



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**FARKLI ÇELİK ÇAPRAZLI ÇOK KATLI
ÇELİK YAPILARIN DAVRANIŞININ TEORİK
OLARAK İNCELENMESİ**

Muhammet Taha ŞEKER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Muhammet Taha ŞEKER tarafından hazırlanan ‘‘Farklı elik aprazlı çok Katlı elik Yapıların Davranışının Teorik Olarak İncelenmesi’’ adlı tez çalışması 20/04/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN

.....

Danışman

Doç.Dr. Günnur YAVUZ

.....

Üye

Dr.Öğr.Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

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 by academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Muhammet Taha ŞEKER

20.04.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÇELİK ÇAPRAZLI ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN DAVRANIŞININ TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

Muhammet Taha ŞEKER

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

Danışman: Doç. Dr. Günnur YAVUZ

2022, 116 Sayfa

Jüri

**Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN
Doç. Dr. Günnur YAVUZ
Dr.Öğr.Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ**

Çelik yapıların deprem ve rüzgâr gibi yatay yükler altındaki davranışında, tasarlanan bina modeli büyük önem taşımaktadır. Bina türü çelik yapılarda deprem yükü genellikle moment aktaran rijit çerçeveli sistemler ile merkezi, dışmerkez ve burkulması önlenmiş çelik çaprazlı veya betonarme perdeli çerçeveli sistemler ile karşılanmaktadır. Çelik yapılarda, ana taşıyıcı moment aktaran çelik çerçevelere ilave olarak çelik çaprazların kullanımı sonucunda bina doğal titreşim periyodu, yatay deplasman, kolonlara etkiyen kesme kuvveti ve devrilme momenti oranı değerleri yönetmeliklerde belirtilen sınır değerler içinde tutularak kontrol altına alınabilmektedir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY2018)'e göre yatay yükleri karşılamak için merkezi çaprazlı çelik çerçeveler kullanılması durumunda binanın tasarımı süneklik düzeyi yüksek ve süneklik düzeyi sınırlı sistem olarak yapılabilirken dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler kullanılması durumunda ise sadece süneklik düzeyi yüksek sistem olarak tasarlanabilmektedir. Uygulamada ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve TBDY 2018'de bulunan standart çapraz türlerinden başka farklı/alternatif çapraz türleri de mevcuttur. Bu tez çalışmasının amacı; yapının kullanım amacına göre teşkil edilebilen farklı/alternatif çapraz türlerinin kullanıldığı yapılarla yaygın çapraz türlerinin kullanıldığı yapıların yatay yük etkisi altındaki davranışının TBDY2018 ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE 2018) yönetmeliklerindeki koşullar dikkate alınarak karşılaştırılması ve farklı sistemlerin avantaj ve dezavantajlarını incelemektir. Bu doğrultuda, on dört katlı X yönünde beş, Y yönünde dört açıklığa sahip olan bir yapının, moment aktaran çerçeveli sistem referans olmak üzere beş farklı tipte merkezi çaprazlı çelik çerçeveli ve beş farklı tipte dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveli olması durumundaki davranışı incelenmiştir. Ayrıca çaprazların bağlandığı akslar arası uzunluğun değişiminin yapıya olan etkisini belirlemek için incelenen on bir adet modelin; Y yönünde çaprazların bağlı olduğu aks uzunluğu artırılarak on bir adet yeni model daha oluşturulmuş ve toplam 22 adet bina modeli incelenmiştir. Oluşturulan on bir adet modelin dört adedi yaygın kullanılan çaprazlı çelik çerçeve iken altı adedi farklı/alternatif çaprazlı çelik çerçeve olarak belirlenmiş ve TBDY2018'e uygun olarak Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yöntemine göre analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bina ağırlıkları, deprem kuvvetleri, çelik çaprazlı çerçevelerin aldığı taban kesme kuvveti ve devrilme güvenliği oranları, periyot ve yer değiştirme değerlerinin karşılaştırması yapılmış, sonuç olarak farklı/alternatif çapraz türlerinin kullanıldığı modellerin tasarım farklılıkları ile birlikte hem yatay deplasman sınırı hem de rijitlik bakımından yeterli olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Çelik yapı, merkezi çapraz, dışmerkez çapraz, farklı/alternatif çapraz türleri

ABSTRACT

MS THESIS

THEORETICAL INVESTIGATION OF BEHAVIOUR OF MULTI-STOREY STEEL STRUCTURES HAVING DIFFERENT STEEL BRACING TYPES

Muhammet Taha ŞEKER

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

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Günnur YAVUZ

2022, 116 Pages

Jury

**Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN
Assoc. Prof. Dr. Günnur YAVUZ
Assist. Prof.Dr. Ali Serdar ECEMİŞ**

In the behavior of steel structures under horizontal loads, such as earthquakes and wind, the designed building model is of great importance. Earthquake load in building type steel structures is usually met by rigid moment resisting frames and frame systems with concentrically braced, eccentrically braced and buckling steel braced or reinforced concrete walls. In steel structures, as a result of the use of steel braces in addition to steel frames that transfer the main bearing moment, the building can be controlled by keeping the natural vibration period, horizontal displacement, shear force acting on the columns and the overturning moment ratio values within the limit values specified in the regulations. According to Turkey Building Earthquake Code 2018 (TBEC 2018), in case of using concentrically braced steel frames to resist horizontal loads, the building can be designed as a system with high ductility level and limited ductility level, while in case of using eccentrically braced steel frames, it can only be designed as a system with high ductility level. In practice, there are different/alternative bracing types other than the standard bracing types that are widely used in our country and found in TBEC 2018. The aims of this thesis study are comparing the behavior of structures using different/alternative bracing types, which can be formed according to the intended use of the structure, and structures using common brace types, under the influence of lateral load, taking into account the conditions in TBEC2018 and Specification for the Design, Calculation and Construction of Steel Structures (SDCCSS /2018) and evaluating the advantage of different systems and examine its disadvantages. For this, the behavior of a fourteen-storey steel building with five spans in the X direction and four spans in the Y direction was investigated in case of five different types of eccentrically braced frames, five different types of concentrically braced frames, and a moment resisting frame as a reference system. In addition, to determine the effect of the change in the length between the axes where the braces are connected, on the structure, eleven new models were created by increasing the axis length to which the braces were connected in the Y direction of examined eleven models, and a total of 22 building models were investigated. While four of the eleven models created were commonly used braced steel frames, six of them were determined as different/alternative braced steel frames and their analysis was carried out according to the Load and Resistance Factor Design (LRFD) method in accordance with TBEC2018. According to the results of the analysis, the building weights, earthquake forces, the base shear force of the steel braced frames and the overturning safety ratios, period and displacement values were compared. As a result, it has been seen that the models having different/alternative bracing types are sufficient in terms of both lateral displacement limit and stiffness with the design differences.

Keywords: Steel structure, concentric bracing, eccentric bracing, different/alternative bracing types

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi için, çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, mesleki ve akademik bilgilerini paylaşan, herhangi bir sorunda yorum yapabilmeyi ve çözüme ulaşabilmeyi gösteren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Günnur YAVUZ' a teşekkürü bir borç bilirim.

Öğrencilik ve mesleki hayatım boyunca manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve zorlu süreçlerde her zaman destekçim olan, değerli eşim ve aileme de teşekkür ederim.

Muhammet Taha ŞEKER
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çelik Yapıların Tarihçesi.....	3
1.2. Çelik Yapılarda Deprem Etkisinde Dikkat Edilmesi Gereken Malzeme Özellikleri	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
3. ÇELİK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ	10
3.1. Moment Aktaran Rijit Çerçeve Sistemler.....	10
3.2. Merkezi ve Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeveler	12
3.2.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler.....	16
3.2.2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler.....	18
3.2.3. Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeveler.....	19
3.2.3.1. Bağ kirişi tasarım esasları	24
4. FARKLI ÇELİK ÇAPRAZLI ÇOK KATLI ÇELİK BİNA MODELLERİNİN ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ	28
4.1. Yapı Bilgileri	28
4.1.1. Analiz öncesi aşamalar	38
4.1.2. Analiz sırasında aşamalar	63
4.2. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	95
4.2.1. Modellerin ağırlık karşılaştırması	95
4.2.2. Modellerin X yönü deprem kuvveti karşılaştırması	96
4.2.3. Modellerin Y yönü deprem kuvveti karşılaştırması	97
4.2.4. Modellerin taban kesme kuvveti karşılaştırması.....	98
4.2.5. Modellerin devrilme güvenliği oranlarının karşılaştırması	99
4.2.6. Modellerin X yönü periyot karşılaştırması	99
4.2.7. Modellerin Y yönü periyot karşılaştırması	101
4.2.8. Modellerin rijitlik karşılaştırması	101
4.2.9. Modellerin tepe noktası yer değiştirme değerlerinin karşılaştırması.....	102
4.3. Y Yönünde Çelik Çaprazın Bulunduğu Aks Uzunluğu Değişiminin Yapıya Olan Etkisinin İncelenmesi.....	104

5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	113
KAYNAKLAR	115



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_w	: Gövde en kesit alanı
B_{bf}	: Kiriş kesitinin başlık genişliği
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
E	: Yapı çeliği elastisite modülü (N/mm ²)
e	: Bağ kirişi boyu
F_y	: Yapı çeliğinin karakteristik akma gerilmesi
G	: Sabit yük
h	: En kesit yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
i	: Atalet yarıçapı
K	: Burkulma katsayısı
L	: Çubuk boyu
M_p	: Karakteristik plastik eğilme dayanımı
Q	: Hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S	: Kar yükü
t_w	: Gövde kalınlığı
V_n	: Karakteristik kesme kuvveti dayanımı
V_p	: Plastik kesme kuvveti dayanımı
W_p	: Plastik mukavemet momenti
γ_p	: Bağ kirişi dönme açısı
θ_p	: Göreli kat ötelemesi açısı
λ_{hd}	: Süneklik düzeyi yüksek elemanlar için en kesit koşulu sınır değeri
λ_{md}	: Süneklik düzeyi sınırlı elemanlar için en kesit koşulu sınır değeri

Kısaltmalar

BKS	: Bina kullanım sınıfı
BYS	: Bina yükseklik sınıfı
ÇYTHYE	: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
DTS	: Deprem tasarım sınıfı
GKT	: Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS498	: Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri
YDKT	: Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım

1. GİRİŞ

Binalarda bir tasarım kriteri olarak yüksek dayanım/ağırlık oranı göz önünde bulundurulduğunda yapısal çeliğin kullanımı avantajlı bir durumda olmaktadır. Yapısal çeliğin bina taşıyıcı sisteminde kullanılması durumunda ise yüksek dayanım/ağırlık oranına sahip üniform ve homojen olması, yüksek süneklığe sahip olması ve herhangi bir göçme öncesi yeterli uyarıyı sağlaması, kolaylıkla geri dönüştürülebilmesi, kolay ve çabuk imal edilebilmesi, yapımının hava koşullarından etkilenmemesi, kolay tadilat ve tamirat imkânı olması gibi bazı üstünlükleri bulunmaktadır. Bunun yanında çeliğin korozyona hassas bir malzeme olması, yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenmesi ve yangına karşı korunmasının gerekmesi ile taşıyıcı sistem elemanlarında ve birleşimlerinde çevrimsel veya tekrarlı yüklerden kaynaklanan yorulmaya karşı hassas olması gibi bazı eksiklikleri de bulunmaktadır (Aghayere ve Vigil, 2018). Yapısal çelik binaların düşey yüklerin yanında deprem ve rüzgâr gibi yatay yükler etkisi altındaki davranışının da çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Yerin hareketi ile oluşan depremin tehlikeli olması durumu yapılar üzerindeki etkisi ile ortaya çıkmaktadır. Deprem tehlikesi olarak adlandırılan sorunun kaynağı deprem olmakla birlikte sorunun kendisi deprem etkisindeki yapının davranışdır. Bir yapının depreme dayanıklı olarak tasarımında amaç, yapının kullanım ömrü boyunca bulunduğu bölgede oluşması beklenen en şiddetli depremde göçmeden ayakta kalabilmesini ve can güvenliğini sağlamaktır (Darılmaz, 2019).

Depreme dayanıklı çelik yapı taşıyıcı sistemi oluşturulurken taşıyıcı sistemin yeterli dayanım, yeterli rijitlik ve yeterli süneklığe sahip olması gerekmektedir. Bina türü çelik yapılarda deprem yükü genellikle üç yaygın taşıyıcı sistem ile karşılanmaktadır. Bunlar; moment aktaran rijit çerçeve sistemler, merkezi çelik çaprazlı çerçeve sistemler ve dışmerkez çelik çaprazlı çerçeve sistemlerdir. Bu taşıyıcı sistemlerin dışında burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçeveler ve çelik veya betonarme perdeli taşıyıcı sistemler de kullanılabilir. Ülkemizde uygulamada genellikle çelik yapıların deprem ve rüzgâr gibi yatay yüklere karşı koyması amacıyla geliştirilmiş ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (TBDY 2018) mevcut olan standart çelik çapraz türleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaygın çelik çapraz türlerinden başka binanın kullanım amacına göre uygulanabilen farklı/alternatif çapraz türleri de bulunmaktadır.

Yatay yük etkisinde depreme dayanıklı çelik yapıların hesaplarında, süneklik ve rijitlik oranının yeterli olması önemlidir. Bir yapı sisteminin yatay yük altında enerji tüketen noktaları ne kadar fazla ise deprem etkisi altında sünekliği de o kadar fazladır (Ay ve ark., 2010).

Bir yapının şiddetli bir depreme maruz kalma sıklığı sabit yük ve hareketli yük gibi etkilere göre çok daha seyrek (Darılmaz, 2019). TBDY 2018’de 4 farklı deprem yer hareketi düzeyi bulunmaktadır. Standart olarak ise deprem düzeyi-2 (DD-2) seçilmiştir. DD-2 spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelendirmektedir.

Ülkemizde 2016 yılında Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE 2016) yürürlüğe girmiş ve 2018 yılında revize edilmiş şekli yayınlanmıştır (ÇYTHYE 2018). Bu yönetmelikte iki tasarım yöntemine göre hesaplama yapılabilmektedir. Bu tasarım yöntemleri; Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) ve Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)’dir. Her iki hesap yönteminde kullanılacak olan yapı tasarım analizleri, doğrusal elastik teoriye göre yapılabilmektedir (ÇYTHYE, 2018).

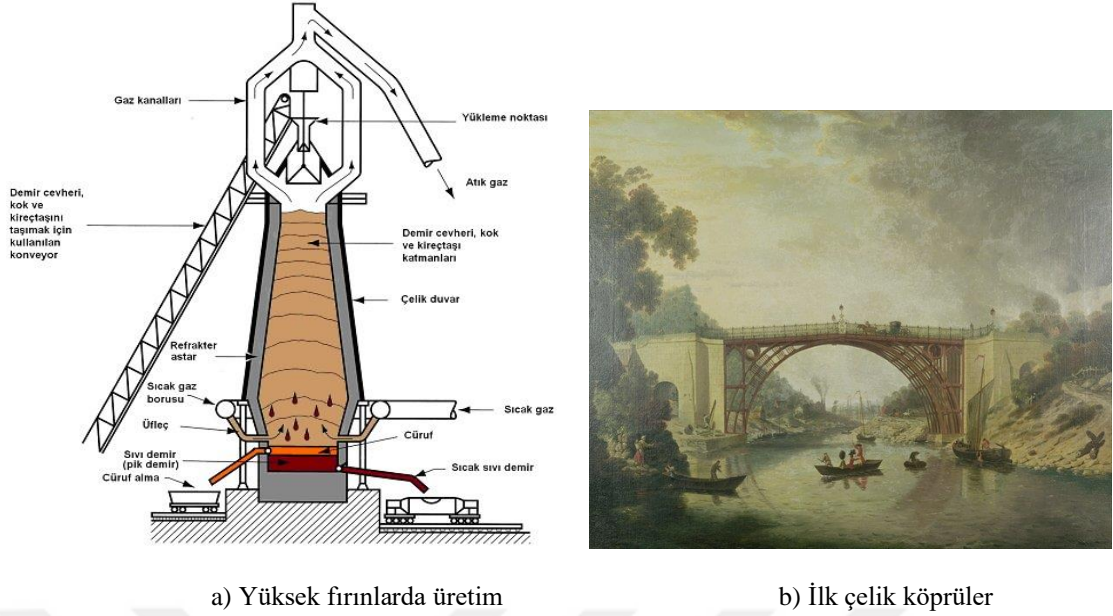
Bu tez çalışmanın amacı, TBDY2018 ve ÇYTHYE (2018) yönetmeliklerine göre çelik yapılarda yatay yüklere karşı kullanılan yaygın ve farklı/alternatif çelik çapraz türlerinin davranışını ve etkinliğini incelemek ve en avantajlı çelik çaprazlı yapı modelini belirleyerek çelik yapıların kendi içindeki tasarım farklılıklarından kaynaklanan deprem etkisi altındaki davranışlarını incelemektir. Bu çalışmada, yapının kullanım amacına göre teşkil edilebilen farklı/alternatif çapraz türlerinin kullanıldığı yapılarla yaygın standart çapraz türlerinin kullanıldığı yapıların yatay yük etkisi altındaki davranışı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY2018) ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE 2018) yönetmeliklerindeki koşullar dikkate alınarak karşılaştırılmış ve farklı sistemlerin avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir. Bu amaçla, on dört katlı X yönünde beş, Y yönünde dört açıklığa sahip olan çok katlı çelik taşıyıcı sisteme sahip bir bina, Moment Aktaran Rijit Çelik Çerçevesi, Merkezi Çelik Çaprazlı Çelik Çerçevesi ve Dışmerkez Çelik Çaprazlı Çelik Çerçevesi yapı olarak dikkate alınarak analiz edilmiştir. Bu tez çalışmasında, Moment Aktaran Çelik Çerçevesi Sistem modeli referans model olmak üzere beş farklı tipte Dışmerkez Çelik Çaprazlı Çelik Çerçeve ve beş farklı tipte Merkezi Çelik Çaprazlı Çelik Çerçevenin davranışı incelenmiş ve çaprazların bağlandığı akslar arası uzunluğun

değişiminin yapıya olan etkisi araştırılmıştır. Bunun için on adet farklı çelik çaprazlı modelin dört adedi yaygın kullanılan çaprazlı çelik çerçeve iken altı adedi farklı/alternatif çaprazlı çelik çerçeve olarak seçilmiştir. Yapılan analizler sonucunda farklı/alternatif çapraz türlerinin hem yatay deplasman sınırı hem de rijitlik açısından tasarım farklılıkları ile yaygın kullanılan çapraz modellerine göre kullanılabilirliği, avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada, bina modellerinin 3 boyutlu analizi SAP2000 programında gerçekleştirilmiştir. Bina modellerine deprem ve rüzgâr yükleri etkilerek 14 katlı X yönünde 5, Y yönünde 4 açıklıklı olan 11 adet farklı çelik taşıyıcı sisteme sahip bina modeli tasarlanmıştır. Bu modeller seçilirken biri referans model olmak üzere, yaygın olarak kullanılan çapraz tiplerinden farklı 6 model ve yaygın kullanılan standart 4 model dikkate alınmıştır. Modellerin biri moment aktaran çerçeve sistem, 6 adedi Dış Merkez Çelik Çaprazlı ve 4 adedi Merkezi Çelik Çaprazlı taşıyıcı sistemlerden oluşturulmuştur. Bu modellerin hesabında Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi kullanılmış olup deprem etkisinde statik analizleri gerçekleştirilmiş ve Mod Birleştirme Yöntemine göre kontrol edilmiştir. Bu analizler sonucunda yapılara ait elde edilen ağırlıklar, deprem kuvvetleri, çelik çaprazlı perdelerin aldığı taban kesme kuvvetleri, periyotlar ve yer değiştirme değerleri incelenerek seçilen modeller arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

1.1. Çelik Yapıların Tarihçesi

Demir ve Çelik dünya tarihinde çok eski dönemlerden beri bilinmekle beraber, yapı malzemesi olarak demirin kullanılabilmesi; çok fazla ham demir ve font üretiminin başlamasını sağlayan 18. yüzyılda İngiltere’de yüksek fırın yönteminin geliştirilmesiyle olmuştur. Demir kullanılarak inşa edilen ilk yapılar köprülerdir (Deren ve ark., 2012).



Şekil 1.1. Çelik üretiminin tarihi

(<https://www.kuark.org/2013/07/sinter-cevher-pelet-ve-demir-uretimi/demircelik/>)

Dünya üzerinde kullanılmış ilk malzeme font olup bu malzemeyi kullanarak inşa edilen ilk köprü 1778'de İngiltere'de Severn Nehir'i üzerindeki yol köprüsüdür (Şekil 1.1.b). 31 metre açıklıklı olan bu köprü bugün halen kullanılmaktadır (Şekil 1.2). Font malzemesinden üretilen kemer köprülerin dönemi çekme mukavemeti büyük olan ve yeni olanaklar sağlayan dövme çeliğin (Şekil 1.3.a), daha sonra da dökme çeliğin kullanılmaya başlaması sonucunda yaklaşık olarak 1875 yılında bitmiştir (Şekil 1.3.b) (Deren ve ark., 2012).



Şekil 1.2. İlk font köprü

(<https://muhendisbey.files.wordpress.com/2012/10/1779coalbrookdalebridge.jpg>)



a) Dövmе çelik

b) Dökme Çelik

Şekil 1.3. Çelik üretim türleri

(<https://ijrnrxhknml5p.leadongcdn.com/cloud/lnBqkKrrSRimmrijnjn/2.jpg>)

Pudlalama fırını metodunun 18. yüzyılın sonlarına doğru İngiltere’de 19. yüzyılın başlarında ise Almanya’da kullanılmaya başlaması ile büyük çapta dövme çelik üretimi yapılmaya başlanmıştır. Bundan sonra da dövme çelik kullanılarak dolu gövdeli ana kirişli ve kafes ana kirişli köprülerin yapımına başlanmıştır. Dövme çeliğin malzeme olarak kullanılması ilk asma köprülere kadar dayanmaktadır. 1846 yılında İngiltere’de Menai Boğazı üzerinde yapılan 140 m açıklıklı, dolu gövdeli, sandık ana kirişli Britannia Köprüsü (Şekil 1.4) dökme çelikten inşa edilen bir demiryolu köprüsüdür (Deren ve ark., 2012).

Elektrikli fırınların 20. yüzyılda kullanıma alınmasından sonra dökme çelik üretiminde artış olmuştur. Dökme çeliğin modern çelik yapılarda ve yapım tekniklerinde kullanılmaya başlamasıyla birlikte büyük ilerlemeler meydana gelmiştir (Deren ve ark., 2012).

**Şekil 1.4.** Britannia Köprüsü

(https://cdn.pixabay.com/photo/2019/12/05/10/02/britannia-bridge-4674706_1280.jpg)

Günümüzde yapısal çelik çok katlı yapılarda, köprülerde, sanayi yapılarında, gökdelenlerde, farklı tasarımlı, serbest kuleler, ankastre direkler, radyo, televizyon verici antenleri, enerji nakil hattı direkleri, ayaklı su deposu, basınçlı borular, yakıt tankları (silindirik ve küresel), silolar, savak ve kanal kapakları, asma sistem çatılar, büyük açıklıklı kubbeler, yürüyen krenler, döner kule vinçler, dubalı vinçler, taşıyıcı iskeleler gibi yapılarda kullanılmaktadır.

1.2. Çelik Yapılarda Deprem Etkisinde Dikkat Edilmesi Gereken Malzeme

Özellikleri

TBDY 2018'e göre yatay yük taşıyıcı sistemin elemanlarında kullanılacak çelik malzemesi aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.

Kullanılan elemanın eğer doğrusal olmayan davranış göstermesi bekleniyorsa yapısal çeliğin akma gerilmesi 355 N/mm^2 'yi geçmemelidir. Ayrıca TBDY 2018-9.4'te belirtilen süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çelik çerçevelerin kolonları hariç olmak üzere, kolonlarda kullanılacak yapısal çeliğin akma gerilmesi ise 460 N/mm^2 'yi geçmemelidir.

Hadde profillerin başlık kalınlığı minimum 40 mm olanlar, levha kalınlığı minimum 50 mm olanlar ve bu levhalardan elde edilen yapma profillerde, ASTM A673 veya eşdeğeri standartlar uyarınca yapılan deneylerde minimum Charpy-V-Notch dayanımı değeri 21° C 'de 27 Nm olacaktır (TBDY 2018).

Yapı elemanlarının birleşimlerinde ve eklerinde yüksek dayanımlı bulonlar tam ön çekme verilerek kullanılacaktır. Eğer birleşimdeki bulon kesme kuvveti etkisinde ise, bulonların dış açılmamış gövde en kesitinin kayma düzleminde olması sağlanacaktır (TBDY 2018).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Korkmaz ve ark. (2008), yaptıkları tasarımda farklı model merkezinden çaprazlı çelik bina modellerini incelemiştir. Modellerde farklı merkezi çaprazlı çelik çerçeve ve ilk kat kolon yüksekliği farklı olan ayrıca ilk katları çaprazsız olan modeller de incelenmiştir. Böylelikle farklı tasarlanmış merkezi çelik çaprazlı çelik yapıların, doğrusal olmayan deprem kuvveti altında davranışlarının analiz edilmesi hedeflenmiştir. Analizlerde, üç farklı çapraz tipi ve dört farklı yapı modeli ele alınmış ve toplam on iki adet merkezi çaprazlı model üzerinde çalışılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; yapı periyotları yakın değerlerde gözlenmiştir. Farklı tasarlanmış çapraz tiplerinin analiz edildiği statik artımsal itme eğrileri incelendiğinde; Ters V ve V tipi çapraz elemanlar kullanılarak rijitleştirilen binanın doğrusal elastik bölgede daha rijit bir eğim ve çok daha iyi bir dayanım sergilediği görülmektedir. Diyagonal tipi çelik çapraz eleman uygulamasında ise yapının elastik ve elastik ötesi bölgede hemen hemen aynı eğilimi takip ettiği, buna bağlı olarak yapının daha sünek bir davranış sergilediği anlaşılmaktadır.

Akgönen (2017) yaptığı çalışmada, merkezi çelik çaprazlı çelik çerçevelerde sünekliği etkileyen durumları incelemiş ve TBDY2018 taslağında bulunan dört farklı merkezi çelik çapraz sistemi (Tek diyagonal çapraz basınç-çekme, X çapraz, V çapraz), ve çaprazsız yüksek sünek moment çerçeve sistemini statik itme analizi ile incelemiştir. Oluşturulan modellerin süneklik kapasiteleri, dayanımları ve nihai yük taşıma kapasiteleri karşılaştırılıp elde edilen sonuçlar yorumlamıştır. Çalışma sonucunda X tipi merkezi çelik çaprazlı çelik çerçeve tasarımının rijitlik ve enerji sönmemesi yönüyle diğer sistemlere göre yatay yük altında performansının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Çavdar (2017), yaptığı çalışmada, farklı çapraz elemanlar kullanılarak oluşturulan üç farklı yapının deprem performansını Eşdeğer Deprem Yüğü çözüm yöntemi kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada kullanılan yapı altı katlı X yönünde dört Y yönünde üç açıklığa sahiptir. Bu yapı, merkezi çaprazlı çerçeve, V çaprazlı çerçeve ve ters V çaprazlı çerçeve olarak modellenmiştir. Burulmayı önlemek amacı ile simetrik yerleştirilen çelik çaprazlı modellerin eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizleri yapılmış, yapı modellerinde periyot, oluşan yer değiştirmeler ve kesitlerde oluşan etkiler modeller arasında karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen

verilerde, tasarlanan V çaprazlı elemanın bu modeller arasında depremde göstermiş olduğu performansın daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Günday (2017), yaptığı bu çalışma ile çelik yapıların çelik çapraz elamanlarla güçlendirilmesinin yapı dinamik davranışına etkilerini ele almaktadır. Bu çalışmada, özellikle rijitlik kavramı üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada analizler SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Moment aktaran çerçeve sistem ve bu modelin X şeklinde güçlendirilen tipi çalışma için kullanılmıştır. Oluşturulan modellerde malzeme lineer elastik kabul edilmiş, zaman tanım alanında hesap yöntemi seçilmiştir. Her iki modelde de kritik olan yani maksimum deplasman, maksimum ivmeye sahip olan 24 numaralı düğüm noktası incelenmiştir. Tasarımları yapılmış modellere El Centro depremi ivme değerleri X yönünde yüklenerak yapının dinamik davranışları gözlemlenmiş ve incelenmiştir.

Türker ve Lekesiz (2017), yaptığı çalışmada Türk Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre tasarlanan çelik endüstri yapılarında farklı çaprazlı sistemlerin çalışma verimliliğini incelemişlerdir. Çalışması yapılan 4 farklı merkezi çaprazlı çelik çerçeve (diyagonal tip, ters-V, X, ve iki katta-X) incelemiştir. Tüm çaprazlı sistem tipleri süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek olarak ayrı ayrı tasarlanmıştır. Yönetmelik olarak ASCE/SEI 41- kriterleri kullanılmıştır. En zayıf performans ters-V tipi çaprazlı sistem olurken diyagonal çapraz ve X tipi çaprazlı modeller daha iyi performans sunmuştur.

Demir (2019) yaptığı çalışmada, yanal yük taşıyıcı sistemi V-tipi dışmerkez çelik çaprazlı çerçeve sistem olan az ve orta katlı binaların sismik performanslarını incelemiştir. Bu amaçla, dışmerkez çelik çaprazlı çerçeve sistemine sahip 3 ve 8 katlı binaların deprem performansları doğrusal olmayan statik itme analizi kullanılarak belirlenmiştir. Statik itme analizi sonucunda hesaplanan elastik olmayan yer değiştirmelerin, her iki binada da ASCE 7-10'da verilen değerlerden daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Statik itme analizi sonucunda hesaplanan kolon eksenel kuvvetlerinin, her iki binada da ASCE 7-10'da verilen değerlerden küçük olduğu görülmüştür.

Yanık (2019), yaptığı çalışmada çelik çapraz sistemler içinde en ideal çapraz sisteminin dışmerkez ters V olduğunu belirlemiştir. Bu sistemin 4 katlı yapılarda uygulanmasının avantajlı olmadığı, 8 ve 12 katlı yapılarda ekonomi ve güvenlik açısından katkı sağladığı anlaşılmıştır. Ayrıca kat sayısı arttıkça çapraz düzenlerin faydasının ve gerekliliğinin arttığı belirtilmiştir. Çünkü moment aktaran çerçeveli

yüksek yapılarda kat ötelenmeleri ideal sınırların dışına çıkmaktadır. Aynı zamanda büyüyen kesitler mimari kullanılabilirliği azaltmaktadır.

Sancioğlu ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, İstanbul'da bulunan beş katlı simetrik çelik bir yapıyı Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY2018) kullanarak analiz etmiştir. Bu yapılar için çaprazlı ve çaprazsız tasarım ve boyutlandırma yapılarak deprem etkisindeki durumları incelenmiştir. Bu yapı statik itme analizine tabi tutulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, çaprazlı çelik elemanlı modellerin çaprazsız çelik elemanlı modellere göre daha rijit olduğu ve dışmerkez çaprazların da eksenel yük taşımaya etkisi sayesinde kullanılan çelik elemanların kesitlerinde küçülme gözlemlenmiş bunun sonucunda da ekonomik ve statik açıdan daha uygun yapılar modellenebilmiştir.



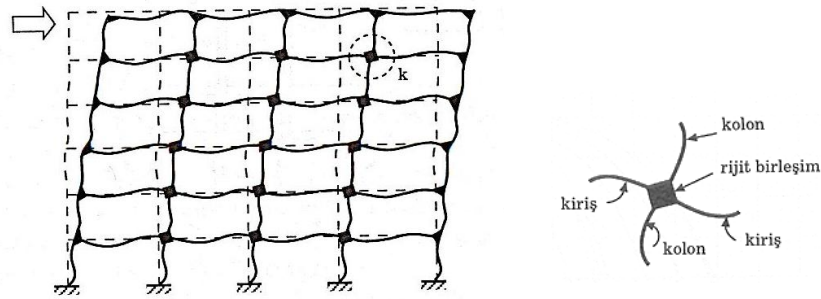
3. ÇELİK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ

Çeliğin deprem yükleri açısından en önemli iki özelliği sünekliği ve tekrarlı elastik ötesi yükleme altında enerji tüketme kapasitesidir. Bu özellikler taşıyıcı sistemler için de geçerlidir. Bir taşıyıcı sisteme etkiyen deprem yükü, bu sisteme bir dış enerji uygulamakta, bu enerjinin karşılığı ise sistemde harcanan plastik enerji ile depolanan deformasyon enerjisi ve kinetik enerji olmaktadır (Deren ve ark, 2012).

Genel olarak bina türü çelik yapılarda deprem yükü gibi yatay yükleri karşılamak için genellikle üç yaygın taşıyıcı sistem kullanılmaktadır. Bunlar; moment aktaran rijit çerçeve sistemler, merkezi çelik çaprazlı çerçeve sistemler ve dışmerkez çelik çaprazlı çerçeve sistemlerdir. Bu taşıyıcı sistemlerin dışında burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçeveler ve çelik veya betonarme perdeli taşıyıcı sistemler de kullanılabilir. Bu farklı taşıyıcı sistemlerin diğer sistemlere göre farklı üstün özellikleri bulunmaktadır.

3.1. Moment Aktaran Rijit Çerçeve Sistemler

Moment aktaran rijit çerçeve sistemleri, birbirlerine rijit olarak bağlanmış kolon ve kiriş elemanlarından oluşmaktadır. Yanal yükler, esas olarak çerçeve elemanlarında ve birleşimlerinde moment ve kesme kuvvetlerinin oluşumu ile karşılanmaktadır. Şekil 3.1'de yatay yük etkisinde moment aktaran rijit çerçevenin davranışı görülmektedir (Deren ve ark., 2012).



