



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ÇAPRAZ TİPİNE SAHİP ÇOK
KATLI ÇELİK YAPILARIN ANALİZİ**

Raşit KARATAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Raşit KARATAŞ tarafından hazırlanan ‘‘Farklı apraz Tipine Sahip ok Katlı elik Yapıların Analizi’’ adlı tez çalışması 30/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Nail KARA

.....

Danışman

Prof. Dr. Ali KÖKEN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan Kesen
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 materials and results that are not original to this work.

Raşit KARATAŞ
Tarih: 30.06.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÇAPRAZ TİPİNE SAHİP ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN ANALİZİ

Raşit KARATAŞ

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

Danışman: Prof. Dr. Ali KÖKEN

2022, 90 Sayfa

Jüri

**Dr. Öğr. Üyesi Nail KARA
Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER**

Geçmişten günümüze incelendiğinde, yapıların mimarlık ve mühendislik alanında önemli gelişmeler gösterdiği görülmektedir. Yapıların ortaya çıkışında kullanılan malzeme çeşitliliği avantaj sağlamasına istinaden sürekli değişmiştir. Her bir yapı malzemesinin kendisine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Beton için söyleyecek olursak çelik ve ahşap yapılara göre daha rijittir. Fakat çelik ve ahşap yapılara göre daha ağırdır ve özellikle deprem durumunda olumsuzluklar yaratır. Maliyetinin uygun oluşu ve yangına karşı dayanım olarak beton malzemesi çeliğe göre daha avantajlıdır. Çelik malzemesinin inşa süresi daha kısa olmakla birlikte çelik malzemeleri tekrar kullanmak mümkündür. Bunlar gibi daha çok avantaj ve dezavantajları sıralamak mümkündür. Fakat bu avantajlar ve dezavantajlar günümüzde giderek değişmektedir ve farklı yapı malzemeleri tercih edilmektedir.

Günümüzde ise çelik yapı malzemesi olarak sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Yapılarda betonun yapı malzemesi olarak kullanılması eskisi kadar çeliğe nazaran maliyeti çok fazla değişmemektedir. Yangına karşı dayanımı sağlayacak çeşitli malzemeler geliştirilmiştir. Çeliğin yapı malzemesi olarak daha önceden köprü gibi yapılarda sıklıkla kullanılırken artık günümüzde binalarda da sıklıkla kullanılmaktadır. Ülkemizde ve dünyada depremin etkilerini artırmasıyla çeliğin binalarda yapı malzemesi olarak kullanılması mecburi hale getirmektedir. Çelik yapıların hafifliği sayesinde daha yüksek binaları daha güvenli bir şekilde inşa etmek ve ömrü bakımından uzun kılmak mümkündür.

Bu tez çalışmasında; ilk bölümde çeliğin yapı malzemesi olarak hayata giriş sürecinden, avantaj ve dezavantajlarından, depreme karşı çelik yapıların davranışından bahsedilmiştir. İkinci bölümde geçmişten günümüze yüksek çelik yapılarla ilgili çalışmalar ele alınmıştır. Üçüncü bölümümüzde yüksek çelik yapılardan, ortaya çıkış sürecinden özellikle yüksek çelik yapıların normal çelik yapılara göre farklı olarak yapılacak özelliklerinden, Türkiye de ve dünyada kullanılan çelik yapılar yönetmeliklerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümümüzde ise SAP2000 programı ile beş farklı yüksek çelik yapının modellenmesiyle oluşacak olan yapıların mod birleştirme yöntemi ile analizi gerçekleştirilerek taban kesme kuvvetleri, yer değiştirmeler ve yapı ağırlıkları vb. özellikleri üzerine karşılaştırmalar yapılmıştır. Son bölümümüzde ise sonuçlar ve öneriler kısmı yer almaktadır.

Anahtar kelimeler: Deprem, Mod birleştirme yöntemi, SAP2000, Yüksek çelik yapı,

ABSTRACT

MS THESIS

ANALYSIS OF MULTI-STOREY STEEL STRUCTURES WITH DIFFERENT BRACING TYPES

Raşit KARATAŞ

**Konya Technical University
Graduate School of Education
Civil Engineering Department**

Advisor: Prof. Dr. Ali KÖKEN

2022, 90 Pages

Jury

**Dr. Öğr. Üyesi Nail KARA
Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER**

When examined from the past to the present, it is seen that the buildings show significant developments in the field of architecture and engineering. The variety of materials used in the emergence of the structures has been constantly changed in order to provide advantages. Each building material has its own advantages and disadvantages. For concrete, it is more rigid than steel and wooden structures. However, it is heavier than steel and wooden structures and creates negativities especially in case of earthquakes. Concrete material is more advantageous than steel in terms of cost and fire resistance. Although the construction time of the steel material is shorter, it is possible to reuse the steel materials. It is possible to list more advantages and disadvantages such as these. However, these advantages and disadvantages are changing day by day and different building materials are preferred.

Today, steel has started to be used frequently as a building material. The cost of using concrete as a building material in buildings does not change much compared to steel as it used to be. Various materials have been developed to provide fire resistance. While steel was used as a building material in structures such as bridges, it is now frequently used in buildings. As the effects of earthquakes increase in our country and in the world, it becomes obligatory to use steel as a building material in buildings. Thanks to the lightness of steel structures, it is possible to construct higher buildings more safely and to make them longer in terms of life.

In this thesis, in our first chapter, the process of introducing steel to life as a building material, its advantages and disadvantages, and the behavior of steel structures against earthquakes are mentioned. In the second part, studies on high-rise steel structures from past to present are mentioned. In our third chapter, high steel structures, the process of their emergence, especially the features of high steel structures to be made different from normal steel structures, the steel structures regulations used in Turkey and in the world are mentioned. In the fourth part, the structures that will be formed by modeling five different high steel structures with the SAP2000 program were analyzed by mode addition method and comparisons were made in terms of base shear forces, displacements and structure weights. In our last section, there are conclusions and recommendations.

Keywords: Earthquake method, Mode method, SAP2000, High steel structure,

ÖNSÖZ

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programı'nda Tez olarak sunulmuştur.

Tez çalışmamın her aşamasında sabır ve hoşgörü ile yardımlarını esirgemeyen, bilgi, eleştiri ve tavsiyelerini paylaşarak daima destek olan başta saygı değer hocam Prof. Dr. Ali Köken'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her konuda bana sürekli destek olan varlıklarından her zaman güç aldığım her zaman yanımda olan ailem, babam Ertuğrul Karataş'a, annem Havva Karataş'a, kardeşim Onur Alp Karataş'a, dostlarıma ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Raşit KARATAŞ
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çelik Yapıların Avantajları ve Dezavantajları.....	2
1.1.1. Çelik yapıların avantajları.....	2
1.1.2. Çelik yapıların dezavantajları	3
1.2. Türkiyede Depreme Karşı Çelik Yapılar	4
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
3. ÇELİK YÜKSEK YAPILAR	10
3.1. Türkiye’de Belediye ve İmar Yasalarında Yüksek Yapılar ve Gökdelenlere İlişkin Kanun ve Uygulamalar	11
3.2. Çelik Yüksek Binaları Diğer Binalardan Ayıran Özellikler	12
4. FARKLI ZEMİN SINIFI VE FARKLI DEPREM BÖLGELERİNE GÖRE FARKLI ÇAPRAZ TIPLI ÇOK KATLI YAPILARIN ANALİZİ.....	14
4.1. Tez Kapsamında Tasarlanan 20 Katlı İşyeri Binasının Özellikleri	15
4.2. Yükler	16
4.2.1. Sabit ve hareketli yükler	17
4.2.2. Kar yükü	17
4.2.3. Rüzgar yükleri.....	18
4.2.4. Deprem spektrumunun programa tanımlanması.....	18
4.3. Sap2000 Programı İle Yapı Sistemlerinin Analizi	19
4.3.1. Yapı sistemine yük etkilmesi.....	22
4.3.2. Deprem tasarım sınıfı ve bina yükseklik sınıfının belirlenmesi	26
4.4. N1-ÇS-A-B Modelimiz İçin Sap2000 Programından Elde Edilen Sonuçlar.....	28
4.4.1. Yapı ağırlığı	28
4.4.2. Yapı maksimum taban kesme kuvvetleri.....	29
4.4.3. Yapı mod durumları.....	29
4.4.4. Yapı düzensizlik durumlarının incelenmesi	32
4.4.5. Yapı yer değiştirmeleri	35
4.4.6. Yapıda kullanılmış olan kesitler	38
4.5. 20 Farklı Modelimiz İçin Sap2000 Programından Elde Edilen Sonuçlar	43
4.5.1. Yapı ağırlıkları.....	43
4.5.2. Yapı maksimum taban kesme kuvvetleri.....	44
4.5.3. Yapı tepe noktası yer değiştirmeleri	47

4.5.4. Yapı mod durumları.....	51
4.6. Sonuçların Yapı Sistemleri ve Deprem-Zemin Verilerine Göre Karşılaştırılması.....	51
4.6.1. Yapılarda yapı yükleri karşılaştırılması.....	52
4.6.2. Elde edilen sonuçların yapı sistemleri bakımından karşılaştırılması.....	53
4.6.3. Elde edilen sonuçların deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı bakımından karşılaştırılması.....	67
4.6.4. Farklı çapraz tipleri için elemanlarda kesit değişimleri.....	83
4.7. En Uygun Numunenin Belirlenmesi.....	83
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR.....	87



SİMGELER VE KISALTMALAR

$A(T)$: Spektral İvme Katsayısı
AISC	: American Institute of Steel Construction
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
C_{dir}	: Doğrultu katsayısı
C_e	: Maruz kalma katsayısı
C_o	: Orografi katsayısı
C_{cover}	: Panel ağırlığı
C_{pe}	: TS EN 1991-1-4 Bölüm 7'de verilen basınç katsayısıdır.
$C_{pe,10}$: Dış rüzgar basınç katsayısı
C_{pi}	: TS EN 1991-1-4 Bölüm 7'de verilen basınç katsayısıdır.
C_{pi}	: İç rüzgar basınç katsayısı
C_{pnet}	: Net rüzgar basınç katsayısı
$C_r(z)$: z metre yükseklikteki engebelilik katsayısı
C_{season}	: Mevsim katsayısı
C_t	: Isı katsayısı
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
E	: Deprem etkisi
g	: Spektral İvme Katsayısı
F	: Akışkan madde basınç yükü
F_u	: Çekme dayanımı
F_y	: Yapısal çeliklerde karakteristik akma gerilmesi
F_{yb}	: Bulonların karakteristik akma gerilmeleri
F_{yu}	: Bulonların çekme dayanımları
G	: Sabit yük
g	: Yerçekimi ivmesi
GKT	: Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
H	: Yatay zemin basıncı, zemin suyu basıncı veya yığılı madde basıncı
H_N	: Binanın bodrum katının üstündeki bölümünün toplam yüksekliği [m]
I	: Bina önem katsayısı
k_l	: Türbülans katsayısı
k_r	: Engebelilik uzunluğu z_0 'a bağlı arazi katsayısı
m	: Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri
m_t	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam kütlesi [t]
n	: Hareketli yük katlılık katsayısı
P	: Normal kuvvet

P_k	: Kar yükü hesap değeri
P_{ko}	: Kar yükü değeri
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R_a	: GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım
$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
$R_a(T_n)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_d	: Tasarım dayanımı ($= \phi R_u$)
R_g	: Güvenli dayanım ($= R_n/\Omega$)
R_n	: Karakteristik dayanım
RSL	: Kar yükü
R_u	: YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım
R_y	: Y yönünde taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_x	: X yönünde taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S	: Çatı yüzeyindeki kar ağırlığı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$: Elastik Spektral İvme
$S_{ae}(T_n)$: Spektrum Katsayısı
$S_{aR}(T_n)$: Azaltılmış ivme spektrumu
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_k	: Karakteristik zemin kar yükü (kN/m^2)
T	: Sıcaklık değişmesi ve/veya mesnet çökmesi etkileri
TA, TB	: Spektrum karakteristik periyotları
TCY 2016	: Türk Çelik Yönetmeliği 2016
TS EN 1090-1	: Çelik yapı uygulamaları - Bölüm 1: Yapısal bileşenlerin uygunluk değerlendirme gerekleri
TS EN 1090-2	: Çelik ve alüminyum yapı uygulamaları- Bölüm 2: Çelik yapılar için teknik gerekler
TS EN 1991-1-3	: Yapılar üzerindeki etkiler - Bölüm 1-3: Genel etkiler, kar yükleri
TS EN 1991-1-4	: Yapılar üzerindeki etkiler- Bölüm 1-4: Genel etkiler, rüzgar etkileri
TS 498	: Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri
TS 500	: Betonarme yapılarında tasarım ve yapım kuralları
TS 708	: Betonarme için donatı çeliği
V_b	: Esas rüzgâr hızı
V_{bo}	: Rüzgar hızının temel değeri
$V_m(z)$: z metre yükseklikteki ortalama rüzgar hızı
$V_{IE}^{(Y)}$: (Y) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) [kN]
$V_{IE}^{(X)}$: (X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) [kN]
$YDKT$: Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım
z_e	: TS EN 1991-1-4 Bölüm 7’de ifade edilen dış basınç için referans yükseklik
z_i	: TS EN 1991-1-4 Bölüm 7’de verilen iç basınç için referans yükseklik,
z_0	: Engebelilik uzunluğu
Z3	: Yerel zemin sınıfı
W	: Rüzgar yükü

WX	: X yönünden esen rüzgâr basıncı
WY	: Y yönünden esen rüzgâr basıncı
Wt	: Toplam bina ağırlığı (ölü yük + kar yükü)
q	: Rüzgar basıncı kN/m^2
Q	: Hareketli yük
q_p	: Esas hız kaynaklı rüzgâr basıncı
$q_p(z_e)$: Tepe rüzgâr basıncı,
$q_p(z_i)$: Tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı,
Q_r	: Çatı hareketli yükü
QuakeX	: X yönündeki deprem yükü
QuakeY	: Y yönündeki deprem yükü
ϕ	: Dayanım katsayısı.
Ω	: Güvenlik katsayısı.
f	: Döşeme sisteminin doğal titreşim frekansı, (Hz).
δ	: Sabit düşey yükler ve hareketli yüklerin 0.5 katından oluşan düşey yer değiştirme, (mm)
λ	: Eksenel basınç kuvveti etkisindeki enkesit parçaları için genişlik/kalınlık oranı
λ_r	: Eksenel basınç kuvveti etkisindeki enkesit parçaları için genişlik/kalınlık oranı sınır değeri
Δ	: Yer değiştirme miktarı
μ_i	: Kar yükü şekil katsayıları
ρ	: Fırtınalar esnasında bölgede olması beklenen sıcaklık ve barometrik basınçlara ve rakıma bağlı olan hava yoğunluğu

1. GİRİŞ

İnsanoğlu geçmişten günümüze sürekli barınma ihtiyaı hissetmektedir. Gün geçtikçe ve teknoloji ilerledikçe barınma ihtiyacının kolaylıkla sağlandığı ve hatta günümüzde barınma ihtiyacının karşılanacağı yapılar için yer arayışları başlamıştır. Bunun sonucunda yerleşim yoğunluğunu yüksek binalarla karşılama olgusu meydana gelmiştir. Barınma ihtiyacının ilk başladığı dönemlerde belirli bir yksekligi geçmeyen yapılar, asansörlerin icadı, çeliğin hayatımıza girip taşıyıcı sistem olarak kullanılabilirliği, ayrıca malzemelerin ve yapıda kullanılan ekipmanların gelişmesi sonucu daha yüksek binalar yapılmaya başlanmış ve halen gelişen teknolojiyle birlikte artmaktadır.

Ülkemizde taşıyıcı sistem olarak çeliğin kullanılması hala sınırlı durumdadır. Ülkemizde şu anda birinci sırada taşıyıcı sistem olarak betonarme taşıyıcı sistemler gelmektedir. Çeliğin kullanımı halen ikinci plandadır. Çeliğin yerine betonarme kullanılmasının nedeni olarak ise ekonomiklik olarak çeliğin daha maliyetli olduğu belirtilmektedir. Fakat dış ülkelerde çeliğin kullanımı oldukça yaygındır. Ülkemizde genel olarak çeliğin kullanımını büyük açıklıklı çatılar, köprüler ve endüstri yapıları oluşturmaktadır. Çeliğin maliyetli olduğu düşünülse bile elik yapının hafifliği, azalan deprem yükleri sonucu temel boyutlarının küçüklüğü ayrıca bir betonarme taşıyıcı sistem oluştururken deprem dikkate alınarak oluşturulan yükler sonucu oluşan tasarım maliyeti elik maliyetine yakın olduğu unutulmamalıdır. Bu sonuçlara dayanılarak konuya ve yapılış amacına göre taşıyıcı sistem seçimi yapılarak elik taşıyıcı sistemin daha az maliyetli olduğu söylenebilir.

elik taşıyıcı sistemlerde bir diğer önemli konu ise çok daha bilgili ve tecrübeli teknik elemandır. elik taşıyıcı sistemde montaj zorluğu, proje aşamalarındaki zorluk bunlara neden olarak gösterilebilir. Günümüzde ilerleyen teknoloji sayesinde yüksek yapılarda çeliğin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bunlara neden olarak yüksek dayanımlı çeliğin maliyeti düşük olarak üretilmesi, kaynak yapımındaki gelişmeler, elik elemanlarındaki çeşitliliğin artması, tasarım yöntemlerinde gelişmeler, yangına dayanıklı malzeme çeşitliliğinin artması, elik elemanların birbirine bağlayan elemanlardaki gelişmeler olarak gösterilebilir.

Bu gelişmelerin ışığında ülkemizde gelişmiş dış ülkelere nazaran çok olmasa da çok katlı yüksek elik binalara rastlamaktayız. Ayrıca bu gelişmeler ışığında lkemizde TS648-elik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları yönetmeliğinin ardından 2016 yılında elik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları (ÇYTHYE-2016) adlı yönetmelik

yayımlanarak çelik taşıyıcı sistem oluştururken tasarımda hesapta ve yapım aşamasında dikkat etmemiz gereken yerler konusunda önümüzde ışık oluşturmuştur. Bunun sonucuna bakacak olursak çelik yapıların ülkemizde yaygınlaşmaya başlamasından dolayı böyle bir yönetmelik ihtiyacı doğmaktadır. Bunun ardından ülkemizde 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu yönetmelikte deprem etkisi altındaki çelik bina taşıyıcı sistemlerin tasarımı için özel kuralları ve deprem etkisi altındaki yüksek bina taşıyıcı sistemlerin tasarımı için özel kuralları ayrı iki bölümde inceleyip çok katlı çelik yapılarda deprem etkisi altında tek katlı çelik yapılara göre farklı tasarımı için dikkat etmemiz gereken özel kuralları belirtmektedir. Bunun haricinde 1987 yılında TS 498- Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri adlı yönetmelik yayımlanarak çelik yapılarda alınacak yüklerde dikkat edeceğimiz yerleri belirtmektedir.

Bu tez çalışmasında; çelik yapılar hakkında genel bilgilerden, avantajlarından ve dezavantajlarından, çelik yapılarda kullanılan yönetmeliklerden ve özellikle çok katlı çelik yapılarda kullanılan çapraz tiplerine göre oluşacak olan ekonomik ve güvenlik açısından uygun kesit arayışının bulunması amacıyla 5 farklı çok katlı çelik yapının analizlerini gerçekleştirilip karşılaştırmalar yapılmıştır.

1.1. Çelik Yapıların Avantajları ve Dezavantajları

1.1.1. Çelik yapıların avantajları

Yapısal çelik birçok kullanım bakımından birçok avantaja sahiptir. Bu avantajlar kısaca aşağıdaki gibidir.

- Malzeme kaybı düşüktür.
- Büyük açıklıklı sistemlerde, diğer malzemelerde geçilemeyen açıklıkları çelikle geçmek çok avantajlıdır.
- Fabrikada veya şantiyede gerçekleştirilen imalat, diğer yapı sistemleri gibi hava şartlarına bağlı olmaksızın kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.
- Çelik sistemler diğer sistemlere göre daha sünektir. Deprem riski fazla olan yerlerde çelik malzemeli sistemlere daha sık rastlanmaktadır.

- Kullanım ömrü uzundur ve çelik malzeme yerinden söküldüğünde tekrar başka bir yerde kullanılabilir.
- Çeliğin en önemli avantajı ise basınç ve çekme mukavemetleri birbirine eşit olmasıdır.
- Çelik yapılar fabrika/atölye üretimi olduğu için üretimi oldukça hızlıdır.
- Çelik yapılarda betonarmeye göre göre gevrek/ani göçme görülmez.
- Çelik yapının en büyük avantajlarından olan mevcut bir yapıyı yeniden yapılandırılmak istediğimizde şartların uygunluğuna bakılarak yapının genişliğini artırmak için bir imkân sunar.



Şekil 1.1. Çok katlı bir çelik yapının genişletilmesi

1.1.2. Çelik yapıların dezavantajları

Yapı çeliğinin avantajlarının yanında aşağıdaki dezavantajları da mevcuttur.

- Çelik yanmayan bir malzemedir, fakat ısının yükselmesiyle mukavemetinde ve elastisite modülünde azalmalar olmaktadır.
- Su ve kimyasal maddelerle etkileşimi sonucu korozyona uğrar.
- Su ve ısıyı ileten bir malzemedir. Yalıtım yapılmak istenmesi durumunda maliyeti çok yükselmektedir.
- Çelik yapı inşası hassastır. Çelik yapılarda ölçü olarak mm kullanılır bu bile hassaslık konusunda fikir verebilir.

- Çelik yapılar belirli aralıklarla korozyonu engellemek amacıyla boyanması gerekmektedir.

1.2. Türkiye’de Depreme Karşı Çelik Yapılar

Ülkemizin yüksek deprem riski nedeniyle çelik yapılara olan ilgi günden güne artmaktadır. Özellikle çelik yüksek yapılara yönelme hızla artmaktadır. Maliyeti betonarmeye karşı daha pahalı olmasına rağmen güvenilirlik ve uzun ömrüne bağlı olarak talep artmaktadır. Son zamanlarda ülkemizdeki Malatya, Elâzığ, Manisa depremlerinin ardından insanların ev ararken, daire satın alırken veya kiralarken yapının yaşını ve yapının deprem yönetmeliklerine uygun olarak yapılıp yapılmadığını sormaları artık insanların da bu konuda bilinçlenip öncelik olarak güvenilirlik sonra ekonomi düşünmeye başladıklarının göstergesidir.

Ülkemizde halen tam anlamıyla çelik yapılar göremezken komşu ülkemiz İran da ve Amerika Birleşik Devletleri’nde 1950 yıllardan itibaren çelik yapıların kullanıldığını görebiliriz. İran’ında zeminin kötü koşulları ve deprem fay hatlarının üzerinde olması çelik yapılara olan zorunluluğu getirmiş. Yapılan araştırmalar sonucu şu ortaya çıkmaktadır ki çeliğin ahşapa göre 21 kat, betonarmeye göre ise 10 kat daha esnek davrandığı belirlenmiştir.



Şekil 1.2. Elazığ’da çelik konut inşası

Elâzığ depreminin ardından da köylerde yıkılan evler yerine çelik konstrüksiyondan planlanan evler inşa edilmeye başlandı. Bunun gibi birçok ilde ve ilçede çelik yapıların sayısının artması amaçlanmaktadır.

Deprem değil bina öldürür lafı son zamanlarda sıkça duyulması ülkemiz için olumsuz bir izlenim bırakmaktadır. Bu algıyı yok etmek amacıyla ekonomiyi ikinci planda tutup daha emniyetli ve güvenilir çelik yüksek binalar inşa ederek hem deprem karşı dayanıklı, hem de betonarmeye göre yüksek binalar inşa edilerek yer tasarrufu sağlanabilir.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çelik yapıların oluşumunda ekonomiklik ve güvenlik unsurları göz önüne alınarak geçmişten günümüze yabancı ve yerli olmak üzere birçok yönetmelik geliştirilmiştir. Çelik yapılar, hareketli ve sabit yükleri güvenli ve ekonomik olarak taşıyacak şekilde tasarlanmaktadır. Çelik yapılar üzerine geçmişten günümüze birçok akademik çalışma yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmaların önemlileri kısaca ele alınmıştır.

E. Şahaloğlu (2004), İstanbul Teknik Üniversitesinde yapılan yüksek lisans tez çalışmasında süneklik düzeyi yüksek çelik yapı sistemlerinde lineer olmayan davranışın incelenmesi ve deprem davranış katsayısının belirlenmesi adlı çalışma gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasının birinci bölümünde süneklik düzeyi yüksek sistemler hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci bölümünde R katsayısı ile ilgili bilgiler verilmiş, belirlenmesinde izlenecek yollar hakkında bilgi verilip ayrıca farklı ülkelerdeki kullanımları hakkında genel bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde lineer olmayan analiz hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde süneklik düzeyi yüksek dışmerkeze sahip çelik çerçeveler için sistem davranış katsayısının hesaplanması gösterilmiştir. Beşinci bölümde R katsayısının hesap algoritması gösterilip son bölümde ise sonuçlar kısmı yer almaktadır.

H. Çatalkaya (2004), yüksek lisans tez çalışmasında çok katlı çelik yapıda değişik çapraz düzenlemelerinin yapının depremdeki davranışına etkilerini incelemiştir. 4 farklı tipte çelik çapraz sistemine sahip çok katlı çelik yapıların sünekliğini ve deprem altındaki davranışı ele alınmıştır. 4 farklı tip çelik çapraz sisteme sahip yapının statik, dinamik ve pushover analizleri yapılmıştır ve bunun sonucunda süneklikleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda her bir sistemin süneklikleri elde edilmiş olup bunun haricinde dört tip çelik yapının taşıyıcı sistem ağırlığı, deprem etkisindeki davranışları, performans ve sünekliklerine göre karşılaştırma yapılmıştır.

A. Taşdemir (2007), Çok katlı çelik bir hastane binasının Eurocode 3' e göre çerçeve kusurları dikkate alınarak karşılaştırmalı boyutlandırılması çalışmasını yapmıştır. Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu çalışmada çok katlı çelik bir hastane binasının Eurocode 3'e göre statik hesabı ve tasarımı yapılmıştır. Statik hesabının yapılmasında eşdeğer deprem yükü yöntemi esas alınmış ve bilgisayar programlarından yararlanılmıştır. Toplam 10 kattan oluşan hastane binası x yönünde 35 metre uzunluğa ve y yönünde 12,50 metre genişliğe sahiptir. Bina yüksekliği 36 metredir. Bina deprem ve rüzgâr yükleri yönetmelikler uyarınca etkilmiştir.

O. Civelek (2010), Süneklik düzeyi yüksek çok katlı bir çelik yapının tasarımının yapıldığı bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada 1956-59 yılları arasında New York'da Corning Glass Co. adına yapılmış olan çok katlı çelik binanın, İstanbul Maslak bölgesi imkanlarına göre yeniden tasarımı yapılmıştır. Yapı 2 blok olarak yapılmış olup 640 m² taban alanına sahip, ayrıca yapı 28 kattan oluşup zemin kotundan yüksekliği 96.8 metredir. Yapının statik ve dinamik analizleri için ETABS programı kullanılmıştır. Yapıda yönetmelik olarak yükler için TS498, deprem yükleri için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007, rüzgâr yükleri için ise National Building Code of Canada şartnamelerinden yararlanılmıştır. Çelik elemanların kesit kontrolleri ve boyutlandırılmalarında TS648'den yararlanılmaktadır. Son bölümde yükler bakımından Kanada Şartnamesi ve TS498 tablololu olarak karşılaştırma yapılmış olup sonuçta Kanada Şartnamesi, katlara göre daha gerçekçi ve elverişsiz değerler verirken, TS498'de öngörülen değerlerin 2 katı büyüklükte değerler vermektedir.

M. Tansel (2010), Çok katlı çelik yapıların 2007 deprem yönetmeliğine göre analiz ve tasarımını yapmıştır. Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu çalışmada çelik yapıların deprem yükleri altında davranışı TDY 2007'e göre incelenmiştir. Deprem yükleri eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanmıştır. Yapı analiz ve tasarımları için SAP2000 programı kullanılmış olup sonlu elemanlar yöntemine dayalıdır.

A. Artan (2011), Bir sanayi kompleksinin boyutlandırması çalışmasını yapmıştır. Bu yüksek lisans tez çalışmasında bir fabrika binası ile bir ofis binasının boyutlandırılması üzerinde çalışılmıştır. Yapılarda yük analizi için TS498-1997 yönetmeliği kullanılmıştır. Rüzgâr ve kar yükleri için ise NBCC (The National Code of Canada) yönetmeliği dikkate alınmıştır. Deprem yükleri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik esas alınarak hesaplanmıştır. Yapıların statik ve dinamik analizleri bilgisayar programları yardımıyla yapılmıştır. Tasarım sırasında değişken kesitli eleman ve kompozit döşeme kullanılarak en ekonomik tasarım oluşturulmuştur.

A. M. Yıldırım (2013), "Çelik taşıyıcı sisteme sahip yüksek binaların tasarımı ve analizi" adlı bu yüksek lisans çalışmasında İstanbul il sınırları içerisinde inşa edilmesi planlanan yüksek katlı bir bina, çelik taşıyıcı sistem ve betonarme çekirdeğe sahiptir. İstanbul il sınırlarında yapılacak yüksek binalar için "İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği" hazırlanmıştır. Bu yönetmelik betonarme için yeterli ama çelik taşıyıcı sistem için yeterli değildir. Bu nedenle bu çalışmada Amerikan şartnameleri kullanılmıştır. Bu çalışmada Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında

Yönetmelik (2007) ve Amerikan şartnamelerine göre doğrusal analizleri yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarında İstanbul da yapılacak yüksek çelik binalara karşı örnek geliştirilmiştir.

M. Yaba (2016), “Bir çelik yüksek binanın deprem davranışının belirlenmesi” adlı yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasında çelik bir binanın deprem davranışı belirlenmeye çalışılmıştır. Deprem riski yüksek bölgeler için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’ye göre 30 katlı bir çelik binanın analizleri yapılmıştır. Çalışmada doğrusal olmayan statik ve doğrusal olmayan dinamik analizler kullanılmıştır. Sonuçlar kıyaslanarak doğru metotlar belirlenmeye çalışılmıştır.

M. Kanat (2017), İstanbul Teknik Üniversitesine ait bu yüksek lisans çalışmasında 28 katlı, 110 metre yüksekliğindeki çeşitli yatay taşıyıcı sistemlere sahip bir çelik yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemiyle araştırılmıştır. SAP2000 modeliyle doğrulama yapılmıştır. Bu doğrulanmanın ardından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2007’ye göre seçilen yedi tasarım deprem doğrultusunda yapı incelenmiştir.

B. Çırpan (2017), “Çok katlı çelik yapılarda yapı geometrisinin taşıyıcı sistem davranışına etkisi ve ideal geometrik formun belirlenmesi” adlı bu yüksek lisans çalışmasında en ideal geometrik form belirlemek amacıyla 40 katlı altıgen, kare, dairesel, dikdörtgen şekle sahip çelik yüksek binaların analizi yapılmıştır. İlk 3 katta 4,4 metre, diğer katlarda ise 3,3 metre olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Yapılarda merkezi çelik çapraz perde sistemi tercih edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en ideal formun dairesel, dairesel forma göre daha kötü olanın ise dikdörtgen formun olduğu görülmüştür.

H. D. Gül (2018), bu çalışmasında, farklı guse tasarımlarına sahip merkezi çelik çaprazlı çelik çerçevelerin deprem davranışını analitik olarak incelemiştir. Yedi adet gerçek deprem kaydı zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yürütmek için seçilmiş ve zaman tanım alanında yapılacak analiz kriterlerini sağlamak için ölçeklenmiştir. Beş farklı tek katlı & tek açıklıklı çerçeve OpenSees yazılımı kullanılarak modellenmiş, guse kalınlıklarının yapı tepkilerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışma, özellikle yüksek depremselliğe sahip bölgelerde daha verimli guse boyutlarının seçilmesi konusunda bilgi vermektedir.

