



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK MERKEZİ
ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERDE
ÇAPRAZ FORMLARININ VE
KONUMLARININ DEPREM DAVRANIŞINA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mehmet ACET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

TEMMUZ-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Acet tarafından hazırlanan “Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerde Çapraz Formlarının ve Konumlarının Deprem Davranışına Etkisi” adlı tez çalışması 12/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ali KÖKEN

.....

Danışman

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

.....

Üye

Doç. Dr. Fatih Süleyman BALIK

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mehmet ACET

Tarih:12.07.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERDE ÇAPRAZ FORMLARININ VE KONUMLARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mehmet ACET

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

2023, 98 Sayfa

**Jüri
Prof. Dr. Mehmet KAMANLI
Prof. Dr. Ali KÖKEN
Doç. Dr. Fatih Süleyman BALIK**

Teknolojinin gelişiminin de etkisi ile beraber çelik malzemesinin inşaat sektöründeki yeri daha da artmıştır. Günümüzde kullanımı oldukça sıklaşan çeliğin gelecekte daha da çok kullanılacağı öngörülmektedir. Çelik yapıların kullanım sıklığının artması aynı zamanda onların statik ve dinamik yükler altında daha yüksek performans göstermesi için yapılan bilimsel çalışmaların artmasını da sağlamıştır. Süneklik düzeyi yüksek çelik çaprazlı çerçevelerin yapıyı daha rijit hale getirdiği ve yapının kat deplasmanlarının sınırlandırılmasına katkı sunduğu bilimsel çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Bu tez çalışmasında ilk bölümde çelik yapıların tarihçesi, özellikleri, avantajları, dezavantajları, depreme dayanıklı çelik yapı tasarımı, süneklik kavramı, plastik mafsallık kavramı, Eşdeğer Deprem Yüğü metodu, rüzgar yükü, kar yükü ayrıca çalışmanın amaç ve önemi anlatılmıştır. İkinci bölümde literatür taraması yapılarak daha önce yapılmış çalışmalar özetlenmiştir. Üçüncü bölümde bu çalışmada analiz edilecek olan modeller tanıtarak bu modellerin ortak özellikleri ve parametrelerinden bahsedilmiş ayrıca kullanılan analiz programı ve programı kullanarak modellerin oluşturulması anlatılmıştır. Dördüncü bölümde on farklı model ile yapılmış olan bu çalışmanın tasarım sonuçları ve analiz sonuçları ortaya konulmuştur. Beşinci bölümde bu sonuçlar karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Deformasyona uğrayarak önemli miktarda enerjiyi sönmüleyebilen çapraz elemanlar ters V çapraz, V çapraz, X çapraz gibi farklı formlarda kullanılabilirler. Bu çalışmada farklı formlarda olan çapraz elemanların iki farklı yönde yerleştirilmesi sonucunda etki ettirilen deprem yüklerine karşı göstermiş oldukları performans incelenmiştir. X çaprazın kullanıldığı modelin kat ötelenmelerini daha yüksek oranda sınırlandırdığına, daha yüksek rijitliğe sahip olduğuna ve daha iyi deprem davranışı sergilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Eşdeğer Deprem Yüğü Metodu, Merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistem, Moment aktaran çerçeve sistem, sismik performans

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CROSS FORMS AND LOCATIONS ON EARTHQUAKE BEHAVIOR IN CENTRAL CROSSED STEEL FRAMES WITH HIGH DUCTILITY LEVEL

Mehmet ACET

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

2023, 98 Pages

Jury

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

Prof. Dr. Ali KÖKEN

Assoc. Prof. Dr. Fatih Süleyman Balık

With the effect of the development of technology, the place of steel material in the construction sector has increased even more. It is predicted that steel, which is used quite frequently today, will be used even more in the future. The increase in the frequency of use of steel structures has also led to an increase in scientific studies for their higher performance under static and dynamic loads. It has been proven by scientific studies that steel braced frames with high ductility level make the structure more rigid and contribute to the limitation of the floor displacements of the structure. In the first chapter of this thesis, the history of steel structures, their properties, advantages, disadvantages, earthquake resistant steel structure design, the concept of ductility, the concept of plastic hinge, the Equivalent Earthquake Load method, wind load, snow load, as well as the purpose and importance of the study are explained. In the second part, previous studies are summarized by reviewing the literature. In the third chapter, the models to be analyzed in this study are introduced, the common features and parameters of these models are mentioned, and the creation of models using the analysis program and program is explained. In the fourth chapter, the design results and analysis results of this study, which was made with ten different models, are presented. In the fifth chapter, these results are analyzed by comparing. Cross members, which can absorb a significant amount of energy by undergoing deformation, can be used in different forms such as reverse V cross, V cross, X cross. In this study, the performance of cross members with different forms against the applied earthquake loads as a result of placing them in two different directions was examined. It has been concluded that the model using X bracing limits storey drifts at a higher rate, has higher rigidity and exhibits better seismic behavior.

Keywords: Earthquake, Equivalent Seismic Load Method, Central braced steel frame system, Moment transferring frame system, seismic performance

ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimim süresince, seminer ve tez çalışmam boyunca desteğini benden esirgemeyen bana yol gösteren değerli danışmanım Prof. Dr. Mehmet KAMANLI'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmam sırasında vaktini aldığım Arş. Gör. Abdülkadir SOLAK'a yardımlarından ve hoşgörüsünden ötürü teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bana karşı göstermiş oldukları sabır, vermiş oldukları destek ve anlayışları içinde değerli aileme ve iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mehmet ACET
KONYA-2023



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çelik Yapıların Tarihçesi	1
1.2. Çelik Üretimi ve Çelik Malzemenin İç Yapısı	3
1.3. Yapı Çeliğinin Avantajları	3
1.4. Yapı Çeliğinin Dezavantajları	5
1.5. Çelik Yapı Sistemlerinde Süneklik Kavramı	6
1.6. Çelik Yapı Tasarımında Plastik Mafsal Kavramı	9
1.7. Depreme Dayanıklı Çelik Yapı Tasarımı	9
1.8. Çelik Çerçeve Taşıyıcı Sistemler	10
1.8.1. Moment aktaran çerçeve sistem.....	10
1.8.2. Çaprazlı çelik çerçeveler	11
1.9. TBDY 2018'e Göre Eşdeğer Deprem Yüğü Metodu	14
1.10. TS 498'e Göre Rüzgar Yüğü	17
1.11. TS EN 1991-1-3 Yönetmeliğine Göre Kar Yüğü	19
1.12. Tezin Amacı.....	21
1.13. Tezin Önemi	21
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. Modellerin Ortak Özellikleri	28
3.2. Modellerin Ayırt Edici Özellikleri.....	30
3.3. SAP 2000 ile Modellerin Oluşturulması.....	35
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	43
4.1. Modellerin Taban Kesme Kuvvetleri ve Periyotları Analiz Sonuçları	43
4.2. Modellerin Tasarımı ve Taşıma Gücü Kapasiteleri Analiz Sonuçları	46
4.3. Modellerin Deprem Yüğü Etkisinde Deplasman Değerleri Analiz Sonuçları ..	56
4.4. Modellerin Deprem Yüğü Etkisinde Eksenel Yüğü Analiz Sonuçları	70
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	73

5.1 Sonuçlar	73
5.2 neriler	78
KAYNAKLAR	80
EKLER	81



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

σ	: Çekme gerilmesi
ε	: Birim boyda oluşan deplasman miktarı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
H_N	: Bina toplam yüksekliği (m)
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu (s)
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi (g)
T	: Doğal titreşim periyodu (s)
$R_a(T)$	: Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
I	: Bina Önem Katsayısı
$S_{aR}(T)$	: Azaltılmış tasarım spektral ivmesi (g)
V_{tE}	: Deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
M_t	: Binanın toplam kütlesi
C_t	: Aerodinamik yük katsayısı
q	: Emme basıncı (kN/m ²)
g	: Yerçekimi ivmesi (m/s ²)
ρ	: Havanın birim hacim kütlesi (kg/m ³)
μ_i	: Kar yükü şekil katsayısı
C_e	: Maruz kalma katsayısı
C_t	: Isı katsayısı
s_k	: Karakteristik zemin kar yükü değeri (kN/m ²)
G	: Ölü yük
Q	: Hareketli yük
E	: Deprem yükü
W	: Rüzgar yükü
S	: Kar yükü
T_x	: Yapının X yönündeki periyodu
T_y	: Yapının Y yönündeki periyodu

Kısaltmalar

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ASCE	: The American Society of Civil Engineers
ÇYTHYEDY	: Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapımına Dair Esaslarına Dair Yönetmelik
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı

DD2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DTS : Deprem Tasarım Sınıfı

TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

TS : Türk Standartları

TS EN : Türk Standartları - European Norm



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Coalbrookdale Köprüsü (Cengiz, 2020).....	2
Şekil 1.2 Yapısal çelik gerilme şekil değiştirme eğrisi ve elastisite modülü	4
Şekil 1.3 Sıcaklık değişiminin Yapısal çeliğin gerilme şekil değiştirme diyagramına etkisi (Deren ve ark., 2012)	6
Şekil 1.4 Yapısal çeliğin gerilme şekil değiştirme hali (Cengiz, 2020)	8
Şekil 1.5 Moment Aktaran Çerçeve Sistemi (Ay ve ark., 2010)	11
Şekil 1.6 Merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistem türleri (Çavdar, 2017).....	12
Şekil 1.7 Dış merkezi çapraz çelik çerçeve sistem türleri (Çavdar, 2017)	13
Şekil 1.8 Rüzgar yükünün taşıyıcı sistem doğrultusundaki dağıtımı (TS 498)	19
Şekil 3.1 Kat planı	30
Şekil 3.2 1.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	30
Şekil 3.3 2.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	31
Şekil 3.4 3.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	31
Şekil 3.5 4.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	32
Şekil 3.6 5.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	32
Şekil 3.7 6.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	33
Şekil 3.8 7.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	33
Şekil 3.9 8.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	34
Şekil 3.10 9.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	34
Şekil 3.11 10.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü	35
Şekil 3.12 Çelik malzemenin tanımlanması	36
Şekil 3.13 HE300A Profilinin tanımlanması	36
Şekil 3.14 Ankastre Mesnet tanımlanması	37
Şekil 3.15 Rijit diyafram tanımlanması	37
Şekil 3.16 Rüzgar yüklerinin X yönünde etki ettirilmesi	38
Şekil 3.17 Kar yüklerinin etki ettirilmesi	39
Şekil 3.18 10.Model için X ve Y yönündeki deprem kuvvetlerinin tanımlanması	39
Şekil 3.19 Tanımlanan yük kombinasyonları - 1	40
Şekil 3.20 Tanımlanan yük kombinasyonları - 2	41
Şekil 3.21 Kütle kaynağı tanımlanması	42
Şekil 4.1 Modellerin taban kesme kuvvetlerinin sütun grafiği	44
Şekil 4.2 Modellerin yapı ağırlıklarının sütun grafiği	44
Şekil 4.3 1.modelin tasarım sonuçları	47
Şekil 4.4 2.modelin tasarım sonuçları	48
Şekil 4.5 3.modelin tasarım sonuçları	49
Şekil 4.6 4.modelin tasarım sonuçları	50
Şekil 4.7 5.modelin tasarım sonuçları	51
Şekil 4.8 6.modelin tasarım sonuçları	52
Şekil 4.9 7.modelin tasarım sonuçları	53
Şekil 4.10 8.modelin tasarım sonuçları	54
Şekil 4.11 9.modelin tasarım sonuçları	55
Şekil 4.12 10.modelin tasarım sonuçları	56
Şekil 4.13 1.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	57
Şekil 4.14 1.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	57
Şekil 4.15 1.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	57
Şekil 4.16 2.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	58
Şekil 4.17 2.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	58
Şekil 4.18 2.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	59

Şekil 4.19	3.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	59
Şekil 4.20	3.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	60
Şekil 4.21	3.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	60
Şekil 4.22	4.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	61
Şekil 4.23	4.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	61
Şekil 4.24	4.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	61
Şekil 4.25	5.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	62
Şekil 4.26	5.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	62
Şekil 4.27	5.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	63
Şekil 4.28	6.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	63
Şekil 4.29	6.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	64
Şekil 4.30	6.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	64
Şekil 4.31	7.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	65
Şekil 4.32	7.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	65
Şekil 4.33	7.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	65
Şekil 4.34	8.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	66
Şekil 4.35	8.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	66
Şekil 4.36	8.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	67
Şekil 4.37	9.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	67
Şekil 4.38	9.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	68
Şekil 4.39	9.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	68
Şekil 4.40	10.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	69
Şekil 4.41	10.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir) ..	69
Şekil 4.42	10.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği	69
Şekil 4.43	Modellerin X yönündeki deprem kuvveti etkisinde Eksenel Yük-Kat Grafiği	71
Şekil 4.44	Modellerin Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde Eksenel Yük-Kat Grafiği	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Çelik Çerçeve Sistemlerin Yapısal Özellikleri (Tolan, 2020).....	10
Çizelge 1.2 Deprem Tasarım Sınıfları tablosu (TBDY 2018).....	14
Çizelge 1.3 Bina Yükseklik Sınıfı ve Deprem Tasarım Sınıfı tablosu (TBDY 2018) ...	15
Çizelge 1.4 Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabileceği binalar çizelgesi (TBDY 2018).....	15
Çizelge 1.5 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) değerleri (TBDY 2018).....	16
Çizelge 1.6 Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve emme basıncı değerleri (TS 498) ..	18
Çizelge 1.7 Karakteristik zemin kar yükü değerleri (sk) kN/m ² (TS EN 1991-1-3)	20
Çizelge 1.8 Kar yükü şekil katsayıları (TS EN 1991-1-3)	20
Çizelge 1.9 Topografik alanlar için tavsiye edilen Ce değerleri (TS EN 1991-1-3)	20
Çizelge 3.1 Modellerin ortak özellikleri	29
Çizelge 3.2 S275 Çeliğinin malzeme özellikleri	29
Çizelge 3.3 Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı (TBDY 2018).....	41
Çizelge 4.1 Modellerin periyotları, taban kesme kuvvetleri, kat kütlesi ve ağırlığı ile minimum taban kesme kuvvetleri verileri	43
Çizelge 4.2 X Yönündeki deprem kuvvetleri altında katlarda oluşan eksenel yük dağılımı (kN).....	70
Çizelge 4.3 Y Yönündeki deprem kuvvetleri altında katlarda oluşan eksenel yük dağılımı (kN).....	70

1. GİRİŞ

Deprem, yer kürede oluşan tektonik veya volkanik olaylar neticesinde ortaya çıkan dalgaların yer küreyi sarsması durumu olarak tanımlanır. Depremi yeri, zamanı ve büyüklüğünü önceden belirlemek mevcut teknolojiyle imkansızdır. En son 2018 yılında, çelik yapı yönetmeliğinde birtakım değişiklikler ve güncellemeler yapılarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından, “Çelik Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” adında bir yönetmelik yayınlanmıştır.

Olası bir deprem durumunda çelik yapıların göreceği deprem zararlarını minimuma indirebilmek için depreme dayanıklı tasarım yapılması çok büyük bir önem arz etmektedir. Bir deprem durumunda çelik yapılarda oluşabilecek hasarları en düşük düzeyde tutabilmek için farklı tasarım yollarına ve sistemlere başvurulabilmektedir.

Yapılan akademik çalışmalardan yola çıkarak merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin yanal yüklere karşı etkili bir performans gösterdiği bilinmektedir. Çelik çaprazların çeşitli formları mevcuttur. Bunlara örnek olarak Diyagonal çapraz, X çapraz, Ters V çapraz, V çapraz, K çapraz verilebilmektedir. Bu çalışmada esas amaç çapraz türlerinin farklı yöndeki deprem kuvvetlerinin etkisi altında X yönünde, Y yönünde ve hem X hem Y yönünde yapının deprem davranışına katkılarını belirlemektir.

1.1. Çelik Yapıların Tarihçesi

Demir ve çeliğin inşaat sektöründe yeni yeni kendine yer bulmaya başlamasına karşın aslında bilinirlikleri çok eski dönemlere kadar uzanmaktadır. Fakat çok miktarda üretilmesi konusunda sorun yaşandığı için yakın zamana kadar daha çok silah ya da eşya yapımında kullanılmıştır. 18.yüzyılda İngiltere’de geliştirilen yöntem ile çok miktarda ham demir üretiminin başlamıştır. Böylece demirin de inşaat sektöründe kullanılmasının önü açılmıştır. O günden bu yana demir birçok inşaatla kullanmasına rağmen ilk olarak köprü inşaatlarında kullanılmıştır (Deren ve ark., 2012).

Demirin aktif rol aldığı ilk inşaatlarda font adı verilen malzeme kullanılmıştır. Font, ham demire belirli bir miktar Karbon elementinin ilave edilmesiyle elde edilen yüksek dayanımlı gevrek bir alaşımdır. Font kullanılarak inşa edilen ilk yapı bir köprüdür. Bu köprü İngiltere’de Coalbrookdale Kasabası yakınlarında bulunan Severn Nehri üzerinde bulunan yol köprüsü olan Coalbrookdale köprüsüdür (Şekil 1.1). Bu

köprü 1778 yılında inşa edilmiştir. 1875 yılında ise önce dövme çelik sonra dökme çeliğin üretilmesiyle fontun yerini bu malzemeler almıştır (Deren ve ark., 2012).



Şekil 1.1 Coalbrookdale Köprüsü (Cengiz, 2020)

Pudralama fırını metodunun kullanımının Avrupa’da hızla yayılması ile dövme çelik üretimi geniş alanlara yayılmıştır. Özellikle dönemin Avrupası’nda birçok köprüde özellikle asma köprülerde dövme çelikten faydalanılmıştır (Deren ve ark., 2012).

19.yüzyılda teknolojik gelişmelerin etkisiyle çeşitli metotlar uygulanarak ham demirin sıvı hale getirilip, arıtılması sağlanarak dökme çelik üretimi yapılmaya başlanmıştır. 20.yüzyılda ortaya çıkan teknolojik gelişmelerden faydalanarak elektrik fırınlarının etkisiyle dökme çelik üretiminin daha kısa sürede daha çok miktarda yapılması sağlanmıştır. Dökme çeliğin daha hızlı ve bol miktarda üretilbilmesinin de etkisiyle dövme çelik inşaat sektöründeki yerini dökme çeliğe bırakmıştır. Dökme çeliğin inşaat sektöründe tutulmasıyla beraber modern çelik yapı tekniği ortaya çıkmıştır. Bu alanda akademik ve deneysel çalışmalar da yapılarak çelik alanında önemli gelişmeler elde edilmiştir (Deren ve ark., 2012).

Metalürji gibi bilimin çeşitli alanlarından faydalanılarak üretilen çeliklerin özelliklerini iyileştirmek örneğin yüksek mukavemetli çelikler elde etmek mümkündür.

Günümüzde çok büyük açıklıkları geçmek amacıyla yüksek mukavemetli yapısal çelikler kullanılarak çok büyük köprüler inşa edilebilmektedir (Deren ve ark., 2012).

1.2. Çelik Üretimi ve Çelik Malzemenin İç Yapısı

Yüksek dereceli fırınlarda eritilerek elde edilen ham demirin yapısında yüksek miktarda karbon, fosfor ve silisyum bulunmaktadır. Bu sebeple ne haddelenerek ne de başka yöntemle şekillendirilememektedir. İşlenebilirlik özelliğini kazandırmak için başka maddelerde ekleyerek karbon yüzdesinin azaltılması gerekmektedir. Çelik üretirken karbon yüzdesini uygun düzeye çekebilmek, fosfor miktarını azaltırken silisyum ve magnezyumun okside olmasını sağlayabilmek için "Isıl İşlem" uygulanmaktadır. Isıl işlem sırasında meydana gelen reaksiyonda karbon oksijen ile reaksiyona girip yanmaktadır ve bu reaksiyon sonucunda karbon miktarı azalmakta, karbonmonoksit oluşmaktadır. Isıl işlem için üç metot kullanılır. Bu yöntemler Siemens-Martin Yöntemi, Elektrik Arkı Yöntemi, Oksijen Üfleme Yöntemidir (Deren ve ark., 2012).

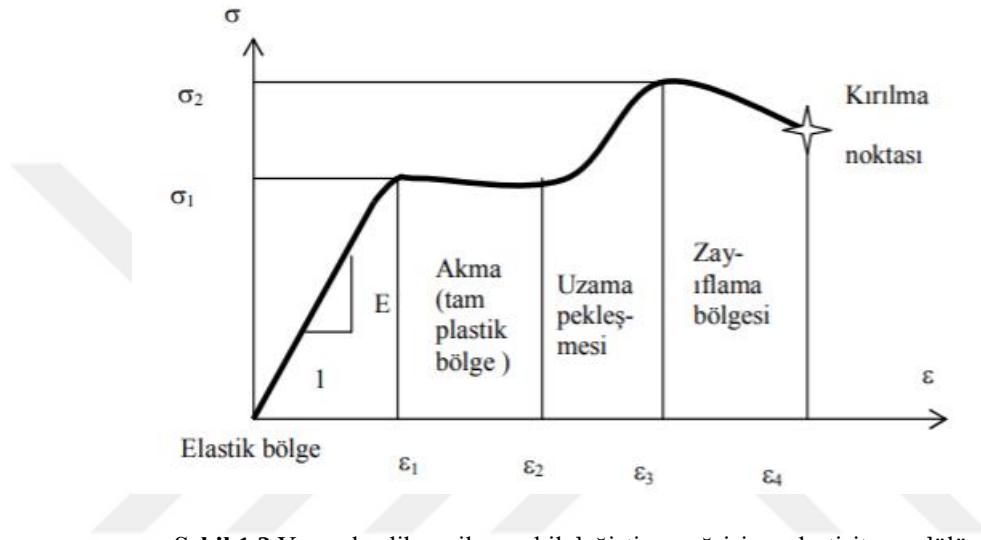
Çelik alaşımı oluşturulurken demirden farklı olarak karbon, fosfor, kükürt, azot, silisyum, manganez ve bakır gibi elementlerde kullanılmaktadır. Krom ve nikel gibi elementlerden de yüksek mukavemetli çelik üretiminde yararlanılmaktadır. Çelik mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde en önemli etken çeliğin içeriğinde bulunan karbon yüzdesidir. Çeliğin içeriğinde bulunan karbon yüzdesinin artışı ile çeliğin mukavemetinin ve sertliğinin artışı doğru orantılıdır. Ancak çeliğin sertliğinin artması sünekliğin azalması sonucunu doğurur. Bu da çelik elemanlar için istenilen bir davranış türü değildir (Kalaycı, 2013).

Yapısal çelik homojen izotrop yani tüm yönlerde aynı özelliği gösteren bir malzemedir. Ayrıca fabrika ortamında üretildiğinden dolayı her aşaması denetlenmektedir. Sürekli test edilebilmektedir. Bu sebeple de güvenilir bir malzeme türüdür. İlaveten üretimi tamamlanıp montajı yapıldıktan sonra herhangi bir bekleme süresi olmadan tam kapasite çalışabilmektedir (Kalaycı, 2013).

1.3. Yapı Çeliğinin Avantajları

Çelik yapılar yapı malzemesi çelikten taşıyıcı sistemi ise çelik elemanlardan oluşan yapı türüdür. Çelik, fabrika ortamında yüksek mukavemete ve bunun sonucunda

yüksek rijitliğe sahip olacak şekilde üretilebilmektedir. Ayrıca çeliğin enerji yutma kapasitesi bir başka deyişle sünekliği oldukça yüksektir. Çeliğin gerilme şekil değiştirme tablosu incelendiğinde malzemenin sünek bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Şekil 1.2). Bu özellikleri sayesinde bazı büyük yapıların yapılmasında ön plana çıkmaktadır. Günümüzde büyük açıklıklı köprüler, sanayi yapıları, iş merkezleri, alışveriş merkezleri ve hatta konut yapımında çelik yapılardan faydalanılmaktadır (Üstündağ, 2013).



Şekil 1.2 Yapısal çelik gerilme şekil değiştirme eğrisi ve elastisite modülü

Yapı çeliği yapısı itibariyle yüksek mukavemete sahiptir. Mukavemetinin yüksek olması sebebiyle yapının eleman boyutlarını ve dolayısıyla yapının öz ağırlığını hafifletir. Yani tüm yapı ağırlığının içerisinde taşıyıcı sistemin kendi öz ağırlığı oldukça küçük bir yer tutmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak büyük açıklıkların geçilmesi durumunda en elverişli malzeme türlerinden bir tanesi çelik yapılardır. Çelik dışında başka metallerde yüksek mukavemete sahip olabilirler fakat maliyetleri sebebiyle yapı sektöründe çelik kadar yaygın değildir (Üstündağ, 2013).

Yapısal çelik tüm yönlerde aynı özelliği gösteren yani homojen izotrop bir malzemedir. Yapısal çelik üretimi fabrikada gerçekleştirildiğinden belirli bir kontrol mekanizmasından geçirilmektedir. Bu sebeple güvenlik katsayısı diğer yapısal malzemelere kıyasla daha küçük kabul edilebilmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak malzemeden maksimum oranda faydalanılmaktadır (Üstündağ, 2013).

Yapısal çeliğin elastisite modülü diğer yapı malzemeleri olan beton ve ahşap ile kıyaslandığımızda çok yüksektir. Bu sayede eğilme rijitliğinin etkin olduğu bölgelerde

kullanılacak profillere karar verirken daha küçük ebatlı profiller tercih edilerek daha ekonomik sonuçlar verecek kararlar alınabilir. Bu durum ise yapı ağırlığının daha az olmasına sebep olmaktadır. Yapıya etkiyen taban kesme kuvveti yapının ağırlığı ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Daha küçük ebatlı profillerin kullanılması yapı ağırlığının daha az olmasına ve yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin de daha düşük olmasına sebep olur (Üstündağ, 2013).

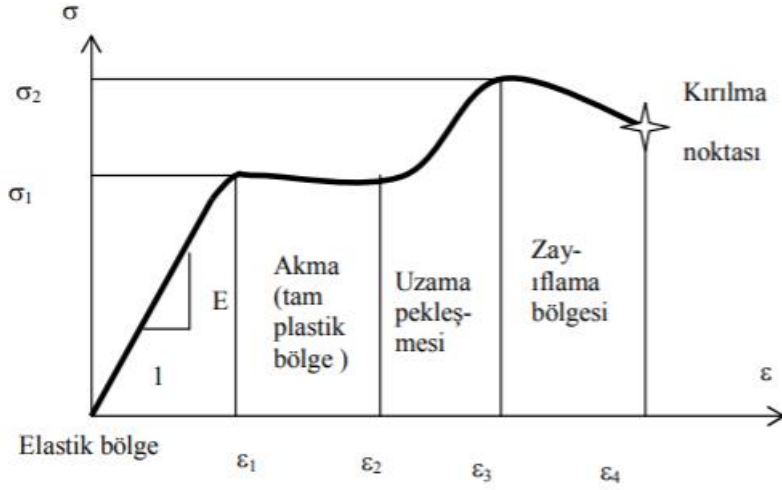
Yapısal çelik sünek özellik taşıyan bir malzemedir ve çekme ve basınç dayanımları birbirine eşittir. Çeliğin enerji yutma kapasitesi diğer yapı malzemelerine kıyasla daha yüksek olduğu için çelik kullanılarak inşa edilen yapıların sünekliği diğer malzemeler kullanılarak inşa edilen yapılardan daha yüksektir. Bu özellik aynı zamanda deprem enerjisini yutma kapasitesinin daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Çelik yapılarda elastik limitin ötesine geçildiğinde yapı kalıcı deformasyona uğrayarak üzerine gelen enerjiyi sönümler. Elastik sınır yapıya etki eden yükün etkisi ortadan kalktığında yapının eski haline dönebildiği sınır durumudur. Bu sınırın ötesine geçildiğinde plastik durum ortaya çıkar ve yapı kalıcı deformasyona uğrar. Yani bir diğer deyişle gelen enerjiyi sönümleyerek ayakta kalmaya devam eder (Cengiz, 2020).

Çelik yapılarda yapı elemanlarının işçiliğinin büyük bir kısmı fabrikalarda yapılır daha sonra ise şantiyede montajı yapılır. Bu yüzden inşaat süresi de kısa olmakta ve hava şartlarından pek etkilenmemektedir. Fabrika üretimi olması sebebiyle malzeme kaybı azdır (Cengiz, 2020).

Çelik yapının demonte edilmesi gerektiği takdirde bu işlem de hızlıca yapılabilir. Demonte edilen sistem iyi bir işçilik ile tekrardan inşa edilebilir. Çelik elemanlar fabrikada üretildikleri için olası bir eleman takviyesi gerekmesi durumunda bu durum kolay, hızlı ve pratik bir şekilde çözülebilir (Üstündağ, 2013).

1.4. Yapı Çeliğinin Dezavantajları

Yapısal çelik yanıcı bir malzeme değildir. Fakat yangın ısısına maruz kaldığı takdirde ısı yükseldikçe yapısal çeliğin mukavemetinde ve elastisite modülünde düşüşler meydana gelmektedir (Şekil 1.3). Isının 500°C'nin üstüne çıkma ihtimali olan durumlar göz önüne alınarak çelik yapılarda çelik yapı elemanlarını korumak için önlemler almak gerekir. Bu önlemlere yangına dayanıklı boya ile boyama, yangına dayanıklı sıva ile sıvama, yangına dayanıklı alçıpan plaklarla ve izolasyon plakaları ile kaplama yapmak örnek gösterilebilir (Üstündağ, 2013).



Şekil 1.3 Sıcaklık değişiminin Yapısal çeliğin gerilme şekil değiştirme diyagramına etkisi (Deren ve ark., 2012)

Yapısal çelik su, oksijen ya da bazı kimyasallar ile temas ettiğinde korozyona uğrayabilir. Korozyon çelik malzemenin mukavemetini önemli ölçüde azaltıp buna bağlı olarak da yapının performansını olumsuz yönde etkileyen bir durumdur. O sebeple çelik yapıların performansını kaybetmemesi için belirli aralıklarla kontrol edilip bakımdan geçirilmesi gerekmektedir (Cengiz, 2020).

Yapısal çelik ses ve ısı bakımından iyi iletkenidir. Bu sebeple çelik yapılarda mutlaka ses ve ısı için yalıtım önlemlerinin alınması gerekmektedir (Cengiz, 2020).