Kolon kiriş birleşim detayı

Şekil 3.1. Moment aktaran rijit çerçevelerin yanal yükler altındaki davranışı

Sünek rijit çelik çerçeve sistemleri yüksek süneklik kapasitelerinden dolayı dünya da deprem riski yüksek olan bölgelerde yaygın olarak kullanılmıştır. 1994'te meydana gelen Northridge ve 1995'te meydana gelen Hyogoken Nanbu-Kobe depremlerinden sonra bu tip çelik çerçeve sistemlerinde kolon-kiriş birleşimlerinde

gevrek kırılmaların olduğu gözlenmiş ve bu taşıyıcı sistemler ile ilgili çok sayıda deneysel araştırma yapılmıştır.

TBDY2018’de moment aktaran çelik çerçeveler süneklik düzeyi yüksek ve süneklik düzeyi sınırlı olarak tasarlanabilmektedir. Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeveler; “deprem etkileri altında kirişlerinin önemli ölçüde, kiriş-kolon birleşimlerinin kayma bölgesinin ise sınırlı miktarda doğrusal olmayan şekil değiştirme yapabilme özelliğine sahip olduğu taşıyıcı sistemler” olarak, süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çelik çerçeveler ise “deprem etkileri altında kirişlerin, kolonların ve kiriş-kolon birleşimlerinin kayma bölgesinin sınırlı miktarda doğrusal olmayan şekil değiştirme yapabilme özelliğine sahip olduğu taşıyıcı sistemler” olarak tanımlanmaktadır. Aşırı deprem yükleri altında plastik mafsalların kirişlerde oluşması ile ortaya çıkan göçme mekanizması durumunda daha çok enerji tüketilmekte ve yumuşak kat mekanizması önlenmektedir. Bu nedenle, süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçevelerde kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulu (kuvvetli kolon-zayıf kiriş ilkesi) TBDY2018-Madde 9.3.2’de Denklem 3.1’de görüldüğü gibi “kolon eğilme momenti kapasitelerinin toplamının kiriş eğilme momenti kapasitelerinin toplamına oranı 1’den büyük olmalıdır” şeklinde bulunmaktadır.

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1.0 \quad (3.1)$$

Bu denklemde, M_{pc}^* kolon eğilme momenti kapasitelerini, M_{pb}^* kiriş eğilme momenti kapasitelerini göstermektedir.

TBDY2018’e göre süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçevelerin kiriş-kolon birleşimlerinde ise aşağıdaki üç koşulun sağlanması gerekmektedir.

- Birleşimin en az 0.04 radyan görelî kat ötelemesi açısını (görelî kat ötelemesi/kat yüksekliği) sağlayabilecek kapasitede olması gerekmektedir.
- Birleşimin kolon yüzündeki M_{uc} gerekli eğilme momenti dayanımı, TBDY2018-Ek 9B’de tanımlanan detaylarda, düğüm noktasına birleşen kirişin olası plastik eğilme momenti, M_{pr} ile kiriş ucundaki olası plastik mafsallın yeri dikkate alınarak, Denklem 3.2 ile hesaplanacak eğilme momenti dayanımından daha az olmayacaktır.

$$M_{uc} = M_{pr} + V_{uc}l_h \quad (3.2)$$

Bu denklemde, V_{uc} kiriş-kolon birleşiminin kolon yüzündeki gerekli kesme kuvveti dayanımını, l_h kiriş ucundaki olası plastik mafsallık noktasının kolon yüzüne uzaklığını göstermektedir.

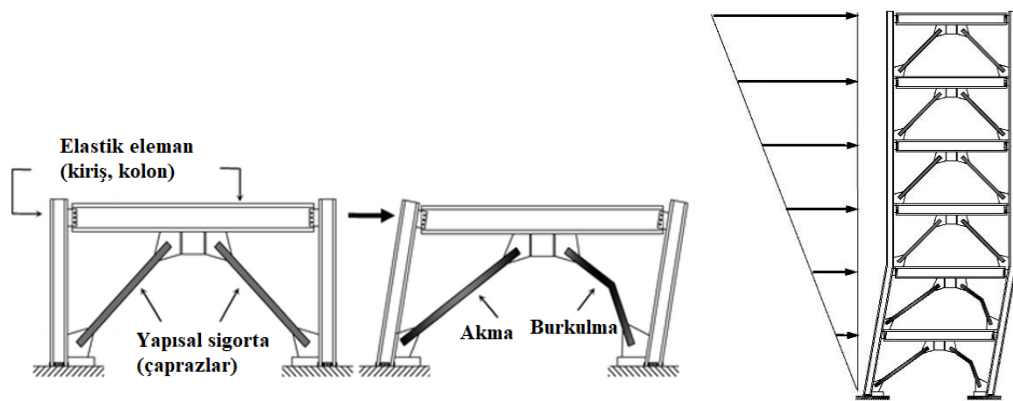
- Birleşimin boyutlandırılmasında kullanılacak V_{uc} kesme kuvveti, akma (mekanizma) durumu esas alınarak belirlenen kesme kuvveti ile kiriş ucundaki plastik mafsallık noktalarında $(1.2G + 0.5Q + 0.2S)$ yük birleşimi altında hesaplanacak kesme kuvveti toplanarak Denklem 3.3'teki formül ile elde edilecektir. Gerekli kesme kuvveti dayanımının belirlenmesinde, kirişin plastik mafsallık ve kolon yüzü arasındaki bölümü için, düşey yüklerden gelen ilave kesme kuvvetinin katkısı da dikkate alınabilir.

$$V_{uc} = V_d \pm (M_{pri} + M_{prj})/l_n \quad (3.3)$$

Kiriş kolon birleşimi ve kayma bölgesi ile ilgili diğer detaylar TBDY2018-Bölüm 9.3.4.2, 9.3.4.3, 9.3.4.4 ve 9.3.4.5'te bulunmaktadır.

3.2. Merkezi ve Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeveseler

Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler, moment aktaran çelik çerçeve sistemlere göre oldukça büyük yanal elastik rijitliğe sahiptir. Moment aktaran çerçeveler ise merkezi çaprazlı çerçevelere göre daha yüksek sünekliliğe ve enerji yutma kapasitesine sahiptirler (Demir, 2019). Uygun şekilde tasarlanmış ve imal edilmiş sünek moment aktaran çelik çerçeveler ciddi sünek davranış sergilemelerine rağmen düşük yatay rijitlikleri nedeniyle tasarımı çoğunlukla görelî kat öteleme kontrol etmektedir. Merkezi çelik çaprazlı çerçeveler ise yüksek yatay rijitliğe sahip olmalarına rağmen çaprazların burkulması (Şekil 3.2) bu sistemlerin enerji tüketme kapasitesini sınırlandırmaktadır.



Şekil 3.2. Merkezi çelik çaprazların burkulması (Demir, 2019)

Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin özelliği ise, moment aktaran çelik çerçevelerin sünekliliği ve enerji yutma kapasitesi ile merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin yanal elastik rijitliğini birleştirebilmesidir. Bu çerçeveler, merkezi çaprazlı çerçevelerin aksine kolon-kiriş birleşim noktasına veya çapraz elemanların kesişim noktaları arasında belirli bir eksantirisite verilerek oluşturulmaktadır. Eksantirisite kiriş üzerinde verilmekte ve bu çerçevelerde, bağlantı (bağ) kirişi adı verilen bir link elemanı ortaya çıkmaktadır. Bu eleman sistemde enerjinin kararlı bir şekilde sönmülmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler yeterli yatay rijitliğin sağlanabildiği sistemlerdir. Dışmerkez çelik çaprazlı perdelerin çalışma prensibi kapasite tasarımı ilkesine göre şiddetli deprem etkisi altında elastik ötesi davranışın tamamının bağ kirişi tarafından karşılanması ve bağ kirişi dışında kalan diğer tüm elemanların elastik sınırlar içinde kalması şeklindedir.

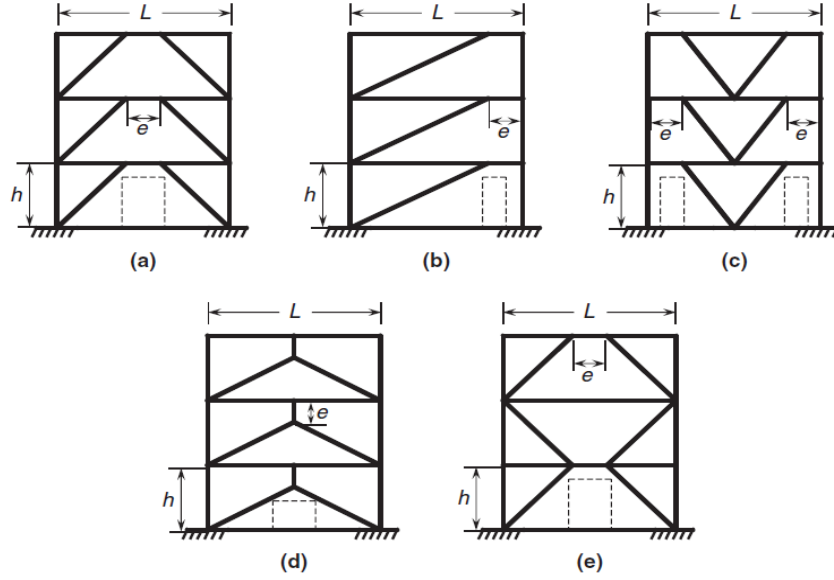
Kullanılacak çelik çapraz türlerinin belirlenmesinde mevcut yönetmeliklerin sınırları içinde olmak kaydı ile kullanım amacı, mimari kaygı (Şekil 3.3) ve mimari gereksinim gibi (kapı, pencere, koridor için gerekli boşluklar vb.) durumlarda tasarım farklılıklarına gidilebilmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Mimari estetik katan çelik çerçeve

(https://www.mdpi.com/buildings/buildings-09-00193/article_deploy/html/images/buildings-09-00193-g017.png)

Mafsallı veya moment aktaran biçimdeki çelik çerçevelere merkezi ya da dışmerkez çelik çaprazların da ilave edilmesiyle oluşturulan çelik yapılar yatay yük taşımak için tasarlanmıştır. Bu tür sistemlerin yatay yük taşıma kapasiteleri eğilme dayanımlarının yanı sıra, fazlasıyla veya tümüyle elemanların aksenal kuvvet dayanımları ile sağlanmaktadır.



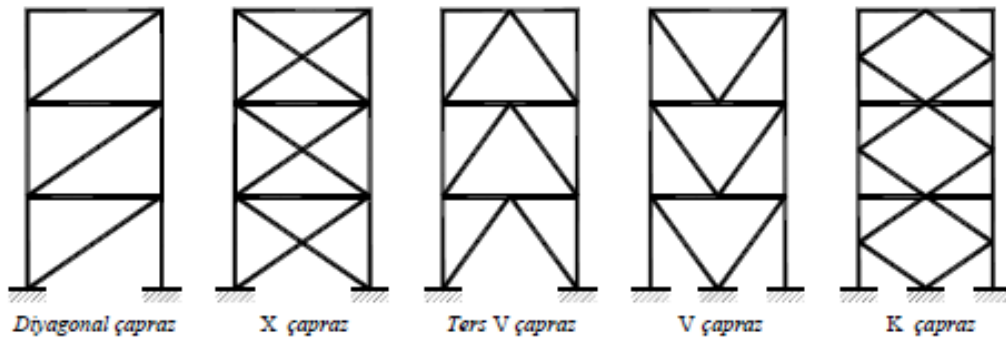
Şekil 3.4. Çaprazlı çerçevelerde mimari boşlukların bulunduğu bölge örnekleri

(<https://slideplayer.biz.tr/slide/2966829/11/images/65/dkts%e2%80%99lerde+s%c3%9cnekl%c4%b0k+kaavrımı.jpg>)

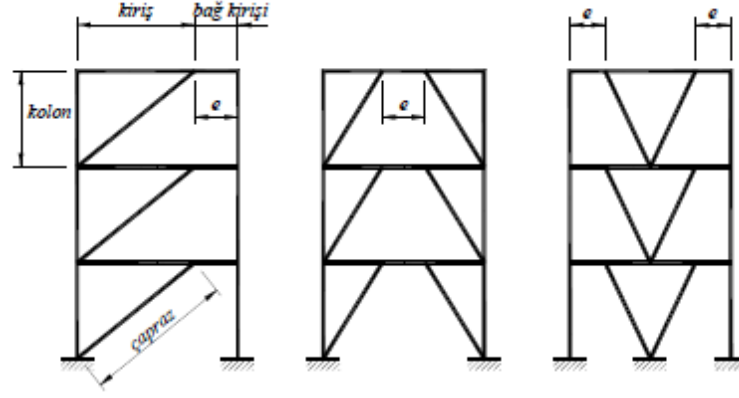
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018’de çaprazlı çelik çerçeveler, kullanılan çaprazların düzenine bağlı olarak ikiye ayrılmaktadır.

(a) Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (Şekil 3.5).

(b) Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler (Şekil 3.6).



Şekil 3.5 Merkezi çaprazlı çelik çerçeve türleri (TBDY 2018)



Şekil 3.6. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve türleri (TBDY 2018)

Geleneksel çerçevesel sisteme çapraz elemanların ilave edilmesi durumunda bu sistem “eğik elemanlı çerçeve sistem” olarak adlandırılmaktadır. Moment aktaran rijit çerçeve sistemlerinin en zayıf yönü olan ve bu tür sisteme sahip yapıların yıkılmalarına sebep olabilen rölatif kat ötelenmeleri, çekme ve basınç etkisinde kalan çok farklı düzenlemelerdeki çapraz elemanlar ile sınırlandırılmaktadır. Yerleştirilen eğik elemanlar genellikle bileşik eğilme etkisinde kalmaktadırlar. Ancak, eğilme momentleri merkezi yük yanında küçük kaldığından pratik ihtiyaçlar için bu elemanların merkezi basınç ya da merkezi çekmeye göre boyutlandırılmaları problem oluşturmamaktadır (Durgun ve ark., 2013, Altınağaç, 2016).

Rijit ya da mafsallı çerçeve yapılarda yatay yükler çapraz elemanlar tarafından karşılanabilmektedir. Bu elemanlar kolonlarla beraber kafes kiriş gibi davranmaktadır. Binaya etkiyen yatay yükler (basınç ve çekme) yatay bileşenler tarafından karşılandığı için, çapraz elemanlı sistemler, yatay yük altında yüksek dayanım gösterebilmektedir (Han ve ark., 2017). Çerçeve düğüm yerlerine çaprazların merkezi olarak bağlantı yapıldığı merkezi çelik çaprazlı çelik çerçeveler (Şekil 3.7) süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi sınırlı sistem olarak boyutlandırılırken dışmerkez olarak bağlantı yapıldığı dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler ise süneklik düzeyi yüksek sistem olarak boyutlandırılacaklardır (TBDY 2018).



Şekil 3.7. Merkezi çaprazlı çerçeve uygulama örneği
(<https://www.pinterest.co.uk/pin/371054456775224017/>)

3.2.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler









Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (Şekil 3.8), basınç etkisindeki çapraz elemanların bazılarının burkulması halinde dahi, sistemde önemli ölçüde dayanım kaybı meydana gelmeyecek şekilde boyutlandırılmaktadırlar. Bu hususta aşağıdaki tasarım kurallarına dikkat edilmelidir (TBDY 2018).



Şekil 3.8. Merkezi çaprazlı çelik çerçeve uygulama örneği
(<https://previews.agemotostock.com/previewimage/medibigoff/1e9e1d2f1157f2754323cb4ed68c4ece/x8h-2528110.jpg>)

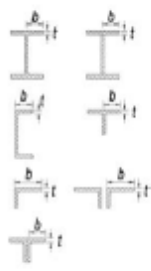


-Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında, başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranları TBDY2018-Tablo 9.3'te verilen (Şekil 3.9) λ_{hd} sınır değerlerini aşmayacaktır.

-Binanın bir aksı üzerindeki merkezi çapraz sistemi elemanları, o aks doğrultusundaki her iki deprem yönünde etkiyen yatay kuvvetlerin en az %30'u ve en çok %70'i basınca çalışan çaprazlar tarafından karşılanacak şekilde düzenlenecektir.

Eleman Tanımı	Narinlik Oranı	Sınır değerler		Açıklama
		Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar, λ_{hd}	Süneklik Düzeyi Sınırlı Elemanlar, λ_{md}	
Dikdörtgen kutu kesitler	b/t			
Yapma dikdörtgen kutu kesitler ve I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilmiş kesitlerin başlıkları	b/t	$0.55 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.64 \sqrt{\frac{E}{F_y}}^{[a]}$	
I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilmiş kesitlerin yan levhaları ve çapraz eleman olarak kullanılacak yapma kutu kesitler	h/t			
Çapraz eleman olarak kullanılacak I veya yapma I kesitlerin gövdeleri	h/t_w	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Kiriş veya kolon olarak kullanılacak I veya yapma I kesitlerin gövdeleri ^(b)	h/t_w	$C_a \leq 0.125$ ise $2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 0.93 C_a)$	$C_a \leq 0.125$ ise $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 2.75 C_a)$	
Kiriş veya kolon olarak kullanılacak I profilinden kutu şeklinde teşkil edilen enkesitlerin yan levhaları	h/t	$C_a > 0.125$ ise $0.77 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (2.93 - C_a) \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$C_a > 0.125$ ise $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (2.33 - C_a) \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Kiriş veya kolon olarak kullanılacak yapma kutu enkesitlerin gövdeleri	h/t	$C_a - \frac{\Omega_c P_n}{F_y A} \cdot \Omega_c - 1.67$ (GKT)	$C_a - \frac{P_n}{\phi_c (F_y A)} \cdot \phi_c - 0.90$ (YDKT)	
Boru enkesitli elemanlar	D/t	$0.038 \frac{E}{F_y}$	$0.044 \frac{E}{F_y}^{[c]}$	

Şekil 3.9. TBDY2018'e göre çelik elemanlardaki en kesit koşulları (TBDY 2018-Tablo 9.3)

Tablo 9.3 (devamı)

Eleman Tanımı	Narinlik Oranı	Sınır değerler		Açıklama
		Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar, λ_{hd}	Süneklik Düzeyi Sınırlı Elemanlar, λ_{md}	
Rijitleştirilmemiş Elemanlar I veya yapma I kesitlerin başlıkları, U veya T kesitler, komiyer (L) veya aynı çift komiyerlerin kolları, sürekli birleşik çift komiyerlerin kolları	b/t	$0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Kompozit Elemanlar Kutu enkesitli kompozit elemanların cidarları	b/t	$1.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Boru enkesitli kompozit elemanların cidarları	D/t	$0.076 \frac{E}{F_y}$	$0.15 \frac{E}{F_y}$	

¹⁾ Kiriş veya kolon olarak kullanılan dikdörtgen kutu enkesitlerde, yapma kutu enkesitler ve I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilen kesitlerin başlıklarında enkesit koşulunun sınır değeri $1.12 \sqrt{E/F_y}$ olarak alınacaktır.

²⁾ $C_x \leq 0.125$ için süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerdeki I kesitlerde, enkesit koşulunun (h/t_w) sınır değeri $2.45 \sqrt{E/F_y}$ 'yi aşamaz. $C_x \leq 0.125$ için süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çerçevelerdeki I kesitlerde ise enkesit koşulunun (h/t_w) sınır değeri $3.76 \sqrt{E/F_y}$ 'yi aşamaz.

³⁾ Kiriş veya kolon olarak kullanılan boru profillerdeki enkesit koşulunun sınır değeri $0.07E/F_y$ olarak alınabilir.

Şekil 3.9-devamı. TBDY2018'e göre çelik elemanlardaki en kesit koşulları (TBDY 2018-Tablo 9.3)

3.2.2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler

Süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin boyutlarının belirlenmesinde uygulanması gereken kurallardan bir kısmı aşağıda belirtilmiştir (TBDY 2018).

-Süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında, başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranları TBDY 2018-Tablo 9.3'te verilen (Şekil 3.9) λ_{md} sınır değerlerini aşmayacaktır.

-Çapraz elemanlarda $KL / i \leq 200$ narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) sağlanacaktır. Ancak, V veya ters V şeklindeki çapraz düzenleri kullanılması durumunda, narinlik oranı için $4.0 \sqrt{E/F_y}$ koşuluna uyulacaktır.

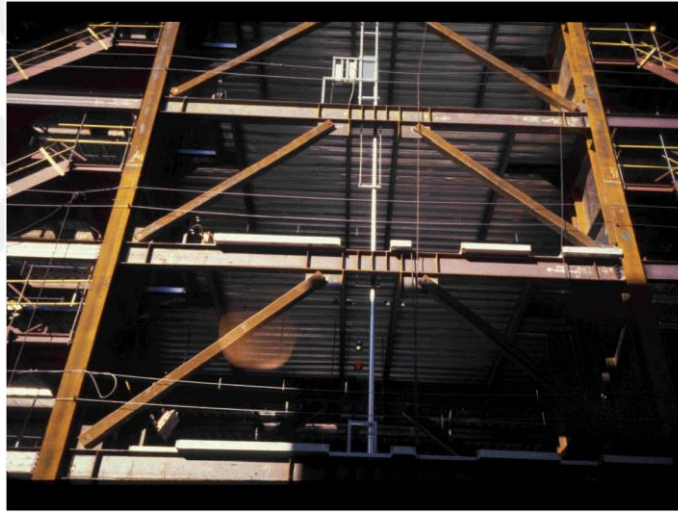
-Çaprazların yok sayılması durumunda bağlandığı kirişlere gelen düşey yüklerin güvenle taşındığı gösterilecektir.

-K şeklindeki (çaprazların kolon orta noktasına bağlandığı) çapraz düzenine süneklik düzeyi sınırlı olan merkezi çaprazlı çelik çerçevelerde izin verilmez.

-Süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelerde çaprazlar çekmeye çalıştırılabilir. Ancak, sadece çekme kuvveti altında boyutlandırılan çaprazlarda narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) 300'ü aşmayacaktır.

3.2.3. Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeveler

Dışmerkez çelik çaprazlı çerçeveler yüksek elastik rijitliğe sahip olmalarının yanında çevrimsel yatay yükler altındayken stabilleşmiş inelastik davranış, yüksek oranda süneklik ve enerji sönmleme kapasitesine sahiptir. Bu nedenle yüksek depremsel hareketliliğe sahip olan bölgeler için oldukça uygun taşıyıcı sistemlerdir (Deren ve ark., 2012). Şekil 3.10'da dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve uygulaması görülmektedir.

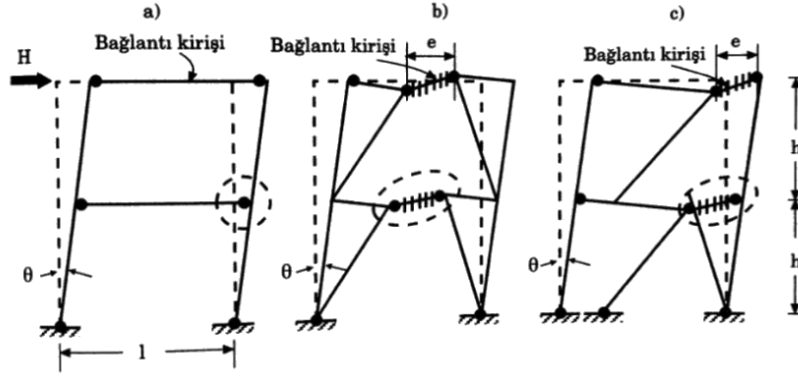


Şekil 3.10. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve

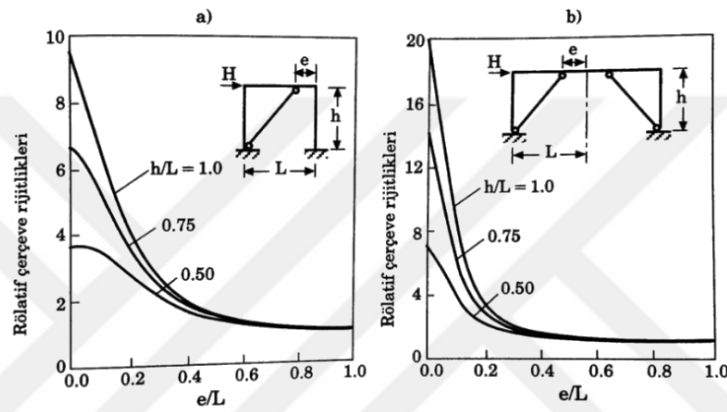
(<https://slideplayer.com/slide/1566151/5/images/70/Eccentrically+Braced+Frames+%28EBFs%29.jpg>)

Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler, deprem etkileri altında bağ kirişlerinin önemli ölçüde doğrusal olmayan şekil değiştirme yapabilme özelliğine sahip olduğu yatay yük taşıyıcı sistemlerdir.

Dışmerkez çelik çaprazlı perdelerin (Şekil 3.11) çaprazlanmamış rijit çerçeve sistemlerine yanal rijitlik açısından üstünlüğü, Şekil 3.12'nin incelenmesinden açıkça görülmektedir (Deren ve ark., 2012).

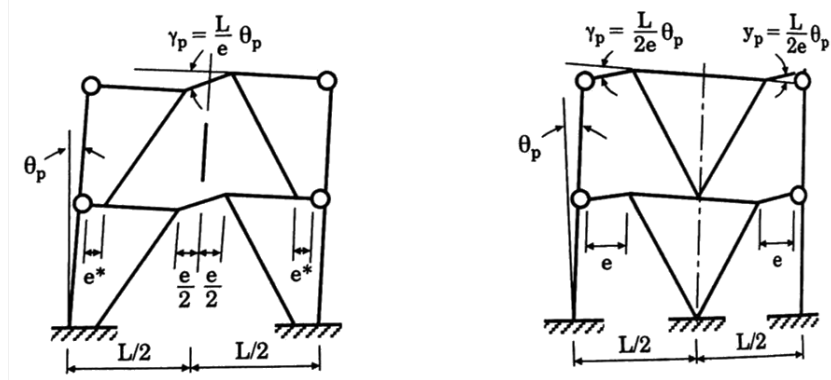


Şekil 3.11. Dışmerkez çaprazlı çerçevelerin yanal rijitlikleri (Deren ve ark. 2012)



Şekil 3.12. Rölatif çerçeve rijitlikleri (Deren ve ark. 2012)

Şekil 3.12'deki (a) ve (b) diyagramlardan (e/L) oranının 1'e yaklaşması, yani çaprazlanmamış rijit çerçeve sistemlerine doğru giden grafikte yanal rijitlik dışmerkez çelik çaprazlı çelik çerçeve ve merkezi çelik çaprazlı çelik çerçevelere göre daha az seviyeye inmiştir. Çelik çapraz eklenmemiş rijit çerçevelerle dışmerkez çelik çaprazlı çelik çerçeveler, elastik olmayan davranış bakımından karşılaştırıldığında, Şekil 3.11'de görülen davranış ortaya çıkmaktadır. Her iki sistemde aynı θ yanal açısal sapması için farklı sünek davranış göstermektedir. Çelik çapraz eklenmemiş rijit çerçeve sisteminde plastik mafsallar θ kadar dönme yapmış olmalarından dolayı sünek davranış diğerlerine göre en azdır. Buna karşılık dışmerkez çelik çaprazlı çelik çerçeve sistemlerinde, bağ kirişi önemli oranda plastik mafsalda dönmeler meydana getirmiştir. Şekil 3.13'te farklı dışmerkez çapraz kullanılması durumunda yatay yük etkisinde davranış görülmektedir (Deren ve ark., 2012).



Şekil 3.13. Bağ kirişi bölge farklılıklarının dönmeye etkisi

Dışmerkez çelik çaprazlı perde sistemlerin tasarımında iki önemli kriter şu şekildedir:

- İn elastik davranışı bağlantı kiriş üzerine sınırlandırmak.
- Bağlantı kirişinin bağlandığı çerçeve sistemini, bağ kirişinden gelecek maksimum kuvvetlere göre boyutlandırmak.

Bu kriterlere göre yapılan boyutlandırma, bağ kirişinin sünek “sismik sigorta” olarak davranmasını sağlamakta ve bağ kirişinin bağlandığı çerçeve sisteminin bütünlüğünü korumaktadır (Deren ve ark., 2012). Şekil 3.14’te elastik ötesi yüklemde yatay yük etkisi altında deformasyona uğramış bir bağ kirişi görülmektedir.



Şekil 3.14. Bağ kirişinin yatay yük etkisi altındaki deformasyonu (<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSIxb1618XgDak70Lv-Sc8FzHHu-G6ucSjBHA&usqp=CAU>)

Bu konuda TBDY2018’de dışmerkez çelik çaprazlı sistemlerin, bağ kirişlerinin plastik şekil değiştirmesi sırasında, kolonların, çaprazların ve bağ kirişi dışındaki diğer

kirişlerin elastik bölgede kalması sağlanacak şekilde boyutlandırılacağı belirtilmektedir. TBDY2018'e göre aşağıdaki tasarım kurallarına dikkat edilmelidir (TBDY 2018):

-Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında, başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranları TBDY 2018-Tablo 9.3'te verilen (Şekil 3.9) λ_{hd} sınır değerini aşmayacaktır.

-Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerde, her çapraz elemanın en az bir ucunda bağ kirişi bulunacaktır.

- Bağ kirişinin gövde levhası tek parçalı olacak, gövde düzlemi içinde takviye levhaları bulunmayacaktır. Gövde levhasında boşluk açılmasına izin verilmez.

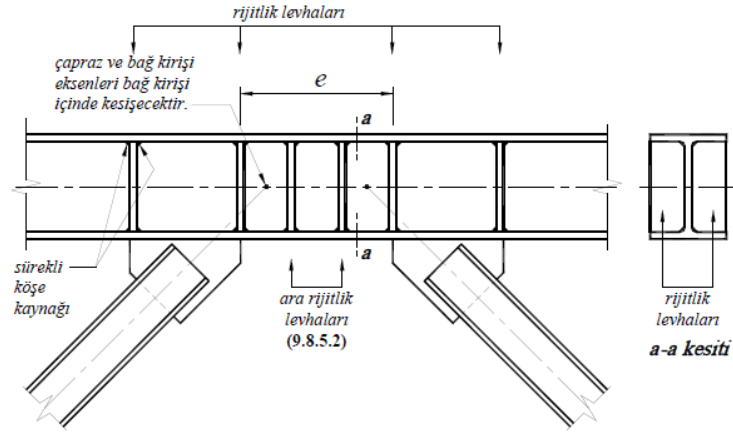
-Bağ kirişi geniş başlıklı hadde I profili veya yapma I en kesitli olacaktır. Yapma en kesitli bağ kirişi kullanılması durumunda, başlık ve gövde levhası birleşimleri tam penetrasyonlu küt kaynak ile sağlanacaktır.

-Çapraz elemanların bağ kirişine ve uzantılarına doğrudan yük aktardığı uçlarında rijitlik levhaları düzenlenecektir. Rijitlik levhaları, aksi belirtilmedikçe, bağ kirişi gövde levhasının her iki tarafına konulacak, gövde levhası yüksekliğinde ve $(b_{bf} - t_w)/2$ genişliğinde olacaktır (Şekil 3.15 ve 3.16). Rijitlik levhalarının kalınlığı, gövde levhası kalınlığının 0.75'inden ve 10 mm'den az olmayacaktır. Rijitlik levhalarını bağ kirişinin gövdesine bağlayan sürekli köşe kaynakları, rijitlik levhasının en kesit alanı ile malzeme akma gerilmesinin çarpımından oluşan kuvvetleri aktaracak kapasitede olacaktır.



Şekil 3.15. Bağ kirişi ve rijitlik levhası uygulama örneği ([https://encrypted-](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRVpz4gHxuuIJJAR4K619JqTyHuSa9ulHlsYRWwizPlvREZ7nBB3XdIE06Ie3OGK4eSeL8&usqp=CAU)

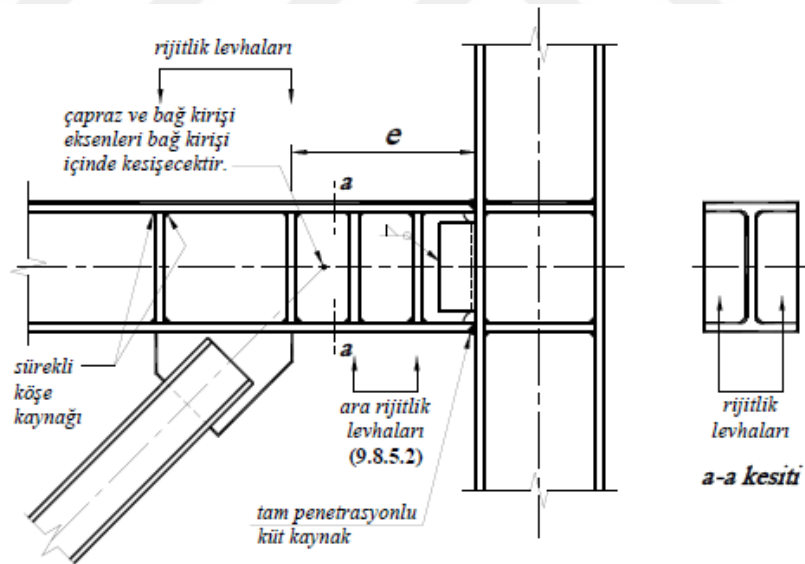
[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRVpz4gHxuuIJJAR4K619JqTyHuSa9ulHlsYRWwizPlvREZ7nBB3XdIE06Ie3OGK4eSeL8&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRVpz4gHxuuIJJAR4K619JqTyHuSa9ulHlsYRWwizPlvREZ7nBB3XdIE06Ie3OGK4eSeL8&usqp=CAU))



Şekil 3.16. Kirişin içinde düzenlenen bağ kiriş (TBDY2018)

-Bağ kiriş uçlarındaki rijitlik levhalarına ek olarak, ara rijitlik levhaları kullanılacaktır (Şekil 3.16).

