak doğrudan toplanmasıyla yapılmaktadır. Zaman tanım alanında yapılan hesaplarda 11 kayıt kullanılıp, kayıtların doğrultuları değiştirilerek aynı deprem için ikinci hesap yapılarak toplam 22 analiz yapılmaktadır. Sonuç olarak 22 analizin en büyük mutlak aritmetik ortalaması elde edilmektedir (Üstün, 2019).

4.6. Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (SGDT)

Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım hesap esasları lineer olmayan analiz yöntemlerine dayanmaktadır. Yüksek binalar, deprem yalıtımlı binaların altyapı ve yalıtım sistemleri ve tam ard-germeli önüretimli binalar gibi ileri performans hedefi gerektiren veya yapı sahibinin isteği gibi özel durumlarda tasarım aşamasında da bu yöntem kullanılacaktır. Lineer olmayan hesap yöntemlerinin uygulanabilmesi için bir ön tasarıma veya var olan bir binaya ihtiyaç vardır. Davranışın lineer olmayışı teorisi üç şekilde ortaya çıkabilir; geometri değişiklikleri açısından nonlinear teorisi, malzemenin lineer elastik olmayan davranışı ve iki davranışın bir arada görülmesi. İkinci mertebe etkileri olarak tanımlandırılan geometri değişimleri bakımından lineer olmayan davranış, TBDY-2018’de belirtildiği üzere hesaplarda dikkate alınacaktır. Malzeme modellerinde ise taşıyıcı sistemlere uygun önerilerde bulunmuştur (Üstün, 2019).

4.6.1. İtme yöntemleri (pushover)

TBDY-2018’de bu başlık altındaki hesap esasları çok modlu itme ve tek modlu itme yöntemleri olarak açıklanmıştır. TBDY-2018’de itme yöntemlerinin kullanılabilmesi için birinci modun katkı oranı, düzensizlik ve BYS gibi bir takım benzer koşulların sağlanması gerekmektedir (Üstün, 2019).

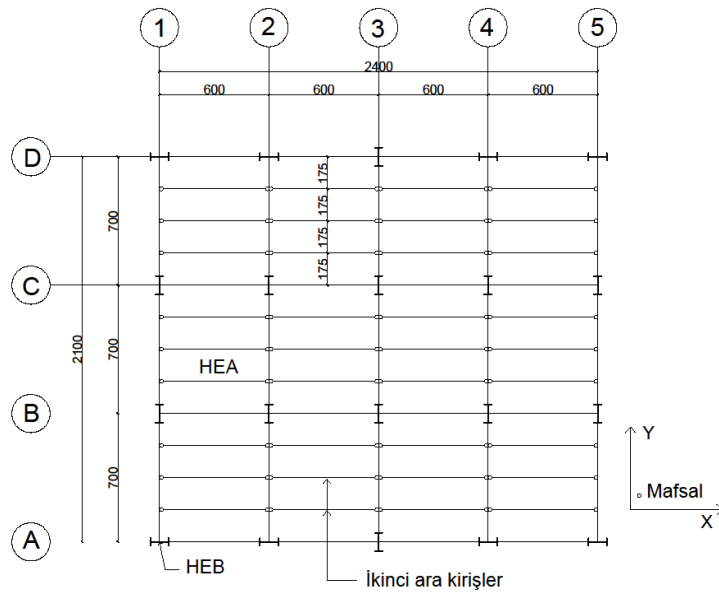
4.6.2. Zaman tanım alanında nonlinear hesap yöntemi

Bu analiz TBDY-2018’de “deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini tanımlanan diferansiyel denklem takımının zaman artımlarıyla adım adım doğrudan integrasyonuna karşı gelir” olarak açıklanmıştır. Bu yöntem ile yapılan analizlerin sonuçları, literatürde en güvenilir sonuçların alındığı analiz yöntemi olarak açıklanmaktadır. Yapıların deprem altındaki davranışları gerçeğe en yakın şekilde irdelenebilmektedir. Hiçbir koşul aranmaksızın bütün yapılarda uygulanabilecek bir analiz yöntemidir. TBDY-2018 yayınlamasıyla birlikte yüksek

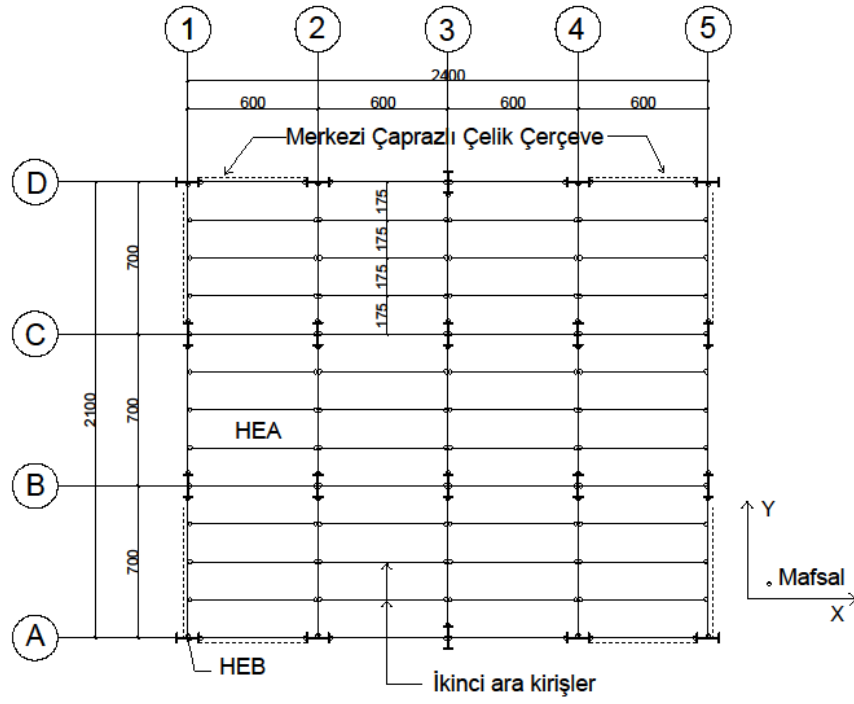
binalar için zorunlu tutulmuştur. Sonuçlar zaman tanım alanında doğrusal hesapta olduğu gibi 11 kayıt takımının her iki doğrultuda da aynı anda etkililmesiyle 22 analiz sonucunun en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak alınmaktadır. Bunun yanı sıra, her analizde ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması zorunlu kılınmıştır (Üstün, 2019).

4.7. Tezde Analizi Yapılacak Bina Hakkında Genel Bilgiler

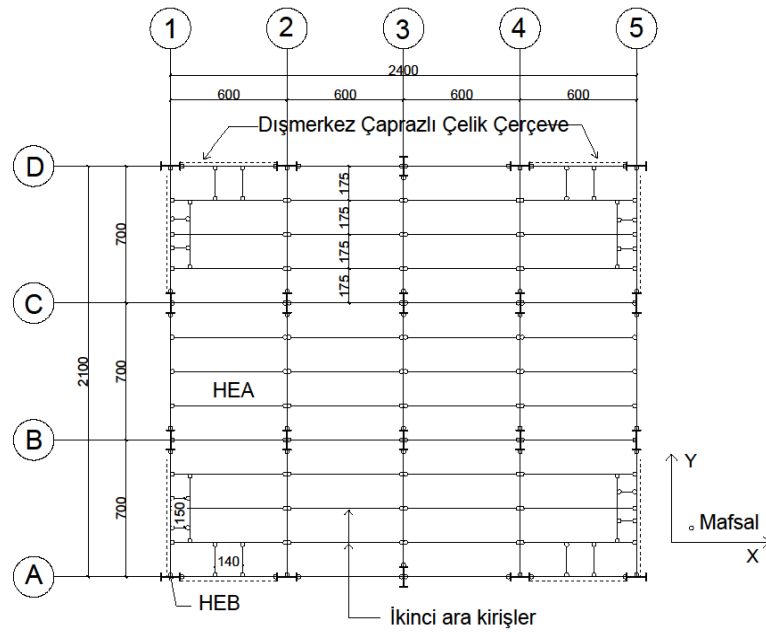
Bu tez çalışmasına örnek olması açısından, 10 katlı (zemin kat + 9 normal kat) bir çelik yapı aynı alana sahip olan dikdörtgen plan üzerinde toplamda 8 adet çelik çaprazlı çerçeve yapı planının köşelerinde kullanılmıştır. Bu örnek modelde merkezi çelik çaprazlardan V, X ve Ters V olanları yerleştirilmiştir. Buna ek olarak yapı planı moment aktaran çerçeve ve dışmerkez çaprazlarından DÇÇ V ve DÇÇ Ters V modelleri de oluşturulmuştur. Toplamda 6 adet modelin analizi gerçekleştirilmiştir. Binanın yüksekliği giriş katında 4m diğer 9 kat ise 3'er metre'den oluşmaktadır. Böylelikle binanın toplam yüksekliği 31m olmaktadır. Yapının konumu ise Enlem 41.0837 ve Boylam 28.8169'e sahip İstanbul ilinin Başakşehir ilçesinde yer alan bir konum seçilmiştir. Yapı planı dikdörtgen olup 24 x 21 m²'dir. X yönünde 6 metreden dört açıklık ve Y yönünde 7 metreden üç açıklığı bulunmaktadır.



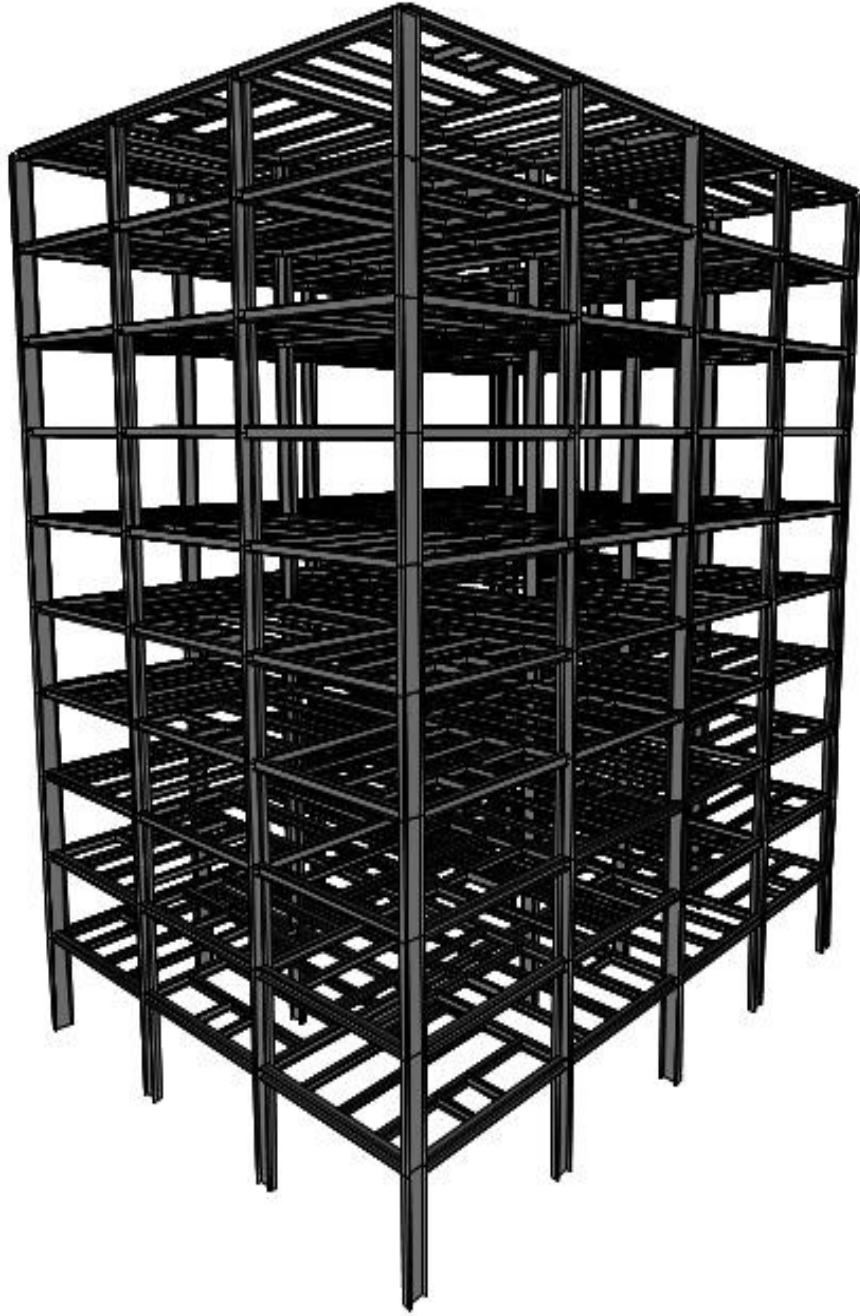
Şekil 4.2. Moment Aktaran Çerçeve Planı



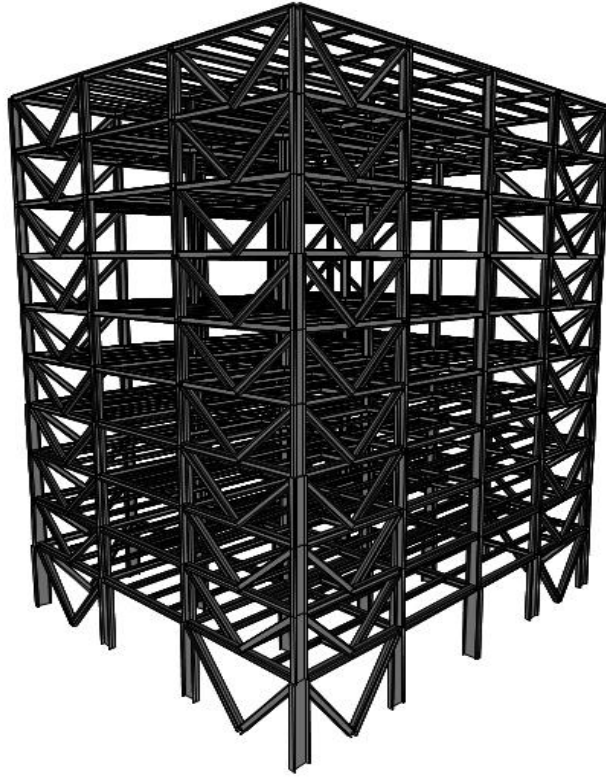
Şekil 4.3. MÇÇ Sistemlerin Yapı Planı



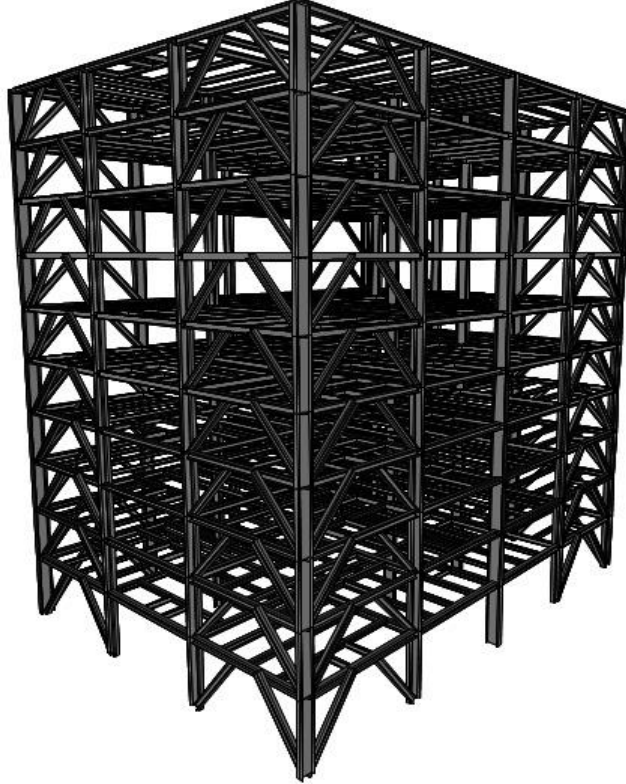
Şekil 4.4. DÇÇ Sistemlerin Yapı Planı



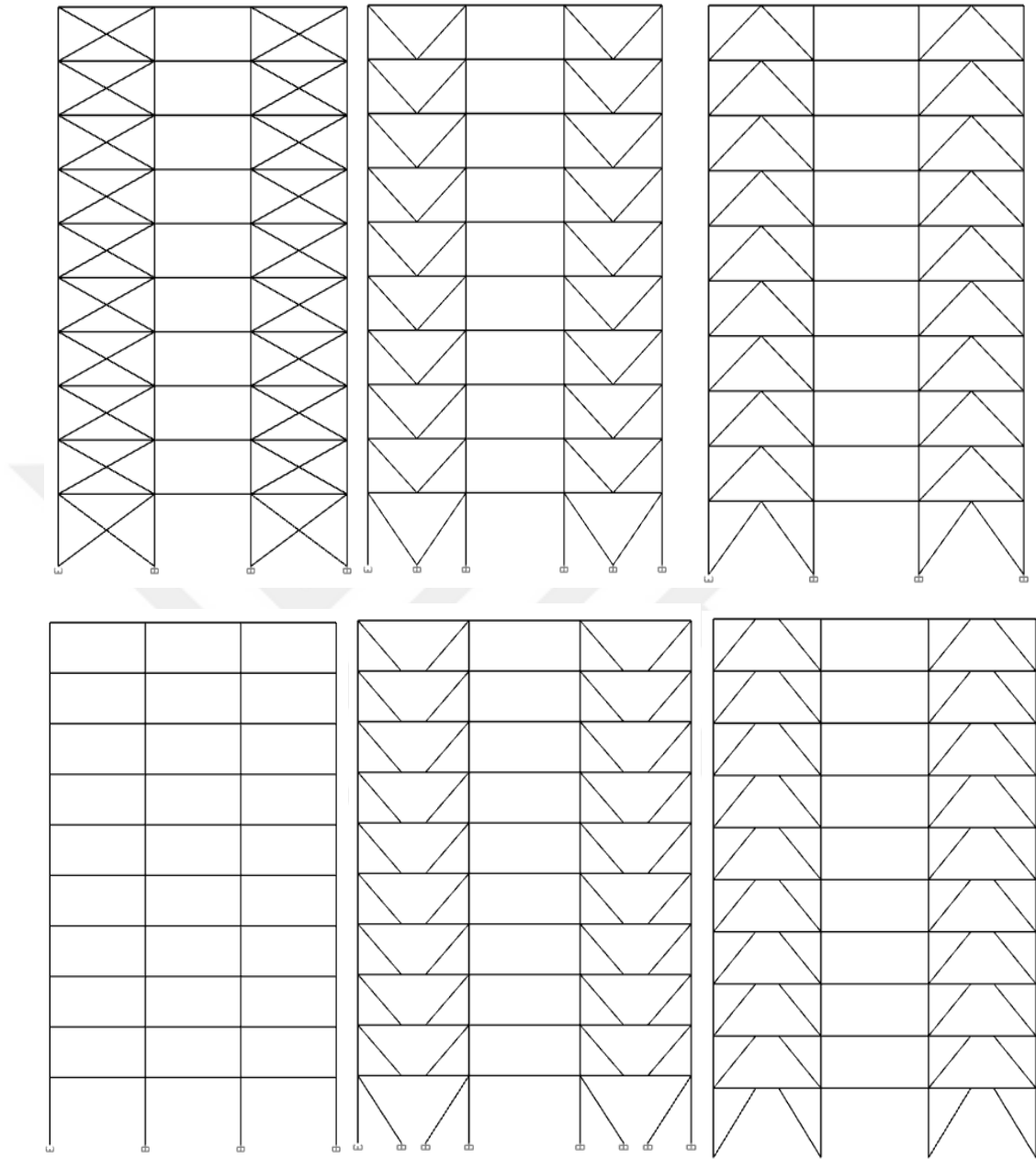
Şekil 4.5. Moment Aktaran Çerçeve Modelinin 3D Görünüşü



Şekil 4.6. MÇÇ Yapı Modelinin 3D Görünüşü



Şekil 4.7. DÇÇ Yapı Modelinin 3D Görünüşü



Şekil 4.8. Modellerin En Kesitleri

4.8. Modelde Kullanılan Malzeme

Bu modelde kullanılan yapı malzemeler 2016 yılında yürürlüğe giren ÇYTHYE-2016'e uygun olarak seçilmiştir. Yönetmelik'teki kurallar aşağıda Tablo 4.1.'de yer alan çelik sınıfları için geçerli olacaktır (Çythy-2016, tarih yok).