1.5. Çelik Yapı Sistemlerinde Süneklik Kavramı

Elastik limit yapıya etki eden yükün etkisi ortadan kalktığından yapının eski haline dönebildiği sınır durumudur. Elastik sınırın ötesine geçildiğinde plastik durum ortaya çıkar yani yapı kalıcı deformasyona uğrar. Bir diğer deyişle gelen enerjiyi sönümleyerek ayakta kalmaya devam eder. Yapının kalıcı deformasyona uğrayabilmesi durumuna süneklik adı verilir. Çelik yapıların en önemli avantajları çeliğin süneklik ve rijitliğinin yüksek olması olduğu için çelik yapıların tasarımı yapılırken yönetmelikler doğrultusunda bu özelliklere dikkat edilir. Yapının sünekliğinin fazla olması yapıya etkiyen dış yüklere karşılık yapının deformasyona uğrayarak üzerine gelen yükün enerjisini emmesi anlamına gelir. Yapının sünekliği, yapılan tasarım ve modellemeden yola çıkarak uygun elemanların gerekli miktarda kalıcı deformasyona uğramasıyla yapıya etkiyen enerjinin soğurulması suretiyle yapının ayakta durabilmesi ve yapının

çalışmasının sağlanması olarak da tanımlanabilir. Yapısal sünekliği sağlanmasının bazı koşulları (Deren,2012);

- Çelik yapının tasarımında kullanılacak sistemin belirlenmesi ve yönetmeliklerin izin verdiği doğrultuda elemanların kalıcı deformasyon yapmasına izin verecek ebatlara sahip profillerin belirlenmesi
- Kalıcı deformasyona uğraması ön görülen elemanların deformasyona uğrayabilmesi bakımından yeterliliğe sahip olması.
- Yapının elastik ya da plastik sınırlar içerisinde deformasyona uğraması esnasında sünek kırılma yapması yani deformasyon sağlayarak kırılması beklenir. Herhangi bir deformasyona uğramadan ya da az deformasyona uğrayarak gevrek kırılma yapması beklenen bir davranış türü değildir.

Çelik, yapısı ve içeriği gereği sünek bir malzemedir. Ancak bu durum çelik çerçeve sistemlerin de her zaman yüksek sünekliğe sahip olacağı anlamına gelmemektedir. Çünkü yapının sünekliğinin belirlenmesinde çelik çerçeve sistemde kullanılan malzemenin yanı sıra kullanılan profiller, profillerin ve yapının geometrik özellikleri de etkilidir. Öte yandan gerek yapıların geometrik özellikleri gerek mimari özelliklerinden dolayı yapılarda burulma düzensizliği gibi çeşitli düzensizlikler görülebilmektedirler. Ancak herhangi bir düzensizliğe sahip olmayacak şekilde tasarlanan bazı yapılarda bile bazı uygulama hataları neticesinde deprem anında burulmalı davranış görülebilir (Deren,2012).

Çeliği lineer yani doğrusal elastik bir malzeme olarak kabul etmek tasarım yaparken hesaplamaları kolaylaştırır fakat daha öncede belirtildiği gibi çelik elastik sınır ötesinde de deformasyona uğrayabilen sünek özelliğe sahip bir malzemedir. Bu sebeple doğrusal olmayan deprem durumları için hesap yaparken doğrusal elastik kabulüne göre bulunan etkilerin yönetmeliğin uygun gördüğü oranda azaltılması ile elemanların ebatları ve profiller belirlenir (Deren,2012).

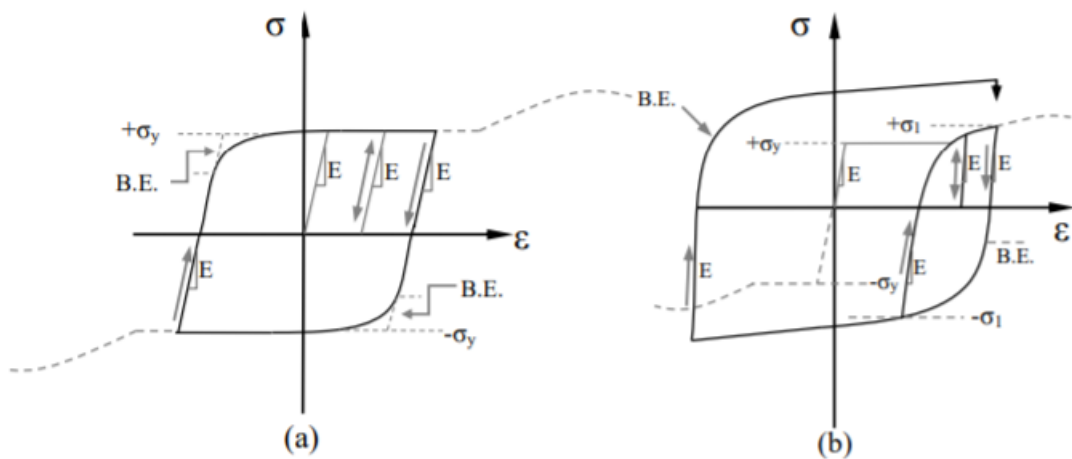
TBDY 2018'e göre taşıyıcı sistemler iki gruba ayrılmıştır. Bu gruplar süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler ile süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemlerdir.

Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçeveler taşıyıcı sistemi kolon ve kirişlerden oluşan, yapıya etkiyen yatay yüklerin büyük bir kısmını kirişlerin taşıdığı bir sistemdir. Kolon-kiriş birleşimlerinde bulunan düğüm noktaları ise belirli limitler dahilinde kalıcı deformasyona uğrayabilme özelliğine sahiptirler (Deren ve ark, 2012).

Süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çelik çerçeveler de taşıyıcı sistemi kolon ve kirişlerden oluşan yapıya etkileyen yatay yüklere karşılık kirişlerin, kolonların ve kolon-kiriş birleşimlerinde bulunan düğüm noktalarının sınırlı ölçüde kalıcı deformasyona uğrayabilme özelliğine sahip olduğu sistemlerdir (Deren ve ark, 2012).

Çelik malzemesinin en önemli özelliklerinden bir tanesi yapıya uygulanan yükler altında göstermiş olduğu yüksek enerji sönümleme kapasitesidir. Çelik elemanların uygulanan yük altındayken yapmış olduğu yüklemenin etkisi ortadan kalktığına da devam eden deformasyona plastik deformasyon denir. Bu deformasyon sırasında ortaya çıkan enerji kuvvet ile deformasyonun çarpılmasıyla bulunur ve bu enerjiye histerik enerji adı verilir. Yapıda oluşan deformasyon geri dönüşü olmayan kalıcı deformasyon olduğundan dolayı histerik enerji de geri dönüşü olmayan kalıcı bir enerjidir (Cengiz, 2020).

Çelik malzeme elastik sınıra ulaşana kadar elastik davranış yani yükleme ortadan kalktığında eski haline dönme davranışı sergiler. Ancak elastik sınırı aşıp plastik bölgeye geçtiğinde yükleme-boşalma esnasında bazı farklı özellikler gösterir. Bunlardan ilki $\sigma < \sigma_y$ durumudur ve bu durumda davranış elastiktir. Diğer durumda, ters yönde yükleme yapıldığında $\sigma = \sigma_y$ durumunda akma noktasında bulunan uç noktanın kaybolmasıyla çelik daha hızlı akmaya başlar. Bu durum ise çelik malzemenin enerji yutma kapasitesinin yüksek olduğunu kanıtlar niteliktedir. Yapısal çeliğin yapmış olduğu bu davranışa Bauschinger etkisi (BE) denilmektedir (Şekil 1.4) (Cengiz,2020).



Şekil 1.4 Yapısal çeliğin gerilme şekil değiştirme hali (Cengiz, 2020)

Çelik yapılarda malzemede oluşan enerjinin daha doğru hesaplanabilmesi için Bauschinger etkisi kaynaklı enerjinin de eklenmesi gerekmektedir. Aksi takdir hesap yanılabilir. Çünkü tekrarlı yükleme koşullarında her yüklemde oluşan enerji toplam enerjinin doğru tespit edilebilmesi için göz ardı edilmemelidir (Deren ve ark., 2012).

Bir yapıya etki eden deprem yükü ya da herhangi bir yük burada bir dış enerji oluşmasını sağlar. Yapı ise bu enerjiyi deformasyona uğrayarak karşılar (Deren ve ark., 2012).

1.6. Çelik Yapı Tasarımında Plastik Mafsalsal Kavramı

Çelik yapı tasarımını yönetmeliklerde kurallara uygun bir şekilde uygulayabilmek ve kavrayabilmek için plastik mafsalsal kavramının da bilinmesi gerekmektedir. Plastik mafsalsal kavramının anlaşılabilmesi için ise öncelikle plastik davranışın özümsemesi gerekmektedir. Plastik davranış bir yapısal elemanın karşılaştığı herhangi bir yük karşısında geri dönüşü olmayan yani kalıcı deformasyonlara uğraması durumudur. Plastik mafsallar kapasiteleri ölçüsünden eğilme momenti taşımaktadır. Kapasitelerini aşan noktada ise dönme yaparak kalıcı deformasyon oluşturmaktadır. Aşırı miktarda dönme yaparak kalıcı deformasyon oluşumu aslında çok istenilen bir durum olmasa da büyük miktarda enerji tükettiği göz ardı edilemez. Tasarım esnasında plastik mafsalsal oluşacak noktaların belirlenmesi yapının devrem yükü altında sergileyeceği davranışının ve alacağı hasarın daha kolay belirlenmesini sağlar (Deren ve ark., 2012).

1.7. Depreme Dayanıklı Çelik Yapı Tasarımı

Depreme dayanıklı bir yapıyı tasarlamadan önce depremi de iyi tanımak gerekir. Şiddetli yer hareketleri sonucu, yapının kütlelerinin bu yer hareketlerine karşı koymasıyla yapıda oluşan yatay kuvvet, deprem kuvveti olarak tanımlanır. Depreme dayanıklı yapıdan kastedilen küçük büyüklükteki depremlerde yapının hasar almaması, orta büyüklükteki depremlerde küçük hasarlar alması ve kolay tamir edilebilir olması ve büyük depremlerde ise yapı elemanları veya yapının hasar alması fakat yapıda kısmi veya tam göçme olmamasıdır. Her durumda da insanların can güvenliğini sağlamak zorundadır. Deprem kuvveti, yapının ağırlığı, dinamik özellikleri, sünekliği, kullanım amacı, zemin sınıfı gibi parametrelere bağlıdır (Tolan, 2020).

1.8. Çelik Çerçevesel Taşıyıcı Sistemler

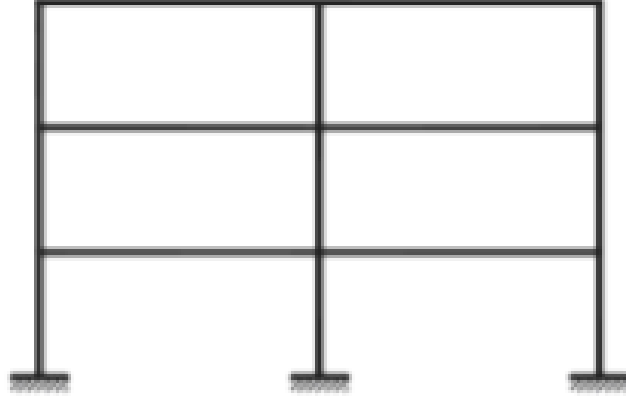
Çelik çerçeve sistemler, kolon, kiriş, döşeme ve perde gibi yapısal elemanların çelik malzemelerden üretildiği bir sistemdir. Çelik çerçeve sistemler moment aktaran çerçeve sistemler ve çaprazlı çerçeve sistemler olarak iki ana sınıfta toplanır. Çaprazlı çerçeve sistemler ise merkezi çelik çaprazlı çerçeveler, dış merkezi çelik çaprazlı çerçeveler olmak üzere iki alt sınıfa ayrılır. Bu taşıyıcı sistemlerin her birinin yapısal özellikleri ve güçlü yönleri farklıdır (Çizelge 1.1) (Tolan, 2020).

Çizelge 1.1 Çelik Çerçeve Sistemlerin Yapısal Özellikleri (Tolan, 2020)

Yapısal Özellikler	Moment Aktaran Çerçeve	Merkezi Çaprazlı Çerçeveler	Dış Merkezi Çaprazlı Çerçeveler
Rijitlik	Düşük	Yüksek	Orta
Süneklik	Yüksek	Düşük	Orta
Enerji Yutan Bölgeler	Kiriş Uçları	Çaprazlar	Bağlantı Kirişi

1.8.1. Moment aktaran çerçeve sistem

Moment aktaran çerçeve sistemler çelik malzemeden üretilen kolon ve kiriş elemanlarından oluşmaktadır. Elemanlar yapıya etkiyen yüklere karşı kuvvet ve moment oluşturarak yapıyı ayakta tutmaya çalışırlar. Moment aktaran çerçeve sistemler sadece kolon ve kiriş elemanlarından oluştuğu için mimari bakımdan daha rahat ve geniş tasarım imkanlarına sahiptirler (Şekil 1.5). Bu sistemler düşük elastik rijitliğe sahiptirler. Deprem yükleri altında plastik mafsallar kolonlardan ziyade kirişlerde oluşması daha uygun bir davranıştır. Çünkü daha çok histerik enerji ve plastik deformasyon oluşur. Bu durum sayesinde yumuşak kat oluşumu gibi düzensizlikler de önlenmiş olur. Kolonlarda plastik mafsall oluşumu yapının çökmesine veya ciddi zararlar görmesine sebebiyet verebilir. Bu sebeple plastik mafsalların kolonlardan ziyade kirişlerde oluşması daha uygundur ve buna bağlı olarak kolonlarda plastik mafsall oluşumunu engelleyecek şekilde tasarım yapılması gerekmektedir. Bu tasarımlara da kuvvetli kolon-zayıf kiriş adı verilir (Kalaycı, 2013).



Şekil 1.5 Moment Aktaran Çerçeve Sistemi (Ay ve ark., 2010)

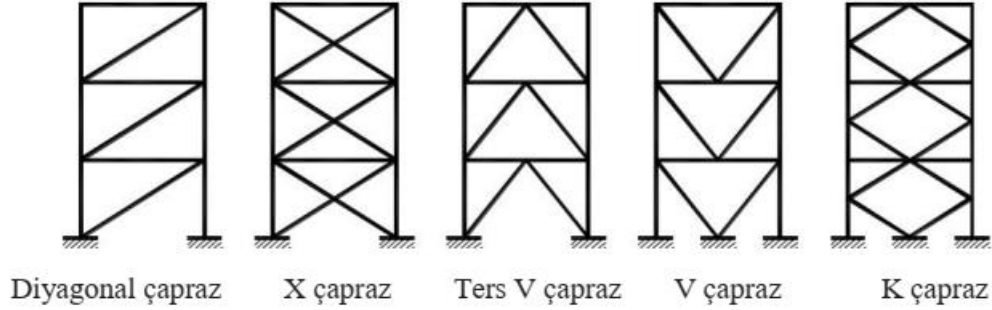
1.8.2. Çaprazlı çelik çerçeveler

Çelik yapıların deprem yükleri gibi çeşitli yükler altında daha iyi performans gösterebilmesi için çapraz elemanların yapıya dahil edilmesi ile oluşan sisteme çaprazlı çerçeve sistem denir. Yapının özellikleri, kullanım amacı, yapıya etkiyen yükler, yapının yapılacağı bölgede oluşabilecek deprem durumları, zemin sınıfı gibi çeşitli özelliklere bağlı olarak farklı formlarda çapraz elemanlar kullanılabilmektedir. Kullanılan çapraz elemanlar yapının ağırlığını, yapıda oluşabilecek taban kesme kuvvetini, yapının karşılayabileceği deprem kuvvetlerini yapısal elemanlarda oluşabilecek iç kuvvetleri önemli ölçüde etkilemektedir. Çelik çaprazlı çerçeve sistemler sahip oldukları eksantrisiteye göre merkezi ve dışmerkez çaprazlı çerçeveler olarak iki gruba ayrılmaktadır (Ay ve ark., 2010).

1.8.2.1. Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler

Merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemler kolon ve kirişe ek olarak çapraz elemanların kullanıldığı sistemlerdir. Bu sistemde çapraz elemanların merkezleri kesişmektedir. Deprem ve rüzgar gibi yanal yüklere karşı yapısal rijitliği sağlayıp, kat ötelenmelerini sınırlandırmak ve kolonlar için yanal destek sağlayarak rahatlatma amacıyla kullanılmaktadır. Merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerin en yaygın kullanılan formları diyagonal çapraz, X çapraz, V çapraz, ters V çapraz ve K çaprazdır (Şekil 1.6). Özellikle büyük depremlerde çapraz elemanların önemli derecede plastik deformasyon yaptığı bilinmektedir. Bu durum deprem anında istediğimiz bir davranıştır.

Merkezi çelik çaprazlı çerçeve sistemleri çekme kuvveti etkisinde akarak, basınç kuvveti etkisinde ise burkularak, rijitliğini az kaybederek önemli plastik deformasyonlar yapabilmektedirler (Çavdar, 2017).



Şekil 1.6 Merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistem türleri (Çavdar, 2017)

Olası bir deprem durumunda çelik yapılarda burkulma davranışı görülebilir. Bu durumlarda yapının iyi bir performans sergileyebilmesi için kolon ve kirişlerin elastik sınırın ötesine geçmeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Çapraz elemanlar basma kuvveti etkisindeyken narinlik ile süneklik kapasitesi ters orantılıdır. Yani çaprazların narinlik oranı azaldıkça süneklik kapasitesi artar. TBDY 2018’de narinlikler ile ilgili sınırlamalar bulunmaktadır (Kalaycı, 2013).

Diyagonal çaprazlı çerçeve sistemler bulundukları konuma göre hem çekme kuvvetine hem de basınç kuvvetine karşı çalışabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bunun için diyagonal çaprazların boyutlandırılması çok önemlidir. Çünkü dinamik yüklerin etkisiyle sisteme etkiyen yatay kuvvetlerin oluşturduğu enerji şekil değişimiyle tüketilmelidir (Kalaycı, 2013).

X Çaprazlı çelik çerçeve sistemler çift çapraza sahip oldukları için çaprazlarından bir tanesi çekme kuvvetini karşılarken diğeri basma kuvvetini karşılayabilmektedir. Sisteme etkiyen yatay yükler ise çoğunlukla çekme gerilmelerine çalışan çapraz tarafından sönmelenmektedir (Kalaycı, 2013).

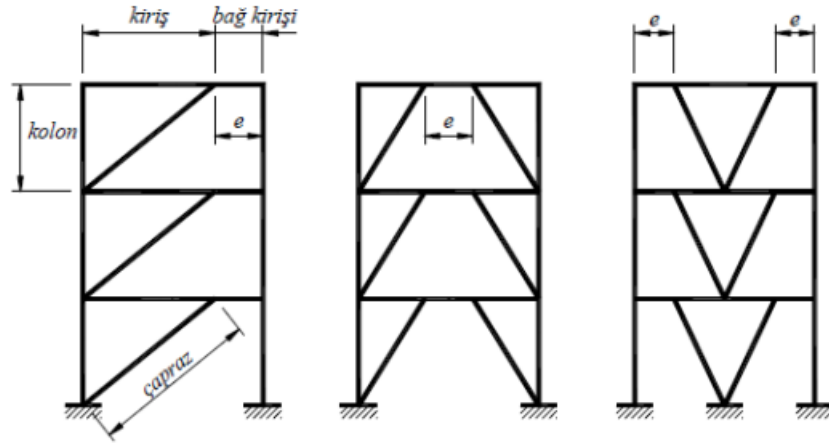
Ters V ve V çaprazlı çelik çerçeve sistemler de hem çekme hem de basınç kuvvetlerini karşılayabilmektedirler. Fakat eksenel kuvvetlerin meydana getirdikleri düşey etki yüzünden saplandıkları kirişte eğilme etkisi oluşturabilmektedirler (Kalaycı, 2013).

K çaprazlı çelik çerçeve sistemler kolonun ortasında birleştikleri için bu birleşen noktalarında yatay yer değiştirmeler, burkulma ve hatta göçmeye bile sebep

olabilmektedirler. Bu sebeple deprem bölgelerinde kullanımı çok doğru değildir (Kalaycı, 2013).

1.8.2.2. Dış merkezi çaprazlı çelik çerçeveler

Moment aktaran çelik çerçeve sisteme eklenen çaprazların saplandığı kirişi bölerek bir eksantrisite yaratması ile oluşturulan yapılara dış merkezi çaprazlı çelik çerçeveler denir (Şekil 1.7). Çaprazların kirişe belirli bir eksantrisite ile saplanması sonucunda kirişte kalan küçük kısma bağ kirişi adı verilmektedir. Bağ kirişler depremlerde ortaya çıkan enerjiyi plastik deformasyona uğrayarak önemli derecede sönümleyebilmektedirler. O sebeple tasarım yapılırken bağ kirişlerin yönetmeliklere uygun olarak tasarlanması yapının davranışını etkilemektedir. Dış merkezi çelik çaprazlı çerçevelerde deprem yükünün etkisiyle oluşan enerji çaprazlar kadar bağ kirişlerin de deformasyona uğramasıyla absorbe edilir. Bu sebeple de tasarım esnasında bağ kirişlerin plastik deformasyonlarının kirişlerde oluşması sağlanıp, yapı bu duruma göre modellenmelidir (Çavdar, 2017).



Şekil 1.7 Dış merkezi çapraz çelik çerçeve sistem türleri (Çavdar, 2017)

Moment aktaran çelik çerçevelerde yapısal sünekliğin sağlanması amaçlanır ancak dış merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerde daha ziyade elemanların sünekliği sağlanmaya çalışılır. Dış merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemleri sabit elastik olmayan davranışa ve yüksek elastik rijitliğe sahip olmalarının yanında merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerinde olduğu gibi yatayda rijit davrandıklarından yanal yüklere karşı taşıyıcı sistem olarak tercih edilmektedirler (Cengiz,2020).

1.9. TBDY 2018'e Göre Eşdeğer Deprem Yüğü Metodu

Yapısal analizde deprem yükünün etki etmek için kullanılan yöntemlerden birisi Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemidir. Bu çalışmada da TBDY 2018'e uygun hareket edilerek Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi birbirine dik (X) ve (Y) deprem yönlerinde binaya etkiyen depremler için ayrı ayrı uygulanmaktadır. Aşağıda maddeler halinde Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin nasıl uygulandığı aktarılmıştır.

- Hesap yapılacak yapının bulunduğu konumun koordinat değerleri belirlenir. Daha sonra arazideki zeminin cinsi belirlenir. Bina ve taşıyıcı sistem türüne karar verilir.
- Yapı modellenerek yapının x ve y yönlerinde sahip olduğu periyotlar ve her bir katın ağırlığı toplanarak yapının toplam ağırlığı belirlenir.
- AFAD tarafından yayınlanan interaktif deprem haritasına ulaşılır. Daha sonra koordinat değerleri ile deprem yer hareketi düzeyi ve yerel zemin sınıfı girilerek S_{DS} ve S_{D1} değerleri her iki yön için de elde edilir.
- Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı TBKD2018'den elde edilir.
- S_{DS} ve BKS değerleri kullanılarak Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) bulunur (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2 Deprem Tasarım Sınıfları tablosu (TBDY 2018)

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

- Bina Yükseklik Sınıfı (BYS), DTS ve bina yüksekliğine bağlı olarak bulunur (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3 Bina Yükseklik Sınıfı ve Deprem Tasarım Sınıfı tablosu (TBDY 2018)

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

- Eşdeğer deprem yükü yönetiminin kullanılabilirliğinin kontrolü yapılmalıdır (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği binalar çizelgesi (TBDY 2018)

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

- Hareketli yük katsayısı kullanılarak bina kütlesi bulunmalıdır.
- T_A ve T_B aşağıda verilen denklemlerden, interaktif deprem haritasından alınan S_{DS} ve S_{D1} değerleri kullanılarak hesaplanır.

$$T_A = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (1)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2)$$

- Binanın hesap yapılan yönünde oluşan periyodunun T_A ve T_B 'ye göre durumu göz önüne alınarak $S_{ae}(T)$ değeri hesaplanır.

$$S_{ae}(T) = (0.4 + 0.6 \times \frac{T}{T_A}) \times S_{DS} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (3)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (4)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad T_B \leq T \leq T_L \quad (5)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} \quad T_L \leq T \quad (6)$$

- Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$ aşağıda gösterilen formüllere göre belirlenir. R (taşıyıcı sistem davranış katsayısı) ve D (Dayanım fazlalığı katsayısı) TBDY 2018'de çizelge halinde verilmiştir. (Çizelge 1.5).

Çizelge 1.5 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) değerleri (TBDY 2018)

ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
C12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
C13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 2$

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (7)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \times \frac{T}{T_R} \quad T \leq T_B \quad (8)$$

- $S_{ae}(T)$ değeri ve $R_a(T)$ değeri kullanılarak $S_{aR}(T_p)$ değeri hesaplanır.

$$S_{aR}(T_p^{(X)}) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (9)$$

- Yukarıda bulunan değerler aşağıdaki denklemde yerine konularak taban kesme kuvveti bulunur.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t \times S_{aR}(T_p^{(X)}) \quad (10)$$

- Bulunan sonuç minimum taban kesme kuvveti denklemine göre kontrol edilir.

$$V_{tEmin}^{(X)} \geq 0.04 \times m_t \times I \times S_{DS} \times g \quad (11)$$

1.10. TS 498'e Göre Rüzgar Yüğü

Yapısal analiz yapılırken rüzgar yükünü elde etmek için TS 498 Yönetmeliği kullanılmaktadır. Rüzgar yükleri X ve Y yönlerinde yatay olarak etki ettirilmektedir. Rüzgar yükü hesabı yapının geometrisine bağlıdır. Yapıya etkiyen rüzgar yükü aşağıda gösterilen formülle hesaplanır;

$$W = C_f \times q \times A \quad (12)$$

Bu formülde;

- C_f = Aerodinamik yük katsayısını
- q = Emme (hız basıncı) (kN/m^2)
- A = Etkilenen yüzey alanını (m^2) ifade etmektedir.

Aerodinamik yük katsayısının (C_f) belirlenmesi yapı geometrisi ve rüzgarın esme yönüne bağlıdır. Rüzgar yönüne dik yüzeylerde $C_f = 1,2$ alınmaktadır (TS 498).

Rüzgar yükü hesabı yapılırken emme basıncı (q) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$q = \frac{\rho \times V^2}{2g} \quad (13)$$

Bu formülde;

- ρ = Havanın birim hacim kütlesi
- q = Emme (hız basıncı) (kN/m²)
- V = Rüzgar hızı (m/s)
- g = Yerçekimi ivmesini (m/s²) ifade etmektedir.

Havanın birim hacim kütlesi (ρ) 1,25 kg/m³ alınır ve denklemde yerine konulursa formül aşağıdaki duruma gelir (TS 498).

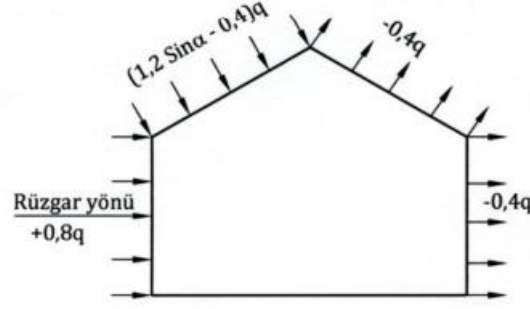
$$q = \frac{V^2}{1600} \quad (14)$$

Yukarıdaki denkleme bağlı olarak yapının yüksekliğine göre rüzgar hızı ve emme basıncı değerleri TS 498'de çizelge halinde ifade edilmiştir (Çizelge 1.6) (TS 498).

Çizelge 1.6 Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve emme basıncı değerleri (TS 498)

Zeminden Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı (V) (m/s)	Emme Basıncı (q) (kN/m ²)
0-8	28	0,5
9-20	36	0,8
21-100	42	1,1
> 100	46	1,3

Rüzgar kuvveti etki ettiği yönün yüzey alanında yapıya 0,8q büyüklüğünde bir basınç uygulayarak girmekte ve 0,4q büyüklüğünde emme basıncı uygulayarak çıkmaktadır (Şekil 1.8) (TS 498).



Şekil 1.8 Rüzgar yükünün taşıyıcı sistem doğrultusundaki dağıtımı (TS 498)

1.11. TS EN 1991-1-3 Yönetmeliğine Göre Kar Yüğü

Yapısal analiz yapılırken kar yükünü elde etmek için TS EN 1991-1-3 Yönetmeliği kullanılmaktadır. Kar yükü arazinin topografyası ile enlem ve boylam değerleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Yapıya etkiyen kar yükü aşağıda gösterilen formülle hesaplanır;

$$S = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k \quad (15)$$

Bu formülde;

- μ_i = Kar yükü şekil katsayısı
- C_e = Maruz kalma katsayısı
- C_t = Isı katsayısı
- s_k = Karakteristik zemin kar yükü değerlerini ifade etmektedir.

Karakteristik zemin kar yükü değerleri (s_k) arazinin konumu ve yapının rakım değerinden faydalanarak belirlenmektedir (Çizelge 1.7) (TS EN 1991-1-3).

Çizelge 1.7 Karakteristik zemin kar yükü değerleri (sk) kN/m² (TS EN 1991-1-3)

Yapı yerinin denizden yüksekliği (m)	Bölgeler			
	I	II	III	IV
≤ 200	0.75	0.75	0.75	0.75
300	0.75	0.75	0.75	0.8
400	0.75	0.75	0.75	0.8
500	0.75	0.75	0.75	0.85
600	0.75	0.75	0.8	0.9
700	0.75	0.75	0.85	0.95
800	0.8	0.85	1.25	1.4
900	0.8	0.95	1.3	1.5
1000	0.8	1.05	1.35	1.6
> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.

Kar yükü şekil katsayısı (μ_i) değerleri yapının çatı eğim açısına göre belirlenmektedir (Çizelge 1.8) (TS EN 1991-1-3).

Çizelge 1.8 Kar yükü şekil katsayıları (TS EN 1991-1-3)

Çatı eğim açısı α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_{i1}	0,8	$0,8 \times \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0
μ_{i2}	$0,8 + 0,8 \times \frac{\alpha}{30}$	1,6	-

Maruz kalma katsayısı (C_e) bölgenin topografik özelliklerine göre farklılık göstermektedir (Çizelge 1.9) (TS EN 1991-1-3).

Çizelge 1.9 Topografik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri (TS EN 1991-1-3)

Topografik bölge	C_e
Rüzgara açık	0.8
Normal	1
Korunmuş	1.2

Isı katsayısı C_t , yüksek sıcaklık iletiminden ($> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) dolayı, özellikle binanın çatısı altındaki ısı kaybının çatı yüzeyini etkilemesi sebebiyle erimelerin meydana geldiği bazı cam kaplı çatılarda çatı kar yükündeki azalmanın hesaba katılması için kullanılır. Diğer bütün durumlar için $C_t = 1$ alınmalıdır (TS EN 1991-1-3).