C. Çakmaklı (2019), yüksek lisans tez çalışmasında çelik yüksek bir binanın TBDY-2018’e göre tasarımı yapılmıştır. Bu çalışmada 42 katlı yüksek bir binanın Çelik Yapıların Hesap, Tasarım ve Yapımına Dair Esaslar ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre tasarımı ve kontrolleri yapılmıştır. TBDY de yüksek binalar için bulunan özel kurallar dikkate alınmıştır.

C. Dinçer (2019), “Çok katlı çelik yapıların sismik davranışının zemin-yapı ile etkileşimi dikkate alınarak incelenmesi” adlı bu tez çalışmasında 3, 5, 8 katlı olarak modellenen çelik çerçeve yapıların zemin-yapı etkileşimini ve ankastre mesnet koşulları arasındaki meydana gelen davranışlardaki farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerine bağlı olarak tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara bakılacak olursa zemin-yapı etkileşimli modellerin ankastre mesnetli modellere göre değiştiği gözlemlenmiştir. İvme kayıtlarında 1. doğal titreşim periyodunun artmasıyla birlikte zemin-yapı etkileşiminin arttığı gözlemlenmiştir.

E. Yanık (2019), Tez çalışması kapsamında; 4, 8 ve 12 katlı olmak üzere farklı yapı yüksekliklerine sahip 3 adet moment aktaran çelik çerçeve yapılar DBYBHY 2007`de tanımlanan merkezi ve dışmerkez çelik çaprazlardan oluşan 8 adet perdeli sistem uygulanmıştır. X ve Y doğrultularında tanımlanan çelik çaprazlı sistemlerin her biri için ayrı ayrı analizler yapılmıştır. Tasarım aşamasında deprem yükleri DBYBHY 2007`ye göre belirlenirken yükleme durumları ve kesit tayinleri Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları 2016`ya göre yapılmıştır. Analizler SAP2000 V19 yapısal analiz programı aracılığı ile yapılmıştır. DBYBHY 2007`de bahsi geçen çelik çapraz türlerinin en ideali ve yapılara sağladığı katkılar araştırılmıştır.

M. Kürce (2020), bu çalışma kapsamında da iki doğrultusu için farklı çerçeve tipi seçilmiş bir süneklilik düzeyi yüksek endüstri yapısı incelenecektir. Bir doğrultusu moment aktaran çerçeve, diğer doğrultusu ise merkezi çelik çaprazlı çerçeve olarak tasarlanmıştır. Yapı modellemesinde SAP2000 programı kullanılmıştır. Tüm tasarımlar ayrıca program dışında da yapılmış olup tutarsız olabilecek sonuçlar engellenmiştir. Doğrusal olmayan analiz sonuçları grafikler ve tablolar halinde gösterilmiş olup, yönetmeliklerin belirttiği koşullar ile karşılaştırmalar gösterilmiştir.

3. ÇELİK YÜKSEK YAPILAR

Tek katlı binaların aksine, yüksek çelik bir bina yapılmak istendiğinde erişim noktaları ve hava sirkülasyonu dâhil birçok farklı hususa dikkat etmek gerekir. Herhangi bir bina yapmak istediğimizde önemli olan faktör tek katlı yapıyor olsak bile esneklik ve sağlamlık sağlamak için sanki çok katlı bir bina tasarlıyormuşuz gibi düşünülmelidir. Yüksek yapılarla ilgili ülkemizin önemli eksikliklerinden birisi de yüksek yapılarla ilgili özel bir yönetmeliği bulunmamasıdır. Yapı malzemelerinin gelişmesi ve ihtiyacın artmasıyla yüksek yapılar hızlı bir şekilde artarken yüksek yapılarla ilgili özel bir yönetmeliğin acil bir şekilde çıkartılması gerekmektedir. TBDY-2018'de deprem açısından yüksek binalara 13. Bölümde yer vermiştir ancak yüksek yapılarda depremden ayrı olarak rüzgâr, yangın, sürdürülebilirlik gibi özel konuları da içerisine alan özel kurallar içeren yönetmelik çıkarılmalıdır. Hatta çok yüksek sınıflara giren yüksek yapılarda rüzgâr yükünün deprem etkisine göre bazı durumlarda daha fazla etkilediği durumlarda olabilmektedir. Bina yüksekliği veya kat sayısına göre özel bir yüksek yapı tanımı bulunmamaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'de deprem bölgelerinde 70 metreyi geçen yükseklikler için yüksek yapı tanımı bulunmamaktadır. Ülkemizde yönetmelik kapsamında bulunmayan yüksek yapılar için Amerikan Yönetmeliklerine başvurulmaktadır. Amerikan Yönetmelikleri 50 m ve bundan yüksek yapıları yüksek bina olarak kabul etmektedir. Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi (CTBUH) kat adedi 14 veya 50 metre ve üstü yükseklikteki binaları yüksek bina olarak tanımlamaktadır. Ayrıca Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi (CTBUH) 300 metre yüksekliği geçen yapıları süper yüksek, yüksekliği 600 metreyi geçen yapıları ise mega yüksek yapı olarak tanımlamaktadır. Emporis standartlarında bu durum ise 12 kat veya 35 metreden yüksek yapılar için yüksek bina, 100 metreden yüksek binalar için gökdelen yapılar olarak adlandırılır. Ayrıca 2017'de yürürlüğe giren Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde bina yüksekliği 21.5 metre veya yapı yüksekliği 30.5 metre olan yapılar için yüksek bina, yapı yüksekliği 60.5 metreden yüksek olan binalar için çok yüksek bina olarak adlandırılmaktadır.

3.1. Türkiye’de Belediye ve İmar Yasalarında Yüksek Yapılar ve Gökdelenlere İlişkin Kanun ve Uygulamalar

10 Haziran 1933 tarihinde yürürlüğe giren ‘‘Belediye Yapı ve Yollar Kanunu’’nun 4. maddesi binaların yükseklikleri ve kat adetlerinden bahsetmektedir. Buna göre 1933 yılında 5 kattan daha fazla katlı bina yapılmayacağı belirtilmiştir.

1943 yılında devlet çalışanları için toplu konut yapılmasına karar verilmişti. Bu bağlamda Ankara’nın Saraçoğlu Mahallesi’nde 4 katlı betonarme binalar inşa edildi.

1946 yılında kabul edilen Ankara Şehri İmar kılavuzunda o dönem itibarıyla bina yüksekliği 3 metre kabul edilmekteydi. Bu imar kılavuzuna göre tek katlı binalar 3,5 metre yükseklikte, iki katlı binalar 6,5 metre yükseklikte, üç katlı binalar 9,5 metre yükseklikte, dört katlı 12,5 metre ve 5 katlı binalar ise 15,5 metre yükseklikte inşa edilebilmektedir. Bu kılavuza göre o dönemde 5 kattan daha çok katlı binalar hakkında bir bilgi bulunmamaktadır. Bu yüzden yüksek yapılar kavramı henüz yoktur.

1985 yılında çıkan Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yapılan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği’ne göre ise 10 kat ve 10 kattan daha fazla katlı yapılar için yüksek yapı ifadesi konmuştur.

2004 yılında kabul edilen Büyükşehir Belediye Kanunu’nun kerpiç binalar için bodrum dahil 2 kat, ahşap binalarda 3 kat, yığma binalarda 5 kat sınırı bulunmaktadır. Bu kabul edilen kanuna göre yüksek yapılar için ise bina yüksekliği en az 42,5 metre veya bodrum katı hariç 13 katı geçen yapılar yüksek yapılar olarak düzenlenmiştir.

2017 yılında çıkarılan ‘‘Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği’’nde o dönemdeki gelişmelere bağlı olarak yüksek yapılar için bina yüksekliği 21,5 metre veya yapı yüksekliği 30,5 metreden yüksek yapılar yüksek yapı sınıfına girmektedir. Bina yüksekliği 51,5 metreden yüksek veya yapı yüksekliği 60,5 metreden yüksek yapılar için ise çok yüksek yapılar ifadesi bulunmaktadır.

2018 yılındaki Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar yönetmeliğinde bu ifadeler aynen bulunmaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi cephe fark etmeksizin herhangi bir cepheden bakışta en düşük kattaki bina yüksekliğini en az 60,5 metre yüksekliği olan binaları bu kapsam içerisine almıştır. İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliğinde de, 30.80 metreyi, Gaziantep Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği’nde 30.50 metreyi ve Konya Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı İmar Yönetmeliğinde de 42.50 metreyi geçen binalar yüksek yapı olarak kabul edilirken bütün

metinlerde 13 kat esas alınmaktadır (İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği, 2003; Gaziantep Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği, 2018; Konya Büyükşehir Belediyesi İmar Ve Şehircilik Daire Başkanlığı İmar Yönetmeliği, 116 Sayılı Belediye Meclis Kararı, Dördüncü Bölüm, Madde 58, 2008)

Antalya Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliğinde kat sayısı 10 ve bina yüksekliği 30,50 metre olarak kabul edilirken, Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliğinde en az 42,50 metre olan binalar bu kapsamda değerlendirilmektedir (Antalya Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği; Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği).

Bu yönetmelik ve kanunlardan hareketle sonuç olarak taş, kerpiç ve ahşap kullanılırken çimentonun icadı ve çeliğin inşaat malzemesi olarak kullanılmaya başlamasıyla bina yükseklikleri artmaktadır. Önceden 8-10 katlı binalarda gökdelen ifadesi bulunurken gelişmelerle birlikte bu tanımlamalar değişmektedir. Günümüzdeki Amerikan Birleşik Devletlerinde 150 metre üzerindeki yapılar için gökdelen ifadesi bulunurken ülkemizde özel bir tanımı bulunmamaktadır.

3.2. Çelik Yüksek Binaları Diğer Binalardan Ayıran Özellikler

- İstenmeyen ve hiç beklenmeyen bir göçme oluşumu durumunda yüksek binaların yıkımı ve göçmesi sonucu can ve mal kaybı artmaktadır.
- Dünyada ve ülkemizde yapılan yönetmelikler, kurallar az katlı binalara göre yapıldığından dolayı yüksek yapılacak yapılar için özel bir araştırma ve tasarım aşamaları gereklidir.
- Yüksek binalar genel olarak incelendiğinde narin yapılar olduğu görülmektedir. Narinlik binanın kullanımı bakımından ya da rahatlık açısından özenle üstünde durulması gereken bir konudur.
- Yüksek binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri tasarım aşamasında dayanımdan çok rijitliğinin daha ileri geldiğini ve belirleyici olduğunu bilmemiz gereklidir.
- Rüzgâr yükü özellikle katlara göre değişkenlik gösterdiğinden yüksek yapılar için önem kazanmaktadır. Yüksek binalar daha fazla rüzgâr yüküne sebep olurlar. Fakat bu rüzgârın geliş yönüne, binanın rüzgârın geliş yönüne göre yerleşimi, binanın şekli ve geometrisi rüzgâr yükünde değişimler sağlar.

- Yüksek binalardaki temellerde az katlı binalara göre tasarım aşamasında farklılıklar katacaktır.
- Ülkemizin her bir yerinde depremin varlığı çok büyük etkindir. Yüksek çelik binalarda ise deprem etkisini daha kapsamlı bir şekilde ele almak gereklidir.
- Yüksek binalarda az katlı binalara göre tasarımı oluşturan mod yöntemleri farklı olur. Az katlı binalarda birinci mod belirleyicidir fakat çok katlı binalarda ise yüksek modların etkisi göz önüne alınır.
- Eksenel kuvvetler yüksek binalarda daha da artmaktadır. Eksenel kuvveti karşılamak amacıyla kolon ve kiriş boyutlarında değişimler olur. Ve böylece rijitlikler de artışa geçer. Özellikle düşey taşıyıcı yapı elemanımız olan kolonun eksenel kuvvete karşı davranacak şekilde özel bir şekilde tasarımı gereklidir.
- Yüksek yapıların ihtiyaç duyulan ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi bunların haricinde mekanik sirkülasyon sağlamak için maliyet olarak normal binalarda göre farklılıklar gösterir.

4. FARKLI ZEMİN SINIFI VE FARKLI DEPREM BÖLGELERİNE GÖRE FARKLI ÇAPRAZ TIPLİ ÇOK KATLI YAPILARIN ANALİZİ

Yapılmış olan bu çalışmada özellik olarak aynı fakat çapraz tipi olarak 4 farklı merkezi çelik çapraz tipli ve çaprazsız tipe sahip yüksek çelik binaların tasarım ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu yapılar;

1. Çaprazsız model (ÇS)
2. X çaprazlı model (XÇ)
3. Diyagonal çaprazlı model (DÇ)
4. V çaprazlı model (VÇ)
5. Ters V çaprazlı model (TVÇ) şeklinde tasarlanacaktır.

Bu binalar tasarlanırken; TS 498-Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Yönetmeliği, kar ve rüzgâr yük hesabı için TS EN 1991-1-3 ve TS EN 1991-1-4 Yönetmelikleri, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018) ve yürürlükteki diğer yönetmelik esaslarına göre gerekli veriler belirlenmiştir. Modellenen yapıların Sap2000 bilgisayar programı kullanılarak analizleri gerçekleştirilmiştir. Modellenen yapıların tasarımı ise Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları-2016 (ÇYTHYE-2016) esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarında elde edilen iç kuvvet değerleri, yer değiştirme sonuçları, yapı ağırlıkları vb. sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada modellenen 4 farklı merkezi çapraz tipi ve çaprazsız tipe sahip yapı için farklı zemin özelliklerinin etkisinin görülebilmesi amacıyla aşağıdaki şekilde gerekli parametreler belirlenmiştir.

A) Deprem etkisi (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}))

- a. $S_{DS} < 0.33$ olan yapı yeri (Deprem etkisi=A)
- b. $0.50 \leq S_{DS} < 0.75$ olan yapı yeri (Deprem etkisi=B)

B) Yerel Zemin Sınıfı

- a. ZB olan yapı alanı (Yerel zemin sınıfı=B)
- c. ZD olan yapı alanı (Yerel zemin sınıfı=D)

4.1. Tez Kapsamında Tasarlanan 20 Katlı İşyeri Binasının Özellikleri

Modellenmede ele alınan yapı 20 katlıdır. Bina boyunca kat yüksekliği 3 metredir. Toplam yapı yüksekliğimiz 60 metredir. Yapı her iki yönde 5 açıklığa sahip olup kenar uzunlukları her iki yönde 30 metre olup kare bir yapıdır. Yapının çekirdek kısmı boşluktur ve geri kalan kısmı 864 m²'dir. X ve Y yönlerine göre simetrik şekilde oluşturulmuştur. Yapı iş merkezi şeklinde düşünülerek modellenmiştir.

Çalışmadaki amaç; 4 farklı merkezi çapraz tipi ve çaprazsız tip kullanılarak ve her bir çaprazlı ve çaprazsız tipte 2 farklı zemin sınıfı ve 2 farklı spektral ivme katsayısı kullanılarak 20 farklı yapıda oluşan yer değiştirmeler/deplasmanlar, yapı ağırlıkları, taban kesme kuvvetleri, düzensizlik durumlarının karşılaştırılmasının yapılmasıdır. Modelde X yönünde her 2 metreye bir tali giriş oluşturulmuştur. Tasarlanan yapıda S450 sınıfı yüksek kalite sınıfında çelik kullanılmıştır. Çalışmada ele alınan yapı sistemlerinin geometrik ve tasarım özellikleri Çizelge 4.1.'da verilmiştir.

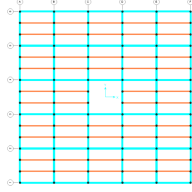
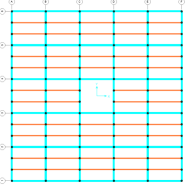
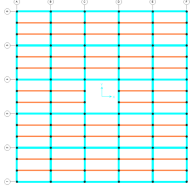
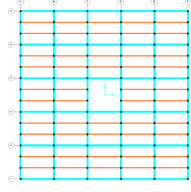
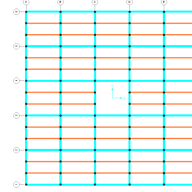
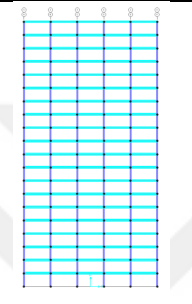
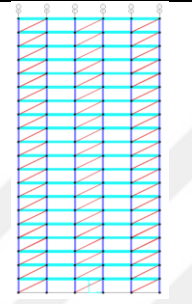
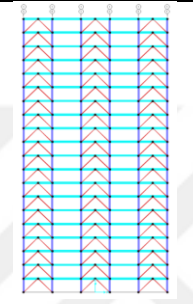
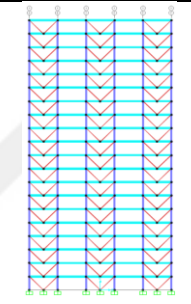
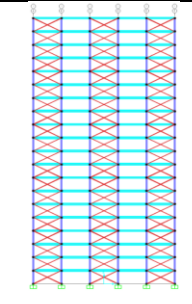
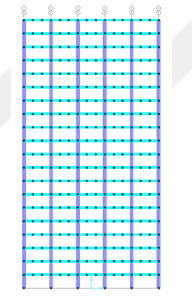
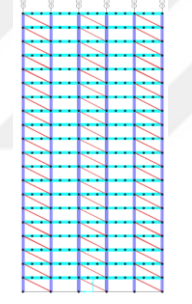
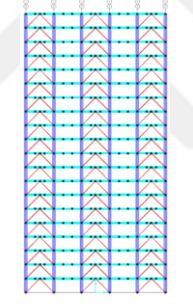
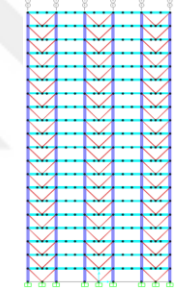
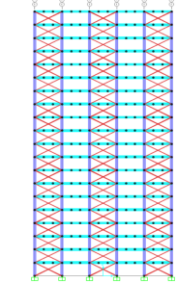
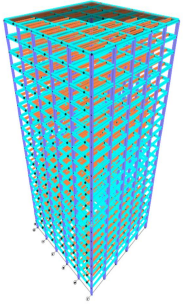
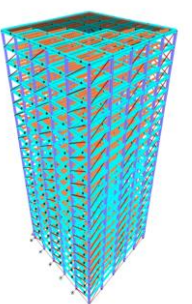
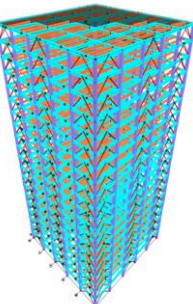
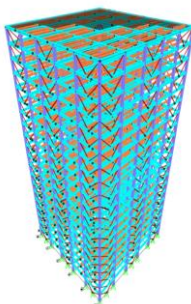
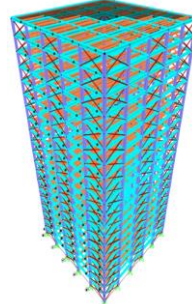
Çalışmada ele alınan parametreler dikkate alınarak numuneler aşağıdaki sistemlerde isimlendirilmiştir.

N1(Numune)- (Çapraz tipi)- (Deprem etkisi) – (Yerel zemin sınıfı)

Örnek;

N1-ÇS-A-B (Numune 1, Çaprazsız, $S_{DS} < 0.33$ olan ve Yerel Zemin Sınıf ZB olan yapı

Çizelge 4.1. Tasarımı yapılan 20 katlı yapı sisteminin özellikleri

	Çaprazsız Model (ÇS)	Diyagonal çaprazlı model (DÇ)	Ters V çaprazlı model (TVÇ)	V çaprazlı model (VÇ)	X çaprazlı Model (XÇ)
Plan/XY görünümü					
XZ Görünümü					
YZ Görünümü					
3D görünümü					

4.2. Yükler

Tasarlanan yapılarda kullanılan sabit, ve hareketli yük değerleri aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

4.2.1. Sabit ve hareketli yükler

Tasarımda kullanılan sabit ve hareketli yükler Çizelge 4.2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Sabit ve hareketli yük değerleri

YÜKLER	YÜK DEĞERLERİ (kN/m ²)	
	NORMAL KAT	ÇATI KATI
SABİT YÜKLER	2.7	2.1
HAREKETLİ YÜKLER	2	1
DUVAR YÜKÜ	3	

Yük tanımlanmasında sabit yükler içinde kaplama, asma tavan, tesisat ve bölme duvar ağırlıkları dahil edilmiştir. Normal katlarda dış cephe kirişleri ve çekirdek bölgesi kirişlerine cam giydirme cephe yükü olarak 3 kN/m çizgisel yük tanımlanmıştır.

4.2.2. Kar yükü

Modellenen yapının Konya ilinde olduğu düşünülmüştür. Daha olumsuz etki oluşturacağı için kar yükleri TS498 Yönetmeliğine göre belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Karakteristik zemin kar yükü (s_k) değerleri kN/m²

1	1	2	3	4	5
	Yapı yerinin denizden yüksekliği m	BÖLGELER			
		I	II	III	IV
	≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
3	500	0,75	0,75	0,75	0,85
	600	0,75	0,75	0,80	0,90
4	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
5	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
	> 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.

Bu tabloya bakılarak Konya'nın kar yükü bakımından 2. Bölgede olması ve rakımının 1016 metre olması göz önüne alınarak zemin yüzeyindeki kar ağırlığı $1.05+(1.05*10/100)=s_k=1.155 \text{ kN/m}^2$ bulunur.

Yükler bütün modellerde aynı derecede ve aynı şekilde yüklenilmiş olup herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

4.2.3. Rüzgâr yükleri

Rüzgâr yükleri için TS EN 1991-1-4' te verilen koşullar dikkate alınmıştır. Rüzgâr hızının temel değeri $V_{b,0}=28 \text{ m/s}$ ' den ve binanın ana taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplamalarına ve rüzgâra maruz yapısal ve yapısal olmayan elemanlarına etkileyen karakteristik rüzgâr yükleri 0.5 kN/m^2 'den az olmayacaktır.

Rüzgâr yüklerinin belirlenmesinde esas rüzgâr hızı $V_b=28 \text{ m/s}$ doğrultu katsayısı $c_{dir}=1.0$, mevsim katsayısı $c_{mevsim}=1.0$ ve türbülans katsayısı $k_1=1.0$ olarak alınmıştır.

Arazi kategorisinin III olduğu kabul edilmiştir. Yapısal katsayı $c_s c_d=1.0$ ve orografi katsayısı $c_o=1.0$ olarak alınmıştır. (TS EN 1991-1-4)

4.2.4. Deprem spektrumunun programa tanımlanması

Bu çalışmada kısa periyot spektral ivme katsayısı ve zemin sınıfı değişimine göre 4 farklı spektrum tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar Çizelge 4.4.'de görülmektedir.

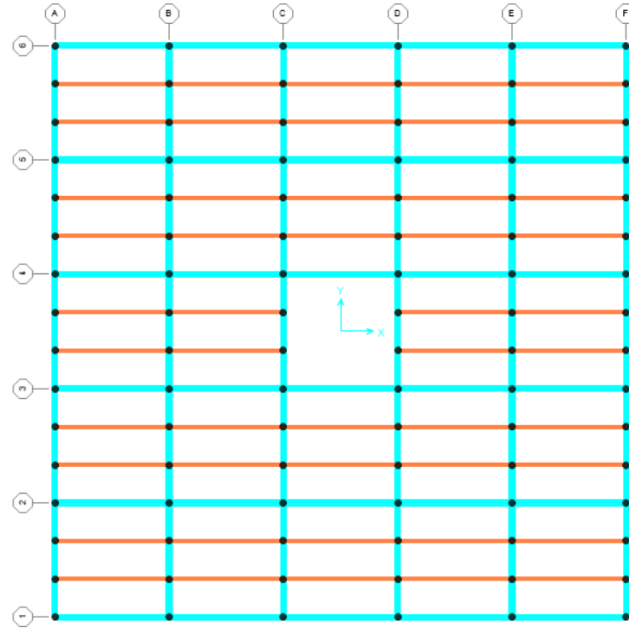
Çizelge 4.4. Deprem spektrumlarının tanımlanması

		MODELLER	
		N1-A-B	N2-A-D
TANIMLANAN SPEKTRUMLAR			
TANIMLANAN SPEKTRUMLAR			

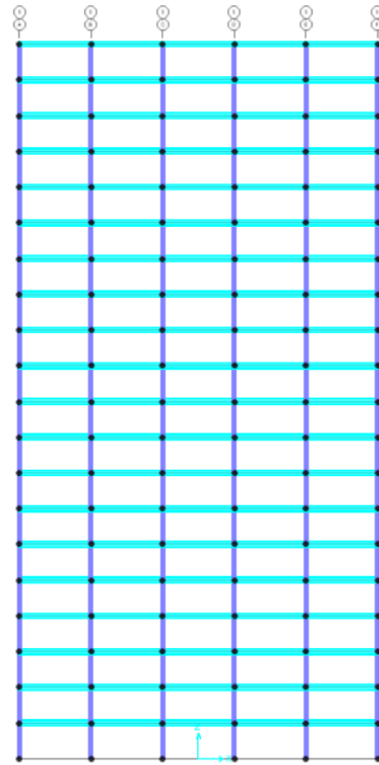
4.3. Sap2000 Programı İle Yapı Sistemlerinin Analizi

Bu çalışma kapsamında ele alınan toplam 20 adet yüksek katlı çelik yapı sisteminin modelleme, analiz ve tasarımı Sap2000 v22 Programı ile gerçekleştirilmiştir. Yapı sistemlerinin modelleme, yükleme, analiz ve tasarım işlemleri N1-ÇS-A-B numunesi için örnek olarak aşağıda verilmiştir.

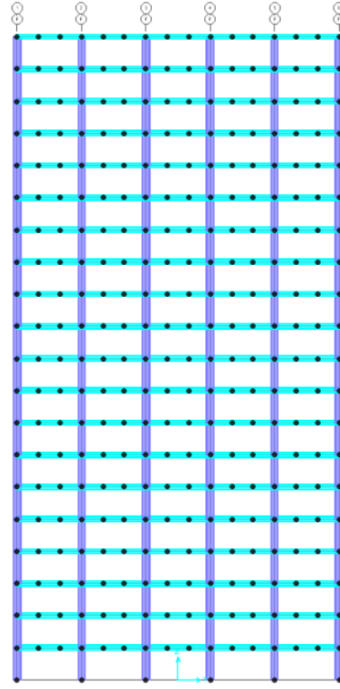
Oluşturmuş olduğumuz model X ve Y yönlerinde tamamen çaprazsız olarak oluşturulmuş olup her iki yönde simetriktir. Yapıda X yönünde her iki metreye bir tali kiriş oluşturulmuştur. Yapı kat yüksekliği 3 metre ve 20 katlı olup 60 metre yüksekliğindedir. Yapımız her iki yönde 5 açıklığa sahiptir ve her açıklık 6 metre uzunluğundadır. Yapıda çelik sınıfı olarak S450, kolonlarda ve çerçeve kirişlerinde HE profil, tali kirişlerde IPE profil kullanılmıştır. Yapının XY, XZ, YZ ve 3D görüntüleri aşağıda görülmektedir.



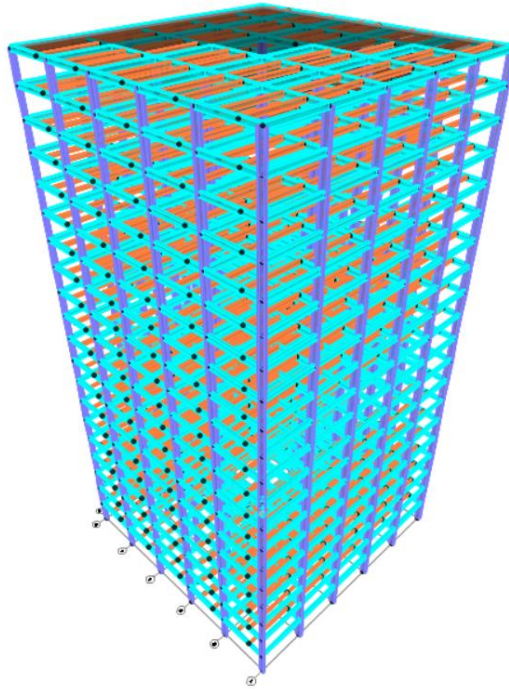
Şekil 4.1. Plan/XY görünümü



Şekil 4.2. Plan/XZ görünümü



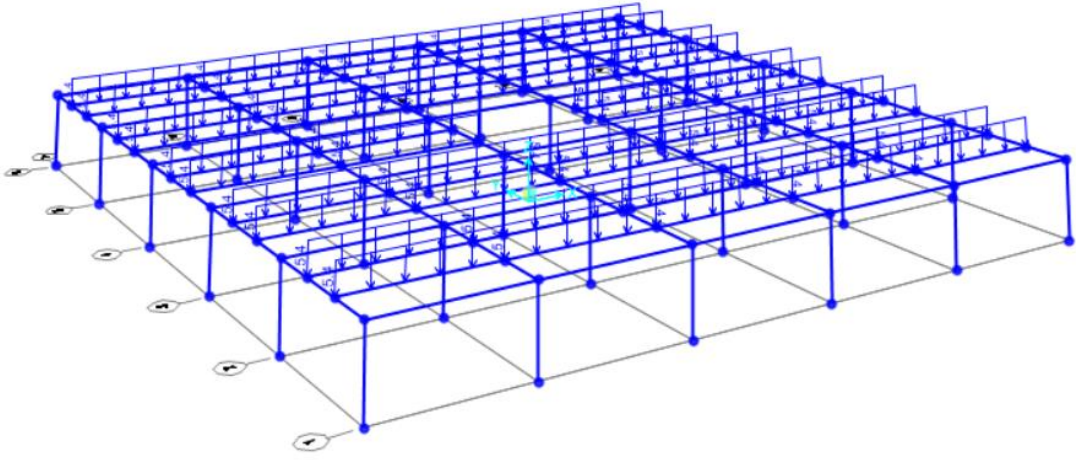
Şekil 4.3. Plan/YZ görünümü



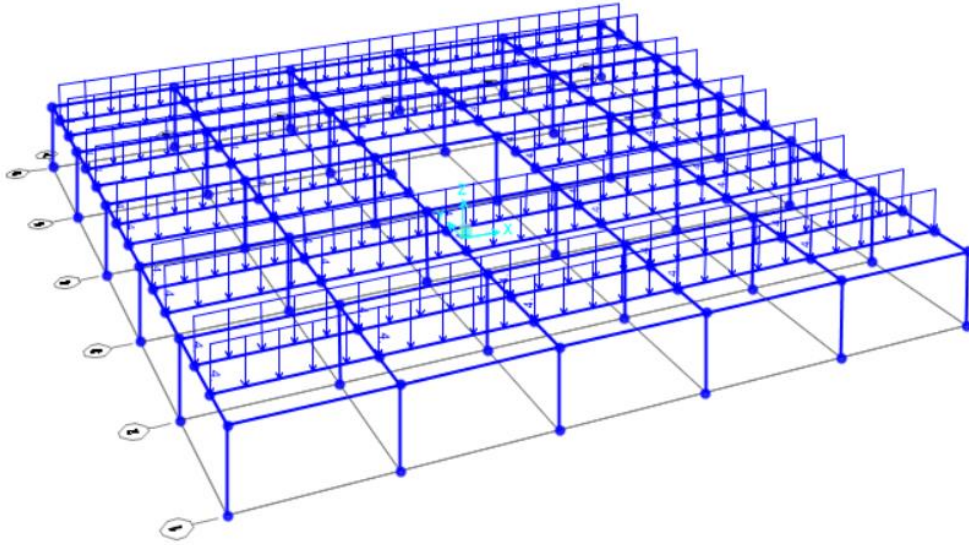
Şekil 4.4. Plan/3D görünümü

4.3.1. Yapı sistemine yük etkililmesi

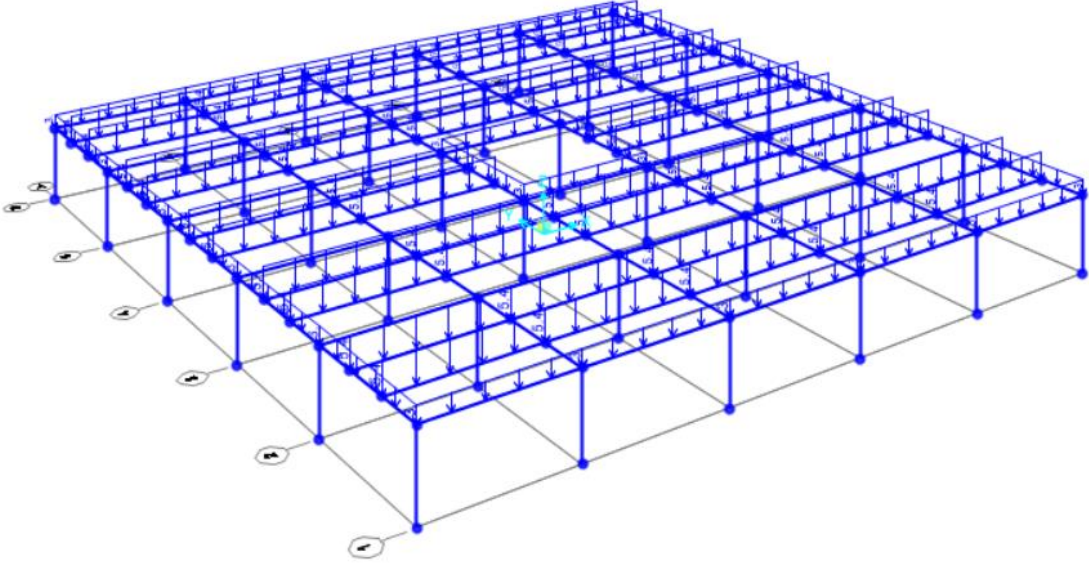
N1-ÇS-A-B modelimiz, tasarım spektral ivme katsayısının yani $S_{DS}<0.33$ ve zemin sınıfının ise ZB olduğu özelliklere sahiptir. Sap2000 v22 programı ile modelimize girilen sabit, hareketli ve duvar yükleri Şekil 4.5., Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.'de belirtilmektedir. Uygulanan düşey yükler tali kirişler üzerine çizgisel yük olarak etkilmiştir.