-Bağ kirişinin kolona bağlantısında kaynaklı moment aktaran birleşim detayı kullanılacaktır. Bağ kirişinin başlıklarının kolona bağlantısı için tam penetrasyonlu küt kaynak uygulanacaktır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Kolona birleşen bağ kiriş (TBDY 2018)

Ara rijitlik levhaları tasarlanırken yeterli miktarda kullanılmasına dikkat etmek gerekmektedir. Rijitlik levhası kullanılmayan bağ kirişinde kesme kuvveti etkisiyle gövdede yerel burkulma malzemenin yorulmasından dolayı çok erken meydana gelirken, çok fazla ara rijitlik levhası kullanılması yerel burkulmayı geciktirmektedir. Ara rijitlik levhaları aynı zamanda bağ kirişin önemli ölçüde enerji sönmlemesine de yardımcı olmaktadır.

3.2.3.1. Bağ kirişi tasarımı esasları

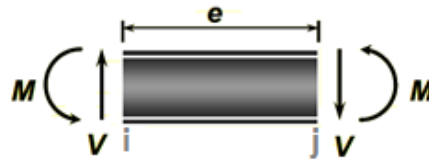
TBDY2018'e göre bağ kirişleri, deprem etkilerini içeren yük birleşimleri esas alınarak hesaplanan iç kuvvetler (eğilme momenti, aksenal kuvvet ve kesme kuvveti) altında boyutlandırılmalıdır. $P_r/P_y \leq 0.15$ olması durumunda, bağ kirişinin plastik kesme dayanımı V_p denklem (3.4) ile, plastik eğilme dayanımı M_p ise denklem (3.5) ile belirlenmektedir (TBDY 2018).

$$V_p = 0.6F_y A_w \quad (3.4)$$

$$M_p = F_y W_p \quad (3.5)$$

Bu denklemlerde, F_y : Yapı eliğinin karakteristik akma gerilmesi, A_w : Gövde en kesit alanı, W_p : Plastik mukavemet momenti, P_r : Gerekli aksenal kuvvet dayanımı, P_y : Akma sınır durumunda aksenal kuvvet dayanımıdır.

Eksenal yük etkisi ve eğilme momenti ile kesme kuvvetinin karşılıklı plastik etkileşimi ihmal edilirse, M_i ve M_j momentlerinin her ikisi de M_p plastik momentine ulaşınca, bağlantı elemanının her iki ucunda plastik mafsallar oluşur. V kesme kuvveti, V_p plastik kesme kuvveti taşıma kapasitesine ulaşınca da kesme mafsalının oluştuğu söylenebilir (Deren ve ark., 2012). Bağ kirişlerinde dengeli durum için bağ kirişi uzunluğu 'e' denklem (3.6) ile hesaplanabilmektedir.



şekil 3.18. Bağ kirişi için denge konumu

$$e = \frac{2M}{V} \quad (3.6)$$

$V = V_p$ ve $M = M_p$ olduğu durumlarda kesme ve eğilme akması aynı anda gerçekleşir. Bu durumda bağ kirişi uzunluğu Denklem (3.7) ile belirlenebilir.

$$e_o = \frac{2M_p}{V_p} \quad (3.7)$$

$V = V_p$ ve $M < M_p$ olduğu durumlarda kesme akması meydana gelecektir. Bu durumda e_o bağ kirişi uzunluğundan daha kısa bağ kirişlerinde kesme etkisi altında plastik mafsal oluşur (Denklem (3.8)). Kesme akması bağ kirişin gövdesinde bağ kirişi boyunca oluşmaktadır.

$$e \leq \frac{2M_p}{V_p} \quad (3.8)$$

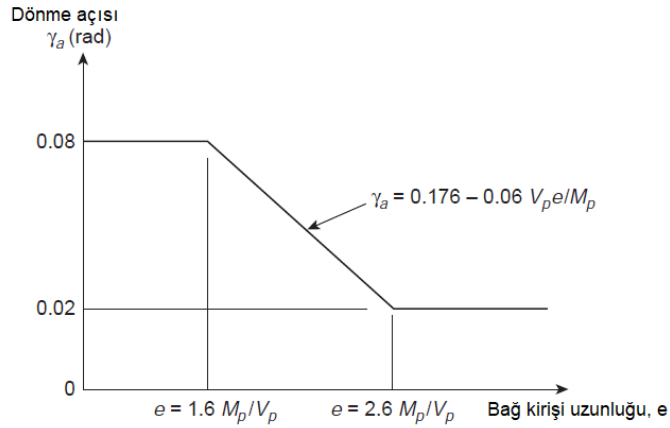
$V < V_p$ ve $M = M_p$ olduğu durumlarda eğilme akması oluşur. Bu durumda e_0 bağ kirişi boyundan daha uzun bağ kirişlerinde eğilme momenti plastik mafsalı oluşmaktadır (Denklem (3.9)). Eğilme akması bağ kirişi uçlarında gerçekleşmektedir.

$$e \geq \frac{2M_p}{V_p} \quad (3.9)$$

Yapılmış olan deneysel çalışma sonuçlarına göre, yeterli seviyede rijitleştirilmiş kısa bağ kirişleri, gerilme pekleşmesi bölgesine girerek ($1,5 \times V_p$) değerine eşit kesme kuvveti değeri taşıyabilmektedirler. Kesme akmasına maruz kalmış olan bağ kirişinin uç momentleri, gerilme pekleşmesi nedeniyle artmaya devam edebilir ve böylece bağ kirişi uçlarında plastik mafsallar oluşur. Yüksek aksenal deformasyon nedeniyle, bağlantı kirişi başlıklarında düşük tekrarlı yorulma sonucu yırtılma oluşmaması için, bu uç momentlerindeki gerilme pekleşmesinden dolayı artış ($1,2 \times M_p$) değeri ile sınırlandırılmaktadır. Bu durumda, kesme akmasına maruz kalmış bir bağ kirişinin denklem (3.7) ile belirlenen maksimum uzunluğu 'e' denklem (3.10)'daki şekilde değiştirilir (Deren ve ark., 2012).

$$e = \frac{2 \times (1,2 M_p)}{V_p} = \frac{1,6 M_p}{V_p} \quad (3.10)$$

Buna göre, bağ kirişi uzunluğunun $e \leq 1,6 M_p / V_p$ olması durumunda kesme akması (kısa bağ kirişi), bağ kirişi uzunluğunun $1,6 M_p / V_p \leq e \leq 2,6 M_p / V_p$ arasında olması durumunda birleşik etki (eğilme ve kesme) etkin (orta uzunlukta bağ kirişi) ve bağ kirişi uzunluğunun $e \geq 2,6 M_p / V_p$ olması durumunda eğilme etkin (uzun bağ kirişi) söz konusudur. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, dışmerkez çelik çaprazlı perdelerin plastik deformasyon kapasitesi, uzun bağ kirişi ($e > e_0$) ile önemli oranda azalmakta, $(1,6 \times M_p / V_p) < e < (2,6 \times M_p / V_p)$ halinde, bağlantı kirişi aynı anda eğilme ve kesme akmasına maruz kalmaktadır (Deren ve ark., 2012). Şekil 3.19'da bağ kirişinin uzunluğuna bağlı olarak bağ kirişi deformasyon kapasitesi, dönme açısı görülmektedir.



Şekil 3.19. Bağ kirişi uzunluğuna bağlı olarak bağ kirişi deformasyon kapasitesi (Bruneau ve ark., 2011)

Kısa bağ kirişi kullanılması durumunda dayanım, rijitlik ve süneklik açısından yapının geneli için en iyi performansı sağlanmaktadır. Uzun bağ kirişleri kullanılması durumunda ise düşük dayanım, rijitlik ve süneklik sağlanabilmektedir. Bundan dolayı uzun bağ kirişlerinin kullanımı ancak mimari gereklilikler sonucu söz konusu olabilir (Demir, 2019).

TBDY2018'e göre kolona birleşen bağ kirişinin uzunluğu denklem (3.10) koşulunu sağlayacaktır. Bağ kirişinin dönme açısı değerleri (Şekil 3.20) herhangi bir kat için denklem (3.11) ve (3.12) kullanılarak hesaplanır.

$$\gamma_p = \theta_p \frac{L}{e} \quad (3.11)$$

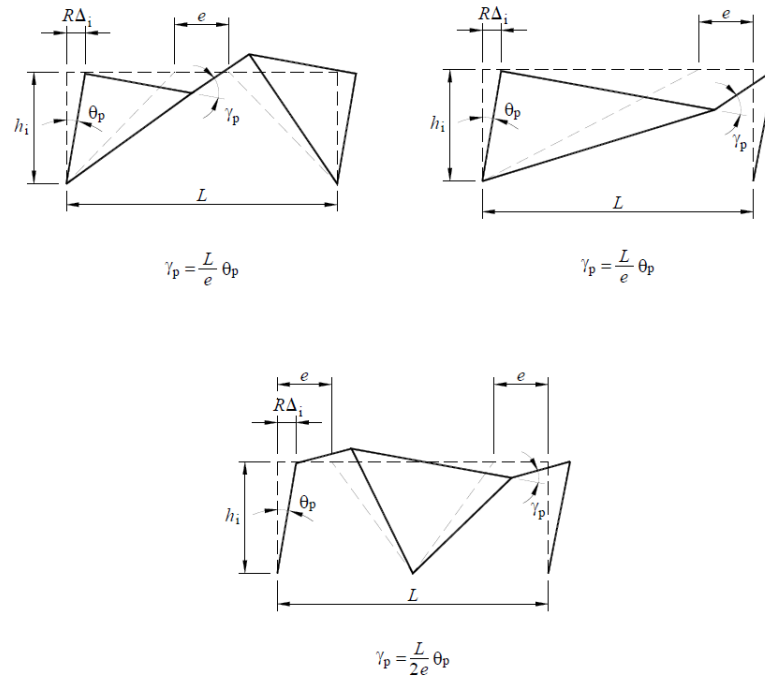
$$\theta_p = R \frac{\Delta_p}{h} \quad (3.12)$$

Denklem (3.11) ile bulunan görelî kat ötelemesi açısından dolayı, bağ kirişi ile bu kirişin uzantısındaki kat kirişi arasında meydana gelen γ_p bağ kirişi dönme açısı aşağıdaki sınır değerleri aşmayacaktır (Şekil 3.20) (TBDY 2018).

(a) Bağ kirişi uzunluğunun $1.6M_p/V_p$ 'ye eşit veya daha küçük olması halinde 0.08 radyan.

(b) Bağ kirişi uzunluğunun $2.6M_p/V_p$ 'ye eşit veya daha büyük olması halinde 0.02 radyan.

Bağ kirişi uzunluğunun bu iki sınır değer arasında olması halinde doğrusal interpolasyon yapılacaktır.

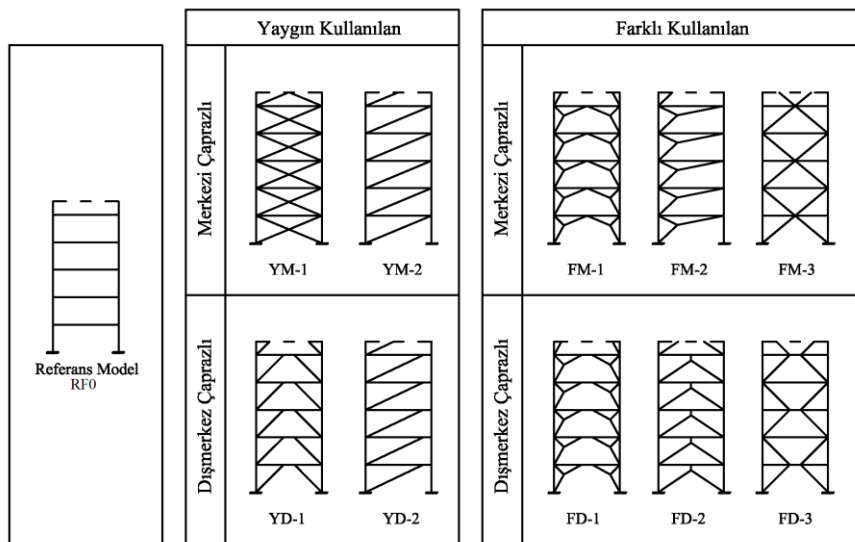


Şekil 3.20. Bağ kirişindeki dönme açıları

4. FARKLI ÇELİK ÇAPRAZLI ÇOK KATLI ÇELİK BİNA MODELLERİNİN ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

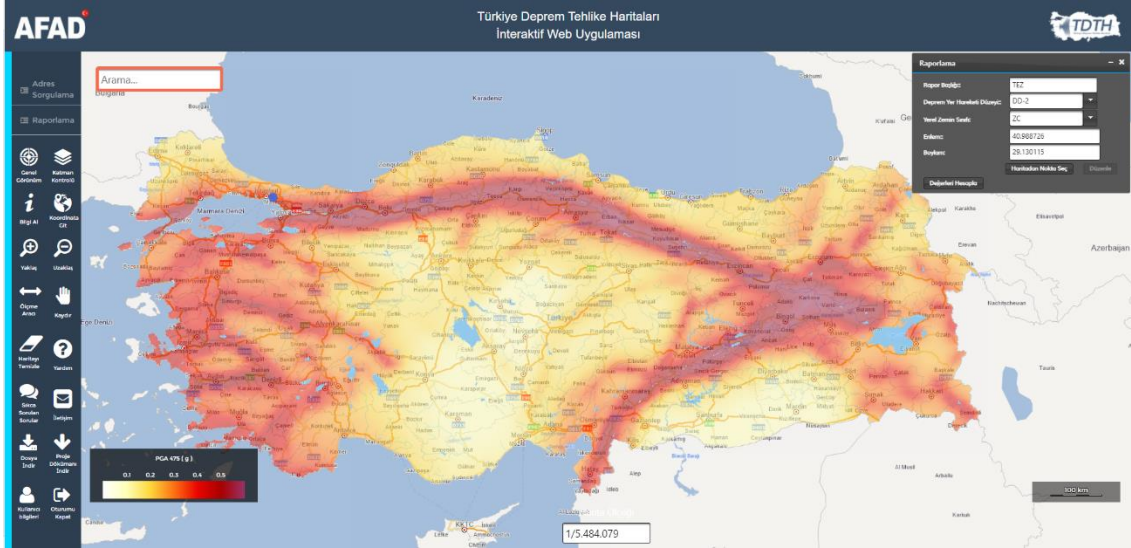
4.1. Yapı Bilgileri

Bu tez çalışmasında, 14 katlı X yönünde 5, Y yönünde 4 açıklıktan oluşan çelik taşıyıcı sisteme sahip bir binanın 10 farklı tipte çapraz modeli kullanılması durumunda yatay yük altındaki davranışı incelenmiştir. Referans model olarak moment aktaran rijit çelik çerçevesi sistem baz alınmıştır. Referans yapı modeline X ve Y yönünde farklı tiplerde rijitleştirici çelik çapraz elemanlar ilave edilmiş, merkezi çaprazlı ve dışmerkez çaprazlı toplam 11 adet yapı modeli oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Bu 11 adet farklı yapı modelinin, Y yönünde çaprazların bağlandığı aks uzunluğu birer metre artırılarak karşılaştırma yapılabilmesi amacı ile 11 adet yeni model oluşturulmuştur. Bu çalışmanın amacı, yaygın olarak kullanılan çelik çapraz türleri ile oluşturulan çelik yapı modelleri ile yapının kullanım amacına bağlı olarak şekillenen ve daha nadir kullanılabilen çelik çaprazlı çelik yapı modellerinin yatay ve düşey yükler etkisi altındaki davranış özelliklerinin karşılaştırılması, ayrıca çelik çaprazların bağlandığı aks uzunluğunun değiştirilmesi durumunda çaprazın taşıyıcı sistem davranışına etkisinin ve verimliliğinin incelenmesidir. Farklı çelik çapraz tiplerine sahip çelik yapıların modellenmesinde SAP2000 programı kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen periyot, yer değiştirme ve taban kesme kuvvetleri 22 adet farklı model için karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 4.1. Tasarımı yapılan 11 model

Çok katlı bina modellerinde TBDY2018 koşulları dikkate alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Taşıyıcı sistemin deprem hesabında kullanılan konum İstanbul'un Ataşehir ilçesi olup (Şekil 4.2), Yerel Zemin Sınıfı olarak ZC (Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları), Deprem Yer Hareketi Düzeyi DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl) seçilmiş, S_{DS} değeri 1.070 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Türkiye deprem tehlike haritası

Çıktılar

$$S_S = 0.892 \quad S_1 = 0.247 \quad S_{DS} = 1.070 \quad S_{D1} = 0.370$$

$$PGA = 0.369 \quad PGV = 22.802$$

S_B : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

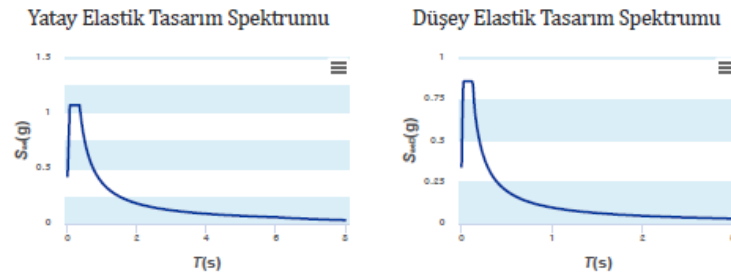
S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 4.3. AFAD'tan alınan DD-2 deprem verileri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi DD-3 (50 yılda aşılma olasılığı %50 tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi seçilmiş, S_{DS} değeri 0.476 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4).

Çıktılar

$S_S = 0.366$	$S_1 = 0.101$	$S_{DS} = 0.476$	$S_{D1} = 0.152$
$PGA = 0.155$	$PGV = 9.656$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

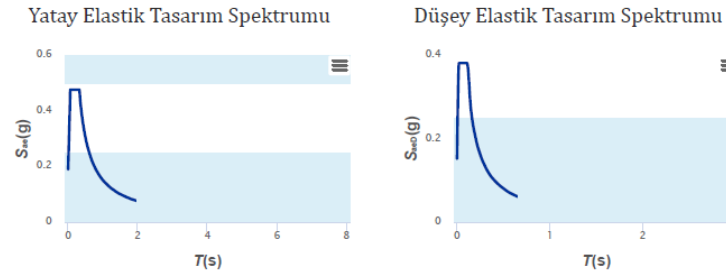
S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 4.4. AFAD'tan alınan DD-3 deprem verileri

Çok katlı çelik bina modellerinde kat yükseklikleri eşit ve 3.0 m olarak dikkate alınmıştır. Buna göre 14 katlı olan bina modellerinin toplam yüksekliği 42 m'dir. Taşıyıcı eleman kesitleri için kullanılan profiller; her model için ayrı ayrı hesaplanmış, uygulamada kullanılabilirliği ve ekonomik şartlar göz önüne alınarak tasarım yapılmıştır. Kolon, çapraz ve ana taşıyıcı sistem kirişlerinin en kesit özelliklerinin süneklik düzeyi yüksek olmasına dikkat edilerek kesit olarak HD, HEM ve HEB profilleri kullanılmıştır. Profil boyutu HEB320, HEB300, HEB280 ve HEB260 olan taşıyıcı sistem elemanları S275 kalitesinde, diğer profiller ise S355 kalitesinde seçilmiştir. Tali kirişlerde ise S275 kalitesinde IPE profiller kullanılmıştır.

Bina Önem Katsayısı (I) 1.0 olup, Bina Kullanım Sınıfı (BKS) 3'tür (Şekil 4.5). BKS (3) ve S_{DS} (1.070) değerine karşılık gelen Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) ise 1'dir (Şekil 4.5). Bina yüksekliği 42 m'ye ve DTS (1)'e karşılık gelen Bina Yükseklik Sınıfı ise (BYS) 4 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5).

Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispensarler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminaleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askerî kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

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

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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

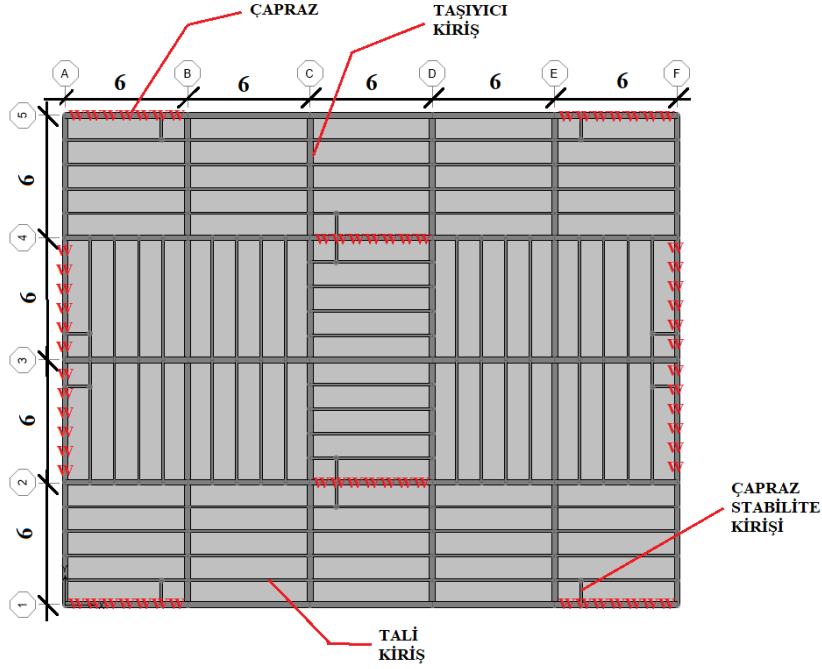
Şekil 4.5. Bina modellerinde kullanılacak BKS, DTS ve BYS değerleri (TBDY 2018)

Süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanan çok katlı çelik bina modellerinin deprem hesabı için kullanılacak olan taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) değerleri TBDY2018 Tablo 4.1'e göre; Moment Aktaran Çelik Çerçeve Sistemler için R=8, D=3 (C11), Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeveler için R=8, D=2.5 (C12), Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler için R=5, D=2 (C13) olarak alınmıştır (Şekil 4.6).

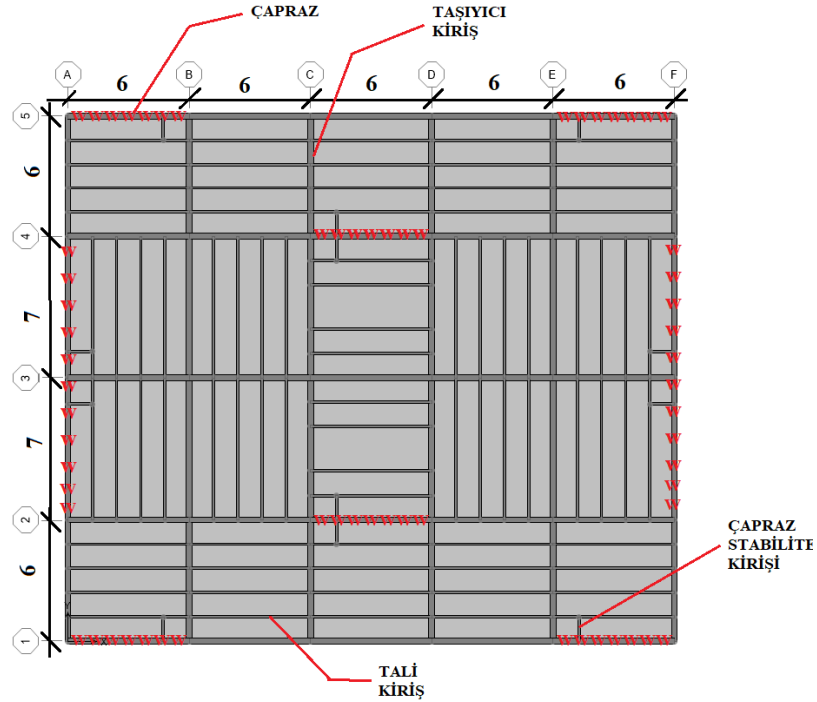
Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	Ezin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
C. ÇELİK BINA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
C12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	BYS ≥ 2
C13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	BYS ≥ 4
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	3	BYS ≥ 2
C15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	6	2.5	BYS ≥ 2
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsalı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	-
C2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
C21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	BYS ≥ 4
C22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2	BYS ≥ 4
C3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)			
C31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	BYS ≥ 7
C32. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	BYS = 8
C33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 7

Şekil 4.6. Modellerde taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısının alındığı tablo (TBDY2018, Tablo 4.1)

Oluşturulan ilk 11 bina modelinin genel kat planı Şekil 4.7’de verilmiştir. Aks uzunluklarının artması ile çelik çaprazların bağlandığı açının küçülmesi durumunun taşıyıcı sistem davranışına ve çapraz çalışma verimliliğine etkisini kıyaslamak için oluşturulan ikinci 11 modelin kat planı ise Şekil 4.8’de görülmektedir.

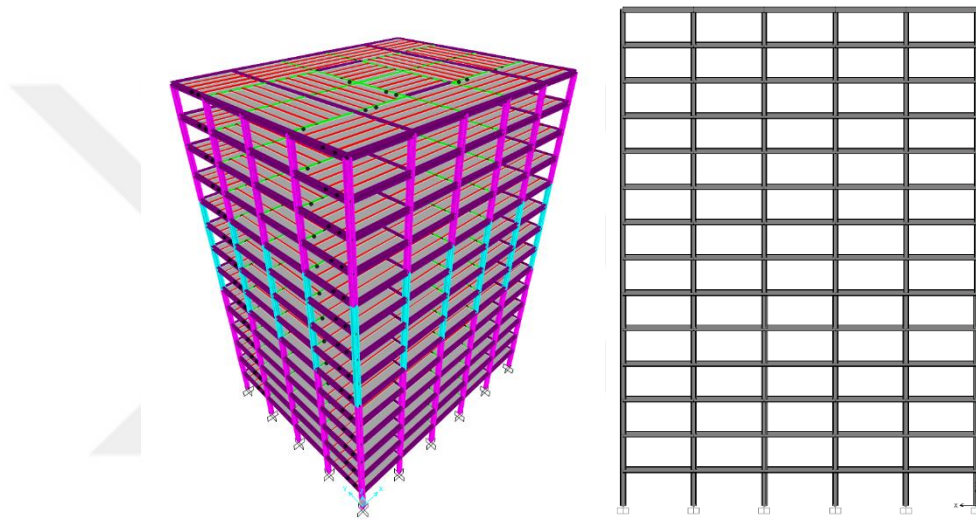


Şekil 4.7. Analizi yapılan ilk 11 modelin kat planı (Ölçüler m'dir)

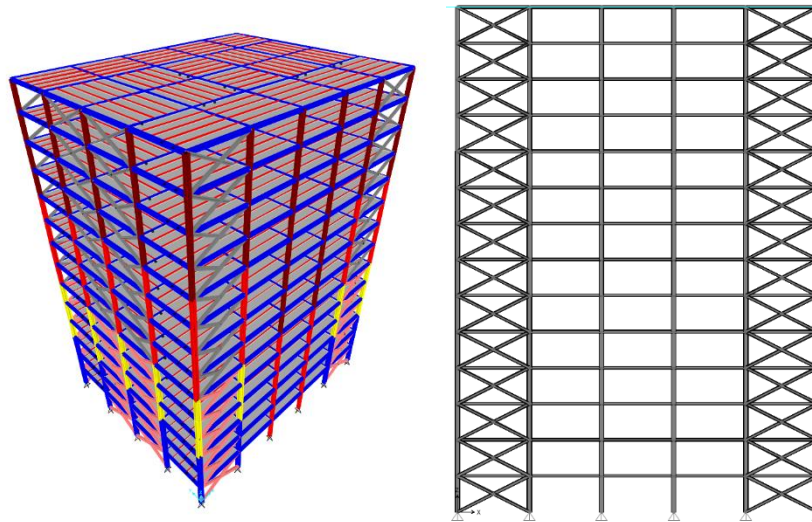


Şekil 4.8. Y yönündeki çaprazların bağlı olduğu aks aralıkları artırılan ikinci 11 modelin kat planı (Ölçüler m'dir)

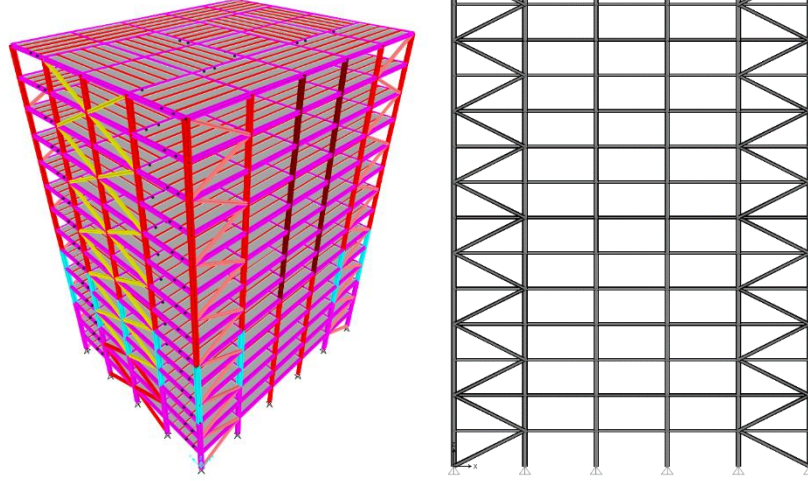
İncelenen farklı yatay yük taşıyıcı sistemlere sahip çok katlı çelik bina tiplerine ait SAP2000 programında oluşturulan üç boyutlu modeller ve çapraz elemanların tanımlandığı aks kesitleri Şekil 4.9 ile Şekil 4.19 arasında verilmiştir. İncelenen bina modelleri; referans olarak moment aktaran rijit çelik çerçeveli 1. model RF0, merkezi X çaprazlı 2. model YM1, merkezi diyagonal çaprazlı 3. model YM2, farklı tipte merkezi çaprazlı 4. model FM1, 5. model FM2, iki katta X çaprazlı 6. model FM3, dışmerkez ters V çaprazlı 7. model YD1, dışmerkez diyagonal çaprazlı 8. model YD2, dışmerkez farklı çaprazlı 9. model FD1, 10. Model FD2, 11. Model FD3 şeklinde isimlendirilmiştir (Şekil 4.1).