Tablo 4.1. Sıcakta Haddelenmiş Yapısal Çeliklerde Çekme Dayanımı, F_u ve Karakteristik Akma Gerilmesi, F_y (ÇYTHYE-2016)

Standart Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, t (mm)			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550

Analizi yapılan yapı modellerinde; çapraz ve kirişler için S275, kolonlar için S355 yapısal çelik sınıfı kullanılmıştır.

4.9. Modelde Kullanılan Kesitler

Modelin kolonları, kirişleri ve çaprazları I-enkesite sahip elemanlardan meydana gelmiştir. Binada kullanılan elemanlar, kolonlarda tüm katlarda HE650B, ana kirişlerde HE280A ve çaprazlarda HE260A I-en kesitli elemanlardan oluşmaktadır. 1.75m aralıklarla teşkil edilen ikincil ara kirişlerde kullanılan profiller HE220A olup, ana kirişlere mafsallı bir şekilde bağlanmıştır. Ana çerçeve kirişlerinin kolonlara bağlantı şekli ile çaprazların kolonlara ve çaprazların kirişlere bağlantı şekli de mafsallıdır. Kolonların, +0.00 kotunda temele de mafsallı olarak mesnetlenmiştir.

Tablo 4.2. Kolonlarda Kullanılan Kesitler ve Özellikleri

Kolonlarda (HE650B)	
Özellik	Değer
G kg/m	225
h mm	650
b mm	300
tw mm	16
tf mm	31
A cm ²	286,30
d mm	534
Iy cm ⁴	13980
Wy cm ³	1441
Ix cm ⁴	210600
Wx cm ³	7320

Tablo 4.3. Ana Kirişlerde Kullanılan Kesitler ve Özellikleri

Ana kirişler (HE280A)	
Özellik	Değer
G kg/m	76,4
h mm	270
b mm	280
tw mm	8
tf mm	13
A cm ²	97,26
d mm	196
Iy cm ⁴	340,2
Wy cm ³	518,1
Ix cm ⁴	13670
Wx cm ³	1112

Tablo 4.4. Ara Kirişlerde Kullanılan Kesitler ve Özellikleri

Ara kirişler (HE220A)	
Özellik	Değer
G kg/m	50,5
h mm	210
b mm	220
tw mm	7,0
tf mm	11
A cm ²	64,34
d mm	152
Iy cm ⁴	1955
Wy cm ³	270,6
Ix cm ⁴	5410
Wx cm ³	568,5

Tablo 4.5. Çaprazlarda Kullanılan Kesitler ve Özellikleri

Çaprazlar (HE260A)	
Özellik	Değer
G kg/m	68,2
h mm	250
b mm	260
tw mm	7,5
tf mm	12,5
A cm ²	86,82
d mm	177
Iy cm ⁴	3668
Wy cm ³	430,2
Ix cm ⁴	10450
Wx cm ³	919,8

4.10. Yapı Modeline Etkiyen Yükler

4.10.1. Sabit ve hareketli yükler

Sabit yük (12cm Betonarme Döşeme + Trapez), 3 kN/m² ve hareketli yük 2 kN/m² olarak kabul edilmiştir.

4.10.2. Rüzgâr yükü

Binanın oturma planı dikdörtgen şeklinde olduğu için rüzgâr yükü TS EN 1991-1-4 standardı esas alınarak her iki yön için hesaplanmıştır. ÇYTHYE esaslarına göre, rüzgâr etkisi altında kalan elemanlara etkiyen rüzgâr yükleri 0.50'den az olmayacaktır. Buna istinaden rüzgâr hızının temel değeri $v = 100$ km/h olarak alınacaktır. Rüzgâr hızının temel değeri, binanın oturduğu arazi koşullarına göre veya gerektiği sürece bölgesel meteorolojik ölçümler alınarak değerlendirme yapılmalıdır. Rüzgâr hızının temel değeri; “rüzgâr doğrultusundan ve yılın herhangi belli bir bölümünden bağımsız şekilde, aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere ve çayır gibi az bitki örtüsüne sahip açık ve kırsal alanda, yer seviyesinden 10m yukarıda ölçülen karakteristik 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızı” olarak tanımlanmaktadır. Buna göre esas rüzgâr hızı, altta verilen bağlantıyla hesaplanmaktadır.

$$v_b = c_{dir} c_{season} V_{b,0} \quad (4.1)$$

Denklem 4.1'de c_{dir} doğrultu katsayısı ve c_{season} mevsim katsayısının değerleri önerilen değer olan 1,0 olarak alındığı zaman referans olan rüzgâr hızı $v_b = V_{b,0} = 28$ m/s olarak hesaplanmaktadır. Bir arazide, yer seviyesinden (z) metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı $v_b^{(z)}$, o arazinin orografik özelliklerine, referans olan rüzgâr hızı v_b değerine ve arazinin engebeliğine bağlı olarak denklem 4.6 ile hesaplanmaktadır. Arazi orografisi için TS EN 1991-1-4 standardına göre orografinin rüzgâr hızını arttırmadığı varsayım ile coğrafi katsayısı, tavsiye edilen değer olan 1,0'e eşit olarak alınmaktadır. Yapılacak olan binanın inşa edileceği arazinin

kategoriisi II olarak seçilerek arazi parametreleri TS EN 19991-1-4'te bulunan Çizelge 4.1'e göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_0 = 1,0m \quad (4.2)$$

$$Z_{min} = 10m \quad (4.3)$$

Analizi yapılan binanın yer seviyesinden yüksekliği $z = 31m$ olduğundan; $Z_{min} = 10m \leq Z = 31 \leq Z_{maks} = 200m$ bağlantı ve arazi kategoriisi II baz alındığı zaman $Z_{0,II} = 0.05$ olarak hesaplanır. Engebililik katsayısı $C_r(z)$ ve Arazi katsayısı K_r altta bulunan denklemlerle hesaplanır.

$$K_r = 0.19 \left(\frac{Z_0}{Z_{0,II}} \right)^{0.07} \quad (4.4)$$

$$K_r = 0.19 \left(\frac{Z_0}{Z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.19 \left(\frac{1.0}{0.05} \right)^{0.07} = 0.234$$

$$C_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{Z_0} \right) \quad (4.5)$$

$$C_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{Z_0} \right) = (0.234) \ln \left(\frac{31}{1.0} \right) = 0.804$$

Arazi katsayısı ve engebililik katsayısı değerleri denklem 4.6'da yazılarak, (z) metre yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı $v_m^{(z)}$ aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) V_b \quad (4.6)$$

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) V_b = (0.804)(1.00)(28) = 22.51m/sn$$

(z) metre yükseklikteki, ortalama ve kısa süreli hız değişikliklerini kapsayan tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı $q_p^{(z)}$, TS EN 1991-1-4 standardında verilen denklem ile uygun olarak hesaplanır. Fakat rüzgâr basıncının hesaplanmasına geçmeden (z) metre yükseklikteki türbülans şiddeti $l_v^{(z)}$ aşağıda verilen denklem ile hesaplanır.

$$l_v^{(Z)} = \frac{k_1}{c_0^{(Z)} \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)} \quad (4.7)$$

$$l_v^{(Z)} = \frac{1.0}{(1.0) \ln\left(\frac{31}{1.0}\right)} = 0.29$$

$q_p^{(Z)}$ Rüzgâr basıncı ise denklem 4.8 kullanarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$q_p^{(Z)} = \left[1 + 7l_v^{(Z)}\right] \frac{1}{2} \rho v_m^2(Z) = c_e(Z) q_b \quad (4.8)$$

$$q_p^{(Z)} = [1 + 7(0.29)] \frac{1}{2} (1.25) (22.51)^2 10^{-3} = 0.959 kN/m^2$$

Ayrıca eğer düz arazilerde $c_0^{(Z)} = 1.0$, arazi kategorisi IV ve yer seviyesinden yükseklik $z = 31m$ için maruz kalma katsayısının $c_0^{(Z)} = 1.92$ olarak belirlenirse rüzgâr basıncı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$q_p = \frac{1}{2} \rho v_m^2(Z) \quad (4.9)$$

$$q_p = \frac{1}{2} (1.25) (28)^2 = 490 N/mm^2$$

$$q_p^{(Z)} = c_0(Z) q_b \quad (4.10)$$

$$q_p^{(Z)} = (1.92) (490) 10^{-3} = 0.940 kN/m^2$$

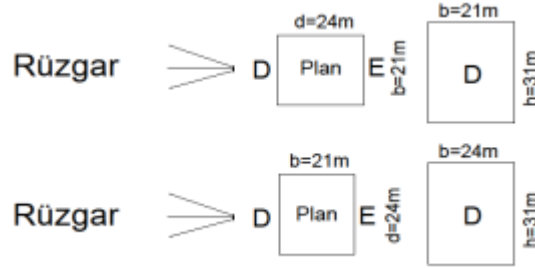
Yüzeylere etkiyen iç w_i ve dış w_e rüzgâr basınçları; tepe kaynaklı hız basıncı $q_p^{(Z)}$, referans yüksekliği Z_i ile dış ve iç basınç katsayılarına bağlı olarak hesaplanır.

$$w_e = q(Z_e) c_{pe} \quad (4.11)$$

$$w_i = q(Z_i) c_{pi} \quad (4.12)$$

Binanın düşey yüzeyleri için TS EN 1991-1-4 standardında tanımlanan etki bölgelerinde kullanılması gereken iç basınç c_i ve dış basınç $c_{pe,10}$ katsayıları da hesaplanmalıdır. Bunun için rüzgâr etkiye doğrultusuna dik boyut, $b = 21m$, $d = 24m$

ve $h = 31\text{m}$ olmak üzere plandaki h/d oranı $0.25 < \frac{h}{d} = \frac{31}{21} = 1.45 > 1.0$ ve $0.25 < \frac{h}{d} = \frac{31}{24} = 1.29 > 1.0$ şeklinde değerlendirilmektedir. Rüzgâr etkiye yönüne bağlı olarak D ve E yüzeyleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 4.9. Rüzgâr Yönü

Bu oranları dikkate alarak TS EN 1991-1-4 standardının Çizelge 7.1 ile tanımlanan dış basınç katsayıları $c_{pe,10}$, alttaki tabloda gösterilmiştir. Ara değerler için güvenli tarafta kalarak enterpolasyon yapılmamıştır.

Tablo 4.6. Dış Basınç Katsayıları $b=21\text{m}$ ve $h/d=1.45$

Bölge	D	E
c_{pe}	0.8	-0.5

TS EN 1991-1-4 standardının 5.2. maddenin esasına göre bir yüzeye etkiyen net basınç, elemanların zıt yüzeylerinde oluşan basınçların, yönleri (işaretleri) de göz önüne bulundurarak hesaplanan farkına eşittir. İç basınç katsayısı, bina cephelerindeki boşlukların boyutlarına ve dağılımına bağlıdır. Genel olarak boşluk oranı belli olmadığından, iç basınç katsayısı c_{pi} , TS EN 1991-1-4 standardında tavsiye edilen değerler olan $+0.2$ veya -0.3 'ten en elverişsiz durumu oluşturan değer olarak belirlenmiştir. Net basınç katsayıları c_{pnet} , alttaki tabloda gösterildiği şekilde elde edilir.

Tablo 4.7. Net basınç katsayıları $b=d=21\text{m}$ $h/d>1$

Bölge	D	E
$c_{pnet} = c_{pe} - (+0.2)$	0.6	-0.7
$c_{pnet} = c_{pe} - (-0.3)$	1.1	-0.2

Tablo 4.8. b = 21m Genişliğindeki Yüzeye Dik Olarak Etkiyen Rüzgâr Kuvvetleri

Döşeme	Yükseklik (m)	Rüzgâr Kuvveti (kN)
Çatı katı	1,5	56,82
9. kat	3,0	113,65
8. kat	3,0	113,65
7. kat	3,0	113,65
6. kat	3,0	76,99
5. kat	3,0	76,99
4. kat	3,0	76,99
3. kat	3,0	76,99
2. kat	3,0	76,99
1. kat	4,0	102,65
Σ		885,40

Tablo 4.9. b= 24 m Genişliğindeki Yüzeye Dik Olarak Etkiyen Rüzgâr Kuvvetleri

Döşeme	Yükseklik (m)	Rüzgâr Kuvveti (kN)
Çatı katı	1,5	56,82
9. kat	3,0	113,65
8. kat	3,0	113,65
7. kat	3,0	87,99
6. kat	3,0	87,99
5. kat	3,0	87,99
4. kat	3,0	87,99
3. kat	3,0	87,99
2. kat	3,0	87,99
1. kat	4,0	117,31
Σ		929,33

4.11. Mod Birleştirme Yöntemiyle Yapı Modellerinin Analizi

Örnek binanın analizi için model analiz yöntemlerinden, TBDY-2018 deprem yönetmeliği baz alarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır. Yapı modelinin analizi ise Etabs18 3D analiz paket programında gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan parametreler aşağıda verilmiştir.

4.11.1. Örnek modeller için deprem verileri

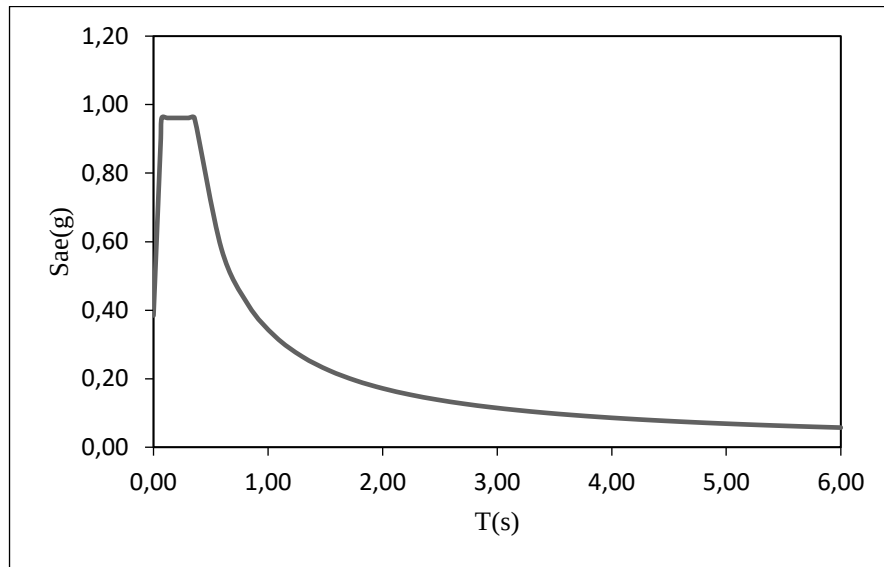
TBDY-2018'e göre çelik yapının deprem verileri aşağıdaki tablo şeklinde özetlenmiştir.

Tablo 4.10. Model Yapının Deprem Verileri

Deprem Verileri	MÇÇ	DÇÇ	Çaprazsız
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	DD-2	DD-2
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	ZC	ZC
Kısa Periyot Bölgesi İçin Spektral İvme Katsayısı S_s	0,801	0,801	0,801
1,0 Saniye Periyot İçin Spektral İvme Katsayısı S_1	0,229	0,229	0,229
Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s	1,200	1,200	1,200
1,0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1	1,500	1,500	1,500
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı S_Ds	0,961	0,961	0,961
1,0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı SD_1	0,344	0,344	0,344
Bina Kullanım Sınıfı BKS	3	3	3
Bina Önem Katsayısı I	1	1	1
Deprem Tasarım Sınıfı DTS	1	1	1
Bina Yükseklik Sınıfı BYS	4	4	4
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	5	8	8
Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	2	2,5	3
Bina Kullanım Amacı	Konut	Konut	Konut
Bina Taşıyıcı Sistemi her iki doğrultuda	MÇÇ	DÇÇ	Çaprazsız

4.11.2. Deprem yatay tasarım spektrumu

Tezin önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi yapı modelinin analizi için Mod Birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Yukarıdaki parametreleri kullanarak Spektrum Eğrisi şekilde görüldü gibi oluşturulmuştur.

Şekil 4.11. DD-2 Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu $S_{ae}(T)$

$$T_A = 0,2S_{D1}/S_{DS} \quad T_B = S_{D1}/S_{DS}$$

$$T_A = 0,071(S) \quad T_B = 0,357(S) \quad T_L = 6(S)$$

4.11.3. Azaltılmış yatay deprem spektrumu

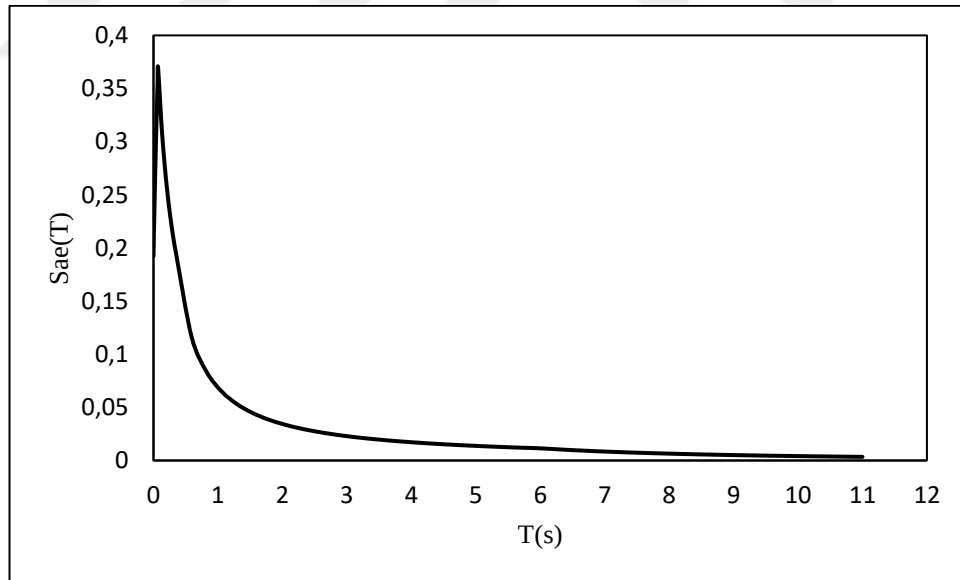
TBDY-2018’de deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$ altta olduğu gibi tanımlanmıştır:

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (4.15)$$

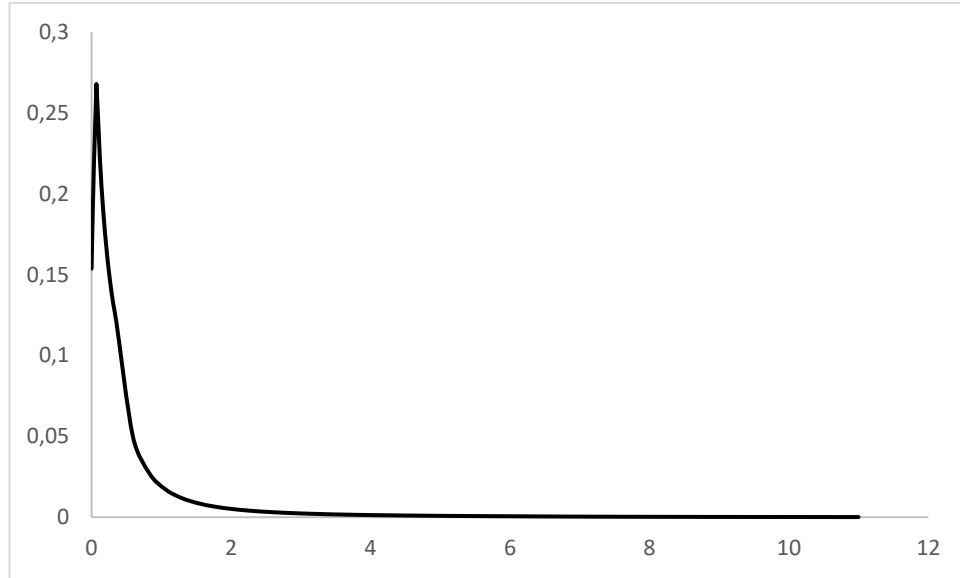
$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (4.16)$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (4.17)$$