Şekil 4.5. G (sabit) yükü yüklemesi



Şekil 4.6. Q (hareketli) yükü yüklemesi



Şekil 4.7. Duvar yükü yüklemesi

Yukarıdaki şekillerde 19 kat için sabit, hareketli ve duvar yüklemeleri gösterilmiştir. Son katta ise yük değerleri değiştirilmiş olup kar yükü de eklenmiştir.

Rüzgâr yükleri için TS EN 1991-1-4' te verilen koşullar dikkate alınacaktır. Rüzgâr hızının temel değeri $V_{b,o}=28$ m/s' den ve binanın ana taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplamalarına ve rüzgâra maruz yapısal ve yapısal olmayan elemanlarına etkileyen karakteristik rüzgâr yükleri 0.5 kn/m²'den az olmayacaktır.

Rüzgâr yüklerinin belirlenmesinde esas rüzgâr hızı $V_b=28$ m/s doğrultu katsayısı $c_{dir}=1.0$, mevsim katsayısı $c_{mevsim}=1.0$ ve türbülans katsayısı $k_1=1.0$ olarak alınmıştır.

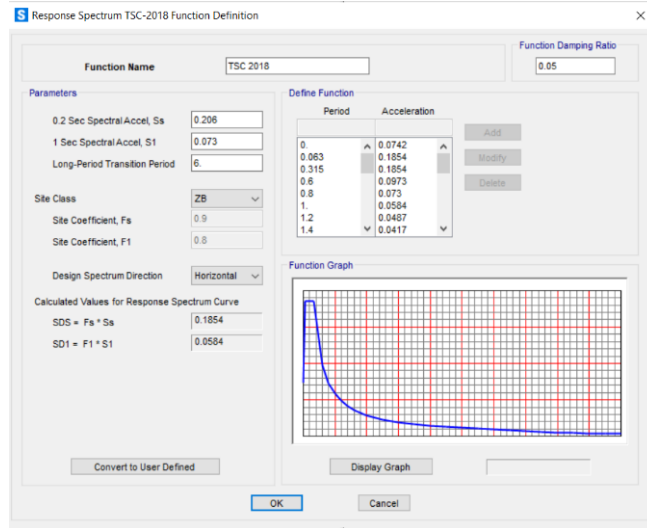
Arazi kategorisinin III olduğu kabul edilmiştir. Yapısal katsayı $c_s c_d=1.0$ ve orografi katsayısı $c_o=1.0$ olarak alınmıştır. (TS EN 1991-1-4)

Şekil 4.8. Rüzgar yükü X yüklemesi

Şekil 4.9. Rüzgar yükü Y yüklemesi

Yukarıdaki tablolarda rüzgâr yük değerlerinin yüklemeleri gösterilmiştir. Her bir kat yüksekliğine göre bu kuvvet düzenlenmiştir.

N1-ÇS-A-B modelimizde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının 0.33 ten küçük ve zemin sınıfı olarak ZB sınıfı zemin olarak belirlediğimiz yapı için deprem parametrelerinin tanımlanması aşağıdaki şekillerde belirtilmektedir.

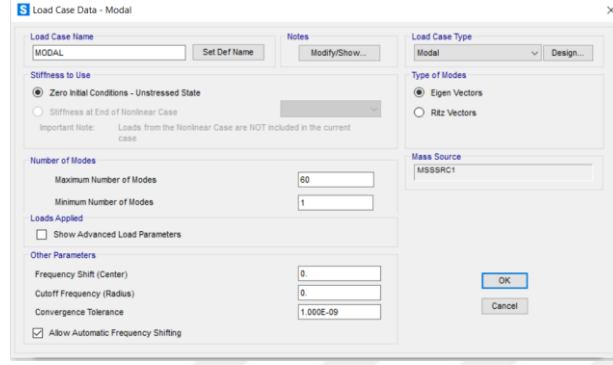


Şekil 4.10. Spektrum değerleri

Şekil 4.11. X yönü için spektrum değeri

Şekil 4.12. Y yönü için spektrum değeri

Modal hesap yöntemlerinde dikkate alınacak gerekli titreşim modu sayısı, toplam modül kütle katılım oranının en az %95'e ulaştığı mod sayısı kadar olmalıdır. 20 katlı yapımızda her kat için 3 düşünülerek toplama 3*20'den 60 adet mod tanımlanmıştır.



Şekil 4.13. Mod sayısı girilmesi

4.3.2. Deprem tasarım sınıfı ve bina yükseklik sınıfının belirlenmesi

Yapımızın yönetmelikteki sınıfları incelenirse;

- TBDY 2018'e göre BKS=3 ve bina önem katsayısı I=1 olarak belirlenir.
- SDS=0.185 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.5.'e göre SDS'nin 0.33'ten küçük olması ve BKS=3 olması nedeniyle DTS=4 seçilmiştir

Çizelge 4.5. Deprem tasarım sınıfları

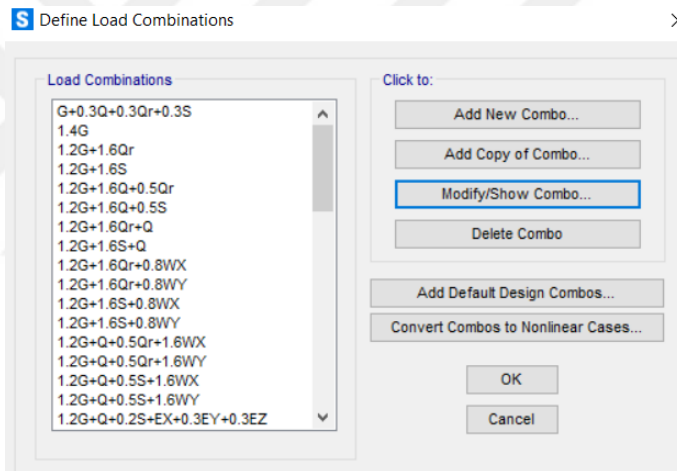
DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

- Çizelge 4.6.'ya göre DTS=4 olması ve yapı yüksekliğimizin $56 < H_N \leq 70$ olması nedeniyle BYS=3 seçilmiştir.

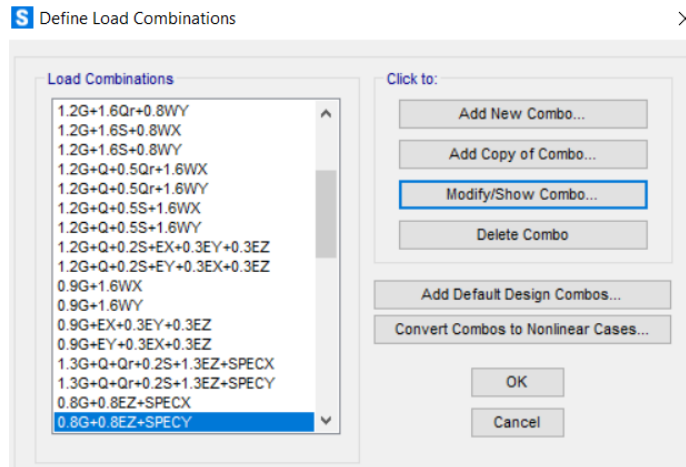
Çizelge 4.6. Bina yükseklik sınıfları

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

Binanın taşıyıcı sisteminin sabit, hareketli, kar, deprem, ve rüzgar yükleri altındaki analizler ÇYTHYE 5.3.1, TBDY 4.4 ve TBDY 9.2.5'te tarif edilen şekillerde YDKT yöntemine göre kombinasyonlar girilerek analiz gerçekleştirilecektir. Şekil 4.14.'de ve Şekil 4.15.'de uygulanmış olan kombinasyonlar belirtilmiştir.



Şekil 4.14. YDKT yöntemine göre uygulanan kombinasyonlar



Şekil 4.15. YDKT yöntemine göre uygulanan kombinasyonlar

Uygulanmış olan kombinasyonlara bağlı olarak analiz gerçekleştirilmiştir.

4.4. N1-ÇS-A-B Modelimiz İçin Sap2000 Programından Elde Edilen Sonuçlar

Analizler sonucunda numune için elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

4.4.1. Yapı ağırlığı

İlk olarak yapı ağırlığımızın belirlenmesi amacıyla sabit, hareketli ve kar yüküne bağlı olarak ayrıca kombinasyonda hareketli yük azaltma katsayısı uygulanarak yapıya gelen yüklere bağımlı olarak yapı toplam ağırlığımız belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda toplam yapı ağırlığımız görülmektedir.

Çizelge 4.7. Yapı ağırlığı

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Statio	OutputCase	CaseType	P
4	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2783.283
5	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2769.524
6	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2310.818
7	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2800.297
8	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3326.547
9	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3342.464
10	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3342.464
11	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3326.547
12	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2800.297
13	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2800.254
14	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3324.312
15	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3272.864
16	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3272.864
17	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3324.312
18	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2800.254
19	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2800.254
20	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3324.312
21	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3272.864
22	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3272.864
23	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3324.312
24	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2800.254
25	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2800.297
26	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3326.547
27	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3342.464
28	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3342.464
29	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-3326.547
30	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2800.297
31	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2310.818
32	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2769.524
33	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2783.283
34	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2783.283
35	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2769.524
36	0	G+0.3Q+0.3Qr+0.3S	Combination	-2310.818
TOPLAM				-106921.5

Analiz sonucunda toplam yapı ağırlığımız 106921 kN=10899.18 olarak hesaplanmıştır.

4.4.2. Yapı maksimum taban kesme kuvvetleri

Analiz sonucunda her iki yöndeki maksimum taban kesme kuvvetleri deprem kuvveti etkisinde oluşmuştur. Çizelge 4.8.'de X ve Y yönlerindeki maksimum taban kesme kuvvetleri gösterilmektedir.

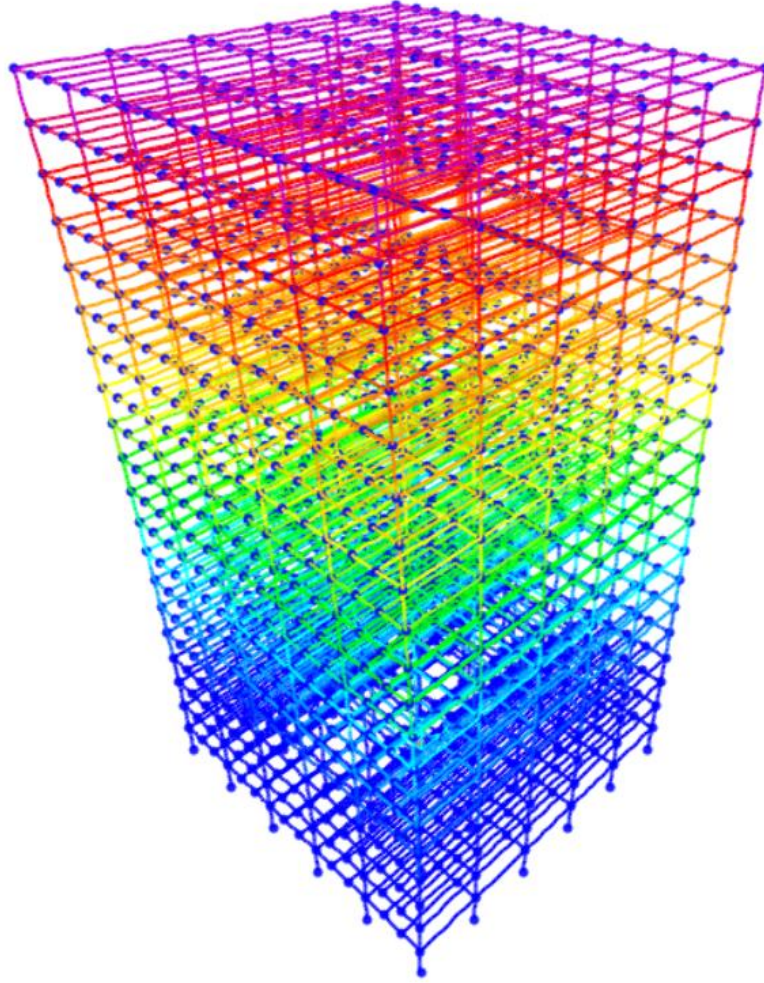
Çizelge 4.8. Taban kesme kuvvetleri

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	KN	KN
SPEC X	LinRespSpec	Max	538.892	0.0001394
SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.0001019	875.127

4.4.3. Yapı mod durumları

Analiz sonucunda yapıdaki mod durumları incelendiğinde yapı 1. Mod durumunda X yönünde hareket izlemektedir. Şekil 4.16.'da bu durum gözlemlenmektedir.

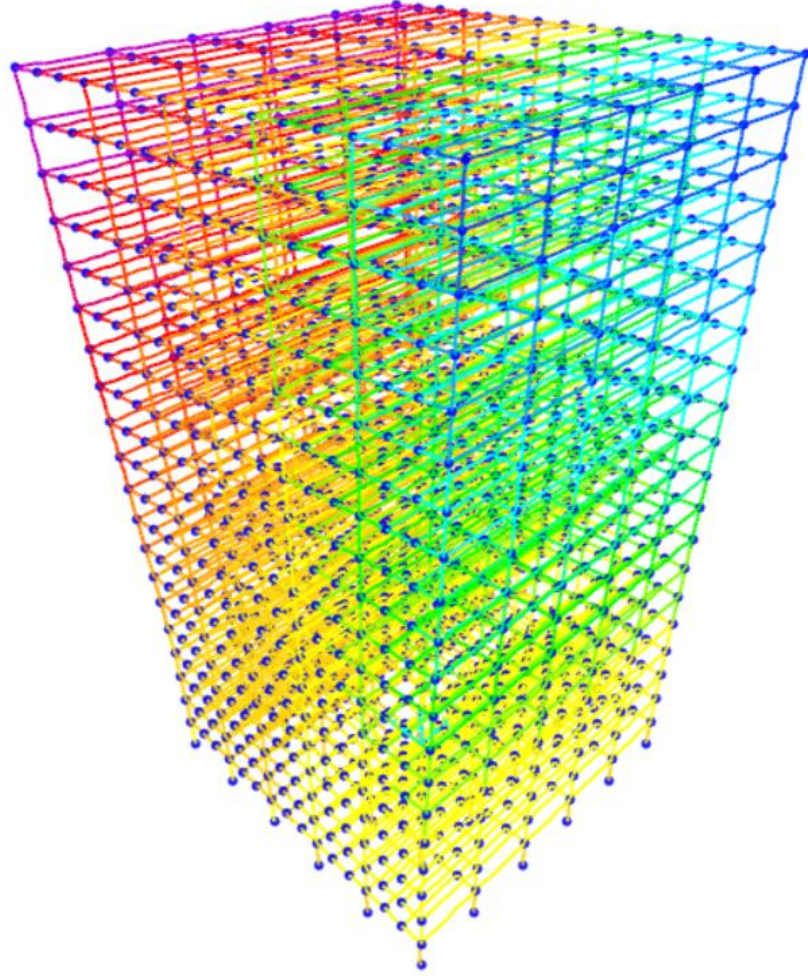
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.9636; f = 1.03777



Şekil 4.16. Birinci mod durumu

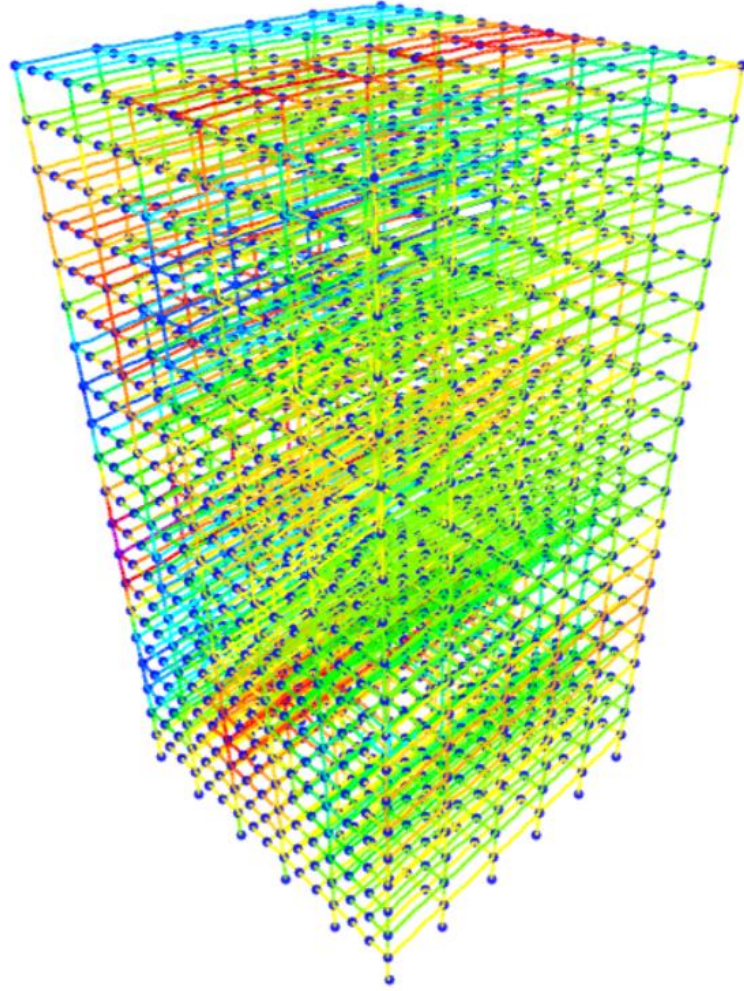
Analiz sonucunda yapıdaki mod durumları incelendiğinde yapı 2. Mod durumunda yapı burulma hareket, izlemektedir. Şekil 4.17.'de bu durum gözlemlenmektedir.

Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 0.36251; f = 2.75858



Şekil 4.17. İkinci mod durumu

Analiz sonucunda yapıdaki mod durumları incelendiğinde yapı 10. Mod durumunda yapı Y yönünde hareket izlemektedir. Şekil 4.18.'de bu durum gözlemlenmektedir.



Şekil 4.18. Onuncu mod durumu

4.4.4. Yapı düzensizlik durumu incelemesi

Yapıdaki deprem etkilerine karşı TBDY 3. Bölüme ait olan düzensiz binalar tanımına uygun tasarım yapılması gereklidir. Bu nedenle tasarımda bu hususa uygun tasarım yapılmıştır.

Yapıdaki düzensizlik durumları Çizelge 4.9'a istinaden yapılmıştır.

Çizelge 4.9. Düzensiz binalar (TBDY 2018)

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
<p>A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.1).</p> <p>$[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(0)})_{\max} / (\Delta_i^{(0)})_{\text{ort}} > 1.2]$. <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 4.7'ye göre yapılacaktır.</i></p>	3.6.2.1
<p>A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2):</p> <p>I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,</p> <p>II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,</p> <p>III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu</p>	3.6.2.2
<p>A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 3.3).</p>	3.6.2.2
B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
<p>B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i>'nın, bir üst kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i>'na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu.</p> <p>$[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$</p> <p><i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i></p> <p>$(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$</p> <p>Not: 4.9.1.3(b)'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.</p>	3.6.2.3
<p>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ki}'nin 2.0'den fazla olması durumu.</p> <p>$[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(0)} / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1}^{(0)} / h_{i+1})_{\text{ort}} > 2.0$ veya</p> <p>$\eta_{ki} = (\Delta_i^{(0)} / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i-1}^{(0)} / h_{i-1})_{\text{ort}} > 2.0]$</p> <p><i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7'ye göre yapılacaktır.</i></p>	3.6.2.1
<p>B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.4).</p>	3.6.2.4

- A1 burulma düzensizliği kontrolü yani görelî kat öteleme kontrolleri Tablo 4.10.'a göre kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.10. Burulma düzensizliği kontrolü

KAT	(Δi)max(mm)	(Δi)ort(mm)	ρ_{bi}	KONTROL <1.2
20	3.65	3.64	1.002	UYGUN
19	3.4	3.4	1	UYGUN
18	3.14	3.13	1.003	UYGUN
17	2.89	2.89	1	UYGUN
16	2.64	2.64	1	UYGUN
15	2.39	2.39	1	UYGUN
14	2.15	2.14	1.004	UYGUN
13	1.91	1.91	1	UYGUN
12	1.68	1.68	1	UYGUN
11	1.46	1.46	1	UYGUN
10	1.24	1.24	1	UYGUN
9	1.03	1.03	1	UYGUN
8	0.84	0.84	1	UYGUN
7	0.66	0.66	1	UYGUN
6	0.5	0.5	1	UYGUN
5	0.36	0.36	1	UYGUN
4	0.23	0.23	1	UYGUN
3	0.13	0.13	1	UYGUN
2	0.08	0.08	1	UYGUN
1	0.05	0.05	1	UYGUN

Yapıdaki A1 düzensizliği kontrolü deprem yükleri etkisinde kontrol edilmiştir. Yapı simetrik olmasından kaynaklı sadece X yönü için düzensizlik durumu kontrolü yapılmıştır. Çizelge 4.10.'a göre en büyük burulma düzensizliği katsayısı 1.004 çıkmıştır. 1.2'den küçük olması nedeniyle yapıda A1 düzensizliği bulunmamaktadır.

- A2 döşeme süreksizlikleri durumu incelenirse yapıda 900 m² olan herhangi bir katımızda sadece çekirdek alanı olan 36 m² boşluk alanı mevcuttur. Bu nedenle %4 oranında boşluğa sahip olup bu oran Çizelge 4.9.'a göre bakıldığında %33'ten küçüktür. Yapımızda 2. ve 3. durumda bulunmadığından dolayı A2 düzensizliği bulunmamaktadır.
- A3 düzensizlik durumu Çizelge 4.9.'a göre planda çıkıntı durumları incelendiğinde yapıda böyle bir husus bulunmamaktadır.
- B1 düzensizlik durumu kesit değişimi olmadığından dolayı bu yapıımızda incelenmemiştir.

- B2 düzensizlik durumu Çizelge 4.11.'de hesaplanmıştır.

Çizelge 4.11. Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

KAT	(Δ_i)ort(mm)	$\rho_{ki,üst}$	$\rho_{ki,alt}$	KONTROL <2
20	3.65	1.0735294	-	UYGUN
19	3.4	1.0828025	0.931507	UYGUN
18	3.14	1.0865052	0.923529	UYGUN
17	2.89	1.094697	0.920382	UYGUN
16	2.64	1.1046025	0.913495	UYGUN
15	2.39	1.1116279	0.905303	UYGUN
14	2.15	1.1256545	0.899582	UYGUN
13	1.91	1.1369048	0.888372	UYGUN
12	1.68	1.1506849	0.879581	UYGUN
11	1.46	1.1774194	0.869048	UYGUN
10	1.24	1.2038835	0.849315	UYGUN
9	1.03	1.2261905	0.830645	UYGUN
8	0.84	1.2727273	0.815534	UYGUN
7	0.66	1.32	0.785714	UYGUN
6	0.5	1.3888889	0.757576	UYGUN
5	0.36	1.5652174	0.72	UYGUN
4	0.23	1.7692308	0.638889	UYGUN
3	0.13	1.625	0.565217	UYGUN
2	0.08	1.6	0.615385	UYGUN
1	0.05	-	0.625	UYGUN

Tablo 4.11.'e göre yapıda rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

- B3 düzensizlik durumu Çizelge 4.9.'a göre taşıyıcı elemanların eksiltilmesi durumu yapımızda bulunmamaktadır.

4.4.5. Yapı yer değiştirmeleri

Yapıda uygulanan analiz sonucunda deprem ve rüzgâr etkilerine karşı her iki yöndeki yer değiştirmeler aşağıdaki tablolarda belirtilmektedir.

Çizelge 4.12. X deprem kuvveti sonucu oluşan yer değiştirmeler

TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1
Text	Text	Text	Text	m
6	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.000016
135	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.000063
231	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.000137
327	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.000238
423	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.000361
519	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.000504
615	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.000666
711	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.000845
807	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.001037
903	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.001243
999	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.001459
1095	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.001684
1191	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.001917
1287	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.002156
1383	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.002399
1479	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.002647
1575	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.002897
1671	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.003148
1767	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.003401
1863	SPEC X	LinRespSpec	Max	0.003654

Yapıda X deprem kuvveti sonucu tepe noktasında 0.0036 m=0,36 cm yer değiştirme görülmüştür.

Çizelge 4.13. X rüzgar kuvveti sonucu oluşan yer değiştirmeler

TABLE: Joint Displacements			
Joint	OutputCase	CaseType	U1
Text	Text	Text	m
8	WX	LinStatic	0.000002823
1960	WX	LinStatic	0.000007028
2056	WX	LinStatic	0.000011
2152	WX	LinStatic	0.000015
2248	WX	LinStatic	0.00002
2344	WX	LinStatic	0.000024
2440	WX	LinStatic	0.000028
2536	WX	LinStatic	0.000032
2632	WX	LinStatic	0.000036
2728	WX	LinStatic	0.000041
2824	WX	LinStatic	0.000045
2920	WX	LinStatic	0.000049
3016	WX	LinStatic	0.000053
3112	WX	LinStatic	0.000057
3208	WX	LinStatic	0.000062
3304	WX	LinStatic	0.000066
3400	WX	LinStatic	0.00007
3496	WX	LinStatic	0.000074
3592	WX	LinStatic	0.000079
3688	WX	LinStatic	0.000083

Yapıda X rüzgar kuvveti sonucu tepe noktasında 0.000083 m=0.0083 cm yer değiştirme görülmüştür.

Çizelge 4.14. Y deprem kuvveti sonucu oluşan yer değiştirmeler

TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2
Text	Text	Text	Text	m
50	SPEC Y	LinRespSpec	Max	5.588E-08
157	SPEC Y	LinRespSpec	Max	2.162E-07
253	SPEC Y	LinRespSpec	Max	4.688E-07
349	SPEC Y	LinRespSpec	Max	8.025E-07
445	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000001207
541	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000001671
637	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000002186
733	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000002743
829	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000003333
925	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000003949
1021	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000004584
1117	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000005232
1213	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000005887
1309	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000006544
1405	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000007199
1501	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.00000785
1597	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000008495
1693	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000009134
1789	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.000009766
1885	SPEC Y	LinRespSpec	Max	0.00001

Yapıda Y deprem kuvveti sonucu tepe noktasında 0.00001 m=0.001 cm yer değiştirme görülmüştür.

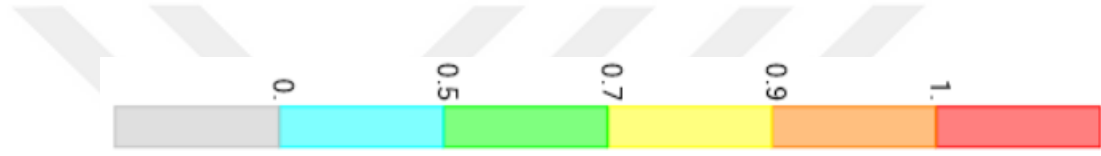
Çizelge 4.15. Y rüzgar kuvveti sonucu oluşan yer değiştirmeler

TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	U2	
Text	Text	Text	Text	m
50	WY	LinStatic	1.286E-08	
157	WY	LinStatic	2.196E-08	
253	WY	LinStatic	3.042E-08	
349	WY	LinStatic	3.831E-08	
445	WY	LinStatic	4.566E-08	
541	WY	LinStatic	5.253E-08	
637	WY	LinStatic	5.897E-08	
733	WY	LinStatic	6.501E-08	
829	WY	LinStatic	7.069E-08	
925	WY	LinStatic	7.606E-08	
1021	WY	LinStatic	8.114E-08	
1117	WY	LinStatic	8.596E-08	
1213	WY	LinStatic	9.056E-08	
1309	WY	LinStatic	9.497E-08	
1405	WY	LinStatic	9.922E-08	
1501	WY	LinStatic	1.033E-07	
1597	WY	LinStatic	1.073E-07	
1693	WY	LinStatic	1.112E-07	
1789	WY	LinStatic	1.151E-07	
1885	WY	LinStatic	1.189E-07	

Yapıda Y rüzgar kuvveti sonucu tepe noktasında $1.18 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 1.18 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$ yer değiştirme görölmüştür.

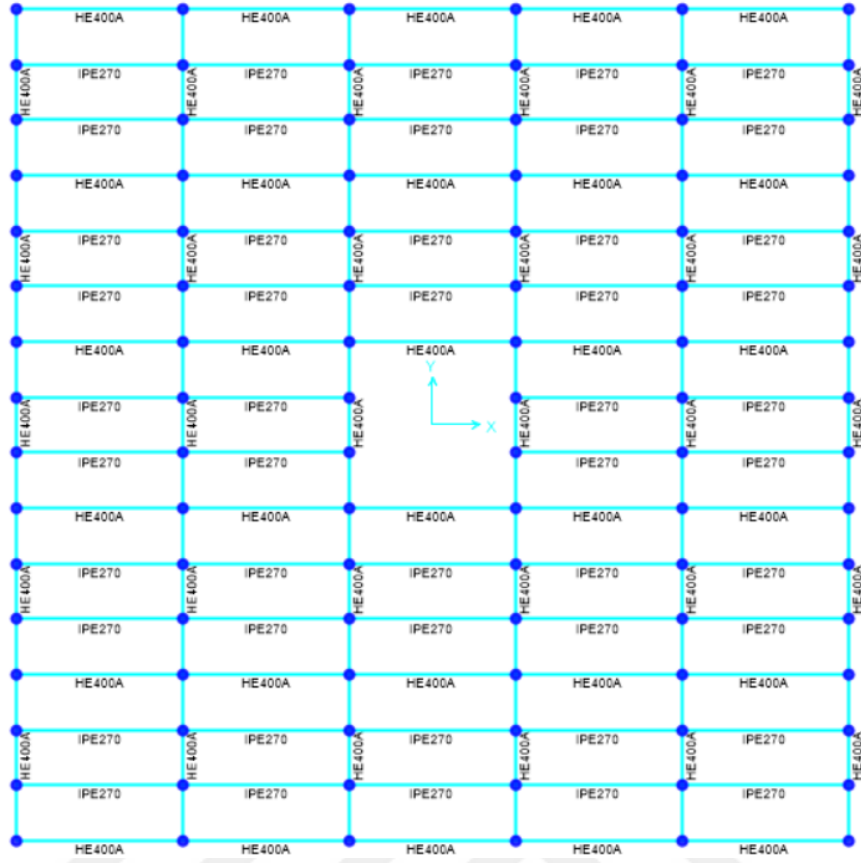
4.4.6. Yapıda kullanılmış olan kesitler

Yapıda kolon, çerçeve kirişleri, tali kirişler ve çapraz yapı elemanları için kullanılmış olan profiller kolonlar ve çerçeve kirişleri için HEA ve HEB profil, tali kirişler için IPE profil ve çapraz elemanlar için boru profiller kullanılmıştır. Verilen yüklemelere göre otomatik kesitlendirilmiş olup kesitlerin renk skalası Şekil 4.19.'da, kesitler ise Şekil 4.20., Şekil 4.21., Şekil 4.22. ve Şekil 4.23.'de XY, XZ, YZ ve 3D kesitlendirilmiş modeller gösterilmektedir.