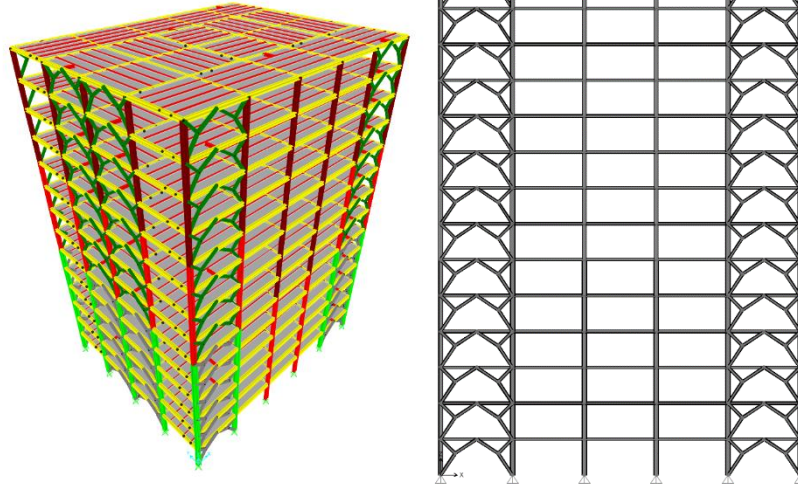
Şekil 4.9. Referans model (Moment aktaran çelik çerçeveli sistem-RF0)



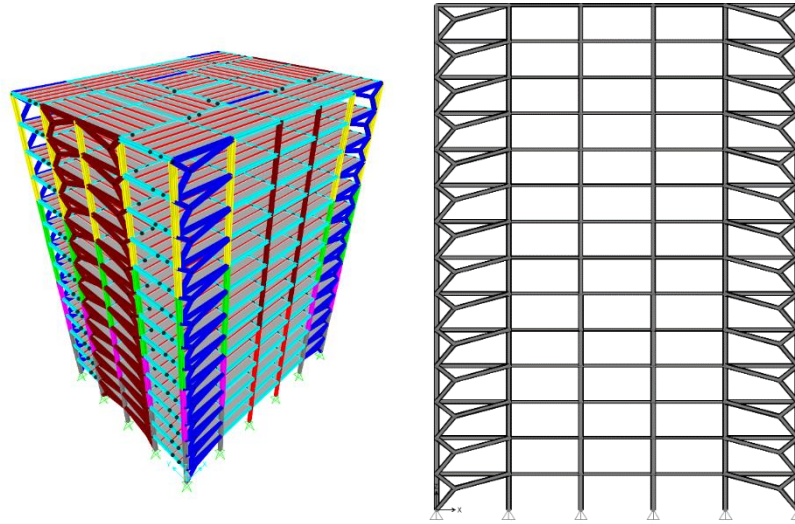
Şekil 4.10. Oluşturulan 2. Model (Merkezi X çaprazlı-YM1)



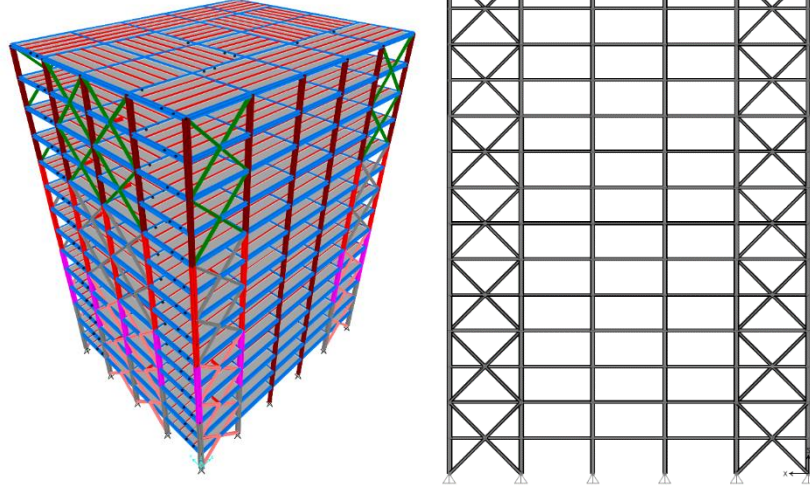
Şekil 4.11. Oluşturulan 3.Model (merkezi diyagonal çaprazlı-YM2)



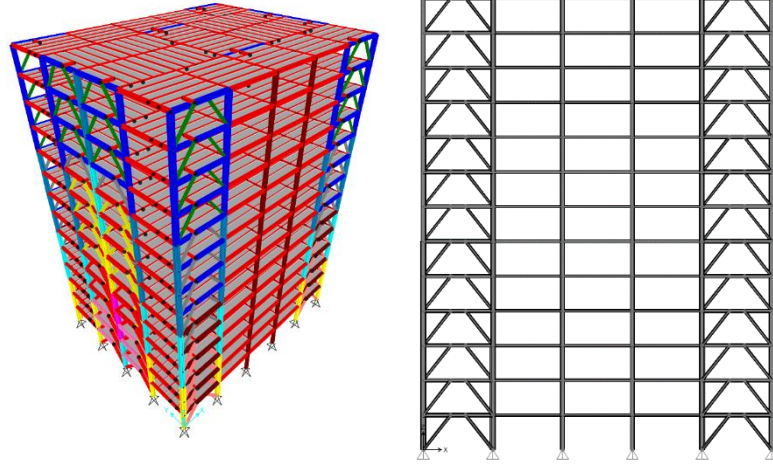
Şekil 4.12. Oluşturulan 4.Model (Farklı tipte merkezi çaprazlı-FM1)



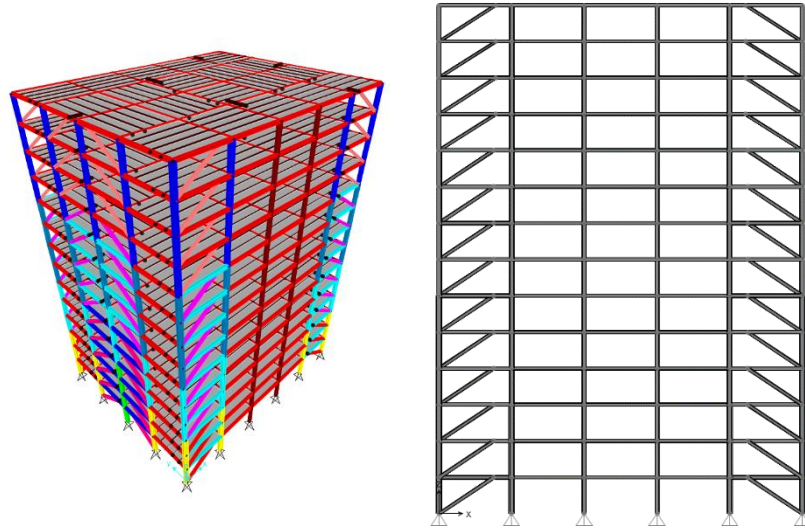
Şekil 4.13. Oluşturulan 5.Model (Farklı tipte merkezi çaprazlı-FM2)



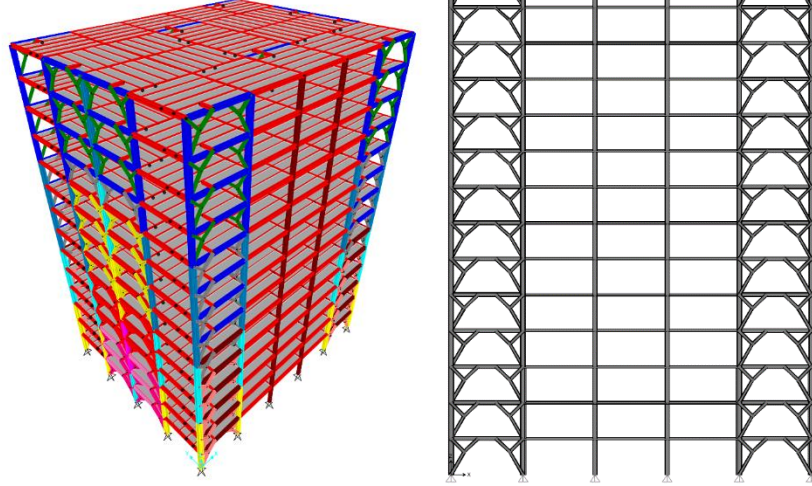
Şekil 4.14. Oluşturulan 6.Model (iki katta X çaprazlı-FM3)



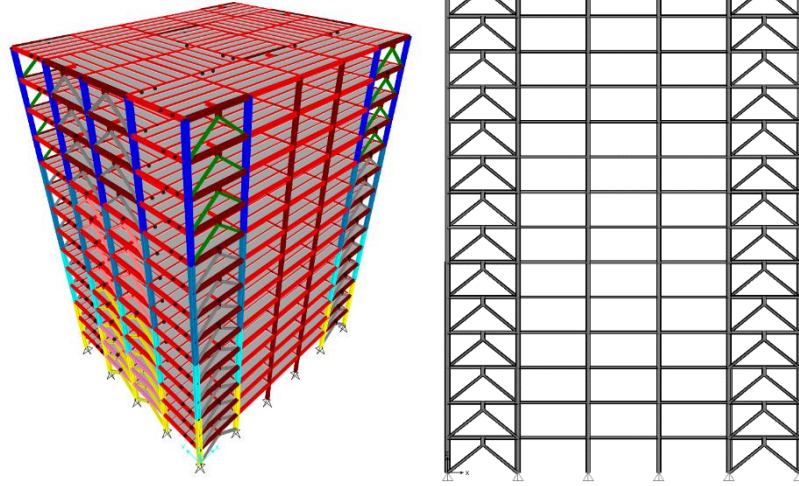
Şekil 4.15. Oluşturulan 7. Model (Dışmerkez ters V çaprazlı-YD1)



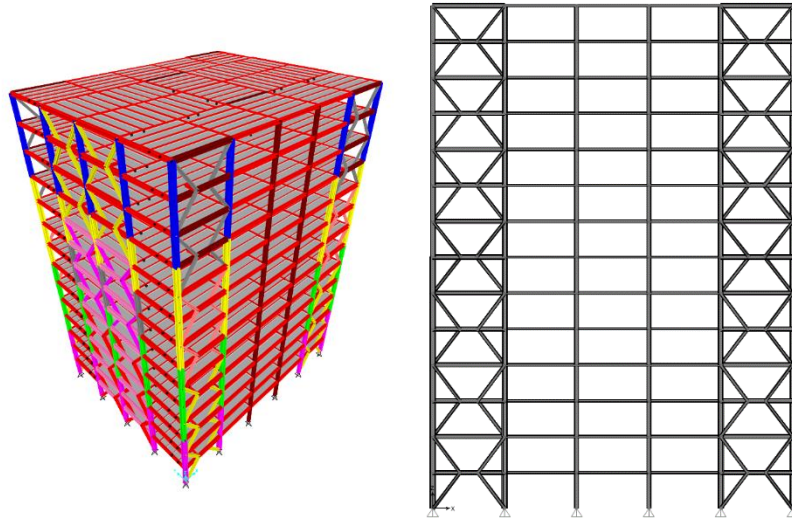
Şekil 4.16. Oluşturulan 8. Model (Dışmerkez diyagonal çaprazlı-YD2)



Şekil 4.17. Oluşturulan 9.Model (Dışmerkez farklı çaprazlı-FD1)



Şekil 4.18. Oluşturulan 10.Model (Dışmerkez farklı çaprazlı-FD2)



Şekil 4.19. Oluşturulan 11.Model (Dışmerkez farklı çaprazlı-FD3)

4.1.1. Analiz öncesi aşamalar

Bu çalışma kapsamında analiz için kullanılan SAP2000 programı ile tüm yapı modellenip sırasıyla; malzeme ve kesit atamaları gerçekleştirilmiş, yüklemeler tanımlanmış, spektrumlar tanımlanmış, diyaframlar tanımlanmış, mesnet serbestlikleri verilmiş ve mass source atanmıştır. Modellerin mesnetleri moment aktaran çerçeve sisteminde ankastre tanımlanmış, diğer tüm modellerde ise ekonomik sonuçlar elde etmek için sabit mesnet olarak tasarlanmıştır.

Analizlerde ÇYTHYE 2018 yönetmeliği ve TBDY 2018'e göre göz önünde bulundurulmuş YDKT yük birleşimleri şunlardır:

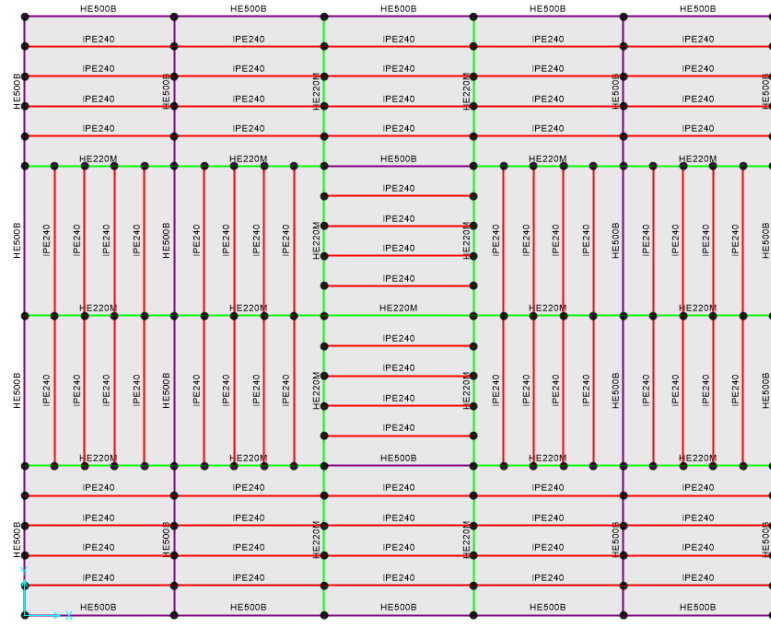
- (1) $1.4G$
- (2) $1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (3) $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + (Q \text{ veya } 0.8W)$
- (4) $1.2G + 1.0Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 1.6W$
- (5) $1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E$
- (6) $0.9G + 1.6W$
- (7) $0.9G + 1.0E$

Yönetmelikler tarafından yukarıda belirtilen ve modellerde açılımları yapılarak kullanılan 96 yük birleşimi ise Çizelge 4.1'de verilmiştir.

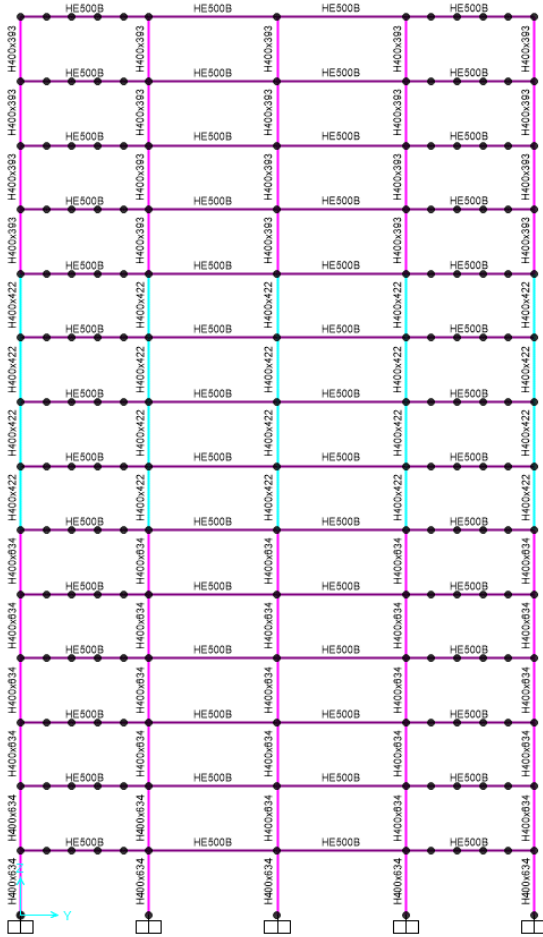
Çizelge 4.1. TBDY 2018 ve ÇYTHYE 2018’de belirtilen yük birleşimlerinin açıklımları

1.4G(X)	1.2G+1.6S+0.8WF	0.9G+1.6WF
1.4G(-X)	1.2G+1.6S+0.8WB	0.9G+1.6WB
1.4G(Y)	1.2G+1.6S+0.8WL	0.9G+1.6WL
1.4G(-Y)	1.2G+1.6S+0.8WR	0.9G+1.6WR
1.2G+1.6Qr(X)	1.2G+Q+0.5Qr+1.6WF	0.9G+Ex+0.3Ey-0.3Ez
1.2G+1.6Qr(-X)	1.2G+Q+0.5Qr+1.6WB	0.9G+Ex-0.3Ey-0.3Ez
1.2G+1.6Qr(Y)	1.2G+Q+0.5Qr+1.6WL	0.9G-Ex+0.3Ey-0.3Ez
1.2G+1.6Qr(-Y)	1.2G+Q+0.5Qr+1.6WR	0.9G-Ex-0.3Ey-0.3Ez
1.2G+1.6S(X)	1.2G+Q+0.5S+1.6WF	0.9G+Ey+0.3Ex-0.3Ez
1.2G+1.6S(-X)	1.2G+Q+0.5S+1.6WB	0.9G+Ey-0.3Ex-0.3Ez
1.2G+1.6S(Y)	1.2G+Q+0.5S+1.6WL	0.9G-Ey+0.3Ex-0.3Ez
1.2G+1.6S(-Y)	1.2G+Q+0.5S+1.6WR	0.9G-Ey-0.3Ex-0.3Ez
1.2G+1.6Q+0.5Qr(X)	1.2G+0.5Q+0.2S+Ex+0.3Ey+0.3Ez	0.9G+Ex+0.3Ey-0.3Ez(+0.05)
1.2G+1.6Q+0.5Qr(-X)	1.2G+0.5Q+0.2S+Ex-0.3Ey+0.3Ez	0.9G+Ex-0.3Ey-0.3Ez(+0.05)
1.2G+1.6Q+0.5Qr(Y)	1.2G+0.5Q+0.2S-Ex+0.3Ey+0.3Ez	0.9G-Ex+0.3Ey-0.3Ez(+0.05)
1.2G+1.6Q+0.5Qr(-Y)	1.2G+0.5Q+0.2S-Ex-0.3Ey+0.3Ez	0.9G-Ex-0.3Ey-0.3Ez(+0.05)
1.2G+1.6Q+0.5S(X)	1.2G+0.5Q+0.2S+Ey+0.3Ex+0.3Ez	0.9G+Ey+0.3Ex-0.3Ez(+0.05)
1.2G+1.6Q+0.5S(-X)	1.2G+0.5Q+0.2S+Ey-0.3Ex+0.3Ez	0.9G+Ey-0.3Ex-0.3Ez(+0.05)
1.2G+1.6Q+0.5S(Y)	1.2G+0.5Q+0.2S-Ey+0.3Ex+0.3Ez	0.9G-Ey+0.3Ex-0.3Ez(+0.05)
1.2G+1.6Q+0.5S(-Y)	1.2G+0.5Q+0.2S-Ey-0.3Ex+0.3Ez	0.9G-Ey-0.3Ex-0.3Ez(+0.05)
1.2G+1.6Qr+Q(X)	1.2G+0.5Q+0.2S+Ex+0.3Ey+0.3Ez(+0.05)	0.9G+Ex+0.3Ey-0.3Ez(-0.05)
1.2G+1.6Qr+Q(-X)	1.2G+0.5Q+0.2S+Ex-0.3Ey+0.3Ez(+0.05)	0.9G+Ex-0.3Ey-0.3Ez(-0.05)
1.2G+1.6Qr+Q(Y)	1.2G+0.5Q+0.2S-Ex+0.3Ey+0.3Ez(+0.05)	0.9G-Ex+0.3Ey-0.3Ez(-0.05)
1.2G+1.6Qr+Q(-Y)	1.2G+0.5Q+0.2S-Ex-0.3Ey+0.3Ez(+0.05)	0.9G-Ex-0.3Ey-0.3Ez(-0.05)
1.2G+1.6Qr+0.8WF	1.2G+0.5Q+0.2S+Ey+0.3Ex+0.3Ez(+0.05)	0.9G+Ey+0.3Ex-0.3Ez(-0.05)
1.2G+1.6Qr+0.8WB	1.2G+0.5Q+0.2S+Ey-0.3Ex+0.3Ez(+0.05)	0.9G+Ey-0.3Ex-0.3Ez(-0.05)
1.2G+1.6Qr+0.8WL	1.2G+0.5Q+0.2S-Ey+0.3Ex+0.3Ez(+0.05)	0.9G-Ey+0.3Ex-0.3Ez(-0.05)
1.2G+1.6Qr+0.8WR	1.2G+0.5Q+0.2S-Ey-0.3Ex+0.3Ez(+0.05)	0.9G-Ey-0.3Ex-0.3Ez(-0.05)
1.2G+1.6S+Q(X)	1.2G+0.5Q+0.2S+Ex+0.3Ey+0.3Ez(-0.05)	
1.2G+1.6S+Q(-X)	1.2G+0.5Q+0.2S+Ex-0.3Ey+0.3Ez(-0.05)	
1.2G+1.6S+Q(Y)	1.2G+0.5Q+0.2S-Ex+0.3Ey+0.3Ez(-0.05)	
1.2G+1.6S+Q(-Y)	1.2G+0.5Q+0.2S-Ex-0.3Ey+0.3Ez(-0.05)	
	1.2G+0.5Q+0.2S+Ey+0.3Ex+0.3Ez(-0.05)	
	1.2G+0.5Q+0.2S+Ey-0.3Ex+0.3Ez(-0.05)	
	1.2G+0.5Q+0.2S-Ey+0.3Ex+0.3Ez(-0.05)	
	1.2G+0.5Q+0.2S-Ey-0.3Ex+0.3Ez(-0.05)	

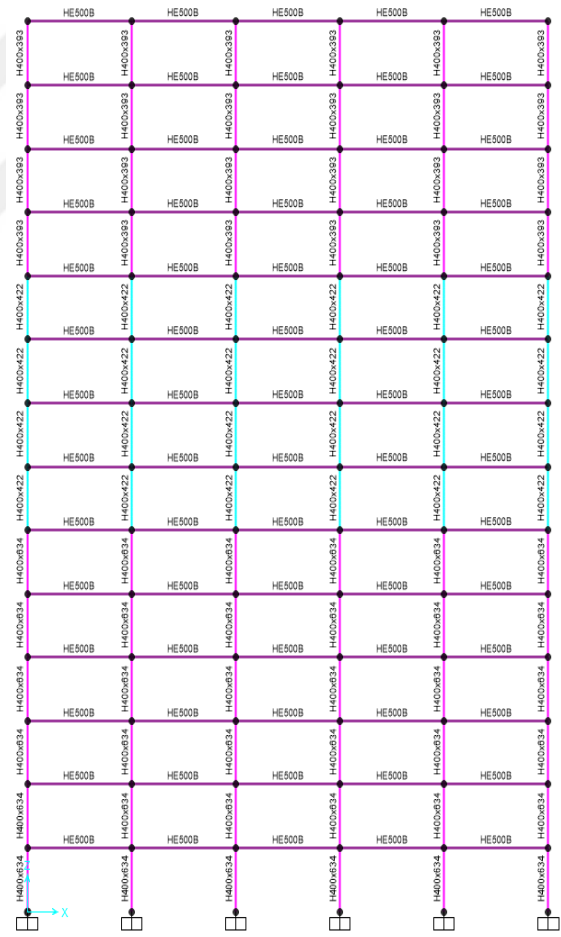
Tüm bina modelleri için eleman kesit boyutları Şekil 4.21 ile Şekil 4.42 arasında verilmiştir.



a) RF0 kat planı

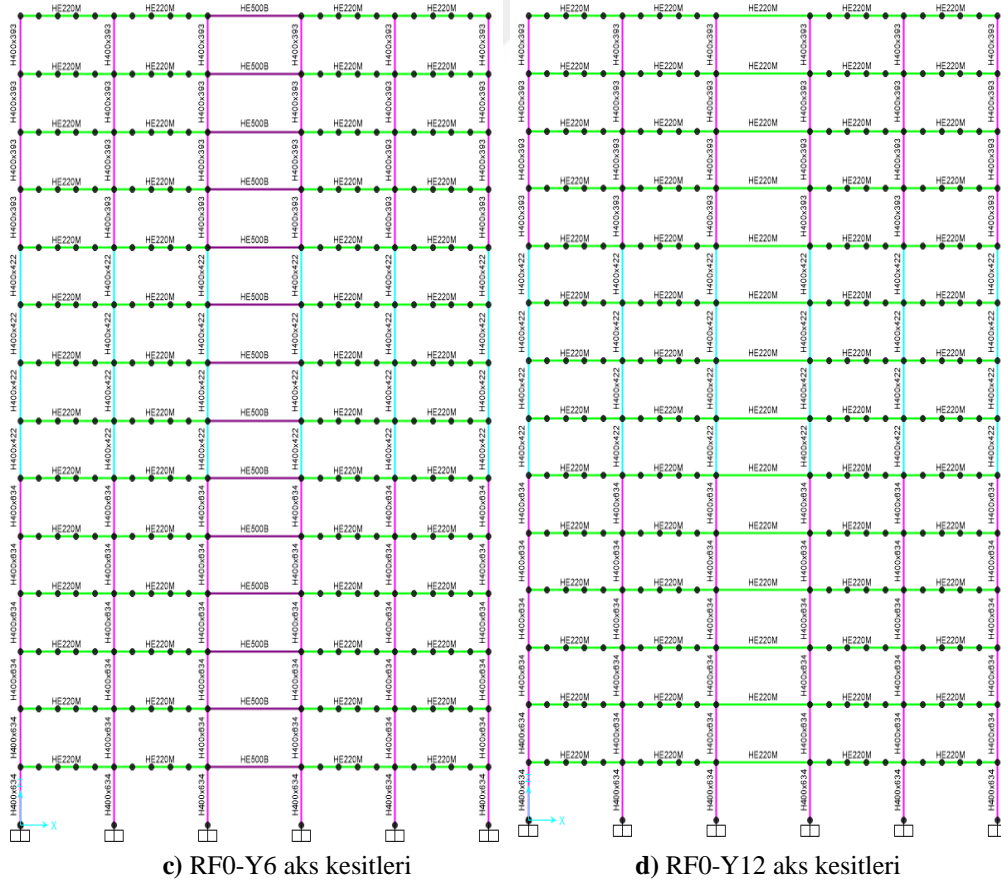
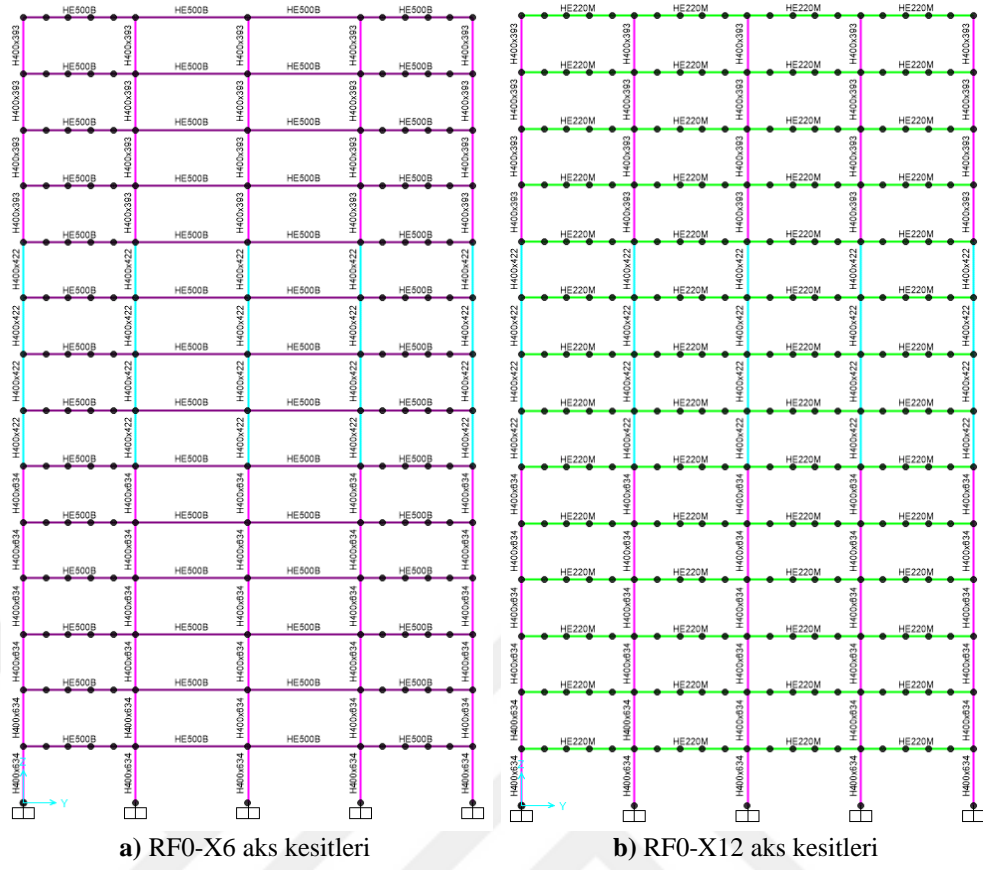


b) RF0-X0 aks kesitleri

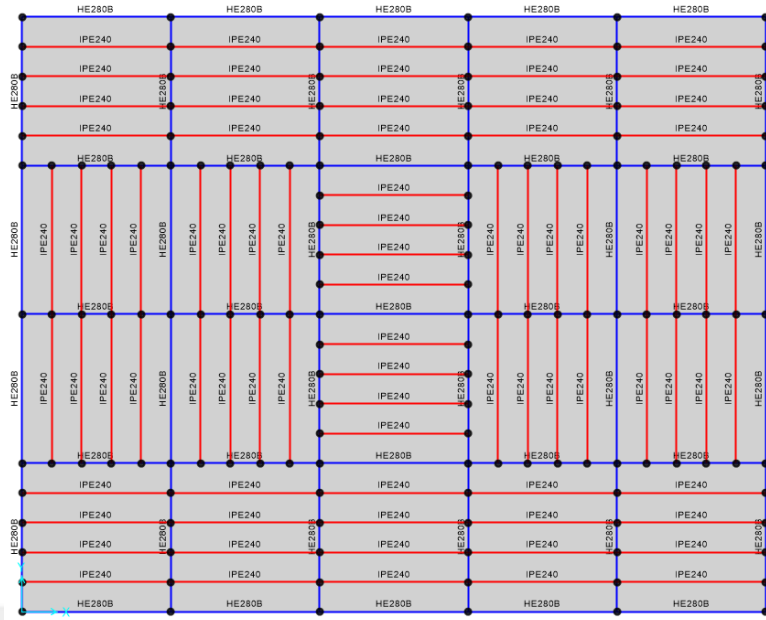


c) RF0-Y0 aks kesitleri

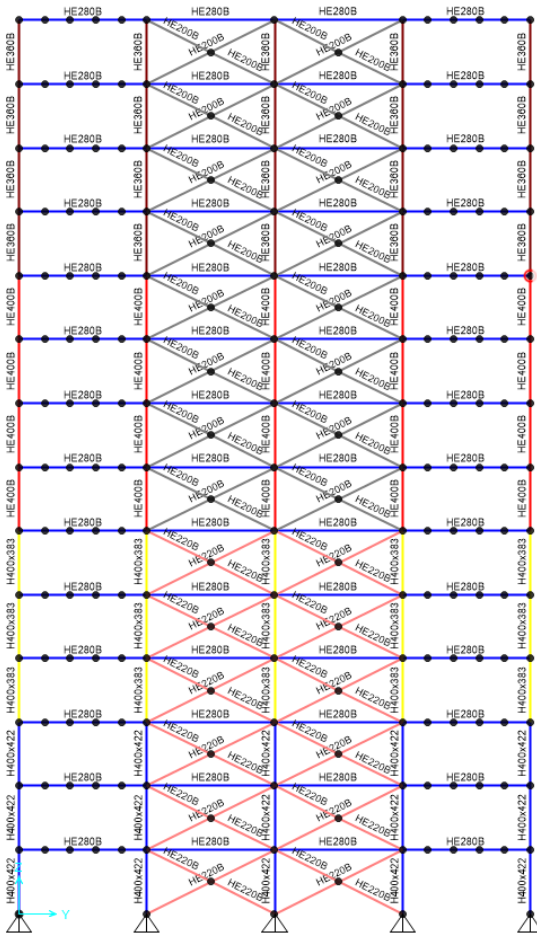
Şekil 4.21. RF0 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitleri



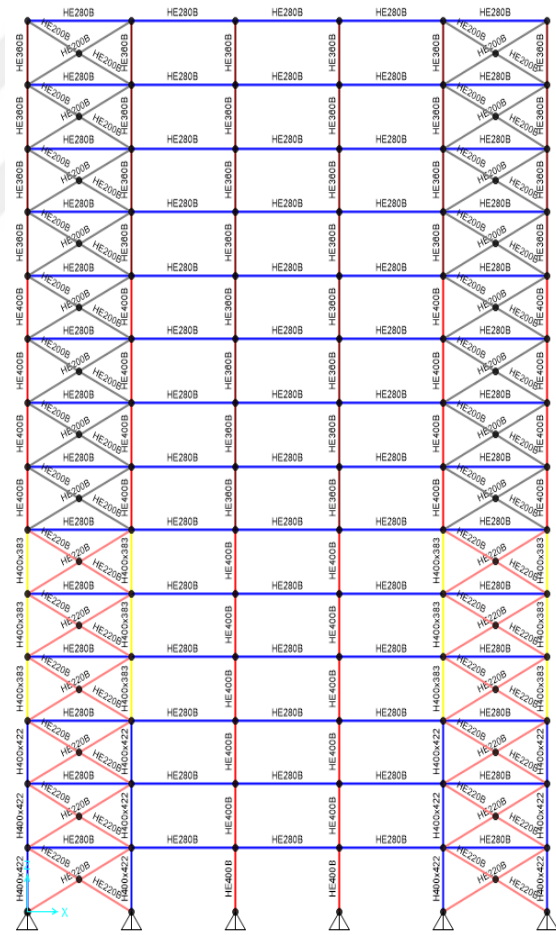
Şekil 4.22. RF0 modeline ait 6-12 aks kesitleri



a) YM1 kat planı

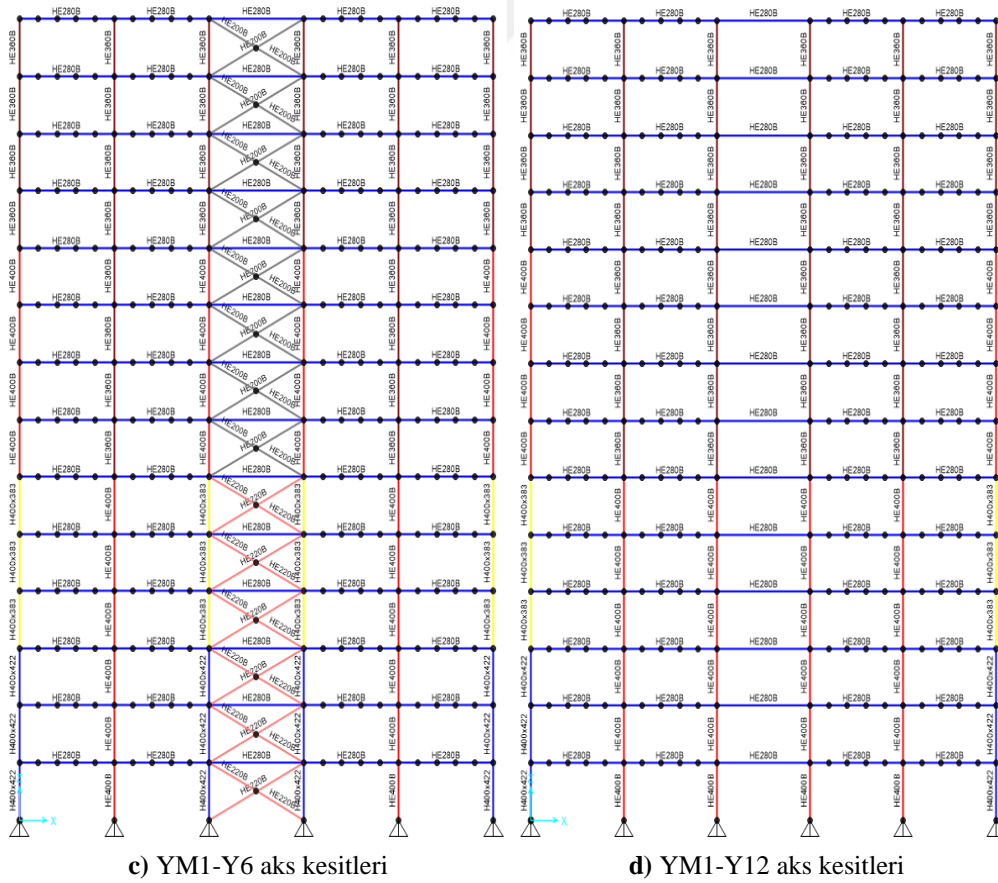
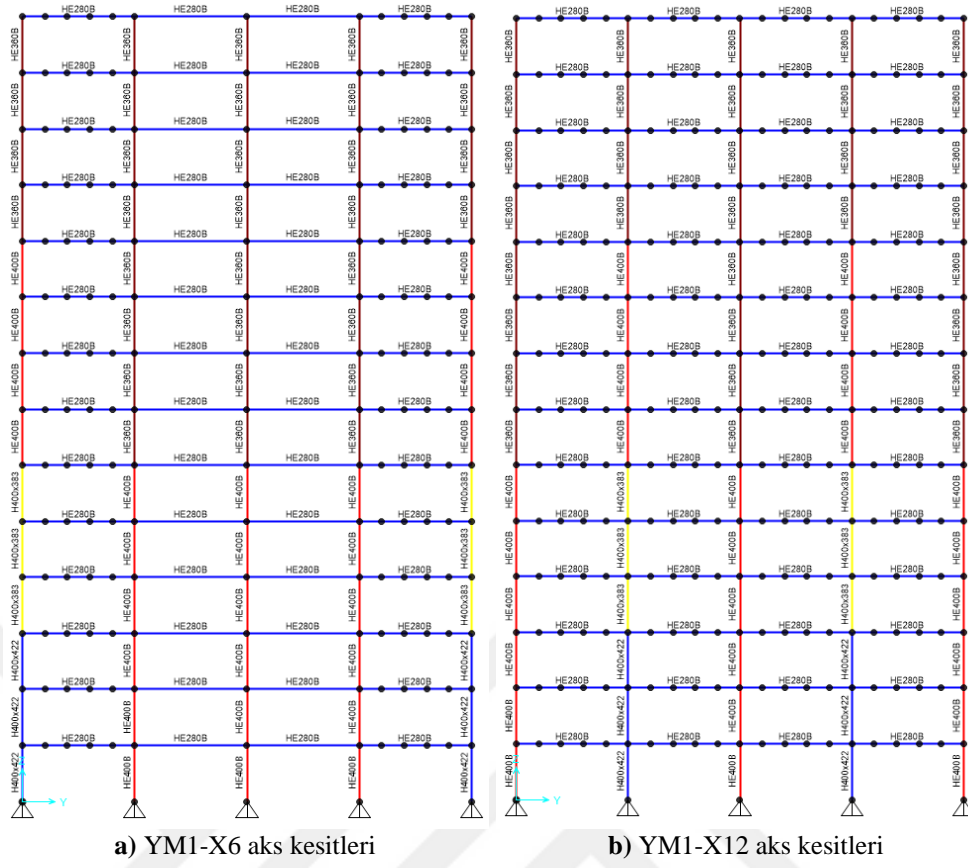


b) YM1-X0 aks kesitleri

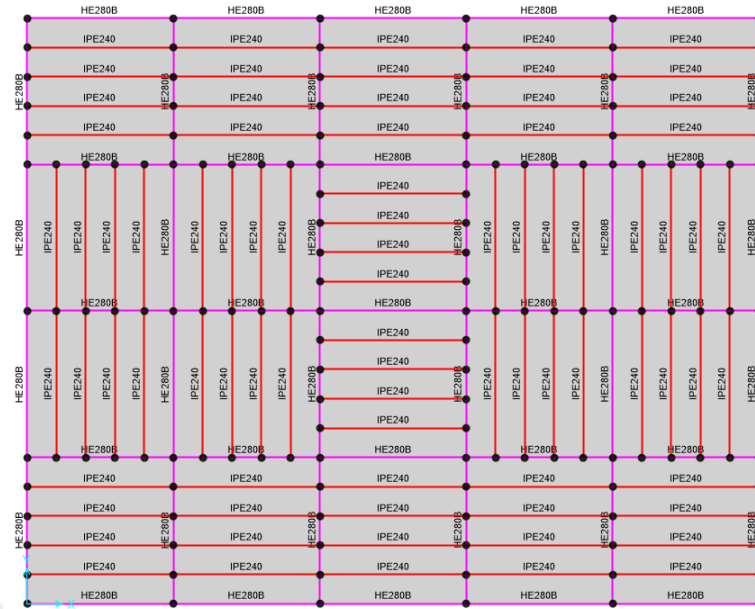


c) YM1-Y0 aks kesitleri

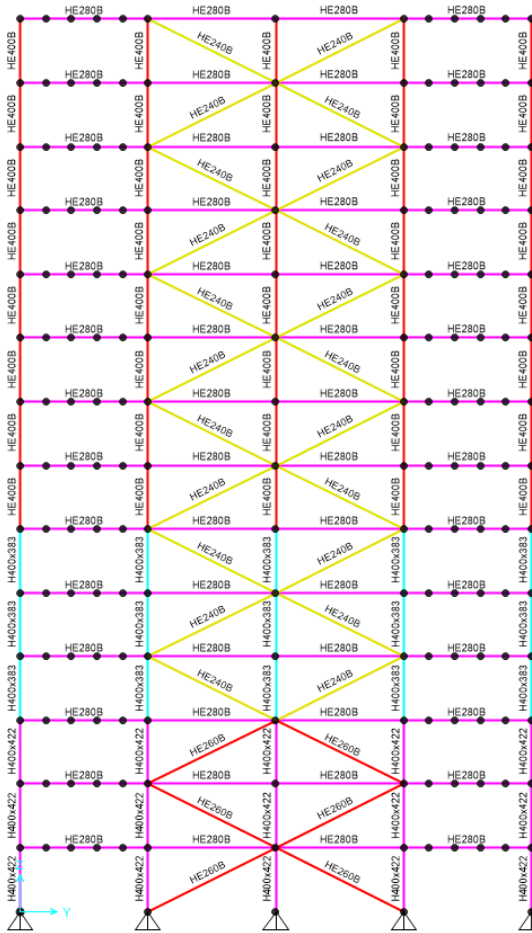
Şekil 4.23. YM1 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitleri