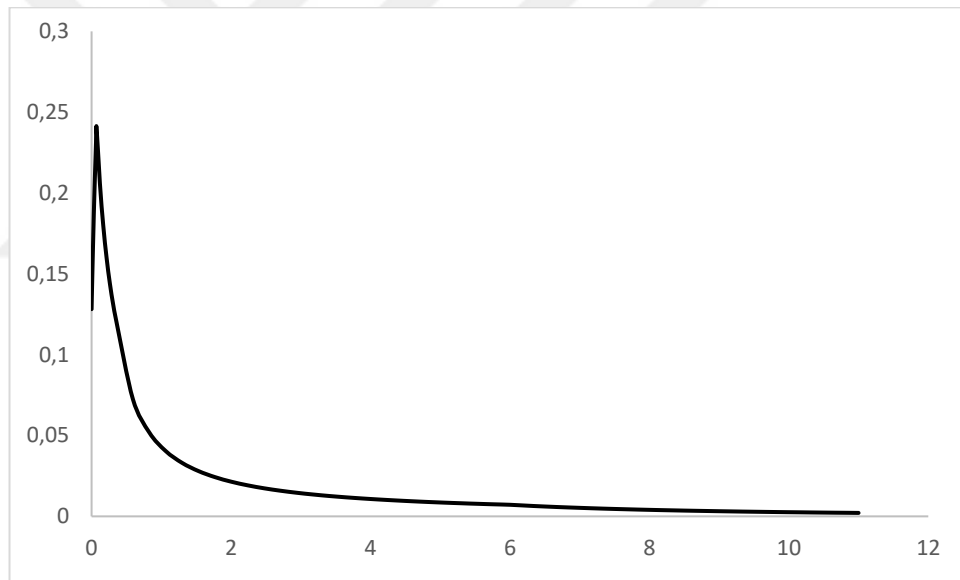
Yukarıdaki formüllerden yola çıkarak, DD-2 Deprem Düzeyi için her iki doğrultuda Azaltılmış Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Excel ortamında oluşturulup aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.12. DD-2 Deprem Düzeyi için Azaltılmış Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (MÇÇ)



Şekil 4.13. DD-2 Deprem Düzeyi için Azaltılmış Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (DÇÇ)



Şekil 4.14. DD-2 Deprem Düzeyi için Azaltılmış Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (MAÇ)

Doğal titreşim modlarının belirlenmesinde, tam karesel birleştirme (TKB) bağlantı kullanılacaktır. Bununla alakalı TBDY-2018’ de göz önüne alınan herhangi iki titreşim modunun birbirine oranı daima $T_m / T_n < 0,80$ şartını sağlaması durumunda “Karelerinin Toplamının Kare Kökü (KTKK)” kullanılabileceği, sağlamaması durumunda ise, “Tam Karesel Birleştirme (TKB)” kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Her iki durumda da (TKB) bağlantının kullanılmasında bir sorun olmadığı için bu noktada modların birleştirilmesinde (TKB) bağlantısı

kullanılacaktır. Modal Sönüm (Modal Damping) değeri de 0,05 olarak kalacaktır. Ek dışmerkezi her iki deprem doğrultusu için, 0,05 olarak dikkate alınmıştır. Deprem yükünün analize katılabilmesi için Azaltılmış Yatay Elastik Tasarım Spektrumu girilmesi gerekmektedir. Bu işlemin gerçekleştirmesi için programın “Define” menüsünden “Functions” kısmına girilerek, buradan “Response Spektrum” seçeneği tıklanır. Çıkacak menüde, “From File” sekmesi seçilip Excel dosyası (txt) olarak spektrum eğrisi değerleri girilir. Tasarım spektrumunun tanımlanmasının sonrasında tanımlanan spektruma bağlı olarak deprem kuvvetleri ile ilgili (her iki doğrultu için) yükleme durumunun (Analysis Case) tanımlanması gerekir. Load Case menüsünü tanımlarken Ölçek Katsayısı (Scale Factor) $g = 9,81 \text{ m/sn}^2$ olarak alınır.

4.11.4. Düşey deprem etkisi

TBDY-2018’e göre deprem hesabı yapılırken düşey deprem etkisinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu bina için düşey deprem etkisi, TBDY-2108’e uygun olarak özel bir hesap yapılmaksızın, aşağıdaki formül ile yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_z = \left(\frac{2}{3}\right) S_{DS} G \quad (4.18)$$

4.11.5. Dayanım sınırı durumuna göre tasarım

ÇYTHYEDY-2016’de dayanım sınır durumuna göre tasarım için, GKT ve YDKT olmak üzere iki yaklaşım vardır. Çelik yapı elemanlarının ve birleşimlerinin tasarımı esasları altta bulunan GKT veya YDKT yöntemlerinden birine göre tasarım gerçekleştirilebilir. Bu tez çalışmasında ise YDKT yöntemi kullanılmıştır.

4.11.5.1. Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım

YDKT yöntemi; bütün yapısal elemanlar için tasarım dayanımıyla tanımlanan $\Phi.R_n$ ’in ile bu tasarım yöntemi için öngörülen ve YDKT yük birleşimleri altında

hesaplanan gerekli dayanımıyla tanımlanan değerine eşit veya daha büyük olması şartına dayanmaktadır.

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \quad (4.19)$$

4.11.5.2. Yük kombinasyonları

G: sabit yük

Q: hareketli yük

W: rüzgâr yükü

E: deprem etkisi

YDKT yaklaşımına göre yük kombinasyonları:

Düşey yük birleşimleri:

$$1,4 G \quad (4.20)$$

$$1,2 G + 1,6 Q \quad (4.21)$$

$$1,2 G + Q \quad (4.22)$$

Düşey yük + deprem Birleşimleri (Düşey Deprem etkisi dâhil):

$$1.5264G + 0.5Q \pm EX \pm 0.3EY \quad (4.23)$$

$$1.5264G + 0.5Q \pm 0.3EX \pm EY \quad (4.24)$$

$$0.5736G \pm EX \pm 0.3EY \quad (4.25)$$

$$0.5736G \pm 0.3EX \pm EY \quad (4.26)$$

Düşey yük + rüzgâr birleşimleri:

$$1.2G \pm 0.8W \quad (4.27)$$

$$1.2G + Q \pm 1.6W \quad (4.28)$$

$$0.9G \pm 1.6W \quad (4.29)$$

4.11.6. Yapı modelinin analiz verilerinin değerlendirilmesi

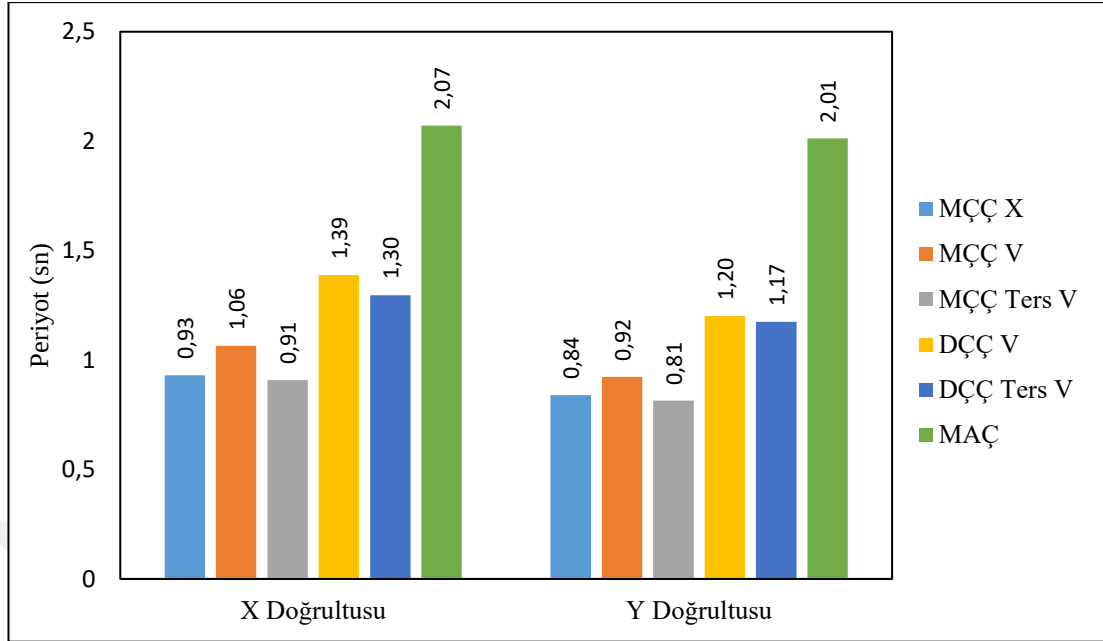
Tez çalışması için örnek olarak alınan modellerin analiz verilerinin değerlendirilmesi bu kısımda verilmiştir. 10 Kartlı çelik bir yapı; moment aktaran çerçeve, merkezi çelik çaprazlardan V, ters V ve X ve dışmerkez çelik çaprazlardan V ve Ters V şeklinde düzenlenmiştir. Bu yapı modellerinin analizleri ise Etabs18 3D analiz programıyla gerçekleştirilmiştir. Analiz verileri Excel 2019 ortamında grafiklendirilip karşılaştırılması yapılmıştır.

4.11.6.1. Bina periyotlarının kontrolü

Binanın matematik modelinden hesaplanan hâkim doğal titreşim periyodu T_p 'in deprem hesabında göz önüne alınacak en büyük değeri, $T_{PA}=C_tH^{3/4}$ 'ün 1,4 katından daha büyük olmayacaktır. Burada C_t çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden meydana gelen binalarda 0,08 olarak alınır. H ise binanın toplam yüksekliğidir. Yapı modelleri için bilgisayarda hesaplanan hâkim doğal titreşim periyodu X ve Y yönünde aşağıda tablo olarak özetlenmiştir (İMO, 2018).

Tablo 4.11. Modellerin Doğal Hâkim Titreşim Periyotları (MBY)

Model	X Doğrultusunda Periyot (Sn)	Y Doğrultusunda Periyot (Sn)
MÇÇ X	0,931	0,840
MÇÇ V	1,065	0,923
MÇÇ Ters V	0,909	0,815
DÇÇ V	1,388	1,201
DÇÇ Ters V	1,296	1,174
MAÇ	2,071	2,012



Şekil 4.15. Modellerin Doğal Hâkim Titreşim Periyotları (MBY)

İncelediğimiz modellerin periyotları deprem analiz yöntemlerinden bağımsız olduğu için MBY ve EDYY için ayrı ayrı hesap yapılmamıştır.

$$T_{PA} = C_t H^{3/4} \quad (4.30)$$

$$0,93067 \text{ (Sn.)} \leq 1,4 \cdot 0,08.31^{3/4} = 1,4714 \text{ (Sn.)} \quad \checkmark$$

$$0,84028 \text{ (Sn.)} \leq 1,4 \cdot 0,08.31^{3/4} = 1,4714 \text{ (Sn.)} \quad \checkmark$$

Yukarıdaki denklemlerden de görüldüğü gibi hem X hem de Y yönündeki yapı modellerin periyotların denklemi sağlandığı için sonraki işlemlerde MAÇ Model hariç Bilgisayarla hesaplanan periyotlar dikkate alınacaktır. MAÇ modelde ise amperik formül ile hesaplanan periyot dikkate alınacaktır.

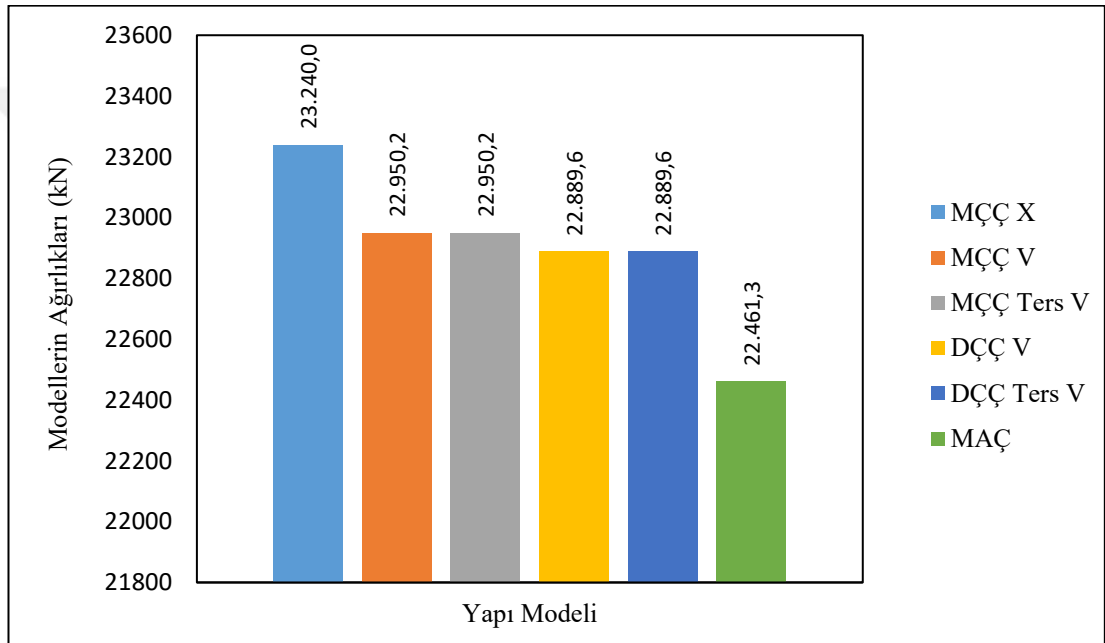
4.11.6.2. Taban kesme kuvvetinin EDYY kontrolü

TBDY-2018'e göre herhangi bir doğrultusundaki Mod Birleştirme Yöntemiyle hesaplanan toplam deprem yükü, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle elde edilen

toplam eşdeğer deprem yükünden (taban kesme kuvveti) az olması durumunda, β_{tE} , eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısıyla çarpılacaktır.

Tablo 4.12. Yapı Toplam Ağırlık ve Toplam Kütleleri (MBY)

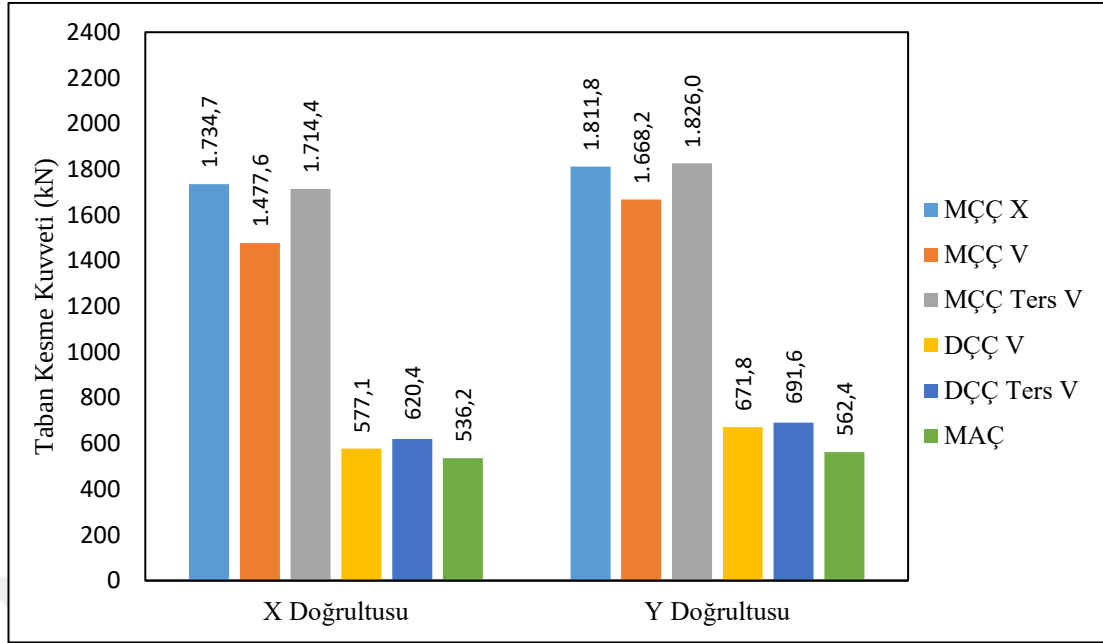
Model	Yapı Yüksekliği (m)	Yapı Ağırlığı W_i (kN)	Yapı Kütle m_i (ton)
MÇÇ X	31	23239,97	2369,01
MÇÇ V	31	22950,15	2339,47
MÇÇ Ters V	31	22950,15	2339,47
DÇÇ V	31	22889,57	2334,09
DÇÇ Ters V	31	22889,57	2334,09
MAÇ	31	22461,34	2290,42



Şekil 4.16. Yapı Modellerin Ağırlıkları (MBY)

Tablo 4.13. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Toplam Taban Kesme Kuvveti (MBY)

Model	X Eksen Taban Kesme Kuvveti (kN)	Y Eksen Taban Kesme Kuvveti (kN)
MÇÇ X	1734,74	1811,77
MÇÇ V	1477,57	1668,18
MÇÇ Ters V	1714,42	1825,95
DÇÇ V	577,06	671,82
DÇÇ Ters V	620,37	691,61
MAÇ	536,21	562,39



Şekil 4.17. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Toplam Kat Kesme Kuvveti (MBY)

Bütün modeller için mod birleştirme yöntemiyle hesaplanan deprem yükü, eşdeğer deprem yöntemiyle elde edilen taban kesme kuvvetiyle karşılaştırarak kontrolleri sağlanmıştır.