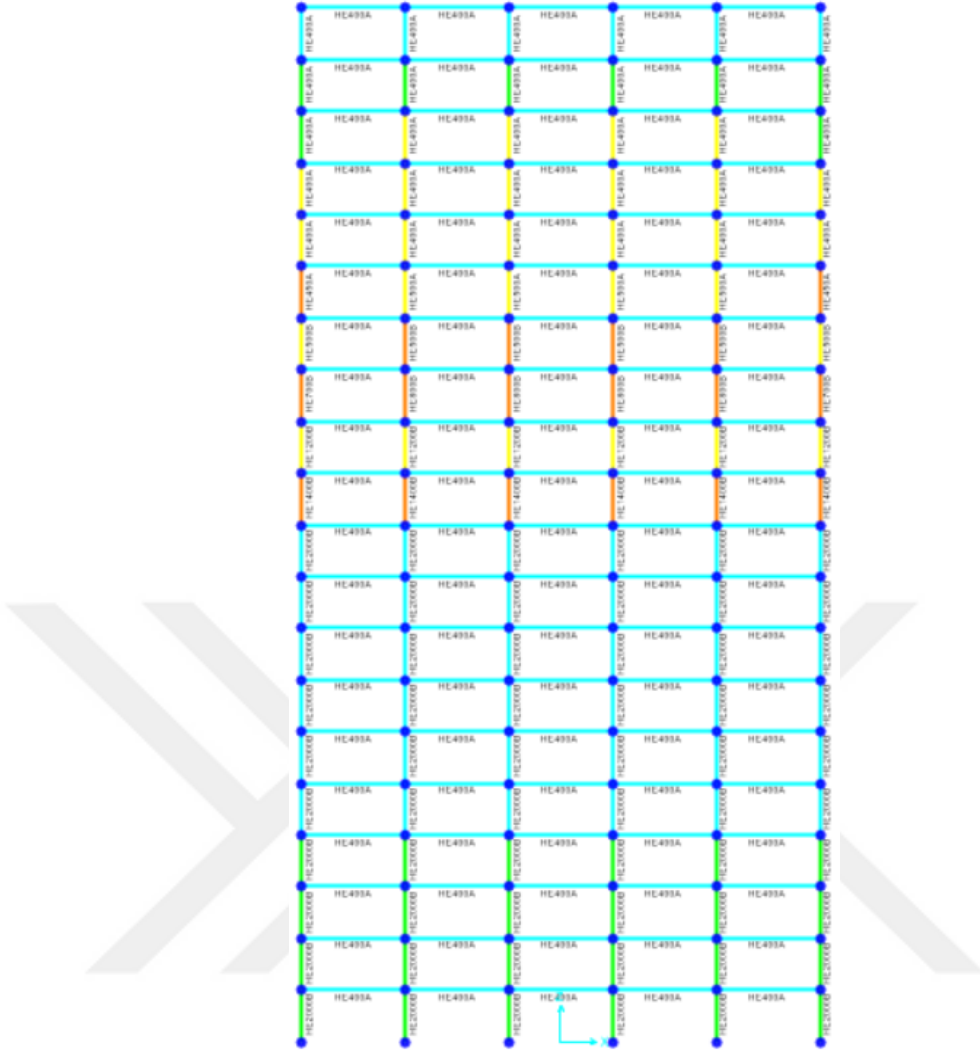
Şekil 4.19. Kesit renk skalası

Şekil 4.19.'da görölen skala gelen kuvvet ve yüklere karşı kesitlerin ne derecede yeterli olup olmadığını gösteren bir çizelgedir.

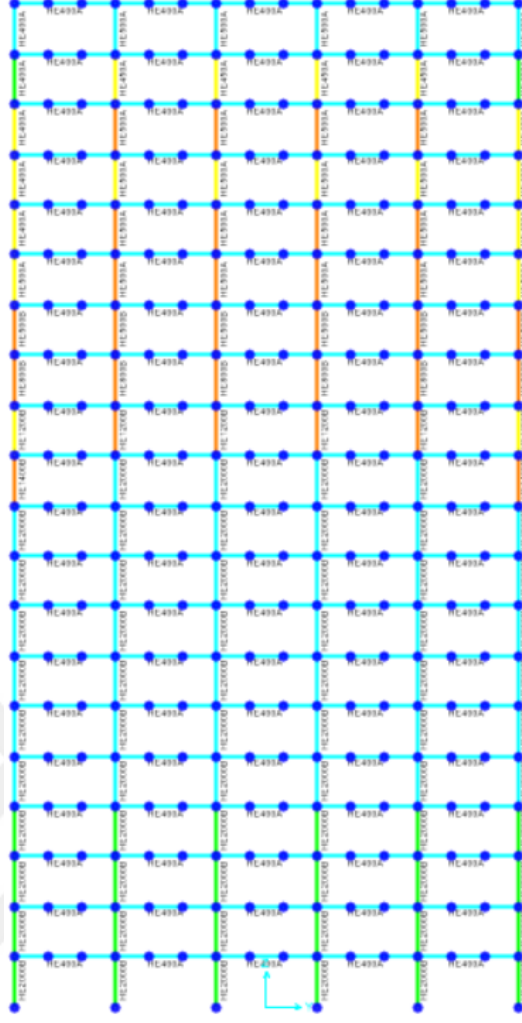


Şekil 4.20. XY görünümünde kesitlendirilmiş görünüm

Şekil 4.20.'e göre çerçeve kirişleri HE400A profillerinden oluşmaktadır. Renk skalasına göre mavi renkte görünmektedir ve kesitin yeterince sağladığı görülmektedir. Tali kirişler ise IPE270 profil kesitlerinden oluşmaktadır ve bu da çerçeve kirişlerinde olduğu gibi kesit yeterince sağlamaktadır.

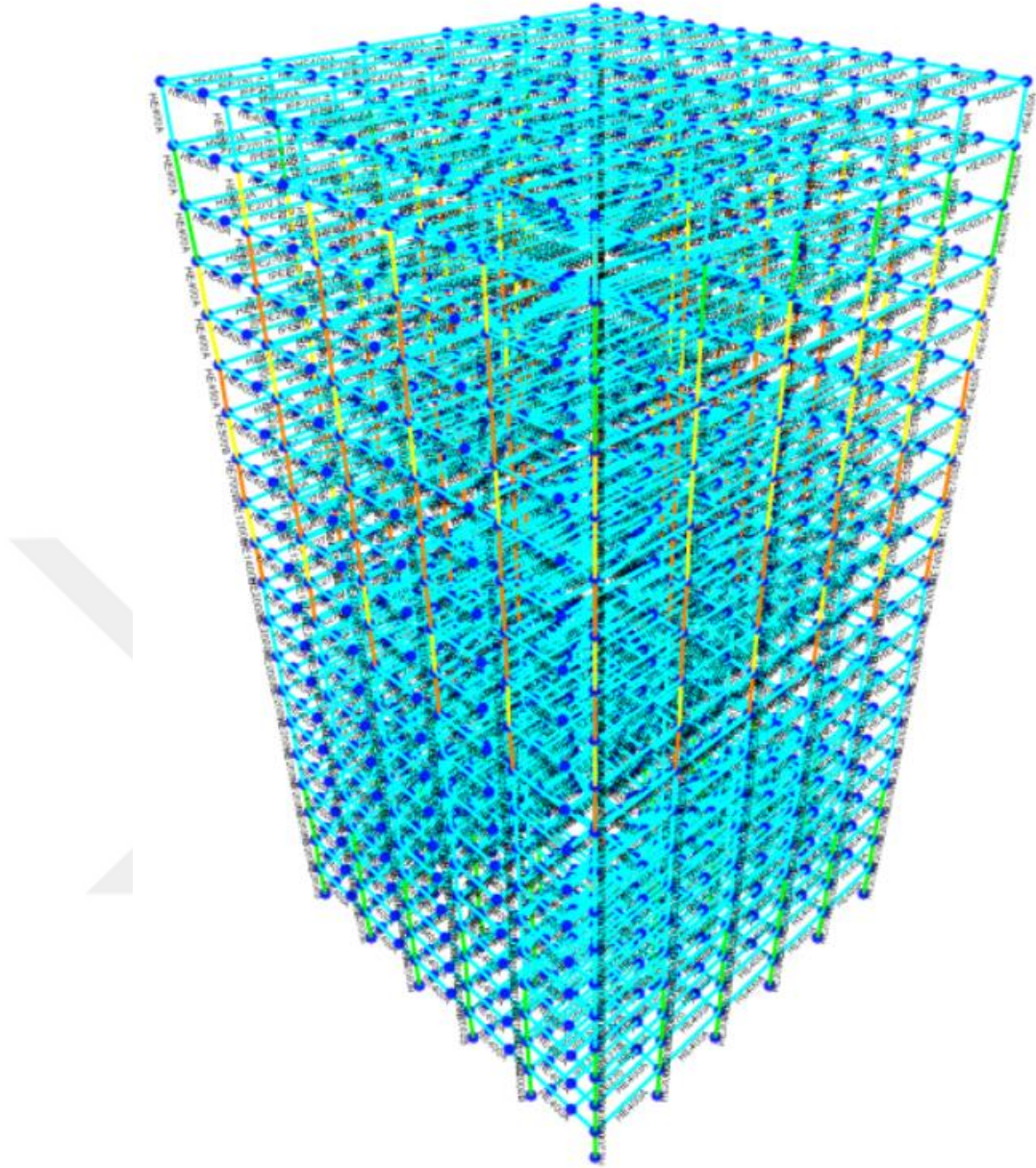


Şekil 4.21. XZ görünümünde kesitlendirilmiş görünüm



Şekil 4.22. YZ görünümünde kesitlendirilmiş görünüm

Şekil 4.21. ve Şekil 4.22.'de kolon profil kesitleri görünmektedir. Kolon profilleri HE2000B ile HE400A arasında değişmektedir. Zemin kattan son katlara doğru profillerde HE2000B-HE1400B-HE1200B-HE400A vb. şekilde değişim göstermektedir. Renk skalasına göre kesitler sağlamaktadır.



Şekil 4.23. 3D görünümünde kesitlendirilmiş görünüm

Yapıda bu kesitlendirme yapılırken SAP2000 v22 programına çelik sınıfı olarak S450 ve kesitler içinde kesit özellikleri girilmiş olup otomatik kesitlendirilmeden yararlanılmıştır. Bu çözümle tanımlanan kesitler yeterli dayanımı sağlamıştır. Bu çözümle emniyetli ve ekonomik bir tasarlama yapılmıştır.

4.5. 20 Farklı Modelimiz İçin Sap2000 Programından Elde Edilen Sonuçlar

Yapı modelleri ve yüklemeler aynı olmasından dolayı bu bölümde ayrıntılar verilmeden 20 farklı yapı için gerekli sonuçlar verilir karşılaştırılmalar yapılacaktır.

4.5.1. Yapı ağırlıkları

20 farklı yapı için yapı ağırlık durumları Çizelge 4.16.'de verilmektedir.

Çizelge 4.16. Yapı ağırlıkları

MODELLER	YAPI AĞIRLIKLARI (kN)
N1-ÇS-A-B	106921.5
N2-ÇS-A-D	112456
N3-ÇS-B-B	108965.4
N4-ÇS-B-D	115326.7
N5-DÇ-A-B	98521
N6-DÇ-A-D	105874.6
N7-DÇ-B-B	102321
N8-DÇ-B-D	108946.7
N9-TVÇ-A-B	69209.96
N10-TVÇ-A-D	74521.4
N11-TVÇ-B-B	71243
N12-TVÇ-B-D	76874.9
N13-VÇ-A-B	70559.5
N14-VÇ-A-D	74564.7
N15-VÇ-B-B	72154.6
N16-VÇ-B-D	75988
N17-XÇ-A-B	67333.9
N18-XÇ-A-D	70678
N19-XÇ-B-B	69341.5
N20-XÇ-B-D	72156.4

Yapı ağırlıkları durumları incelendiğinde amacımız en hafif yapıyı tasarlamaktır. Yapının ağırlığının fazla olması bizim için olumsuzluk yaratmaktadır. Bu nedenle Çizelge 4.16.'ya göre incelenirse en hafif olan yapımız N17-XÇ-A-B adlı yapımızdır. Yani X çaprazlı olup $S_{DS} < 0.33$ ve zemin sınıfının ise ZB özelliklerini taşıyan yapımızdır. Yapı ağırlıkları yönünden en avantajlı yapımız N17-XÇ-A-B adlı yapımızdır.

4.5.2. Yapı maksimum taban kesme kuvvetleri

Yapıda maksimum taban kesme kuvvetleri deprem yükleri etkisinde oluşmuştur. Sırasıyla Çizelge 4.17.'de ve Çizelge 4.18.'de X ve Y yönleri için taban kesme kuvvetleri 20 farklı yapı için verilmektedir.



Çizelge 4.17. X yönünde taban kesme kuvvetleri

MODELLER	KUVVET	TABAN KESME KUVVETLERİ (kN)
N1-ÇS-A-B	SPEC X	538.892
N2-ÇS-A-D	SPEC X	1323.603
N3-ÇS-B-B	SPEC X	1101.584
N4-ÇS-B-D	SPEC X	2060.919
N5-DÇ-A-B	SPEC X	764.546
N6-DÇ-A-D	SPEC X	1566.48
N7-DÇ-B-B	SPEC X	931.945
N8-DÇ-B-D	SPEC X	3269.54
N9-TVÇ-A-B	SPEC X	458.152
N10-TVÇ-A-D	SPEC X	626.617
N11-TVÇ-B-B	SPEC X	1330.836
N12-TVÇ-B-D	SPEC X	1978.613
N13-VÇ-A-B	SPEC X	518.567
N14-VÇ-A-D	SPEC X	703.59
N15-VÇ-B-B	SPEC X	1457.088
N16-VÇ-B-D	SPEC X	2168.405
N17-XÇ-A-B	SPEC X	428.927
N18-XÇ-A-D	SPEC X	581.738
N19-XÇ-B-B	SPEC X	1202.633
N20-XÇ-B-D	SPEC X	1788.237

X yönünde maksimum taban kesme kuvveti deprem etkisinde oluşmuştur. Taban kesme kuvvetinin fazla olması yapı için olumsuzluk yaratmaktadır. Çizelge 4.17.'da 20 farklı yapı için X yönünde taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Çizelge 4.17.'a göre taban kesme kuvvetinin en az olduğu durum N17-XÇ-A-B adlı modelimizdir. Yani X çaprazlı olup $S_{DS} < 0.33$ ve zemin sınıfının ZB olduğu durumdur.

Çizelge 4.18. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

MODELLER	KUVVET	TABAN KESME KUVVETLERİ (kN)
N1-ÇS-A-B	SPEC Y	875.127
N2-ÇS-A-D	SPEC Y	1278.612
N3-ÇS-B-B	SPEC Y	3236.17
N4-ÇS-B-D	SPEC Y	3782.546
N5-DÇ-A-B	SPEC Y	1343.209
N6-DÇ-A-D	SPEC Y	1387.26
N7-DÇ-B-B	SPEC Y	1658.47
N8-DÇ-B-D	SPEC Y	3874.96
N9-TVÇ-A-B	SPEC Y	279.024
N10-TVÇ-A-D	SPEC Y	424.029
N11-TVÇ-B-B	SPEC Y	1100.189
N12-TVÇ-B-D	SPEC Y	1194.626
N13-VÇ-A-B	SPEC Y	314.229
N14-VÇ-A-D	SPEC Y	484.612
N15-VÇ-B-B	SPEC Y	1204.768
N16-VÇ-B-D	SPEC Y	1339.384
N17-XÇ-A-B	SPEC Y	246.902
N18-XÇ-A-D	SPEC Y	368.994
N19-XÇ-B-B	SPEC Y	976.8
N20-XÇ-B-D	SPEC Y	1062.354

Y yönünde maksimum taban kesme kuvveti X yönünde olduğu gibi deprem etkisinde oluşmuştur. Çizelge 4.18.'de 20 farklı yapı için oluşan Y yönünde maksimum taban kuvvetleri verilmektedir. Maksimum taban kesme kuvvetinin en az olduğu durumu yine X yönünde olduğu gibi N17-XÇ-A-B adlı modelimizde görülmektedir.

4.5.3. Yapı tepe noktası yer değiştirmeleri

20 farklı yapı için deprem ve rüzgâr kuvvetleri etkisinde belirli deplasmanlar oluşmuştur. Bu yer değiştirme değerleri X yönü için deprem ve rüzgâr etkisinde Çizelge 4.19. ve Çizelge 4.20.'de Y yönü için deprem ve rüzgâr etkisinde Çizelge 4.21. ve Çizelge 4.22.'te verilmektedir.

Çizelge 4.19. Deprem etkisinde X yönü için yer değiştirmeler

MODELLER	KUVVET	YER DEğİŞTİRME (CM)
N1-ÇS-A-B	SPEC X	0.36
N2-ÇS-A-D	SPEC X	1.09
N3-ÇS-B-B	SPEC X	0.43
N4-ÇS-B-D	SPEC X	1.29
N5-DÇ-A-B	SPEC X	0.02
N6-DÇ-A-D	SPEC X	0.07
N7-DÇ-B-B	SPEC X	0.06
N8-DÇ-B-D	SPEC X	0.09
N9-TVÇ-A-B	SPEC X	0.001
N10-TVÇ-A-D	SPEC X	0.0019
N11-TVÇ-B-B	SPEC X	0.004
N12-TVÇ-B-D	SPEC X	0.006
N13-VÇ-A-B	SPEC X	0.0017
N14-VÇ-A-D	SPEC X	0.005
N15-VÇ-B-B	SPEC X	0.01
N16-VÇ-B-D	SPEC X	0.015
N17-XÇ-A-B	SPEC X	0.001
N18-XÇ-A-D	SPEC X	0.002
N19-XÇ-B-B	SPEC X	0.005
N20-XÇ-B-D	SPEC X	0.007

Deprem etkisinde her bir yapıda belirli deplasmanlar gerçekleşmiştir. Yapıdaki en ufak bir yer değiştirme büyük bir olumsuzluktur. Tasarımda deplasmanları engellemek amaçlı kesitler seçilmiş olup çaprazlarla da bu durum engellenmeye çalışılmıştır. Şimdi 20 farklı yapı için deprem etkisinde X yönündeki yer değiştirmeleri Çizelge 4.19.'de inceleyebiliriz. Buna göre yer değiştirmenin en az olduğu durum 0.001 cm ile N9-TVÇ-A-B ve N17-XÇ-A-B adlı modellerimizdir.

Çizelge 4.20. Rüzgâr etkisinde X yönü için yer değiştirmeler

MODELLER	KUVVET	YER DEĞİŞTİRME (CM)
N1-ÇS-A-B	WX	0.0083
N2-ÇS-A-D	WX	0.0083
N3-ÇS-B-B	WX	0.0083
N4-ÇS-B-D	WX	0.0083
N5-DÇ-A-B	WX	0.00043
N6-DÇ-A-D	WX	0.00043
N7-DÇ-B-B	WX	0.00043
N8-DÇ-B-D	WX	0.00043
N9-TVÇ-A-B	WX	0.0001
N10-TVÇ-A-D	WX	0.0001
N11-TVÇ-B-B	WX	0.0001
N12-TVÇ-B-D	WX	0.0001
N13-VÇ-A-B	WX	0.0002
N14-VÇ-A-D	WX	0.0002
N15-VÇ-B-B	WX	0.0002
N16-VÇ-B-D	WX	0.0002
N17-XÇ-A-B	WX	0.0002
N18-XÇ-A-D	WX	0.0002
N19-XÇ-B-B	WX	0.0002
N20-XÇ-B-D	WX	0.0002

Rüzgar etkisinde X yönündeki yer değiştirmeleri Tablo 4.20.'den inceleyebiliriz. Buna göre kısa periyot spektral ivme katsayısının ve zemin sınıfının rüzgar kuvvetini değiştirmedeği görülmektedir. Sadece farklı çaprazlar etkisinde deplasman değerleri değişmektedir. Bu şekilde inceleme yaparsak deplasmanın en az olduğu değer 0.0001 cm ile N9-TVÇ-A-B, N10-TVÇ-A-D, N11-TVÇ-B-B VE N12-TVÇ-B-D adlı modellerimizdir.

Çizelge 4.21. Deprem etkisinde Y yönü için yer değiştirmeler

MODELLER	KUVVET	YER DEĞİŞTİRME (CM)
N1-ÇS-A-B	SPEC Y	0.001
N2-ÇS-A-D	SPEC Y	0.0015
N3-ÇS-B-B	SPEC Y	0.0038
N4-ÇS-B-D	SPEC Y	0.0045
N5-DÇ-A-B	SPEC Y	0.0009
N6-DÇ-A-D	SPEC Y	0.0013
N7-DÇ-B-B	SPEC Y	0.0033
N8-DÇ-B-D	SPEC Y	0.0039
N9-TVÇ-A-B	SPEC Y	0.00015
N10-TVÇ-A-D	SPEC Y	0.00023
N11-TVÇ-B-B	SPEC Y	0.0005
N12-TVÇ-B-D	SPEC Y	0.0006
N13-VÇ-A-B	SPEC Y	0.00012
N14-VÇ-A-D	SPEC Y	0.00037
N15-VÇ-B-B	SPEC Y	0.0009
N16-VÇ-B-D	SPEC Y	0.001
N17-XÇ-A-B	SPEC Y	0.0002
N18-XÇ-A-D	SPEC Y	0.0003
N19-XÇ-B-B	SPEC Y	0.0007
N20-XÇ-B-D	SPEC Y	0.0008

Deprem etkisinde Y yönündeki yer değiştirmeleri Çizelge 4.21.'de inceleyebiliriz. Buna göre yer değiştirmenin en az olduğu durum 0.00012 cm ile N13-VÇ-A-B adlı modelimizdir.

Çizelge 4.22. Rüzgâr etkisinde Y yönü için yer değiştirmeler

MODELLER	KUVVET	YER DEğİşTİRME (CM)
N1-ÇS-A-B	WY	0.000012
N2-ÇS-A-D	WY	0.000012
N3-ÇS-B-B	WY	0.000012
N4-ÇS-B-D	WY	0.000012
N5-DÇ-A-B	WY	0.0000042
N6-DÇ-A-D	WY	0.0000042
N7-DÇ-B-B	WY	0.0000042
N8-DÇ-B-D	WY	0.0000042
N9-TVÇ-A-B	WY	0.0000015
N10-TVÇ-A-D	WY	0.0000015
N11-TVÇ-B-B	WY	0.0000015
N12-TVÇ-B-D	WY	0.0000015
N13-VÇ-A-B	WY	0.0000018
N14-VÇ-A-D	WY	0.0000018
N15-VÇ-B-B	WY	0.0000018
N16-VÇ-B-D	WY	0.0000018
N17-XÇ-A-B	WY	0.0000016
N18-XÇ-A-D	WY	0.0000016
N19-XÇ-B-B	WY	0.0000016
N20-XÇ-B-D	WY	0.0000016

Rüzgâr etkisinde Y yönündeki yer değiştirmeleri Çizelge 4.22.'de inceleyebiliriz. X yönünde olduğu gibi burada da sadece çapraz tiplerinin değişmesiyle değerler de

değişmektedir. Buna göre yer değiştirmenin en az olduğu durum 0.0000015 cm ile N1-TVÇ-A-B, N2-TVÇ-A-D, N3-TVÇ-B-B ve N4-TVÇ-B-D adlı modellerimizdir.

4.5.4. Yapı mod durumları

Yapıda çaprazsız, diyagonal, ters v çaprazlı, v çaprazlı ve x çaprazlı modeller için 12. Mod'a kadar periyot ve frekans değerleri Çizelge 4.23.'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.23. Rüzgâr etkisinde Y yönü için yer değiştirmeler

MODELLER										
ÇAPRAZSIZ			DİYAGONAL		TERS V ÇAPRAZLI		V ÇAPRAZLI		X ÇAPRAZLI	
MODE	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
Mode 1	0.963602	1.037772431	0.154637	6.466774	0.056768	17.61571	0.060109	16.63636	0.060427	16.54886
Mode 2	0.362505	2.75858236	0.105104	9.514345	0.038519	25.96136	0.040876	24.46421	0.041218	24.26134
Mode 3	0.154186	6.485662706	0.071037	14.07724	0.02475	40.40468	0.02516	39.74597	0.029548	33.84377
Mode 4	0.101785	9.824628979	0.05772	17.32496	0.024475	40.85767	0.021029	47.55288	0.029097	34.36824
Mode 5	0.093643	10.67890621	0.047393	21.10028	0.024135	41.4329	0.020883	47.88617	0.025865	38.66234
Mode 6	0.055223	18.10831425	0.046037	21.72152	0.022502	44.44107	0.020452	48.89459	0.025393	39.38113
Mode 7	0.054908	18.21216461	0.045861	21.80483	0.019979	50.05277	0.019902	50.24672	0.023836	41.95342
Mode 8	0.045124	22.16116982	0.042972	23.27095	0.019757	50.61611	0.018898	52.91535	0.020379	49.06906
Mode 9	0.036504	27.39394059	0.042126	23.7384	0.017767	56.28528	0.017304	57.79156	0.0189	52.91121
Mode 10	0.0343	29.15429022	0.039335	25.42294	0.01643	60.86257	0.015909	62.85747	0.018414	54.3072
Mode 11	0.033994	29.41672765	0.035576	28.10864	0.016152	61.91342	0.014707	67.9944	0.017697	56.50758
Mode 12	0.033378	29.96029829	0.03538	28.26417	0.014421	69.34309	0.014459	69.16237	0.014629	68.35586

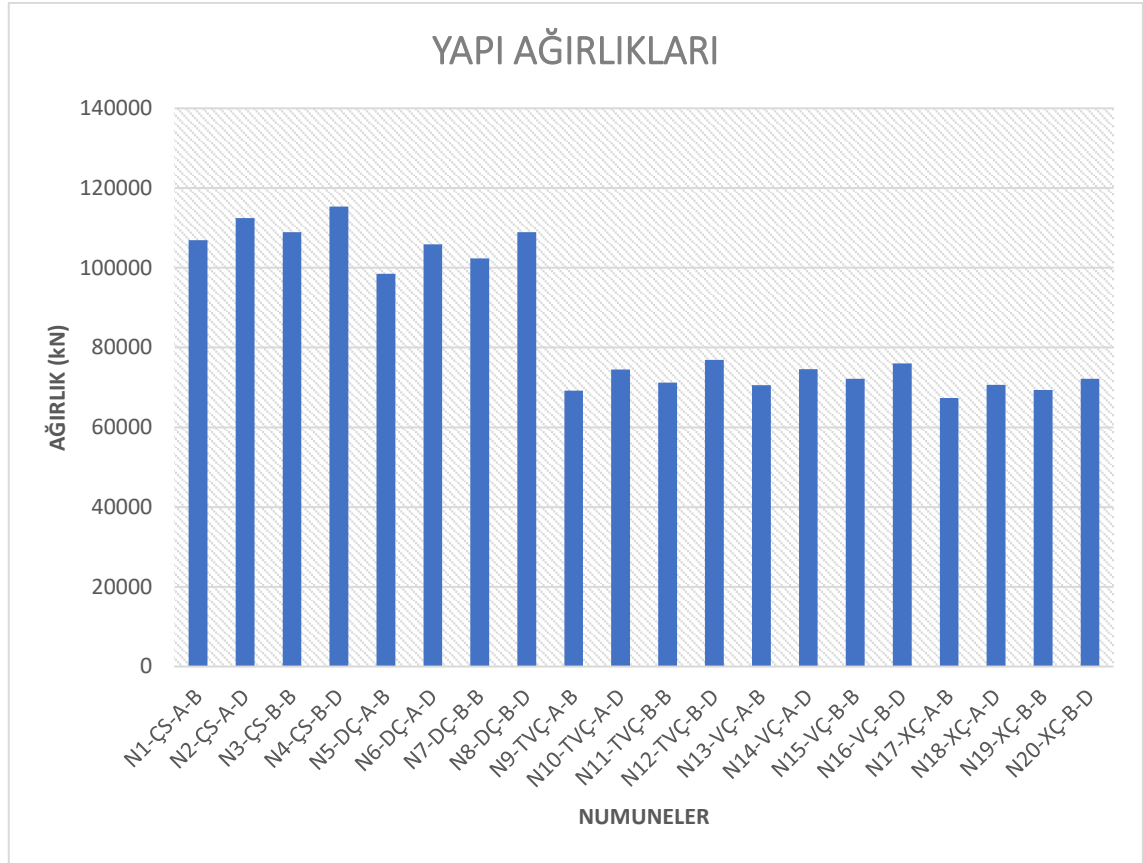
Mod durumları incelendiğinde periyot ve frekans değerleri açısından periyot değerleri açısından minimum değer ve frekans değerleri açısından maksimum değer ters v çaprazlı durumda meydana gelmektedir.

4.6. Sonuçların Yapı Sistemleri ve Deprem-Zemin Verilerine Göre Karşılaştırılması

Bu çalışmada analizi ve tasarımı gerçekleştirilen 20 farklı numune için aynı zemin ve depremselliğe sahip farklı çapraz düzenine sahip yapıların ve aynı çapraz tipine sahip olup farklı depremsel ve farklı zemin özelliklerine sahip yapıların; yapı ağırlıkları, taban kesme kuvvetleri, deprem ve rüzgâr etkisinde yer değiştirmeler, ve ekonomik kesit belirlenmesi amacıyla aşağıdaki başlıklar altında grafiklerde karşılaştırılma yapılmıştır.

4.6.1. Yapılardaki yapı yükleri karşılaştırılması

Beş farklı yapı içinde yani çaprazsız model, diyagonal çaprazlı model, ters v çaprazlı model, v çaprazlı model ve x çaprazlı modelleri altında deprem katsayısı ve zemin sınıflarının farklılaşmasıyla birlikte her bir model içinde dört farklı model olmak üzere 20 farklı model oluşturulmuştur. 20 farklı numune için yapı ağırlıklarını Şekil 4.24.'de grafikte görülebilir.



Şekil 4.24. Yapı ağırlıkları grafiği

Grafik incelendiğinde yapı ağırlıkları en düşük olarak N17-XÇ-A-B adlı modelimizde, en ağır yapıımız ise N4-ÇŞ-B-D adlı modelimizdir. Bu noktadan bakılırsa herhangi bir yapının ağır olması dezavantaj olması nedeniyle yapı ağırlıkları bakımından en uygun yapıımız X çaprazlı olup zemin sınıfının ZB ve S_{DS} değerinin 0.33'ten küçük olduğu numunemizdir.