1.12. Tezin Amacı

Çelik malzemesinin yapısal özellikleri ve çelik yapılar ilgili yapılan akademik çalışmalardan elde edilen sonuçlardan yola çıkarak çelik yapıların deprem yükleri altında başarılı bir performans sergiledikleri bilinmektedir. Çelik yapılar farklı taşıyıcı sistem türlerine sahip olabilir. Yapının kullanım amacı, özellikleri göz önüne alınıp ilgili yönetmeliklerden faydalanarak taşıyıcı sistem belirlenmektedir. Bu tez çalışmasında ise merkezi çaprazlı çelik çerçeve taşıyıcı sistemler ve moment aktaran çerçeve sistemler üzerinde karşılaştırmalı analiz yapılacaktır. Merkezi çaprazlı çelik çerçeve taşıyıcı sistemler farklı formlara sahip olabilirler. Bu formlara örnek olarak diyagonal çapraz, X çapraz, ters V çapraz, V çapraz, K çapraz verilebilmektedir. Bu çapraz türleri her iki yön ve konumda kullanılabilmektedirler. Bu çalışmada farklı formlarda ve farklı konumlarda kullanılan merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin deprem yükü altında göstermiş oldukları performanslar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çünkü deprem kuvvetleri iki farklı yönde yapıya etki edebilmektedir. Her iki yönde farklı uzunluğa sahip olan ya da simetrik olmayan yapılarda deprem durumu bir yönde yapının daha zayıf özellik göstermesine sebep olabilmektedir. Çapraz elemanların kullanılması ise bu zayıflığı güçlendirmektedir. Bu çalışmada V çapraz, ters V çapraz ve X çapraz kullanılarak oluşturulan süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çerçevelerin modelleri ile moment aktaran çerçeve modeli üzerinde eşdeğer deprem yükü metodu kullanılarak analizler yapılmıştır.

1.13. Tezin Önemi

Ülkemizde mevcut yapı stoğunun çok büyük bir kısmını betonarme yapılar oluşturmaktadır. Fakat teknolojik gelişimlerin de etkisiyle çelik yapılar gibi alternatiflere olan ilgi gün geçtikçe daha da artmaktadır. Bu sebeple çelik yapıların tasarımları, davranışları ve yapı elemanları ile ilgili bilgi sahibi olmak son derece

önemlidir. Çelik yapılar ile ilgili birçok akademik çalışma yapılmıştır. Bu çalışmayı farklı kılan ise iki farklı yönde etki eden deprem yükleri altında iki farklı yönde de çapraz elemanların kullanılmasının yapıya etkisinin incelenmesidir. Çelik yapılar elemanların sonradan monte edilmesine de olanak sağlayan yapı türleridir. Bu sebeple mevcutta var olan bir çelik yapının olası bir deprem durumunda yetersiz olması ihtimaline karşın çapraz elemanlar ile güçlendirilmesinin yapıya ne düzeyde etki edebileceği bu çalışmada görülebilmektedir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çelik yapılarda rijitliği arttırmak ve yer değiştirmeleri sınırlandırmak amacıyla merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistem sıklıkla kullanılan bir çelik yapı taşıyıcı sistem türüdür. Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin daha önce yaşanan büyük depremlerde gösterdikleri performans göz önüne alındığında sünek bir yapıya sahip olmaları sebebiyle yüksek enerji yutma kapasitesine de sahip oldukları görülmüştür. Bu durumdan yola çıkarak merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin deprem mühendisliğinin ihtiyaçlarını karşılayan bir sistem türü olduğu söylenilebilir. Bu sebeple de araştırmacılar merkezi çaprazlı çelik çerçeveler üzerinde çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin davranışını öğrenip güçlü yönlerini kaybetmeden optimize ederek daha iyi davranış sergilemesini sağlamak, farklı tasarım metotları uygulamak gibi amaçlar için çaba gösterilmiştir. Bu tez çalışmasında, literatürde merkezi çaprazlı çelik yapılarla ilgili yapılan çalışmalardan bazıları incelenmiş ve bu çalışmanın gerek fikir aşamasında gerek fikrin olgunlaşması aşamasında kaynak olarak kullanılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmektedir.

Dizdar, O (2009)'da Merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerin deprem dayanımını öğrenmeye dair bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada 50 senede aşılma olasılığı %2 olan LA21, LA23, LA24, Yarımca 99, Düzce 99 depremleri etkisinde 3 ve 9 katlı merkezi çaprazlı çelik çerçeve sisteme sahip 3 ve 9 katlı yapıların doğrusal olmayan dinamik zaman geçmiş analizleri yapılmıştır. Analizi yapılan bu yapılarda “Ters V” olarak adlandırılan çapraz türü kullanılmıştır. Analizi yapılan bu yapılar ASCE-7 ve TDY 2007 yönetmelikleri göre tasarlanmıştır. Bu çalışmanın sonunda ulaşılan sonuçlardan bir tanesi de TDY 2007’de verilen yanal yapıların taşıma kapasitesine ulaştıkları andaki iç kuvvetleri belirlemek için tavsiye edilen G+Q+2E yük kombinasyonunda, büyük depremlerde küçük kuvvetler elde edilmesine rağmen tasarım depremi seviyesine daha yakın depremlerde daha makul ve yakın sonuçlar vermesidir.

Bulut, Y (2013)'de Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin farklı çapraz şekillerinin çerçevenin deprem performansına etkisi üzerine ayrıntılı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada 50 senede aşılma olasılığı %2 olan LA21, LA26, LA31 depremleri ile 50 senede aşılma olasılığı %10 olan LA01, LA02, LA03 deprem hareketlerinden faydalanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan yapılar 3 katlı ve 10 katlı olarak modellenmiştir. Yapılarda kullanılan çapraz şekilleri Ters V çapraz ile X çaprazlardır. Bu çalışma ASCE-7 ile TDY 2007 yönetmeliklerine uygun olarak tasarlanmıştır. Bu

çalışmanın sonucuna göre; 3 katlı modellerde çalışmada kullanılan her deprem yükü sonucunda X çaprazı bulunan çerçevelerin çatı deplasman değerleri, ters V çaprazı bulunan çerçevelerin çatı deplasman değerlerinden daha yüksektir. 10 katlı modellerde ise her deprem yükü sonucunda X çaprazlı model ile ters V çaprazlı model birbirine daha yakın çatı deplasman değerine sahiptir. Ayrıca gerek X çaprazlı, gerekse ters V çaprazlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin deprem performanslarının birbirine oldukça yakın olduğu sonucuna ulaşılmış ve ters V çaprazlı tasarımlarda çaprazın yerleştirildiği açıklıkta bulunan kirişlerin daha rijit kirişler olması gerektiği ve buraya yerleştirilen kirişlerin kolon gibi tasarlanması gerektiği tespit edilmiştir.

Kural ve Zeybek (2012)'de farklı formlara sahip sekiz katlı merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemli yapıların doğrusal olmayan davranışlarını gözlemlemek için bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada modellenen yapılarda Ters V çapraz ile X çapraz formları kullanılmıştır. Tasarlanan yapıların ikince mertebe analizleri de yapılmıştır. Bu analizlerin sonucunda yatay deplasman değerleri elde edilmiştir ve kritik elemanların kuvvet değerlerine yer verilmiştir. Tasarlanan yapılar arasında en büyük kat yatay deplasman değerlerine moment aktaran çerçeveli sistemde rastlanmıştır. Merkezi çaprazlı sistemler kıyaslandığında ise merkezi X çaprazlı çelik sistemin, ters V çaprazlı sisteme göre kat yatay deplasman değerlerinin daha az olduğu göze çarpmaktadır. İkinci mertebe analiz sonucunda elde edilen kat yatay deplasman değerleri ise birinci mertebe analizden elde edilen kat yatay deplasman değerleri ile kıyaslandığında merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerin kat yatay deplasman değerleri çok daha düşüktür. Göreli kat ötelenmeleri incelendiği takdirde, merkezi çaprazlı sistemlerin göreli kat ötelenme değerleri moment aktaran çerçeve sistemine göre çok daha düşük seviyededirler. Merkezi çelik çaprazlı sistemlerin göreli kat ötelenme değerleri kıyaslandığında ise X çaprazlı sistemin göreli kat ötelenme değerleri ters V çaprazlı sisteme göre daha düşük seviyede olduğu görülmektedir.

Kalaycı (2013)'de kayma etkisi ve eleman eğriliği sebeplerinden dolayı oluşan P-δ etkilerini incelemek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma için birisi moment aktaran çerçeve bir diğeri ise merkezi çaprazlı çelik çerçeve olmak üzere iki model oluşturulmuştur. Merkezi çaprazlı çelik çerçeve tasarlanırken X çapraz kullanılmıştır. Bu çalışmada yapı yüksekliği sabit tutulurken kat yüksekliği değiştirilerek modellerin deprem ve rüzgar yükleri gibi dinamik yükler altında sahip olduğu ikinci mertebe etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmadaki parametrelerden birisi de kat yüksekliğidir. Kat yüksekliklerine farklı değerler girilerek farklı yönetmeliklere göre

analizler yapılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre LRFD 1999'un en emniyetli sonuçları verdiği gözlemlenmiştir. Eurocode-3 ve BS 2000 Yönetmeliklerinde arttırılması gereken moment katsayılarının diğer yönetmelikler ile karşılaştırdığımızda daha fazla olduğu da ifade edilmiştir.

Lekesiz (2016)'da farklı çaprazlı perde alternatiflerinin deprem performansları konusu üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma kapsamında oluşturulan modeller bir doğrultuda merkezi çaprazlı olacak diğer doğrultuda ise moment aktaran çerçeve olacak şekilde tasarlanmıştır. Oluşturulan modellerde diyagonal çapraz, X çapraz, iki katlı X çapraz ve ters V çapraz şekilleri kullanılmıştır. Her bir çapraz çeşidi süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek olacak şekilde tek tek modellenmiş ve hesaplanmıştır. Bu çalışmada doğrusal statik analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çapraz şekilleri arasında en iyi deprem davranışı Diyagonal tip, iki katlı X tipi, X tipi çaprazlı sistemlerde görülürken en düşük deprem davranışını ise ters V çaprazlı sistem göstermiştir. Süneklik düzeyi normal olacak şekilde modellenen çalışmalarda tüm çaprazlı sistemler ASCE 41-13'de öngörülen "Can Güvenliği" performansını sahip olmuştur ve buna bağlı olarak TBDY'de verilen Can güvenliği kriterini de sağlamıştır. Süneklik düzeyi yüksek olarak modellenen yapılarda ise Ters V çaprazına sahip sistemde yönetmelikte istenilen kriter sağlanamamıştır.

Türk (2016)'da merkezi çaprazlı çelik çerçeve taşıyıcı sistemin performans değerlendirmesi konusu üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına göre tasarım yapılmıştır. Bu çalışmada deprem kuvvetini etki ettirmek için DBYBHY-2007 yönetmeliği rehber alınmış ve bu yönetmeliğe göre deprem kuvvetleri belirlenmiştir. Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin tasarımı için ise taslak halinde olan TBDY 2016 yönetmeliğinin kuralları esas alınmıştır. Bu çalışmada Chi Chi Depremi, Kocaeli Depremi ve Northridge Depreminin verileri kullanılmıştır. Merkezi çapraz çelik çerçeve sistemin modellenmesinde ise çapraz şekli olarak sadece X çapraz kullanılmıştır. Deprem hesabı yapabilmek için kullanılabilecek farklı metotlar vardır. Bu çalışmadaki yapıların deprem hesabını yapabilmek için statik itme analizi ve zaman tanın alanında analizler yapılmıştır. Çalışmanın neticesinden yapının göçme durumuna gelmesine kadarki en büyük etkenin çapraz elemanların olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan dinamik analiz metotları uygulandığında deprem yüklerinin çaprazlardan kirişlere aktarılması suretiyle elemanlar arası yardımlaşma olduğu da elde edilen sonuçlar arasındadır.

Genç (2017)'de burkulması kısıtlanmış çelik çaprazların merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerin deprem davranışına etkisi hakkında bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada 3 kat ve 9 kattan oluşan merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemine sahip yapılarda geleneksel çapraz ve burkulması önlenmiş çaprazlar kullanılarak modelleme yapılmıştır. Modellenen yapılar Kobe Depremi, Kocaeli Depremi ve Northridge depremi olmak üzere 3 farklı deprem değerlerini yapılara etki ettirerek doğrusal olmayan deprem davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışmanın neticesinde Kobe Depremi değerlerinin kullanıldığı 9 katlı olarak modellenen binalardan, klasik çaprazların kullanıldığı modellerin deplasman değerlerinde burkulması önlenmiş çaprazların kullanıldığı modellerin deplasman değerlerine kıyasla daha dikkat çekici artışlar göze çarpmaktadır. Ayrıca klasik çaprazların burkulması önlenmiş çaprazlara kıyasla daha fazla akma dayanımına sahip olduğu da gözlenmiştir. Bir diğer sonuç ise uygulanan deprem kuvveti altında burkulması önlenmiş çaprazların olduğu modeller klasik çaprazların olduğu modellere kıyasla daha birbirine yakın deplasman değerlerine sahiptir.

Akgönen (2017)'de süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerin yatay yük altında davranışını incelemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada üç farklı formda çelik çaprazlar kullanılmıştır. Bu çelik çapraz türleri X çapraz, V çapraz ve ters V çaprazdır. Bunlara ek olarak moment aktaran çerçeve sistemi de modellenmiştir. Tüm modeller AISC 341-16 ve TBDY 2016 yönetmeliklerine göre yapılmıştır. Yapılara deprem yükünü etki ettirip analiz yapabilmek için farklı metotlar kullanılabilir. Bu çalışmada statik itme analizi kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre X çaprazlara sahip olan modelin yatay yükler altında daha yüksek rijitlik ve süneklik gösterdiği görülmüştür. Buna karşılık moment aktaran çerçeve sistemlerin ise en düşük rijitliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Enerji yutma kapasitesi en yüksek olan bir başka deyişle en yüksek sünekliğe sahip olan model V tipi çaprazların bulunduğu model olarak belirlenmiştir. Modelleri yük taşıma kapasitesi bakımından kıyasladığımızda ise X çaprazlı çerçevenin en yüksek moment aktaran çerçevenin ise en düşük kapasiteye sahip olduğu görülmektedir.

Çavdar (2017)'de farklı formlarda çapraz elemanlara sahip çelik yapıların dinamik analizi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada farklı çapraz elemanları kullanılarak üç farklı model oluşturulmuştur. Bu çapraz elemanları X çapraz, V çapraz ve ters V çaprazdır. Bunlara ek olarak moment aktaran çerçeve sisteme sahip bir

modelleme de yapılmıştır. Modellenen yapılar 6 katlı X yönünde dört Y yönünde üç açıklığa sahip yapılardır. Bu yapıların analizi yapılırken Eşdeğer Deprem Yüğü çözüm yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada yapılan analizlerin neticesinde çelik çaprazlar kullanılarak modellenen yapıların sahip olduğu periyot değeri, etki edilen yükler altında yapının yapmış olduğu deplasman değeri ve elemanlara etkiyen kuvvetler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmanın bir neticesi olarak ters V çaprazlar kullanılarak oluşturulan modelin diğer modellere kıyasla daha rijit olduğu gözlemlenirken, deprem yükleri altında en sünek davranış ve bunun sonucu olarak da en iyi deprem performansını V çaprazlı yapının sergilediği sonucuna varılmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada farklı formlara sahip ve farklı yönlerde yerleştirilmiş çelik çaprazların yapının deprem davranışına etkisinin incelenmesi ve modellerin deprem performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için on farklı model kullanılmıştır. Bu modellerin bazı ortak özellikleri ve ayırt edici özellikleri bulunmaktadır.

3.1. Modellerin Ortak Özellikleri

Bu çalışmada yapılan modellerin tamamı için aynı koordinatlarda bulunan arazi üzerine yapılacağı kabul edilmiştir. Bu sebeple tüm modellerin enlem ve boylam değerleri aynıdır. Arazinin enlemi 39.911533 boylamı 32.853541 olarak kabul edilmiştir. Enlem ve boylam değerlerine bağlı olarak interaktif deprem tehlike haritası uygulamasından elde edilen deprem verileri de tüm modeller için aynıdır. İnteraktif deprem tehlike haritasından elde edilen S_{DS} katsayısı 0.448, S_{D1} katsayısı 0.180'dir.

Tüm modeller için aynı koordinatlarda bulunan arazi üzerine yapılacağı kabul edildiği için araziye bağlı olarak belirlenen zemin sınıfı, deprem yer hareketi düzeyi gibi özellikler de tüm modeller için aynıdır. Bu çalışmada çapraz elemanların farklı yönlerde ve farklı formlarda kullanılmasının yapının deprem davranışına etkisinin incelenmesi istendiği için çaprazların formları ve yönleri haricindeki modellerin tüm boyutsal özellikleri eşit olacak şekilde belirlenmiştir. Yapının x yönü ile y yönündeki açıklıkları, kat yükseklikleri ve kolon, kiriş, çapraz gibi yapısal elemanların profilleri aynı olacak şekilde kabul edilmiştir. Yapıya etkiyen ölü yük (G) ve hareketli yük (Q) değerleri de tüm modeller için eşit olacak şekilde kabul edilmiştir. Ayrıca yapıya etkiyen rüzgar yükü yapının yüksekliğine bağlı olarak belirlendiği ve yapı yüksekliği tüm modellerde eşit olduğu için rüzgar yükü tüm modellerde eşit olarak hesaplanmıştır. Kar yükü (S) ise arazinin topografyasına ve koordinatları bağlı olarak belirlendiği ve arazinin topografyası ile koordinatları tüm modellerde eşit olduğu için kar yükü tüm modellerde eşit olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Modellerin ortak özellikleri

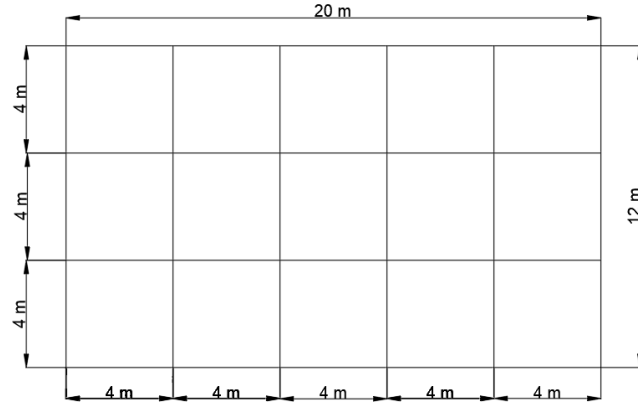
Zemin sınıfı	ZC
Deprem yer hareketi düzeyi	DD 2
X yönündeki açıklık (m)	4
Y yönündeki açıklık (m)	4
Kat yüksekliği (m)	3
Çelik malzeme türü	S275
Kolon profilleri	HE3000A
Kiriş profilleri	IPE220
Çapraz profilleri	TUBO-D88.9 x 3.2
Ölü yük (G) kN/m ²	5.0 kN/m ²
Hareketli yük (Q) kN/m ²	2.0 kN/m ²
Rüzgar yükü (W) kN/m ²	0.64 kN/m ²
Kar yükü (S) kN/m ²	0.84 kN/m ²

Yapısal elemanlarda kullanılan çelik malzemesinin dayanım sınıfı ve malzeme özellikleri de tüm modellerde aynıdır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 S275 Çeliğinin malzeme özellikleri

Elastisite modülü (kN/m ²)	2.1×10^8
Poisson oranı	0.3
Minimum akma gerilmesi (kN/m ²)	275000
Minimum çekme gerilmesi (kN/m ²)	430000

Bu çalışmada analizi yapılan on modelinde X yönündeki ve Y yönündeki açıklıkları 4 metredir. X yönünde tüm modeller 5 açıklığa sahiptir. Y yönünde ise tüm modeller 3 açıklığa sahiptir (Şekil 3.1).

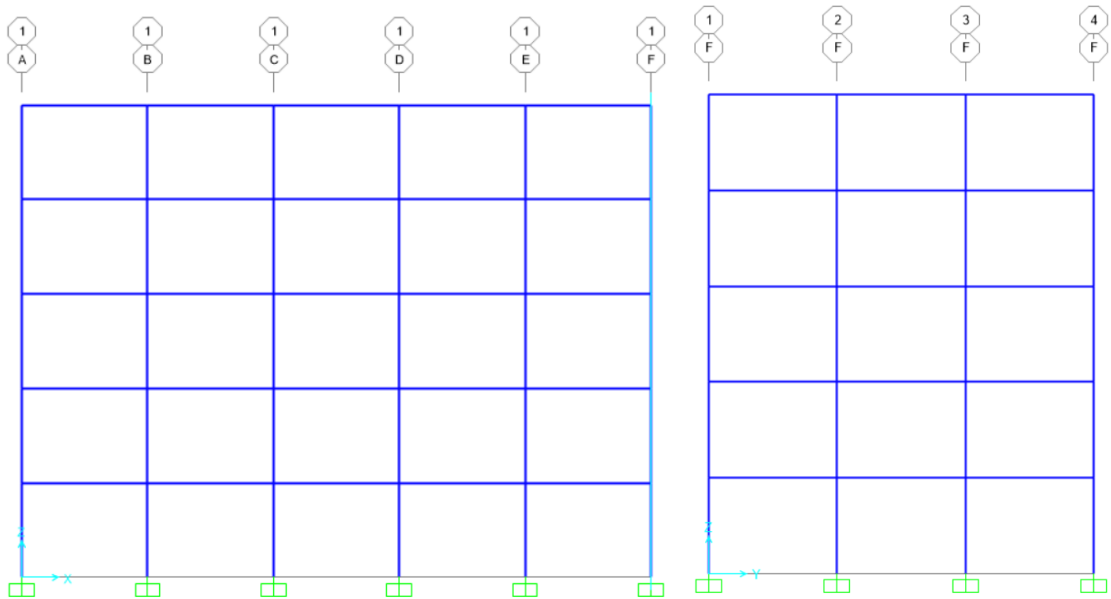


Şekil 3.1 Kat planı

3.2. Modellerin Ayırt Edici Özellikleri

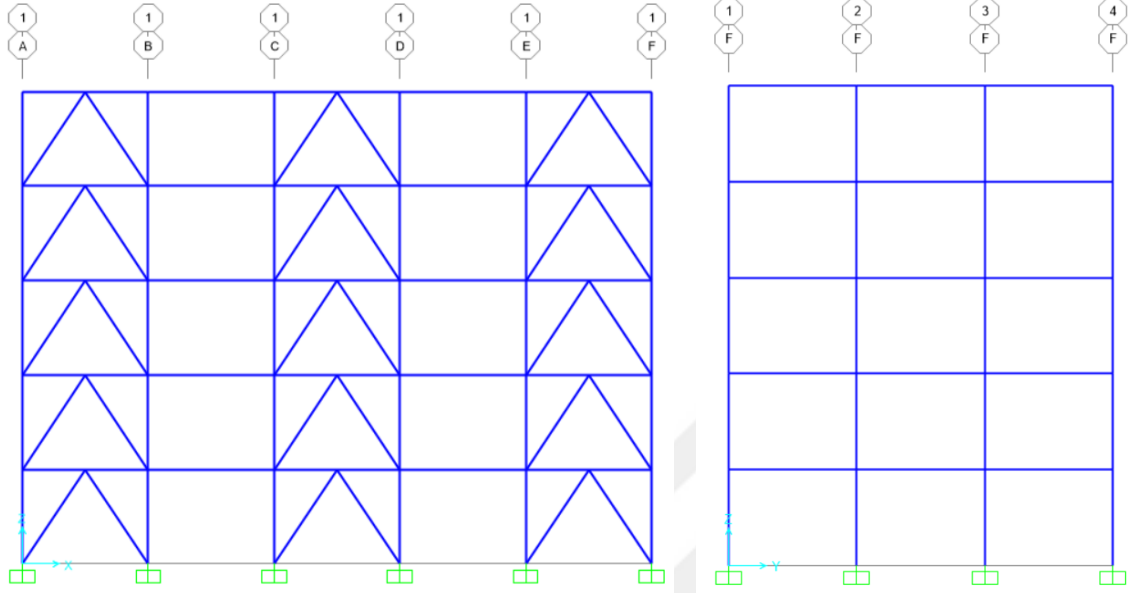
Bu çalışmada on farklı model oluşturulmuştur. Bu modelleri birbirinden ayıran özellikler kullanılan çapraz elemanların farklı formlarda ve farklı yönlerde kullanılmasıdır. Modellerde kullanılan çapraz elemanlar ters V çapraz, V çapraz ve X çapraz olacak şekilde belirlenmiştir. Ayrıca çapraz elemanlar sadece X yönünde, sadece Y yönünde ve her iki yönde olacak şekilde yerleştirilmiştir.

1.model çapraz elemanların olmadığı taşıyıcı sistemin sadece kolon ve kirişlerden oluştuğu çerçeve sistemdir. Bu sisteme moment aktaran çerçeve sistem denir (Şekil 3.2).



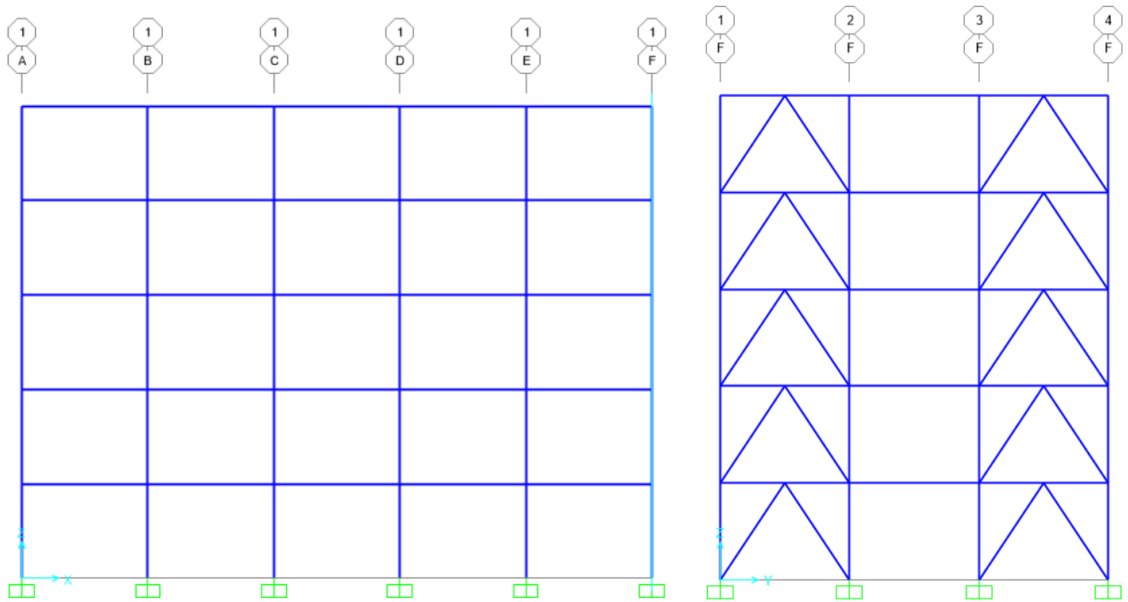
Şekil 3.2 1.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

2.modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak X yönüne Ters V çapraz elemanlar yerleştirilerek X yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar X yönünde A-B, C-D ve E-F aksları arasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.3).



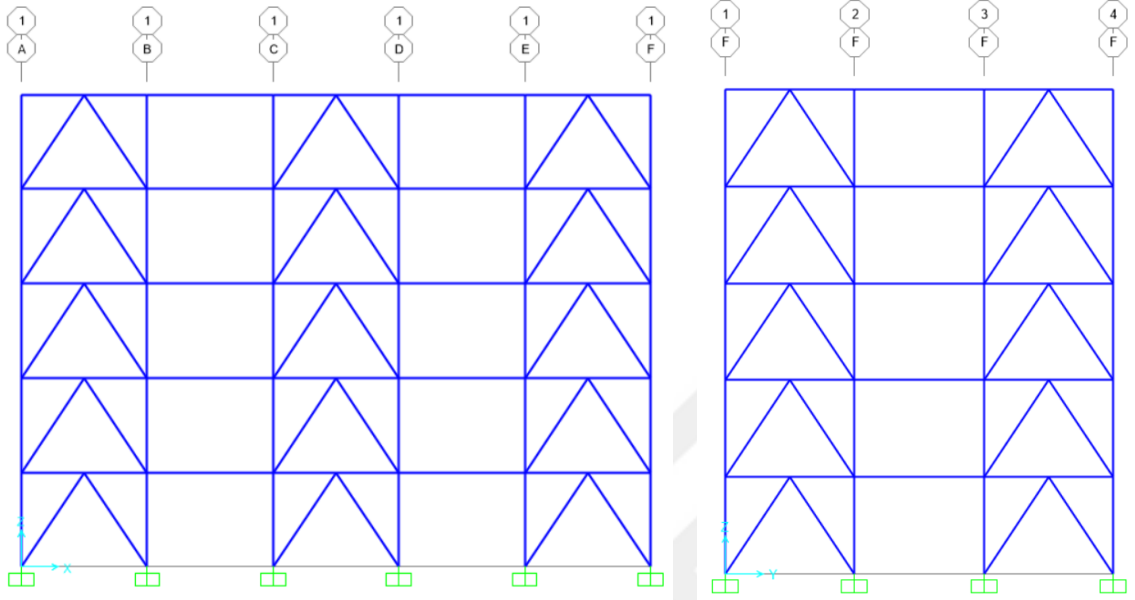
Şekil 3.3 2.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

3.modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak Y yönüne Ters V çapraz elemanlar yerleştirilerek Y yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar Y yönünde 1-2 ve 3-4 aksları arasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.4).



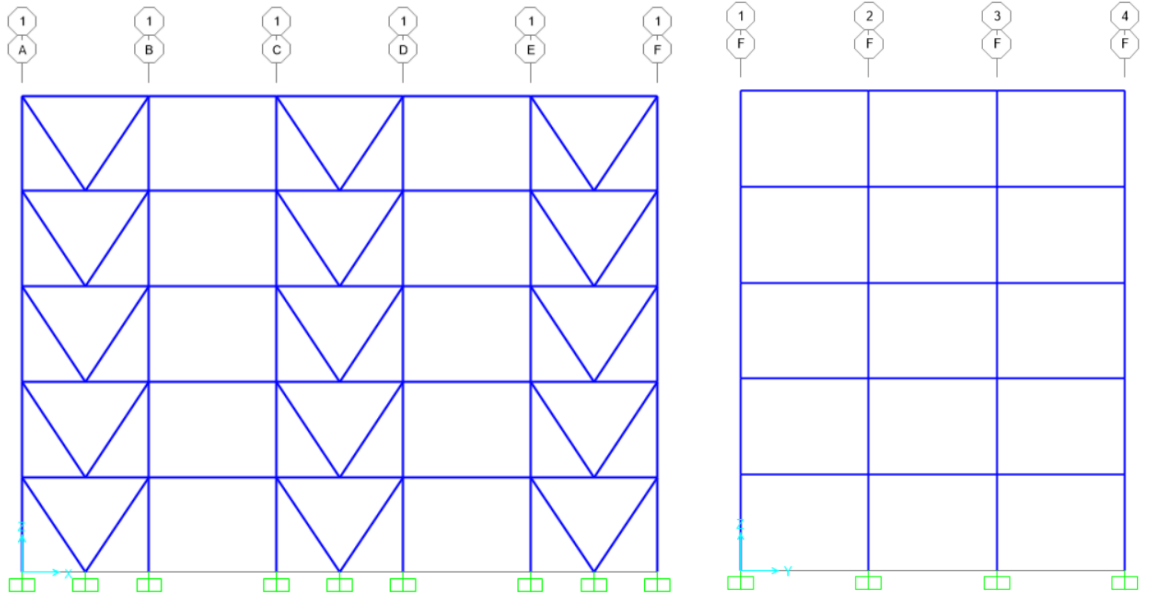
Şekil 3.4 3.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

4.modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak hem X hem de Y yönüne Ters V çapraz elemanlar yerleştirilerek X ve Y yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar X yönünde A-B, C-D, E-F aksları arasında Y yönünde 1-2 ve 3-4 aksları arasında yerleştirilmiştir (Şekil 3.5).