X Çapraza Sahip Model için;

$$V_{tx} = 1734,74 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 1811,77 \text{ kN}$$

$$T_x = 0,93067 \text{ Sn.} > T_B = 0,357 \text{ Sn.}$$

$$T_y = 0,84028 \text{ Sn.} > T_B = 0,357 \text{ Sn.}$$

$$S_{DS} = 0,961$$

$$S_{D1} = 0,344$$

Toplam taban kesme kuvveti Eşdeğer Deprem Yöntemiyle aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$V_{tE}(x) = m_t S_{aR}(T_p) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (4.31)$$

$$S_{aR}(T_p) = S_{ae}(T_p) / R_a(T_p) \quad T_B < T_p \leq T_L \quad (4.32)$$

$$S_{ae}(T_P) = S_{DI} / T_P \quad (4.33)$$

$$V_{tE}(x) = (2369,008) \cdot [(0,344/0,93067)/(5)] \cdot (9,81) \geq 0,04 \cdot (2369,008) \cdot (1) \cdot (0,961) \cdot (9,81)$$

$$V_{tE}(x) = 1718,020 \text{ kN} \geq 893,344 \text{ kN} \checkmark$$

$$V_{tE}(y) = (2369,008) \cdot [(0,344/0,84028)/(5)] \cdot (9,81) \geq 0,04 \cdot (2369,008) \cdot (1) \cdot (0,961) \cdot (9,81)$$

$$V_{tE}(y) = 1902,829 \text{ kN} \geq 893,744 \text{ kN} \checkmark$$

TBDY-2018’de verilen düzensizliklerden hiçbirinin binada bulunmamasından dolayı $\gamma_E = 0,80$ alınacaktır. Eğer $\beta_{tE} \leq 1$ ise taban kesme kuvvet mod birleştirme ile hesaplanan taban kesme kuvveti geçerli olacaktır.

$$\beta_{tE} = (\gamma_E V_{tE}) / V_t \quad (4.34)$$

$$\beta_{tEx} = (0,8 \cdot 1718,020) / 1734,74 = 0,7923 \checkmark$$

$$\beta_{tEy} = (0,8 \cdot 1902,829) / 1811,77 = 0,8402 \checkmark$$

Mod birleştirme yöntemiyle hesaplanan taban kesme kuvvetinin eşdeğer deprem yüküyle hesaplanan taban kesme kuvvetiyle kontrolleri yapılmış olup aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 4.14. Toplam Taban Kesme Kuvveti Kontrolü (MBY)

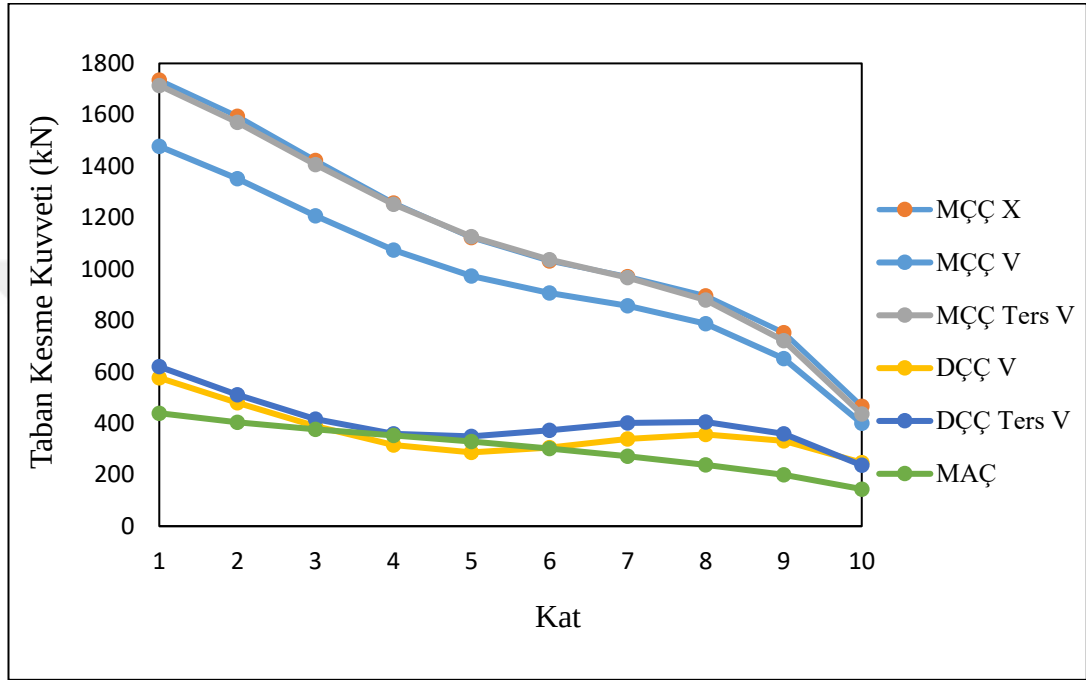
Model	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	$V_{tE}(x)$	V_{tx}	β_{tEx}	$V_{tE}(y)$	V_{ty}	β_{tEy}
MÇÇ X	1718,02	1734,74	0,79	1902,83	1811,77	0,84
MÇÇ V	1483,17	1477,57	0,80	1711,32	1668,18	0,82
MÇÇ Ters V	1625,27	1714,42	0,76	1937,53	1852,95	0,85
DÇÇ V	710,99	577,06	0,99	821,70	671,82	0,98
DÇÇ Ters V	761,46	620,37	0,98	840,59	691,61	0,97
MAÇ	656,81	536,21	0,98	656,81	562,39	0,93

Tablo 4.15. Modellerin (X) Doğrultusunda Katlara Etkiyen Taban Kesme Kuvveti (MBY)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
Kat 10	466,95	400,03	436,41	247,31	236,77	144,32
Kat 9	753,04	652,43	721,83	332,30	358,71	200,31
Kat 8	896,47	787,68	879,62	356,43	405,01	238,96
Kat 7	970,21	857,74	966,99	339,66	401,29	271,84

Tablo 4.15. (Devamı)

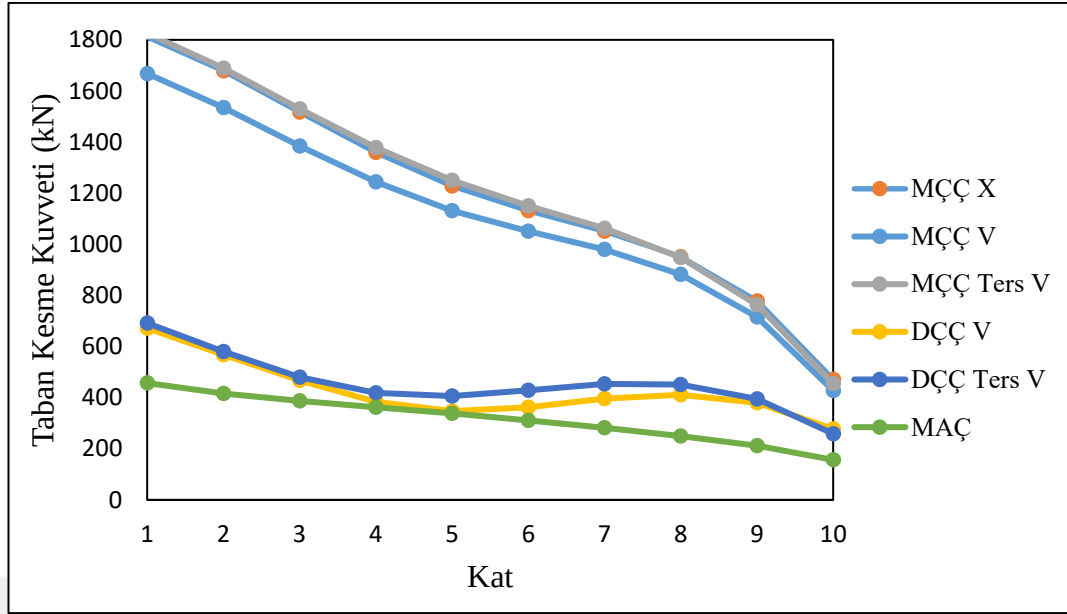
Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
Kat 6	1031,75	907,14	1036,59	305,40	373,39	301,76
Kat 5	1122,04	973,19	1126,35	287,00	349,57	328,97
Kat 4	1256,62	1074,16	1251,75	316,35	358,77	353,60
Kat 3	1422,92	1207,63	1406,77	389,06	416,05	377,05
Kat 2	1594,32	1351,10	1570,97	480,72	511,82	404,13
Kat 1	1734,74	1477,57	1714,42	577,06	620,37	439,51



Şekil 4.18. Modellerin (X) Doğrultusunda Katlara Etkiyen Taban Kesme Kuvveti (MBY)

Tablo 4.16. Modellerin (Y) Doğrultusunda Katlara Etkiyen Taban Kesme Kuvveti (MBY)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
Kat 10	471,86	427,79	454,83	277,57	258,89	156,58
Kat 9	777,82	715,91	763,76	379,83	395,03	211,80
Kat 8	950,52	882,69	948,72	411,48	451,46	249,24
Kat 7	1051,92	979,83	1062,00	396,73	453,81	281,74
Kat 6	1131,82	1050,75	1150,74	362,55	428,96	311,43
Kat 5	1228,36	1131,92	1250,36	346,87	406,70	338,30
Kat 4	1359,52	1243,81	1377,91	384,02	418,20	362,79
Kat 3	1517,50	1384,29	1530,11	467,36	479,82	386,95
Kat 2	1679,40	1535,14	1689,11	568,38	580,01	416,85
Kat 1	1811,78	1668,18	1825,95	671,82	691,61	457,23



Şekil 4.19. Modellerin (Y) Doğrultusunda Katlara Etkiyen Taban Kesme Kuvveti (MBY)

4.11.6.3. Kütle katılım oranı

Deprem gibi dinamik yükler etkisi altında yapıların kütlelerinin bir kısmı X yönünde ve bir kısmı ise Y yönünde titreşmeye çalışır. Yapının ne kadarlık kütlesi X veya Y yönünde titreşmeye çalışıyorsa, bu değerın toplam yapı kütlelerine oranı kütle katılım oranı olarak tanımlanmaktadır. TBDY-2018'e göre kütle katılım oranı her iki deprem doğrultularında en az %95 olmalıdır. Analiz sonucunda, her iki deprem doğrultusu için tüm modellere ait kütle katılım oranı %95 değerini sağlamıştır.

4.11.6.4. Göreli kat ötelemesinin kontrolü

Görelî kat ötelemelerinin kontrolü TBDY-2018 esaslarına göre yapılacaktır. Bu durumda TBDY-2018'e göre "Ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkı ile ifade edilen azaltılmış göreli kat ötelemesi Δ_i , herhangi bir kolon veya perde için (X) ve (Y) deprem doğrultularında aşağıdaki denklem ile hesaplanacaktır."

$$\Delta_i = u_i - u_{i-1} \quad (4.35)$$

TBDY-2018'e göre "Binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi olarak ifade edilen $\delta_i^{(X)}$, her bir deprem doğrultusu için aşağıdaki denklem ile elde edilecektir."

$$\delta_i^x = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (4.36)$$

TBDY-2018'e göre "Binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, $\delta_i^{(X)}$, etkin görelî kat ötelemelerinin, her bir deprem doğrultusu için, kat içindeki en büyük değeri $\delta_{i,max}^{(X)}$, aşağıda verilen koşulları sağlayacaktır."

$$\lambda = \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008 \quad (4.37)$$

Yapı modellerinden X tipi merkezi çelik çaprazlara sahip olan model için kontroller detaylı bir şekilde aşağıda verilmiştir. Ayrıca MAÇ, MÇÇ V, MÇÇ Ters V, DÇÇ V ve DÇÇ Ters V çaprazlı modellerin kontrolleri de sağlanmış olup teze eklenmemiştir.

DD-2 Depremi:

$$S_{DS} = 0,961$$

$$S_{D1} = 0,344$$

$$T_x = 0,93067 \text{ Sn.} > T_B = 0,357 \text{ Sn.}$$

$$T_y = 0,84028 \text{ Sn.} > T_B = 0,357 \text{ Sn.}$$

$$S_{ae}(T_x) = S_{D1} / T_x = 0,344 / 0,93067 = 0,3696 \text{ g}$$

$$S_{ae}(T_y) = S_{D1} / T_y = 0,344 / 0,84028 = 0,4094 \text{ g}$$

DD-3 Depremi:

$$S_{DS} = 0,409$$

$$S_{D1} = 0,141$$

$$S_{ae}(T_x) = S_{D1} / T_x = 0,141 / 0,93067 = 0,1515 \text{ g}$$

$$Sae(T_y) = S_{D1} / T_y = 0,141/0,84028 = 0,1678 \text{ g}$$

$$\lambda_x = \frac{Sae(T_x)_{DD-3}}{Sae(T_x)_{DD-2}} = \frac{0,1515}{0,3696} = 0,4099$$

$$\lambda_y = \frac{Sae(T_y)_{DD-3}}{Sae(T_y)_{DD-2}} = \frac{0,1678}{0,4094} = 0,4099$$

Tablo 4.17. X Modeli için (X) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelenmesinin Kontrolü (MBY)

Kat	hi(cm)	uix(cm)	$\Delta_{max}(cm)$	$\delta_{ix} = R.\Delta_{ix}/I$	δ_{ix} / h_i	$\lambda\delta_{ix}/h_i$
10	300	2,42	0,27	1,33	0,00444	0,00182
9	300	2,16	0,27	1,37	0,00458	0,00188
8	300	1,88	0,28	1,39	0,00464	0,00190
7	300	1,60	0,28	1,38	0,00459	0,00188
6	300	1,33	0,27	1,34	0,00445	0,00182
5	300	1,06	0,25	1,27	0,00423	0,00174
4	300	0,81	0,24	1,18	0,00394	0,00161
3	300	0,57	0,21	1,07	0,00356	0,00146
2	300	0,36	0,18	0,91	0,00304	0,00125
1	400	0,18	0,18	0,88	0,00221	0,00090

Tablo 4.18. X Modeli için (Y) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelenmesinin Kontrolü (MBY)

KAT	h _i (cm)	u _{iy} (cm)	Δ_{iy} (cm)	$\delta_{iy} = R.\Delta_{iy}/I$	δ_{iy} / h_i	$\lambda\delta_{iy}/h_i$
10	300	2,19	0,22	1,12	0,00372	0,00152
9	300	1,96	0,23	1,17	0,00390	0,00160
8	300	1,73	0,24	1,20	0,00402	0,00165
7	300	1,49	0,24	1,21	0,00403	0,00165
6	300	1,25	0,24	1,19	0,00396	0,00163
5	300	1,01	0,23	1,15	0,00383	0,00157
4	300	0,78	0,22	1,09	0,00363	0,00149
3	300	0,56	0,20	1,01	0,00336	0,00138
2	300	0,36	0,18	0,89	0,00297	0,00122
1	400	0,18	0,18	0,90	0,00225	0,00092

Tablo 4.19. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelenmesinin Kontrolü (MBY)

Model	$\lambda (\delta_{ix}/h_i)$	
	X	Y
MÇÇ X	0,00190	0,00165
MÇÇ V	0,00197	0,00176
MÇÇ Ters V	0,00182	0,00159
DÇÇ V	0,00137	0,00141
DÇÇ Ters V	0,00162	0,00215
MAÇ	0,00475	0,00469

X ve Y doğrultusunda her 6 modelde bütün katlar için maksimum görelî kat ötelemesi 0,008 değerinin altındadır.

4.11.6.5. İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

TBDY-2018'e göre "İkinci mertebe gösterge değeri olarak ifade edilen $\theta_{II,i}^{(X)}$, her bir i'inci katta, her iki deprem doğrultusu için aşağıdaki ile hesaplanacaktır."

$$\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N W_k}{V_i^{(X)} h_i} \quad (4.38)$$

TBDY-2018'e göre "Tüm katlar için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin maksimumu $\theta_{II,max}^{(X)}$ 'ın aşağıda verilen koşulu sağlaması halinde, tasarıma esas iç kuvvetlerin hesabında ikinci mertebe etkilerinin gözönüne alınması gerekli değildir."

$$\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0,12 \frac{D}{C_h R} \quad (4.39)$$

Çelik binalarda $C_h = 1$ alınacaktır.

Tablo 4.20. X Model için, (X) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (MBY)

Kat	hi(cm)	Δ_{ortx} (cm)	W _{k,i} (KN)	$\sum W_k$ (KN)	$\sum V_{ix}$ (KN)	$\Theta_{ii,i}$	$\leq 0.12.(D/ChR)$
10	300	0,26	2288,01	2288,01	466,95	0,00431	0,048
9	300	0,27	2288,01	4576,02	753,04	0,00551	0,048
8	300	0,28	2288,01	6864,02	896,47	0,00702	0,048
7	300	0,27	2288,01	9152,03	970,21	0,00857	0,048
6	300	0,26	2288,01	11440,04	1031,75	0,00976	0,048
5	300	0,25	2288,01	13728,05	1122,04	0,01024	0,048
4	300	0,23	2288,01	16016,05	1256,62	0,00992	0,048
3	300	0,21	2288,01	18304,06	1422,92	0,00904	0,048
2	300	0,18	2288,01	20592,07	1594,32	0,00777	0,048
1	400	0,17	2350,23	22942,30	1734,74	0,00576	0,048

Tablo 4.21. X model için, (Y) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (MBY)

Kat	h _i (cm)	Δ_{orty} (cm)	W _{k,i} (KN)	$\sum W_k$ (KN)	V _{iy} (KN)	$\Theta_{ii,i}$	$\leq 0.12.(D/ChR)$
10	300	0,27	2288,01	2288,01	471,86	0,00429	0,048
9	300	0,28	2288,01	4576,02	777,82	0,00543	0,048
8	300	0,28	2288,01	6864,02	950,52	0,00685	0,048
7	300	0,29	2288,01	9152,03	1051,92	0,00828	0,048
6	300	0,28	2288,01	11440,04	1131,82	0,00948	0,048
5	300	0,27	2288,01	13728,05	1228,36	0,01018	0,048
4	300	0,26	2288,01	16016,05	1359,52	0,01029	0,048
3	300	0,25	2288,01	18304,06	1517,50	0,00993	0,048
2	300	0,23	2288,01	20592,07	1679,40	0,00927	0,048
1	400	0,27	2350,23	22942,30	1811,78	0,00849	0,048

Tablo 4.22. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (MBY)

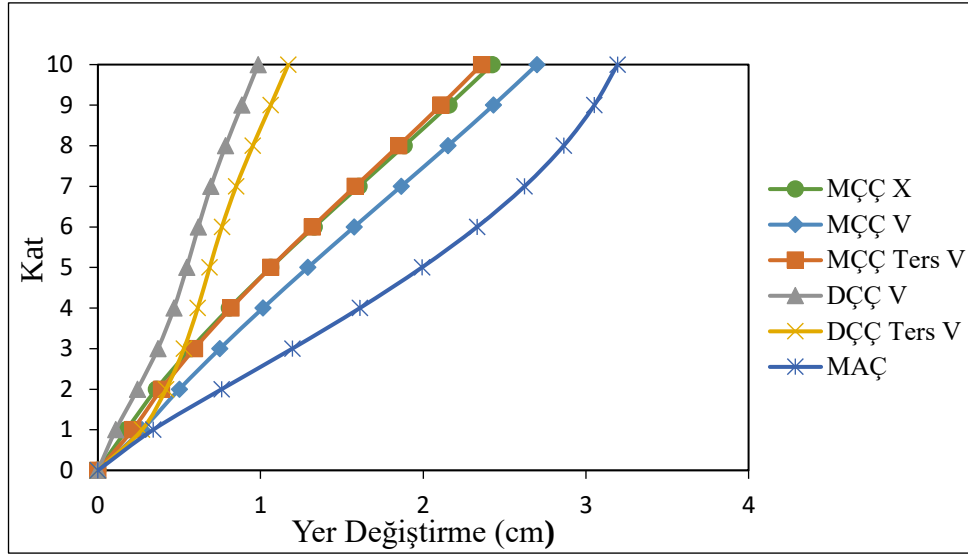
Model	$\Theta_{Xii,imax}$	$\Theta_{Yii,imax}$	$\leq 0.12.(D/ChR)$
MÇÇ X	0,0102406	0,0102924	0,048
MÇÇ V	0,0130266	0,0097348	0,048
MÇÇ Ters V	0,0097545	0,0078539	0,048
DÇÇ V	0,0019557	0,0015948	0,0375
DÇÇ Ters V	0,0025181	0,0021065	0,0375
MAÇ	0,0446050	0,0449735	0,045

4.11.6.6. Yerdeğiştirme verileri

Aşağıda verilen tablo ve grafikler farklı kat ve farklı yapı modeline ait yer değiştirmelerini göstermektedir. Maksimum tepe noktası yerdeğiştirme miktarı kat adedine, çerçeve türüne ve çaprazların konumuna göre değişmektedir. Bu tez çalışmasında sadece merkezi çelik çaprazlar kullanıldığı için maksimum tepe noktası yer değiştirmesi kat adedine ve çapraz türüne göre değişmektedir.