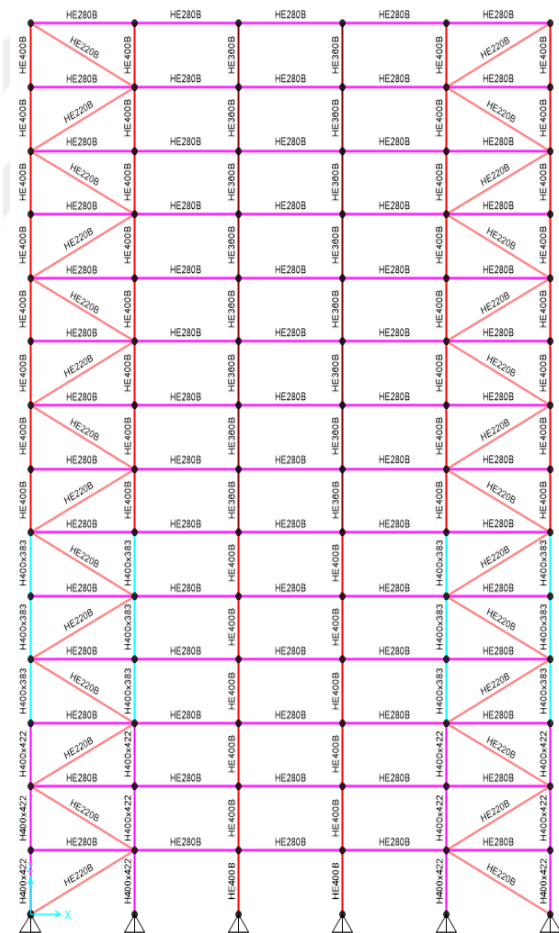
Şekil 4.24. YM1 modeline ait 6-12 aks kesitleri



a) YM2 kat planı

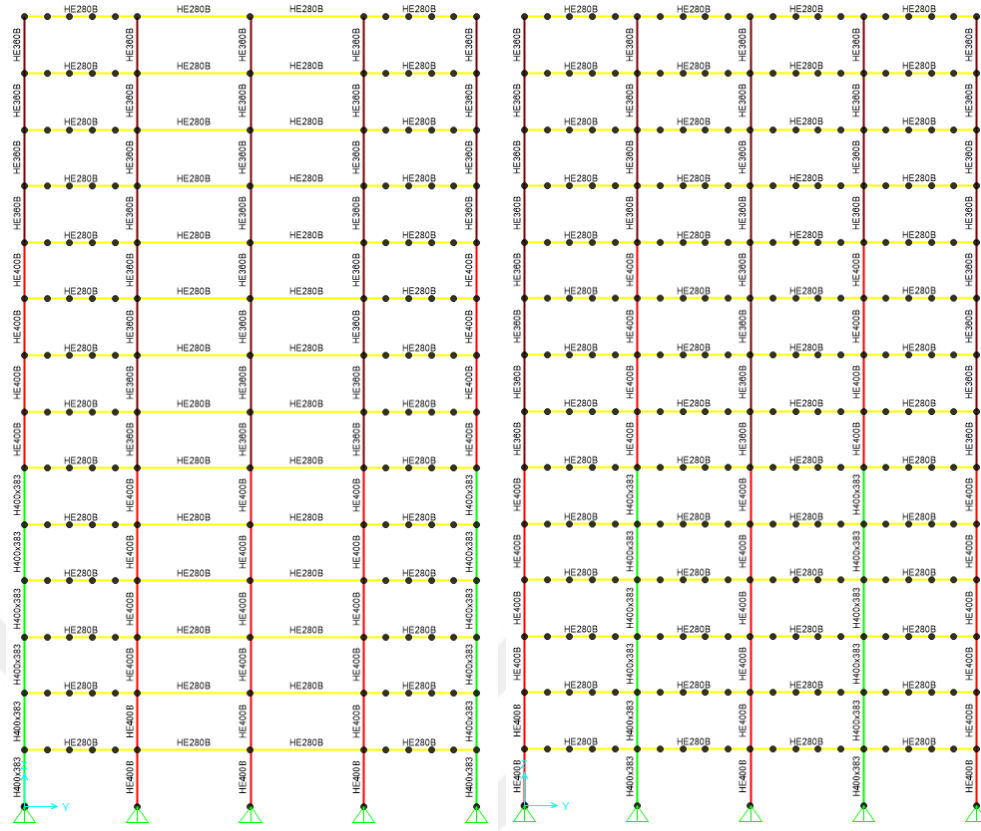


b) YM2-X0 aks kesitleri



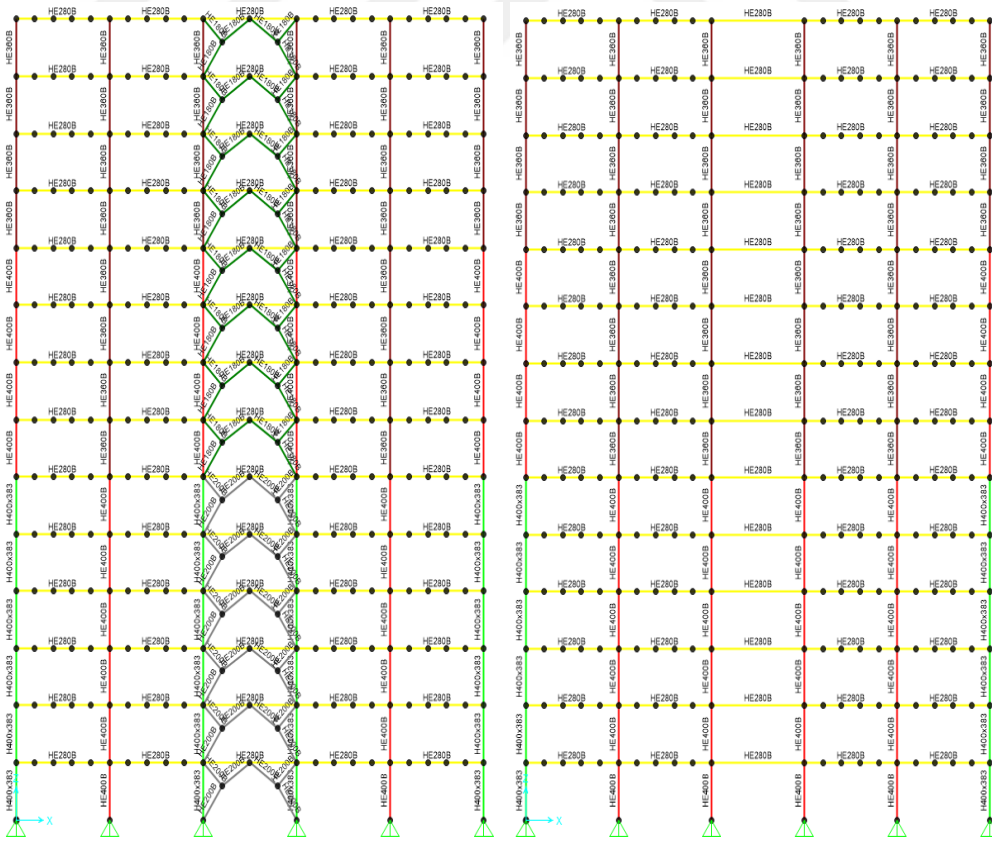
c) YM2-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.25. YM2 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitleri



a) FM1-X6 aks kesitleri

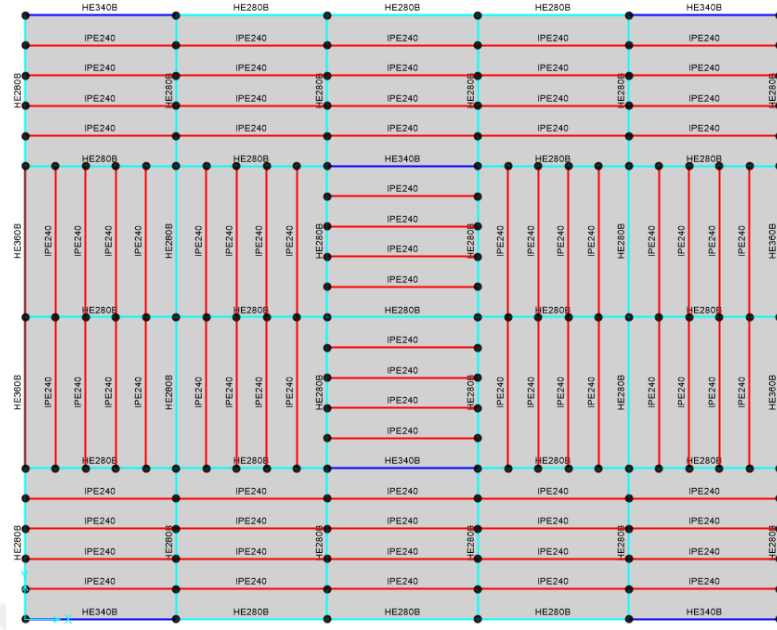
b) FM1-X12 aks kesitleri



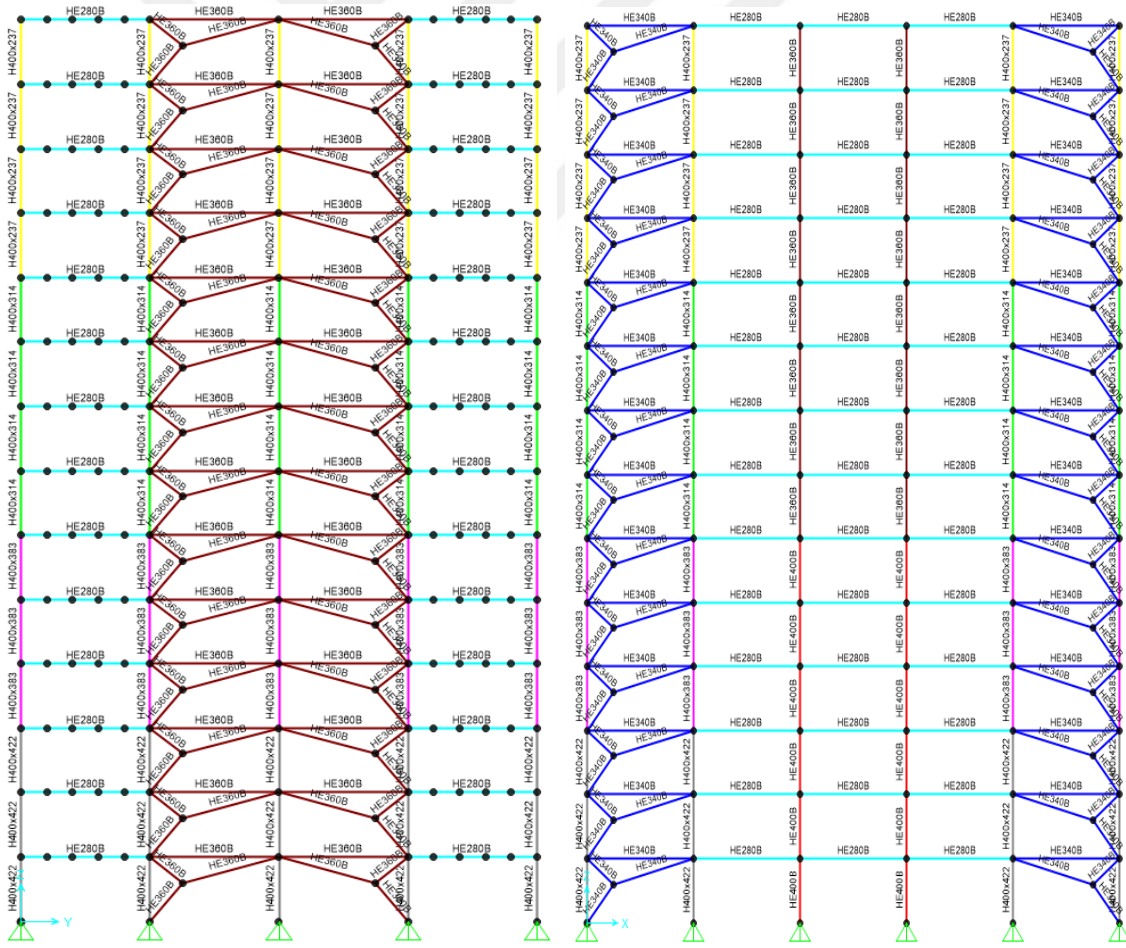
c) FM1-Y6 aks kesitleri

d) FM1-Y12 aks kesitleri

Şekil 4.28. FM1 modeline ait 6-12 aks kesitleri



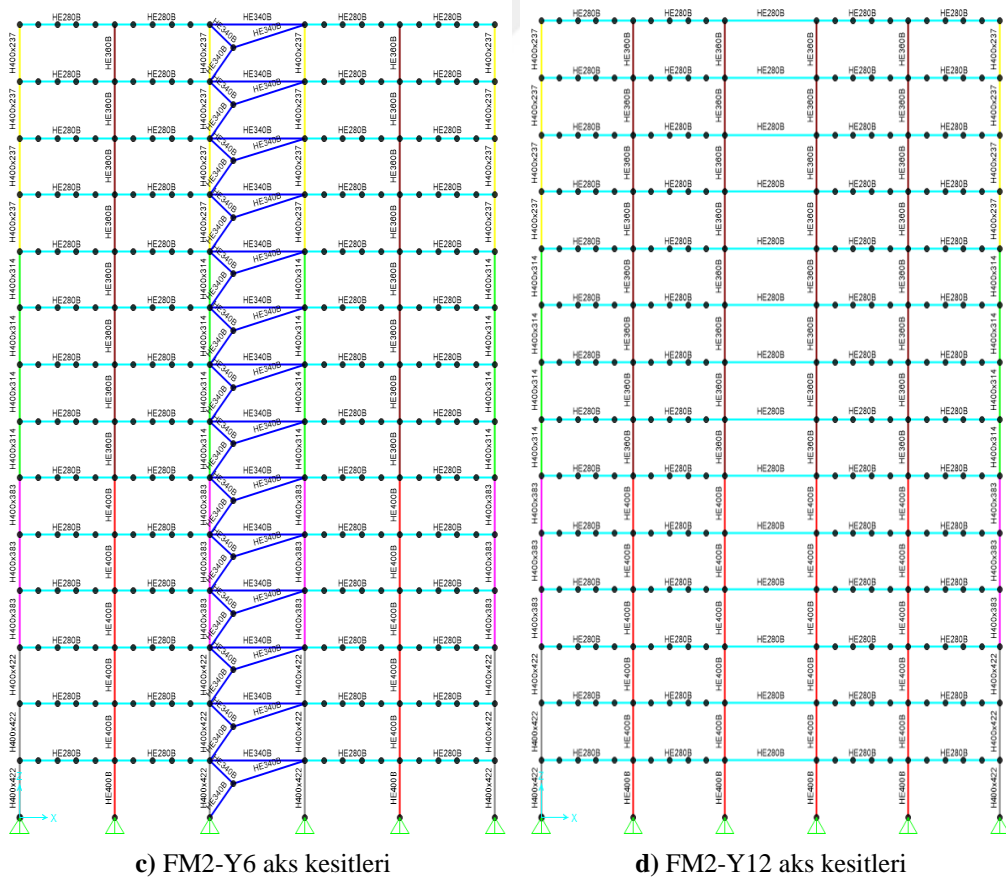
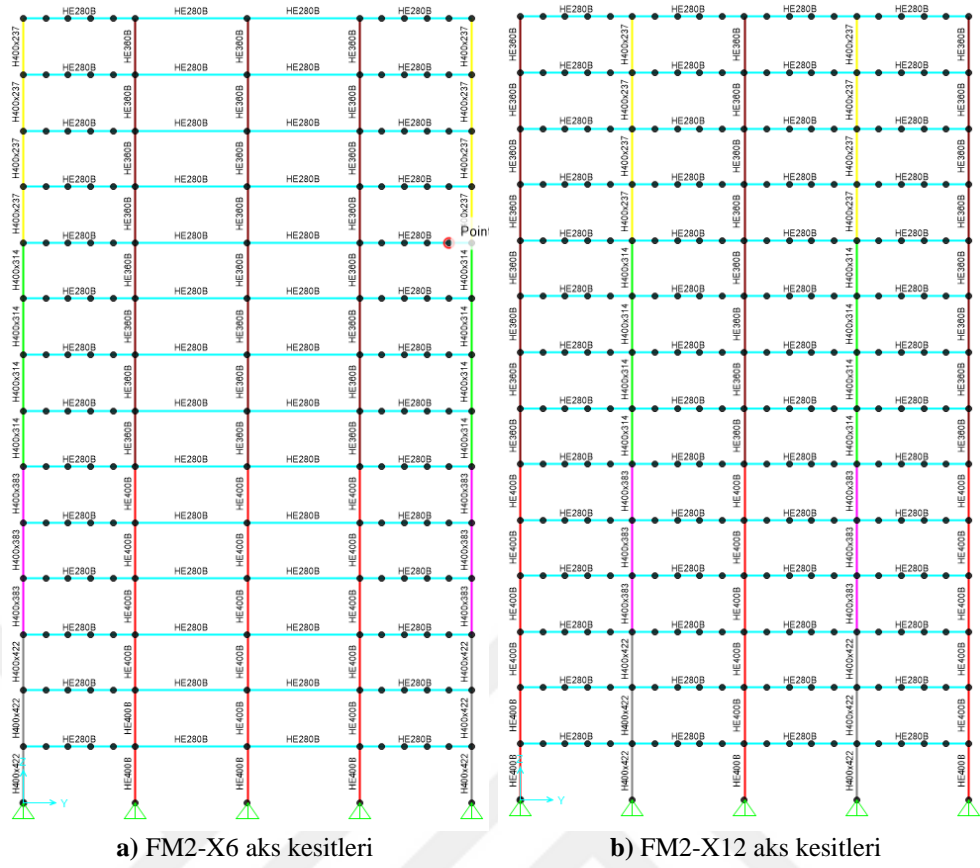
a) FM2 kat planı



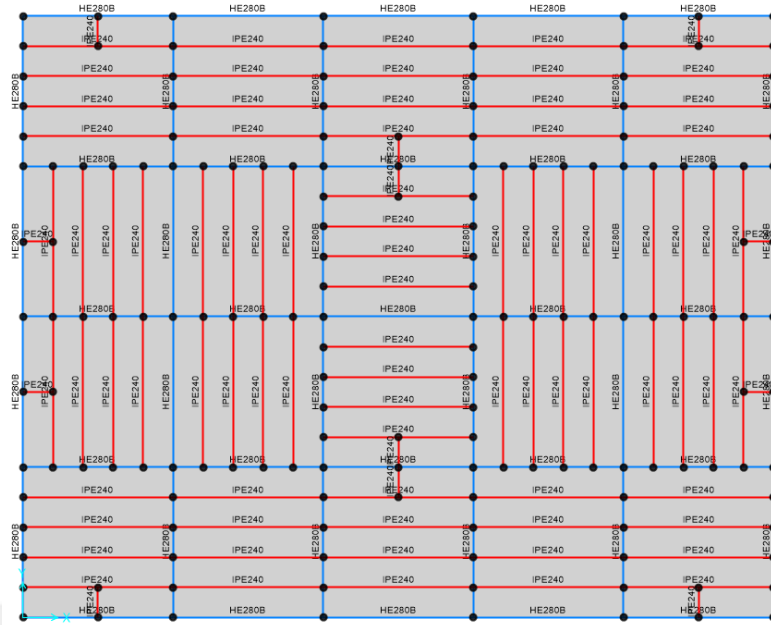
b) FM2-X0 aks kesitleri

c) FM2-Y0 aks kesitleri

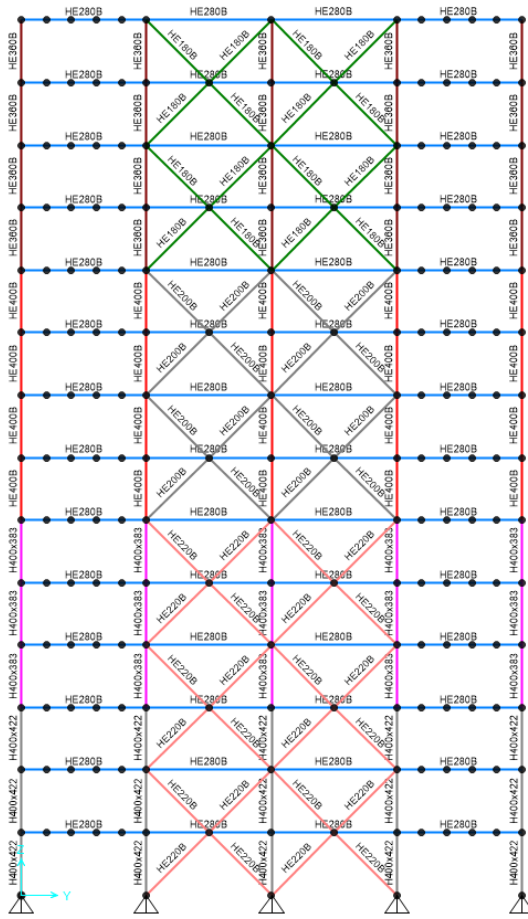
Şekil 4.29. FM2 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitleri



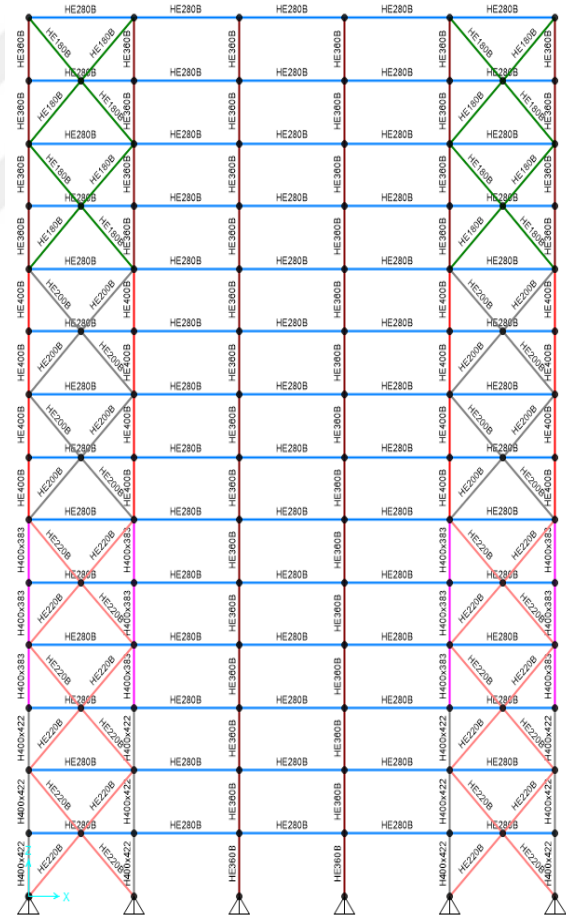
Şekil 4.30. FM2 modeline ait 6-12 aks kesitleri



a) FM3 kat planı

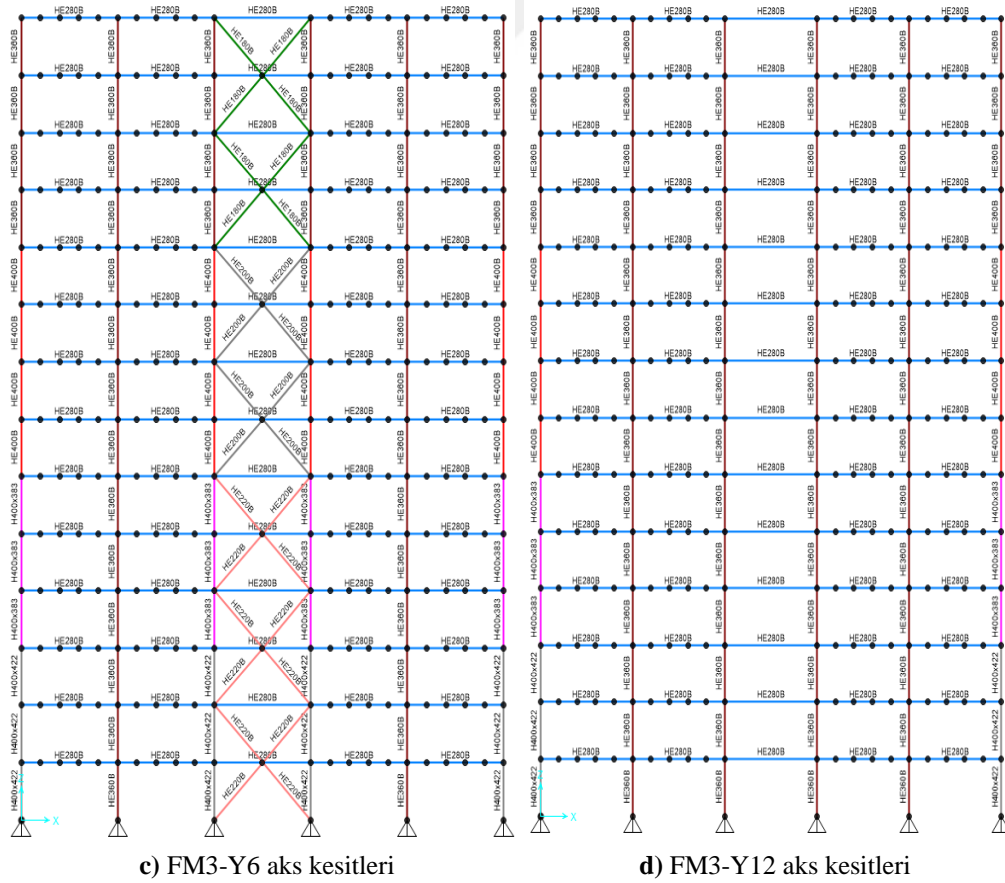
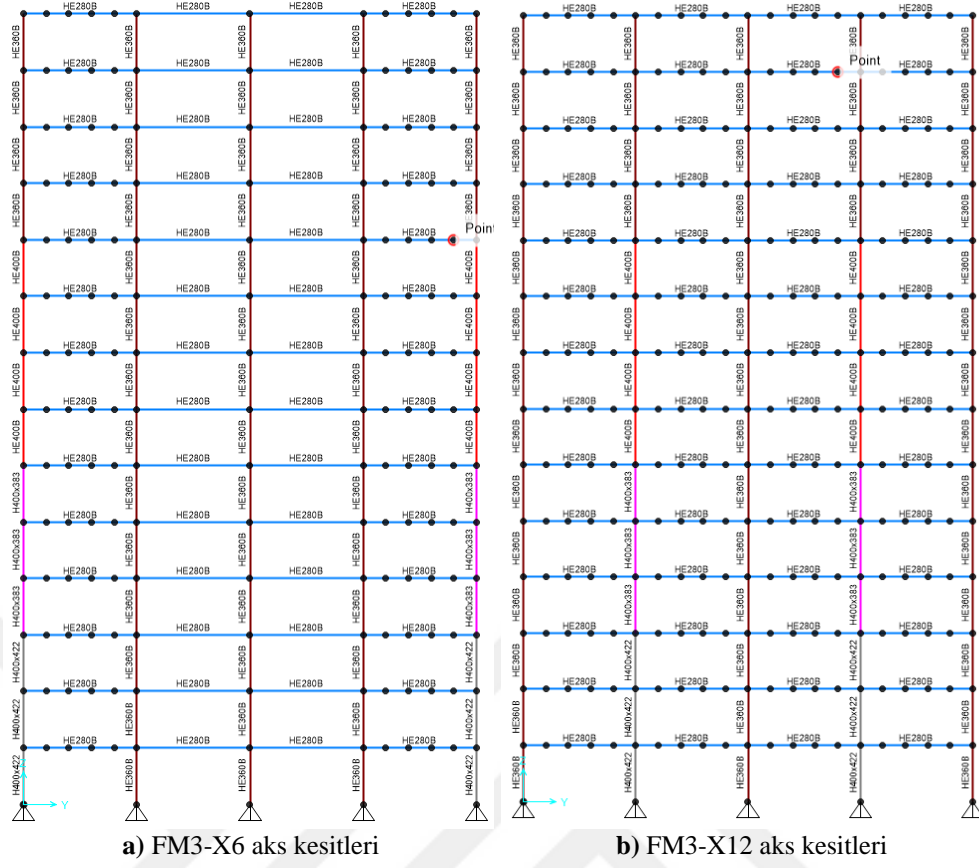


b) FM3-X0 aks kesitleri

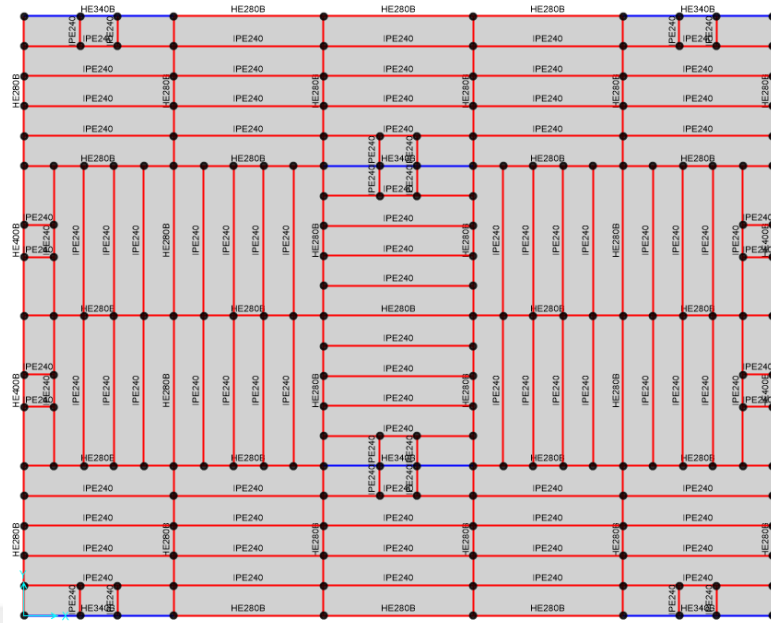


c) FM3-Y0 aks kesitleri

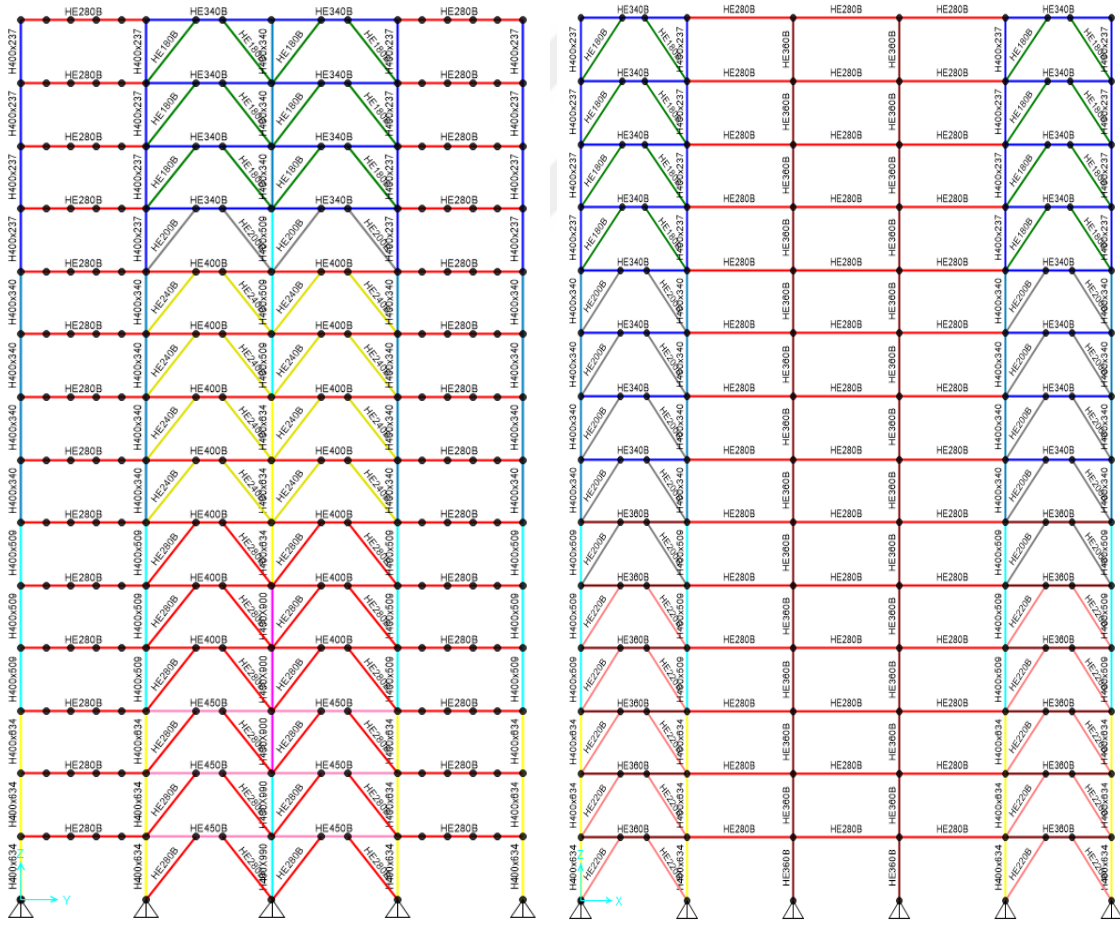
Şekil 4.31. FM3 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitleri