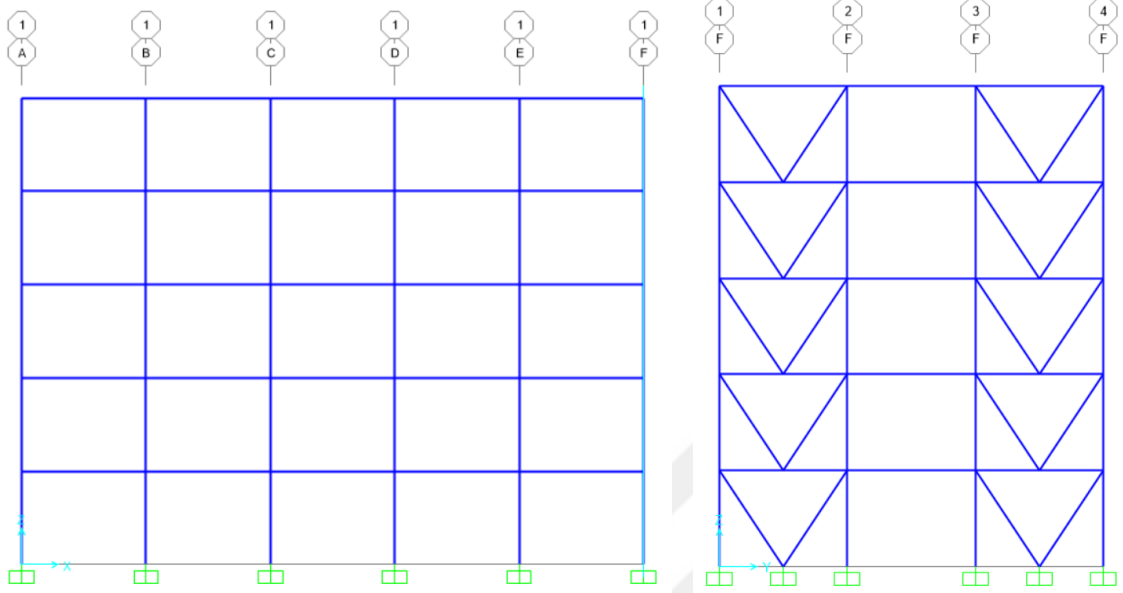
Şekil 3.5 4. Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

5. modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak X yönüne V çapraz elemanlar yerleştirilerek X yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar X yönünde A-B, C-D ve E-F aksları arasında yerleştirilmiştir (Şekil 3.6).



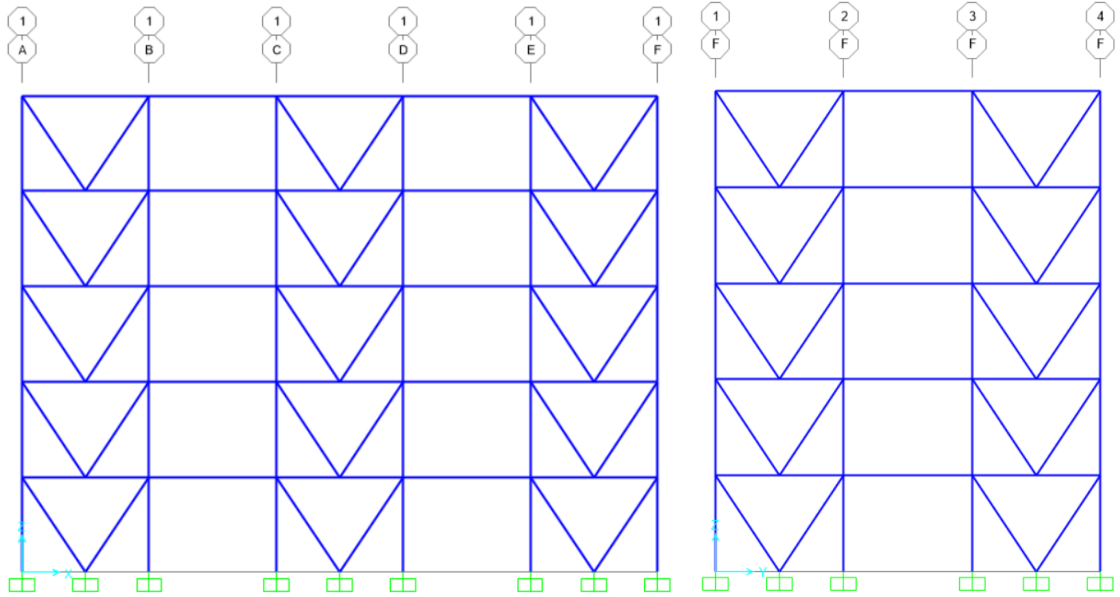
Şekil 3.6 5. Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

6.modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak Y yönüne V çapraz elemanlar yerleştirilerek Y yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar Y yönünde 1-2 ve 3-4 aksları arasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.7).



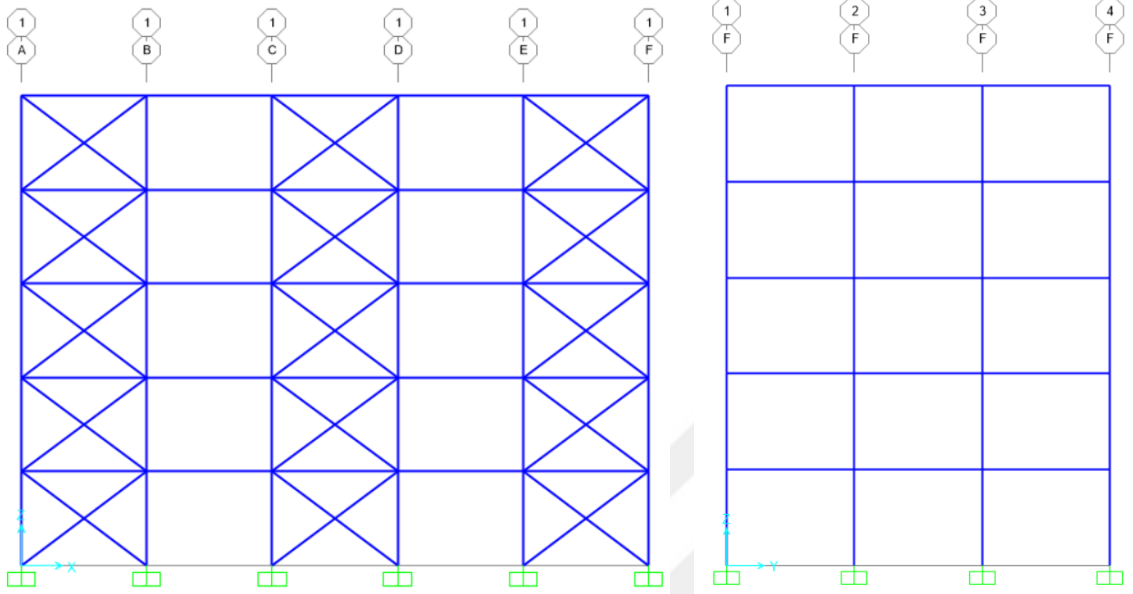
Şekil 3.7 6.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

7.modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak hem X hem de Y yönüne V çapraz elemanlar yerleştirilerek X ve Y yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar X yönünde A-B, C-D, E-F aksları arasına Y yönünde 1-2 ve 3-4 aksları arasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.8).



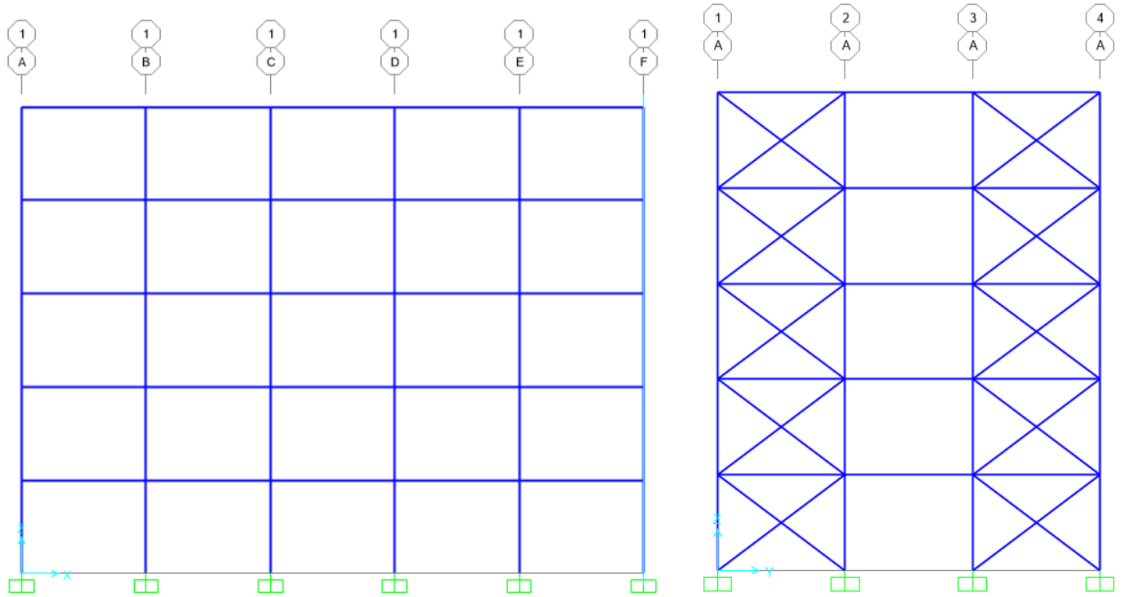
Şekil 3.8 7.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

8.modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak X yönüne X çapraz elemanlar yerleştirilerek X yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar X yönünde A-B, C-D ve E-F aksları arasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.9).



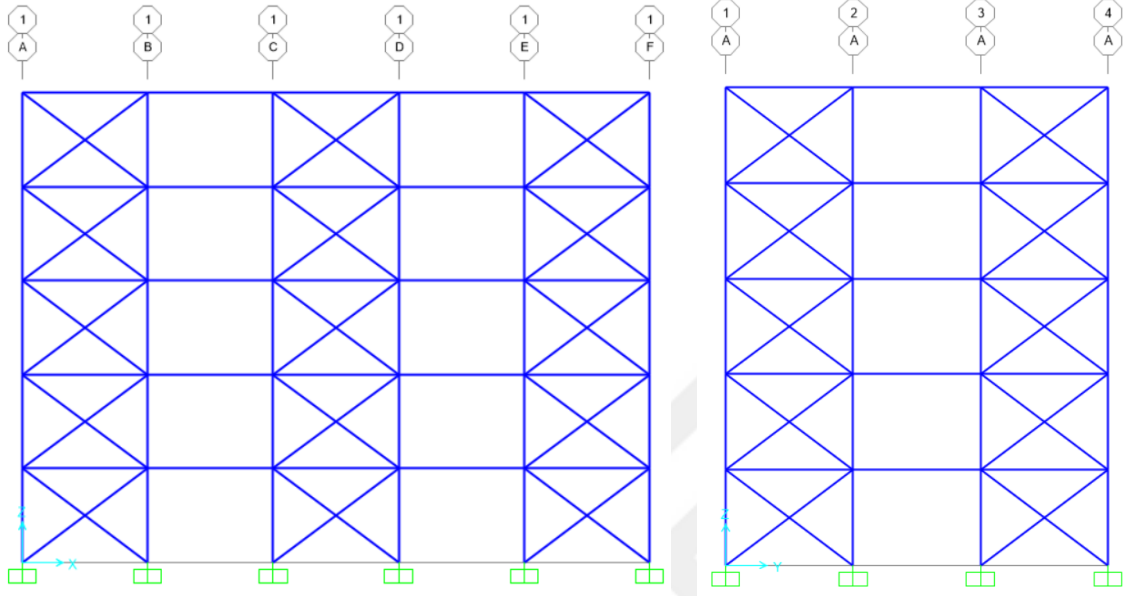
Şekil 3.9 8.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

9.modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak Y yönüne X çapraz elemanlar yerleştirilerek Y yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar Y yönünde 1-2 ve 3-4 aksları arasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 9.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

10.modelde moment aktaran çerçeveden farklı olarak hem X hem de Y yönüne X çapraz elemanlar yerleştirilerek X ve Y yönünde yapı güçlendirilmiştir. Çapraz elemanlar X yönünde A-B, C-D, E-F aksları arasında Y yönünde 1-2 ve 3-4 aksları arasında yerleştirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 10.Modelin xz düzleminde görünümü ve yz düzleminde görünümü

Oluşturulan modellerin farklı yönlerde farklı çapraz formlarına sahip olması her modelin X yönünde ve Y yönünde farklı periyot değerlerine sahip olmasına ve yapı ağırlıklarının da modelden modele değişmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple eşdeğer deprem yükü metoduna göre hesaplanan deprem yükleri de her modelde değişmektedir.

3.3. SAP 2000 ile Modellerin Oluşturulması

Bu çalışmada SAP 2000 programı ile modellemeler yapılırken öncelikle kullanılacak olan çelik malzeme türü belirlenmiş ve programda tanımlaması yapılmıştır (Şekil 3.12). Daha sonra kullanılacak olan profil türleri belirlenmiş, profillerin tanımlanması yapılmış ve bu profillere belirlenen çelik malzemenin ataması yapılmıştır. (Şekil 3.13) Modellerin çerçeve sisteminin kurulabilmesi için kolon, kiriş ve çaprazların profilleri seçilip modellerin çizimi yapılmıştır.

S Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: S275 ■

Material Type: Steel

Material Grade: S275

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76,9729

Mass per Unit Volume: 7,849

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2,100E+08

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 80769231,

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 275000,

Minimum Tensile Stress, Fu: 430000,

Expected Yield Stress, Fye: 302500,

Expected Tensile Stress, Fue: 473000,

☐ Switch To Advanced Property Display

[OK](#) [Cancel](#)

Şekil 3.12 Çelik malzemenin tanımlanması

S I/Wide Flange Section

Section Name: HE300A ■ **Display Color**

Section Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Extract Data from Section Property File

[Open File...](#) c:\program files\computers and structures\sap2000 20\euro.pro [Import...](#)

Dimensions

Outside height (t3) : 0,29

Top flange width (t2) : 0,3

Top flange thickness (tf) : 0,014

Web thickness (tw) : 8,500E-03

Bottom flange width (t2b) : 0,3

Bottom flange thickness (tfb) : 0,014

Fillet Radius : 0,027

Section

Properties

[Section Properties...](#)

[Time Dependent Properties...](#)

Material

[+](#) S275 [v](#)

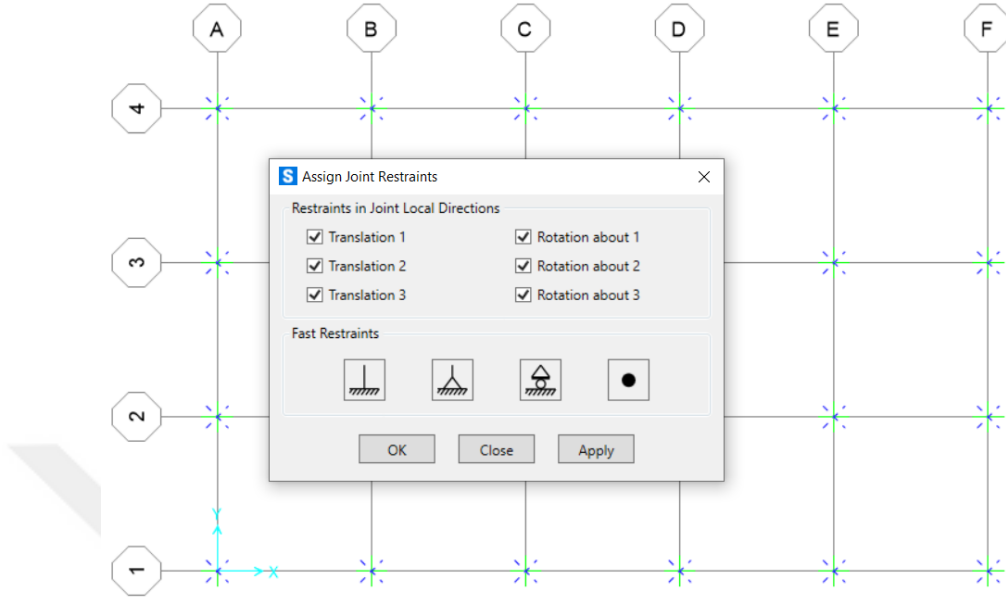
Property Modifiers

[Set Modifiers...](#)

[OK](#) [Cancel](#)

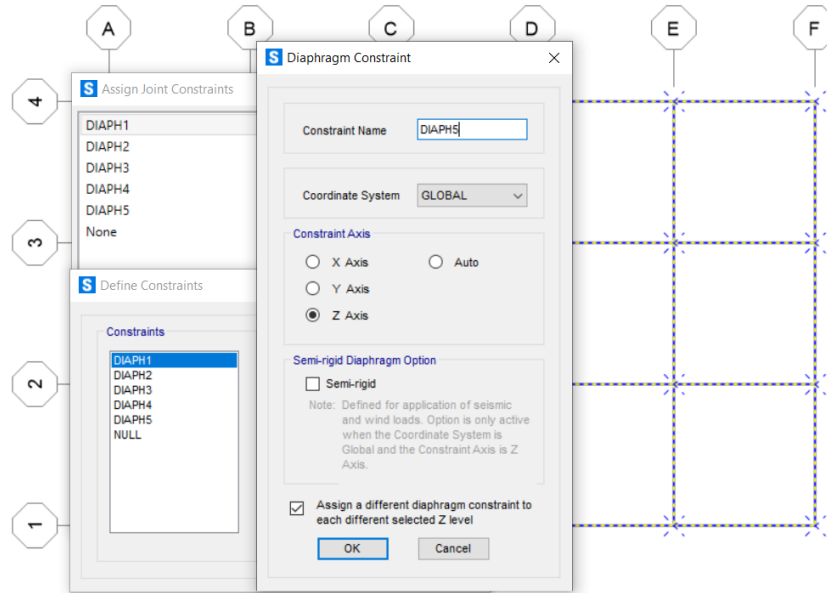
Şekil 3.13 HE300A Profilinin tanımlanması

Modeller oluşturulduktan sonra ankastre mesnet ataması yapılmıştır. Böylece yapının her yönden hareketi sınırlandırılmıştır (Şekil 3.14)



Şekil 3.14 Ankastre Mesnet tanımlanması

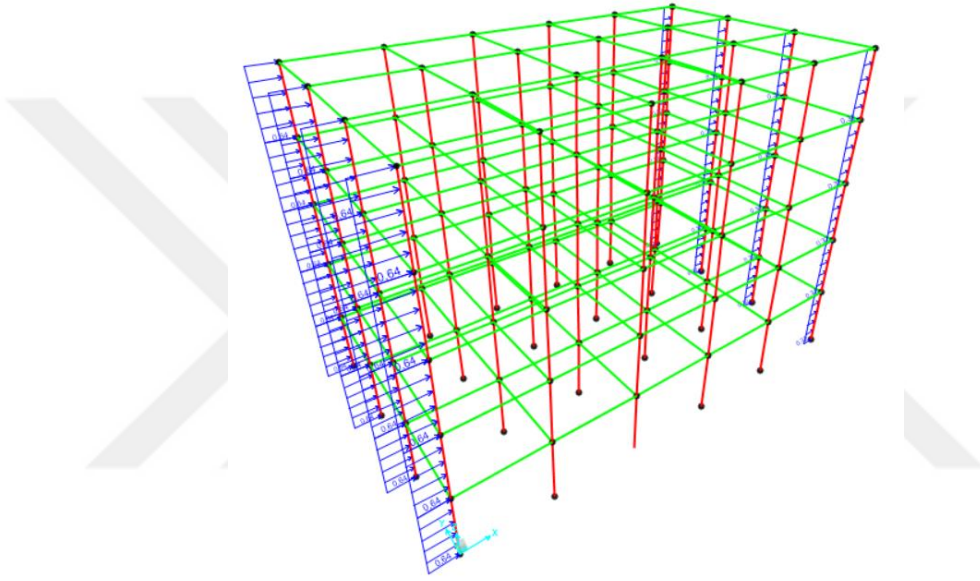
Oluşturulan modellerde düğüm noktalarının üzerine gelen yükü bir diğer düğüm noktasına aktarması ile tüm düğüm noktalarının birbirleri ile eşit miktarda yer değiştirme yapması için rijit diyafram tanımlaması yapılmıştır (Şekil 3.15)



Şekil 3.15 Rijit diyafram tanımlaması

Bütün modellerde ölü yük (G), hareketli yük (Q), rüzgar yükü (W), kar yükü (S) ve deprem yükü (E) tanımlaması yapılmış ve yapıya etki ettirilmiştir. $G = 5 \text{ kN/m}^2$ ve $Q = 2 \text{ kN/m}^2$ kabul edilerek tüm modellerde kirişlere yayılı yük olarak etki ettirilmiştir.

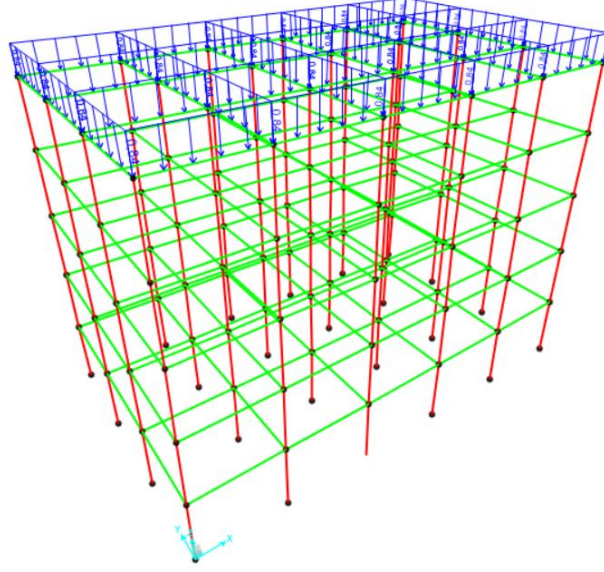
Rüzgar yükü etki ettirilirken TS 498 Yönetmeliğinden faydalanılmıştır. Yapı yüksekliği 15 metre olan modellerimiz için çizelge 1.5'e göre emme basıncı (q) değeri 0.8 kN/m^2 olarak belirlenmiştir. Rüzgar yükü etki ettiği yönden $0.8q$ değeri yani 0.64 kN/m^2 ile etki ettirilirken diğer taraftan $0.4q$ değeri yani 0.32 kN/m^2 olarak etki ettirilmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Rüzgar yüklerinin X yönünde etki ettirilmesi

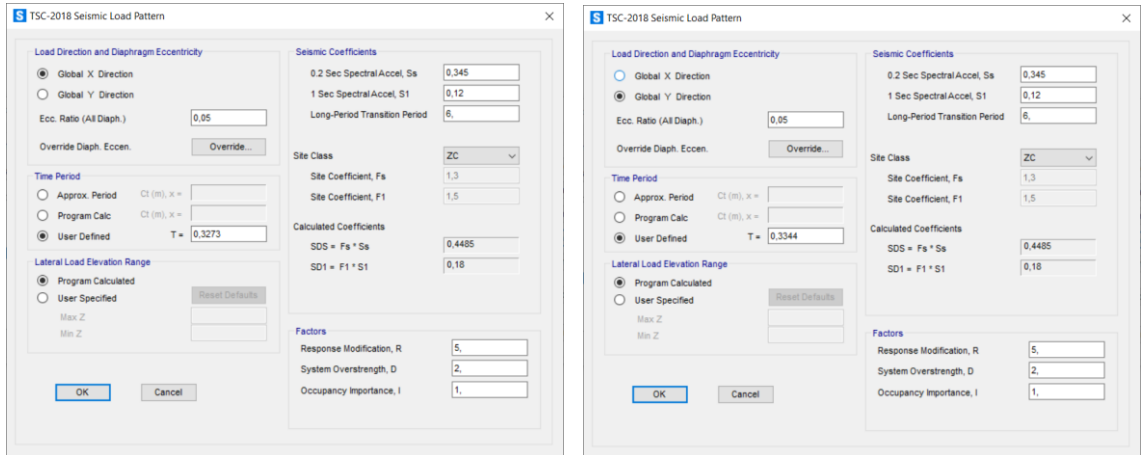
Kar yükü etki ettirilirken TS EN 1991-1-3 Yönetmeliğinden faydalanılmıştır. Koordinatları Ankara'nın Çankaya ilçesine ait olan arazinin kar yükü bölgesi TS EN 1991-1-3 Yönetmeliğine göre II. Bölge olarak belirlenmiştir. Çankaya bölgesinin ortalama rakımı 986 metre olduğundan çizelge 1.7'ye göre zemin kar yükü değeri (s_k) 1.05 olarak belirlenmiştir. Modellerin çatı eğim açıları 0° olduğu için çizelge 1.8'e göre kar yükü şekil katsayısı (μ_i) 0.8 olarak belirlenmiştir. Çizelge 1.9'a göre topografik bölgenin normal olduğu kabulü yapılmış ve maruz kalma katsayısı (C_e) 1 olarak kabul edilmiştir. Isı katsayısı (C_t) yönetmelikte belirtilen özel durumlar dışında 1 kabul edilmektedir. Bu çalışmadaki modellerde bahsedilen özel durumlar görülmediği için tüm modellerde ısı katsayısı 1 olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.17)

$$S = \mu_i \times C_e \times C_t \times S_k = 0.8 \times 1 \times 1 \times 1.05 = 0.84 \text{ kN/m}^2 \quad (16)$$



Şekil 3.17 Kar yüklerinin etki ettirilmesi

Deprem yükü etki ettirilirken TBDY 2018'e göre Eşdeğer Deprem Yükü metodundan faydalanılmıştır. TBDY 2018'de yer alan tablolara göre gerekli parametreler belirlenmiş ve programa tanımlanmıştır. (Şekil 3.18)



Şekil 3.18 10.Model için X ve Y yönündeki deprem kuvvetlerinin tanımlanması

Bu çalışmada TBDY 2018 ve ÇYTHYEDY 2018 Yönetmeliklerine göre yük kombinasyonları oluşturulup programda tanımlanmıştır (Şekil 3.19) (Şekil 3.20).

ÇYTHYEDY 2018'e göre Yük ve Dayanım Katsayısı yöntemi kullanılarak tüm modellere tasarımları yapılmıştır. ÇYTHYEDY 2018'e göre kullanılan yük kombinasyonları şunlardır;

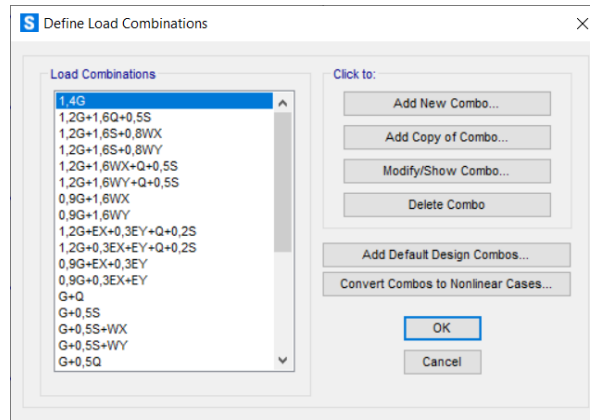
- 1.4G
- 1.2G + 1.6S
- 1.2G + 1.6Q + 0.5S
- 1.2G + Q + 1.6S ± 0.8 (W_X; W_Y)
- 1.2G + Q + 0.5S ± 1.6(W_X; W_Y)
- 1.2G + Q + 0.2S ± (E_X; E_Y)
- 0.9G ± 1.6(W_X; W_Y)
- 0.9G ± (E_X; E_Y)

ÇYTHYEDY 2018'de kullanılabilirlik sınır durumuna göre tasarım başlığı altında da yük kombinasyonları verilmiştir. Bu kombinasyonlarda programda tanımlanmıştır. Bu kombinasyonlar şunlardır;

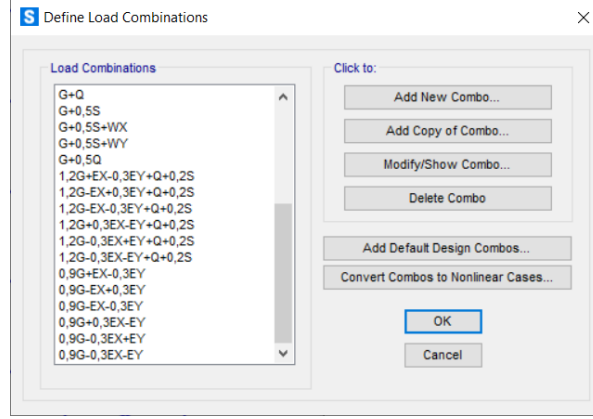
- G + Q
- G + 0.5S
- G + 0.5Q
- G + 0.5Q + W

TBDY 2018'de deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi amacıyla yük kombinasyonları verilmiştir. Bu kombinasyonlarda programda tanımlanmıştır. Bu kombinasyonlar şunlardır;

- 1.2G + Q + 0.2S ± (E_X; E_Y) ± 0.3 (E_X; E_Y)
- 0.9G + (E_X; E_Y) ± 0.3 (E_X; E_Y)



Şekil 3.19 Tanımlanan yük kombinasyonları - 1



Şekil 3.20 Tanımlanan yük kombinasyonları – 2

TBDY 2018’de hareketli yük kütle katılım katsayısı tablosu bulunmaktadır. Bu tabloda binanın kullanım amacına göre hareketli yük katılım katsayısı değerleri verilmektedir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı (TBDY 2018)

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

Bu çalışmadaki modeller için kullanım amacı işyeri olarak kabul edilmiştir. Bu sebeple hareketli yük kütle katılım katsayısı 0.3 olarak belirlenmiştir. Programda kütle kaynağı tanımlaması yapılarak kütle kaynağı $G + 0.3Q$ olarak atanmıştır (Şekil 3.21).