Tablo 4.23. X Eksenindeki Kat Hızasında Yerdeğiştirmeler (MBY)

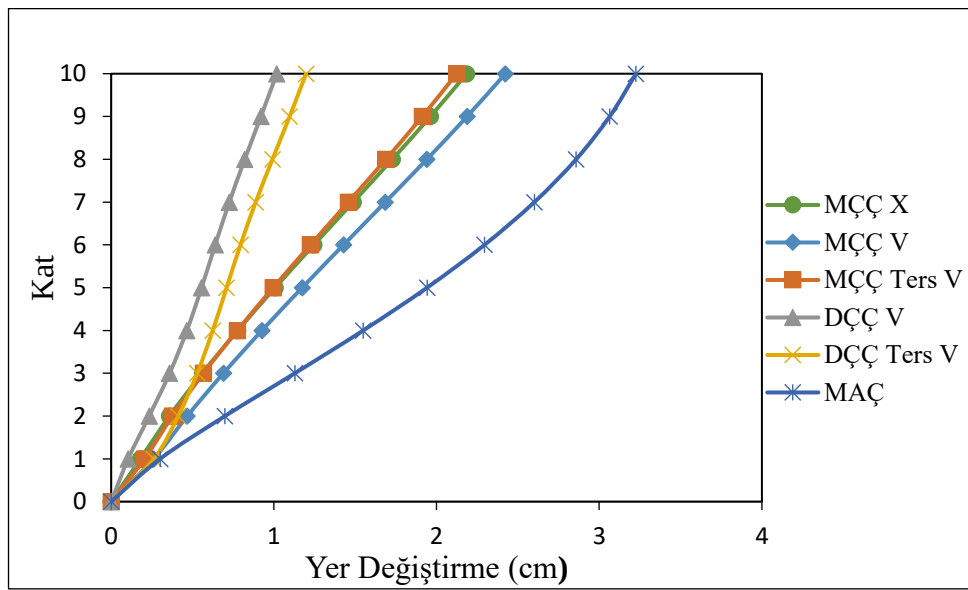
Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,18	0,27	0,21	0,11	0,27	0,34
2	0,36	0,50	0,39	0,24	0,42	0,76
3	0,57	0,75	0,59	0,37	0,53	1,20
4	0,81	1,02	0,82	0,47	0,61	1,61
5	1,06	1,29	1,06	0,55	0,69	1,99
6	1,33	1,58	1,32	0,62	0,76	2,33
7	1,61	1,86	1,58	0,70	0,85	2,62
8	1,88	2,15	1,85	0,79	0,95	2,86
9	2,16	2,43	2,11	0,89	1,06	3,05
10	2,42	2,70	2,36	0,99	1,17	3,20



Şekil 4.20. X Eksenindeki Kat Hizasında Yerdeğiştirmeler (MBY)

Tablo 4.24. Y Eksenindeki Kat Hizasında Yerdeğiştirmeler (MBY)

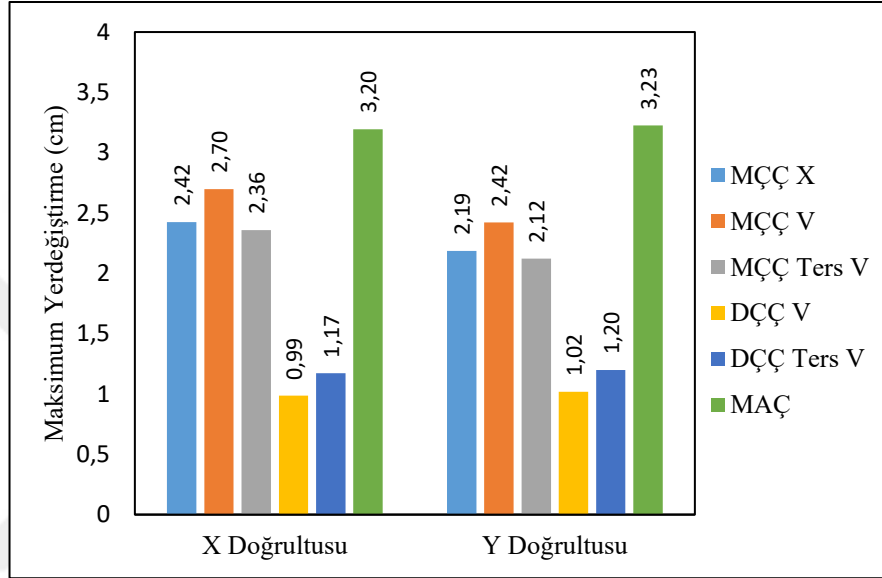
Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,18	0,26	0,21	0,11	0,26	0,30
2	0,36	0,47	0,38	0,23	0,41	0,70
3	0,56	0,69	0,57	0,36	0,53	1,13
4	0,78	0,93	0,78	0,47	0,62	1,55
5	1,01	1,17	1,00	0,56	0,71	1,94
6	1,25	1,43	1,23	0,64	0,80	2,30
7	1,49	1,69	1,46	0,73	0,89	2,60
8	1,73	1,94	1,69	0,82	0,99	2,86
9	1,96	2,19	1,91	0,92	1,10	3,06
10	2,19	2,42	2,12	1,02	1,20	3,23



Şekil 4.21. (Y) Eksenindeki Kat Hizasında Yerdeğiştirmeler (MBY)

Tablo 4.25. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (MBY)

Model	X (cm)	Y (cm)
MÇÇ X	2,42	2,19
MÇÇ V	2,70	2,42
MÇÇ Ters V	2,36	2,12
DÇÇ V	0,99	1,02
DÇÇ Ters V	1,17	1,20
MAÇ	3,20	3,23



Şekil 4.22. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (MBY)

4.11.6.7. A1 burulma düzensizliğin kontrolü

Yapı düzensizlik kontrolleri TBDY-2018 açısından büyük önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında yapı modellerinin düzensizlik kontrolleri TBDY-2018'e göre yapılmıştır. Ayrıca diğer düzensizlik türlerin kontrolü ise özet olarak verilmiştir. Burulma düzensizliği, plan düzleminde yani yatayda meydana gelir.

$$\Delta_{ort} = (\Delta_{min} + \Delta_{mak}) / 2 \quad (4.40)$$

Eğer en büyük görelî kat ötelemesi, ortalama görelî kat ötelemesinin 1,2 katından daha büyük ise binada A1 burulma düzensizliği mevcuttur.

Tablo 4.26. X Modeline Ait (X) Doğrultusundaki Burulma Düzensizliği Katsayıları (MBY)

Kat	$\Delta_{\min}(\text{cm})$	$\Delta_{\text{ort}}(\text{cm})$	$\Delta_{\text{mak}}(\text{cm})$	η_{bi}
10	0,26	0,26	0,27	1,010
9	0,27	0,27	0,27	1,011
8	0,27	0,28	0,28	1,011
7	0,27	0,27	0,28	1,011
6	0,26	0,26	0,27	1,011
5	0,25	0,25	0,25	1,011
4	0,23	0,23	0,24	1,012
3	0,21	0,21	0,21	1,011
2	0,18	0,18	0,18	1,012
1	0,17	0,17	0,18	1,013

Tablo 4.27. X Modeline Ait (Y) Doğrultusundaki Burulma Düzensizliği Katsayıları (MBY)

Kat	$\Delta_{\min}(\text{cm})$	$\Delta_{\text{ort}}(\text{cm})$	$\Delta_{\text{mak}}(\text{cm})$	η_{bi}
10	0,21	0,22	0,22	1,026
9	0,22	0,23	0,23	1,026
8	0,23	0,23	0,24	1,027
7	0,23	0,24	0,24	1,026
6	0,23	0,23	0,24	1,026
5	0,22	0,22	0,23	1,026
4	0,21	0,21	0,22	1,026
3	0,19	0,20	0,20	1,026
2	0,17	0,17	0,18	1,026
1	0,17	0,18	0,18	1,027

Tablo 4.28. Tüm Modellere ve Katlarına Ait (X) Doğrultusundaki Burulma Düzensizliği Oranı (MBY)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇR Ters V	MAÇ
10	1,024	1,024	1,024	1,021	1,017	1,043
9	1,025	1,025	1,026	1,024	1,019	1,041
8	1,026	1,025	1,026	1,027	1,021	1,038
7	1,027	1,026	1,027	1,032	1,026	1,036
6	1,027	1,026	1,028	1,036	1,030	1,035
5	1,028	1,027	1,028	1,033	1,032	1,034
4	1,029	1,027	1,029	1,026	1,024	1,034
3	1,030	1,028	1,031	1,022	1,021	1,034
2	1,032	1,029	1,034	1,019	1,017	1,037
1	1,036	1,032	1,039	1,017	1,015	1,035

Tablo 4.29. Tüm Modellere ve Katlarına Ait (Y) Doğrultusundaki Burulma Düzensizliği Oranı (MBY)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇR Ters V	MAÇ
10	1,043	1,043	1,043	1,052	1,046	1,077
9	1,044	1,044	1,044	1,059	1,051	1,073
8	1,044	1,045	1,045	1,060	1,054	1,069
7	1,045	1,046	1,045	1,067	1,059	1,066
6	1,045	1,046	1,047	1,069	1,064	1,063
5	1,045	1,047	1,047	1,064	1,060	1,061
4	1,046	1,048	1,047	1,054	1,051	1,060
3	1,047	1,049	1,049	1,050	1,042	1,061
2	1,048	1,050	1,052	1,057	1,040	1,063
1	1,051	1,051	1,058	1,039	1,055	1,064

Bütün modellerin X ve Y yönündeki burulma katsayısı 1.2'den küçük olması için her 3 modelde de burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

4.11.6.8. A2 döşeme süreksizliği düzensizliğin kontrolü

TBDY-18 Tablo 3.6. düzensiz binalar tablosuna istinaden bu yapı modellerinde herhangi bir döşeme boşluğu bulunmadığı için A2 düzensizlik de bulunmamaktadır.

4.11.6.9. A3 planda çıkıntı düzensizliğin kontrolü

Her 6 yapı modelin planı dikdörtgen olduğu ve planda herhangi bir çıkıntı olmamasından dolayı bu yapı modellerinde A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.11.6.10. B1 zayıf kat düzensizliğin kontrolü

Her 6 yapı modelin planındaki kolonların boyutu yükseklik boyunca aynı olduğu için toplam etkili kesme alanı da bütün katlarda aynı olmaktadır. Bundan dolayı bu yapı modellerinde B1 zayıf kat düzensizliği bulunmamaktadır.

4.11.6.11. B2 yumuşak kat düzensizliğin kontrolü

Her 6 yapı modelin analiz verileri incelendiğinde; belirli bir katta meydana gelen görelî kat ötelemesinin oranı bir üst veya bir alt katta meydana gelen görelî kat ötelemesinin 2 katından büyük olmaması için bu yapı modellerinde B2 yumuşak kat düzensizliği bulunmamaktadır.

4.11.6.12. B3 düzensizliğin kontrolü

Bütün yapı modellerinde tüm taşıyıcı elemanlar sürekli bir şekilde olduğundan dolayı bu yapı modellerinde B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında düzensizlik bulunmamaktadır.

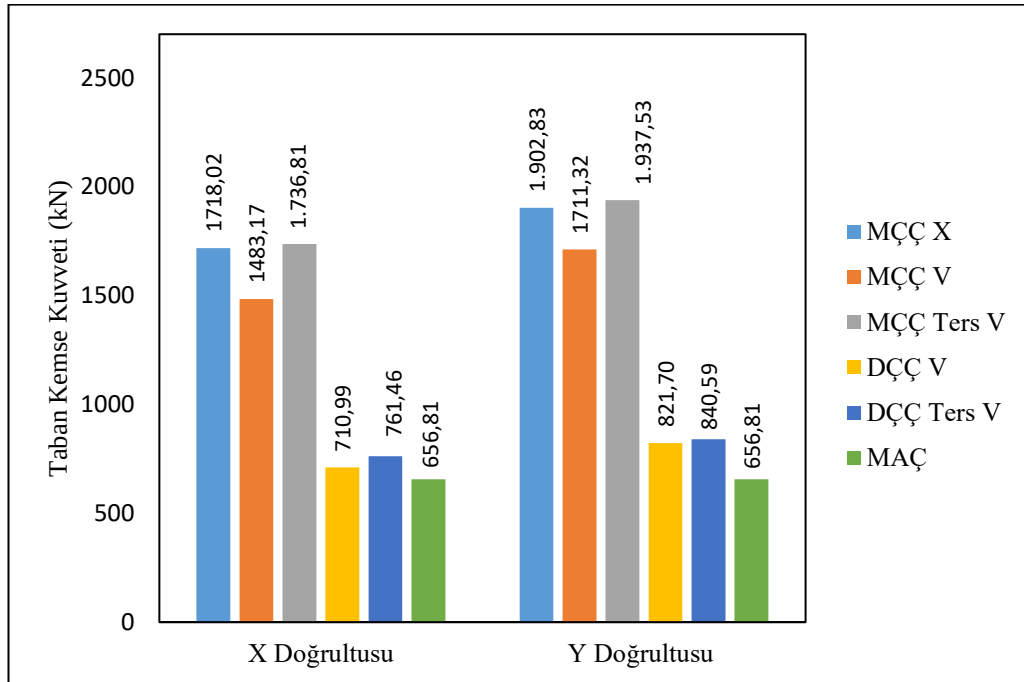
4.12. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Analiz

Tez için örnek teşkil edecek yapı modelleri bilgisayar ortamında modellendikten sonra analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizden çıkan X ve Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu ve model ağırlıkları göz önünde bulundurularak taban kesme kuvveti elde edilir. Elde edilen bu taban kesme kuvveti %5 dış merkezlilik dikkate alınarak, katlara dağıtılarak yapı modellerine etki ettirilir. Yeniden modellerin analizi gerçekleştirilir ve gerçek sonuçları elde edilmektedir. Bu sonuçlar tablo ve grafik şeklinde aşağıda özetlenmiştir. Kontrol gerektiren verilerin kontrolü de ayrıca sağlanmıştır.

4.12.1. Modellerin (X) ve (Y) doğrultuda taban kesme kuvveti

Tablo 4.30. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti (EDYY)

Modeller	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
MÇÇ X	1718,02	1902,83
MÇÇ V	1483,17	1711,32
MÇÇ TersV	1736,81	1937,53
DÇÇ V	710,99	821,70
DÇÇ Ters	761,46	840,59
MAÇ	656,81	656,81



Şekil 4.23. Modellerin (X) ve (Y) Doğrultusunda Toplam Kat Kesme Kuvveti (EDYY)

4.12.2. Taban kesme kuvvetinin katlara dağılımı

X çaprazına sahip modelden elde edilen veriler detaylı olarak anlatılmış, diğer modellerden elde edilen veriler tablo şeklinde özetlenmiştir.

$$\Delta F_{NE} = 0,0075.N.V_{tE} \quad (4.41)$$

$$\Delta F_{NE(X)} = 0,0075.N.V_{tE(X)} = 0,0075.10.1718,0197 = 128,85148 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE(Y)} = 0,0075.N.V_{tE(Y)} = 0,0075.10.1902,8293 = 142,7122 \text{ kN}$$

$$F_{iE} = (V_{tE} - \Delta F_{NE}) \frac{m_i.H_i}{\sum_{j=1}^N m_i.H_i} \quad (4.42)$$

Tablo 4.31. X Model için (X) Doğrultusunda Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetlerin Katlara Dağılımı (EDYY)

Kat	Mi (kN sn ² /m)	Hi (cm)	Mi.Hi	(wi.Hi)/(Σwi.Hi)	VtEx (kN)	ΔFNE	FiE (kN)
10	233,31	3100	723266,58	0,177			410,19
9	233,31	2800	653273,04	0,160			254,11
8	233,31	2500	583279,50	0,143			226,88
7	233,31	2200	513285,96	0,126			199,66
6	233,31	1900	443292,42	0,109	1718,02	128,85	172,43
5	233,31	1600	373298,88	0,091			145,21
4	233,31	1300	303305,34	0,074			117,98
3	233,31	1000	233311,80	0,057			90,75
2	233,31	700	163318,26	0,040			63,53
1	239,66	400	95863,52	0,023			37,29
Σ	2339,47		4085495,30	1			1718,02

Tablo 4.32. X Model için (Y) Doğrultusunda Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetlerin Katlara Dağılımı (EDYY)

Kat	Mi (kN sn ² /m)	Hi (cm)	Mi.Hi	(wi.Hi)/(Σwi.Hi)	VtEx (kN)	ΔFNE	FiE (kN)
10	233,31	3100	723266,58	0,177			454,31
9	233,31	2800	653273,04	0,160			281,44
8	233,31	2500	583279,50	0,143			251,29
7	233,31	2200	513285,96	0,126			221,13
6	233,31	1900	443292,42	0,109	1902,83	142,71	190,98
5	233,31	1600	373298,88	0,091			160,82
4	233,31	1300	303305,34	0,074			130,67
3	233,31	1000	233311,80	0,057			100,52
2	233,31	700	163318,26	0,040			70,36
1	239,66	400	95863,52	0,023			41,30
Σ	2339,47		4085495,30	1			1902,83

Tablo 4.33. Modellerin (X) Doğrultusunda Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetlerin Katlara Dağılımı (EDYY)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
10	410,19	354,12	414,67	169,75	181,80	156,82
9	254,11	219,37	256,89	105,16	112,63	97,15

Tablo 4.33. (Devamı)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
8	226,88	195,87	229,37	93,89	100,56	86,75
7	199,66	172,37	201,84	82,63	88,49	76,34
6	172,43	148,86	174,32	71,36	76,43	65,93
5	145,21	125,36	146,79	60,09	64,36	55,52
4	117,98	101,85	119,27	48,83	52,29	45,11
3	90,75	78,35	91,75	37,56	40,22	34,70
2	63,53	54,84	64,22	26,29	28,16	24,29
1	37,29	32,19	37,70	15,43	16,53	14,22
Σ	1718,02	1483,17	1736,81	710,99	761,46	656,81

Tablo 4.34. Modellerin (Y) Doğrultusunda Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetlerin Katlara Dağılımı (EDYY)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
10	454,31	408,59	462,60	196,18	200,70	156,82
9	281,44	253,12	286,58	121,54	124,33	97,15
8	251,29	226,00	255,87	108,51	111,01	86,75
7	221,13	198,88	225,17	95,49	97,69	76,34
6	190,98	171,76	194,46	82,47	84,37	65,93
5	160,83	144,64	163,76	69,45	71,05	55,52
4	130,67	117,52	133,05	56,43	57,73	45,11
3	100,52	90,40	102,35	43,41	44,40	34,70
2	70,36	63,28	71,64	30,38	31,08	24,29
1	41,30	37,14	42,05	17,84	18,25	14,22
Σ	1902,83	1711,32	1937,53	821,70	840,59	656,81

4.12.3. Görelî kat öteleme oranların kontrolü

Tablo 4.35. X model için, (X) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (EDYY)

Kat	hi(cm)	uix(cm)	$\Delta_{max}(cm)$	$\delta_{ix} = R \cdot \Delta_{ix}/I$	δ_{ix} / h_i	$\lambda \delta_{ix}/h_i$
10	300	3,27	0,36	1,80	0,00600	0,00246
9	300	2,91	0,37	1,86	0,00619	0,00254
8	300	2,54	0,38	1,90	0,00632	0,00259
7	300	2,16	0,38	1,90	0,00634	0,00260
6	300	1,78	0,37	1,86	0,00621	0,00255
5	300	1,40	0,36	1,78	0,00592	0,00243
4	300	1,05	0,33	1,63	0,00545	0,00223
3	300	0,72	0,29	1,43	0,00478	0,00196
2	300	0,43	0,23	1,16	0,00387	0,00159
1	400	0,20	0,20	1,01	0,00252	0,00103

Tablo 4.36. X model için, (Y) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (EDYY)