Bununla birlikte deprem etkisi, zemin sınıfı etkisi ve yapı sistemi etkisinin daha iyi anlaşılması için sonuçlar Bölüm 4.6.2. ve Bölüm 4.6.3.'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.6.2. Elde edilen sonuçların yapı sistemleri bakımından karşılaştırılması

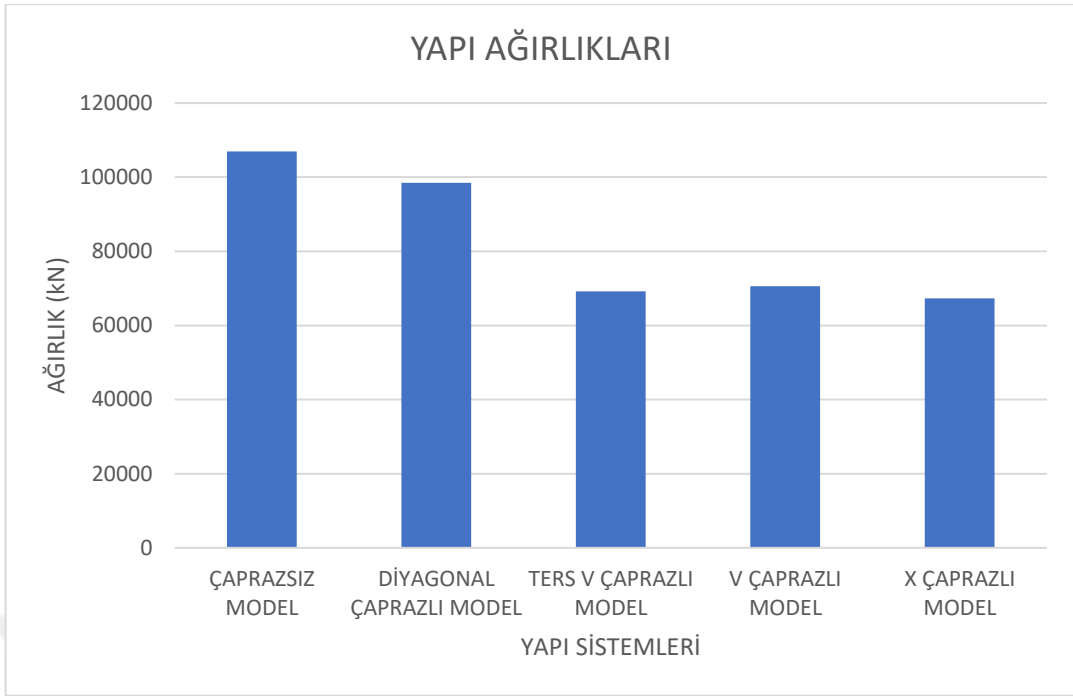
Elde edilen sonuçların yapı sistemleri bakımından karşılaştırılması aşağıdaki şekilde ele alınmıştır.

- Deprem etkisi=A, Yerel zemin sınıfı= B olan yapılar
- Deprem etkisi=A, Yerel zemin sınıfı= D olan yapılar
- Deprem etkisi=B, Yerel zemin sınıfı= B olan yapılar
- Deprem etkisi=B, Yerel zemin sınıfı= D olan yapılar

Bu özellikler altında yapıda oluşan ağırlık, taban kesme kuvvetleri, deprem ve rüzgar etkisinde X ve Y yönlerinde oluşan yer değiştirmeler grafikler üzerinde verilmiştir. Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı rüzgar yükü değerini değiştirmedikinden rüzgar etkisinde oluşan yer değiştirmeler farklı çapraz tipleri altında bölüm 4.6.2.5.'de gösterilmektedir.

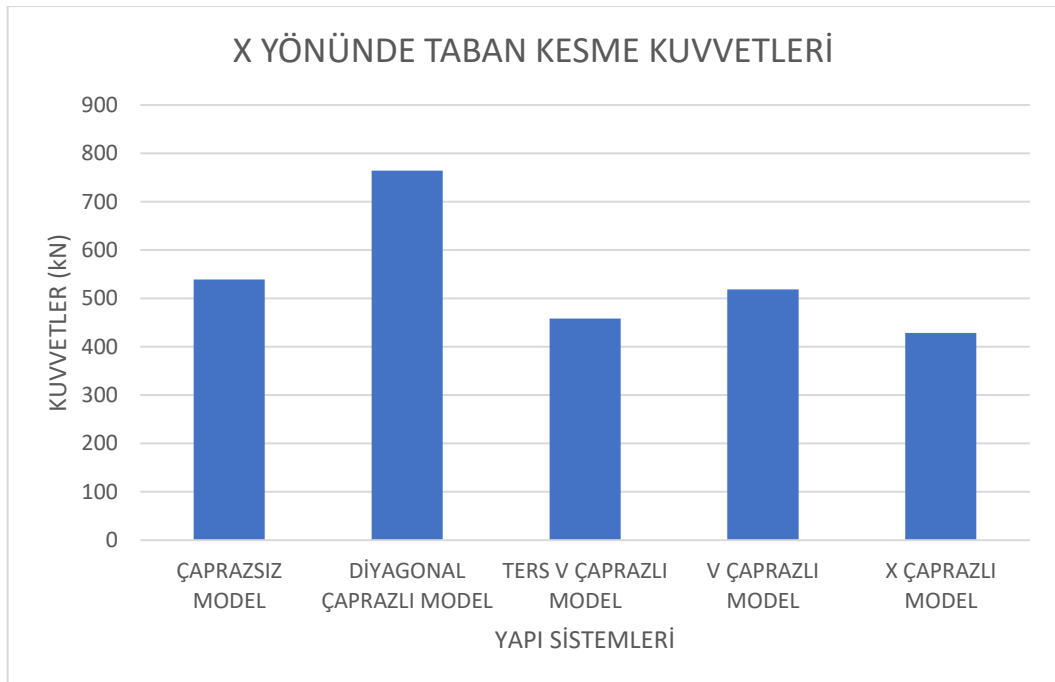
4.6.2.1. Deprem etkisi A yerel zemin sınıfı B olan yapılar

Farklı çapraz tipleri altında deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu 5 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.25., Şekil 4.26., Şekil 4.27., Şekil 4.28. ve Şekil 4.29.'da verilmiştir.



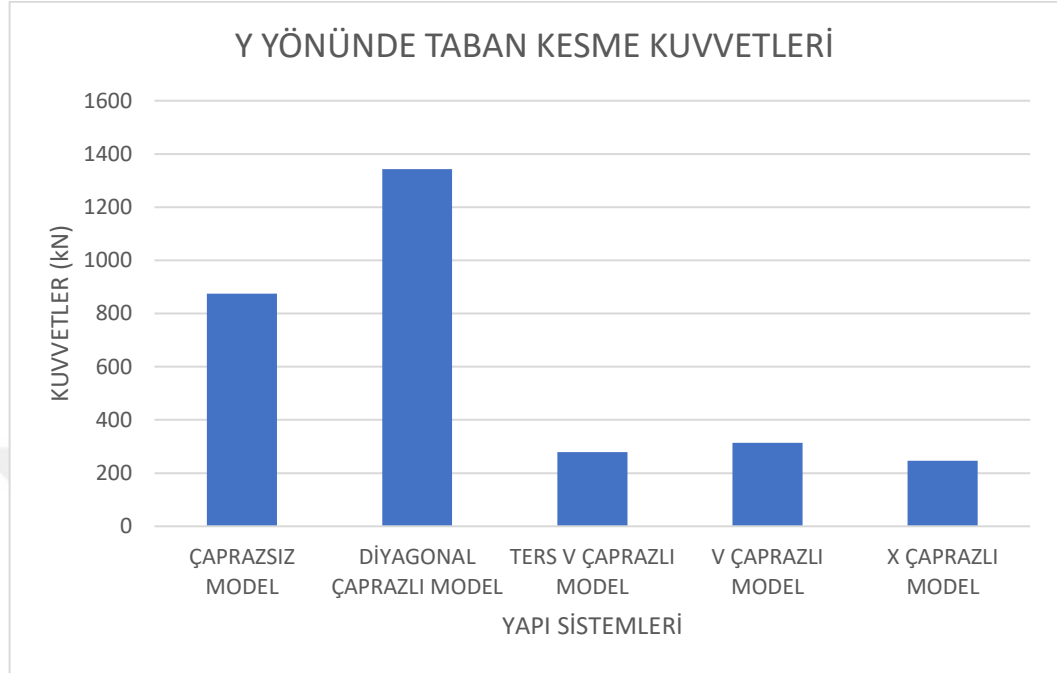
Şekil 4.25. Yapı ağırlıkları

Yapı sistem değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



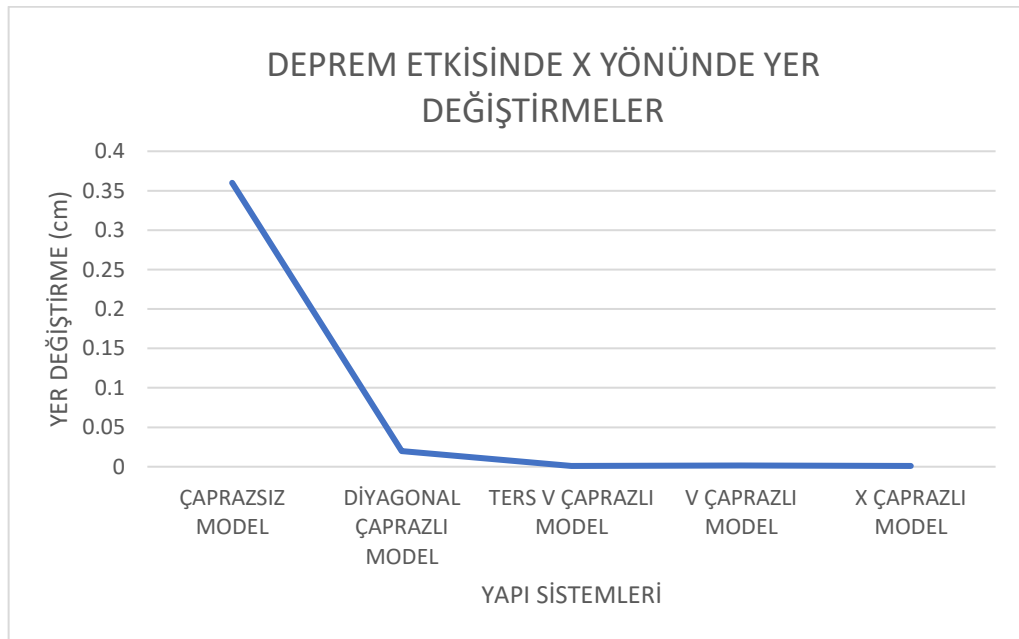
Şekil 4.26. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Yapı sistem değişikliklerine göre X yönü için taban kesme kuvvetleri incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



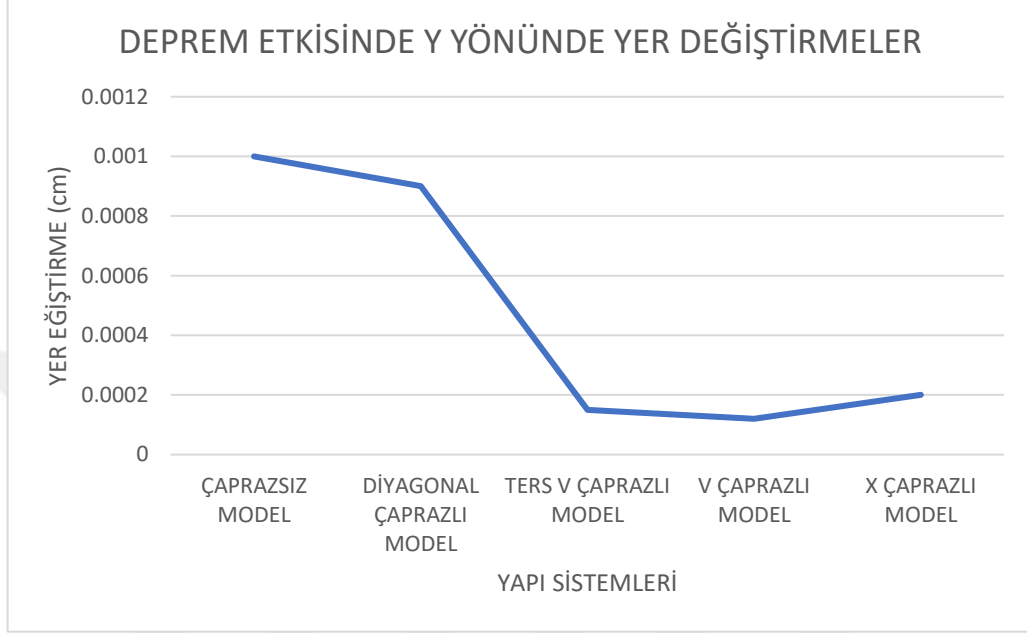
Şekil 4.27. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Yapı sistem değişikliklerine göre Y yönü için taban kesme kuvvetleri incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



Şekil 4.28. Deprem etkisinde X yönünde yer değiştirme

Yapı sistem değişikliklerine göre X yönü için oluşan deplasmanlar incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi ters V çaprazlı ve X çaprazlı modellerdir.

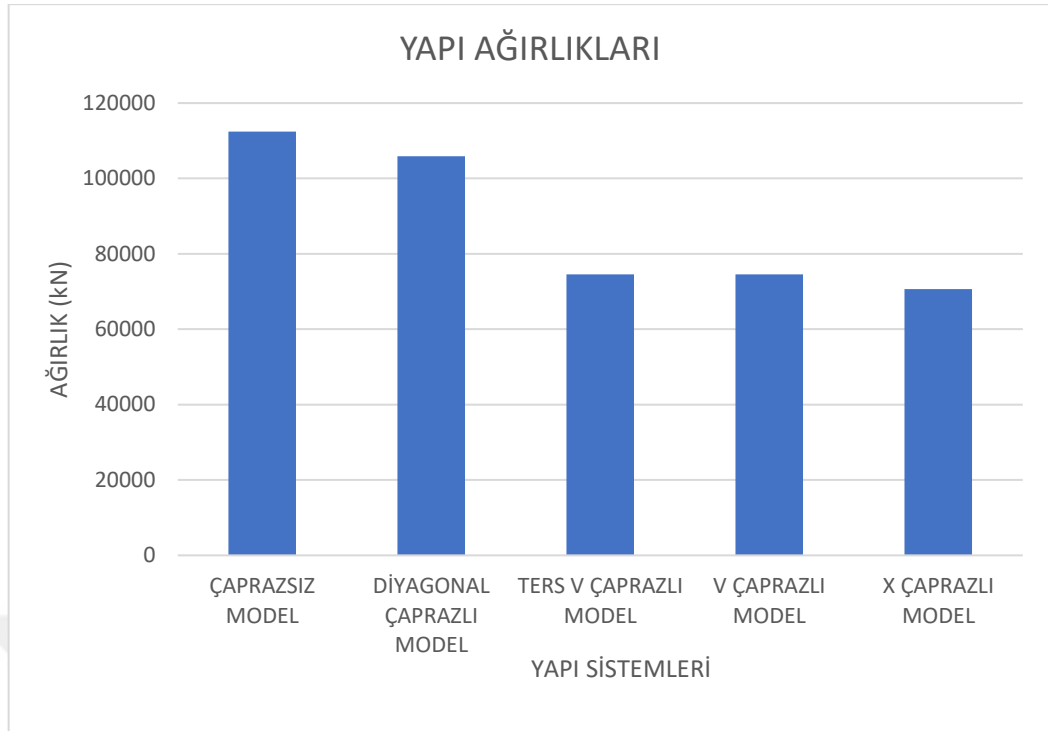


Şekil 4.29. Deprem etkisinde Y yönünde yer değiştirme

Yapı sistem değişikliklerine göre Y yönü için oluşan deplasmanlar incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi ters V çaprazlı ve V çaprazlı modellerdir.

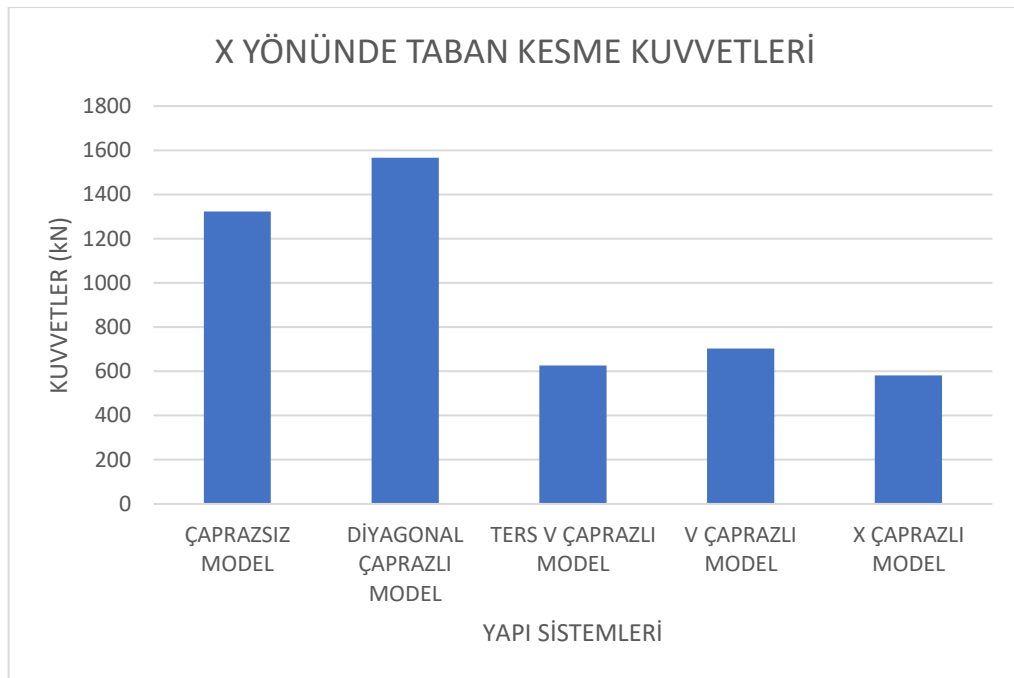
4.6.2.2. Deprem etkisi A yerel zemin sınıfı D olan yapılar

Farklı çapraz tipleri altında deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının D olduğu 5 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.30., Şekil 4.31., Şekil 4.32., Şekil 4.33. ve Şekil 4.34.'de verilmiştir.



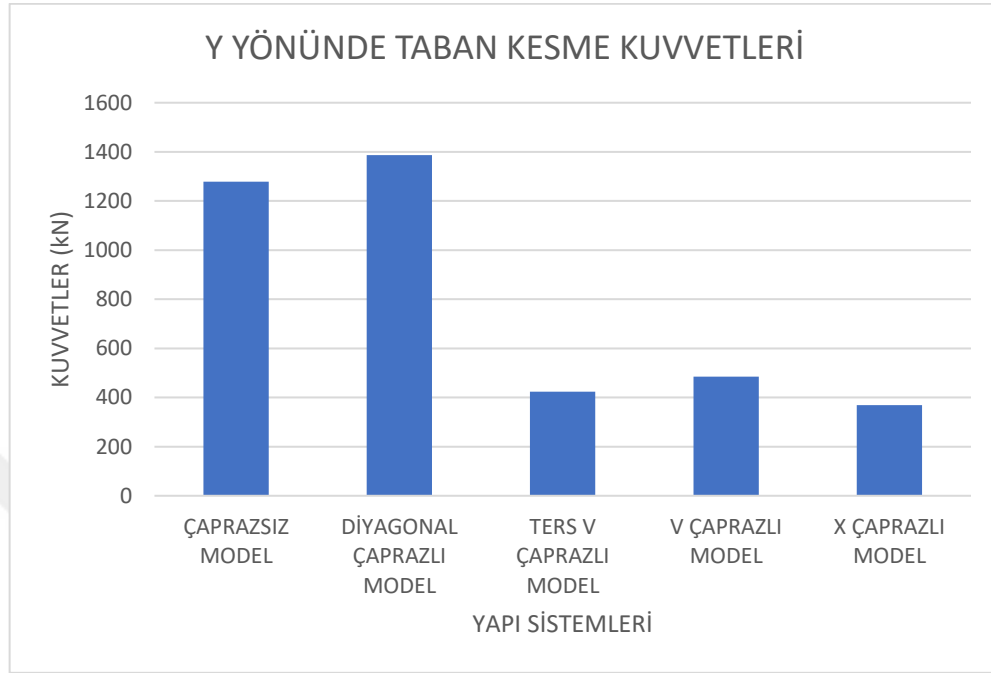
Şekil 4.30. Yapı ağırlıkları

Yapı sistem değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



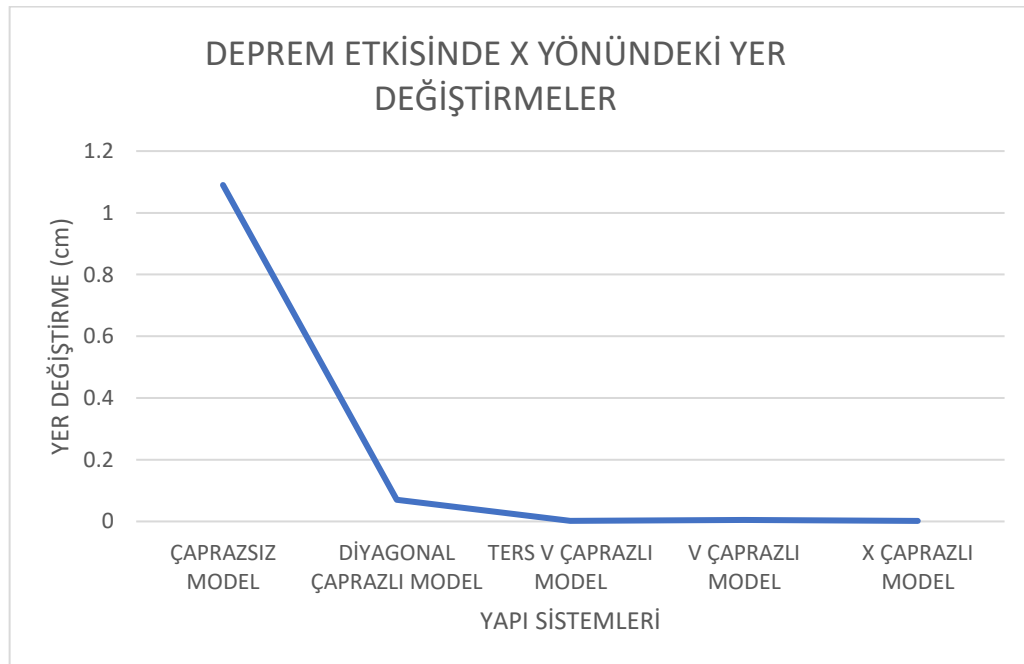
Şekil 4.31. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Yapı sistem değişikliklerine göre X yönü için taban kesme kuvvetleri incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



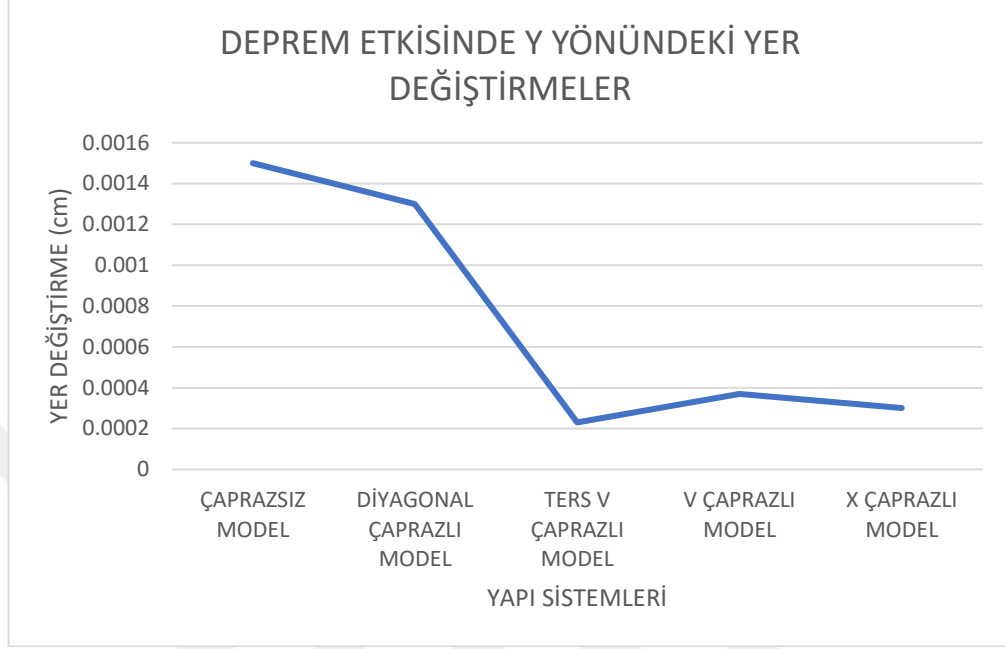
Şekil 4.32. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Yapı sistem değişikliklerine göre Y yönü için taban kesme kuvvetleri incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



Şekil 4.33. Deprem etkisinde X yönünde yer değiştirme

Yapı sistem değişikliklerine göre X yönü için oluşan deplasmanlar incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi ters V çaprazlı modeldir.

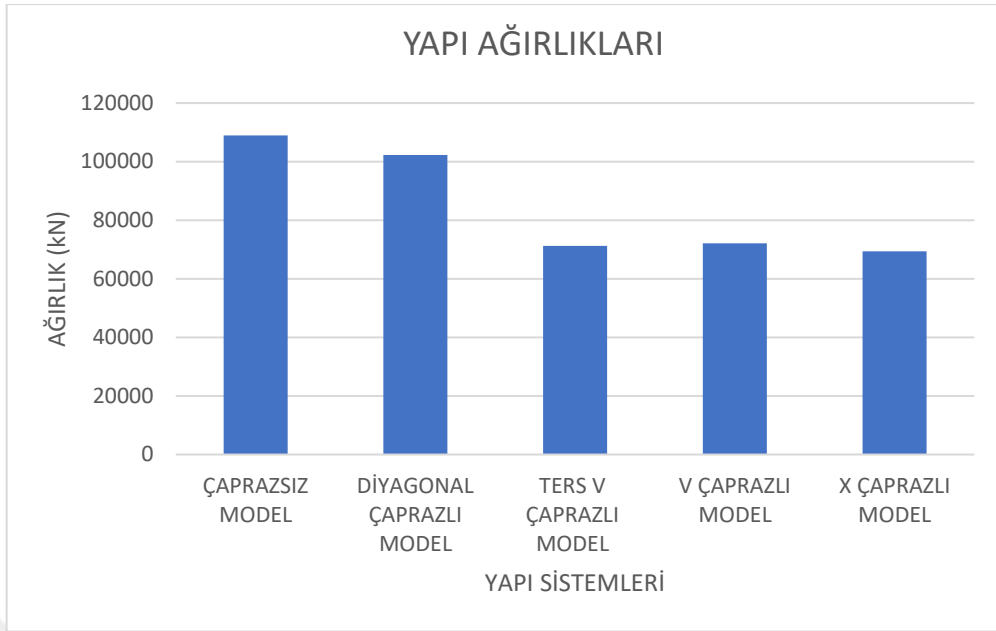


Şekil 4.34. Deprem etkisinde Y yönünde yer değiştirme

Yapı sistem değişikliklerine göre Y yönü için oluşan deplasmanlar incelendiğinde deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi ters V çaprazlı modeldir.

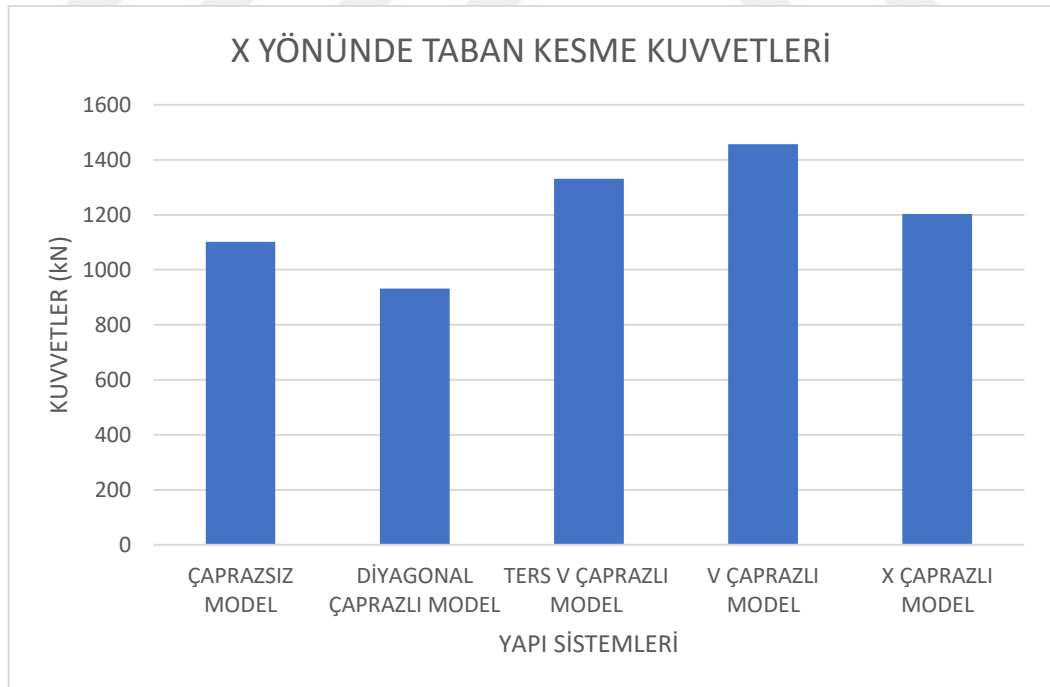
4.6.2.3. Deprem etkisi B yerel zemin sınıfı B olan yapılar

Farklı çapraz tipleri altında deprem etkisinin B ve yerel zemin sınıfının B olduğu 5 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.35., Şekil 4.36., Şekil 4.37., Şekil 4.38. ve Şekil 4.39.'da verilmiştir.