Mass Source Data

Mass Source Name: G+0,3Q

Mass Source

☐ Element Self Mass and Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Q	0,3
G	1,
Q	0,3

Add

Modify

Delete

OK Cancel

Şekil 3.21 Kütle kaynağı tanımlanması

Her on model içinde bu tanımlamalar ve atamalar yapıldıktan sonra modellerin tasarım ve analizi yapılmıştır.

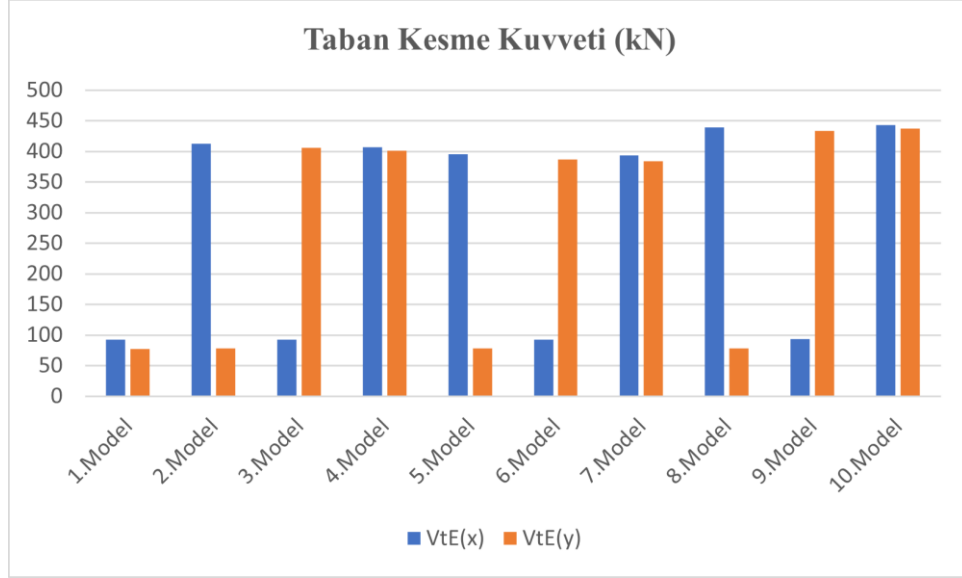
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Modellerin Taban Kesme Kuvvetleri ve Periyotları Analiz Sonuçları

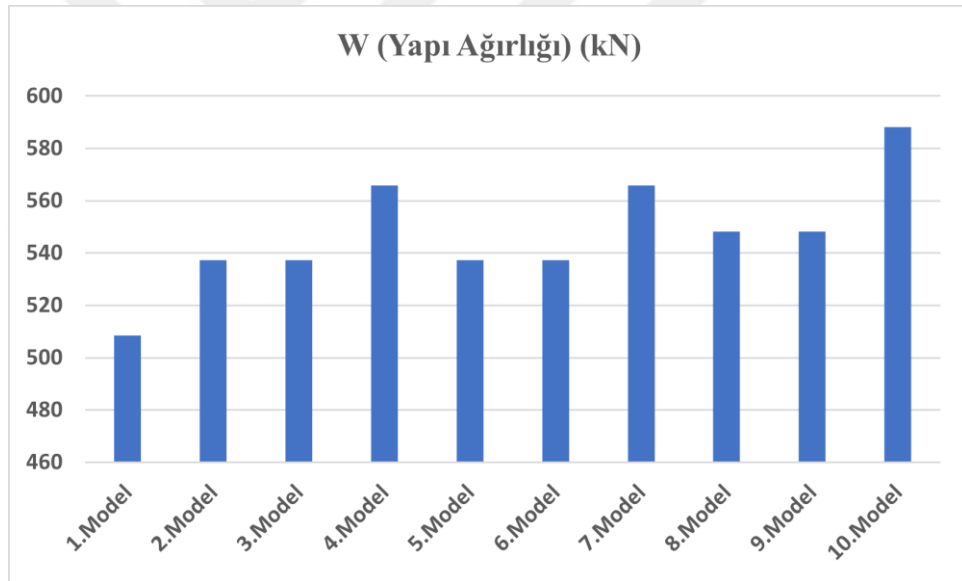
Analiz edilen her modele eşdeğer deprem yüküne göre deprem kuvvetlerini etki ettirebilmek için interaktif deprem haritasından alınan veriler, TBDY 2018’de verilen tablolardan elde edilen bilgiler ve periyot değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu verileri kullanarak deprem kuvvetleri etki ettirilmiş ve her iki yönde taban kesme kuvvetleri elde edilmiştir (Çizelge 4.1) (Şekil 4.1). Ayrıca modellerde kullanılan elemanların ağırlığını toplayarak bina ağırlığı ve kat kütleleri de elde edilmiştir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.1 Modellerin periyotları, taban kesme kuvvetleri, kat kütlesi ve ağırlığı ile minimum taban kesme kuvvetleri verileri

Model Numarası	T _x (s)	T _y (s)	Yapı Ağırlığı (kN)	Kat Kütlesi (Ton)	V _t (Ex) (kN)	V _t (Ey) (kN)
1	1,0486	1,2741	508,514	10,37	92,60	77,42
2	0,3639	1,2802	537,208	10,95	412,51	77,88
3	1,0546	0,3737	537,208	10,95	92,62	406,18
4	0,3772	0,3865	565,902	11,54	406,40	400,61
5	0,3920	1,2790	537,208	10,95	394,95	77,88
6	1,0531	0,4042	537,208	10,95	92,76	386,62
7	0,3978	0,4097	565,902	11,54	393,79	383,75
8	0,3271	1,2788	548,305	11,18	439,08	78,06
9	1,0523	0,3343	548,305	11,18	93,04	433,79
10	0,3273	0,3344	588,097	11,99	442,51	437,29



Şekil 4.1 Modellerin taban kesme kuvvetlerinin sütun grafiği



Şekil 4.2 Modellerin yapı ağırlıklarının sütun grafiği

Model 1 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 1,0486 s iken Y yönünde periyot 1,2741 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 508,514 kN olarak elde edilen 1.modelin kat kütlesi 10,37 ton olarak hesaplanmıştır. 1.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 92,60 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 77,42 kN olarak elde edilmiştir.

Model 2 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 0,3639 s iken Y yönünde periyot 1,2802 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 537,208 kN olarak elde

edilen 2.modelin kat kütlesi 10,95 ton olarak hesaplanmıştır. 2.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 412,51 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 77,88 kN olarak elde edilmiştir.

Model 3 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 1,0546 s iken Y yönünde periyot 0,3737 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 537,208 kN olarak elde edilen 3.modelin kat kütlesi 10,95 ton olarak hesaplanmıştır. 3.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 92,62 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 406,18 kN olarak elde edilmiştir.

Model 4 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 0,3772 s iken Y yönünde periyot 0,3865 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 565,902 kN olarak elde edilen 4.modelin kat kütlesi 11,54 ton olarak hesaplanmıştır. 4.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 406,40 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 400,61 kN olarak elde edilmiştir.

Model 5 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 0,3920 s iken Y yönünde periyot 1,2790 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 537,208 kN olarak elde edilen 5.modelin kat kütlesi 10,95 ton olarak hesaplanmıştır. 5.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 394,95 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 77,88 kN olarak elde edilmiştir.

Model 6 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 1,0531 s iken Y yönünde periyot 0,4042 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 537,208 kN olarak elde edilen 6.modelin kat kütlesi 10,95 ton olarak hesaplanmıştır. 6.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 92,76 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 386,62 kN olarak elde edilmiştir.

Model 7 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 0,3978 s iken Y yönünde periyot 0,4097 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 565,902 kN olarak elde edilen 7.modelin kat kütlesi 11,54 ton olarak hesaplanmıştır. 7.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 393,79 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 383,75 kN olarak elde edilmiştir.

Model 8 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 0,3271 s iken Y yönünde periyot 1,2788 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 548,305 kN olarak elde edilen 8.modelin kat kütlesi 11,18 ton olarak hesaplanmıştır. 8.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 439,08 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 78,06 kN olarak elde edilmiştir.

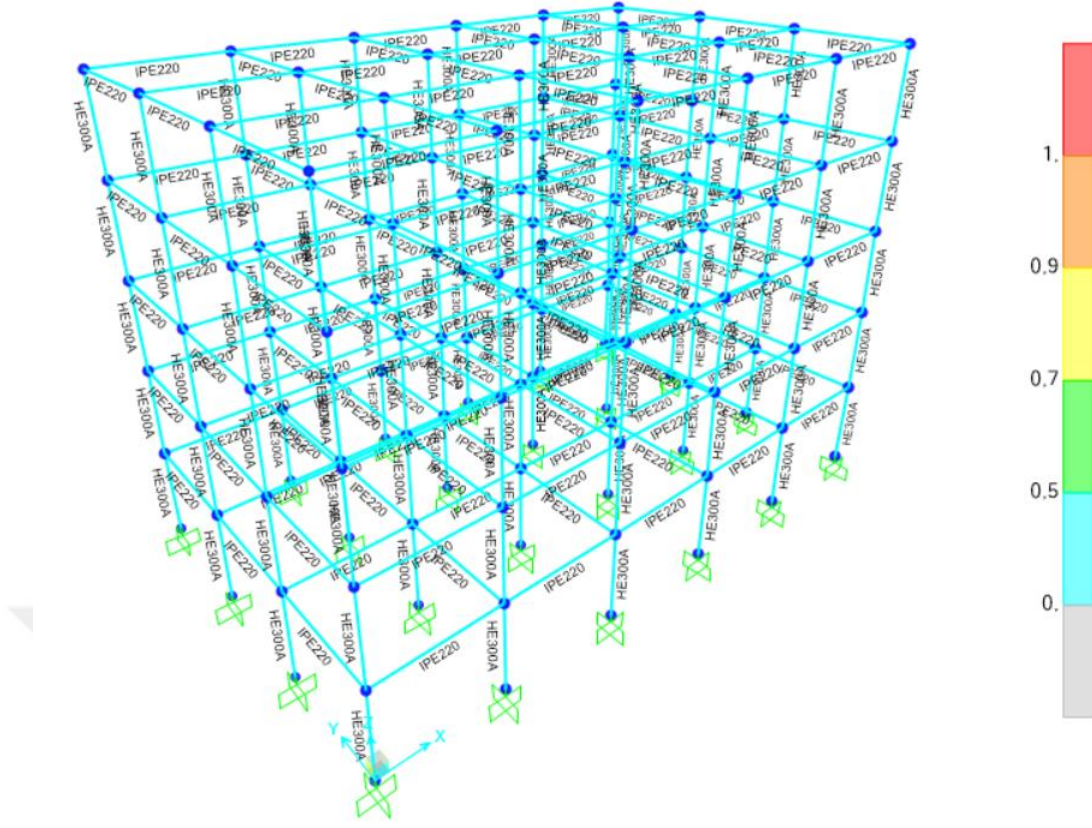
Model 9 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 1,0523 s iken Y yönünde periyot 0,3343 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 548,305 kN olarak elde edilen 9.modelin kat kütlesi 11,18 ton olarak hesaplanmıştır. 9.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 93,04 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 433,79 kN olarak elde edilmiştir.

Model 10 için yapılan analizin sonucunda X yönünde periyot 0,3273 s iken Y yönünde periyot 0,3344 s olarak elde edilmiştir. Yapı ağırlığı 588,097 kN olarak elde edilen 10.modelin kat kütlesi 11,99 ton olarak hesaplanmıştır. 10.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 442,51 kN, Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 437,29 kN olarak elde edilmiştir.

4.2. Modellerin Tasarımı ve Taşıma Gücü Kapasiteleri Analiz Sonuçları

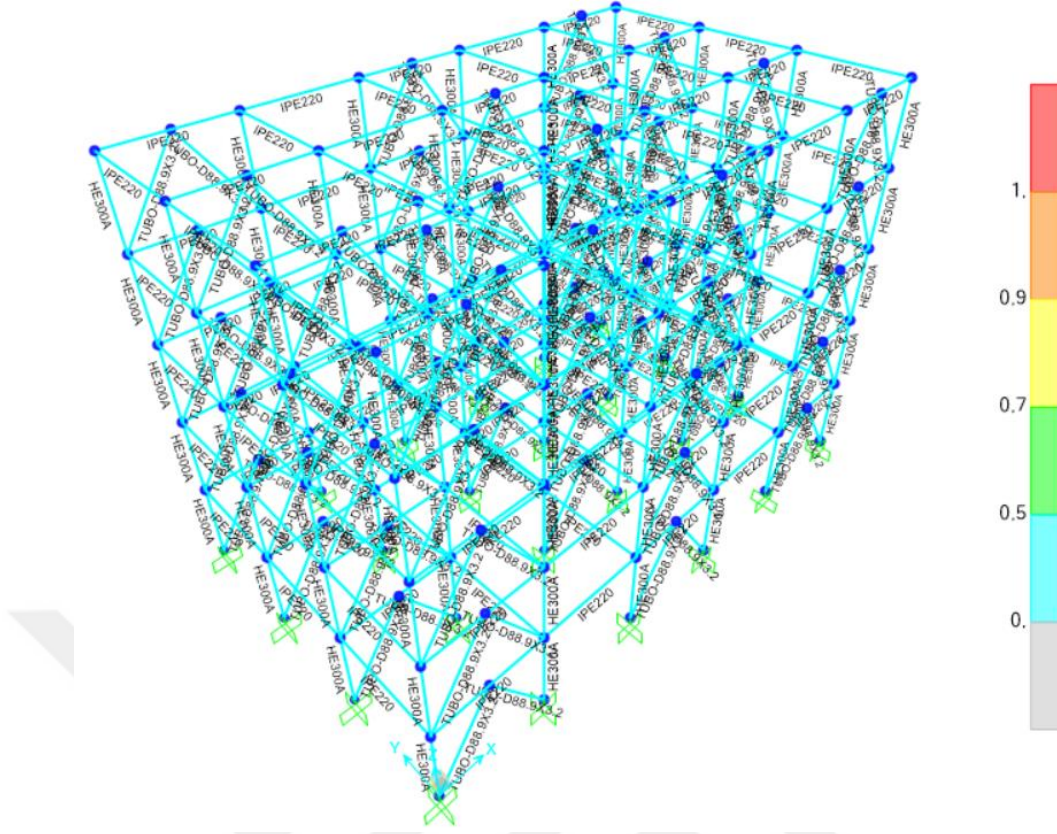
Modellerin çizimi yapıldıktan ve yükler etki ettirildikten sonra TBDY 2018 ve ÇYTHYEDY 2018 Yönetmeliklerinde verilen yük kombinasyonları yük ve tasarım katsayısı metodu kullanılarak tüm modellere tanımlanmıştır. Tüm modellerin tasarımları yapılmış ve taşıma gücü kapasitesi sonuçları elde edilmiştir.

1.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değer altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.3). 1.modelin en kritik elemanı olan X yönünde B aksı ile Y yönünde 1-2 aksı arasında 1.katta bulunan kirişin taşıma gücü kapasitesi %26.38 olarak elde edilmiştir. 1.modelin en kritik kolonu ise X yönünde B aksı Y yönünde 2 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi %15.1 olarak elde edilmiştir.



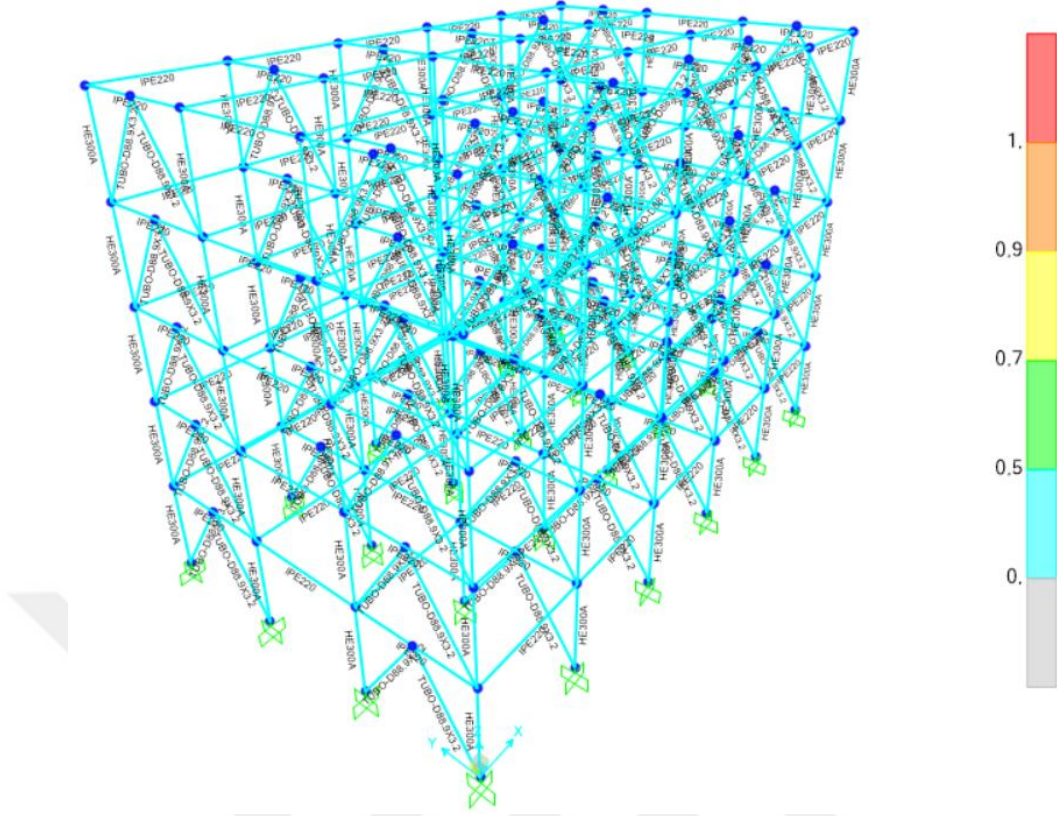
Şekil 4.3 1.modelin tasarım sonuçları

2.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.4). 2.modelin en kritik kirişi olan X yönünde C aksı ile Y yönünde 1-2 aksı arasında 1.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %26.38 olarak elde edilmiştir. 2.modelin en kritik kolonu ise X yönünde C aksı ile Y yönünde 2 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %15.38 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde E-F aksı ile Y yönünde 4 aksının kesiştiği noktada 2.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %47.72 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %46.54 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %1.18 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.



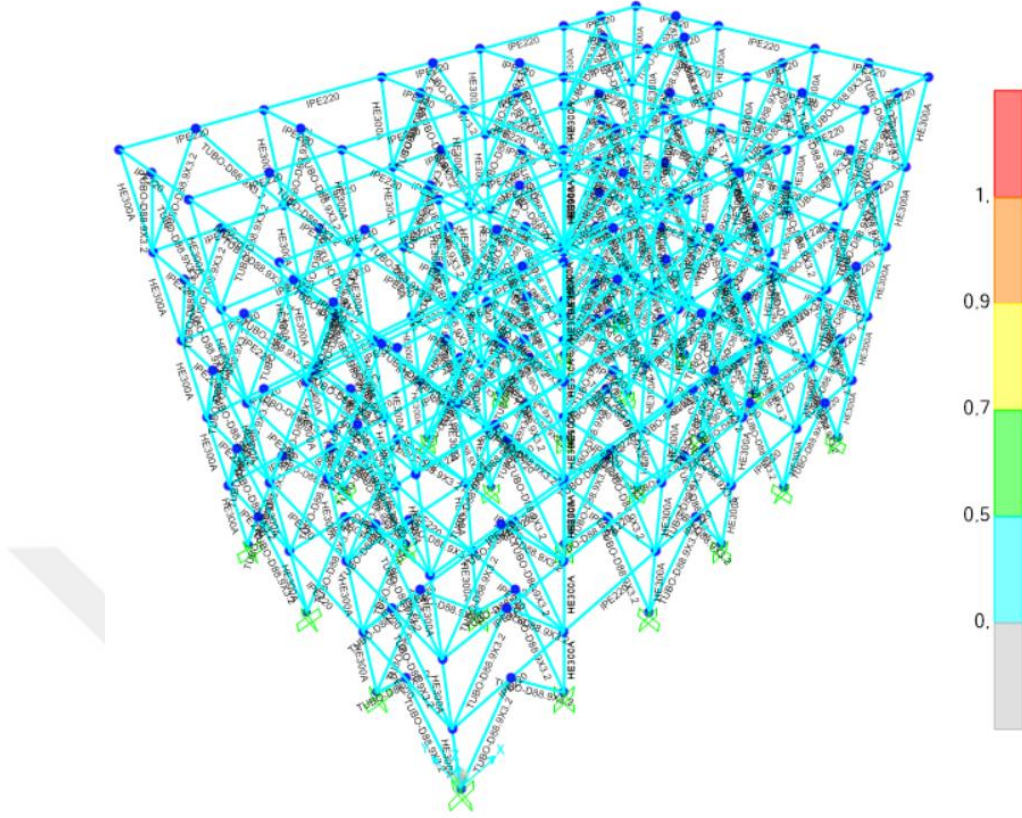
Şekil 4.4 2.modelin tasarım sonuçları

3.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.5). 3.modelin en kritik kirişi olan X yönünde E-F aksı ile Y yönünde 4 aksı arasında 2.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %24.02 olarak elde edilmiştir. 3.modelin en kritik kolonu ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 3 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %12.29 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde F aksı ile Y yönünde 3-4 aksının kesiştiği noktada 2.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %48.89 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %47.71 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %1.18 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.



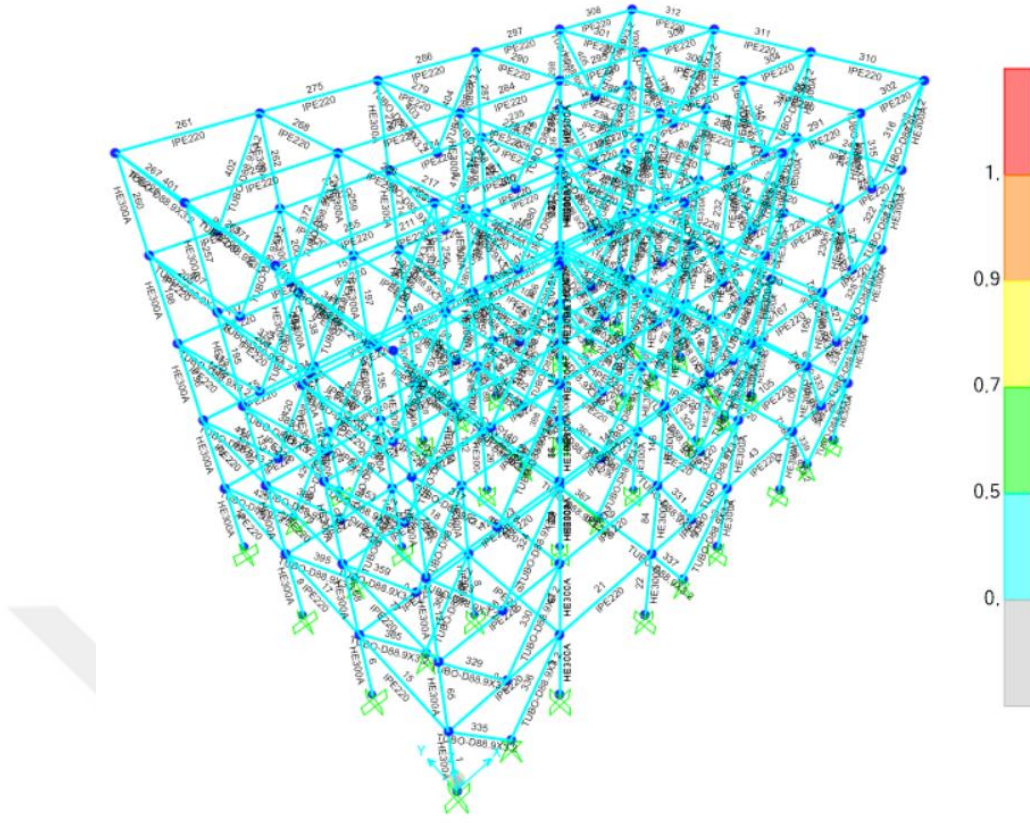
Şekil 4.5 3.modelin tasarım sonuçları

4.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.6). 4.modelin en kritik kirişi olan X yönünde D-E aksı ile Y yönünde 1 aksı arasında 2.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %20.59 olarak elde edilmiştir. 4.modelin en kritik kolonu ise X yönünde D aksı ile Y yönünde 3 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %11.98 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde F aksı ile Y yönünde 3-4 aksının kesiştiği noktada 2.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %46.86 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %45.68 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %1.18 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.



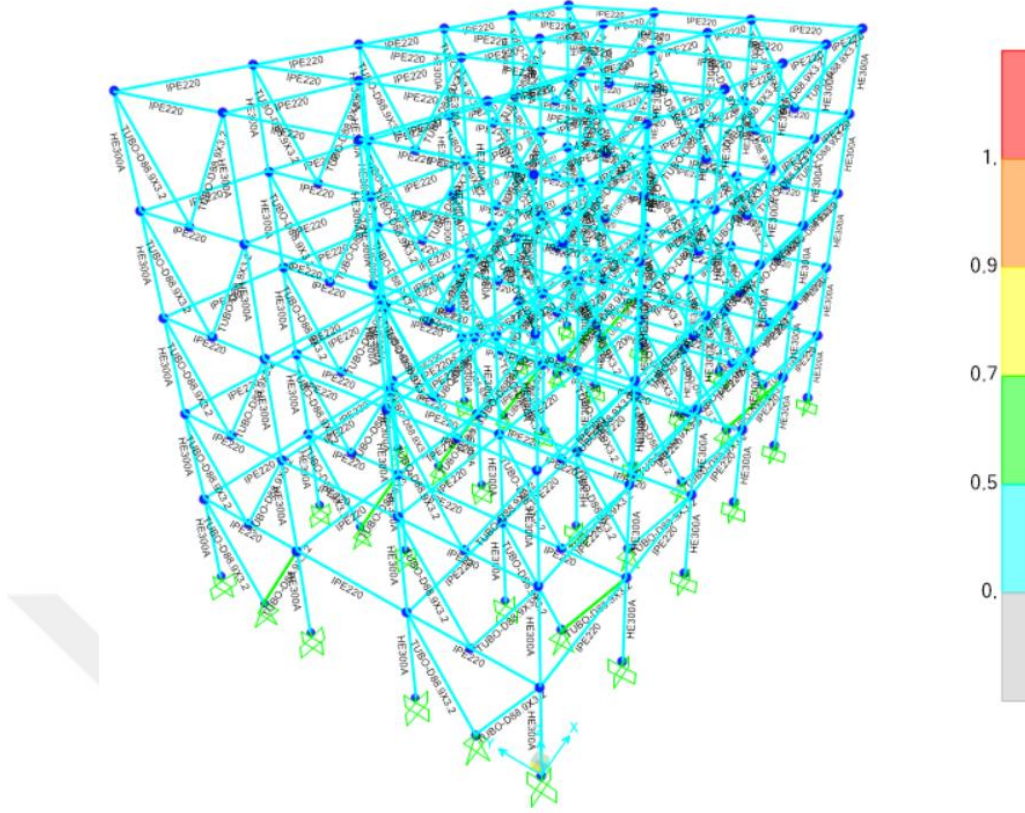
Şekil 4.6 4.modelin tasarım sonuçları

5.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.7). 5.modelin en kritik kirişi olan X yönünde C aksı ile Y yönünde 1-2 aksı arasında 1.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %26.40 olarak elde edilmiştir. 5.modelin en kritik kolonu ise X yönünde C aksı ile Y yönünde 2 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %14.95 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde C-D aksı ile Y yönünde 2 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %50.88 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %49.70 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %1.18 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.



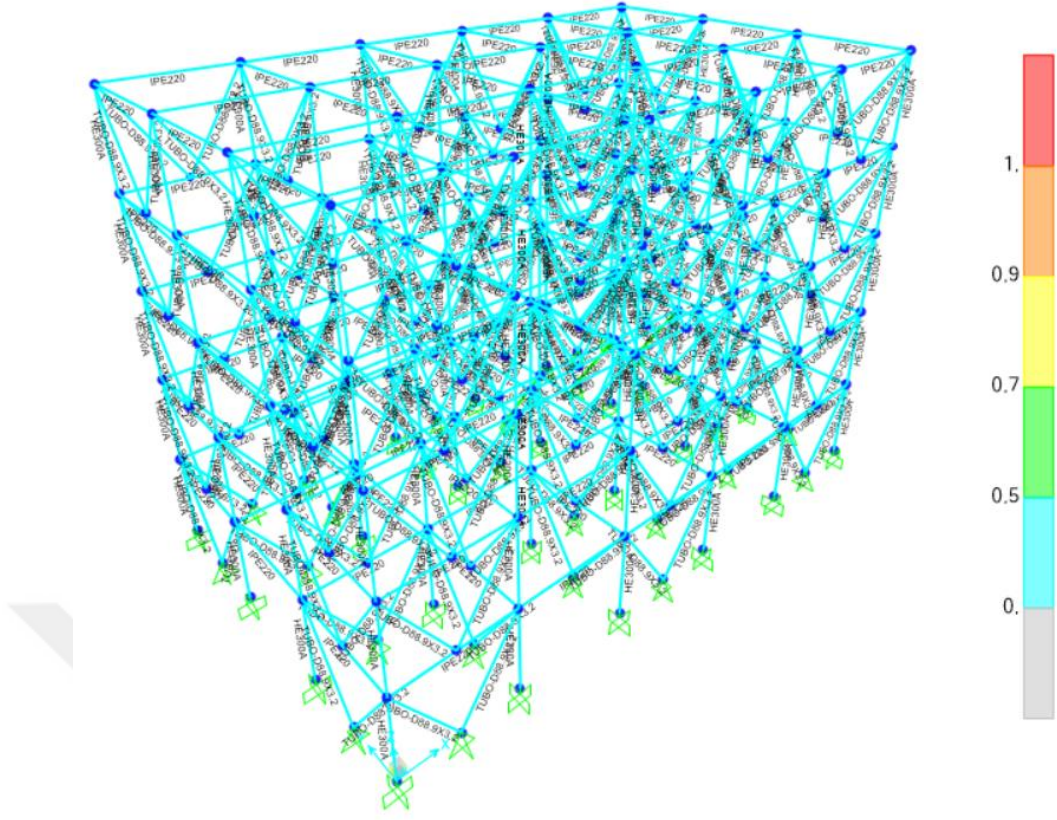
Şekil 4.7 5.modelin tasarım sonuçları

6.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.8). 6.modelin en kritik kirişi olan X yönünde E-F aksı ile Y yönünde 4 aksı arasında 2.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %24.09 olarak elde edilmiştir. 6.modelin en kritik kolonu ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 4 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %12.87 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 3-4 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %54.89 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %53.71 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %1.18 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.