KAT	h _i (cm)	u _{iy} (cm)	Δ_{iy} (cm)	$\delta_{iy} = R \cdot \Delta_{iy}/I$	δ_{iy} / h_i	$\lambda \delta_{iy}/h_i$
10	300	2,94	0,30	1,51	0,00505	0,00207
9	300	2,64	0,32	1,59	0,00529	0,00217
8	300	2,32	0,33	1,64	0,00548	0,00225
7	300	1,99	0,33	1,67	0,00557	0,00228
6	300	1,66	0,33	1,66	0,00553	0,00227
5	300	1,33	0,32	1,60	0,00535	0,00219
4	300	1,01	0,30	1,50	0,00501	0,00205
3	300	0,71	0,27	1,35	0,00450	0,00185
2	300	0,44	0,23	1,13	0,00377	0,00155
1	400	0,21	0,21	1,05	0,00262	0,00107

Tablo 4.37. Modellere Ait Her İki Eksen Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (EDYY)

Model	$\lambda(\delta_{ix}/h_i)$	
	X Doğrultu	Y Doğrultu
MÇÇ X	0,00259	0,00228
MÇÇ V	0,00272	0,00224
MÇÇ Ters V	0,00250	0,00208
DÇÇ V	0,00356	0,00774
DÇÇ Ters V	0,00297	0,00796
MAÇ	0,00799	0,00796

4.12.4. İkinci mertebe etkilerin kontrolü

Tablo 4.38. X model için, (X) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (EDYY)

Kat	$h_i(\text{cm})$	$\Delta_{ortx}(\text{cm})$	$W_{k,i}(\text{KN})$	$\Sigma W_k(\text{KN})$	$\Sigma V_{ix}(\text{KN})$	$\Theta_{ii,i}$	$\leq 0.12.(D/ChR)$
10	300	0,35	2317,25	2317,25	410,19	0,00661	0,048
9	300	0,36	2317,25	4634,51	664,30	0,00843	0,048
8	300	0,37	2317,25	6951,76	891,18	0,00962	0,048
7	300	0,37	2317,25	9269,01	1090,84	0,01049	0,048
6	300	0,36	2317,25	11586,27	1263,27	0,01109	0,048
5	300	0,35	2317,25	13903,52	1408,47	0,01137	0,048
4	300	0,32	2317,25	16220,77	1526,45	0,01126	0,048
3	300	0,28	2317,25	18538,02	1617,20	0,01064	0,048
2	300	0,23	2317,25	20855,28	1680,73	0,00931	0,048
1	400	0,19	2376,75	23232,03	1718,02	0,00658	0,048

Tablo 4.39. X model için, (Y) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri (EDYY)

Kat	$h_i(\text{cm})$	$\Delta_{orty}(\text{cm})$	$W_{k,i}(\text{KN})$	$\Sigma W_k(\text{KN})$	$V_{iy}(\text{KN})$	$\Theta_{ii,i}$	$\leq 0.12.(D/ChR)$
10	300	0,29	2317,25	2317,25	454,31	0,00494	0,048
9	300	0,30	2317,25	4634,51	735,75	0,00638	0,048
8	300	0,31	2317,25	6951,76	987,04	0,00739	0,048
7	300	0,32	2317,25	9269,01	1208,18	0,00818	0,048
6	300	0,32	2317,25	11586,27	1399,16	0,00876	0,048
5	300	0,31	2317,25	13903,52	1559,98	0,00912	0,048
4	300	0,29	2317,25	16220,77	1690,65	0,00919	0,048
3	300	0,26	2317,25	18538,03	1791,17	0,00890	0,048
2	300	0,22	2317,25	20855,28	1861,53	0,00806	0,048
1	400	0,20	2376,75	23232,03	1902,83	0,00608	0,048

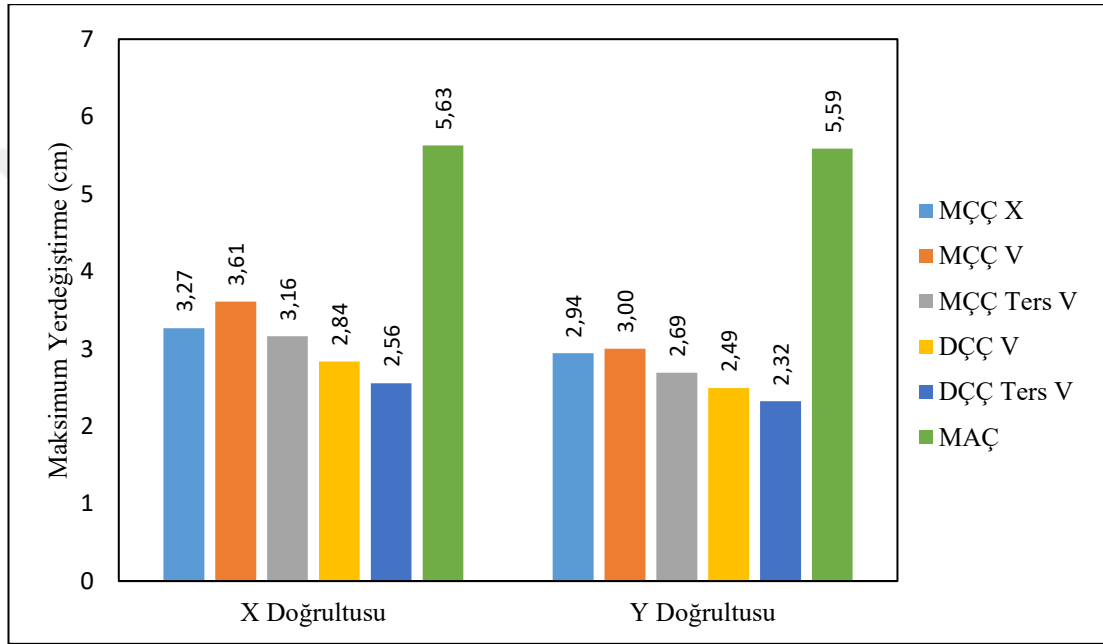
Tablo 4.40. Modellerin İkinci Mertebe Etkilerin Kontrolü (EDYY)

Model	$\Theta_{xii,\text{imax}}$	$\Theta_{yii,\text{imax}}$	$\leq 0.12.(D/ChR)$
MÇÇ X	0,01137	0,00919	0,048
MÇÇ V	0,01429	0,01010	0,048
MÇÇ Ters V	0,01072	0,00813	0,048
DÇÇ V	0,02656	0,02066	0,038
DÇÇ Ters V	0,02127	0,01863	0,038
MAÇ	0,04497	0,04454	0,045

4.12.5. Modellerin (X) ve (Y) doğrultuda maksimum yerdeğiştirmesi

Tablo 4.41. (X) ve (Y) Doğrultusundaki Maksimum Yerdeğiştirmeleri (cm) (EDYY)

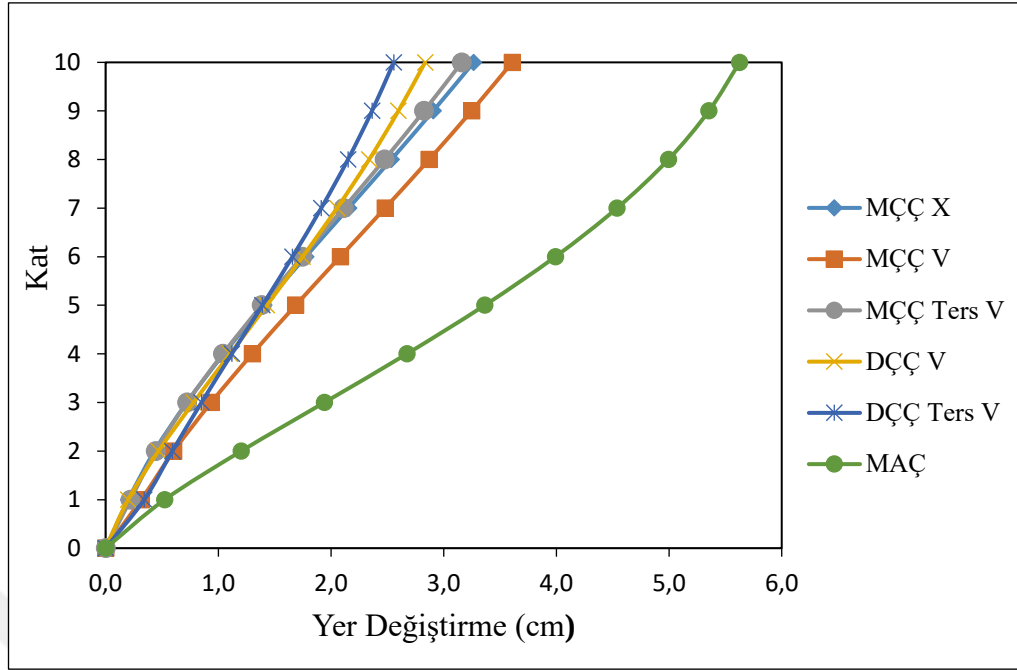
Model	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
MÇÇ X	3,27	2,94
MÇÇ V	3,61	3,00
MÇÇ Ters V	3,16	2,69
DÇÇ V	2,84	2,49
DÇÇ Ters V	2,56	2,32
MAÇ	5,63	5,59



Şekil 4.24. (X) ve (Y) Doğrultusundaki Maksimum Yerdeğiştirmeleri (cm) (EDYY)

Tablo 4.42. Modellerin Bütün Katların X Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (EDYY)

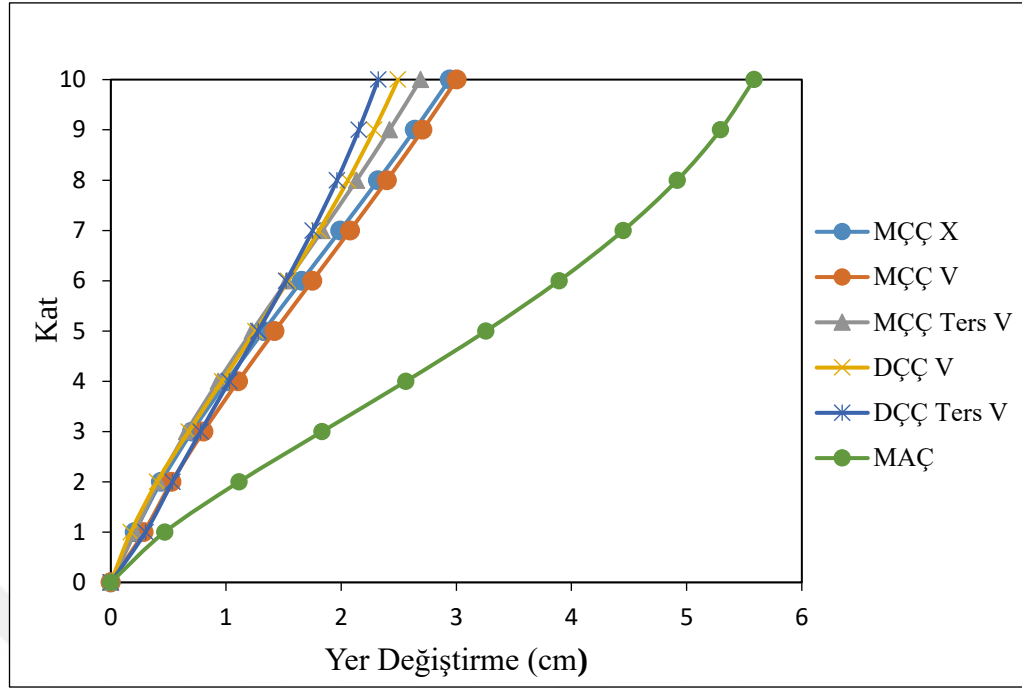
KAT	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,202	0,316	0,221	0,200	0,343	0,525
2	0,434	0,605	0,445	0,469	0,593	1,204
3	0,721	0,937	0,722	0,780	0,851	1,941
4	1,048	1,301	1,040	1,104	1,120	2,673
5	1,403	1,686	1,385	1,430	1,392	3,364
6	1,776	2,082	1,746	1,749	1,659	3,991
7	2,156	2,480	2,113	2,054	1,914	4,538
8	2,535	2,871	2,475	2,338	2,151	4,994
9	2,907	3,248	2,826	2,598	2,364	5,353
10	3,266	3,609	3,161	2,835	2,557	5,626



Şekil 4.25. Modellerin Bütün Katların X Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (EDYY)

Tablo 4.43. Modellerin Bütün Katların Y Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (EDYY)

KAT	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,209	0,287	0,211	0,175	0,302	0,468
2	0,435	0,529	0,414	0,401	0,536	1,114
3	0,706	0,804	0,659	0,676	0,779	1,835
4	1,006	1,105	0,933	0,966	1,029	2,563
5	1,327	1,424	1,227	1,256	1,279	3,257
6	1,659	1,750	1,531	1,539	1,523	3,893
7	1,993	2,077	1,836	1,809	1,753	4,450
8	2,321	2,398	2,135	2,060	1,965	4,918
9	2,639	2,708	2,420	2,287	2,153	5,294
10	2,942	3,003	2,690	2,494	2,322	5,586



Şekil 4.26. Modellerin Bütün Katların (Y) Doğrultusunda Maksimum Yerdeğiştirmesi (EDYY)

4.12.6. Yapı modellerin düzensizlik kontrolü

Tablo 4.44. X Modeline Ait (X) Eksenli Burulma Düzensizliği Katsayıları (EDYY)

KAT	$\Delta_{min}(cm)$	$\Delta_{ort}(cm)$	$\Delta_{mak}(cm)$	η_{bi}
10	0,342	0,351	0,360	1,024
9	0,353	0,362	0,372	1,025
8	0,360	0,370	0,379	1,026
7	0,360	0,370	0,380	1,027
6	0,353	0,363	0,373	1,027
5	0,336	0,346	0,355	1,028
4	0,309	0,318	0,327	1,029
3	0,270	0,279	0,287	1,030
2	0,218	0,225	0,232	1,032
1	0,188	0,195	0,202	1,036

Tablo 4.45. X Modeline Ait (Y) Eksenli Burulma Düzensizliği Katsayıları (EDYY)

Kat	$\Delta_{min}(cm)$	$\Delta_{ort}(cm)$	$\Delta_{mak}(cm)$	η_{bi}
10	0,278	0,290	0,303	1,043
9	0,291	0,304	0,317	1,044
8	0,301	0,315	0,329	1,044
7	0,305	0,320	0,334	1,045
6	0,303	0,317	0,332	1,045
5	0,293	0,307	0,321	1,045
4	0,274	0,287	0,301	1,046
3	0,246	0,258	0,270	1,047
2	0,206	0,216	0,226	1,048
1	0,189	0,199	0,209	1,051

Tablo 4.46. (X) Doğrultusunda Tüm Modellerin Katlarına Ait Burulma Düzensizliği Katsayısı (EDYY)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
10	1,024	1,024	1,024	1,025	1,027	1,080
9	1,025	1,025	1,026	1,026	1,028	1,078
8	1,026	1,025	1,026	1,028	1,030	1,078
7	1,027	1,026	1,027	1,028	1,031	1,077
6	1,027	1,026	1,028	1,029	1,032	1,077
5	1,028	1,027	1,028	1,030	1,033	1,076
4	1,029	1,027	1,029	1,031	1,034	1,073
3	1,030	1,028	1,031	1,032	1,035	1,069
2	1,032	1,029	1,034	1,035	1,037	1,061
1	1,036	1,032	1,039	1,029	1,038	1,055

Tablo 4.47. (Y) Doğrultusunda Tüm Modellerin Katlarına Ait Burulma Düzensizliği Katsayısı (EDYY)

Kat	MÇÇ X	MÇÇ V	MÇÇ Ters V	DÇÇ V	DÇÇ Ters V	MAÇ
10	1,043	1,043	1,043	1,044	1,044	1,100
9	1,044	1,044	1,044	1,046	1,046	1,101
8	1,044	1,045	1,045	1,049	1,049	1,102
7	1,045	1,046	1,045	1,050	1,050	1,102
6	1,045	1,046	1,047	1,051	1,051	1,103
5	1,045	1,047	1,047	1,052	1,052	1,104
4	1,046	1,048	1,047	1,053	1,053	1,106
3	1,047	1,049	1,049	1,050	1,054	1,109
2	1,048	1,050	1,052	1,033	1,048	1,118
1	1,051	1,051	1,058	1,045	1,012	1,123

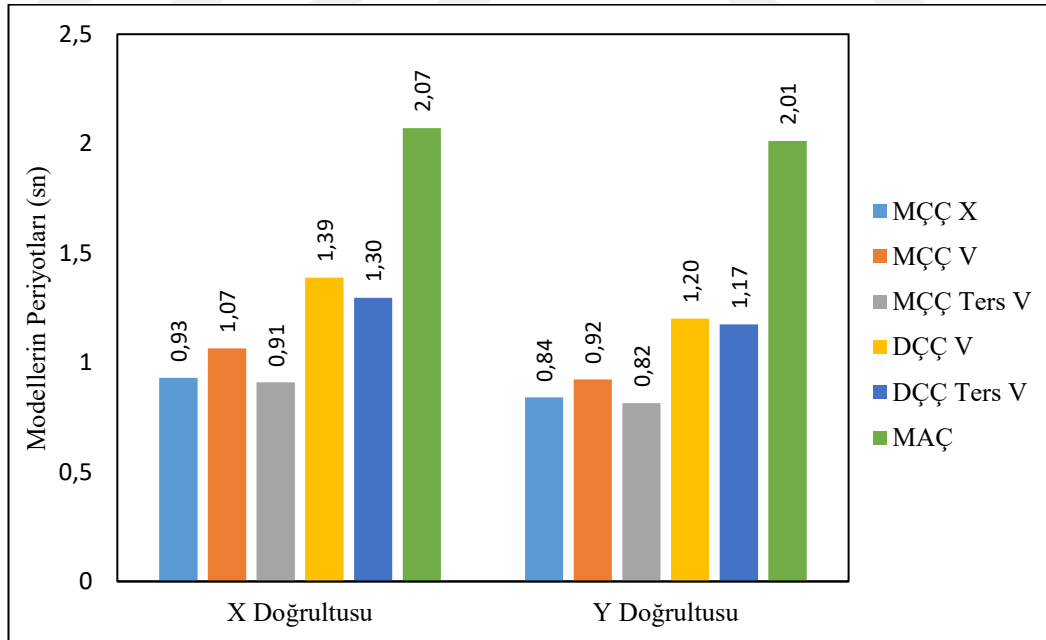
Tablo 4.48. Modellerin Düzensizlik Kontrolleri (EDYY)

Düzensizlik Türü	Var	Yok
A1 Döşeme Süreksizliği		√
A2 Döşeme Süreksizliği		√
A3 Planda Çıkıntılar Düzensizliği		√
B1 Komşu Katlar Arası Düzensizliği (Zayıf Kat)		√
B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)		√
B3 Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizliği		√

4.13. Araştırma ve Bulgular

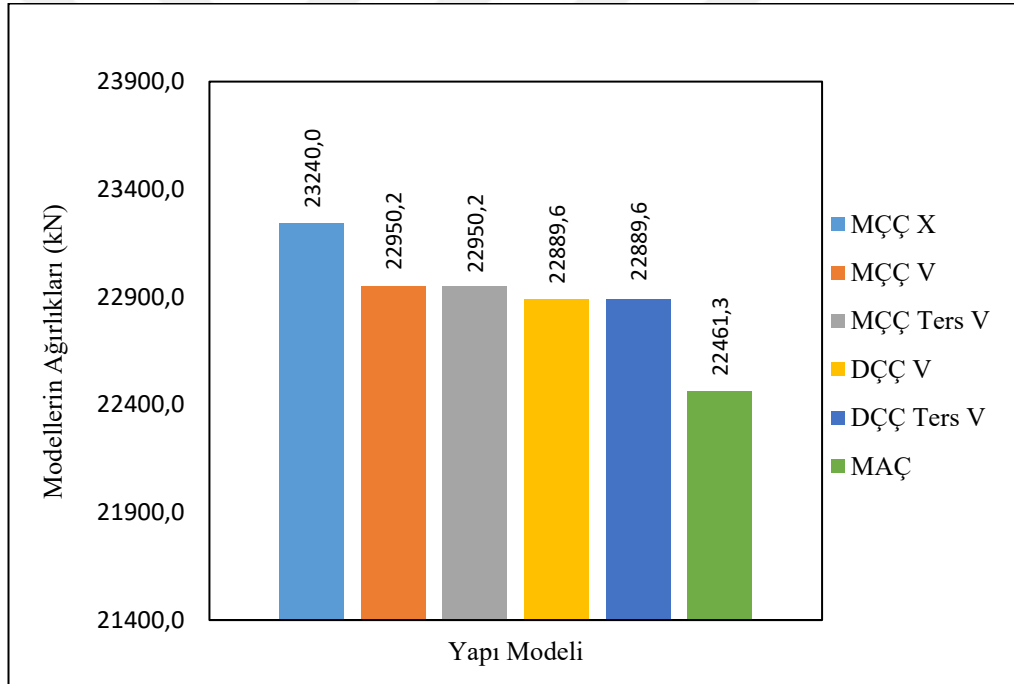
Literatür kısmında da belirtildiği gibi TBDY-2018 ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Fakat bu çalışmaların çoğunda tasarım yöntemlerinden YDKT ve GKT karşılaştırılmıştır. Bu tez çalışmasında ise doğrusal analiz yöntemlerinden Mod Birleştirme ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi karşılaştırılacaktır. Yapı modellerin analizinden elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların kontrolleri yukarıda her iki yöntem için ayrı ayrı verilmiştir. Bu kısımda ise Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemleriyle hesaplanan sonuçlar karşılaştırılıp yorumlara yer verilmiştir.