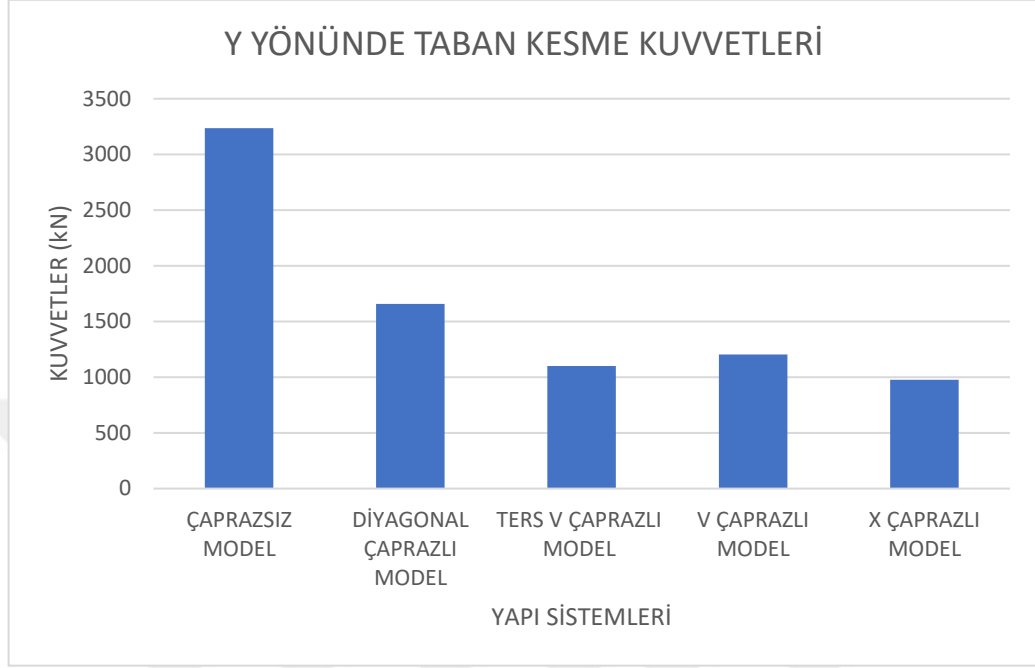
Şekil 4.35. Yapı ağırlıkları

Yapı sistem değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



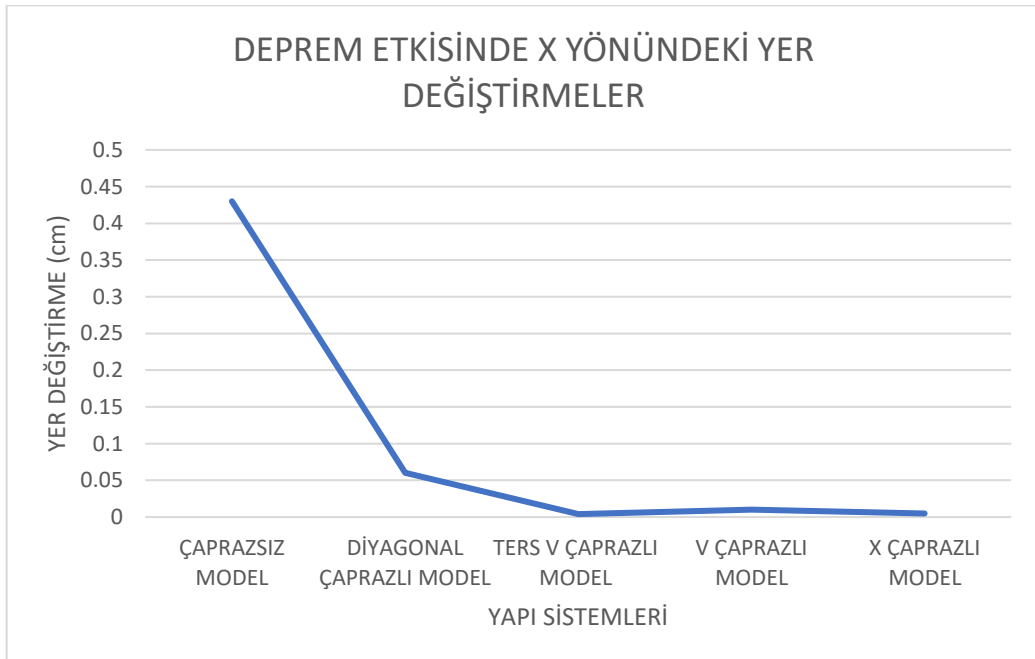
Şekil 4.36. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Yapı sistem değişikliklerine göre X yönü için taban kesme kuvvetleri incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi diyagonal çaprazlı modeldir.



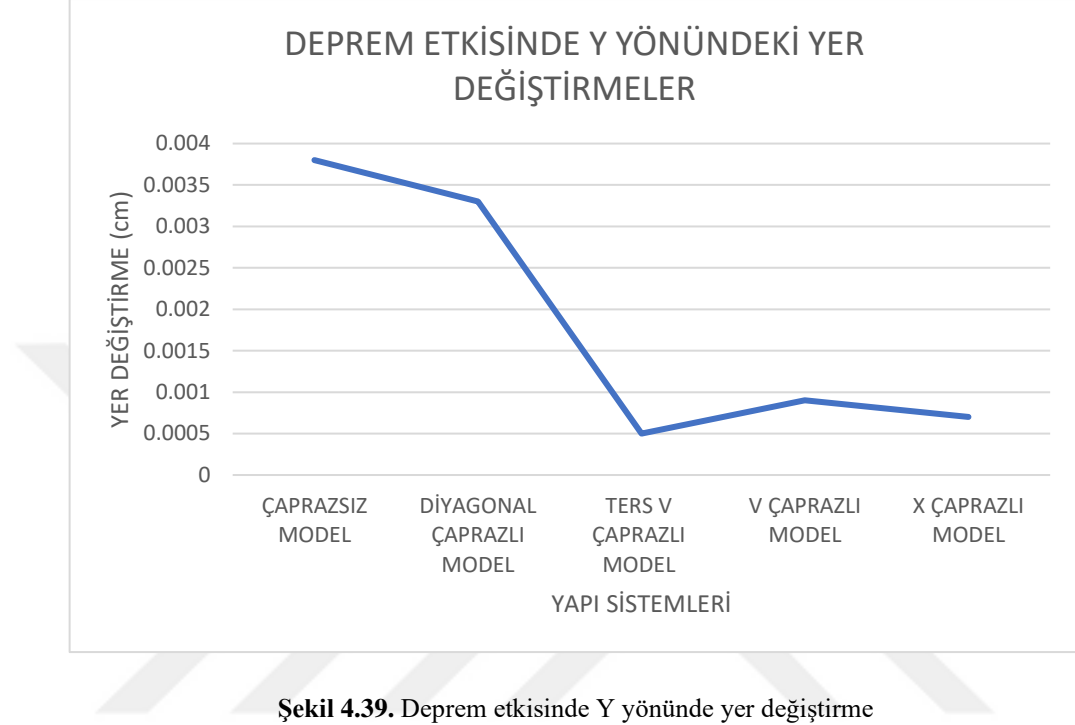
Şekil 4.37. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Yapı sistem değişikliklerine göre Y yönü için taban kesme kuvvetleri incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



Şekil 4.38. Deprem etkisinde X yönünde yer değiştirme

Yapı sistem değişikliklerine göre X yönü için oluşan deplasmanlar incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi ters V çaprazlı modeldir.

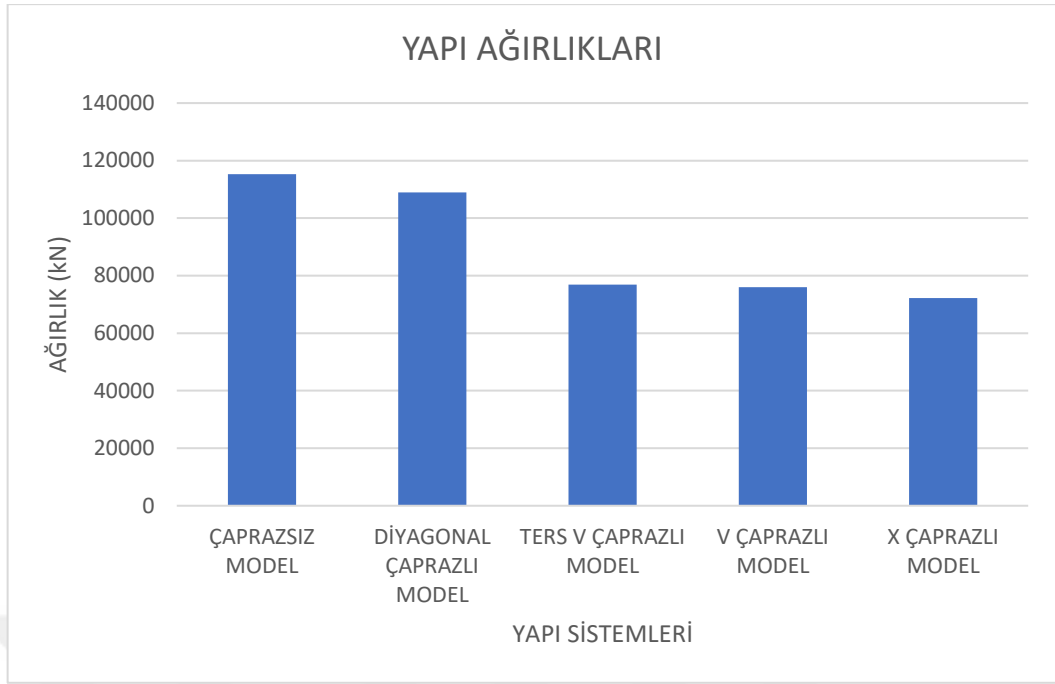


Şekil 4.39. Deprem etkisinde Y yönünde yer değiştirme

Yapı sistem değişikliklerine göre Y yönü için oluşan deplasmanlar incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı B için en uygun yapı sistemi ters V çaprazlı modeldir.

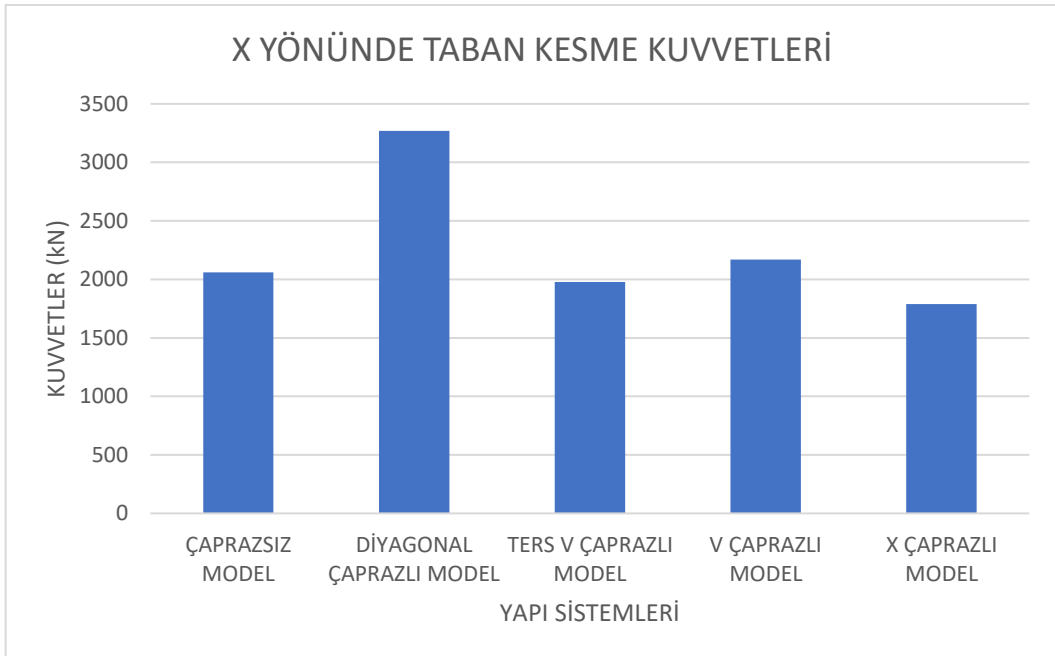
4.6.2.4. Deprem etkisi B yerel zemin sınıfı D olan yapılar

Farklı çapraz tipleri altında deprem etkisinin B ve yerel zemin sınıfının D olduğu 5 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.40., Şekil 4.41., Şekil 4.42., Şekil 4.43. ve Şekil 4.44.'de verilmiştir.



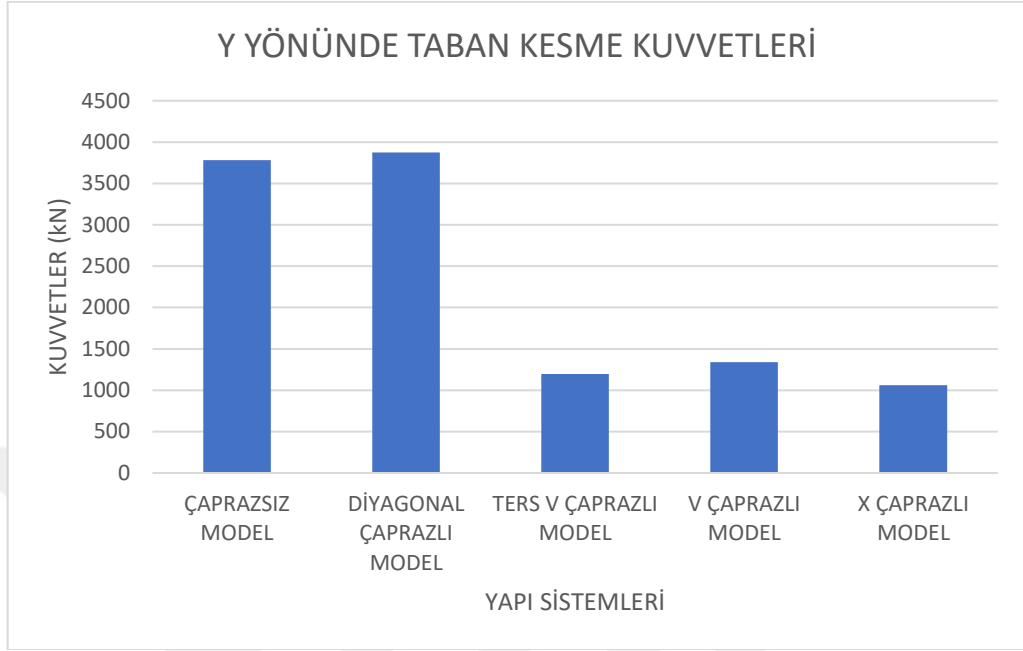
Şekil 4.40. Yapı ağırlıkları

Yapı sistem değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



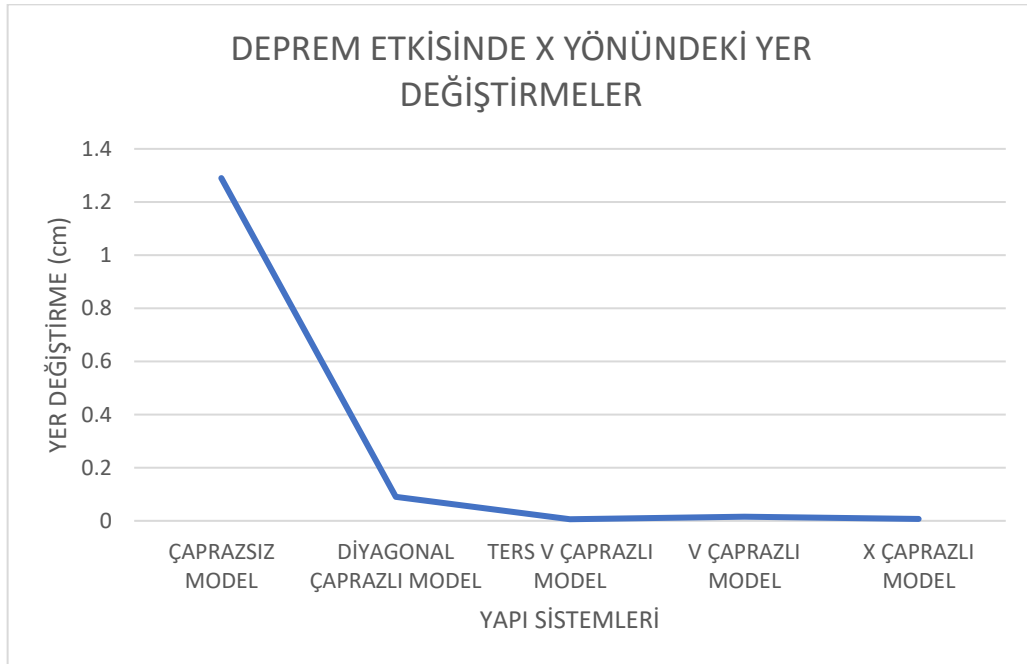
Şekil 4.41. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Yapı sistem değişikliklerine göre X yönü için taban kesme kuvvetleri incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



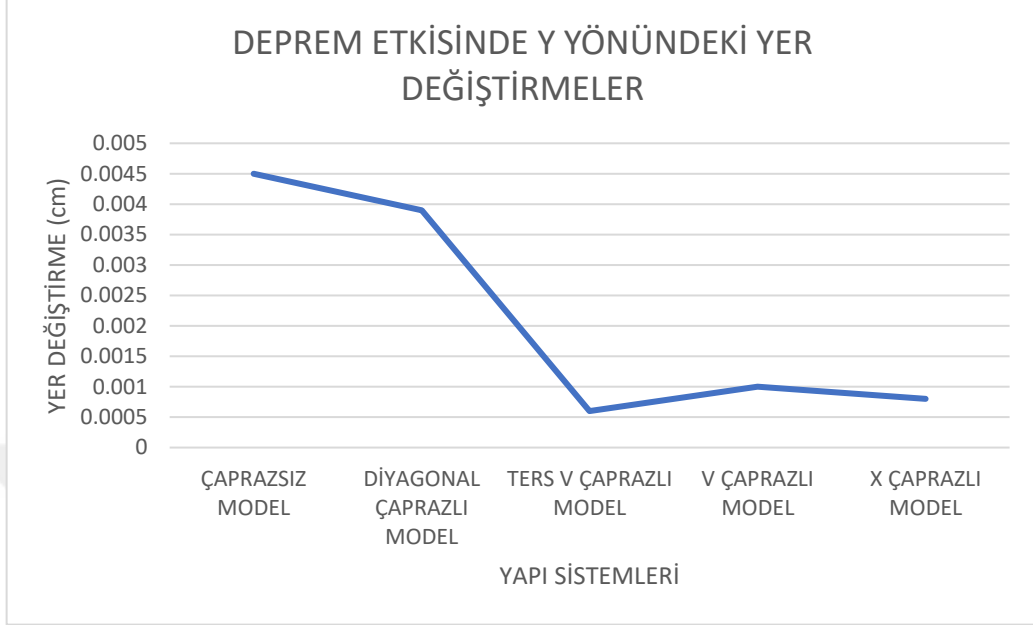
Şekil 4.42. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Yapı sistem değişikliklerine göre Y yönü için taban kesme kuvvetleri incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi X çaprazlı modeldir.



Şekil 4.43. Deprem etkisinde X yönünde yer değiştirme

Yapı sistem değişikliklerine göre X yönü için oluşan deplasmanlar incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi ters V çaprazlı modeldir.

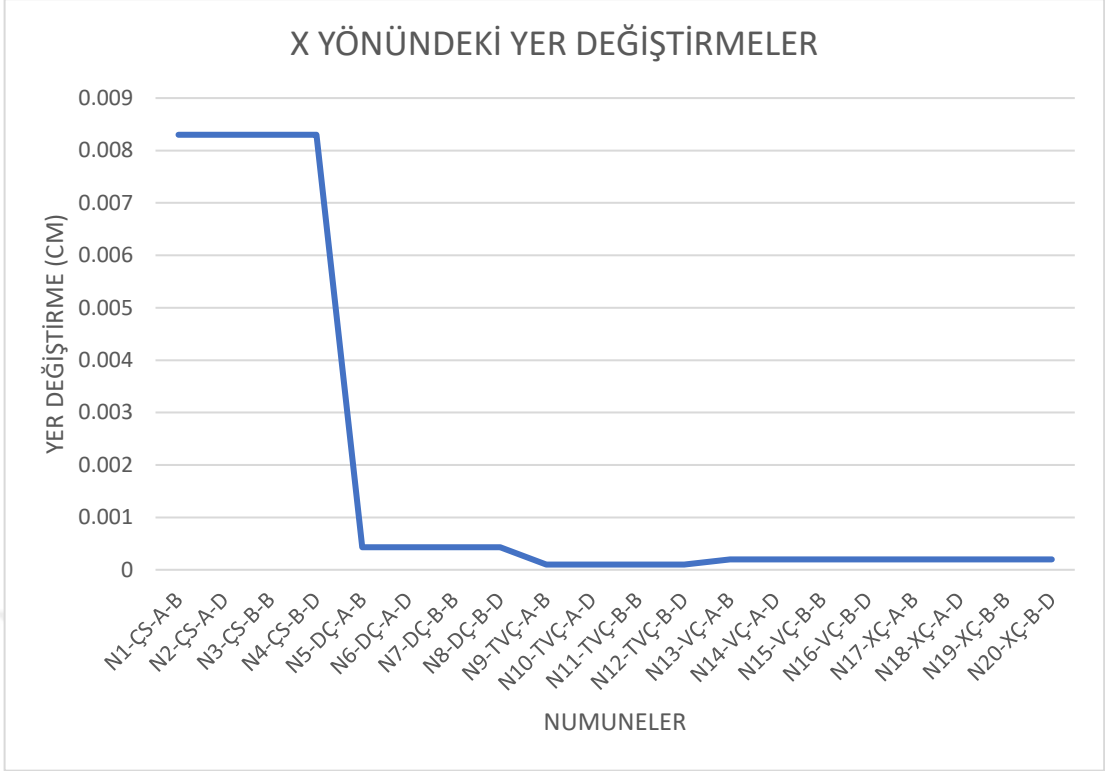


Şekil 4.44. Deprem etkisinde Y yönünde yer değiştirme

Yapı sistem değişikliklerine göre Y yönü için oluşan deplasmanlar incelendiğinde deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı D için en uygun yapı sistemi ters V çaprazlı modeldir.

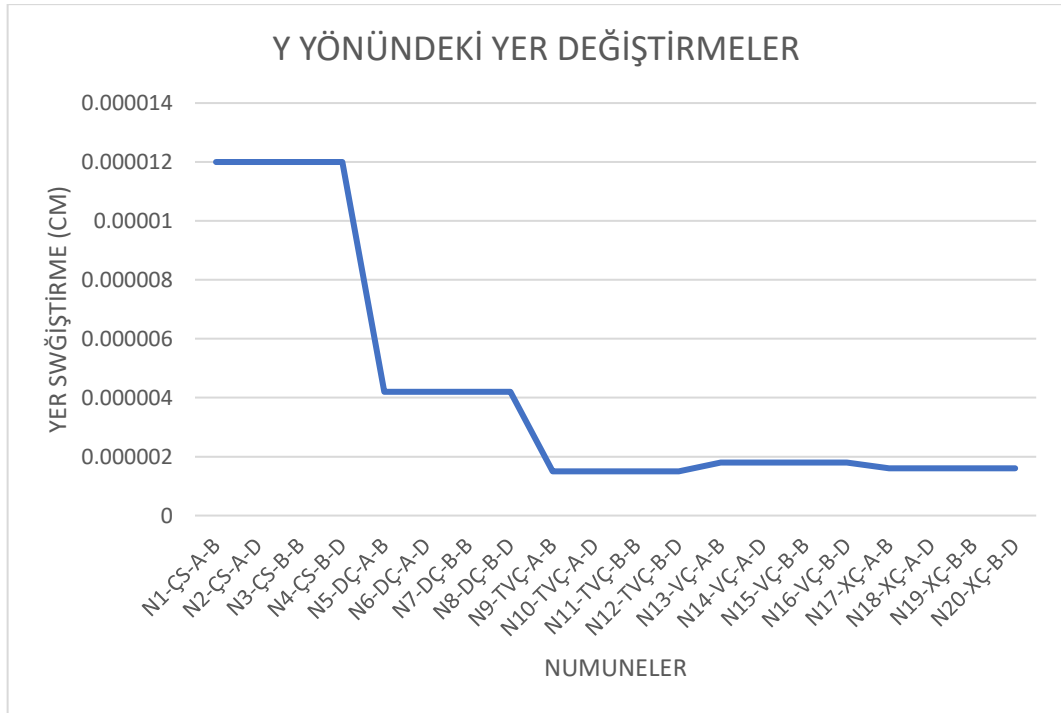
4.6.2.5. Rüzgâr etkisinde oluşan yer değiştirmeler

Rüzgâr kuvveti deprem etkisi ve yerel zemin sınıfına göre değişmemesinden kaynaklı olarak farklı çapraz tiplerine göre değişimleri rüzgar etkisine göre X ve Y yönlerinde oluşan kuvvetler Şekil 4.45. ve Şekil 4.46.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.45. Rüzgar etkisinde X yönünde yer değiştirme grafiği

Rüzgar etkisinde X yönü için en uygun numune N9-TVÇ-A-B, N10-TVÇ-A-D, N11-TVÇ-B-B VE N12-TVÇ-B-D adlı modellerimizdir.



Şekil 4.46. Rüzgar etkisinde Y yönünde yer değiştirme grafiği

Rüzgar etkisinde Y yönü için en uygun numune N1-TVÇ-A-B, N2-TVÇ-A-D, N3-TVÇ-B-B ve N4-TVÇ-B-D adlı modellerimizdir.

4.6.3. Elde edilen sonuçların deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı bakımından karşılaştırılması

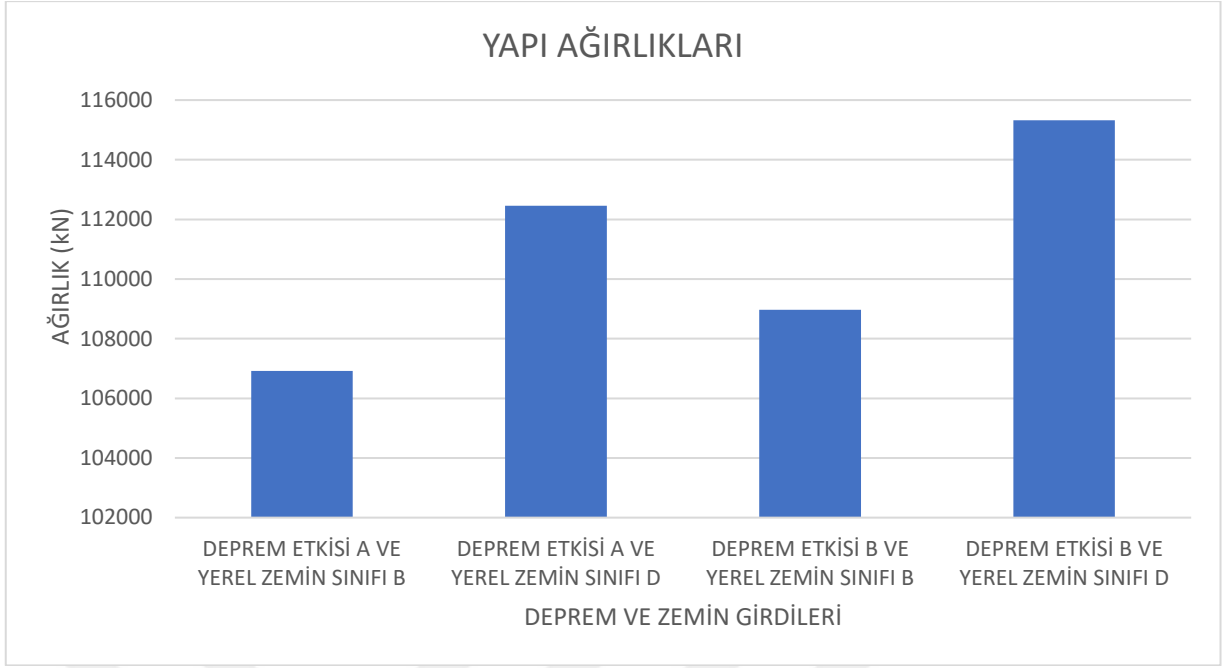
Elde edilen sonuçların deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı bakımından karşılaştırılması ise aşağıdaki gibi ele alınmıştır.

- Çaprazsız model (ÇS) yapılar
- X çaprazlı model (XÇ) yapılar
- Diyagonal çaprazlı model (DÇ) yapılar
- V çaprazlı model (VÇ) yapılar
- Ters V çaprazlı model (TVÇ) yapılar

Bu özellikler altında yapıda oluşan ağırlık, taban kesme kuvvetleri, deprem ve rüzgar etkisinde X ve Y yönlerinde oluşan yer değiştirmeler grafikler üzerinde verilmiştir.

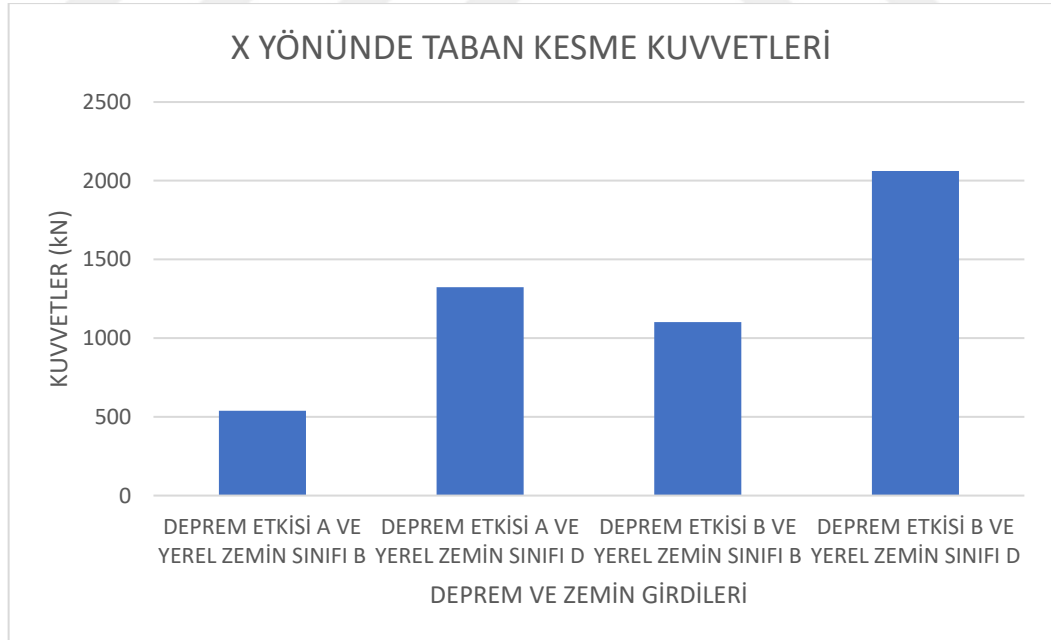
4.6.3.1. Çaprazsız model (ÇS) yapılar

Farklı deprem etkisi ve farklı yerel zemin sınıfı altında çaprazsız sistem modelinde 4 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.47., Şekil 4.48., Şekil 4.49., Şekil 4.50. ve Şekil 4.51.'de verilmiştir.