Şekil 4.32. FM3 modeline ait 6-12 aks kesitleri



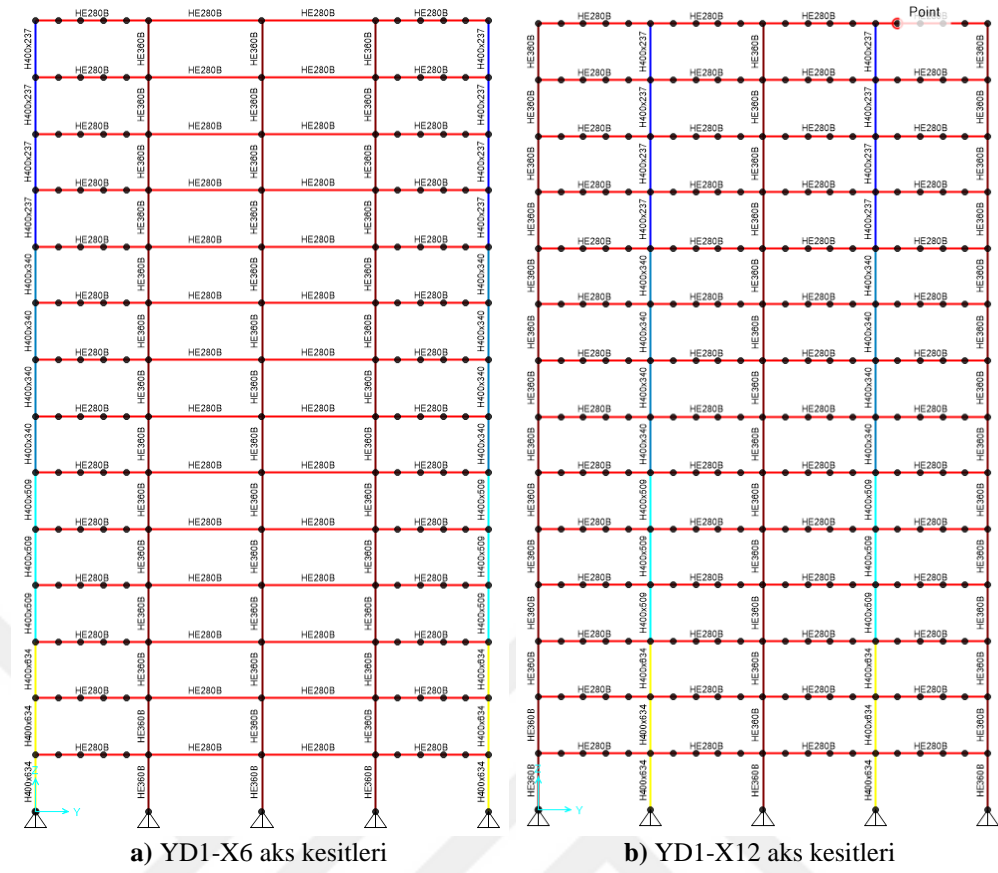
a) YD1 kat planı



b) YD1-X0 aks kesitleri

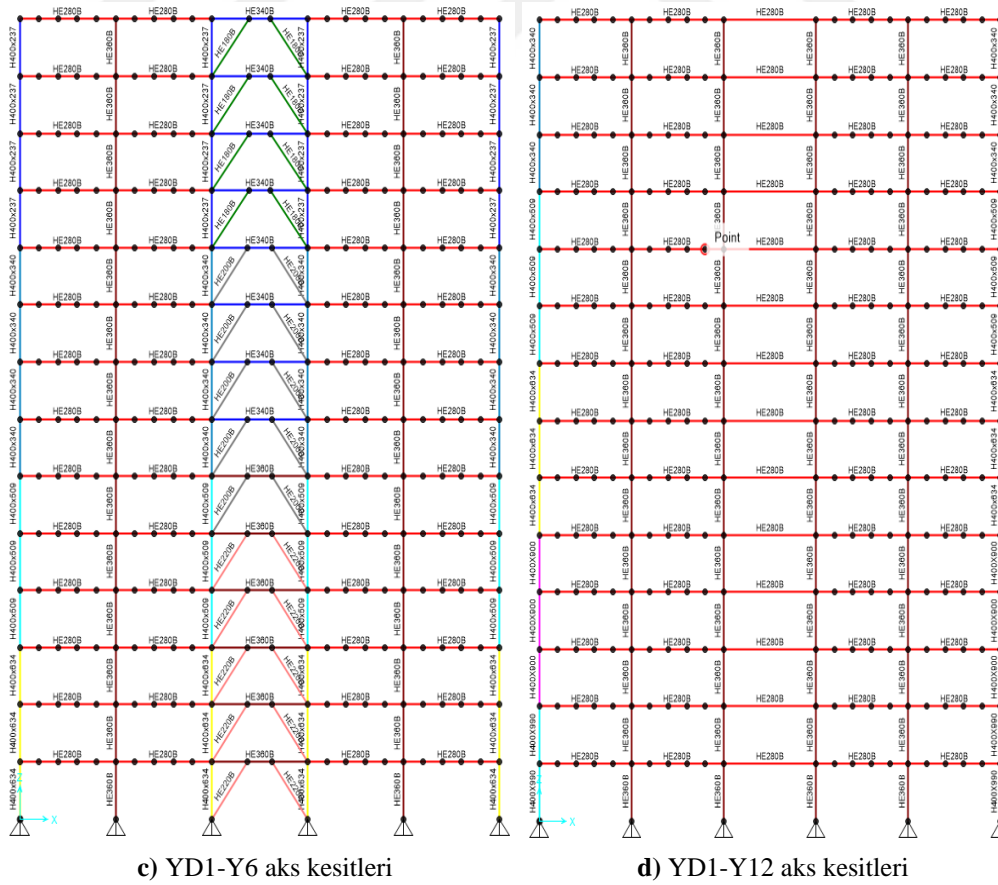
c) YD1-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.33. YD1 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitleri



a) YD1-X6 aks kesitleri

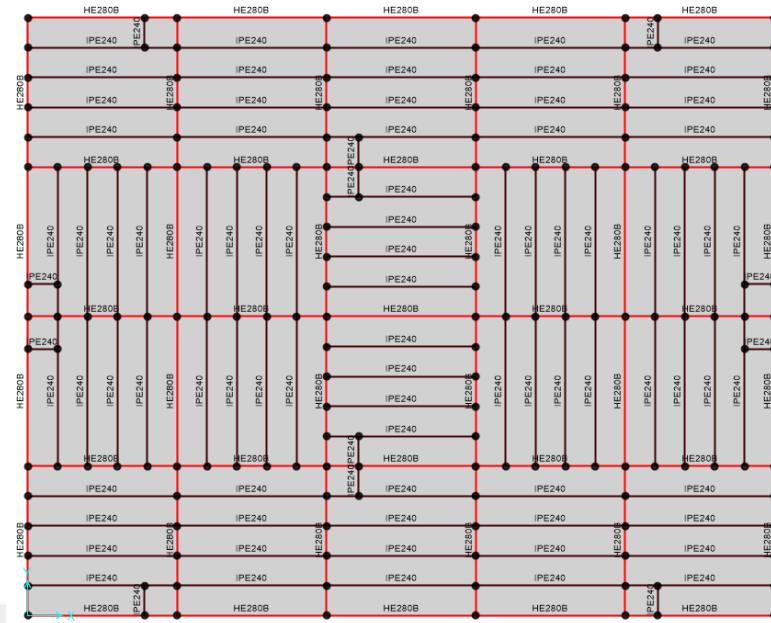
b) YD1-X12 aks kesitleri



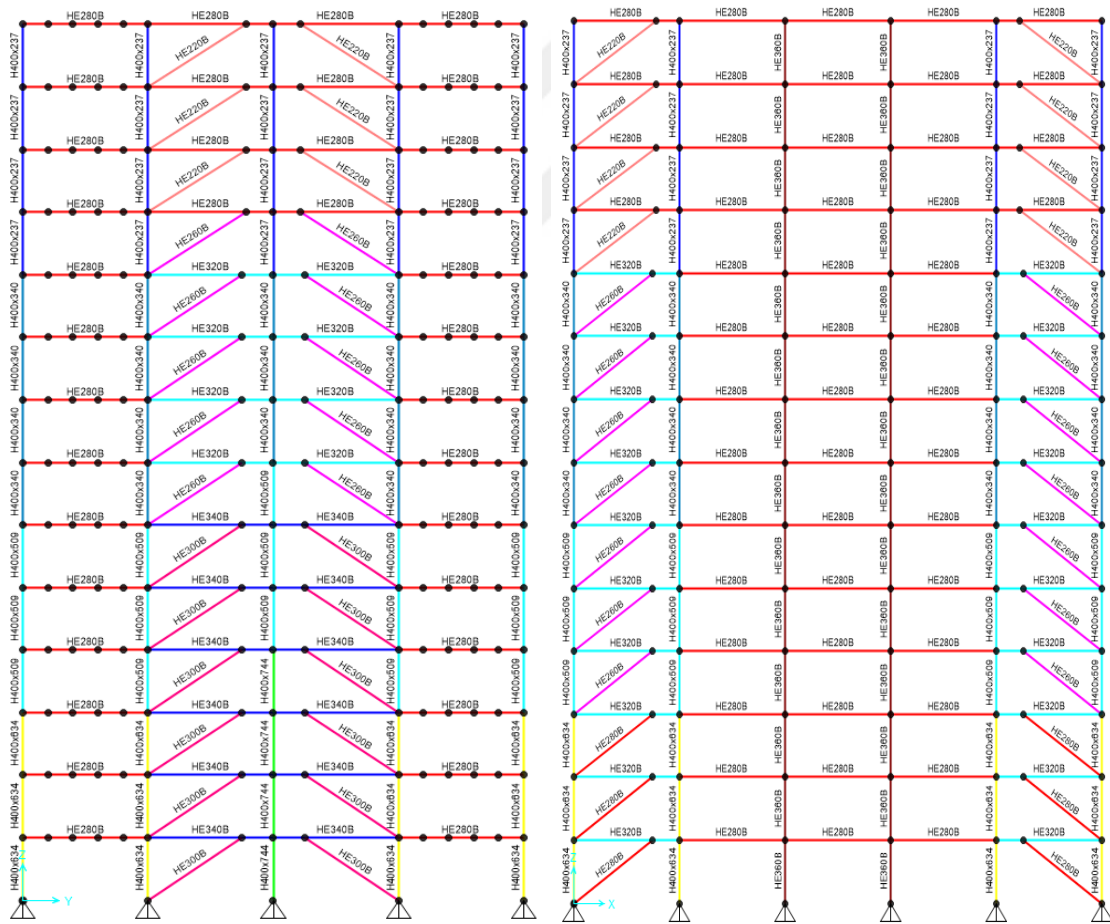
c) YD1-Y6 aks kesitleri

d) YD1-Y12 aks kesitleri

Şekil 4.34. YD1 modeline ait 6-12 aks kesitleri



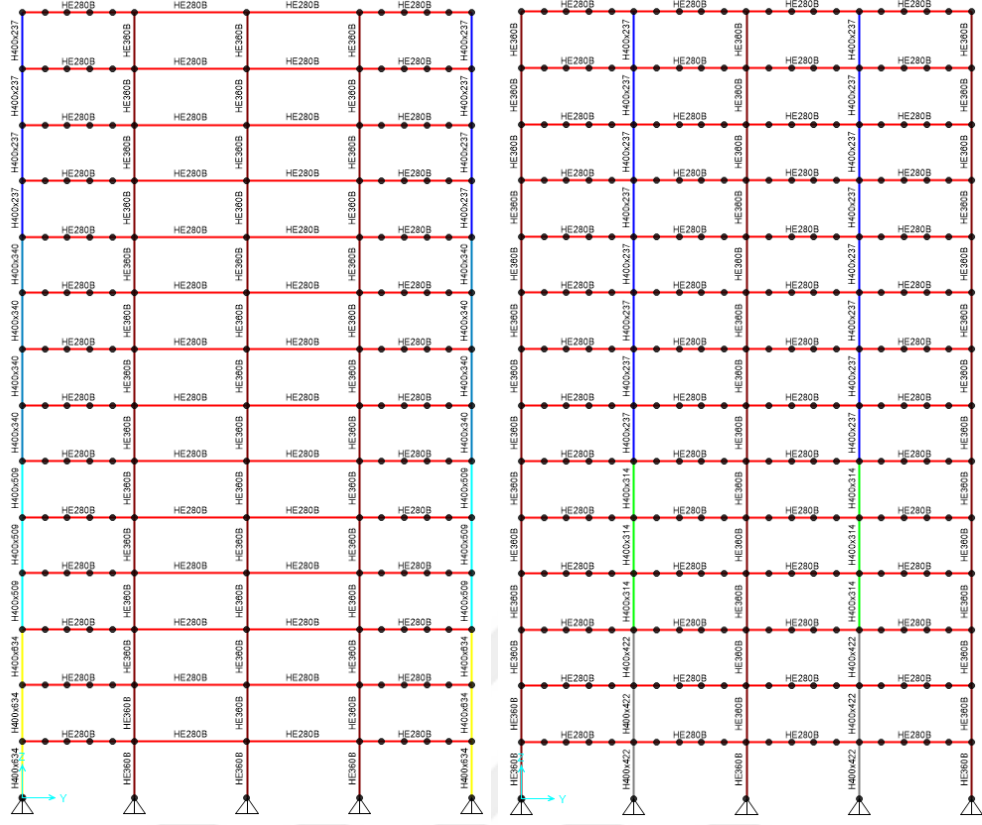
a) YD2 kat planı



b) YD2-X0 aks kesitleri

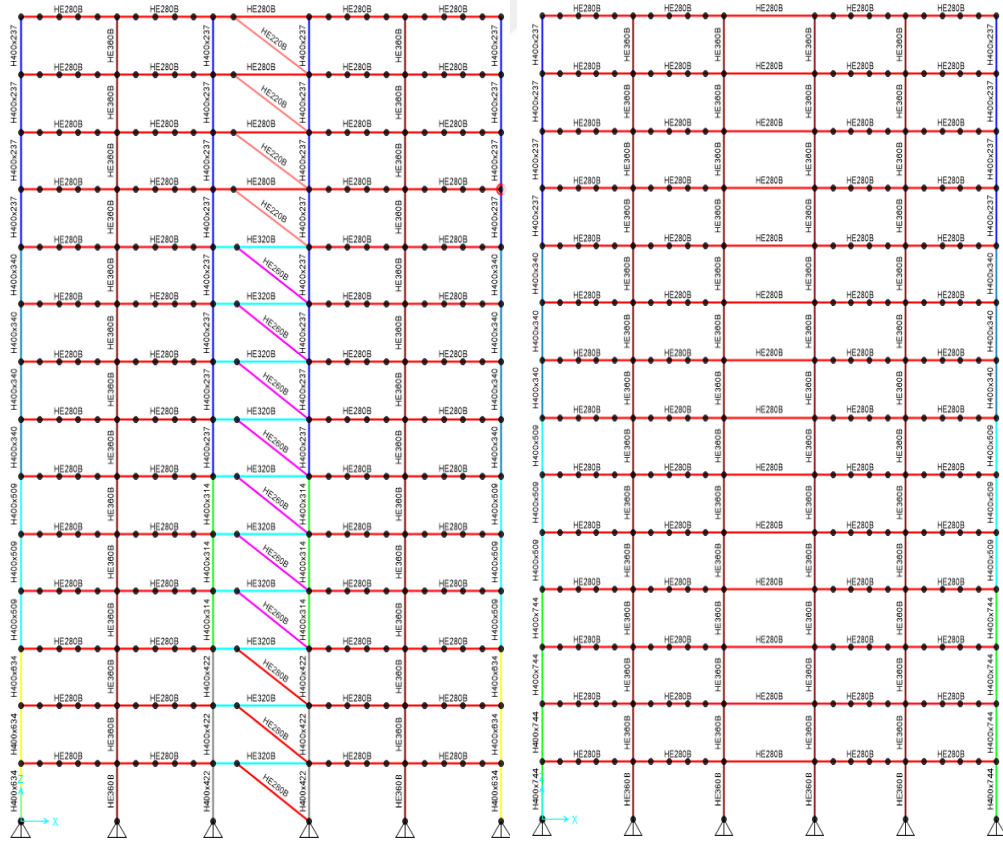
c) YD2-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.35. YD2 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitleri



a) YD2-X6 aks kesitleri

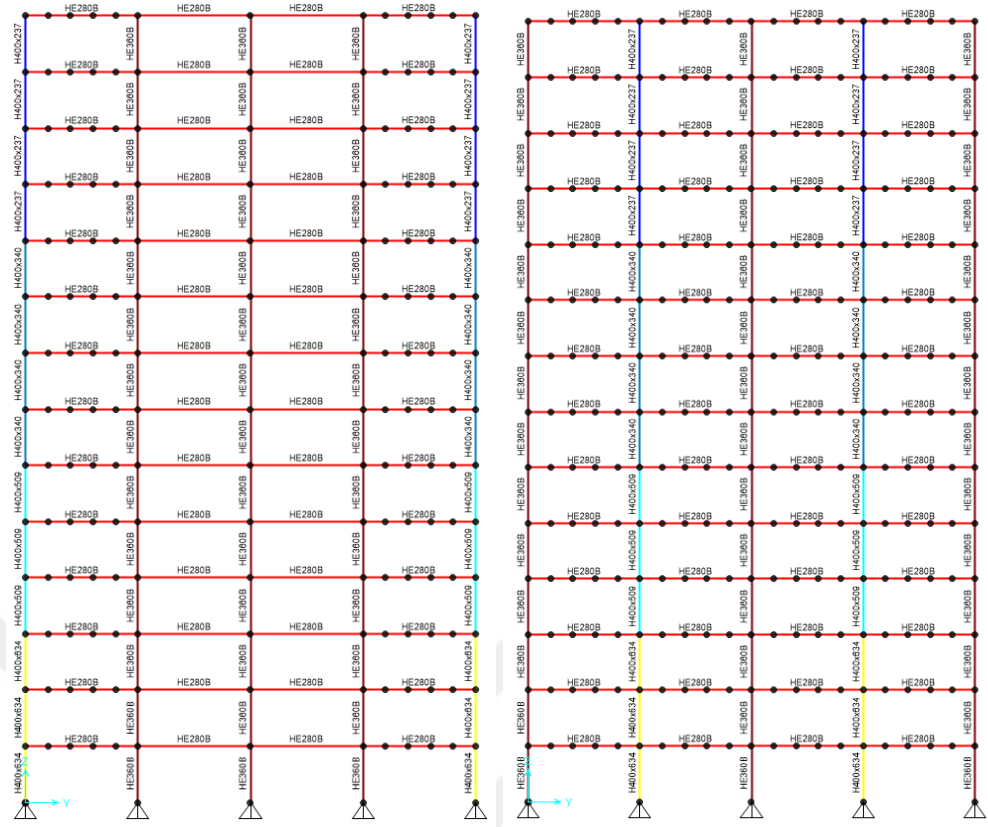
b) YD2-X12 aks kesitleri



c) YD2-Y6 aks kesitleri

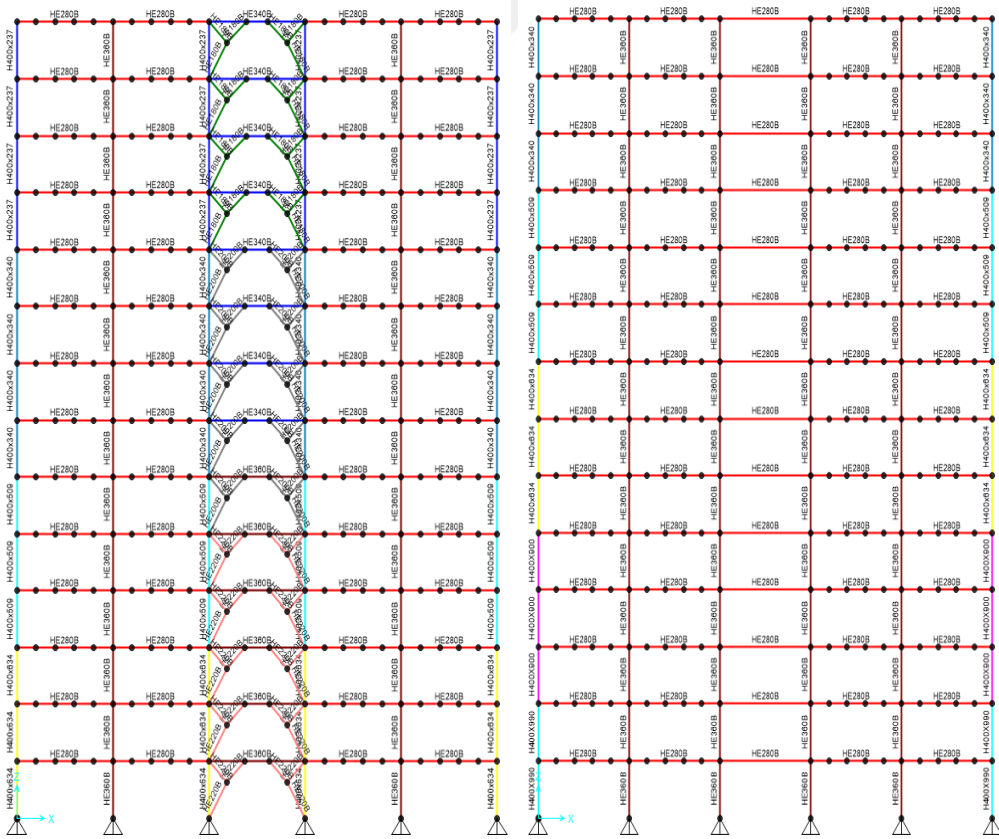
d) YD2-Y12 aks kesitleri

Şekil 4.36. YD2 modeline ait 6-12 aks kesitleri



a) FD1-X6 aks kesitleri

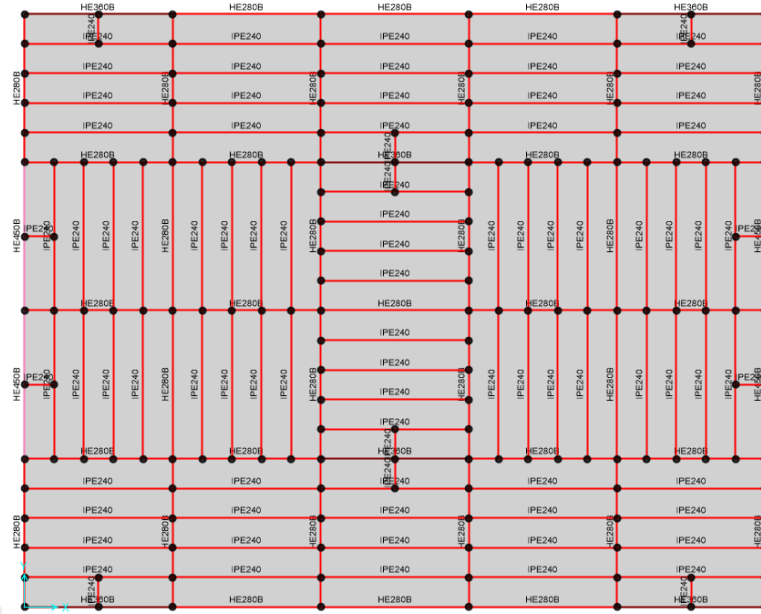
b) FD1-X12 aks kesitleri



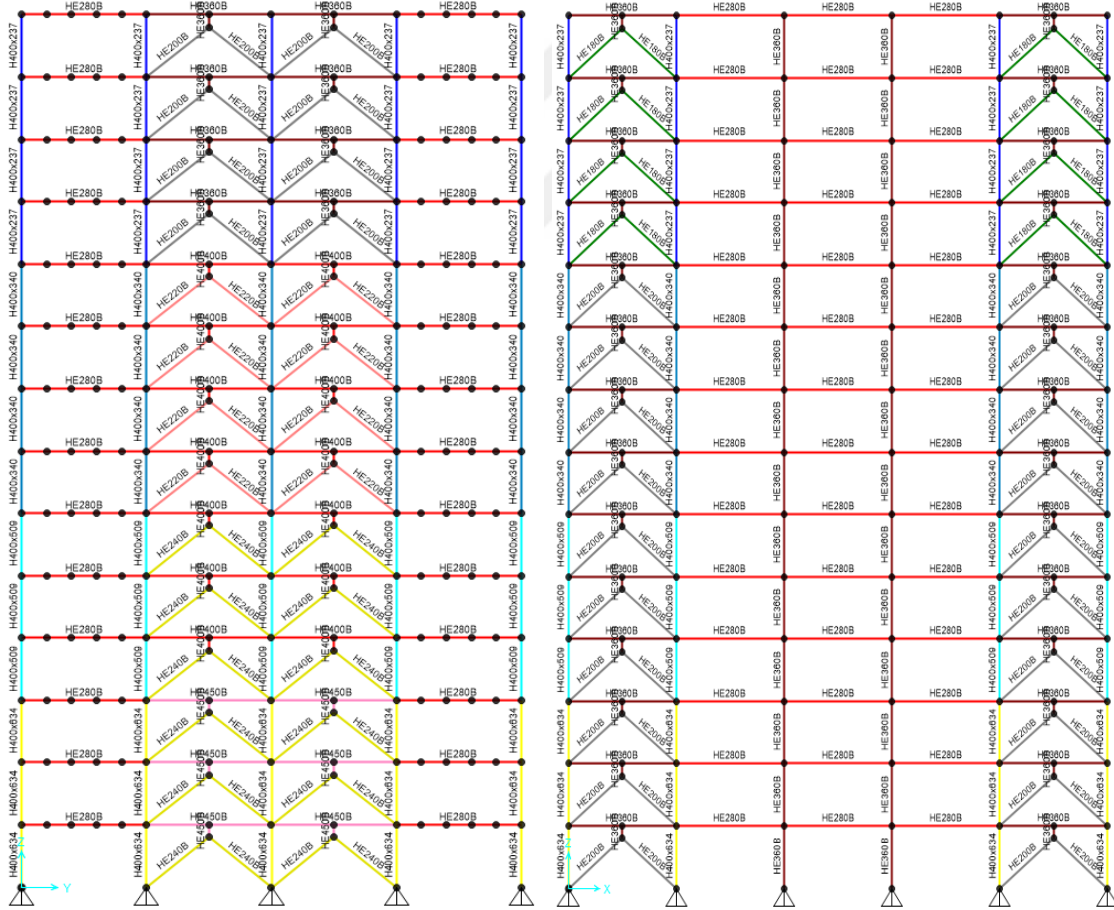
c) FD1-Y6 aks kesitleri

d) FD1-Y12 aks kesitleri

Şekil 4.38. FD1 modeline ait 6-12 aks kesitleri



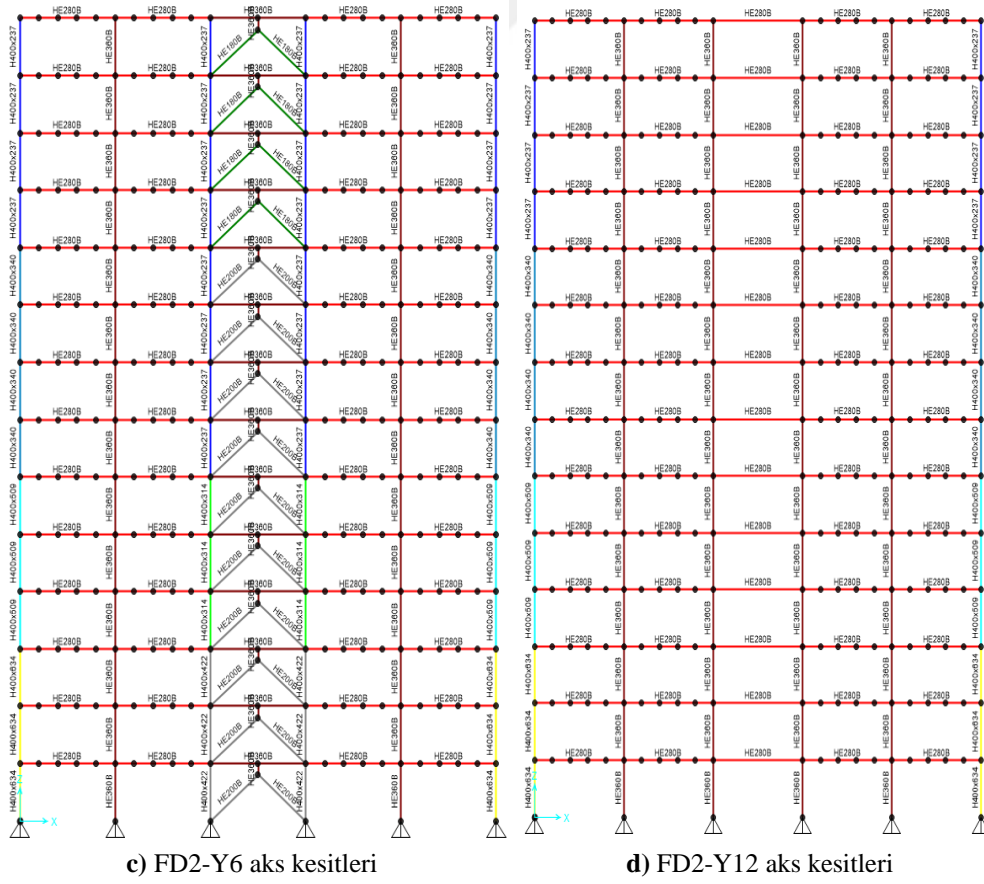
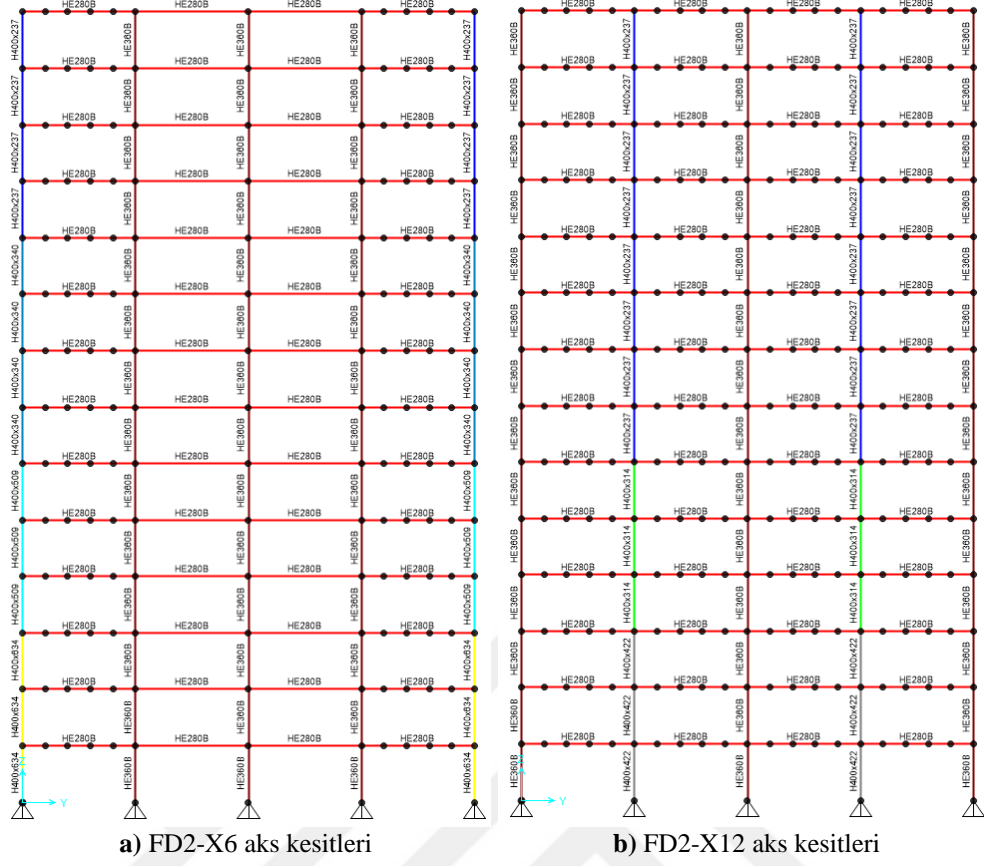
a) FD2 kat planı