- Yapı planı dikdörtgen olup (24x21)m boyutundadır. Karşılaştırmalarda X eksen, uzun doğrultu ve Y eksen ise kısa doğrultu olarak ifade edilecektir.
- Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerinde yapı modellerin doğal titreşim periyotları her iki yönde aynıdır. Zira yapı modellerin periyotları yöntemden bağımsız olup, rijitlik ve kütleyle bağlıdır.
- Mod Birleştirme ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemlerine göre yapı modellerin periyotları incelendiğinde; X ve Y deprem doğrultusunda en büyük doğal titreşim periyodu çaprazsız çerçeve modeline ve en küçük doğal titreşim periyodu ise Ters V çaprazına sahip MÇÇ modeline aittir.
- Her iki deprem doğrultusunda çaprazsız çerçeve modeli büyük doğal titreşim periyodu verirken, MÇÇ modelleri küçük doğal titreşim periyodu vermiştir. Yani MÇÇ sistemlerin periyotları hem çaprazsız ve hem DÇÇ sistemlerinden küçüktür.
- X ekseninde bulunan yapı planının uzun doğrultusundaki doğal titreşim periyotları, Y ekseninde bulunan kısa doğrultusundaki doğal titreşim periyotlarından büyük çıkmıştır.



Şekil 4.27. MBY ve EDYY için (X) ve (Y) Doğrultuda Yapı Modellerin Doğal Titreşim Periyotları

- Yapı modellerin ağırlıkları, bütün modellerde aynıdır. Zira yapı modellerin ağırlıkları da analiz yönteminden bağımsız olarak sadece kullanılan elemanların ağırlığına bağlıdır.
- Yapı modellerin ağırlıkları incelendiğinde; MÇÇ X model en ağır model ve ve hafif model ise Çaprazsız modeldir. Bunun nedeni de, MÇÇ X modelinde en uzun çaprazların kullanılması ve diğerinde hiç çapraz kullanmamasıdır.
- MÇÇ ve DÇÇ'lerin V ve Ters V çaprazına sahip modellerin ağırlıkları aynıdır. Zira modelleri oluşturan bütün elemanlar aynı olup sadece çaprazlar birbirinin tersi olarak düzenlenmiştir.
- En ağır model olan MÇÇ X model, en hafif model olan Çaprazsızdan %3,35 ve DÇÇ modellerinden ise %1.51 daha ağırdır.

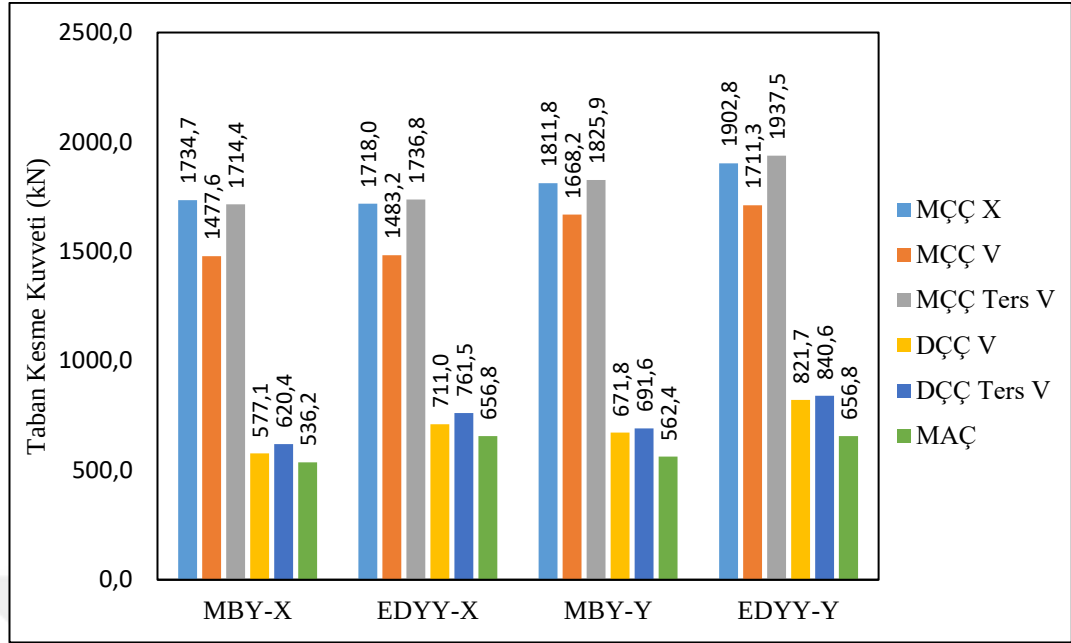


Şekil 4.28. MBY ve EDYY için Yapı Modellerin Ağırlıkları

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yönetmi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre en büyük taban kesme kuvvetleri MÇÇ modellerine ve en küçük taban kesme kuvveti ise çaprazsız modeline aittir. DÇÇ modelleri ve Çaprazsız çerçeve modeli ise birbirine çok yakın değere almıştır.
- Her 2 analiz yönteminde de yapı modellerin uzun doğrultusundaki taban kesme kuvveti, kısa doğrultusundaki taban kesme kuvvetinden daha küçük

çıkmiştir. Kısaca, yapı modellerin uzun doğrultusunda büyük taban kesme kuvveti değerleri meydana gelir.

- Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemleriyle hesaplanan taban kesme kuvveti değerleri kıyaslandığında; X çaprazına sahip modelin X doğrultusundaki taban kesme kuvveti hariç, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle hesaplanan değerler Mod Birleştirme Yöntemiyle hesaplanan değerlerden daha yüksek çıkmıştır.
- Çaprazsız çerçeve sisteminde Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde her iki yönde de taban kesme kuvveti aynıdır. Zira her iki deprem doğrultusunda periyot kontrolüne istinaden aynı periyot dikkate alınmıştı.
- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre yapı modellerin taban kesme kuvvetleri incelendiğinde; X doğrultusunda en büyük taban kesme kuvveti MÇÇ Ters V çaprazına sahip modeline ve en küçük taban kesme kuvveti çaprazsız çerçeve modeline aittir. MÇÇ Ters V çaprazına sahip modeline ait taban kesme kuvveti X doğrultusundaki çaprazsız modelinin taban kesme kuvvetinden %62,18 daha fazladır. Y doğrultusunda ise, en büyük taban kesme kuvveti Ters V çaprazına sahip modeline ve en küçük taban kesme kuvveti yeni çaprazsız çerçeve modeline aittir. Ters V çaprazına sahip modeline ait taban kesme kuvveti, Y doğrultusundaki çaprazsız çerçeve modelinin taban kesme kuvvetinden %66,10 daha fazladır.
- Mod Birleştirme Yöntemine göre yapı modellerin taban kesme kuvvetleri göre incelendiğinde; X doğrultusunda en büyük taban kesme kuvveti X çaprazına sahip modeline ve en küçük taban kesme kuvveti ise çaprazsız çerçeve modeline aittir. X çaprazına sahip modeline ait taban kesme kuvveti X doğrultusundaki çaprazsız çerçeve modelinin taban kesme kuvvetinden %69,09 daha fazladır. Y doğrultusunda ise, en büyük taban kesme kuvveti Ters V modeline ve en küçük taban kesme kuvveti çaprazsız çerçeve modeline aittir. Ters V çaprazına sahip modeline ait taban kesme kuvveti Y doğrultusundaki çaprazsız çerçeve modelinin taban kesme kuvvetinden %70,68 daha fazladır.

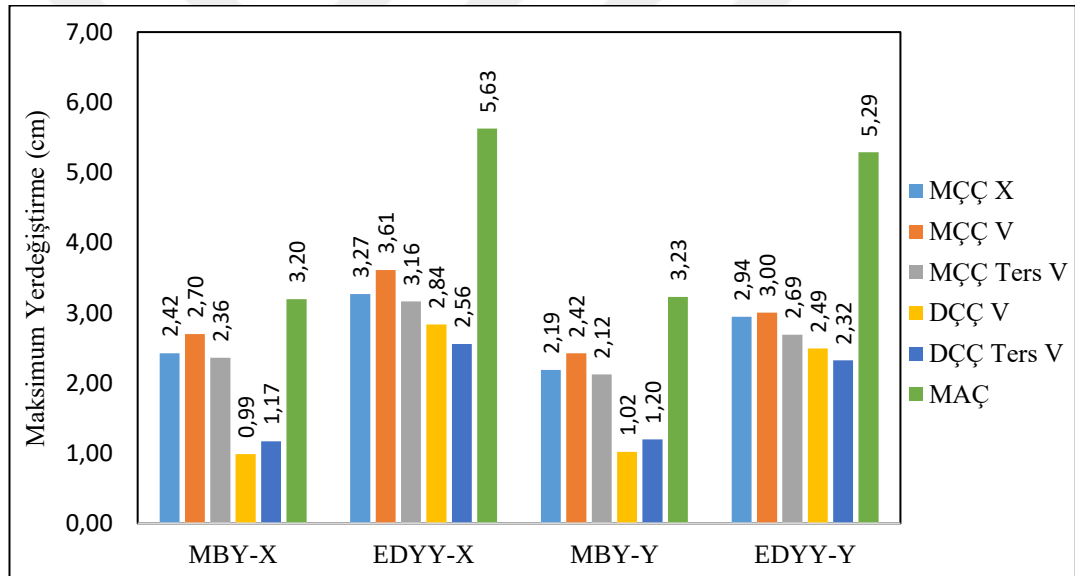


Şekil 4.29. MBY ve EDYY için Yapı Modellerin Taban Kesme Kuvveti

- Maksimum yer değiştirme değerleri her iki yöntem için ele alındığı zaman; X ve Y deprem doğrultusunda Mod Birleştirme Yönteminden elde edilen maksimum kat yer değiştirme değerleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminden elde edilen maksimum kat yer değiştirme değerlerinden daha küçük çıkmaktadır.
- Her iki yöntemde, her iki deprem doğrultusunda en büyük maksimum yerdeğiştirmesi çaprazsız çerçeve modeline aittir.
- Her iki deprem doğrultusunda en küçük maksimum yerdeğiştirme, Mod Birleştirme Yönteminde DÇPP V modeline ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde DÇÇ Ters V modeline aittir.
- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre yapı modellerin maksimum yer değiştirmeleri incelendiğinde; X doğrultusunda en büyük tepe noktası yer değiştirme çaprazsız çerçeve modeline ve en küçük tepe noktası yer değiştirmesi DÇÇ Ters V modeline aittir. X doğrultusundaki en büyük tepe noktası yer değiştirmesi en küçük tepe noktası yer değiştirmesinden %54,55 daha fazladır. Y doğrultusunda ise en büyük tepe noktası yer değiştirme çaprazsız çerçeve modeline ve en küçük tepe noktası yer değiştirmesi DÇÇ Ters V modeline aittir. X doğrultusundaki en büyük tepe noktası yer

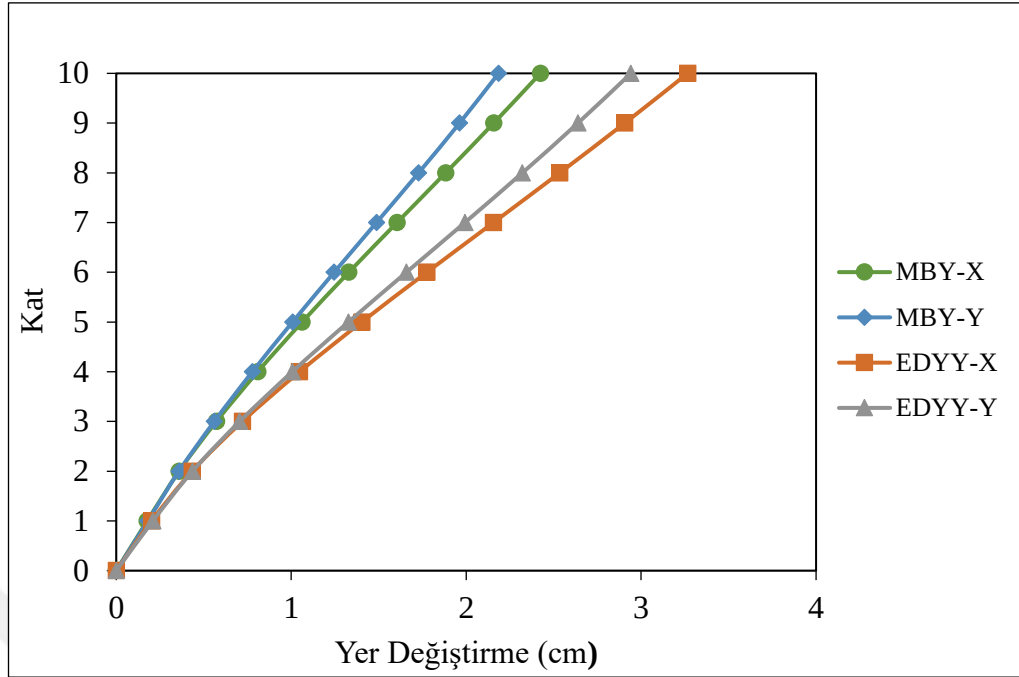
değiştirmesi en küçük tepe noktası yer değiştirmesinden %56,07 daha fazladır.

- Mod Birleştirme Yöntemine göre yapı modellerin maksimum yer değiştirmeleri incelendiğinde; X doğrultusunda en büyük tepe noktası yer değiştirme çaprazsız çerçeve modeline ve en küçük tepe noktası yer değiştirmesi DÇÇ V modeline aittir. X doğrultusundaki en büyük tepe noktası yer değiştirmesi en küçük tepe noktası yer değiştirmesinden %69,14 daha fazladır. Y doğrultusunda ise en büyük tepe noktası yer değiştirme çaprazsız çerçeve modeline ve en küçük tepe noktası yer değiştirmesi DÇÇ V modeline aittir. X doğrultusundaki en büyük tepe noktası yer değiştirmesi en küçük tepe noktası yer değiştirmesinden %68,44 daha fazladır.

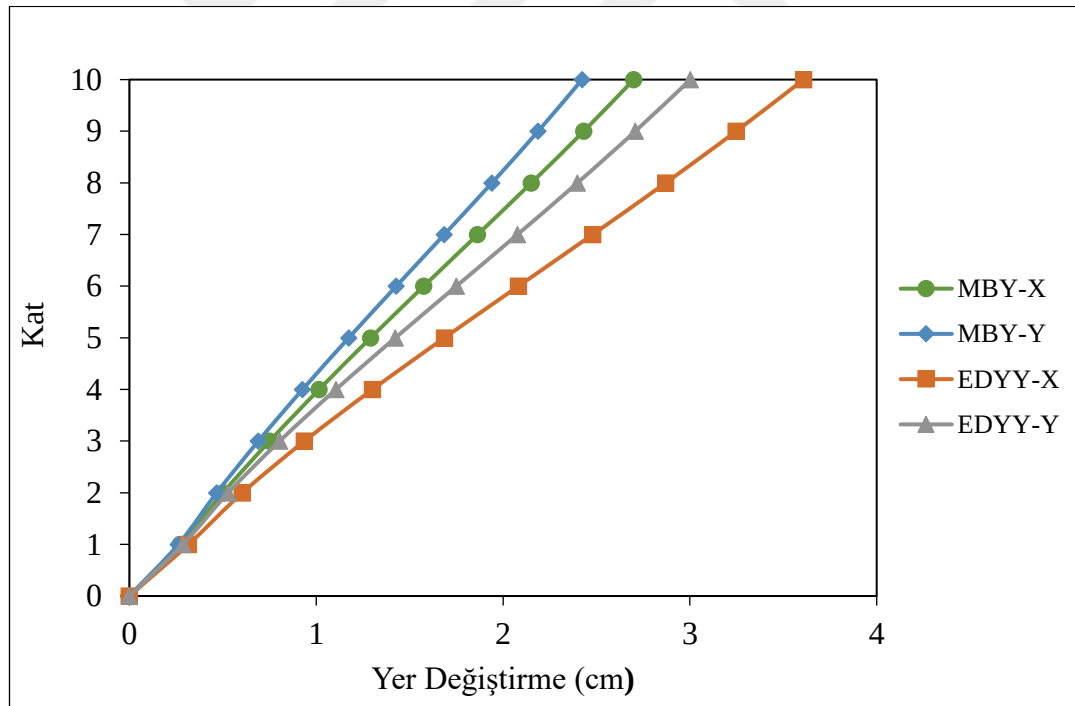


Şekil 4.30. MBY ve EDYY için Yapı Modellerin Maksimum Yerdeğiştirme

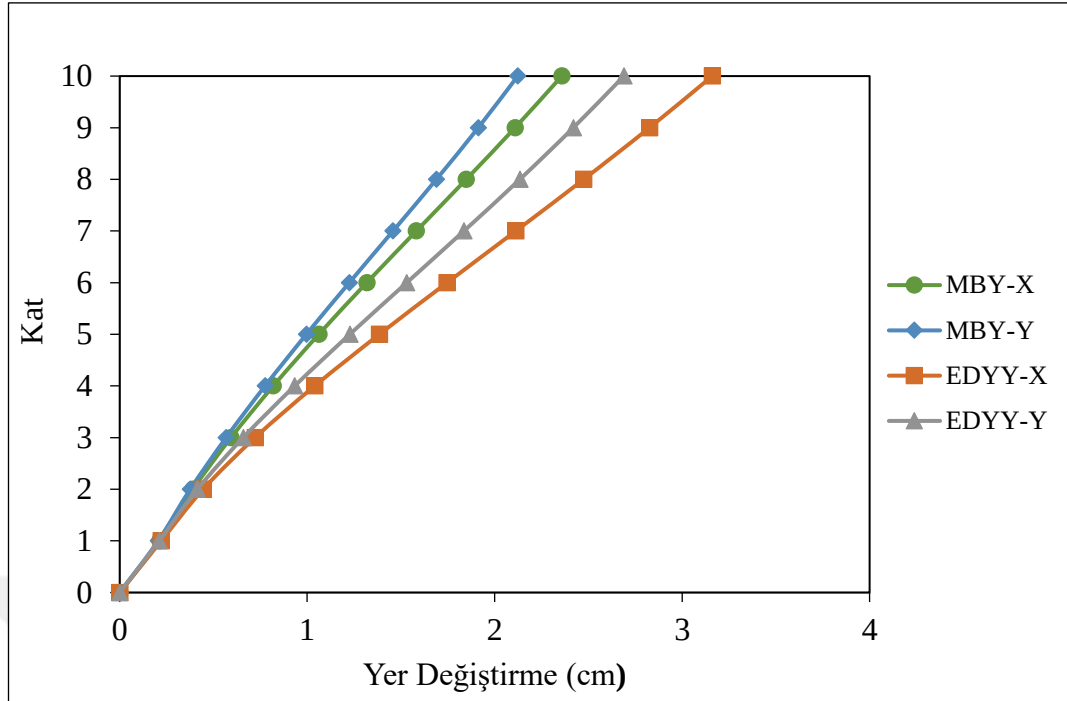
- Mod Birleştirme ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemlerine göre bütün modellerin tüm katları gözönüne alındığında; X deprem doğrultusunda en büyük kat yer değiştirmesi 5,626cm ile MAÇ modelin ve küçük kat yerdeğiştirme ise 0,986cm DÇÇ V modelin onuncu katında meydana gelmiştir. X deprem doğrultusunda en büyük kat yer değiştirmesi 5,586cm ile MAÇ çerçeve modelin ve küçük kat yerdeğiştirme ise 1,0180cm DÇÇ V modelin onuncu katında meydana gelmiştir.