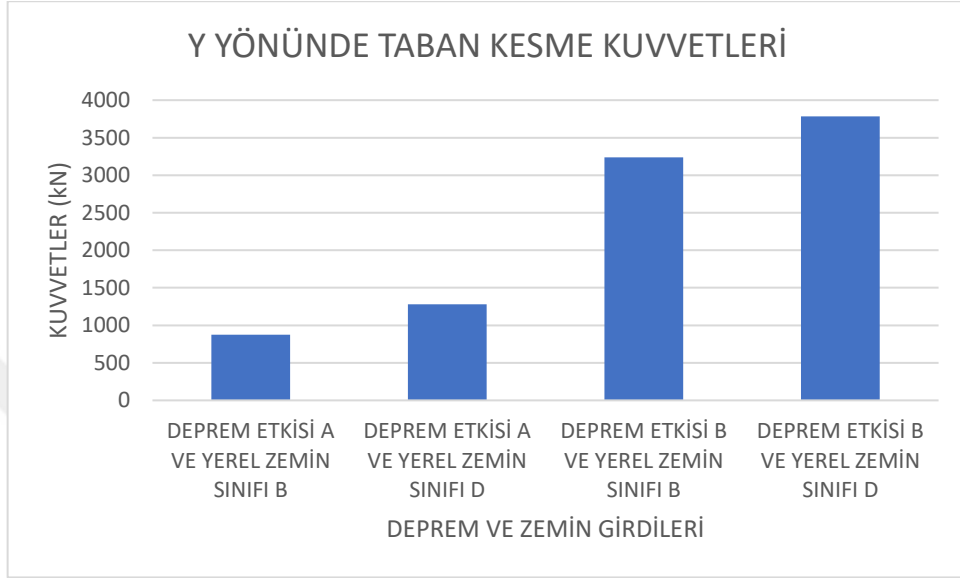
Şekil 4.47. Yapı ağırlıkları

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde çaprazsız model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



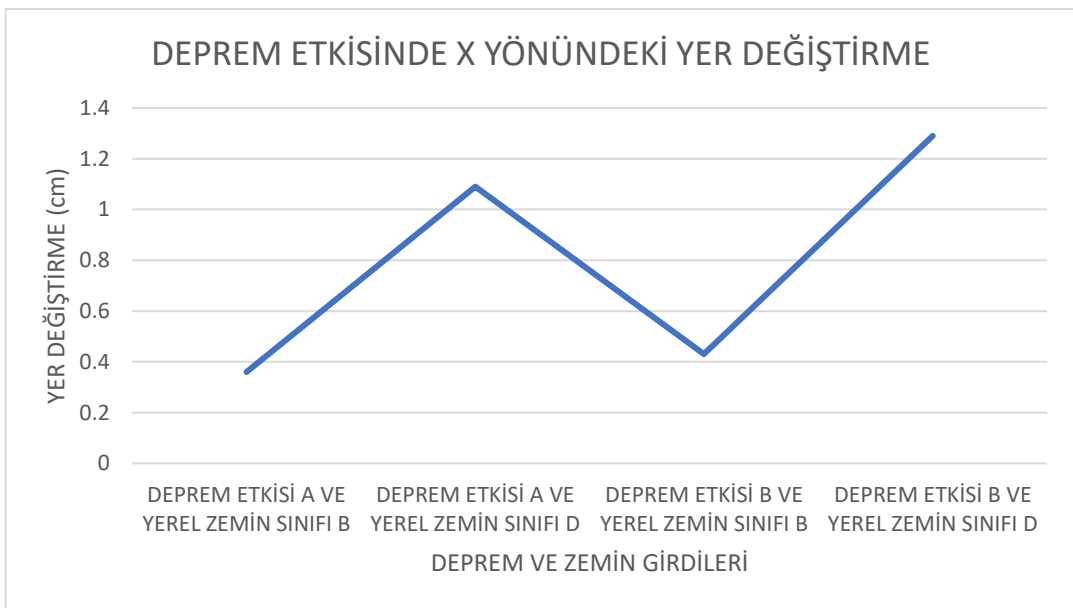
Şekil 4.48. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre X yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde çaprazsız model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



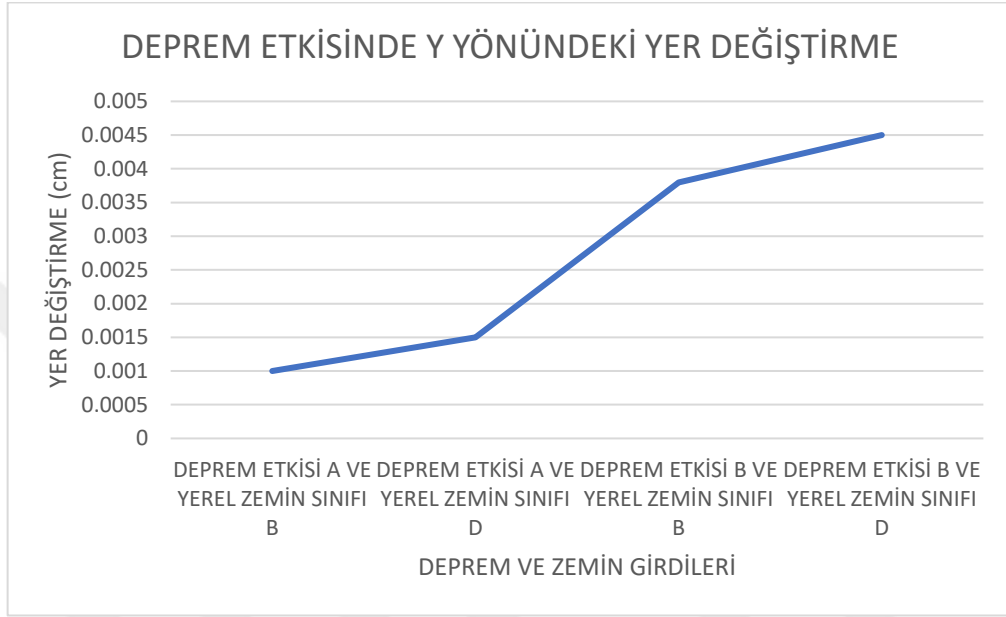
Şekil 4.49. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre Y yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde çaprazsız model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



Şekil 4.50. Deprem etkisinde X yönünde yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde X yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde çaprazsız model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

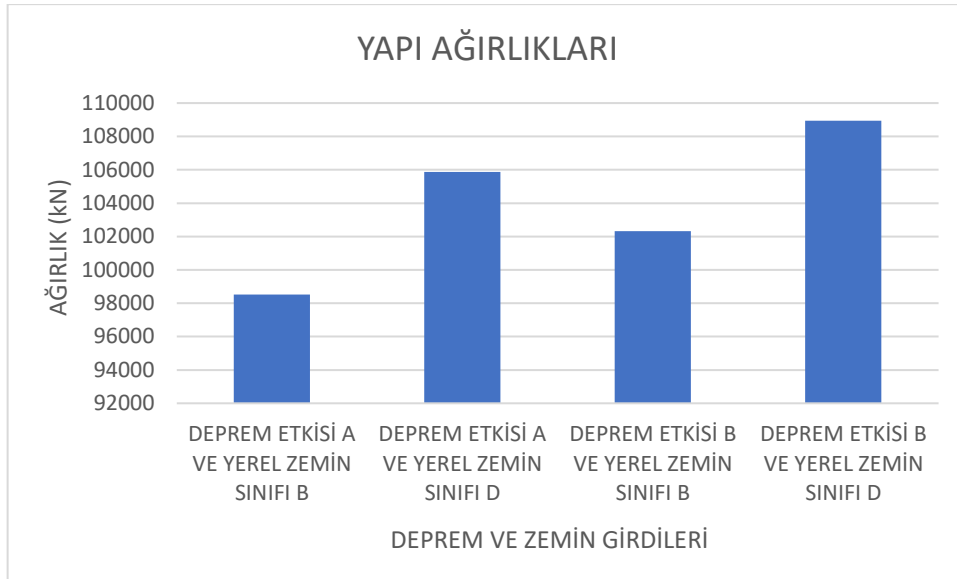


Şekil 4.51. Deprem etkisinde Y yönünde yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde Y yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde çaprazsız model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

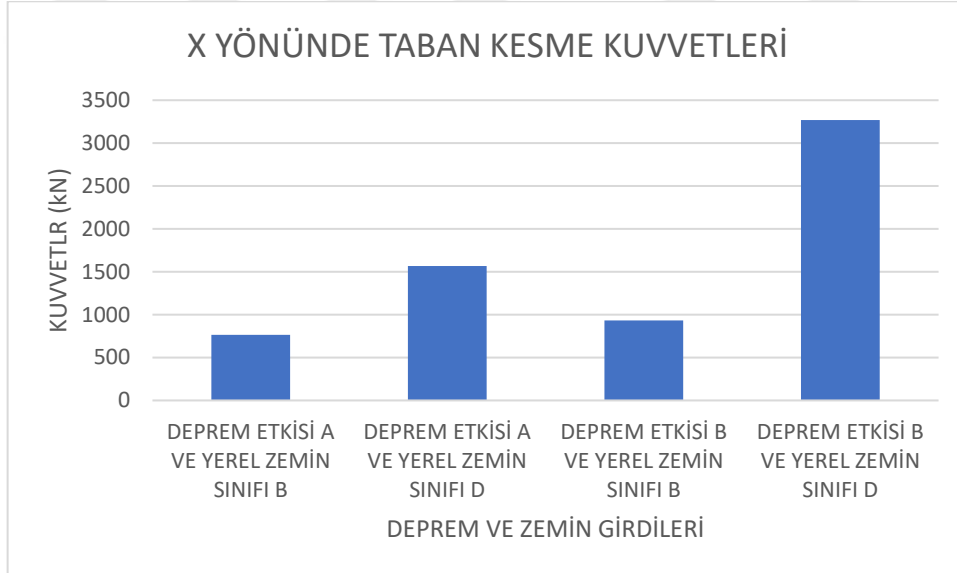
4.6.3.2. Diyagonal çaprazlı model

Farklı deprem etkisi ve farklı yerel zemin sınıfı altında diyagonal çaprazlı modelde 4 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.52., Şekil 4.53., Şekil 4.54., Şekil 4.55. ve Şekil 4.56.'de verilmiştir.



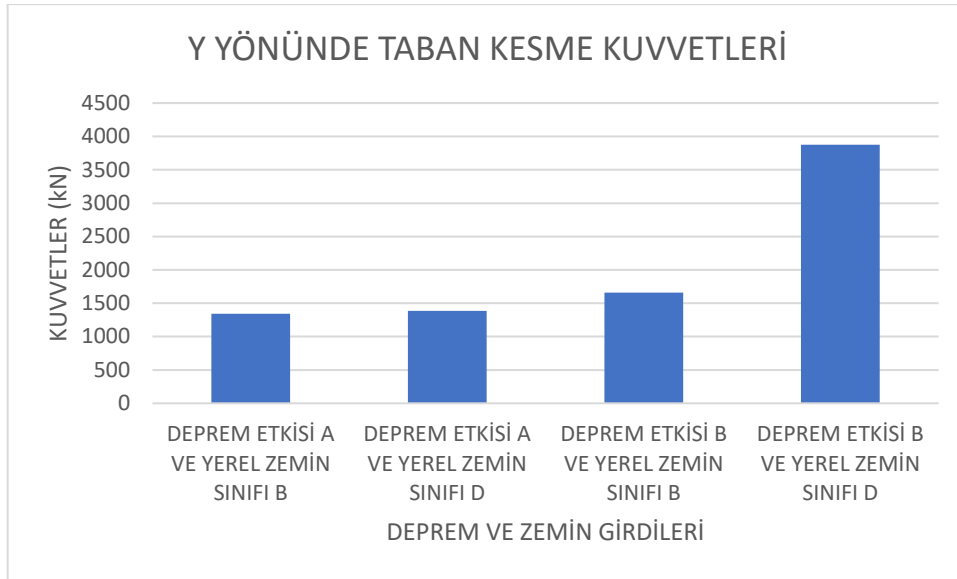
Şekil 4.52. Yapı ağırlıkları

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde diyagonal çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



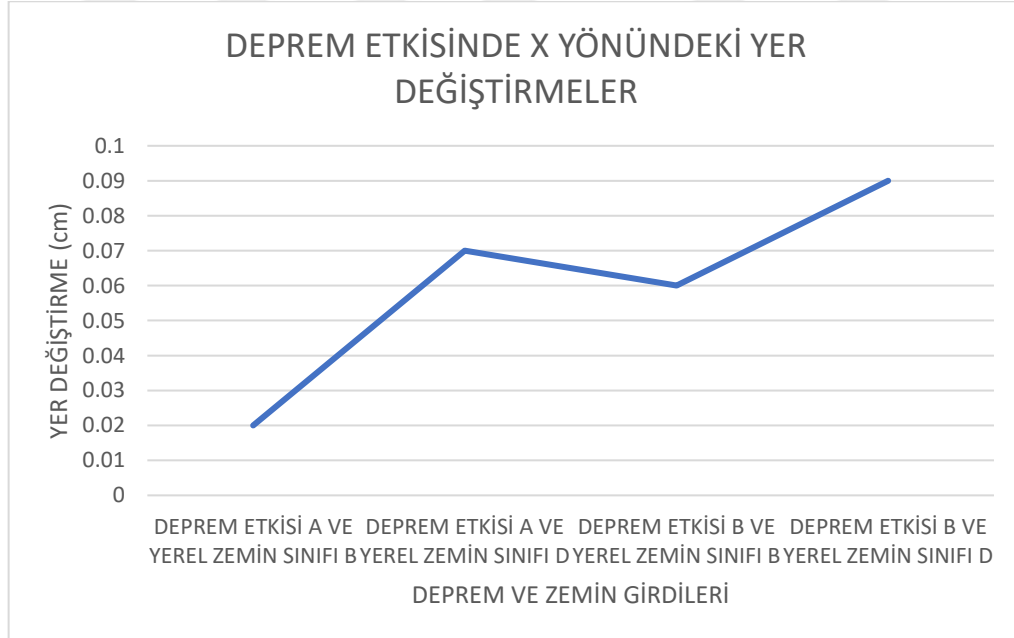
Şekil 4.53. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre X yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde diyagonal çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



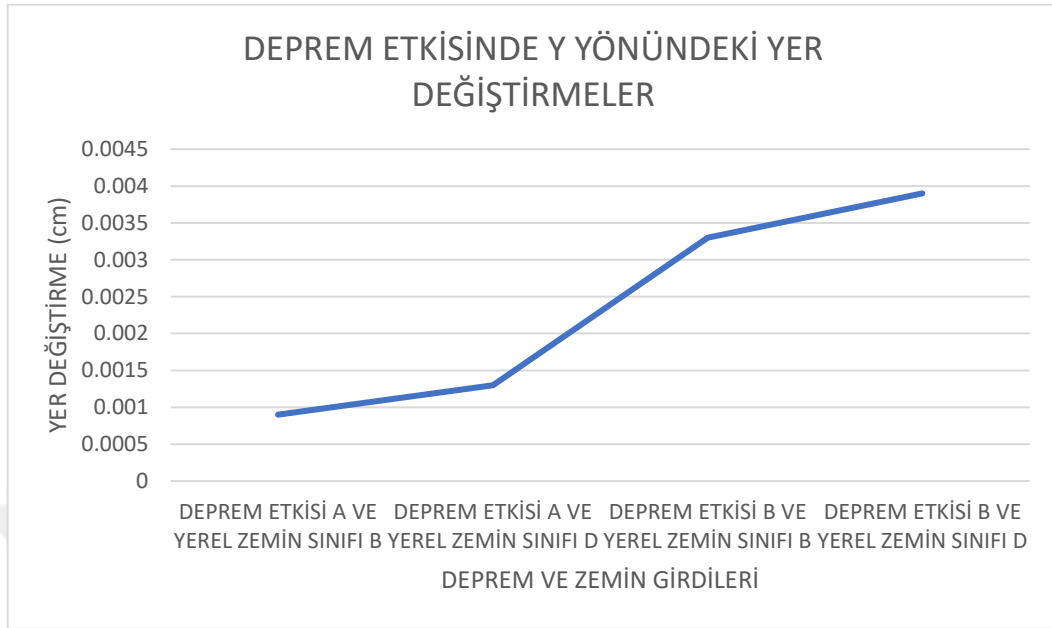
Şekil 4.54. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre Y yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde diyagonal çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



Şekil 4.55. Deprem etkisinde X yönünde yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde X yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde diyagonal çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

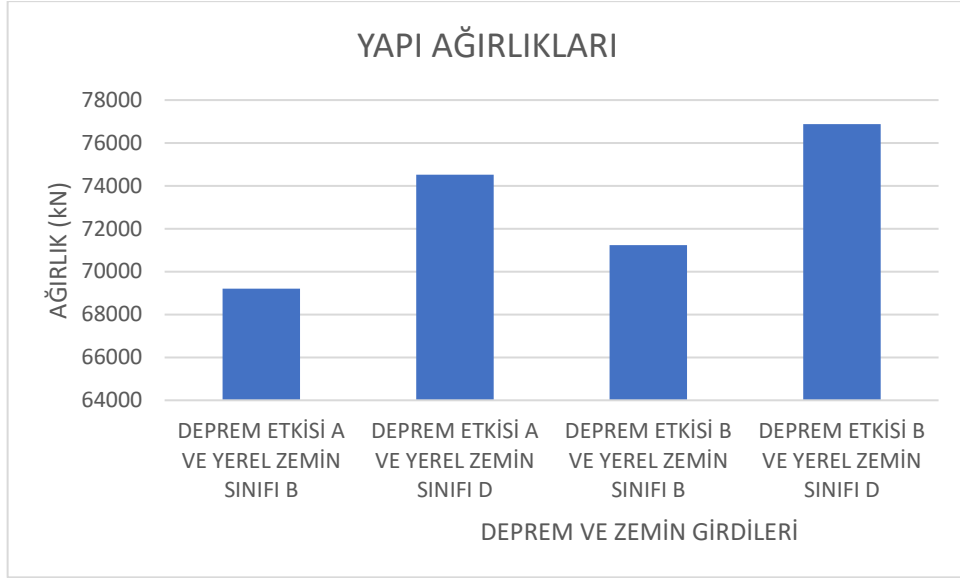


Şekil 4.56. Deprem etkisinde Y yönünde yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde Y yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde diyagonal çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

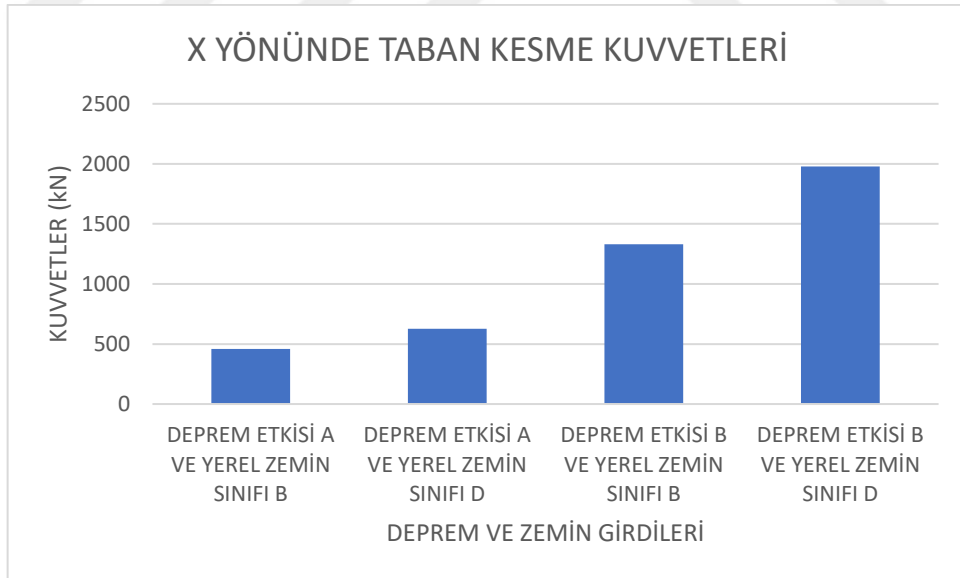
4.6.3.3. Ters V çaprazlı model

Farklı deprem etkisi ve farklı yerel zemin sınıfı altında ters V çaprazlı modelde 4 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.57., Şekil 4.58., Şekil 4.59., Şekil 4.60. ve Şekil 4.61.'de verilmiştir.



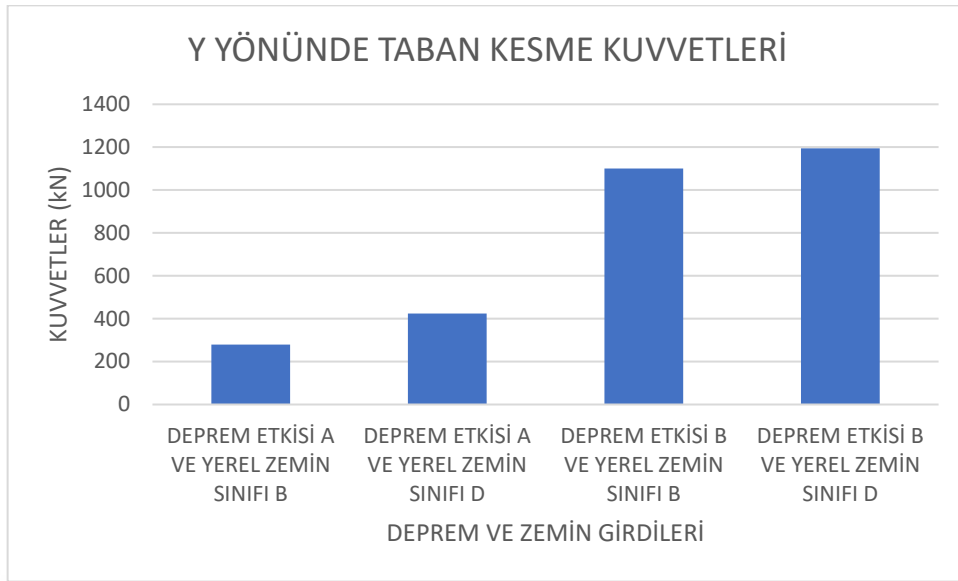
Şekil 4.57. Yapı ağırlığı

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde ters V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



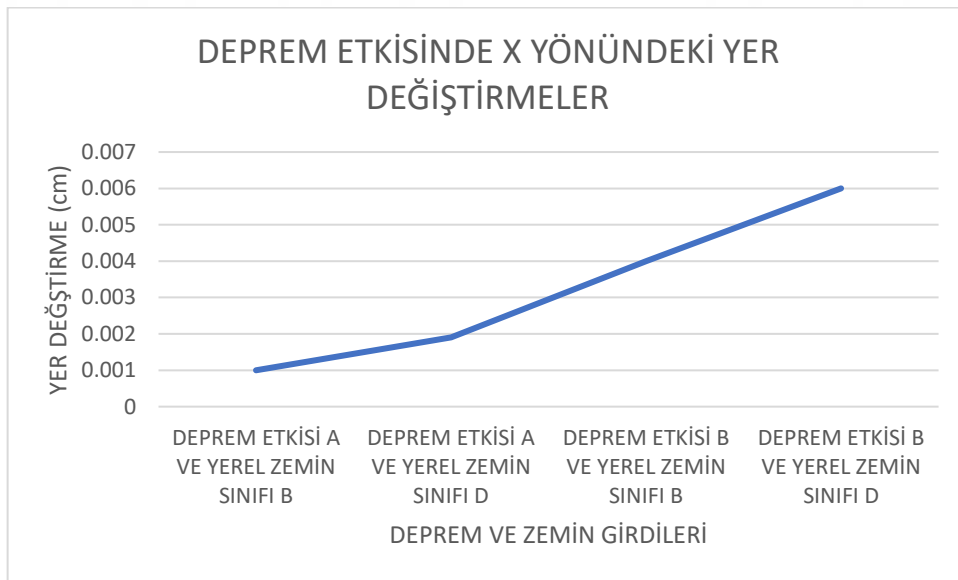
Şekil 4.58. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre X yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde ters V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



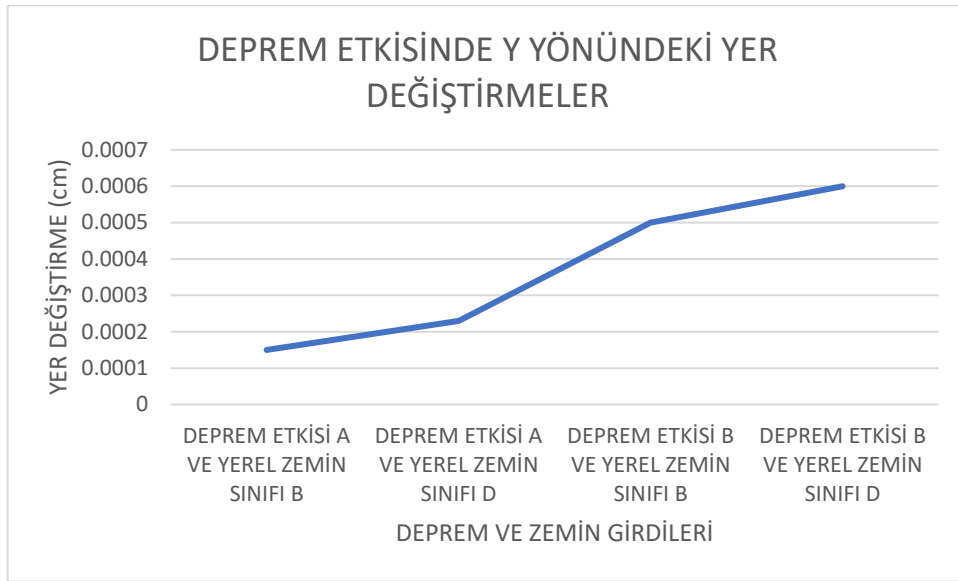
Şekil 4.59. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre Y yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde ters V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



Şekil 4.60. Deprem etkisinde X yönünde yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde X yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde ters V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

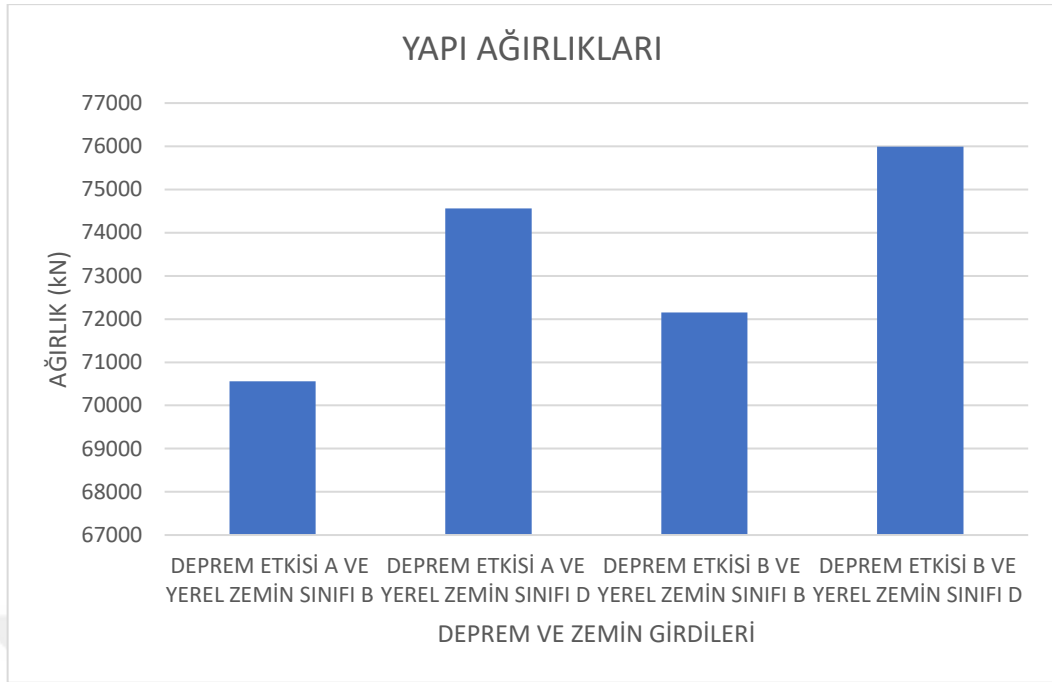


Şekil 4.61. Deprem etkisinde Y yönünde yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde Y yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde ters V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

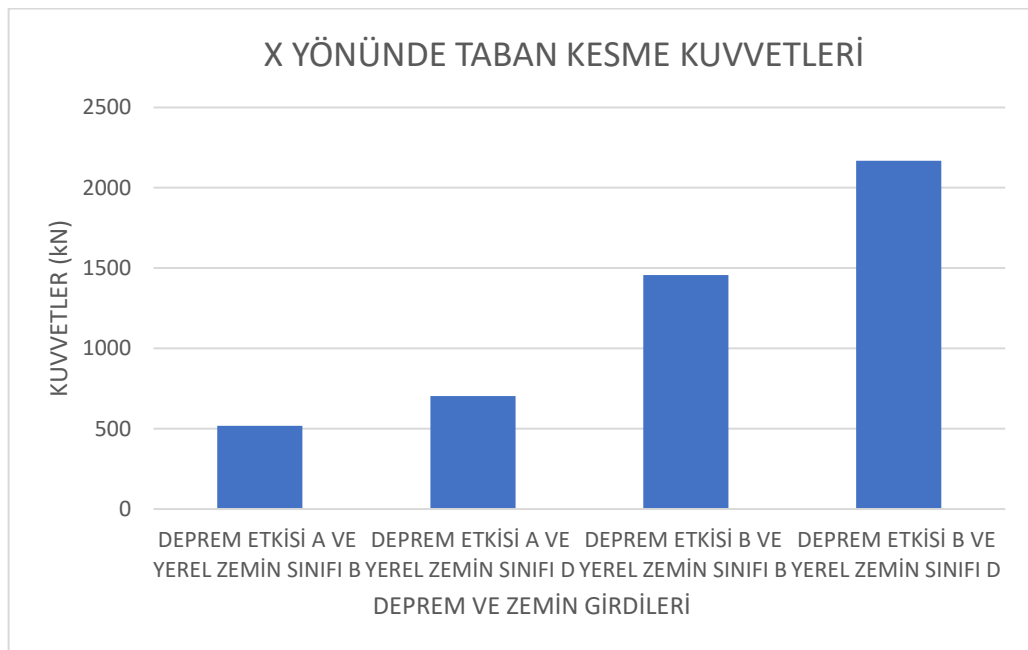
4.6.3.4. V çaprazlı model

Farklı deprem etkisi ve farklı yerel zemin sınıfı altında V çaprazlı modelde 4 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.62., Şekil 4.63., Şekil 4.64., Şekil 4.65. ve Şekil 4.66.'da verilmiştir.