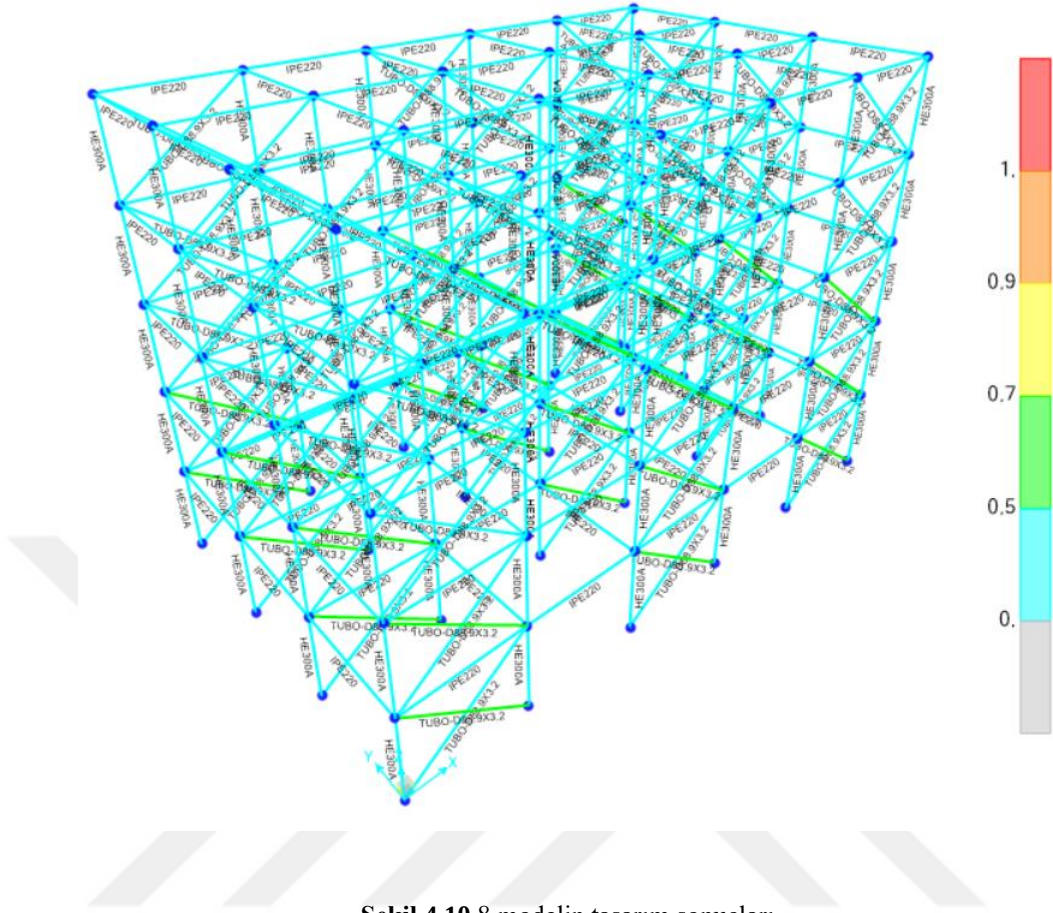
Şekil 4.8 6.modelin tasarım sonuçları

7.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.9). 7.modelin en kritik kirişi olan X yönünde B aksı ile Y yönünde 3-4 aksı arasında 1.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %21.33 olarak elde edilmiştir. 7.modelin en kritik kolonu ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 4 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %12.11 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 3-4 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %53.67 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %52.49 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %1.18 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.



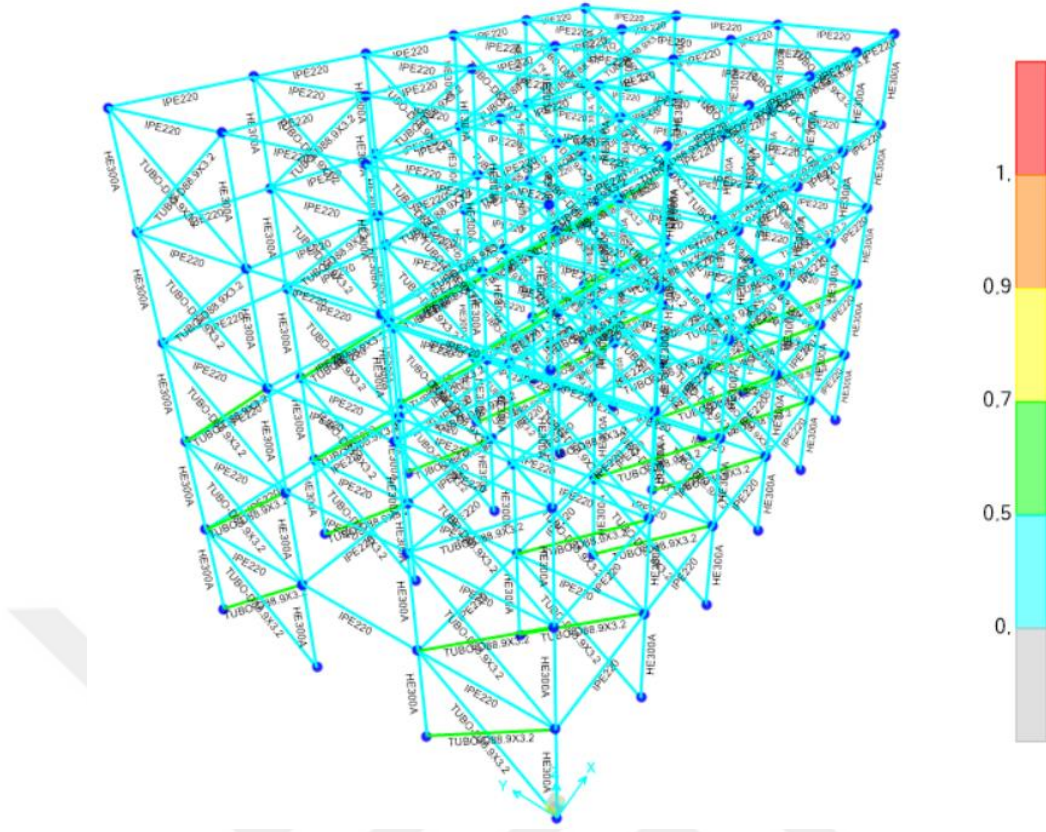
Şekil 4.9 7.modelin tasarım sonuçları

8.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.10). 8.modelin en kritik kirişi olan X yönünde C aksı ile Y yönünde 1-2 aksı arasında 1.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %26.39 olarak elde edilmiştir. 8.modelin en kritik kolonu ise X yönünde C aksı ile Y yönünde 2 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %14.96 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde E-F aksı ile Y yönünde 4 aksının kesiştiği noktada 2.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %69.85 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %66.58 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %3.27 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.



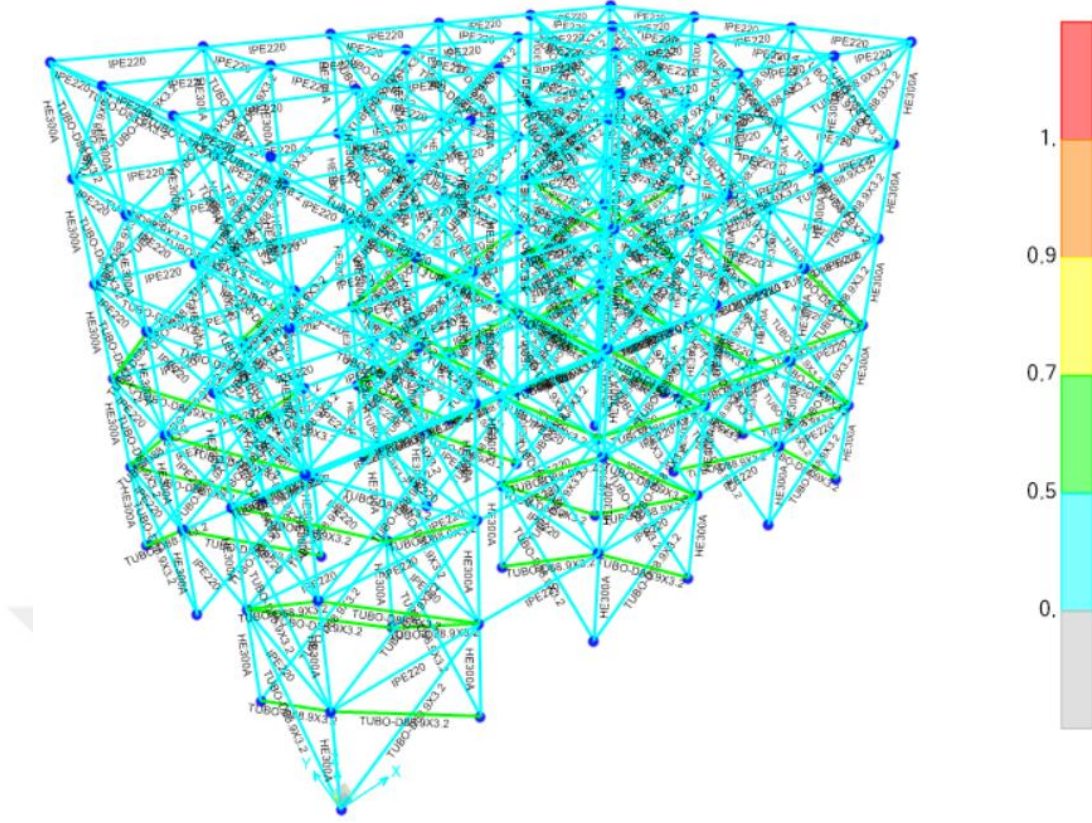
Şekil 4.10 8.modelin tasarım sonuçları

9.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.11). 9.modelin en kritik kirişi olan X yönünde E-F aksı ile Y yönünde 4 aksı arasında 2.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %24.06 olarak elde edilmiştir. 9.modelin en kritik kolonu ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 4 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %12.90 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 3-4 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %74.21 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %70.94 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %3.27 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.



Şekil 4.11 9.modelin tasarım sonuçları

10.model için yapılan tasarım sonucunda tüm elemanların taşıma gücü kapasitesi değerleri kritik değerin altında elde edilmiştir. Tüm elemanlar güvenli bir şekilde çalışmaktadır (Şekil 4.12). 10.modelin en kritik kirişi olan X yönünde D-E aksı ile Y yönünde 2 aksı arasında 2.katta bulunan kiriştir. Bu kirişin taşıma gücü kapasitesi %20.88 olarak elde edilmiştir. 10.modelin en kritik kolonu ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 4 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan kolondur. Bu kolonun taşıma gücü kapasitesi ise %12.55 olarak elde edilmiştir. En kritik çapraz eleman ise X yönünde B aksı ile Y yönünde 3-4 aksının kesiştiği noktada 1.katta bulunan çaprazdır. Bu çaprazın taşıma gücü kapasitesi %73.94 olarak elde edilmiştir. Taşıma gücü kapasitesinin %70.67 oranındaki kısmı eksenel kuvveti aktarırken %3.27 oranındaki kısmı ise moment karşılamaktadır.

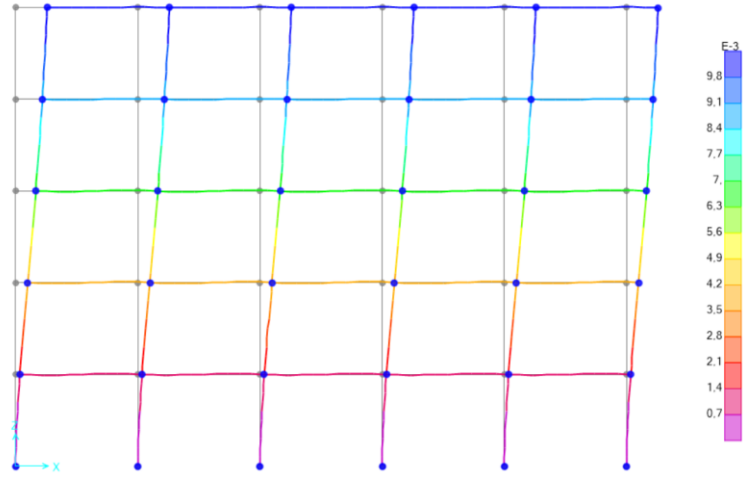


Şekil 4.12 10.modelin tasarım sonuçları

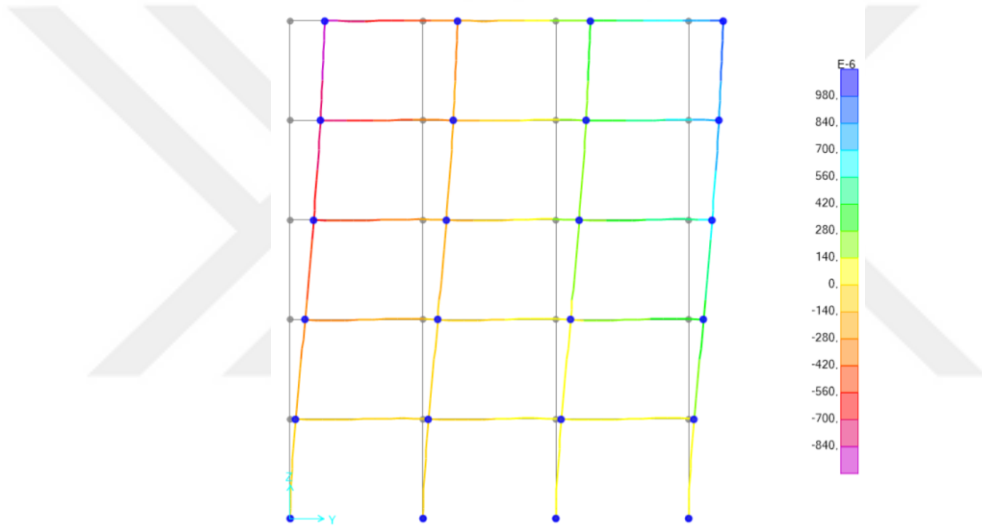
4.3. Modellerin Deprem Yükleri Etkisinde Deplasman Değerleri Analiz Sonuçları

Tasarımları yapılan modellerin ve elemanlarının taşıma gücü bakımından güvenli olduğu sonuçları elde edilmiştir. Eşdeğer deprem yükü metodu kullanılarak yapılan analizlerin sonucunda modellere X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde modellerin X yönünde yapmış olduğu kat deplasman değerleri ve modellere Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde modellerin Y yönünde yapmış olduğu kat deplasman değerleri elde edilmiştir.

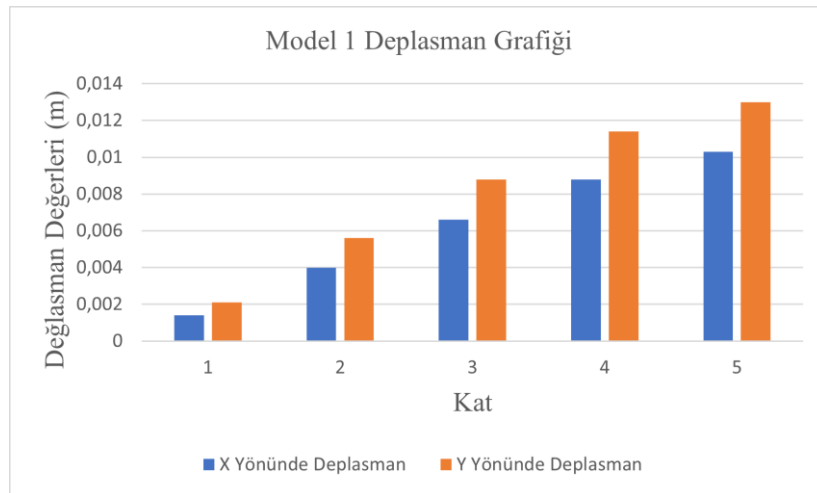
Moment aktaran çerçeve olarak tasarlanan 1.modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0103 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.013 m'dir (Şekil 4.13) (Şekil 4.14) (Şekil 4.15).



Şekil 4.13 1. Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

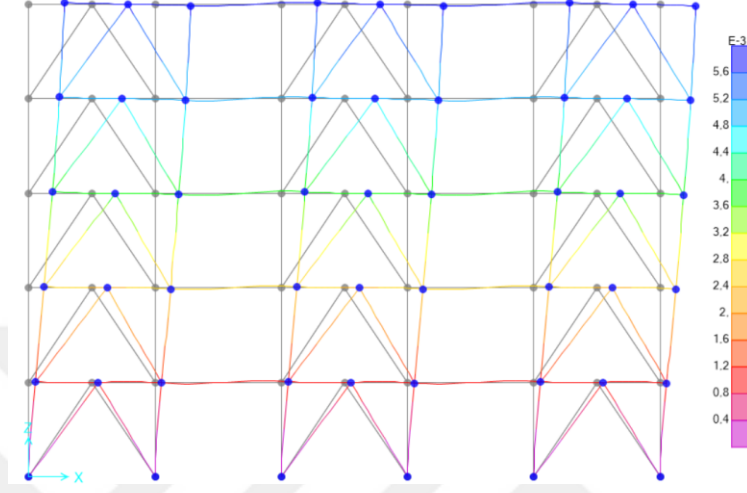


Şekil 4.14 1. Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

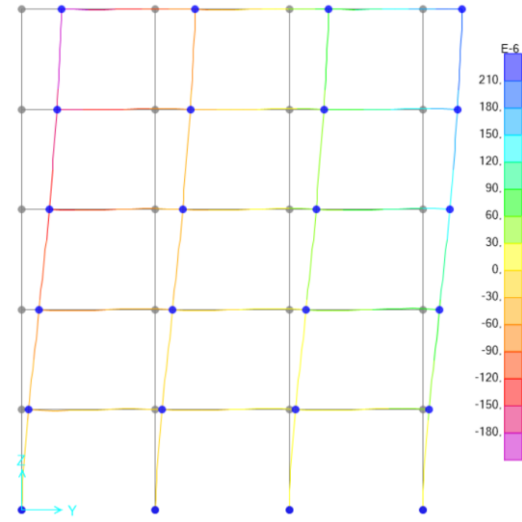


Şekil 4.15 1. Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

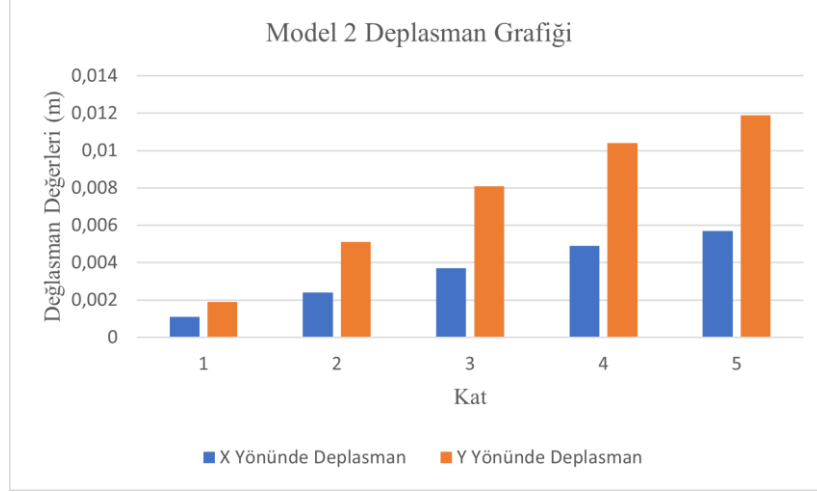
X yönünde ters V çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 2.modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0057 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0119 m'dir (Şekil 4.16) (Şekil 4.17) (Şekil 4.18).



Şekil 4.16 2.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

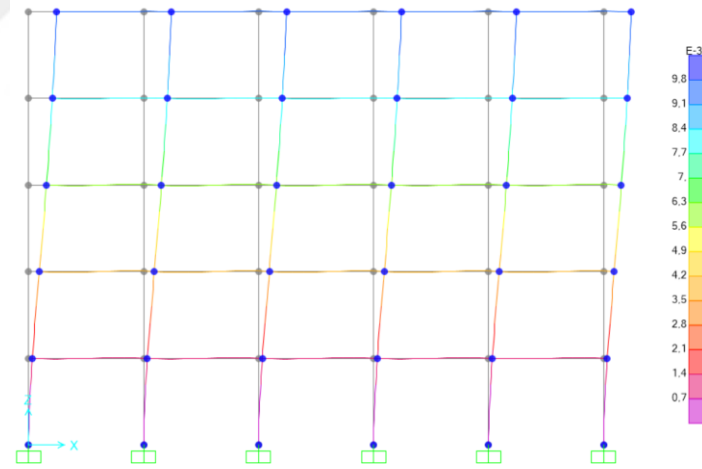


Şekil 4.17 2.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

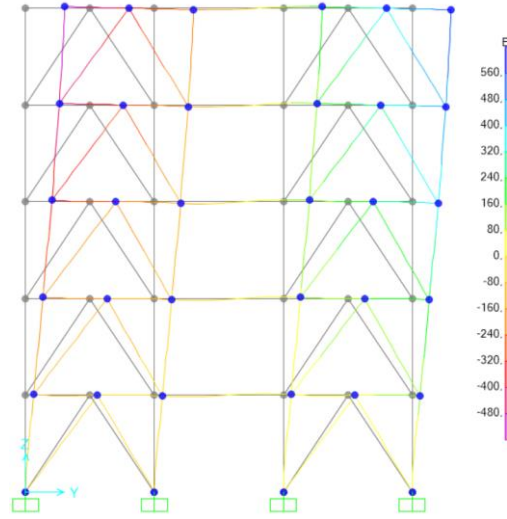


Şekil 4.18 2.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

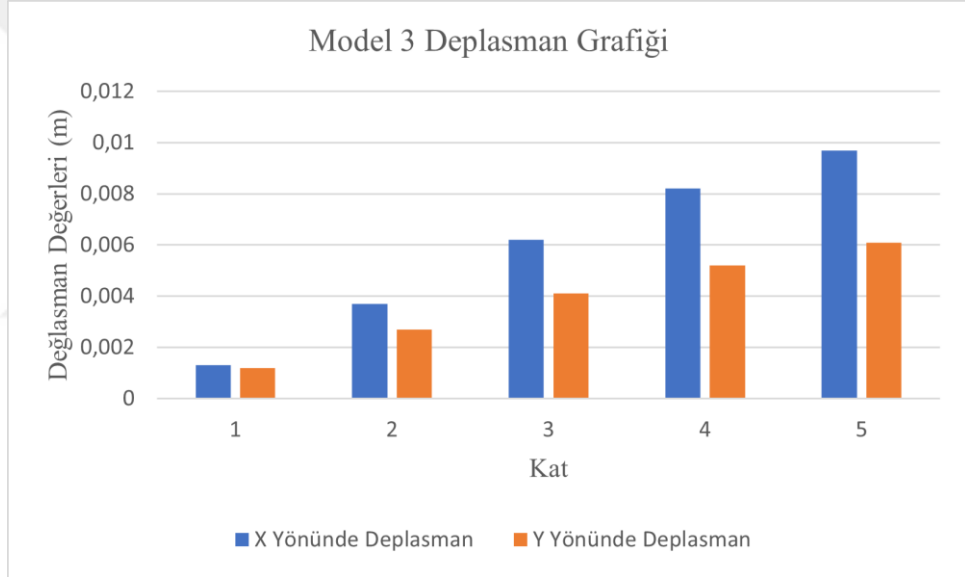
Y yönünde ters V çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 3.modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0097 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0061 m'dir (Şekil 4.19) (Şekil 4.20) (Şekil 4.21).



Şekil 4.19 3.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

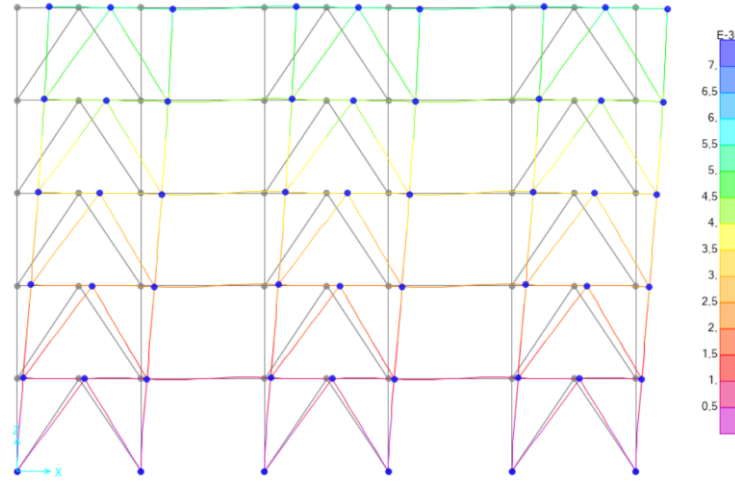


Şekil 4.20 3. Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

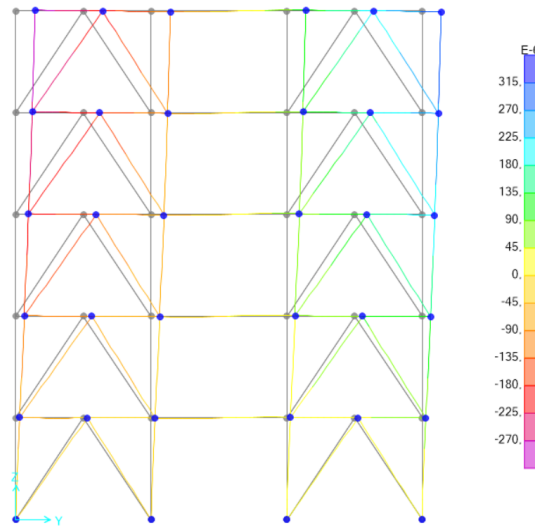


Şekil 4.21 3. Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

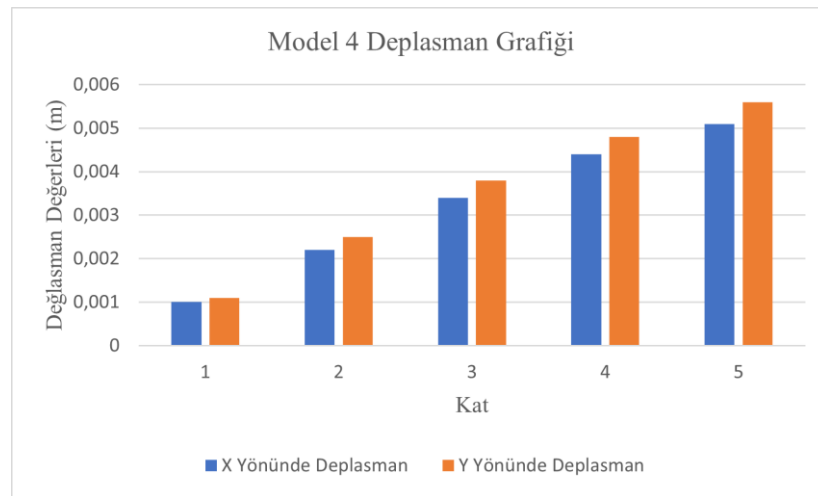
Hem X hem de Y yönünde ters V çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 4. modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0051 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0056 m'dir (Şekil 4.22) (Şekil 4.23) (Şekil 4.24).



Şekil 4.22 4.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

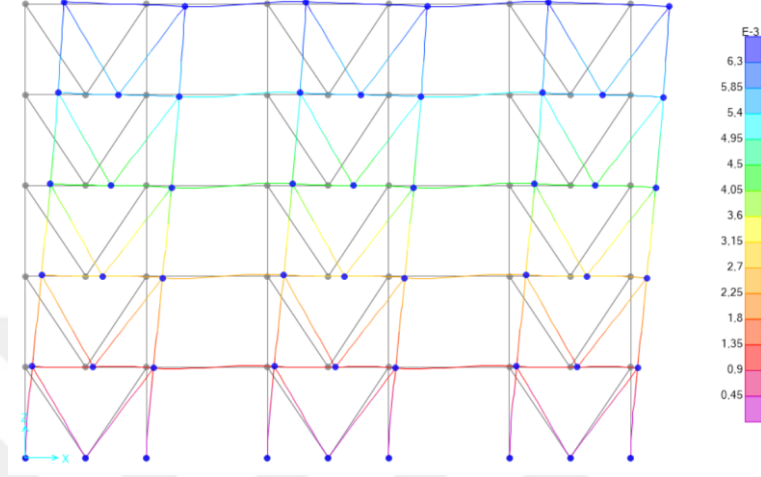


Şekil 4.23 4.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

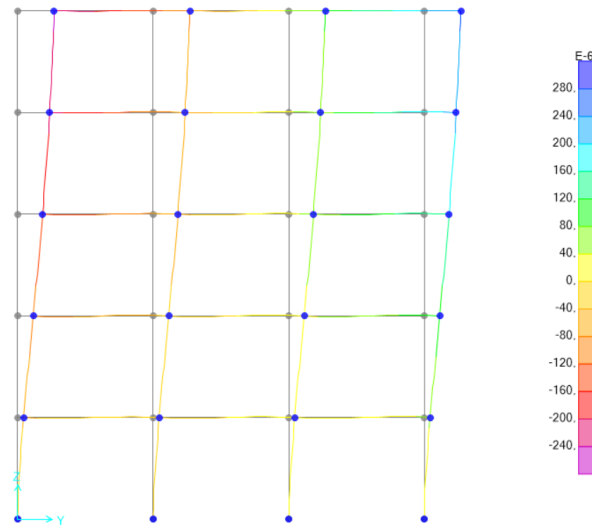


Şekil 4.24 4.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

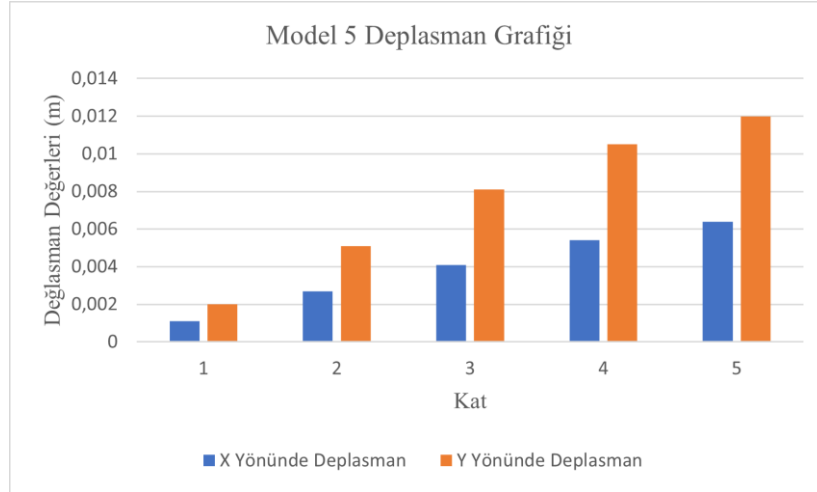
X yönünde V çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 5.modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0064 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.012 m'dir (Şekil 4.25) (Şekil 4.26) (Şekil 4.27).