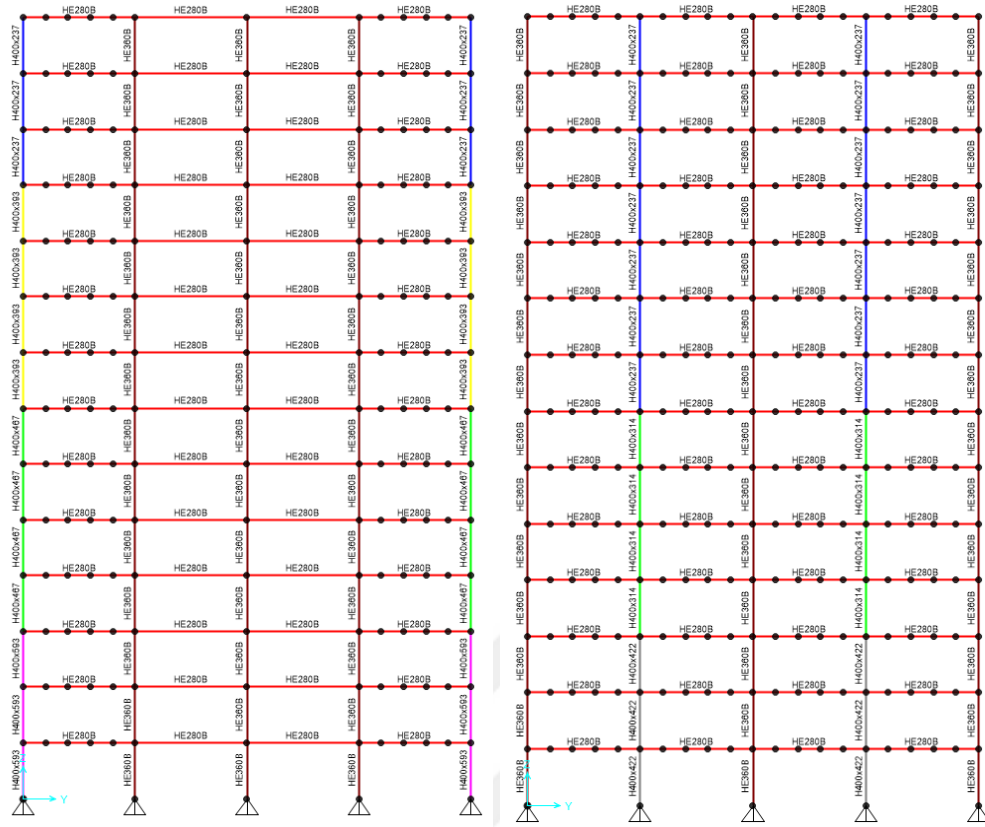
b) FD2-X0 aks kesitleri

c) FD2-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.39. FD2 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitleri

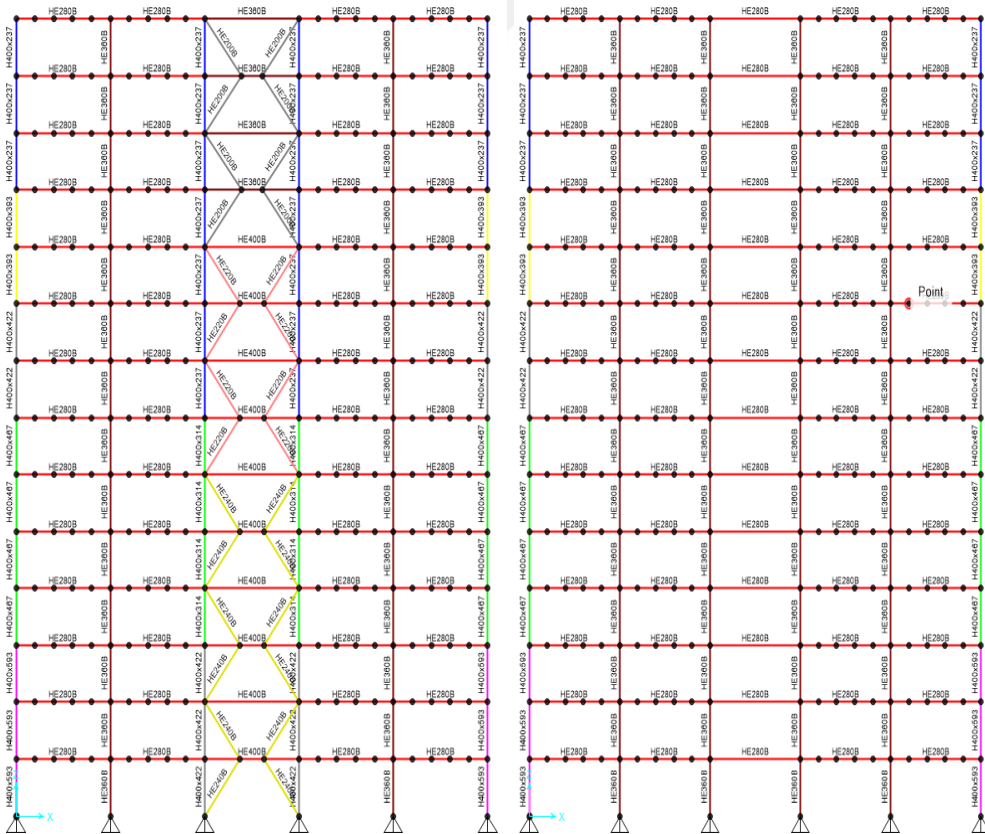


Şekil 4.40. FD2 modeline ait 6-12 aks kesitleri



a) FD3-X6 aks kesitleri

b) FD3-X12 aks kesitleri



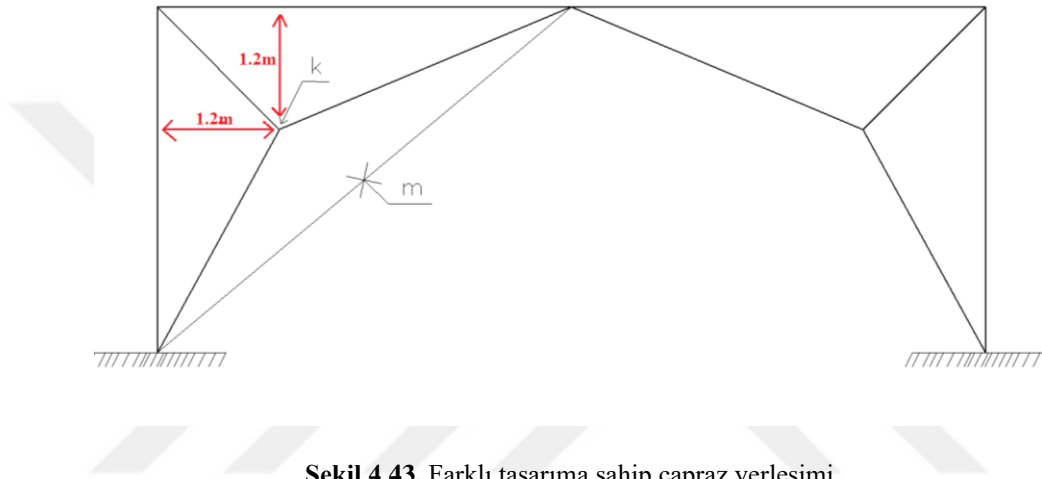
c) FD3-Y6 aks kesitleri

d) FD3-Y12 aks kesitleri

Şekil 4.42. FD3 modeline ait 6-12 aks kesitleri

Farklı merkezi çaprazlı FM1 ve FM2 modellerinde çapraz eleman uzunluklarının belirlenmesinde çapraz elemanın performansının en yüksek durumu elde edilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.43’ de gösterilen çapraz üzerinde “k” noktası x ve y ekseninde 1.2 m mesafededir. “k” noktasının “m” noktasına yaklaştığı modellerde çapraz eleman daha rahat çalışırken, m noktasından uzaklaştıkça çapraz eleman zorlanmaya başlamış ve kesitlerin boyutları artmıştır.

Bu çalışmada ekonomik durum ve performans dengesinde mimari kaygılar da ön planda tutularak en optimum tasarım yapılmış ve uygun yaklaşım bulunmuştur.



Şekil 4.43. Farklı tasarıma sahip çapraz yerleşimi

Kat kirişlerinin sehim kontrolleri ilgili yönetmelik hükümlerince kontrol edilmiş ve programa tanımlanmıştır (Şekil 4.44 ve Şekil 4.45). Her modelde sehim kontrolleri gerçekleştirilmiştir.

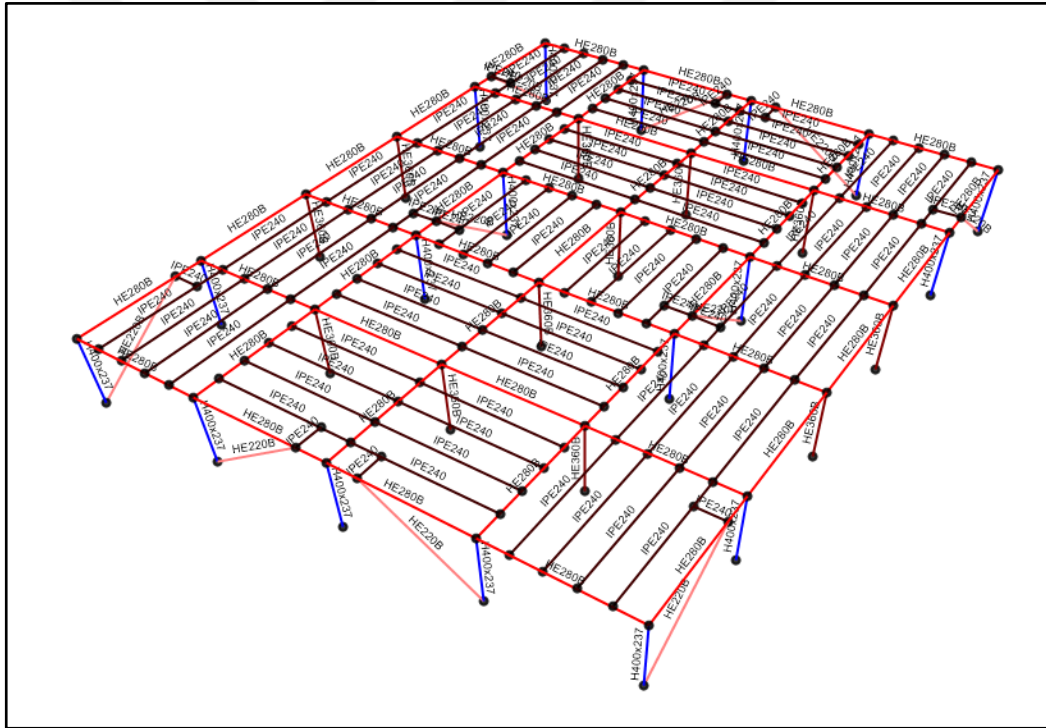
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Deflection Details)						
Units : KN, m, C						
Frame :	1391	X Mid :	27,	Combo :	G+0.5S (SEHİM)	
Length :	6,	Y Mid :	12,	Shape :	HE280B	
Loc :	0,	Z Mid :	27,	Class :	Slender	
DEFLECTION CHECK (ComboG+0.5S ()						
Type	Consider	Deflection	Limit	Ratio	Status	
Dead Load	Yes	0,014	0,025	0,549	OK	
Super DL+LL	Yes	0,018	0,02	0,885	OK	
Live Load	Yes	0,005	0,017	0,303	OK	
Total Load	Yes	0,019	0,02	0,94	OK	
Total-Camber	Yes	0,019	0,025	0,752	OK	

Şekil 4.44. HEB280 kat kirişinin sehim kontrolü

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Deflection Details)					
Units : KN, m, C					
Frame : 1418	X Mid: 15, Combo: G+0.5S (SEHİM)				
Length: 6,	Y Mid: 13,2 Shape: IPE240				
Loc : 0,	Z Mid: 27, Class: Slender				
DEFLECTION CHECK (ComboG+0.5S ())					
Type	Consider	Deflection	Limit	Ratio	Status
Dead Load	Yes	0,014	0,025	0,543	OK
Super DL+LL	Yes	0,018	0,02	0,905	OK
Live Load	Yes	0,005	0,017	0,31	OK
Total Load	Yes	0,019	0,02	0,938	OK
Total-Camber	Yes	0,019	0,025	0,75	OK

Şekil 4.45. IPE240 tali kirişinin sehim kontrolü

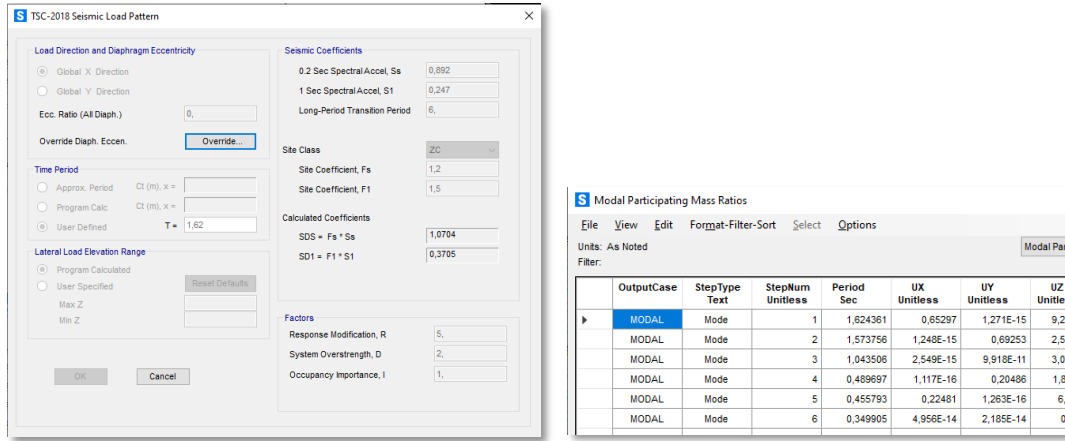
TBDY2018 hükümlerince kat hizasındaki çapraz-kiriş birleşimlerinin yanıl doğrultuda desteklenmesi için kullanılan tali kirişler programda tanımlanmıştır (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Çapraz-kiriş birleşim bölgelerinin yanıl doğrultuda desteklenmesi

4.1.2. Analiz sırasında aşamalar

Periyotlar ampirik hakim titreşim periyoduna göre kontrol edilip gereken modellerde programda periyotların tanımlamaları değiştirilmiştir (Şekil 4.47 ve Çizelge 4.2).



Şekil 4.47. SAP2000 programında örnek bir modelden bulunan periyot değerleri

Çizelge 4.2. Örnek bir modelden kontrol amaçlı hesaplanan periyot değerleri

ÜST YAPI				
	Periyod	K.Katılım	Hn (m)	42
Tx	1,62	65%	Ct	0,08
Ty	1,57	69%	Tpa	1,32
			1,4*Tpa	1,85
			mt (ton)	7516

Sds	1,07	Rx	5	Ry	5
Sdl	0,37	Dx	2	Dy	2
Ta	0,069	I	1		
Tb	0,346				
Tl	6				

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 koşullarına göre düzensizliklerin kontrolü yapılmıştır. Bu kontroller görelî kat öteleme kontrolü, A1 düzensizliğı kontrolü, B2 düzensizliğı kontrolü ve ikinci mertbe etkisi kontrolüdür. Yapılan analiz sonuçlarında β değeri 1'den yüksek olan model olmamıştır.

Örnek olarak RF0 için Çizelge 4.3 ile Çizelge 4.6 arasında modelin düzensizlik kontrolleri ve deprem devrilme güvenliğı kontrolü gösterilmiştir. Diğer her modelde de aynı kontroller sağlanmıştır.

Çizelge 4.3. Göreli kat öteleme kontrolü

R _x	5
R _y	5
I	1
I _x	0,41
I _y	0,41
k	0,5

X YÖNÜ											
KAT	H _{kat} (mm)	U _x (mm)			Max AGKÖ	Min AGKÖ	Ort AGKÖ	(R/I)*AGKÖ	I*(R/I)*AGKÖ/ H _{kat}	0.016*k	I*(R/I)*Drift <=0,016*k
		Max	Min	Ort							
14	3000	70,264	64,878	67,571	6,6490	6,1760	6,4125	33,2450	0,0045	0,0080	OK
13	3000	63,615	58,702	0	6,7850	6,3010	6,5430	33,9250	0,0046	0,0080	OK
12	3000	56,83	52,401	0	6,8340	6,3410	6,5875	34,1700	0,0047	0,0080	OK
11	3000	49,996	46,06	0	6,7720	6,2770	6,5245	33,8600	0,0046	0,0080	OK
10	3000	43,224	39,783	0	6,5940	6,1050	6,3495	32,9700	0,0045	0,0080	OK
9	3000	36,63	33,678	0	6,2860	5,8130	6,0495	31,4300	0,0043	0,0080	OK
8	3000	30,344	27,865	0	5,8190	5,3730	5,5960	29,0950	0,0040	0,0080	OK
7	3000	24,525	22,492	0	5,1650	4,7610	4,9630	25,8250	0,0035	0,0080	OK
6	3000	19,36	17,731	0	4,4610	4,1060	4,2835	22,3050	0,0030	0,0080	OK
5	3000	14,899	13,625	0	4,0630	3,7350	3,8990	20,3150	0,0028	0,0080	OK
4	3000	10,836	9,89	0	3,5840	3,2870	3,4355	17,9200	0,0024	0,0080	OK
3	3000	7,252	6,603	0	3,0380	2,7780	2,9080	15,1900	0,0021	0,0080	OK
2	3000	4,214	3,825	0	2,4260	2,2090	2,3175	12,1300	0,0017	0,0080	OK
1	3000	1,788	1,616	0	1,7880	1,6160	1,7020	8,9400	0,0012	0,0080	OK
Base	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000			

Y YÖNÜ											
KAT	H _{kat} (mm)	U _x (mm)			Max AGKÖ	Min AGKÖ	Ort AGKÖ	(R/I)*AGKÖ	I*(R/I)*AGKÖ/ H _{kat}	0.016*k	I*(R/I)*Drift <=0,016*k
		Max	Min	Ort							
14	3000	67,035	58,364	62,6995	5,5610	4,8090	5,1850	27,8050	0,0038	0,0080	OK
13	3000	61,474	53,555	0	5,7690	4,9920	5,3805	28,8450	0,0039	0,0080	OK
12	3000	55,705	48,563	0	5,9370	5,1420	5,5395	29,6850	0,0041	0,0080	OK
11	3000	49,768	43,421	0	6,0060	5,2080	5,6070	30,0300	0,0041	0,0080	OK
10	3000	43,762	38,213	0	5,9690	5,1820	5,5755	29,8450	0,0041	0,0080	OK
9	3000	37,793	33,031	0	5,8170	5,0550	5,4360	29,0850	0,0040	0,0080	OK
8	3000	31,976	27,976	0	5,5320	4,8130	5,1725	27,6600	0,0038	0,0080	OK
7	3000	26,444	23,163	0	5,0880	4,4350	4,7615	25,4400	0,0035	0,0080	OK
6	3000	21,356	18,728	0	4,4760	3,9060	4,1910	22,3800	0,0031	0,0080	OK
5	3000	16,88	14,822	0	4,1710	3,6440	3,9075	20,8550	0,0029	0,0080	OK
4	3000	12,709	11,178	0	3,8300	3,3520	3,5910	19,1500	0,0026	0,0080	OK
3	3000	8,879	7,826	0	3,4190	3,0010	3,2100	17,0950	0,0023	0,0080	OK
2	3000	5,46	4,825	0	2,9380	2,5900	2,7640	14,6900	0,0020	0,0080	OK
1	3000	2,522	2,235	0	2,5220	2,2350	2,3785	12,6100	0,0017	0,0080	OK
Base	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000			

Çizelge 4.4. Deprem devrilme güvenliği kontrolü

DEPREM				
	Mdirenen	Mdevrilme	Mdir/Mdev	Kontrol
x	1169012,16	98430,27	11,9	OK
y	935209,73	98430,27	9,5	OK

Çizelge 4.5. A1 ve B2 düzensizlik kontrolü

A1 DÜZENSİZLİĞİ KONTROLÜ					A1 DÜZENSİZLİĞİ KONTROLÜ				
X YÖNÜ					Y YÖNÜ				
KAT	Drift Max.	Drift Ort.	Ratio nbi>1,2	KONTROL	KAT	Drift Max.	Drift Ort.	Ratio nbi>1,2	KONTROL
14	6,64900	6,41250	1,04	OK	14	5,56100	5,18500	1,07	OK
13	6,78500	6,54300	1,04	OK	13	5,76900	5,38050	1,07	OK
12	6,83400	6,58750	1,04	OK	12	5,93700	5,53950	1,07	OK
11	6,77200	6,52450	1,04	OK	11	6,00600	5,60700	1,07	OK
10	6,59400	6,34950	1,04	OK	10	5,96900	5,57550	1,07	OK
9	6,28600	6,04950	1,04	OK	9	5,81700	5,43600	1,07	OK
8	5,81900	5,59600	1,04	OK	8	5,53200	5,17250	1,07	OK
7	5,16500	4,96300	1,04	OK	7	5,08800	4,76150	1,07	OK
6	4,46100	4,28350	1,04	OK	6	4,47600	4,19100	1,07	OK
5	4,06300	3,89900	1,04	OK	5	4,17100	3,90750	1,07	OK
4	3,58400	3,43550	1,04	OK	4	3,83000	3,59100	1,07	OK
3	3,03800	2,90800	1,04	OK	3	3,41900	3,21000	1,07	OK
2	2,42600	2,31750	1,05	OK	2	2,93800	2,76400	1,06	OK
1	1,78800	1,70200	1,05	OK	1	2,52200	2,37850	1,06	OK

B2 DÜZENSİZLİĞİ KONTROLÜ- X Yönü						B2 DÜZENSİZLİĞİ KONTROLÜ- Y Yönü					
KAT	Kat Drift	ηki	ηki	max nki>2	KONTROL	KAT	Kat Drift	ηki	ηki	max nki>2	KONTROL
14	0,0021	0,9801	1,0204	1,0204	OK	14	0,0017	0,9637	1,0377	1,0377	OK
13	0,0022	0,9932	1,0068	1,0068	OK	13	0,0018	0,9713	1,0296	1,0296	OK
12	0,0022	1,0097	0,9904	1,0097	OK	12	0,0018	0,9880	1,0122	1,0122	OK
11	0,0022	1,0276	0,9732	1,0276	OK	11	0,0019	1,0056	0,9944	1,0056	OK
10	0,0021	1,0496	0,9528	1,0496	OK	10	0,0019	1,0257	0,9750	1,0257	OK
9	0,0020	1,0810	0,9250	1,0810	OK	9	0,0018	1,0509	0,9515	1,0509	OK
8	0,0019	1,1275	0,8869	1,1275	OK	8	0,0017	1,0863	0,9205	1,0863	OK
7	0,0017	1,1586	0,8631	1,1586	OK	7	0,0016	1,1361	0,8802	1,1361	OK
6	0,0014	1,0986	0,9102	1,0986	OK	6	0,0014	1,0726	0,9324	1,0726	OK
5	0,0013	1,1349	0,8811	1,1349	OK	5	0,0013	1,0881	0,9190	1,0881	OK
4	0,0011	1,1814	0,8465	1,1814	OK	4	0,0012	1,1187	0,8939	1,1187	OK
3	0,0010	1,2548	0,7969	1,2548	OK	3	0,0011	1,1614	0,8611	1,1614	OK
2	0,0008	1,3616	0,7344	1,3616	OK	2	0,0009	1,1621	0,8605	1,1621	OK
1	0,0006					1	0,0008				

Çizelge 4.6. 2.Mertebe etkisi kontrolü

Rx	8	Ry	8
Dx	3	Dy	3
Ch	1	Ch	1

X YÖNÜ											
Kat	hi(mm)	Story Ort. AGKÖ	Wi(kN)	ΣWi(kN)	vi(kN)	vi*hi(kN.mm)	$\theta_{ij} = \frac{\Delta i(ort) \cdot \Sigma W i}{\Sigma v i \cdot h i}$	$\theta_{i,i,max}$	0,12*D/(C _H *R)	Kontrol	β
14	3000	1,707	4635,03	4635,03	598,36	1795071	0,00441	0,00469	0,04500	OK	0,89
13	3000	2,508	5522,83	5522,83	984,30	2952900	0,00469				
12	3000	3,2965	5522,83	5522,83	1340,56	4021665	0,00453				
11	3000	4,029	5522,83	5522,83	1667,12	5001366	0,00445				
10	3000	4,6135	5535,00	5535,00	1964,67	5894016	0,00433				
9	3000	5,1865	5548,14	5548,14	2233,07	6699213	0,00430				
8	3000	5,696	5548,14	5548,14	2471,65	7414944	0,00426				
7	3000	6,1255	5548,14	5548,14	2680,40	8041209	0,00423				
6	3000	5,95	5642,32	5642,32	2862,37	8587095	0,00391				
5	3000	6,1535	5736,10	5736,10	3016,53	9049575	0,00390				
4	3000	6,2545	5736,10	5736,10	3139,85	9419559	0,00381				
3	3000	6,098	5736,10	5736,10	3232,35	9697047	0,00361				
2	3000	5,2995	5736,10	5736,10	3294,01	9882039	0,00308				
1	3000	2,7555	5736,10	5736,10	3324,85	9974535	0,00158				
Base	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00000				

Y YÖNÜ											
Kat	hi(mm)	Story Ort. AGKÖ	Wi(kN)	ΣWi(kN)	vi(kN)	vi*hi(kN.mm)	$\theta_{ij} = \frac{\Delta i(ort) \cdot \Sigma W i}{\Sigma v i \cdot h i}$	$\theta_{i,i,max}$	0,12*D/(C _H *R)	Kontrol	β
14	3000	1,3955	4635,03	4635,03	598,36	1795071	0,00360	0,00399	0,04500	OK	0,89
13	3000	2,134	5522,83	5522,83	984,30	2952900	0,00399				
12	3000	2,8245	5522,83	5522,83	1340,56	4021665	0,00388				
11	3000	3,461	5522,83	5522,83	1667,12	5001366	0,00382				
10	3000	3,948	5535,00	5535,00	1964,67	5894016	0,00371				
9	3000	4,4465	5548,14	5548,14	2233,07	6699213	0,00368				
8	3000	4,8865	5548,14	5548,14	2471,65	7414944	0,00366				
7	3000	5,2745	5548,14	5548,14	2680,40	8041209	0,00364				
6	3000	5,002	5642,32	5642,32	2862,37	8587095	0,00329				
5	3000	5,2135	5736,10	5736,10	3016,53	9049575	0,00330				
4	3000	5,3465	5736,10	5736,10	3139,85	9419559	0,00326				
3	3000	5,306	5736,10	5736,10	3232,35	9697047	0,00314				
2	3000	4,782	5736,10	5736,10	3294,01	9882039	0,00278				
1	3000	2,669	5736,10	5736,10	3324,85	9974535	0,00153				
Base	0	0	0	0	0,00	0	0,00000				

Dışmerkez çaprazlı sistemlerde bağ kiriş uzunlukları kısa bağ kirişi olacak şekilde tasarlanmıştır. Bağ kirişi uzunlukları, dönme açısı kontrolleri ve bağ kirişlerinde analiz sonucundaki kapasite oranları Çizelge 4.7 ile Çizelge 4.16 arasında her bir dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve sistem modeli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. YD1 modeli X yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S355	S355
Profile	HE 450 B	HE 400 B	HE 400 B	HE 340 B
Fy	355	355	355	355
Fu	510	510	510	510
Wp	3982	3232	3232	2408
h	450	400	400	340
b	300	300	300	300
tw	14	13,5	13,5	12
tf	26	24	24	21,5
Wp	3982	3232	3232	2408
A	218	197,8	197,8	170,9

L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check	
14	6	1,30	288	869,04	854,84	869,04	91	0,105	OK	0,01053	0,04862	1,57	2,56	0,080	OK	
13	6	1,30				869,04	124	0,143	OK	0,01172	0,05409			0,080	OK	
12	6	1,30				869,04	154	0,177	OK	0,01288	0,05946			0,080	OK	
11	6	1,30				869,04	184	0,212	OK	0,01390	0,06414			0,080	OK	
10	6	1,50		0,0372	1150,20	1147,36	1150,2	203	0,176	OK	0,01503	0,06014	1,60	2,59	0,080	OK
9	6	1,50					1150,2	226	0,196	OK	0,01565	0,06260			0,080	OK
8	6	1,50					1150,2	245	0,213	OK	0,01594	0,06377			0,080	OK
7	6	1,50					1150,2	260	0,226	OK	0,01582	0,06326			0,080	OK
6	6	1,50			1150,20	1147,36	1150,2	277	0,241	OK	0,01512	0,06048	1,60	2,59	0,080	OK
5	6	1,50					1150,2	292	0,254	OK	0,01435	0,05740			0,080	OK
4	6	1,50					1150,2	298	0,259	OK	0,01368	0,05473			0,080	OK
3	6	1,50					1341,90	1413,61	1341,9	300	0,224	OK			0,01303	0,05212
2	6	1,50			1341,90	1413,61	1341,9	304	0,227	OK	0,01226	0,04902	0,080	OK		
1	6	1,50			1341,90	1413,61	1341,9	315	0,235	OK	0,01153	0,04611	0,080	OK		

Çizelge 4.8. YD1 modeli Y yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S355	S355
Profile	HE 450 B	HE 400 B	HE 400 B	HE 340 B
Fy	355	355	355	355
Fu	510	510	510	510
Wp	3982	3232	3232	2408
h	450	400	400	340
b	300	300	300	300
tw	14	13,5	13,5	12
tf	26	24	24	21,5
Wp	3982	3232	3232	2408
A	218	197,8	197,8	170,9

L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check	
14	6	1,30	453	0,0585	869,04	854,84	869,04	91	0,105	OK	0,01019	0,04703	1,57	2,56	0,080	OK
13	6	1,30					869,04	126	0,145	OK	0,01186	0,05476			0,080	OK
12	6	1,30					869,04	155	0,178	OK	0,01358	0,06268			0,080	OK
11	6	1,30					869,04	182	0,209	OK	0,01420	0,06553			0,080	OK
10	6	1,30			1150,20	1147,36	1150,2	207	0,180	OK	0,01340	0,06186	1,60	2,59	0,080	OK
9	6	1,30					1150,2	228	0,198	OK	0,01365	0,06300			0,080	OK
8	6	1,30					1150,2	249	0,216	OK	0,01402	0,06469			0,080	OK
7	6	1,30					1150,2	265	0,230	OK	0,01403	0,06475			0,080	OK
6	6	1,30			1150,20	1147,36	1150,2	278	0,242	OK	0,01358	0,06270	1,60	2,59	0,080	OK
5	6	1,30					1150,2	288	0,250	OK	0,01328	0,06129			0,080	OK
4	6	1,30					1150,2	296	0,257	OK	0,01264	0,05835			0,080	OK
3	6	1,30					1341,9	300	0,224	OK	0,01136	0,05244			0,080	OK
2	6	1,30			1341,90	1413,61	1341,9	304	0,227	OK	0,01051	0,04850	1,69	2,74	0,080	OK
1	6	1,30					1341,9	322	0,240	OK	0,00990	0,04567			0,080	OK

Çizelge 4.9. YD2 modeli X yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S275	S275	S275	S275
Profile	HE 320 b	HE 320 b	HE 320 b	HE 280 b
Fy	275	275	275	275
Fu	430	430	430	430
Wp	2149	2149	2149	1534
h	320	320	320	280
b	300	300	300	280
tw	11,5	11,5	11,5	10,5
tf	20,5	20,5	20,5	18
Wp	2149	2149	2149	1534
A	161,3	161,3	161,3	131,4