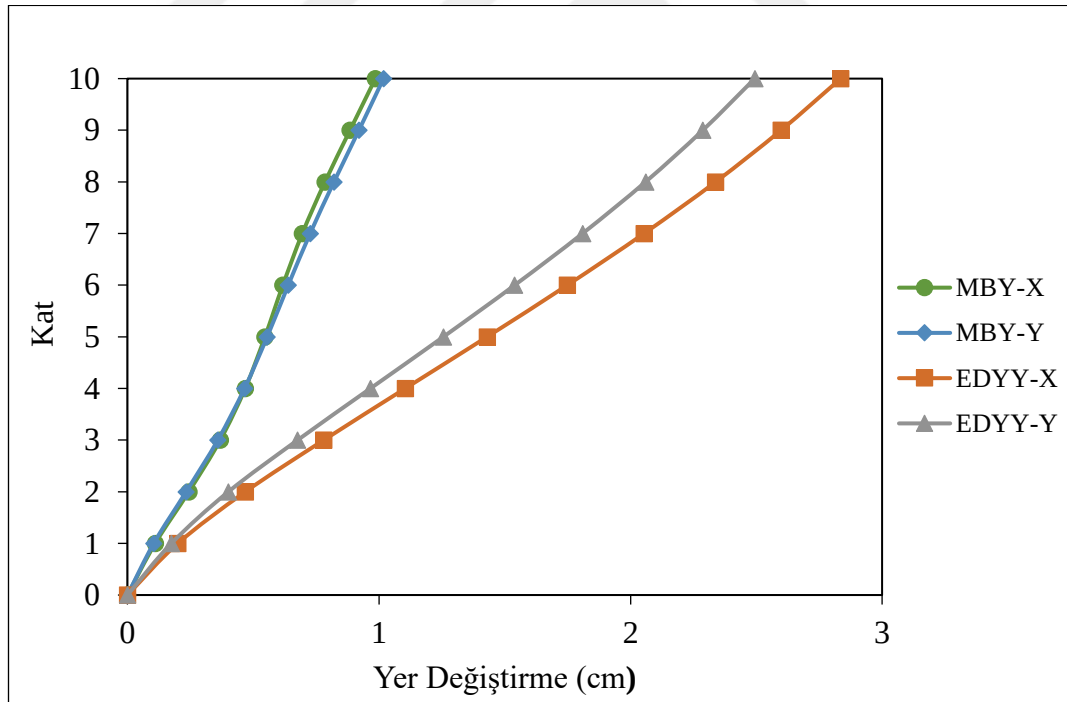
Şekil 4.31. MBY ve EDYY için MÇÇ X Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi



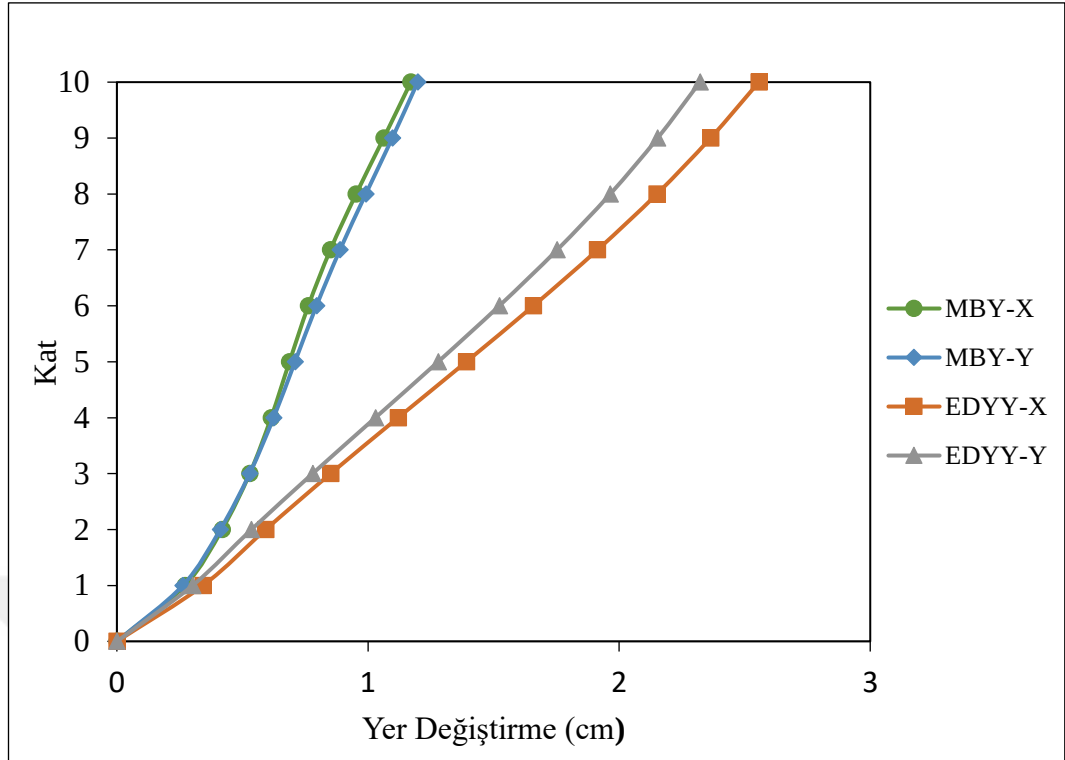
Şekil 4.32. MBY ve EDYY için MÇÇ V Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi



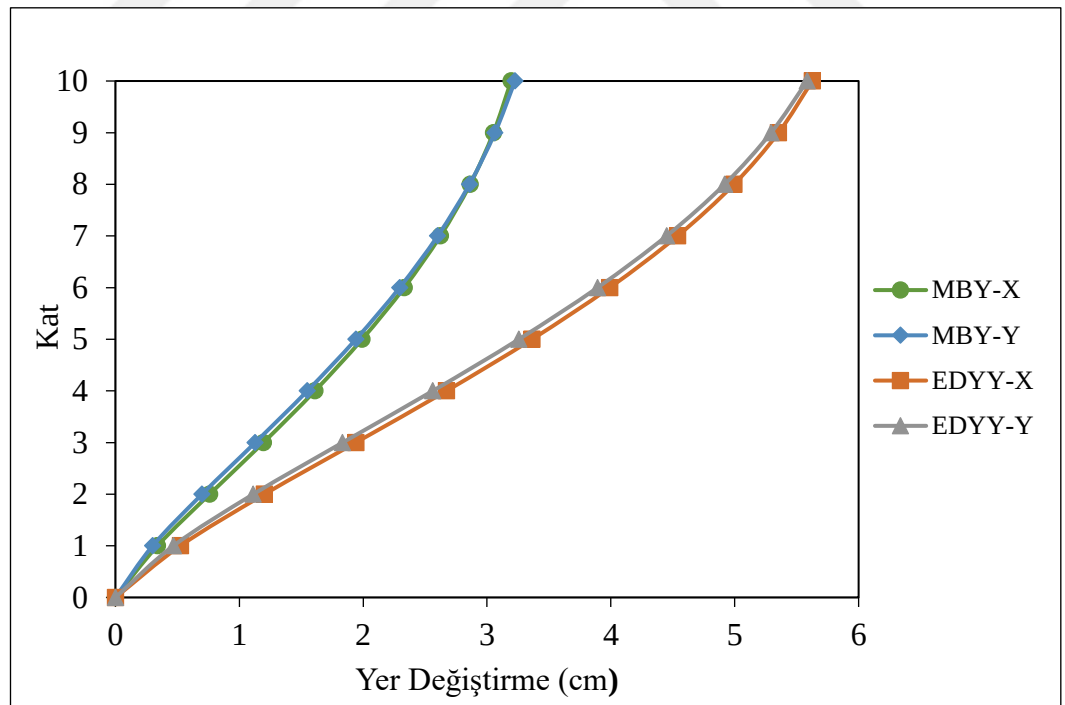
Şekil 4.33. MBY ve EDYY için MÇÇ Ters V Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirme



Şekil 4.34. MBY ve EDYY için DÇÇ V Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirme



Şekil 4.35. MBY ve EDYY için DÇÇ Ters V Yapı Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi



Şekil 4.36. MBY ve EDYY için MAÇ Modelinin Kat Yerdeğiştirmesi

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) esasları gözönüne alınarak çok katlı çelik yapılarda merkezi çelik çaprazlarının etkilerini incelenmiştir. Uygulanan merkezi çelik çaprazlardan en uygun olanın tayin edilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Analizden çıkan sonuçlar irdelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

5.1. Sonuçlar

Moment aktaran çerçeve, DÇÇ sistemlerinden V ve Ters V ve MÇÇ sistemlerinden X, V ve Ters V yapı modellerin analizi Etabs-2018 analiz programında gerçekleştirmiş olup aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

- TBDY-2018 daha önce Türkiye’de yürürlükte olan diğer deprem yönetmeliklerine nazaran daha kapsamlı hazırlanmıştır. Deprem Tehlike Haritası daha dakik rakamlar vererek deprem hesaplarını gerçeğe yakın kılmaktadır.
- Yapı modellerin ağırlıkları incelendiğinde, X çapraza sahip model en ağır model olarak ortaya çıkmıştır.
- Yapı modellerin ağırlıkları incelendiğinde, çaprazsız çerçeve model en hafif model olarak ortaya çıkmıştır.
- MÇÇ sistemlerin ağırlığı, DÇÇ sistemlerinden %0,26 ve moment aktaran çerçeve sisteminden %2,13 daha fazla çıkmıştır.
- X doğrultusundaki en büyük doğal titreşim periyodu aynı doğrultudaki en küçük doğal titreşim periyodundan %56 daha büyüktür. Y doğrultusunda en büyük doğal titreşim periyodu ise aynı doğrultudaki en küçük periyodundan %59 daha büyüktür.

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yönetmi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre en büyük taban kesme kuvvetleri MÇÇ modellerine ve en küçük taban kesme kuvveti ise MAÇ modeline aittir. DÇÇ modelleri ve MAÇ modeli ise birbirine çok yakın değere almıştır.
- Eşdeğer Deprem Yüğü Yönetmi ile hesaplanan en büyük taban kesme kuvveti X ve Y doğrultularında MÇÇ ters V modeline aitken, en küçük taban kesme kuvveti ise MAÇ modeline aittir. X doğrultusundaki en küçük taban kesme kuvveti aynı doğrultudaki en küçük taban kesme kuvvetinden %62,23 ve Y doğrultusundaki en büyük taban kesme kuvveti aynı doğrultudaki en küçük taban kesme kuvvetinden %65,98 daha fazladır.
- Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan en büyük taban kesme kuvveti X doğrultusunda MÇÇ X Modeline aitken, en küçük taban kesme kuvveti MAÇ modeline aittir. Y doğrultusunda ise en büyük taban kesme kuvveti MÇÇ ters V modeline aitken, en küçük taban kesme kuvveti ise yine MAÇ modeline aittir. X doğrultusundaki en büyük taban kesme kuvveti aynı doğrultudaki en küçük taban kesme kuvvetinden %69,09 ve Y doğrultusundaki ise en büyük taban kuvveti aynı doğrultudaki en küçük taban kesme kuvvetinden %68,96 daha fazladır.
- Her iki yöntemde, her iki deprem doğrultusunda en büyük maksimum yerdeğiştirmesi MAÇ modeline aittir.
- Her iki deprem doğrultusunda en küçük maksimum yerdeğiştirme, Mod Birleştirme Yönteminde DÇPP V modeline ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde DÇÇ Ters V modeline aittir.
- Eşdeğer deprem yüğü yöntemide, X doğrultusundaki en büyük maksimum yerdeğiştirme değeri aynı doğrultudaki en küçük maksimum yerdeğiştirme değeriinden %55 ve Y doğrultusundaki en büyük maksimum yerdeğiştirme değeri aynı doğrultudaki en küçük maksimum yerdeğiştirme değeriinden %56 daha fazladır.
- Mod Birleştirme Yönetminde, X doğrultusundaki en büyük maksimum yerdeğiştirme değeri aynı doğrultudaki en küçük maksimum yerdeğiştirme değeriinden %69 ve Y doğrultusundaki en büyük maksimum yerdeğiştirme

değeri aynı doğrultudaki en küçük maksimum yerdeğiştirme değerinden %68 daha fazladır.

- Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların karşılaştırılması dikkate alındığı zaman; Mod Birleştirme Yöntemi, Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminden daha avantajlı olduğunun kanaatine varılmıştır.

5.2. Öneriler

Yapılan çalışmaya paralel olarak ileride yapılacak olan çalışmalar için önerileri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Bu tez çalışmasında doğrusal analiz yöntemi uygulanmıştır. Aynı çalışma için doğrusal olmayan analiz yöntemi uygulanabilir.
- Yapı planlarında yatayda ve düşeyde değişiklik yapılarak yeniden incelenebilir.
- Bu çalışmada ana kirişler kolonlara mafsallı olarak bağlanmıştır. Ana kirişler kolonlara rijit bağlanarak yeniden irdelenebilir.
- Bu çalışmada V, X ve Ters V merkezi çelik çaprazlar kullanılmıştır. Merkezi çelik çaprazlardan K ve diyagonal çaprazlar da incelenebilir.
- Bu çalışmada V ve Ters V dışmerkez çelik çaprazlar kullanılmıştır. Dışmerkez çelik çaprazlardan diyagonal çapraz da incelenebilir.
- Deneysel çalışma ile bu çalışma doğrulanabilir.

KAYNAKLAR

- Alabdeen, R. M. (2019). Time History Analysis For High Rise Braced And. Gaziantep: University Of Gaziantep.
- Çağtay, Y. E. (2006). Çok Katlı Çelik Yapıların Tasarımı . İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Çirpan, B. (2017). Çok Katlı Çelik Yapılarda Yapı Geometrisinin. Denizli: Pamukkale Üniversitesi.
- Çyhye-2016. (Tarih Yok). Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı.
- Deren, H. U. (2005). Çelik Yapılar: Emniyet Gerilmesi Esasına Göre Hesap. İstanbul: Çağlayan.
- Dwinita ve Ark. (2020). Effect of Hinge Properties on Nonlinear Analysis of Eccentrically Steel Braced Frames. 6th International Conference on Advanced Engineering and Technology. Indonesia
- Ercan, A. (2008). 10 Katlı Çelik Bir Yapının. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Erdinç Keskin, K. B. (2018). 2007 Ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi. Kırklareli University Journal Of Engineering And Science, (S. 74-90). Kırklareli.
- Erşen, N. (Tarih Yok). Çelik Yapılar Ve Çözümlemiş Problemler. İstanbul: Birsen.
- Eyyubov, P. D. (2015). Çelik Yapılar 1. Cilt. İstanbul: Birsen.
- Güner, F. (2007). Çok Katlı Çelik Yapılarda Deprem Performansının Belirlenmesi Ve Doğrusal Olmayan Davranışın İncelenmesi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- İğın, M. (2016). Farklı Çelgk Tağıyıcı Sğstem Konfggurasyonlarının. Gebze: Gebze Teknik Üniversitesi.
- İmo. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı (Tbdy-2018) Açıklamalar Ve Uygulama Örnekleri. Ankara: İnşaat Mühendisler Odası.
- K.K. Sangle, K. V. (2012). Seismic Analysis Of High Rise Steel Frame With And Without Bracing . 15 Wcee. Mumbai: V.J.T.I Mumbai.

- Kayvani, K. (. (2014). Design Of High-Rise Buildings: Past, Present And Future. 23rd Australasian Conference On The Mechanics Of Structures And Materials. Lismore: Southern Cross University.
- Kheyroddin, A. A. (2018). Study On The Effect Of The Position Of X-Bracing Arrangement In The Steel Structures With A Triangular Plan. Numerical Methods In Civil Engineering. Semnan.
- Md. Ahasan – Ul – Haque, M. A. (2018). Effect Of Different Bracing Systems On The Structural Performance Of Steel Building. Proceedings Of The 4th International Conference On Civil Engineering For Sustainable Development. Khulna, Bangladesh.
- Muhammed Tahir Khaleel, D. K. (2016). Seismic Analysis Of Steel Frames With Different Bracings Using Etsbs Software. International Research Journal Of Engineering And Technology. Karnataka.
- Öz, D. (2018). Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapımına Dair Esaslar Ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Kuralları Doğrultusunda Çelik Yapıların Tasarımı. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Öztürk, M. (2018). 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Ve Türkiye Deprem Tehlike Haritasi İle İlgili İç Anadolu Bölgesi Bazında Bir Değerlendirme. Selçuk Teknik Dergisi.
- Rashid, M. M. (2015). Improving Lateral Deformation Behavior Of. Gaziantep: University Of Gaziantep.
- Sabelli, R. (2013). Seismic Design of Steel Special Concentrically Braced Frame Systems Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology Engineering Laboratory.
- Semih, ve Ark. (2019). Dışmerkez V Çaprazların Çelik Bir Yapı Üzerinde İncelenmesi. KTO Karatay Üniversitesi, Konya, Türkiye
- Sümeli, O. H. (2017). Mevcut Betonarme Bir Bina Üzerinde 2007 Ve 2017 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Tuğrul, A. (2011). Çok Katlı Çelik Yapıların İnteraktif Olarak. Diyarbakir: Dicle Üniversitesi.
- Tunçel, U. (2007). Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeve Sistemlerin Dbybh 2007 Yönetmeliğine Göre Tasarımı. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Üstün, Ç. (2019). Çelik Çerçeve Taşıyıcı Sistemli Mevcut Bir Binanın Güncellenen Yönetmelikler Altında Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Wen, R., Seker, O., Akbas, B., & Shen, A. J. (2015). Designs Of Special Concentrically Braced Frame Using Aisc 341-05 And Aisc 341-10. Practice Periodical On Structural Design And Construction.

Yildirim, A. M. (2013). Çelik Taşıyıcı Sisteme Sahip Yüksek Binaların. Gebze: Gebze Teknik Üniversitesi.

Yildiz, Ö. (2018). Çelik Sanayi Yapılarının 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz Ve Tasarımı. Uşak: Uşak Üniversitesi.



ÖZGEÇMİŞ

Ali Ahmad DANİSH ilkokul, ortaokul ve lise eğitimini Afganistan'ın Farah şehrinde tamamladı. 2011 yılında Shahid M. Nadir Lisesinden mezun oldu. 2012 yılında Nangarhar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2012 yılında Afganistan hükümeti tarafından eğitimini yurtdışında tamamlamak üzere Türkiye'ye burslu olarak gönderildi. 2012-2013 yılları arasında Ankara Üniversitesinde bir yıl Türkçe dil eğitimi aldı. 2013 yılında başladığı Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2017 yılında bitirdi. 2018 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünün Yapı Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini başladı. 2019 yılından bu yana Türk Kızılay bünyesinde görev yapmaktadır.