Şekil 4.25 5.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

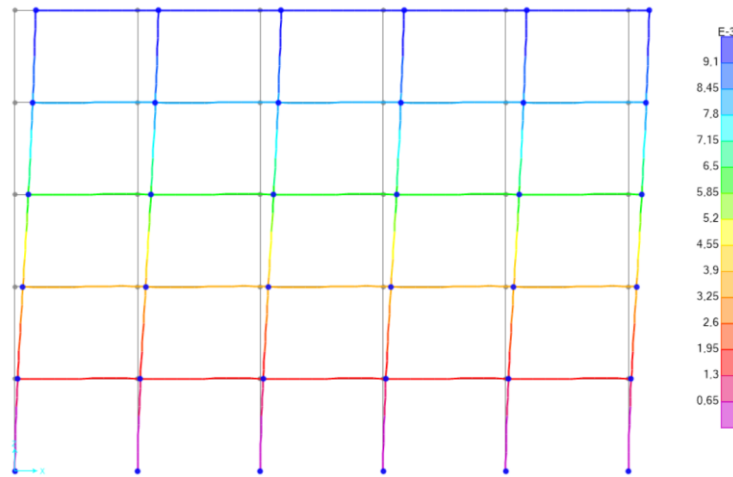


Şekil 4.26 5.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

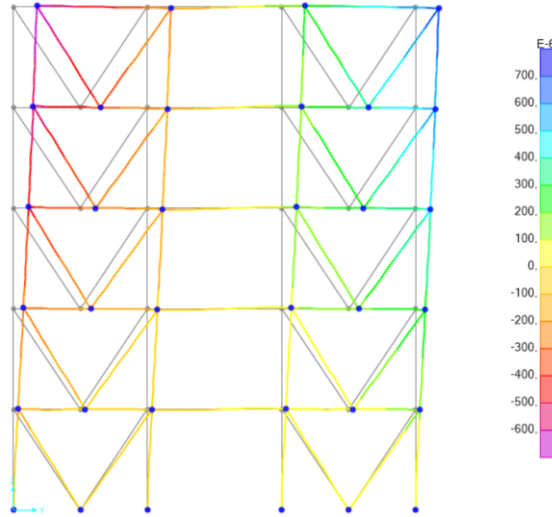


Şekil 4.27 5.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

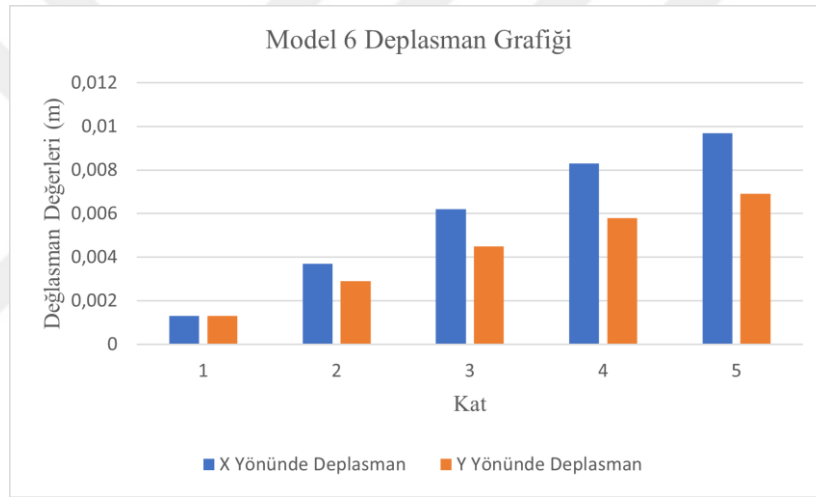
Y yönünde V çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 6.modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0097 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0069 m'dir (Şekil 4.28) (Şekil 4.29) (Şekil 4.30).



Şekil 4.28 6.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

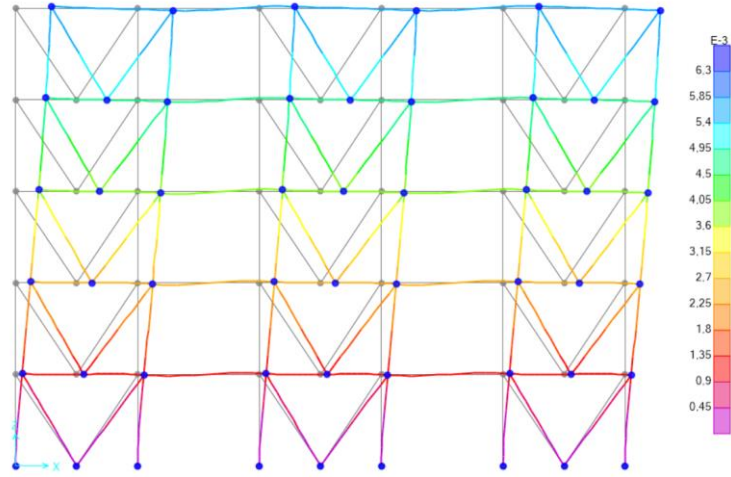


Şekil 4.29 6. Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

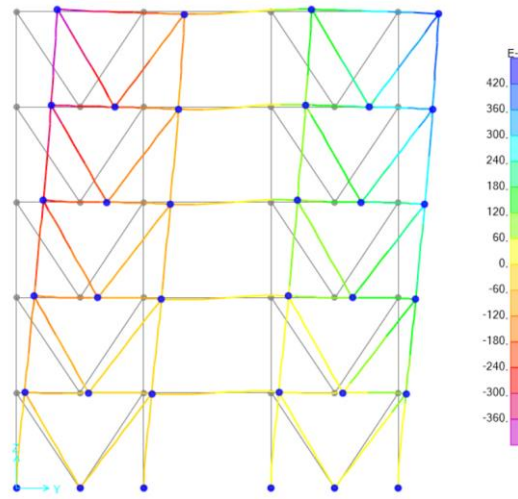


Şekil 4.30 6. Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

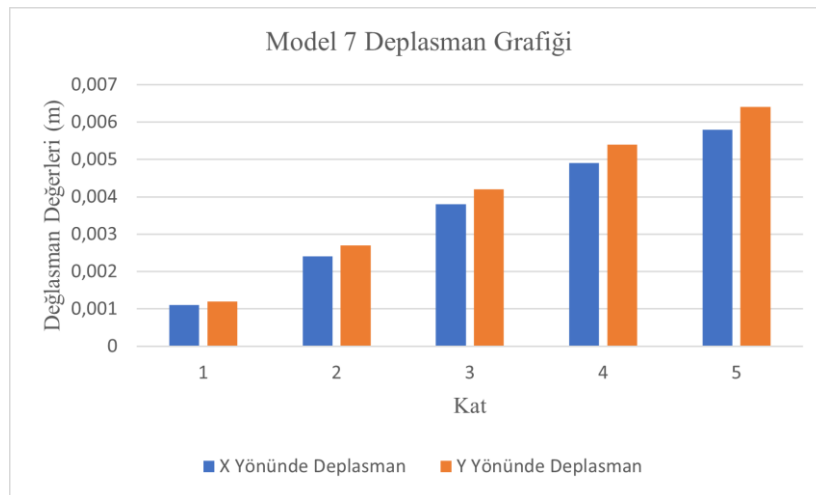
Hem X hem de Y yönünde V çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 7. modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0058 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0064 m'dir (Şekil 4.31) (Şekil 4.32) (Şekil 4.33).



Şekil 4.31 7.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

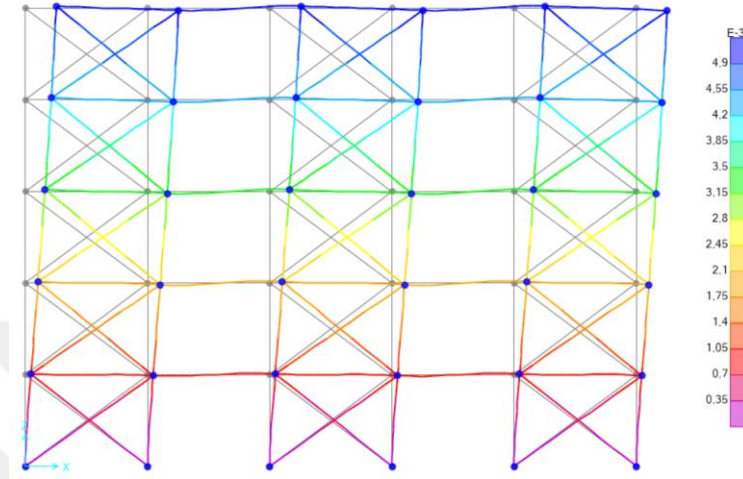


Şekil 4.32 7.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

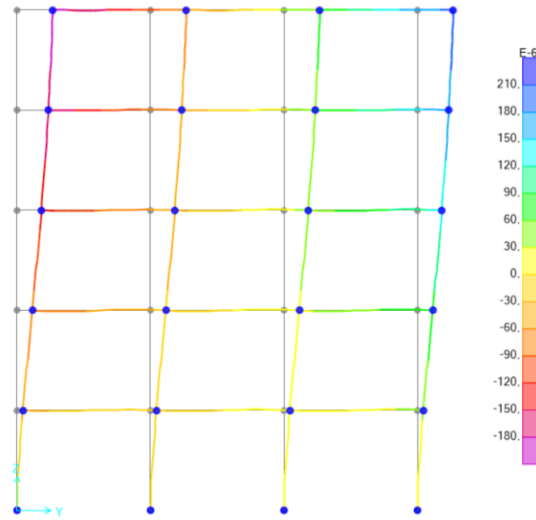


Şekil 4.33 7.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

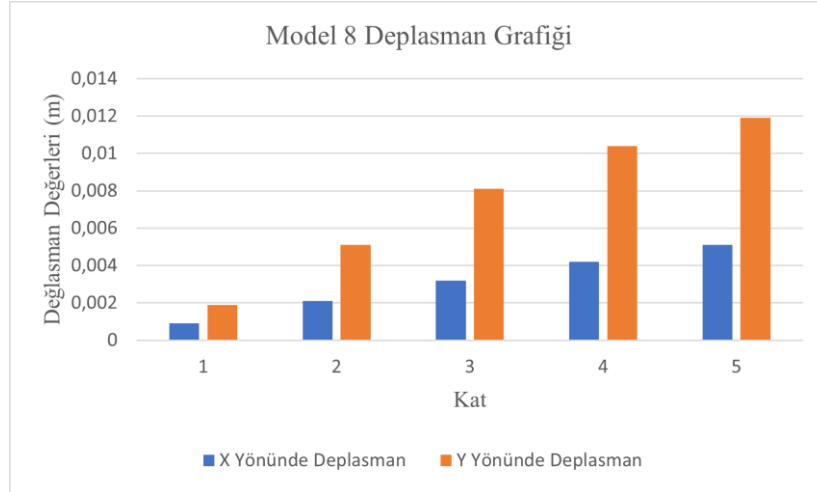
X yönünde X çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 8.modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0051 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0119 m'dir (Şekil 4.34) (Şekil 4.35) (Şekil 4.36).



Şekil 4.34 8.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

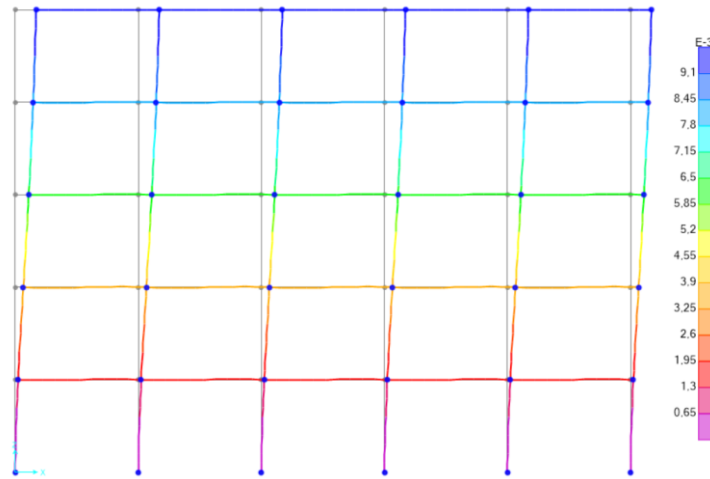


Şekil 4.35 8.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

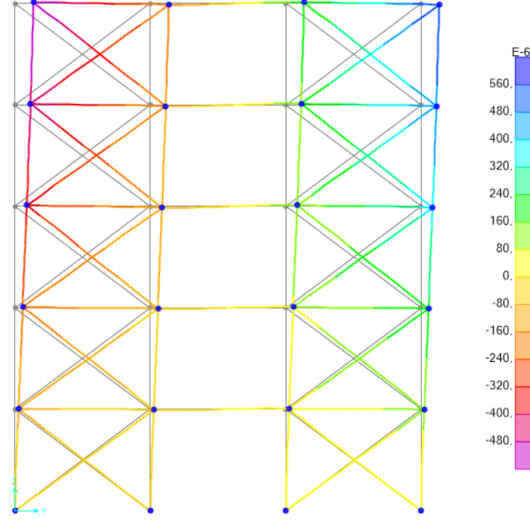


Şekil 4.36 8.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

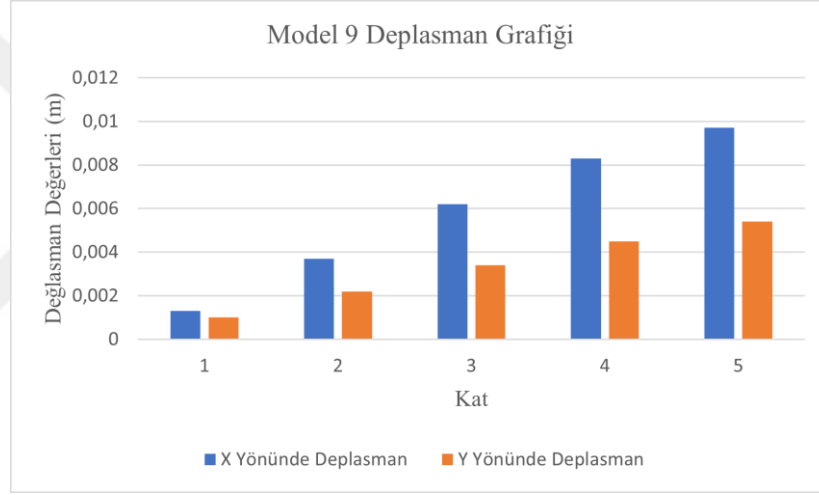
Y yönünde X çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 9.modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0097 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0054 m'dir (Şekil 4.37) (Şekil 4.38) (Şekil 4.39).



Şekil 4.37 9.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

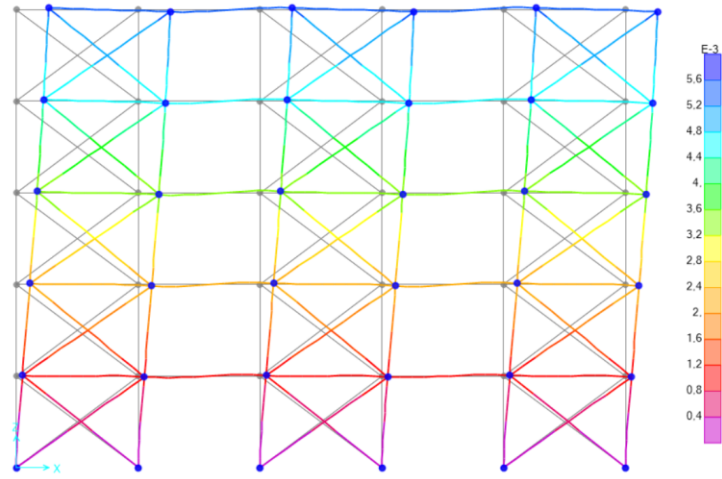


Şekil 4.38 9. Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)

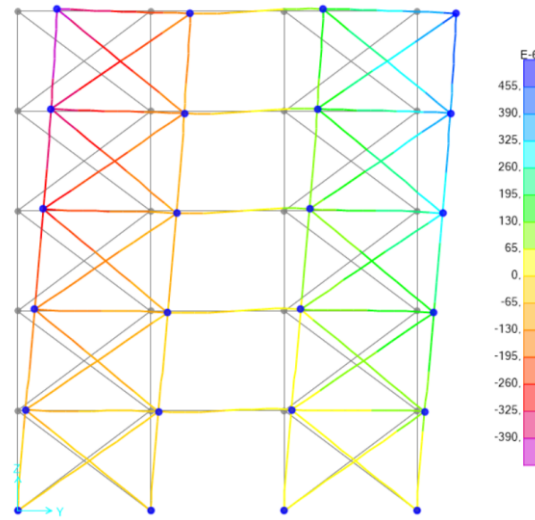


Şekil 4.39 9. Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

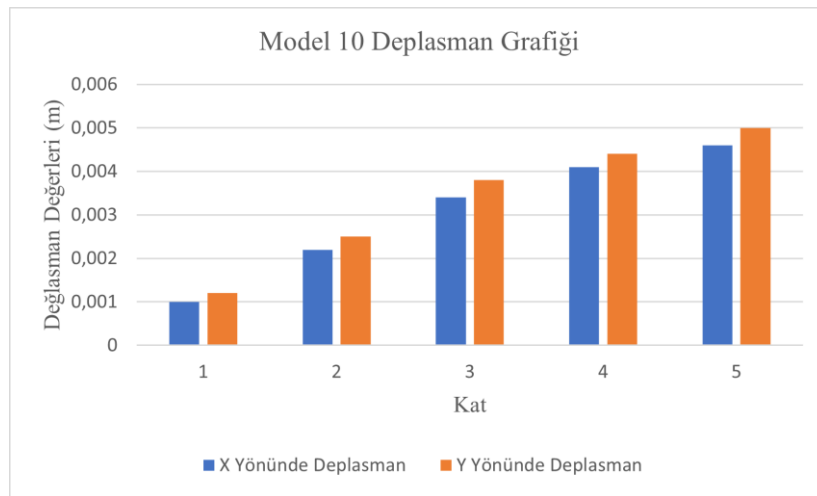
Hem X hem de Y yönünde X çapraz elemanları kullanarak tasarlanan 10. modelin X yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0046 m iken Y yönünde etkiyen deprem kuvveti etkisinde yapmış olduğu en büyük kat deplasman değeri 0.0050 m'dir (Şekil 4.40) (Şekil 4.41) (Şekil 4.42).



Şekil 4.40 10.Modelin X Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)



Şekil 4.41 10.Modelin Y Yönündeki deplasman görünümü (Birimler m cinsindendir)



Şekil 4.42 10.Modelin Deplasman-Kat Sütun Grafiği

4.4. Modellerin Deprem Yükleri Etkisinde Eksenel Yük Analiz Sonuçları

Modellerin analizleri sonucunda X yönündeki deprem kuvveti etkisinde katlarda oluşan eksenel yük ve Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde katlarda oluşan eksenel yük değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.2) (Çizelge 4.3).

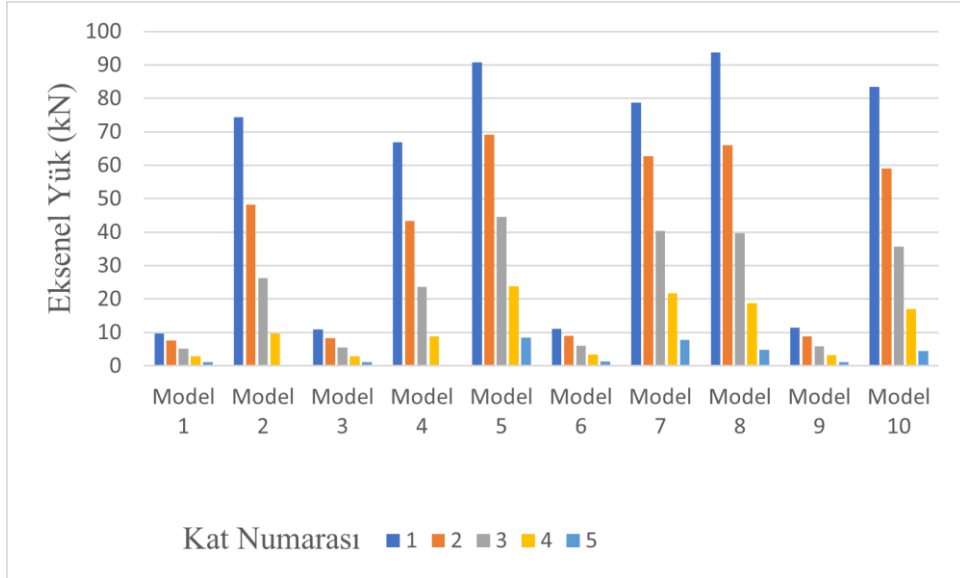
Çizelge 4.2 X Yönündeki deprem kuvvetleri altında katlarda oluşan eksenel yük dağılımı (kN)

	Model Numaraları									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.Kat	9,76	74,35	10,92	66,81	90,71	11,11	78,79	93,73	11,45	83,5
2.Kat	7,69	48,16	8,39	43,37	69,19	9,03	62,78	66,03	8,84	59,09
3.Kat	5,17	26,19	5,51	23,7	44,53	6,03	40,45	39,67	5,86	35,65
4.Kat	2,88	9,71	2,97	8,88	23,81	3,36	21,68	18,73	3,18	16,98
5.Kat	1,16	0,28	1,13	0,33	8,5	1,33	7,78	4,89	1,22	4,52

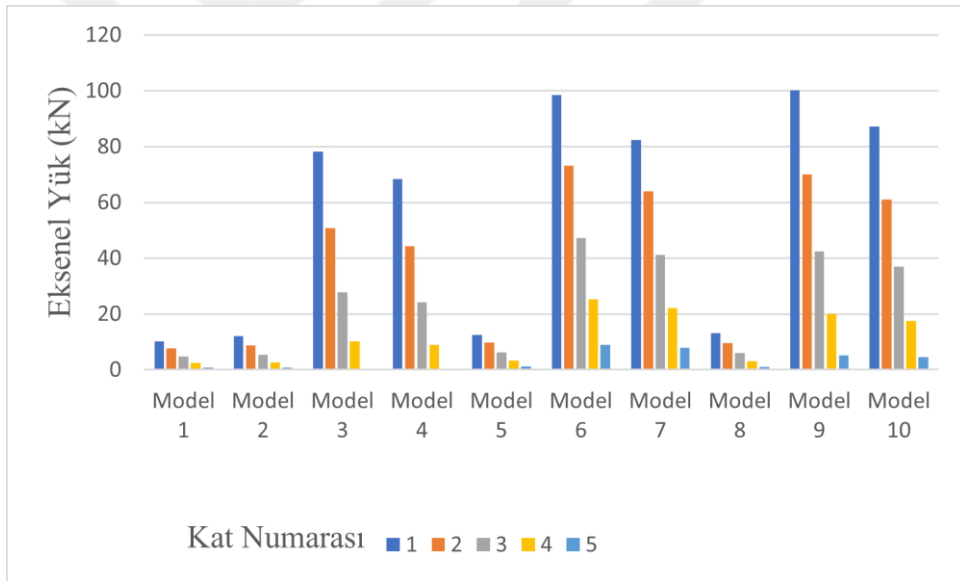
Çizelge 4.3 Y Yönündeki deprem kuvvetleri altında katlarda oluşan eksenel yük dağılımı (kN)

	Model Numaraları									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.Kat	10,13	12,10	78,32	68,32	12,5	98,47	82,44	13,07	100,24	87,2
2.Kat	7,61	8,8	50,85	44,38	9,78	73,16	63,91	9,63	70,1	61,01
3.Kat	4,85	5,43	27,76	24,27	6,24	47,28	41,29	5,99	42,4	36,93
4.Kat	2,52	2,66	10,23	8,98	3,24	25,39	22,16	3,01	20,15	17,58
5.Kat	0,88	0,83	0,29	0,31	1,14	9,03	7,87	0,98	5,26	4,62

X yönündeki deprem kuvveti etkisinde ve Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde katlarda oluşan eksenel yük değerleri elde edilmiştir. Eksenel yük değerleri en alt katlarda en yüksek değerde elde edilmiştir ve üst katlara çıkıldıkça azalmaktadır. (Şekil 4.43) (Şekil 4.44)



Şekil 4.43 Modellerin X yönündeki deprem kuvveti etkisinde Eksenel Yük-Kat Grafiği



Şekil 4.44 Modellerin Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde Eksenel Yük-Kat Grafiği

Moment aktaran çerçeve olarak tasarlanan 1.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 9,76 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 10,13 kN'dur.

X yönünde ters V çaprazlı model olarak tasarlanan 2.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 74,35 kN'a çıkarken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 12,1 kN'dur.

Y yönünde ters V çaprazlı model olarak tasarlanan 3.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 10,92 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 78,32 kN'dur.

Hem X hem Y yönünde ters V çaprazlı model olarak tasarlanan 4.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 66,81 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 68,32 kN'dur.

X yönünde V çaprazlı model olarak tasarlanan 5.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 90,71 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 12,5 kN'dur.

Y yönünde V çaprazlı model olarak tasarlanan 6.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 11,11 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 98,47 kN'dur.

Hem X hem Y yönünde V çaprazlı model olarak tasarlanan 7.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 78,79 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 82,44 kN'dur.

X yönünde X çaprazlı model olarak tasarlanan 8.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 93,73 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 13,07 kN'dur.

Y yönünde X çaprazlı model olarak tasarlanan 9.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 11,45 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 100,24 kN'dur.

Hem X hem Y yönünde X çaprazlı model olarak tasarlanan 10.modelde 1.kat için X yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 83,5 kN iken Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde elde edilen eksenel yük 87,2 kN'dur.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada tasarlanan modellerde kullanılan elemanların profilleri, malzeme türleri aynıdır. Aynı zamanda analiz yapılırken kullanılan zemin sınıfı, deprem türü ve deprem verileri de ortaktır. Bu analizler yapılırken ÇYTHYEDY 2018, TBDY 2018, TS 498 ve TS EN 1991-1-3 yönetmeliklerinden faydalanılmıştır. Analizler yapılırken Yük ve Dayanım Katsayısı (LRFD) metodu kullanılarak yük kombinasyonlarından uygulanmıştır.

Tüm bunlardan yola çıkarak sonuçlar analiz edildiğinde Çizelge 4.1’de modellerin periyotları, taban kesme kuvvetleri, kat kütlesi ve yapı ağırlığı ile minimum taban kesme kuvvetleri verileri verilmiştir.

- Modeller arasında en yüksek periyot değerlerine Moment aktaran çerçevenin sahip olduğu görülmüştür. Modellerde çaprazların kullanıldığı yönde periyot değerlerinin düştüğü göze çarpmaktadır. En düşük periyot değerleri ise X çapraz kullanılarak yapılan modellerde edilmesine rağmen diğer çaprazların kullanıldığı modellerde de X çaprazların kullanıldığı modellere yakın periyot değerleri elde edilmiştir. En yüksek periyot değerlerinin elde edildiği 1.model yani moment aktaran çerçeve ile en düşük periyot değerinin elde edildiği model 10 yani her iki yönde de X çaprazların kullanıldığı modelleri karşılaştırdığımızda model 10’da elde edilen periyot değerleri model 1’e göre X yönünde %68,79 azalırken Y yönünde %73,75 azalmıştır. Y yönündeki periyotun X yönüne kıyasla daha fazla azalmasının sebebi açıklık sayısının Y yönünde daha az olmasıdır.
- Model 1 yani moment aktaran çerçeve sistem yapı ağırlığı ve kat kütlesi en az olan modeldir. Diğer modellerde çapraz elemanlar kullanıldığından dolayı kat kütlesi ve yapı ağırlığı artış göstermektedir. En yüksek kat kütlesi ve yapı ağırlığı da her iki yönde X çapraz kullanılarak yapılan modellerde tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi X çaprazların diğer çapraz türlerine kıyasla daha uzun olmasıdır. En düşük kat kütlesi ve yapı ağırlığının elde edildiği 1.model yani moment aktaran çerçeve sistem ile en yüksek kat kütlesi ve yapı ağırlığına sahip olan 10.model yani her iki yönde X çaprazların

bulunduğu modeller kıyaslandığında 10.modelin 1.modelle göre %15,65 daha fazla kat kütlesi ve yapı ağırlığına sahip olduğu görülmektedir.

- Taban kesme kuvveti verilerini inceleyecek olursak moment aktaran çerçevelerde her iki yönde de elde edilen taban kesme kuvveti değeri çaprazların kullanıldığı modellere kıyasla çok daha düşüktür. Çaprazların kullanıldığı yönde taban kesme kuvvetlerinin arttığı göze çarpmakla birlikte belirgin bir şekilde en yüksek taban kesme kuvveti X çaprazların kullanıldığı modellerde elde edilmiştir. En düşük taban kesme kuvvetinin elde edildiği 1.model yani moment aktaran çerçeve sistem ile en yüksek taban kesme kuvvetinin elde edildiği 10.model yani her iki yönde de X çaprazların olduğu model karşılaştırıldığında 10.modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 1.modelin X yönündeki taban kesme kuvvetinin 4,78 katı kadardır. Y yönündeki taban kesme kuvvetlerini karşılaştırdığımızda 10.modelin taban kesme kuvveti 1. modelinkinin 5,65 katı kadardır. Bu durum kullanılan çapraz elemanların yapının rijitliğini arttırdığını göstermektedir
- Ayrıca X yönünde çapraz kullanıldığı zaman elde edilen taban kesme kuvveti, Y yönünde çapraz kullanıldığı zaman elde edilen taban kesme kuvvetinden bir miktar daha fazladır. Örnek olarak 2.model ile 3.modeli incelediğimizde 2.model X yönünde ters V çaprazların olduğu model iken 3.model Y yönünde ters V çaprazların yerleştirildiği bir modeldir. 2.Modelin X yönündeki taban kesme kuvveti 412,51 kN 3.modelin Y yönündeki taban kesme kuvveti ise 406,18 kN'dur. 2.Modelin taban kesme kuvveti 3.modelle kıyasla %1.5 oranında daha yüksek çıkmıştır. Bu durumun sebebi Modellerde X yönünde 5, Y yönünde ise 3 açıklık olmasıdır. Buradan yola çıkarak hangi yönde açıklık ve uzunluk daha fazla ise ve o yönde daha fazla açıklıkta çapraz kullanılırsa o yönde ki taban kesme kuvvetinin daha yüksek olacağı çıkarımını da yapabiliriz.
- Modelleri Taban kesme kuvveti yönünden incelediğimizde aynı yönde çaprazların kullanıldığı modeller kendi aralarında kıyaslandığında en yüksek taban kesme kuvvetinin X çaprazların kullanıldığı modellerde daha sonra ters V çaprazların kullanıldığı modellerde sonra V çaprazların kullanıldığı modellerde en az ise moment aktaran çerçevelerde elde edildiği görülmüştür. Yapıların ağırlıklarının farklı olması bu durumun sebeplerindendir.