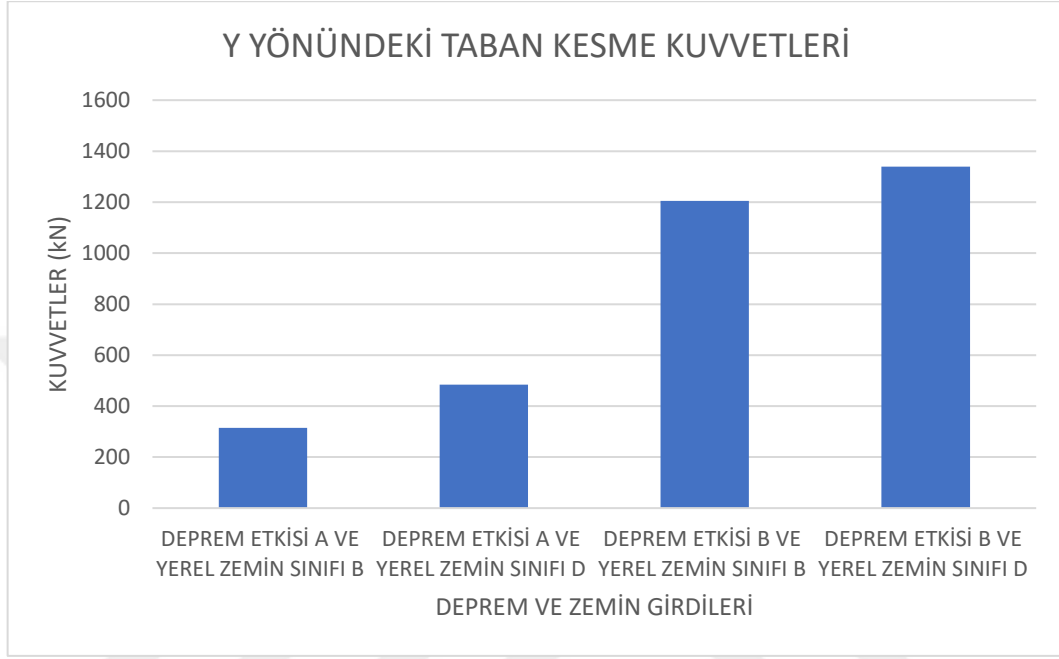
Şekil 4.62. Yapı ağırlığı

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



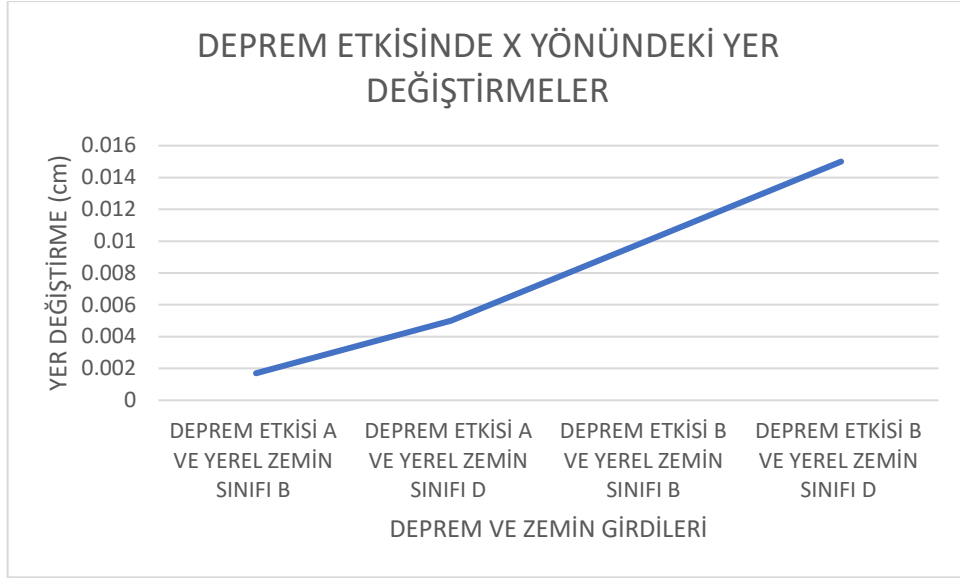
Şekil 4.63. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre X yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



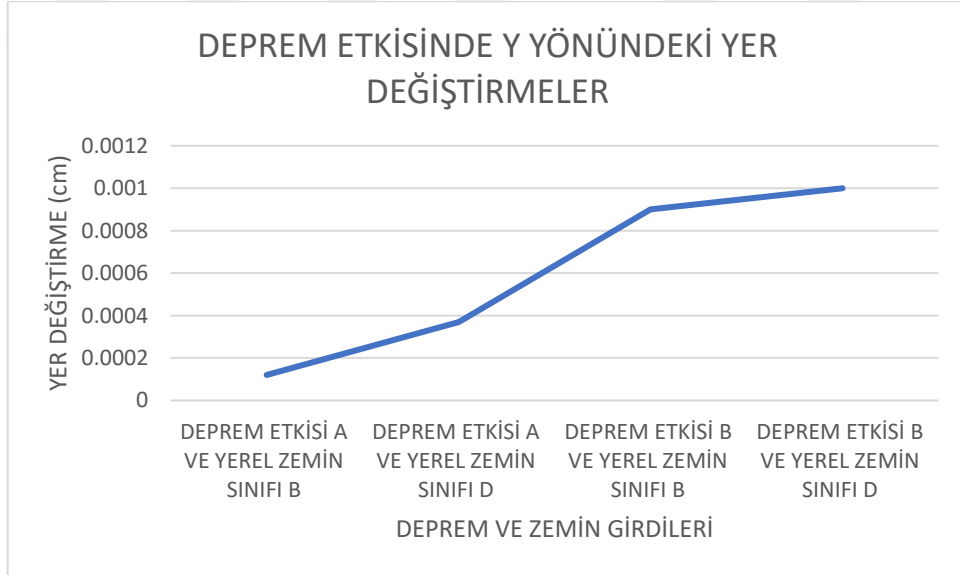
Şekil 4.64. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre Y yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



Şekil 4.65. Deprem etkisinde X yönündeki yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde X yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

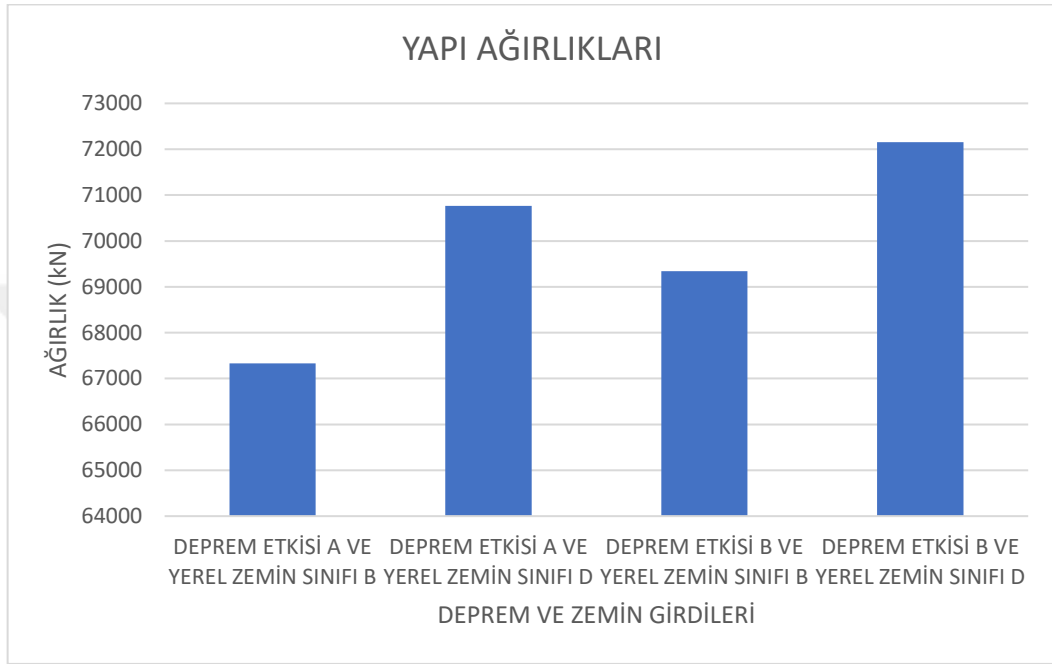


Şekil 4.66. Deprem etkisinde Y yönündeki yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde Y yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde V çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

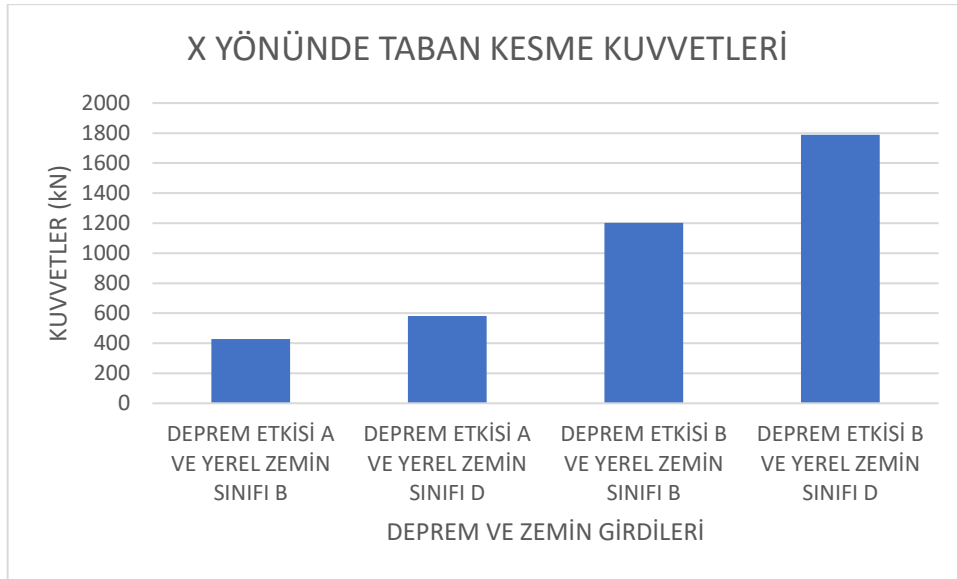
4.6.3.5. X çaprazlı model

Farklı deprem etkisi ve farklı yerel zemin sınıfı altında X çaprazlı modelde 4 farklı yapıda oluşan ağırlık, X ve Y yönlerine göre taban kesme kuvvetleri ve deplasmanlar Şekil 4.67., Şekil 4.68., Şekil 4.69., Şekil 4.70. ve Şekil 4.71.'de verilmiştir.



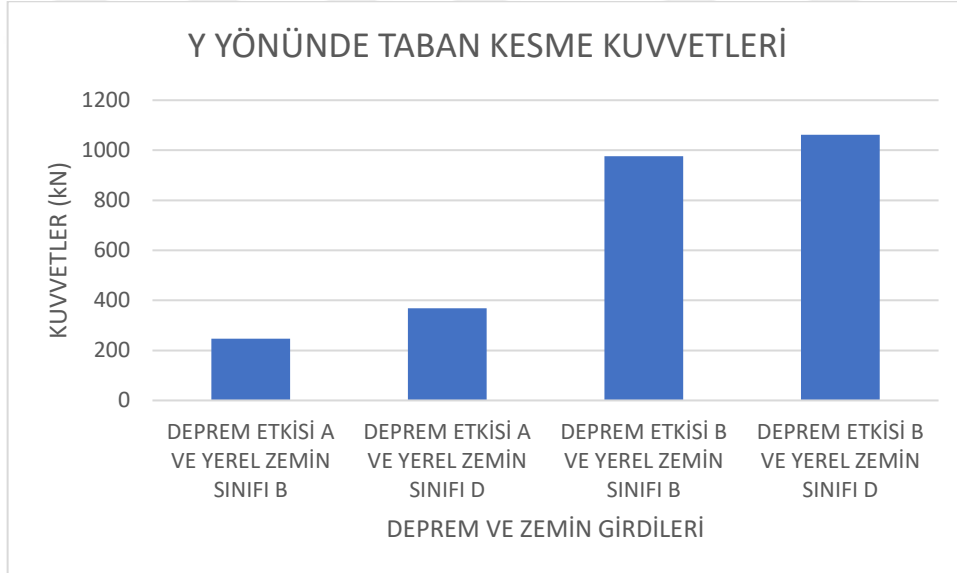
Şekil 4.67. Yapı ağırlığı

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre yapı ağırlıkları incelendiğinde X çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur



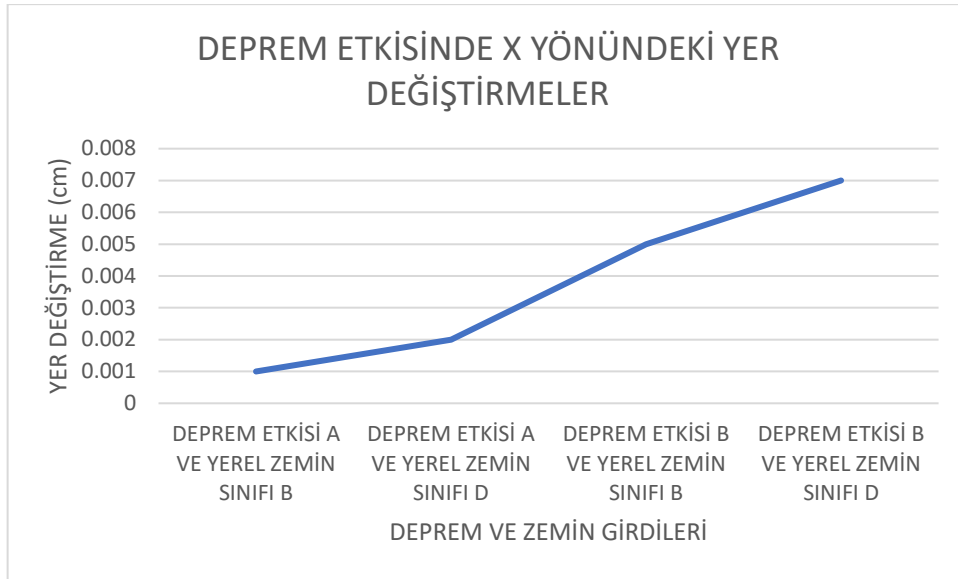
Şekil 4.68. X yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre X yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde X çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



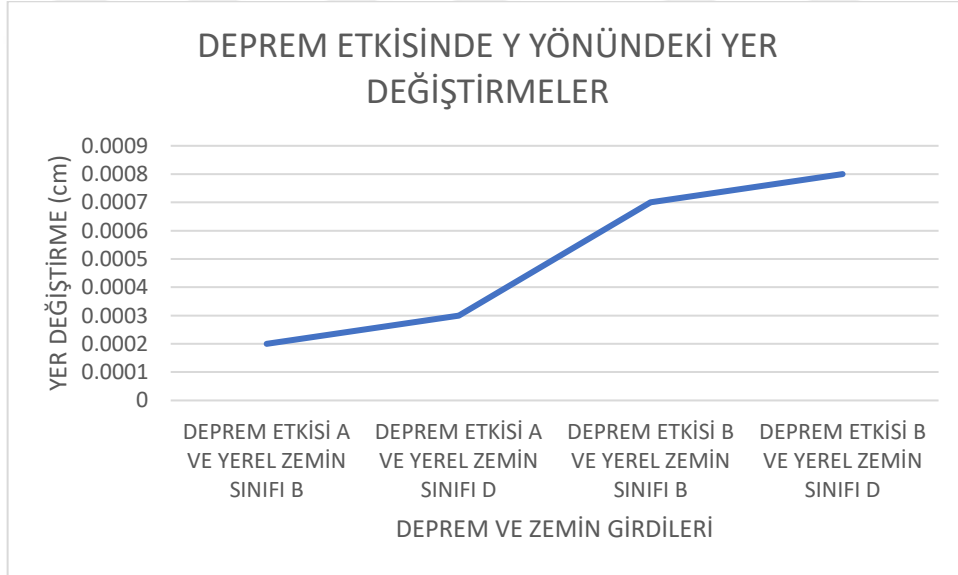
Şekil 4.69. Y yönünde taban kesme kuvvetleri

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre Y yönünde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde X çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



Şekil 4.70. Deprem etkisinde X yönünde yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde X yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde X çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.



Şekil 4.71. Deprem etkisinde Y yönünde yer değiştirme

Deprem etkisi ve yerel zemin sınıfı değişikliklerine göre deprem etkisinde Y yönündeki yer değiştirmeler incelendiğinde X çaprazlı model için en uygun olan numune deprem etkisinin A ve yerel zemin sınıfının B olduğu durumdur.

4.6.4. Farklı çapraz tipleri için elemanlarda kesit değişimleri

Biri çaprazsız diğer dördü farklı çapraz tiplerine sahip olmak üzere 5 farklı model için aynı kat ve aynı akslar üzerinde seçilmiş kolon, çerçeve kirişi, tali kiriş ve çapraz kesiti için değişen kesitler belirlenmiştir.

- Kolon elemanı için 10. Kat 3-C aksında bulunan kolon için çaprazsız modelimizde HE2000B, diyagonal çaprazlı modelimizde HE1200A, ters v çaprazlı modelimizde HE1000B, v çaprazlı modelimizde HE1800A, ve x çaprazlı modelimizde ise HE1000B profil kesiti kullanılmıştır.
- Çerçeve kiriş elemanı için 10. Kat 3-C aksında bulunan çerçeve kiriş elemanı için çaprazsız modelimizde HE400A, diyagonal çaprazlı modelimizde HE400A, ters v çaprazlı modelimizde HE300A, v çaprazlı modelimizde HE300A ve X çaprazlı modelimizde ise HE360A profil kesiti kullanılmıştır.
- Tali kiriş elemanları için 10. Kat 3-C aksında bulunan tali kiriş elemanı için 5 farklı modelimizde de IPE270 profil kesiti kullanılmıştır.
- Çapraz kesit profilleri için 10. Kat 3-C aksında bulunan çapraz elemanı için diyagonal çaprazlı modelimizde D101.6*3.6 boru profil, ters v çaprazlı modelimizde D219.1*5 boru profil, v çaprazlı modelimizde D244.5*5.4 ve x çaprazlı modelimize ise D193.7*4.5 profil kesitleri kullanılmıştır.

4.7. En Uygun Numunenin Belirlenmesi

En uygun kesitin belirlemek için yapı ağırlıkları, taban kesme kuvvetleri, deplasmanlar ve atanan kesitler belirlenmiştir. Yapılan çalışmada deprem spektral ivme katsayısı, yerel zemin sınıfı, farklı çapraz tipleri değişken olarak kullanılmış olup toplamda 20 farklı yapının analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda;

- Bölüm 4.5.'de tablolarla 20 farklı yapı için yapı ağırlıkları, deplasmanlar, taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Yapı ağırlıkları bakımından en uygun olan numunenin N17-XÇ-A-B olduğu görülmektedir. Yani X çaprazlı olup tasarım spektral ivme katsayısının 0.33'ten küçük ve zemin sınıfının ise ZB olduğu durumdur.

- Bölüm 4.5.' göre X yönünde taban kesme kuvvetleri bakımından en uygun olan numunenin N17-XÇ-A-B olduğu görülmektedir. Yani X çaprazlı olup kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının 0.33'ten küçük ve zemin sınıfının ise ZB olduğu durumdur.
- Bölüm 4.5.' göre Y yönünde taban kesme kuvvetleri bakımından en uygun olan numunenin N17-XÇ-A-B olduğu görülmektedir. Yani X çaprazlı olup kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının 0.33'ten küçük ve zemin sınıfının ise ZB olduğu durumdur.
- Bölüm 4.5.'e göre deprem etkisinde X yönündeki yer değiştirmenin en az olup bu bakımdan en uygun olan numunenin N9-TVÇ-A-B ve N17-XÇ-A-B numuneleridir. Çapraz tipinin ters V çaprazlı veya X çaprazlı olup kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının 0.33'ten küçük ve zemin sınıfının ise ZB olduğu durumdur.
- Bölüm 4.5.'e göre deprem etkisinde Y yönündeki yer değiştirmenin en az olup bu bakımdan en uygun olan numunenin N13-VÇ-A-B olduğu görülmektedir. Yani V çapraz tipli olup kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının 0.33'ten küçük ve zemin sınıfının ise ZB olduğu durumdur.
- Bölüm 4.5.'e göre rüzgâr etkisinde X yönündeki yer değiştirmenin en az olup bu bakımdan en uygun olan numunenin ters V çaprazlı numuneler olduğu görülmektedir. Rüzgar etkisinde Y yönü için ise en uygun olan çapraz tipinin çaprazsız sistem olduğu görülmektedir.
- Bölüm 4.6.'da aynı zemin ve aynı depremselliğe sahip fakat, farklı çapraz özelliğine sahip yapıların karşılaştırılması ayrıca aynı çapraz tipin sahip olup farklı depremsellik ve farklı zemin özelliklerine göre de ayrı bir karşılaştırılma yapılmıştır.
- Deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı B için yapı ağırlığı, taban kesme kuvvetleri yönünden en uygun olan çapraz tipi X çaprazlı sistem olduğu belirlenmiştir. Deplasmanlar yönünden ise ters V çaprazlı ve X çaprazlı sistemlerdir.
- Deprem etkisi A ve yerel zemin sınıfı D için yapı ağırlığı, taban kesme kuvvetleri yönünden en uygun olan çapraz tipi X çaprazlı sistem olduğu belirlenmiştir. Deplasmanlar yönünden ise ters V çaprazlı sistemdir.
- Deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı B için yapı ağırlığı yönünden en uygun olan çapraz tipi X çaprazlı sistem olduğu belirlenmiştir. X yönünde taban kesme

kuvveti bakımından en uygun numunenin diyagonal çaprazlı Y yönü taban kesme kuvveti bakımından ise X çaprazlı sistemdir. Deplasmanlar yönünden ise ters V çaprazlı sistemdir.

- Deprem etkisi B ve yerel zemin sınıfı D için yapı ağırlığı, taban kesme kuvvetleri yönünden en uygun olan çapraz tipi X çaprazlı sistem olduğu belirlenmiştir. Deplasmanlar yönünden ise ters V çaprazlı sistemdir.
- Çapraz tiplerinin sabit kalıp deprem etkisinin ve yerel zemin sınıfının değişmesiyle gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre ise en uygun olan numunelerin kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının 0.33'ten küçük ve yerel zemin sınıfının ise ZB olduğu durumlardır. Ancak deprem etkisinin ve yerel zemin sınıfının etkisi karşılaştırılacak olursa ZB zemin sınıfından ZD zemin sınıfına geçiş yapıldığı durum etkisinin deprem etkisi yani $S_{Ds} < 0.33$ 'ten $0.50 \leq S_{Ds} < 0.75$ 'e değişikliğine göre daha fazla etkili olduğu görülmektedir.
- Atanan kesitler bakımından incelenirse emniyet ve ekonomik açıdan kolon yapı elemanları için ters v çaprazlı ve x çaprazlı modeller uygundur. Çerçeve kirişleri için ters v çaprazlı ve v çaprazlı modeller uygundur. Çaprazlara atanan kesitler bakımından en uygun ters v çaprazlı ve x çaprazlı modeller uygundur.

Bu çalışmada 20 farklı model üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Bu 20 farklı model biri çaprazsız olmak üzere diğer dördü farklı çapraz tiplerine sahip olup her bir çaprazsız ve çaprazlı tip altında deprem spektral ivme katsayısı ve zemin sınıfı değişimine göre 4 farklı numune oluşmuş olup toplam 20 farklı numune oluşturulmuştur. Bu numunelerde değişken olarak çapraz tipler, zemin sınıfları ve deprem spektral ivme katsayısıdır. Yapı geometrileri, yükleme şekilleri ve yükleme büyüklükleri, yapı yükseklik ve yapı ölçüleri ve kullanılan çelik sınıfı tamamen birbirinin aynıdır. Bu oluşan 20 farklı modele Sap2000 v22 programıyla analizler gerçekleştirilmiş olup sonuç olarak 4.7.'de bulunan bulgulara göre emniyet ve ekonomik açıdan en uygun çapraz tipimiz yapı ağırlıkları, taban kesme kuvvetleri ve atanan kesitler bakımından X çaprazlı model, deplasmanlar açısından ise ters V çaprazlı model olduğu belirlenmiştir. Deprem etkisi ve zemin sınıfı bakımından ise kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının 0.33'ten küçük ve zemin sınıfının ise ZB olduğu durumdur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada çelik yapılardan bahsedilmiş olup çok katlı çelik yapılarda kullanılan yüksekliğin önemi, kullanılan çapraz çeşit ve tiplerinin yapıya neler kattıklarını, deprem katsayılarının ve zemin sınıflarının yapıda değiştirilmesiyle ne gibi sonuçlar ortaya konduğu konusunda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda; tasarım olarak, tanımlanma olarak, davranışları bakımından, ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalar, tasarımlar ve yönetmeliklerle anlatılmaya çalışılmıştır. Ülkemizde ve dünyada yapılmış yüksek çelik bina örneklerine değinilmiş, oluşturulmasında dikkat edilen unsurlar malzeme sınıfları ve özelliklerine dikkat çekilmiştir. Geçmişten günümüze ülkemizdeki yüksek çelik yapı tanımlarına hangi yapıların geçmişte yüksek yapı olup ta sonradan yüksek yapı sınıfına girmemesine değinilmiştir. Çelik yapıların oluşum ve gelişim süreçlerine diğer yapı malzemelerine göre avantaj ve dezavantajlarına değinilmiştir.

Bu çalışmadan çıkarılacak sonuç ise yüksek çelik yapı tasarlanmasında kesinlikle merkezi ve dışmerkez çapraz kullanılması gerekmektedir. Yüksek çelik yapı sınıfına girmeyen yapılarda da çapraz kullanılması oldukça güvenli bir yöntemdir ancak eğer bir yüksek çelik yapı tasarlıyorsak kesinlikle çapraz kullanılmalıdır. Çaprazlar hem yapının ağırlığını hem de oluşacak yer değiştirmeleri önemli derecede azaltmaktadır. Bu da bize deprem de gerekli güvenliği sağlamaktadır. Tabii bu çaprazlar x çapraz, v çapraz, ters ve çapraz vs. gibi farklı şekillerde yapılarda kullanılabilir. Hangi çaprazın hangi tür yapılarda daha güvenli ve ekonomiklik sağladığını gösterici daha çok çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca farklı tasarımlar gerçekleşmesi amacıyla yol göstermesi için yönetmeliklerden destek almak gerekmektedir. Fakat ülkemizde yüksek çelik yapılara ait bir yönetmeliğin bulunmamasıdır. TBDY 2018’de 13. Bölümde yüksek yapılara yer verilmiştir ancak bu bölümde hem yüksek betonarme yapı hem de yüksek çelik yapı bir arada yer almaktadır. 2016 yılında çıkmış olan “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik” te yüksek yapılara ait farklı bir bölüm bulunmamaktadır. Dünyada da aynı şekilde yüksek çelik yapılara özgü bir yönetmelik bulunmamaktadır. Çeliğe rağbetin bu derece artması ve gelişmesi bize acil bir şekilde yüksek çelik yapılara ait bir yönetmelik gerekliliğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Aldemir, Ü., Aydın, E., 2005, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Yeni Yaklaşımlar, Türkiye Mühendislik Haberleri, 435, 81-89
- Al-Kodmany, K., 2012, “Guidelines for Tall Buildings Development”, *University of Illinois*, Chicago, 255-269.
- Anonim, 2018, Japonyada Depreme Dayanıklı Evler Nasıl Yapılıyor [online], Emlak Yaşam, <https://www.hurriyetemlak.com/emlak-yasam/japonyada-depreme-dayanikli-evler-nasil-yapiliyor/> [Ziyaret Tarihi:16 Şubat 2021].
- Anonim, 2020, Çelik Malzemenin Avantajları ve Dezavantajları [online], *insaatim.com*, <https://www.inaatim.com/celik-malzemenin-avantajlari-ve-dezavantajlar/> [Ziyaret Tarihi: 8 Kasım 2020].
- Anonymous, 2008, *Stell Buildings In Europe*, Arcelor Mittal, 3-40.
- Antalya Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği; Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği
- ANSI-AISC 360-10, 2010, *Specification for Structural Steel Buildings*, America.
- ANSI-AISC 360-16, 2016, *Specification for Structural Steel Buildings*, America.
- ASCE 7-10, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, America
- AIJ Design Standard for Steel Structures, 2005, Japan
- Artan, A., 2011, “Bir Sanayi Kompleksinin Boyutlandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-149.
- Celep, Z., Özuygur, A.R., 2017, Yüksek Binaların Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Bursa Şubesi, 70, 8-12.
- Çakmaklı, C., 2019, “Çelik Yüksek Bir Binanın TBDY-2018’e Göre Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-121.
- Çatalkaya, Hakan., 2004, “Çok katlı bir çelik yapıda değişik çapraz düzenlemelerinin yapının depremdeki davranışına etkilerinin incelenmesi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-113
- Çelik, M.D., 2003, “Yüksek Yapılarda Çelik Taşıyıcı Sistemler”, Yüksek Lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 21-95
- Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, 2016, TC Resmi Gazete

- Çırpan, B., 2017, “Çok katlı çelik yapılarda yapı geometrisinin taşıyıcı sistem davranışına etkisi ve ideal geometrik formun belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-115.
- Çırpı, M.E., Sev, A., 2015, Geleceğin Sürdürülebilir Yüksek Yapıları İçin Teknoloji Transferi [online], Gazi Üniversitesi, <http://www.isbs2015.gazi.edu.tr/belgeler/bildiriler/271-280.pdf> [Ziyaret Tarihi:11 Aralık 2020].
- Civelek, O., 2010, “Süneklik düzeyi yüksek çok katlı bir çelik yapının tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-167.
- Darılmaz, K., 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e Göre Tasarıma Kısa Bakış Betonarme Sistemlerin Modellenmesi, Analizi ve Boyutlandırılması, İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi, 2-17
- Earthquake-Resistant Design Concepts, 2010, USA.
- Ermopoulos, J., Loannidis, G., Vayas, L., 2018, Design of Steel Structures to Eurocodes, Springer Link, https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-95474-5_7. [Ziyaret Tarihi: 8 Kasım 2020].
- Eşsiz, Ö., 2005, Deprem Bölgelerinde Çok Katlı Çelik Yapı Tasarımı [online], Kocaeli Üniversitesi, http://kocaeli2007.kocaeli.edu.tr/kocaeli2005/deprem_sempozyumu_kocaeli_2005/4_yapi_ve_yerlesimler/d_22_depreme_dayanikli_yapi_tasarimi/deprem_bolge_rinde_cok_katli_celik_yapi_tasarimi.pdf [Ziyaret Tarihi:11 Aralık 2020].
- Eurocode 3, 2005, Design of Steel Structures - Part 1-1, General rules and rules for buildings
- Eurocode 3, 2005, Design of steel structures - Part 1-2, General Rules - Structural Fire Design.
- Eurocode 8, 2004, Design of structures for earthquake resistance - Part 1, General Rules, Seismic Actions and Rules For Buildings.
- Hamburger, R.O., 2009, Earthquakes and Seismic Design, America.
- Hatipoğlu, E, T., 2011 “Zayıflatılmış ve güçlendirilmiş tipteki çelik kolon-kiriş birleşimlerinin deprem etkisi altındaki davranışının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-149.
- Gül, H, D., 2018, “Çelik Çaprazlı Çerçeve Sistemlerinin Deprem Davranışının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-56.
- Introduction to the Building Standart Law, 2013, Japan

- İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği, 9.12.2003- 05/296, değişme; Gaziantep Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği, 2018: 48; Konya Büyükşehir Belediyesi İmar Ve Şehircilik Daire Başkanlığı İmar Yönetmeliği, 116 Sayılı Belediye Meclis Kararı, Dördüncü Bölüm, Madde 58, 07.03.2008, Merhaba Gazetesi
- Kanat, M., 2017, “28 Katlı Çelik Bir Binanın Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-115.
- Karakahya, F., 2020, TS648 ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarının Karşılaştırmalı Özeti [online], İnşaat Mühendisleri Odası, <https://bulten.imoizmir.org/2020/07/ts648-ve-celik-yapilarin-tasarim-hesap-ve-yapim-esaslarinin-karsilastirmali-ozeti/> [Ziyaret Tarihi: 10 Şubat 2021].
- Kürçe, M., 2020, “Bir çelik endüstri yapısının süneklik düzeyi yüksek olarak tasarımı ve doğrusal olmayan dinamik analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-149.
- Livaoğlu, R., Yeni Deprem Yönetmeliği ve Yüksek Yapılar, İnşaat Mühendisleri Bursa Şubesi, 70, 22-25.
- Özbay, E., 2019, “Üç boyutlu çelik çerçeve sistemlerinde merkezi ve dış merkezli çapraz kullanımı etkilerinin statik itme analizi yöntemi ile araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, 1-156.
- Sağlam, S., 2019, Türkiye’de Belediye ve İmar Yasalarında Yüksek Yapılar ve Gökdelenlere İlişkin Kanun ve Uygulamalar, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomik Dergisi, Ankara.
- Şahaloğlu, E., 2004, “Süneklik düzeyi yüksek çelik yapı sistemlerinde lineer olmayan davranışın incelenmesi ve deprem davranış katsayısının belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-93.
- Tansel, M., 2010, “Çok Katlı Çelik Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz Ve Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü*, 1-182.
- Taşdemir, A., 2007, “Çok katlı çelik bir hastane binasının eurocode 3'e göre çerçeve kusurları dikkate alınarak karşılaştırmalı boyutlandırılması” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-137.
- Taşkın, K., 2018, Çelik Yapılar Hakkında Genel Bilgiler [online], Eskişehir Teknik Üniversitesi, [http://insaat.eskisehir.edu.tr/kivanct/%C4%B0N%C5%9E%20316%20\(T\)/icerik/%C4%B0N%C5%9E%20316_ders_1_12022018.pdf](http://insaat.eskisehir.edu.tr/kivanct/%C4%B0N%C5%9E%20316%20(T)/icerik/%C4%B0N%C5%9E%20316_ders_1_12022018.pdf) [Ziyaret Tarihi: 12 Mart 2021].
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018, TC Resmi Gazete.

- Urfalı, F.K., 2012, Güncel Çelik Yapı Sistemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 124-169
- Uzun, M., 2017, Çelik Yapı Modellerinin Kullanım Alanları, [online], Hafif Çelik Yapı Bloğu, <https://hafifcelikyapiblog.wordpress.com/2017/08/29/celik-yapi-modellerinin-kullanim-alanlari/>
- Yaba, M., 2016, “Bir Çelil Yüksek Binanın Deprem Davranışının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-189.
- Yanık, E., 2019, “Çelik Taşıyıcı Sistemlerde Kullanılan Çaprazların Yapı Davranışı Üzerine Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-120
- Yardımcı, Nesin, 2005, Türkiye de Çelik Yapılar [online], İnşaat Mühendisleri Odası, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/114.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10 Şubat 2021].
- Yüksek, İ., 2017, Rüzgâr ve Deprem Yükleri ile Bina Formu Yönünden Yüksek Yapılara Kısa Bir Bakış, İnşaat Mühendisleri Bursa Şubesi, 70, 14-21.
- Wziatek, R., 2015, “Comparative Design of High Rise Rc Building According to Eurocode and ASCE 7-10/ACI 318-11/IBC 2012”, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 19-151