Yönetmeliklere uygun olarak Yük ve Dayanım Katsayısı yönteminden ve yük kombinasyonlarından faydalanılarak yapılan yüklemeler sonucunda modellerden elde edilen deplasman değerleri tablolar halinde verilmiştir.

- Modellerin deprem performanslarını incelendiğinde en yüksek deplasman değerleri moment aktaran çerçeve olarak tasarlanan 1.model'den elde edilmiştir. Çaprazlar kullanılarak yapılan modellerde hangi yönde çapraz kullanıldıysa o yönde deplasman değerleri azalmıştır. Her iki yönde de çapraz elemanların kullanıldığı modellerde ise her iki yönde de deplasman değerleri düşük çıkmıştır. Bu durum ise her iki yönde de çapraz elemanlarının kullanılmasının deprem davranışı açısından faydalı olduğunu göstermektedir. Aynı yönde çapraz kullanılan modelleri kendi aralarında olacak şekilde birbirleriyle kıyaslandığında en düşük deplasman değerleri X çaprazların kullanıldığı modellerde elde edilmiştir. X çaprazların kullanıldığı modelleri de kendi içinde kıyaslayacak olursak her iki yönde de çaprazların kullanıldığı 10.model en başarılı performansı göstermiştir. X çaprazların kullanıldığı modellerden sonra en başarılı performansı ise ters V çaprazların kullanıldığı modeller göstermiştir. Çaprazların kullanıldığı modeller arasında en yüksek deplasman değerleri ise V çaprazların kullanıldığı modellerde elde edilmiştir.
- En düşük deplasman değerlerinin elde edildiği her iki yönde de X çaprazların kullanıldığı 10.model ile moment aktaran çerçeve olarak modellenen 1.modelin deplasmanlarını karşılaştırdığımızda X yönündeki deprem kuvveti etkisinde X yönündeki deplasman değeri 1.modelde 0.0103 m iken 10.modelde 0.0046 m olarak %55,33 oranında bir azalma göstermiştir. Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde Y yönündeki deplasman değerlerine baktığımızda ise 1.modelde 0.013 m iken 10.modelde 0.0050 m olarak %61,5 oranında bir azalma göstermiştir.
- Her iki yönde de çaprazların kullanıldığı modellere baktığımızda 4.model her iki yönde de ters V çaprazların, 7.model her iki yönde de V çaprazların, 10.model ise her iki yönde de X çaprazların kullanıldığı modellerdir. Bu modellerin X yönündeki deprem kuvveti etkisinde X yönünde gösterdiği toplam deplasman değerlerini incelediğimizde 4.modelin 0.0051 m, 7.modelin 0.0058 m, 10.modelin 0.0046 m deplasman yaptığı görülmektedir. Bu modellerin Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde Y yönünde gösterdiği

toplam deplasman değerlerini incelediğimizde 4.modelin 0.0056 m, 7.modelin 0.0064 m, 10.modelin 0.0050 m deplasman yaptığı görülmektedir. En az deplasman yaparak en iyi performansı sergileyen 10.modelin deplasman değeri 7.modelden %21 oranında, 4.modelden ise %10,5 oranında daha düşüktür. Bu modeller arasında her iki yönde de X çapraz kullanılan 10.modelin kat ötelenmelerini en çok sınırlayan ve en rijit model olduğu görülmüştür. Her iki yönde de çapraz eleman kullanılan modelleri kendi aralarında sadece tek yönde çapraz eleman kullanılan modelleri kendi aralarında kıyasladığımızda X çaprazların kullanıldığı modellerin en düşük sünekliğe sahip olduğu görülmüştür.

- Modellerin X yönündeki deprem kuvveti etkisinde sahip oldukları eksenel yük değerleri incelendiğinde en yüksek eksenel yük sadece X yönünde X çaprazların kullanıldığı 8.modelde elde edilmiştir. 8.modelin eksenel yükü 93,73 kN'dur. 8.modelden sonra en yüksek değer ise sadece V çaprazın kullanıldığı 5.modelde elde edilmiştir. En düşük eksenel yük değeri ise moment aktaran çerçeve olarak tasarlanan 1.modelde elde edilmiştir. Deprem kuvvetinin etki ettiği yönde en yüksek eksenel yük olarak en çok deprem yükü ileten model X çaprazların kullanıldığı model olmuştur. X çaprazların olduğu modellerden sonra en yüksek eksenel yük V çaprazların olduğu modellerde daha sonra ters V çaprazların olduğu modellerde en az eksenel yük ise çaprazların olmadığı modelde elde edilmiştir. Bu sıralamanın elde edilmesinde yapı ağırlığının farklı olmasının ve bu durumun sonucu olarak yapıya etkiyen yüklerin farklı olmasının etkisi vardır. Ayrıca çapraz elemanların kolonlar ile birleştikleri noktaların farklı çapraz formlarında farklı olması da oluşan kuvvetlerin farklı olmasını sağlamaktadır.
- Modellerin Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde sahip oldukları eksenel yük değerleri incelendiğinde en yüksek eksenel yük sadece Y yönünde X çaprazların kullanıldığı 9.modelde elde edilmiştir. 9.modelin eksenel yükü 100,24 kN'dur. 9.modelden sonra en yüksek değer ise sadece V çaprazın kullanıldığı 6.modelde elde edilmiştir. En düşük eksenel yük değeri ise moment aktaran çerçeve olarak tasarlanan 1.modelde elde edilmiştir. Deprem kuvvetinin etki ettiği yönde en yüksek eksenel yük olarak en çok deprem yükü ileten model X çaprazların kullanıldığı model olmuştur. X çaprazların olduğu modellerden sonra en yüksek eksenel yük V çaprazların

olduğu modellerde daha sonra ters V çaprazların olduğu modellerde en az eksenel yük ise çaprazların olmadığı modelde elde edilmiştir. Bu sıralamanın elde edilmesinde yapı ağırlığının farklı olmasının ve bu durumun sonucu olarak yapıya etkiyen yüklerin farklı olmasının etkisi vardır. Ayrıca çapraz elemanların kolonlar ile birleştikleri noktaların farklı çapraz formlarında farklı olması da oluşan kuvvetlerin farklı olmasını sağlamaktadır.

- Aynı çapraz formlarına sahip oldukları halde her iki yönde de çapraz elemanların kullanıldığı modellerde tek yönde çapraz kullanılan modellere kıyasla kuvvetin etki ettiği yönde daha düşük bir eksenel yük elde edilmiştir. Örnek olarak her iki yönde de X çapraz kullanılan 10.modelin X yönündeki deprem kuvveti etkisinde eksenel yükü 83,5 kN iken sadece X yönünde X çapraz kullanılarak tasarlanan 8.modelin X yönündeki deprem kuvveti etkisinde eksenel yükü 93,43 kN'dur. Aynı şekilde her iki yönde de X çapraz kullanılan 10.modelin Y yönündeki deprem kuvveti etkisinde eksenel yükü 87,2 kN iken sadece Y yönünde X çapraz kullanılarak tasarlanan 9.modelin X yönündeki deprem kuvveti etkisinde eksenel yükü 100,24 kN'dur. Bu durumda her iki yönde de çapraz kullanılan modellerde elemanlar arası yardımlaşmanın etkisi görülmüştür.
- Elde edilen tasarım sonuçları analiz edildiğinde tüm modellerin taşıma gücü bakımından güvenli olduğu görülmüştür. Moment aktaran çerçeve olarak tasarlanan 1.modelde en kritik kiriş %26.38, en kritik kolon ise %15.1 taşıma gücü kapasitesine sahip iken her iki yönde de X çapraz kullanılarak tasarlanana 10.modelde en kritik kiriş %20.88, en kritik kolon %12.55 taşıma gücü kapasitesine sahiptir. Bu elemanların taşıma gücü kapasitesindeki azalmanın sebebi 10.modelde kullanılan çaprazlardır. 10.modeldeki en kritik çapraz eleman 73.94 taşıma gücü kapasitesine sahiptir. %70.67 eksenel kuvveti aktarırken %3.27 oranında moment karşılamaktadır. Her iki yönde de V çaprazın kullanıldığı 7.modelde en kritik çapraz eleman %53.67 taşıma gücü kapasitesine sahip iken her iki yönde de ters V çaprazın kullanıldığı 4.modelde en kritik çapraz eleman %46.86 taşıma gücü kapasitesine sahiptir. Taşıma gücü kapasitesini en çok kullanan çapraz elemanın X çapraz daha sonra V çapraz en son olarak da ters V çapraz olduğu görülmektedir. X çaprazların daha yüksek kapasite oranında eksenel yük taşıması deprem kuvvetlerini aktarmakta diğer çaprazlara

kıyasla daha başarılı olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda tüm çapraz elemanlar kapasitelerinin çok büyük bir kısmını eksenel yük olarak kullanmışlar çok küçük bir kısmını ise moment karşılamak için kullanmışlardır. Örnek olarak 4.modelde en kritik çapraz eleman %46.84 taşıma gücü kapasitesine sahiptir. Kapasitesinin %45.68 oranındaki kısmını eksenel yük için %1.18 oranındaki kısmını da moment için kullanmıştır. 7.modelde en kritik çapraz eleman %53.67 taşıma gücü kapasitesine sahiptir. %52.49 oranındaki kısmını eksenel yük için %1.18 oranındaki kısmını moment için kullanmıştır. Çaprazların eksenel yük olarak deprem kuvvetlerini aktarması çapraz elemanlardan beklenen bir davranıştır.

- Sonuç olarak X çapraz kullanılarak tasarlanan modellerin diğer çapraz türlerine ve moment aktaran çerçeveye kıyasla kat deplasmanlarını daha çok sınırladıkları, daha büyük eksenel yük karşıladıkları, çapraz elemanlarının daha yüksek kapasitede çalışıp daha yüksek oranda eksenel yük karşılayarak kolonları rahatlattıkları ve daha rijit bir yapıya sahip oldukları görülmüştür. Çelik yapılarda yapı maliyet hesabı yapılırken kullanılan çelik profillerin toplam ağırlığı başka bir ifadeyle yapı ağırlığı önemlidir. Her iki yönde X çaprazın kullanıldığı 10.modelin ağırlığı moment aktaran çerçeve olarak tasarlanan 1.modelden %15.65 oranında daha ağır olduğu için 10.modelin maliyeti doğal olarak daha fazladır.

5.2 Öneriler

Çelik yapılar monte ve demonte edilebilen elemanlardan oluştukları için mevcutta var olan bir yapıya güçlendirmek için de kullanılabilirler. Olası bir deprem durumunda risk taşıdığı tespit edilen binaları güçlendirmek için çelik çapraz elemanlardan faydalanılabilir. Bu çalışmadan yola çıkarak farklı formlara sahip çapraz elemanların farklı uzunluklara sahip yönlerde eşdeğer deprem yükü altında göstermiş olduğu performanslar incelenmiştir. Farklı formlara sahip çapraz elemanların ne düzeyde yapı performansına katkı sunduğu açıklanmıştır.

Bu çalışmada farklı yönde yerleştirilen merkezi çapraz türleri ile moment aktaran çerçevenin deprem davranışları karşılaştırılmıştır. Benzer karşılaştırmalar dış merkezi çaprazlı çerçevelerde içinde yapılabilir.

Betonarme ve elik elemanların beraber kullanıldığı kompozit yapılar içinde çapraz elemanlar kullanarak daha farklı bir alana da yöneltilebilir. Örneğın betonarme bir yapının farklı elik çapraz formları ile güçlendirilip bu durumda oluşan davranışları karşılaştırılabilir.

Ayrıca SAP2000 gibi yapısal analiz programları kullanılarak yapılan bu analizler deneysel olarak da incelenebilir.

Dikdörtgen kesit, kare kesit ya da dairesel kesite sahip elik profiller üretilmektedir. Modellemelerde farklı kesite sahip profiller kullanılarak en uygun kesitin araştırması da deneysel olarak ya da bir analiz çalışması sonucunda elde edilebilir.

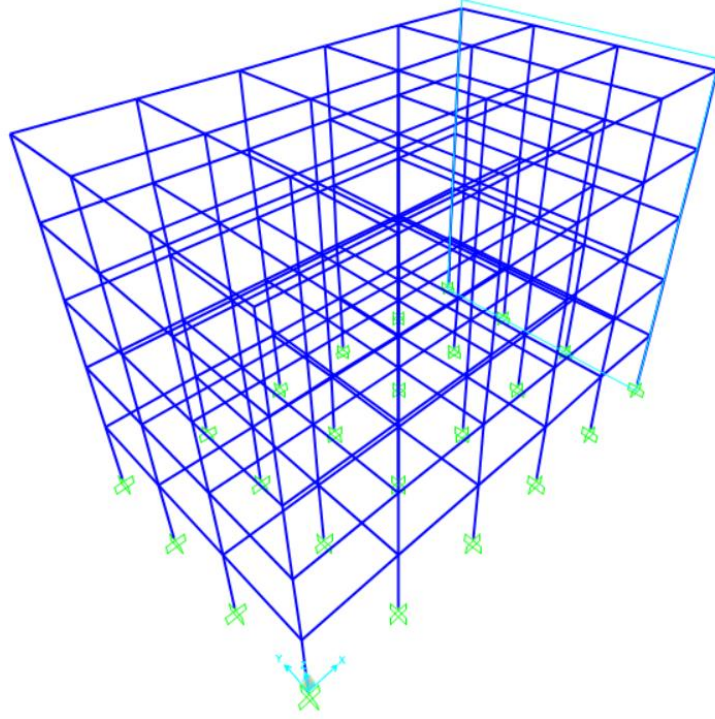


KAYNAKLAR

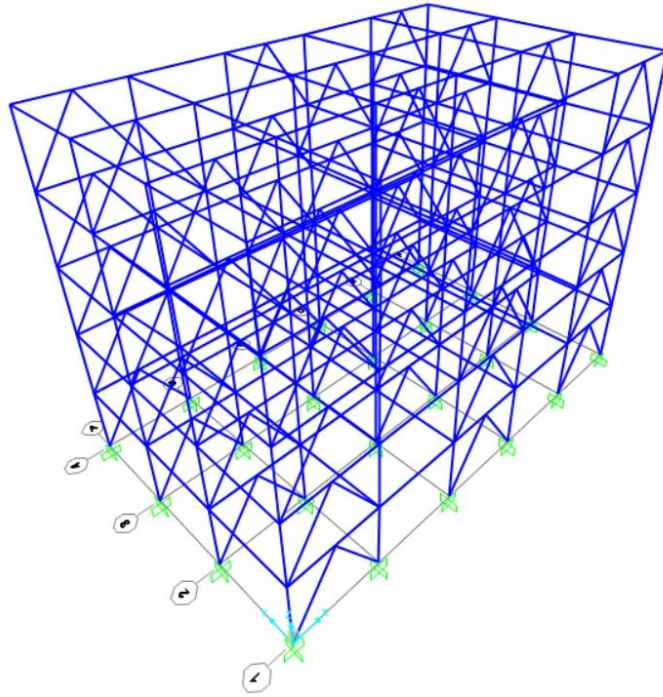
- Akgönen, A. (2017). Yüksek Sünek Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Yatay Yükler Altında Davranışının İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 20 (3) , 1-8.
- Ay, Z., Çelik, İ.D., Kıvılcı, N. A. (2010). Çaprazlı çelik çerçevelerin sismik performansı üzerine bazı değerlendirmeler. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 26(1), 7-17.
- Bulut, Y., "Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerde Çapraz Düzeninin Çelik Çerçevelerin Dinamik Davranışına Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Deprem ve Yapı Anabilim Dalı, Gebze, (2013).
- Cengiz, B., "Merkezi Çelik Çapraz Tiplerinin Düğüm Noktası Birleşim Detayına ve Çerçeve Davranışına Etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük, 2020.
- Çavdar, Ö. (2017). Farklı Şekilde Çapraz Elemanlı Çelik Yapıların Dinamik Davranışının İncelenmesi. Uluslararası Katılımlı 7. Çelik Yapılar Sempozyumu ÇYTHYEDY 2018, Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapının Esaslarına Dair Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara
- Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu, F., Çağlayan, Ö. (2012). Çelik Yapılar. 4.Baskı. Çağlayan Kitabevi. İstanbul
- Dizdar, O., "Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Sismik Performansları", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Deprem ve Yapı Anabilim Dalı, Gebze, (2009).
- Genç Y., "Burkulması Önlenmiş Çaprazların Merkezi Çaprazlı Çerçevelerin Deprem Davranışına Etkisi", Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze, 2017.
- Kalaycı, Ç., "Moment Aktaran ve Merkezi Çaprazlı Çelik Yapılarda İkinci Mertebe Etkilerin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 2013.
- Kural, M., Zeybek, Ö. (2011). Merkezi Çelik Çaprazla Teşkil Edilmiş Çok Katlı Çelik Yapıların İkinci Mertebe Analizi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi , 10 (20) , 1-14 .
- Lekesiz, İ., "Tipik Bir Çelik Endüstri Yapısında Çaprazlı Perde Tipinin Deprem Performansına Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 2016.
- Tolan, B., "Çelik Yapı Tasarımında Türk Standartlarının AISC 360-05 ve 07-05 Yaklaşımlarına Göre İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2020.
- Türk, B., "Merkezi Çelik Çaprazlı Çelik Çerçeve Taşıyıcı Sistemin Tasarım Kurallarının ve Performansının Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2016.
- Üstündağ, C. (2013). Çelik Yapılar Dersi Notları PDF Belgesi]. Erişim adresi: <https://web.itu.edu.tr/ustunda1/course/celiksunum.pdf>
- TS 498
- TS EN 1991-1-3
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018

EKLER

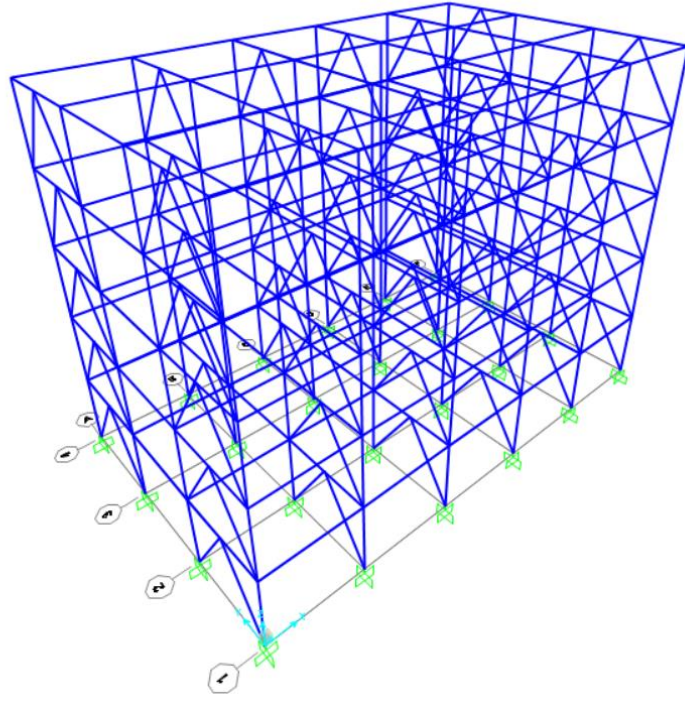
EK-1 Çalışmada kullanılan modellerin 3 boyutlu görünümü



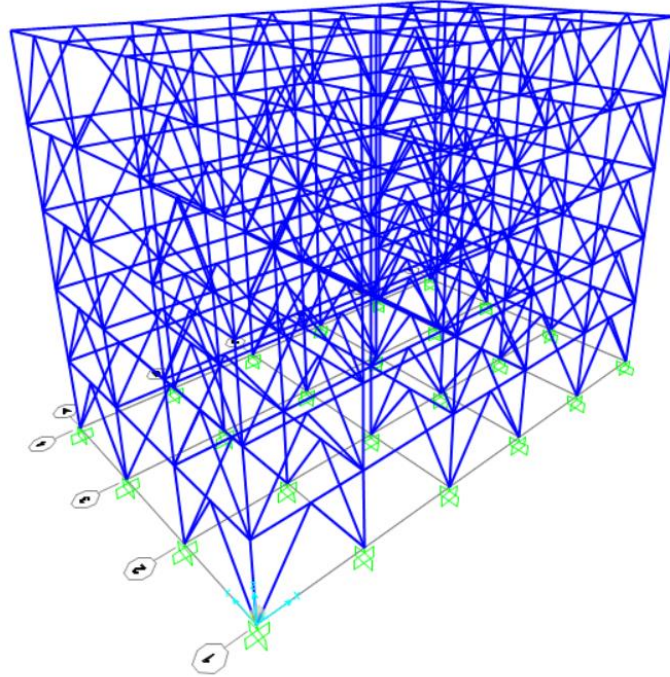
1.Model (Moment Aktaran Çerçeve Sistem)



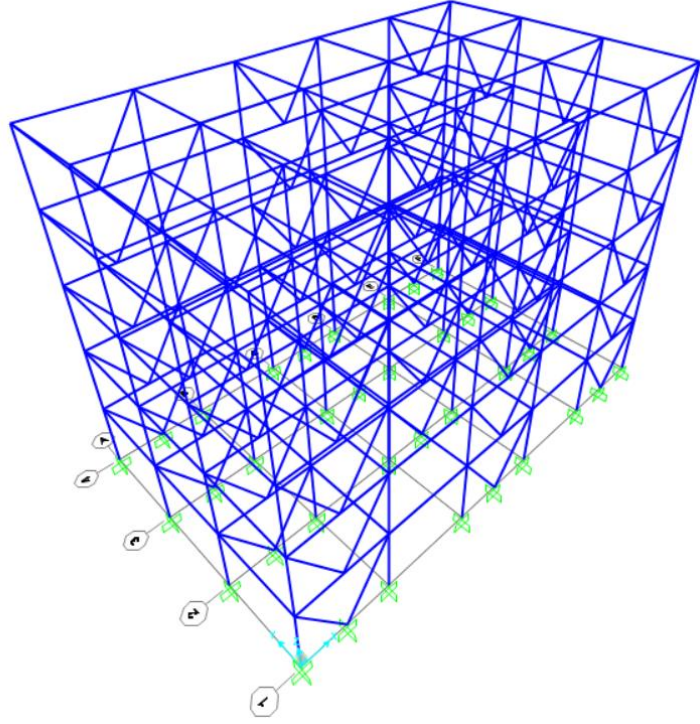
2.Model (X Yönünde Ters V Çaprazlı Sistem)



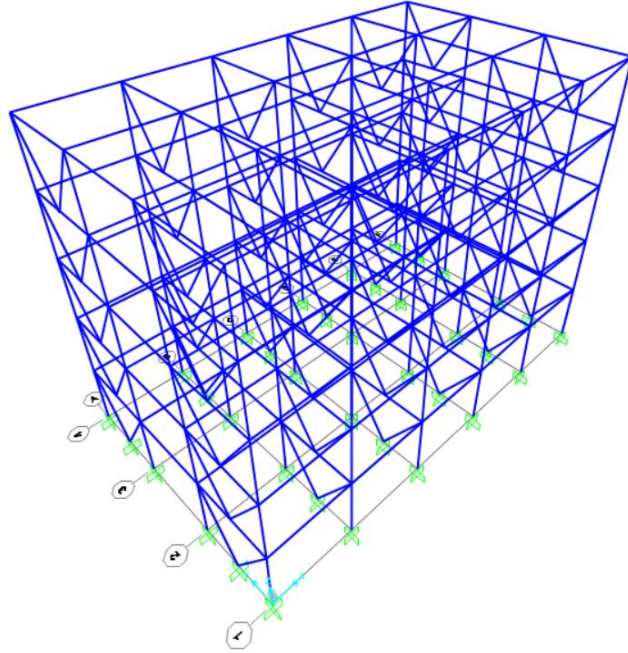
3.Model (Y Yönünde Ters V Çaprazlı Sistem)



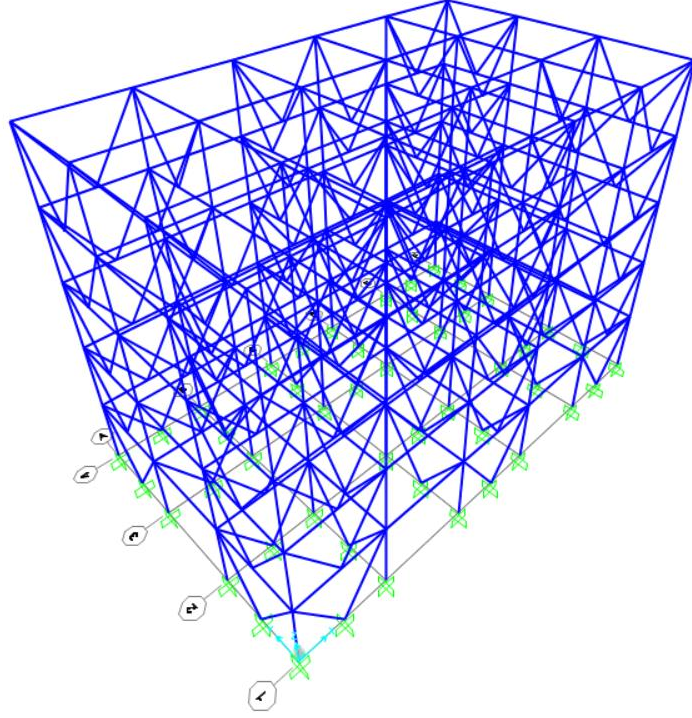
4.Model (Hem X hem Y Yönünde Ters V Çaprazlı Sistem)



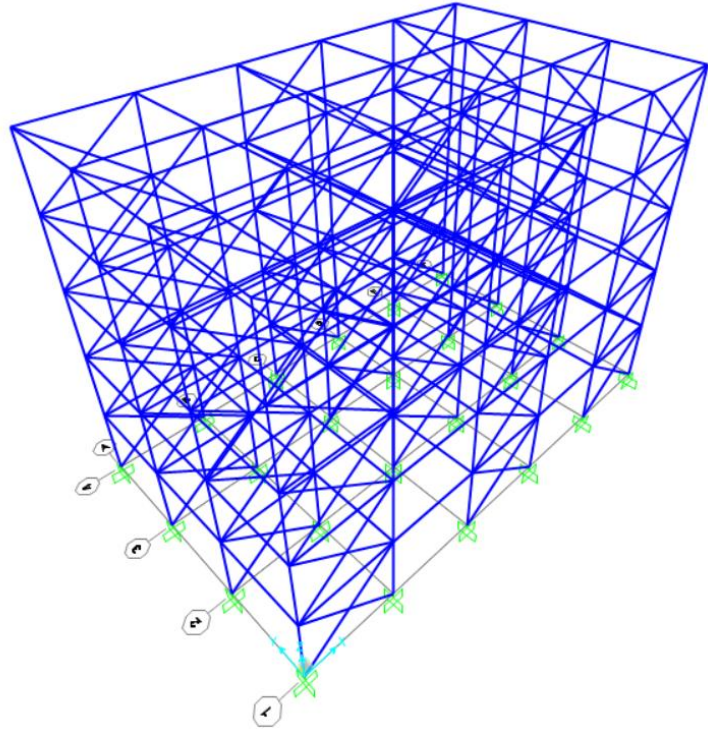
5.Model (X Yönünde V Çaprazlı Sistem)



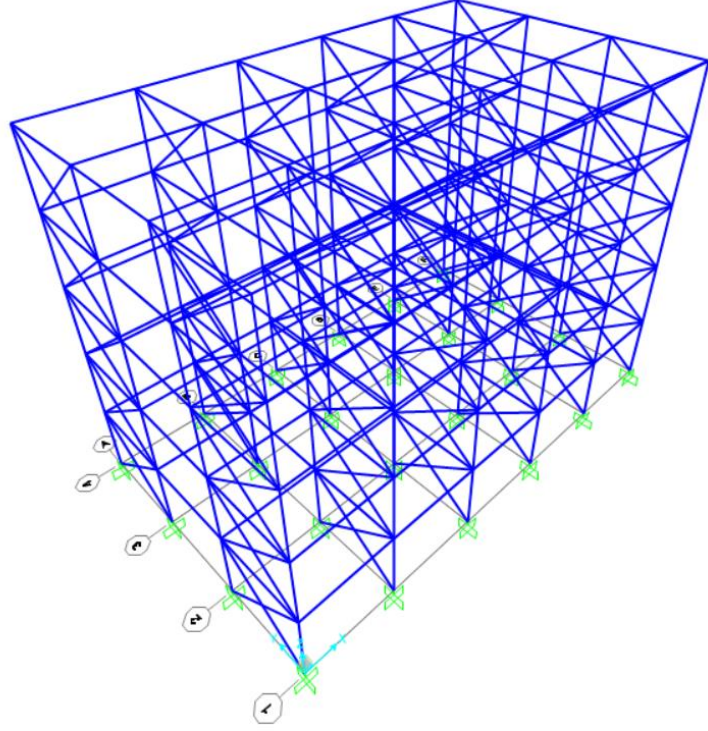
6.Model (Y Yönünde V Çaprazlı Sistem)



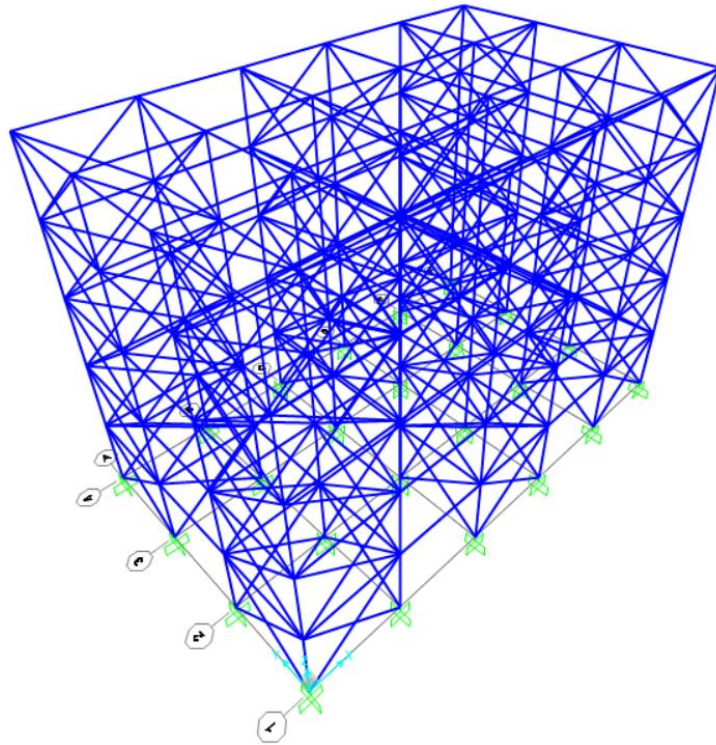
7.Model (Hem X hem Y Yönünde V Çaprazlı Sistem)



8.Model (X Yönünde X Çaprazlı Sistem)



9.Model (Y Yönünde X Çaprazlı Sistem)



10.Model (Hem X hem Y Yönünde X Çaprazlı Sistem)