L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check	
14	6	1,30	315	0,0710	485,10	421,85	485,1	57	0,118	OK	0,01298	0,05990	1,39	2,26	0,080	OK
13	6	1,30					485,1	97	0,200	OK	0,01434	0,06619			0,080	OK
12	6	1,30					485,1	128	0,264	OK	0,01559	0,07196			0,080	OK
11	6	1,30					485,1	155	0,320	OK	0,01641	0,07573			0,080	OK
10	6	1,50			607,20	590,98	607,2	195	0,321	OK	0,01625	0,06498	1,56	2,53	0,080	OK
9	6	1,50					607,2	220	0,362	OK	0,01649	0,06597			0,080	OK
8	6	1,50					607,2	242	0,399	OK	0,01658	0,06631			0,080	OK
7	6	1,50					607,2	262	0,431	OK	0,01638	0,06553			0,080	OK
6	6	1,50			607,20	590,98	607,2	280	0,461	OK	0,01574	0,06295	1,56	2,53	0,080	OK
5	6	1,50					607,2	293	0,483	OK	0,01520	0,06080			0,080	OK
4	6	1,50					607,2	302	0,497	OK	0,01439	0,05757			0,080	OK
3	6	1,50					607,2	310	0,511	OK	0,01317	0,05268			0,080	OK
2	6	1,50			607,20	590,98	607,2	320	0,527	OK	0,01230	0,04918	1,56	2,53	0,080	OK
1	6	1,50					607,2	364	0,599	OK	0,01270	0,05079			0,080	OK

Çizelge 4.10. YD2 modeli Y yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S275	S275
Profile	HE 340 b	HE 340 b	HE 320 b	HE 280 b
Fy	355	355	275	275
Fu	510	510	430	430
Wp	2408	2408	2149	1534
h	340	340	320	280
b	300	300	300	280
tw	12	12	11,5	10,5
tf	21,5	21,5	20,5	18
Wp	2408	2408	2149	1534
A	170,9	170,9	161,3	131,4

L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check						
14	6	1,30	548	0,0903	485,10	421,85	485,1	115	0,237	OK	0,01080	1,39	2,26	0,080	OK						
13	6	1,30					485,1	167	0,344	OK	0,01271			0,05865	0,080	OK					
12	6	1,30					485,1	206	0,425	OK	0,01469			0,06782	0,080	OK					
11	6	1,30					485,1	250	0,515	OK	0,01595			0,07360	0,080	OK					
10	6	1,50			548	0,0903	607,20	590,98	607,2	297	0,489	OK	0,01653	1,56	2,53	0,080	OK				
9	6	1,50							607,2	335	0,552	OK	0,01737			0,06948	0,080	OK			
8	6	1,50							607,2	362	0,596	OK	0,01813			0,07253	0,080	OK			
7	6	1,50							607,2	375	0,618	OK	0,01767			0,07068	0,080	OK			
6	6	1,50					548	0,0903	869,04	854,84	869,04	425	0,489	OK	0,01662	1,57	2,56	0,080	OK		
5	6	1,50									869,04	431	0,496	OK	0,01643			0,06574	0,080	OK	
4	6	1,50									869,04	440	0,506	OK	0,01581			0,06325	0,080	OK	
3	6	1,50									869,04	450	0,518	OK	0,01534			0,06134	0,080	OK	
2	6	1,50							548	0,0903	869,04	854,84	869,04	455	0,524	OK	0,01501	1,57	2,56	0,080	OK
1	6	1,50											869,04	493	0,567	OK	0,01588			0,06351	0,080

Çizelge 4.11. FD1 modeli X yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S355	S355
Profile	HE 360 B	HE 360 B	HE 340 B	HE 340 B
Fy	355	355	355	355
Fu	510	510	510	510
Wp	2683	2683	2408	2408
h	360	360	340	340
b	300	300	300	300
tw	12,5	12,5	12	12
tf	22,5	22,5	21,5	21,5
Wp	2683	2683	2408	2408
A	180,6	180,6	170,9	170,9

L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check						
14	6	1,30	390	0,0608	869,04	854,84	869,04	90	0,104	OK	0,01061	1,57	2,56	0,080	OK						
13	6	1,30					869,04	121	0,139	OK	0,01212			0,05595	0,080	OK					
12	6	1,30					869,04	151	0,174	OK	0,01368			0,06315	0,080	OK					
11	6	1,30					869,04	178	0,205	OK	0,01500			0,06924	0,080	OK					
10	6	1,50			390	0,0608	869,04	854,84	869,04	204	0,235	OK	0,01607	1,57	2,56	0,080	OK				
9	6	1,50							869,04	226	0,260	OK	0,01684			0,06735	0,080	OK			
8	6	1,50							869,04	245	0,282	OK	0,01731			0,06925	0,080	OK			
7	6	1,50							869,04	260	0,299	OK	0,01735			0,06942	0,080	OK			
6	6	1,50					390	0,0608	958,50	952,47	958,5	276	0,288	OK	0,01680	1,59	2,58	0,080	OK		
5	6	1,50									958,5	294	0,307	OK	0,01600			0,06400	0,080	OK	
4	6	1,50									958,5	300	0,313	OK	0,01537			0,06148	0,080	OK	
3	6	1,50									958,5	302	0,315	OK	0,01479			0,05916	0,080	OK	
2	6	1,50							390	0,0608	958,50	952,47	958,5	307	0,320	OK	0,01408	1,59	2,58	0,080	OK
1	6	1,50											958,5	319	0,333	OK	0,01341			0,05363	0,080

Çizelge 4.12. FD1 modeli Y yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S355	S355
Profile	HE 450 B	HE 400 B	HE 400 B	HE 340 B
Fy	355	355	355	355
Fu	510	510	510	510
Wp	3982	3232	3232	2408
h	450	400	400	340
b	300	300	300	300
tw	14	13,5	13,5	12
tf	26	24	24	21,5
Wp	3982	3232	3232	2408
A	218	197,8	197,8	170,9

	L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check		
14	6	1,30	625	0,0808	869,04	854,84	869,04	121	0,139	OK	0,01077	0,04972	1,57	2,56	0,080	OK		
13	6	1,30					869,04	163	0,188	OK	0,01290	0,05952						
12	6	1,30					869,04	205	0,236	OK	0,01509	0,06964						
11	6	1,30					869,04	240	0,276	OK	0,01587	0,07326						
10	6	1,30			1150,20	1147,36	1150,20	1147,36	1150,2	316	0,275	OK	0,01506	0,06950	1,60	2,59	0,080	OK
9	6	1,30							1150,2	338	0,294	OK	0,01548	0,07146				
8	6	1,30							1150,2	364	0,316	OK	0,01608	0,07422				
7	6	1,30							1150,2	382	0,332	OK	0,01623	0,07492				
6	6	1,30			1150,20	1147,36	1150,20	1147,36	1150,2	427	0,371	OK	0,01573	0,07259	1,60	2,59	0,080	OK
5	6	1,30							1150,2	431	0,375	OK	0,01545	0,07132				
4	6	1,30							1150,2	429	0,373	OK	0,01472	0,06794				
3	6	1,30							1341,9	475	0,354	OK	0,01311	0,06052				
2	6	1,30			1341,90	1413,61	1341,90	1413,61	1341,9	465	0,347	OK	0,01218	0,05622	1,69	2,74	0,080	OK
1	6	1,30							1341,9	480	0,358	OK	0,01160	0,05353				

Çizelge 4.13. FD2 modeli X yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S355	S355
Profile	HE 360 B	HE 360 B	HE 360 B	HE 360 B
Fy	355	355	355	355
Fu	510	510	510	510
Wp	2683	2683	2683	2683
h	360	360	360	360
b	300	300	300	300
tw	12,5	12,5	12,5	12,5
tf	22,5	22,5	22,5	22,5
Wp	2683	2683	2683	2683
A	180,6	180,6	180,6	180,6

	L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check		
14	3	0,60	286	0,0446	958,50	952,47	958,5	33	0,034	OK	0,01231	0,06156	1,59	2,58	0,080	OK		
13	3	0,60					958,5	48	0,050	OK	0,01337	0,06685						
12	3	0,60					958,5	55	0,057	OK	0,01435	0,07175						
11	3	0,60					958,5	60	0,063	OK	0,01504	0,07519						
10	3	0,60			958,50	952,47	958,50	952,47	958,5	64	0,067	OK	0,01523	0,07617	1,59	2,58	0,080	OK
9	3	0,60							958,5	68	0,071	OK	0,01543	0,07715				
8	3	0,60							958,5	72	0,075	OK	0,01540	0,07701				
7	3	0,60							958,5	75	0,078	OK	0,01511	0,07556				
6	3	0,60			958,50	952,47	958,50	952,47	958,5	76	0,079	OK	0,01473	0,07364	1,59	2,58	0,080	OK
5	3	0,60							958,5	78	0,081	OK	0,01419	0,07095				
4	3	0,60							958,5	79	0,082	OK	0,01339	0,06697				
3	3	0,60							958,5	78	0,081	OK	0,01250	0,06252				
2	3	0,60			958,50	952,47	958,50	952,47	958,5	79	0,082	OK	0,01153	0,05763	1,59	2,58	0,080	OK
1	3	0,60							958,5	81	0,085	OK	0,01061	0,05304				

Çizelge 4.14. FD2 modeli Y yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S355	S355
Profile	HE 450 B	HE 400 B	HE 400 B	HE 360 B
Fy	355	355	355	355
Fu	510	510	510	510
Wp	3982	3232	3232	2683
h	450	400	400	360
b	300	300	300	300
tw	14	13,5	13,5	12,5
tf	26	24	24	22,5
Wp	3982	3232	3232	2683
A	218	197,8	197,8	180,6

L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check			
14	3	0,60	449	0,0580	958,50	952,47	958,5	32	0,033	OK	0,01010	0,05051	1,59	2,58	0,080	OK		
13	3	0,60					958,5	49	0,051	OK	0,01150	0,05749			0,080	OK		
12	3	0,60					958,5	58	0,061	OK	0,01299	0,06493			0,080	OK		
11	3	0,60					958,5	66	0,069	OK	0,01398	0,06989			0,080	OK		
10	3	0,60					1150,20	1147,36	1150,2	76	0,066	OK	0,01387	0,06933	1,60	2,59	0,080	OK
9	3	0,60							1150,2	83	0,072	OK	0,01426	0,07128			0,080	OK
8	3	0,60							1150,2	90	0,078	OK	0,01463	0,07316			0,080	OK
7	3	0,60							1150,2	95	0,083	OK	0,01466	0,07332			0,080	OK
6	3	0,60							1150,2	96	0,083	OK	0,01428	0,07139			0,080	OK
5	3	0,60							1150,2	100	0,087	OK	0,01402	0,07011			0,080	OK
4	3	0,60					1341,90	1413,61	1150,2	102	0,089	OK	0,01338	0,06692	1,69	2,74	0,080	OK
3	3	0,60							1341,9	113	0,084	OK	0,01206	0,06031			0,080	OK
2	3	0,60							1341,9	114	0,085	OK	0,01121	0,05604			0,080	OK
1	3	0,60							1341,9	118	0,088	OK	0,01059	0,05293			0,080	OK

Çizelge 4.15. FD3 modeli X yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S355	S355
Profile	HE 400 B	HE 400 B	HE 400 B	HE 360 B
Fy	355	355	355	355
Fu	510	510	510	510
Wp	3232	3232	3232	2683
h	400	400	400	360
b	300	300	300	300
tw	13,5	13,5	13,5	12,5
tf	24	24	24	22,5
Wp	3232	3232	3232	2683
A	197,8	197,8	197,8	180,6

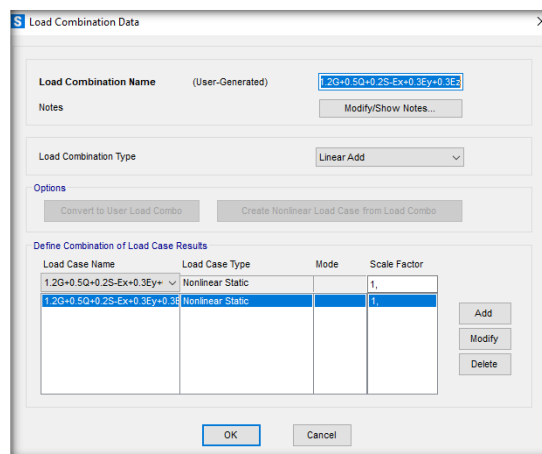
L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check			
14	6	1,30	188	0,0268	958,50	952,47	958,5	29	0,030	OK	0,01310	0,06048	1,59	2,58	0,080	OK		
13	6	1,30					958,5	222	0,232	OK	0,01377	0,06356			0,080	OK		
12	6	1,30					958,5	42	0,044	OK	0,01601	0,07387			0,080	OK		
11	6	1,30					958,5	342	0,357	OK	0,01625	0,07500			0,080	OK		
10	6	1,50					1150,20	1147,36	1150,2	42	0,037	OK	0,01796	0,07185	1,60	2,59	0,080	OK
9	6	1,50							1150,2	448	0,389	OK	0,01765	0,07060			0,080	OK
8	6	1,50							1150,2	42	0,037	OK	0,01912	0,07647			0,080	OK
7	6	1,50							1150,2	526	0,457	OK	0,01797	0,07187			0,080	OK
6	6	1,50							1150,2	42	0,037	OK	0,01874	0,07494			0,080	OK
5	6	1,50							1150,2	592	0,515	OK	0,01751	0,07005			0,080	OK
4	6	1,50					1150,20	1147,36	1150,2	42	0,037	OK	0,01806	0,07225	1,60	2,59	0,080	OK
3	6	1,50							1150,2	618	0,537	OK	0,01638	0,06554			0,080	OK
2	6	1,50							1150,2	42	0,037	OK	0,01642	0,06569			0,080	OK
1	6	1,50							1150,2	614	0,534	OK	0,01430	0,05722			0,080	OK

Çizelge 4.16. FD3 modeli Y yönü bağ kiriş uzunlukları

	0-3	4-6	7-10	11-14
Class	S355	S355	S355	S355
Profile	HE 450 B	HE 450 B	HE 400 B	HE 400 B
Fy	355	355	355	355
Fu	510	510	510	510
Wp	3982	3982	3232	3232
h	450	450	400	400
b	300	300	300	300
tw	14	14	13,5	13,5
tf	26	26	24	24
Wp	3982	3982	3232	3232
A	218	218	197,8	197,8

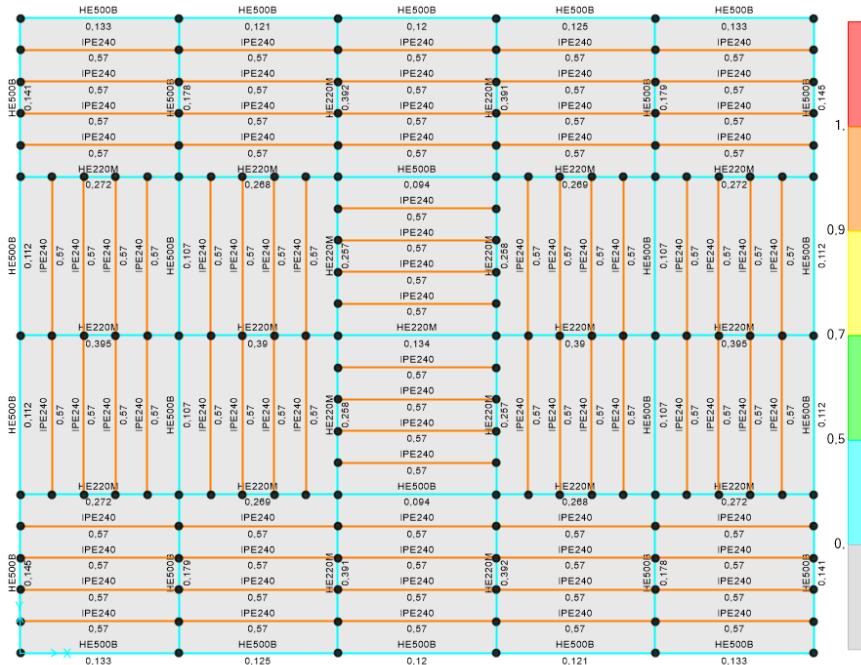
	L	e	Pmax (kN)	Pr/Py	Vp (kN)	Mp (kNm)	Vn (kN)	Ve (kN)	D/C	Control	θ_p	γ_p	1.6Mp/Vp	2.6Mp/Vp	Limit	Check
14	6	1,30	442	0,0571	1150,20	1147,36	1150,2	29	0,025	OK	0,01135	0,05241	1,60	2,59	0,080	OK
13	6	1,30					1150,2	243	0,211	OK	0,01218	0,05621			0,080	OK
12	6	1,30					1150,2	43	0,037	OK	0,01463	0,06753			0,080	OK
11	6	1,30					1150,2	414	0,360	OK	0,01507	0,06955			0,080	OK
10	6	1,30			1150,20	1147,36	1150,2	43	0,037	OK	0,01573	0,07260	1,60	2,59	0,080	OK
9	6	1,30					1150,2	598	0,520	OK	0,01564	0,07220			0,080	OK
8	6	1,30					1150,2	43	0,037	OK	0,01706	0,07876			0,080	OK
7	6	1,30					1150,2	740	0,643	OK	0,01675	0,07733			0,080	OK
6	6	1,50			1341,90	1413,61	1341,9	43	0,032	OK	0,01915	0,07660	1,69	2,74	0,080	OK
5	6	1,50					1341,9	818	0,610	OK	0,01869	0,07474			0,080	OK
4	6	1,50					1341,9	43	0,032	OK	0,01947	0,07790			0,080	OK
3	6	1,50					1341,9	898	0,669	OK	0,01835	0,07340			0,080	OK
2	6	1,50			1341,90	1413,61	1341,9	43	0,032	OK	0,01856	0,07425	1,69	2,74	0,080	OK
1	6	1,50					1341,9	926	0,690	OK	0,01700	0,06800			0,080	OK

Tüm aşamalar tamamlandıktan sonra stabilite analizi için modeller kopyalanıp kombinasyonlar Nonlinear'e çevrilmiş (Şekil 4.48) ve analiz yapıp dizayn edilmiştir. Tasarımlar deprem ve çelik yapı yönetmeliklerine göre ekonomik ve uygulanabilir oluncaya kadar kesitler değiştirilmiş, dışmerkez çaprazlar için bağ kirişi uzunluğu ideal tasarıma yaklaştırılmıştır.

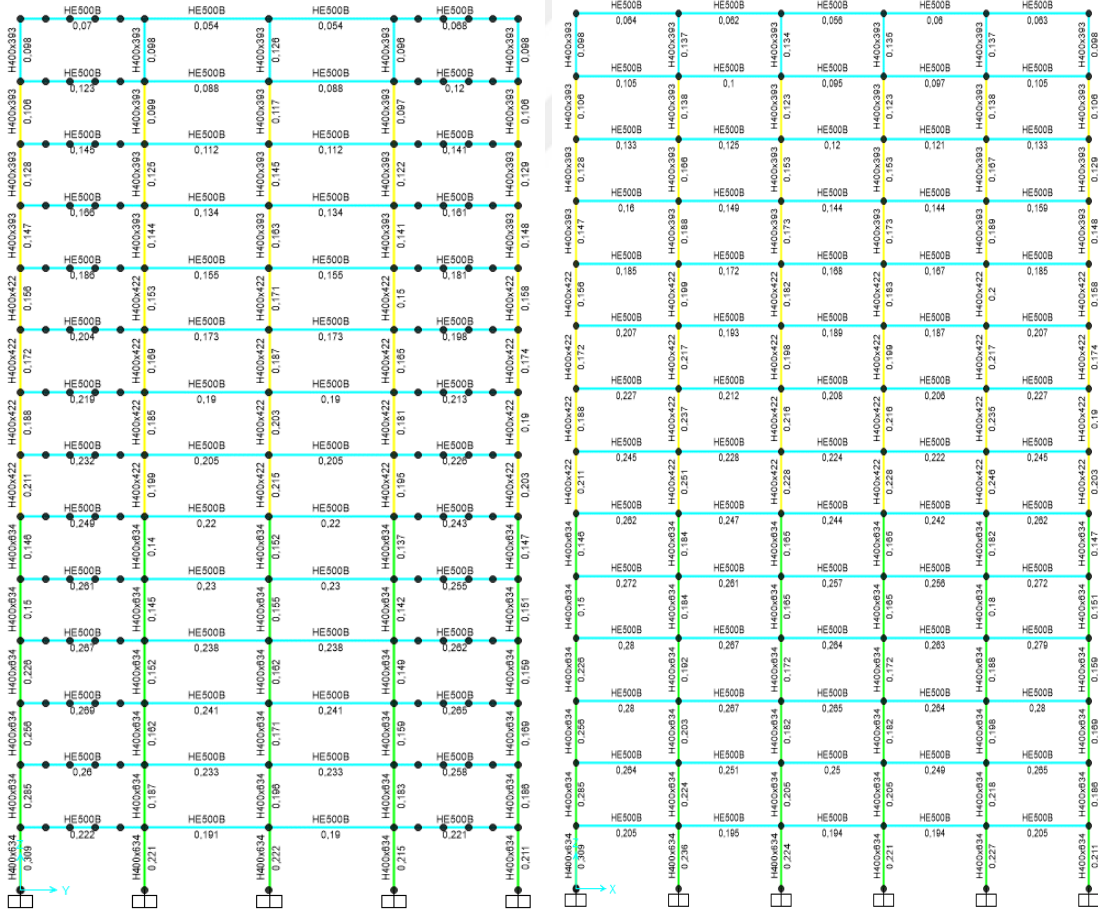


Şekil 4.48. SAP2000 programında nonlineere çevrilen yük birleşimleri

Dizayn yapılmış ve kapasite oranları belirlenmiş tüm modellerin kesitleri Şekil 4.49 ile Şekil 4.70 arasında gösterilmiştir.



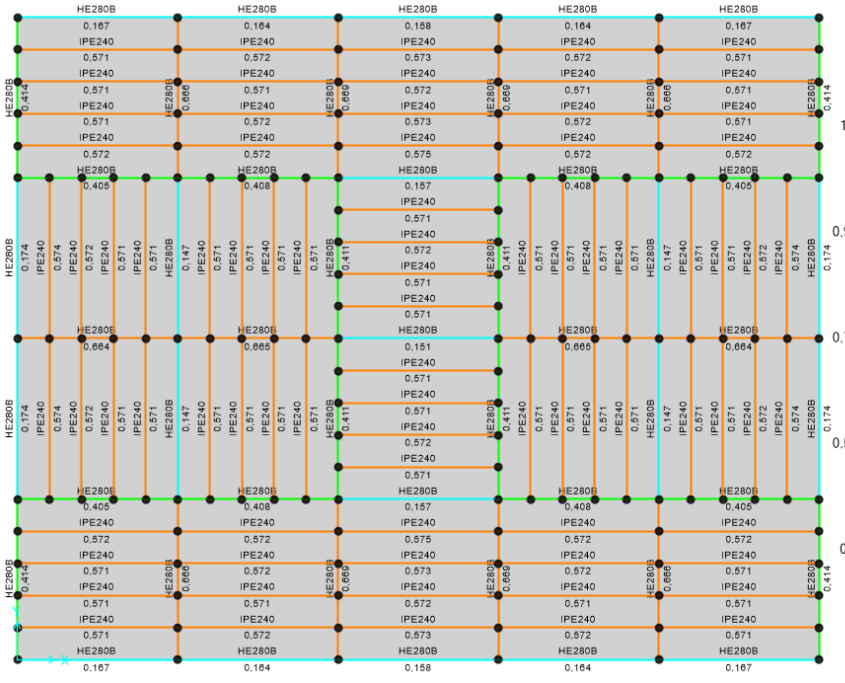
a) RF0 kat planı



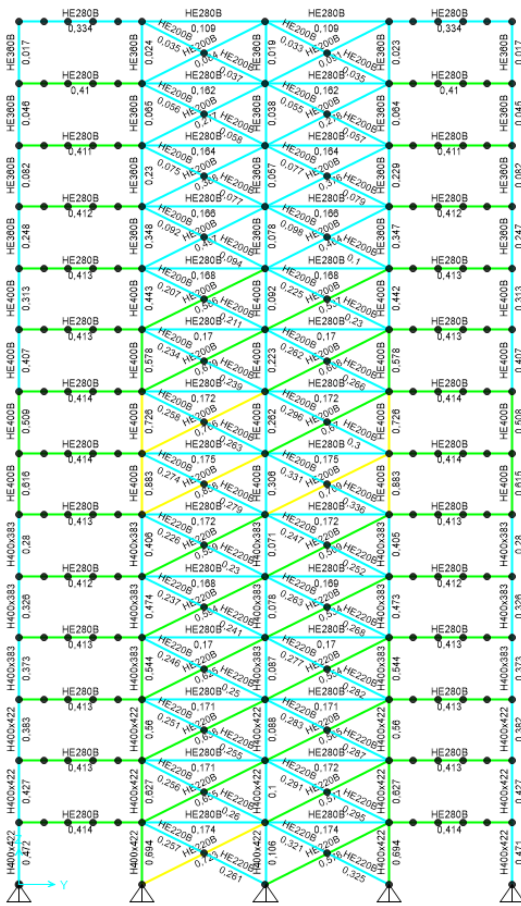
b) RF0-X0 aks kesitleri

c) RF0-Y0 aks kesitleri

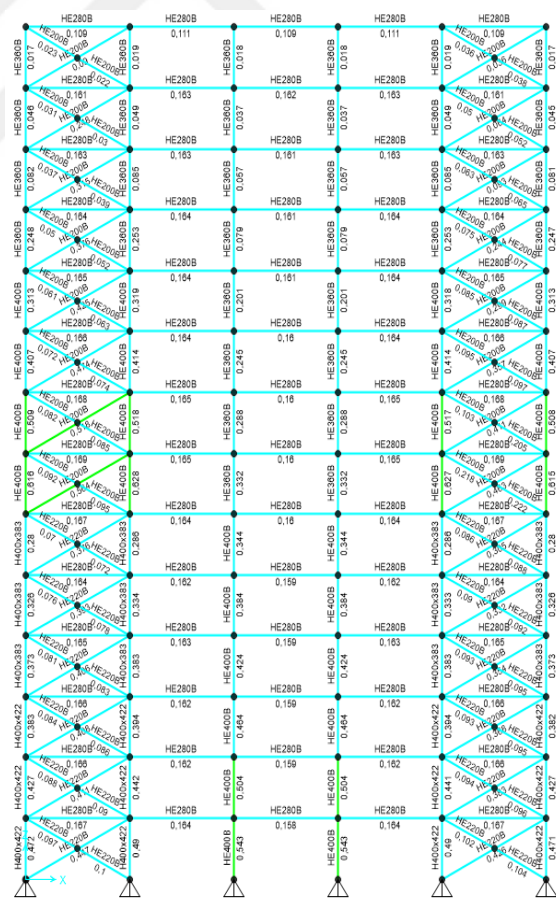
Şekil 4.49. RF0 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



a) YM1 kat planı

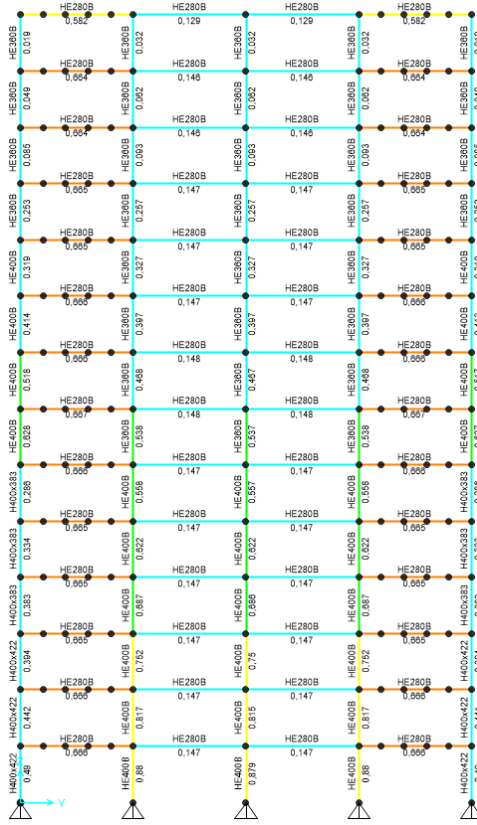


b) YM1-X0 aks kesitleri

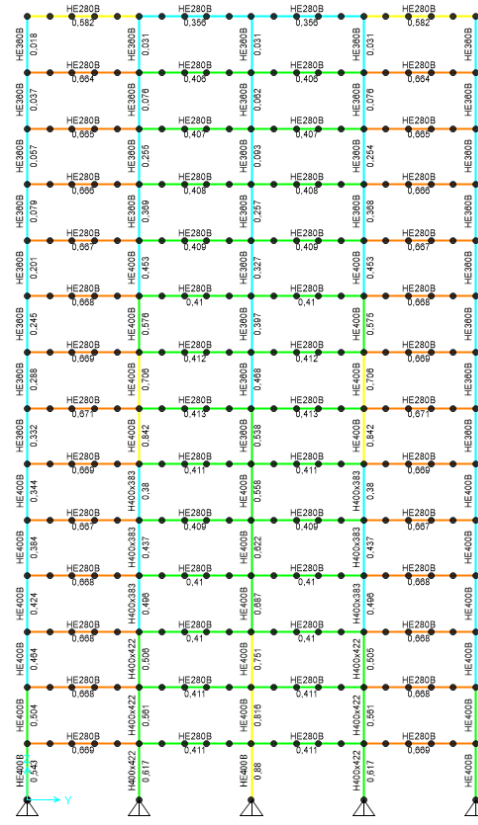


c) YM1-Y0 aks kesitleri

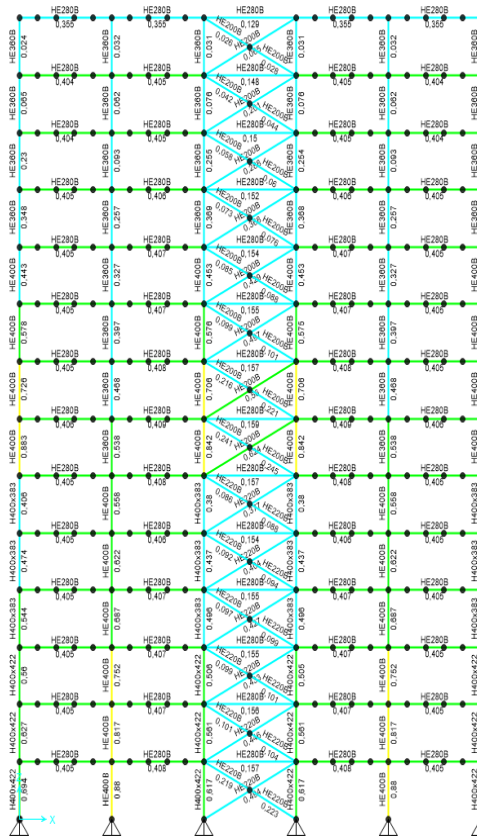
Şekil 4.51. YM1 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



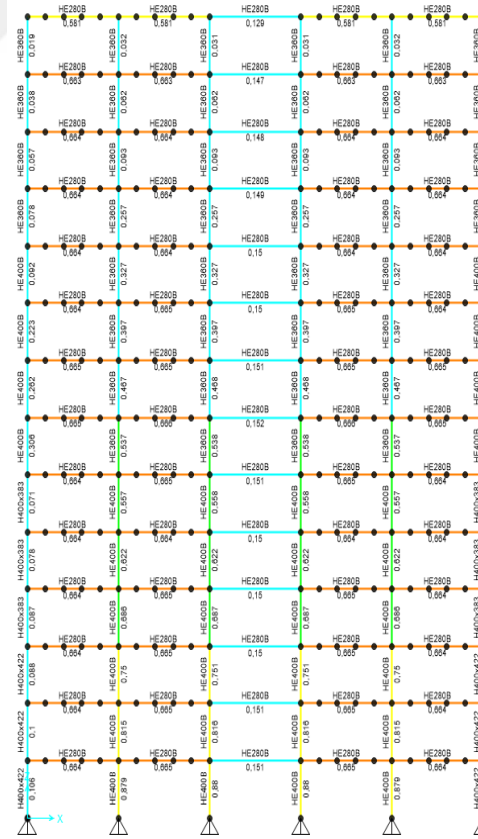
a) YM1-X6 aks kesitleri



b) YM1-X12 aks kesitleri

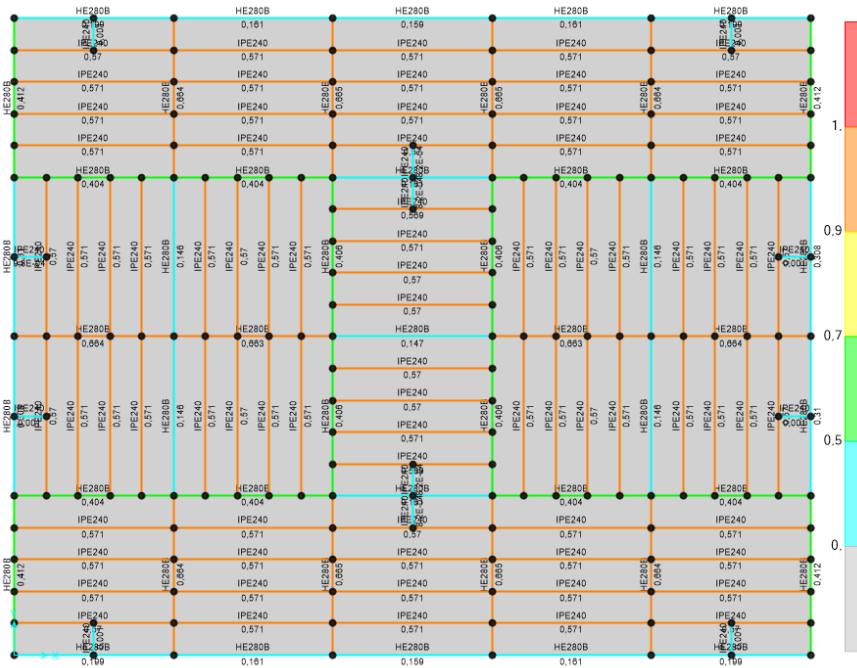


c) YM1-Y6 aks kesitleri

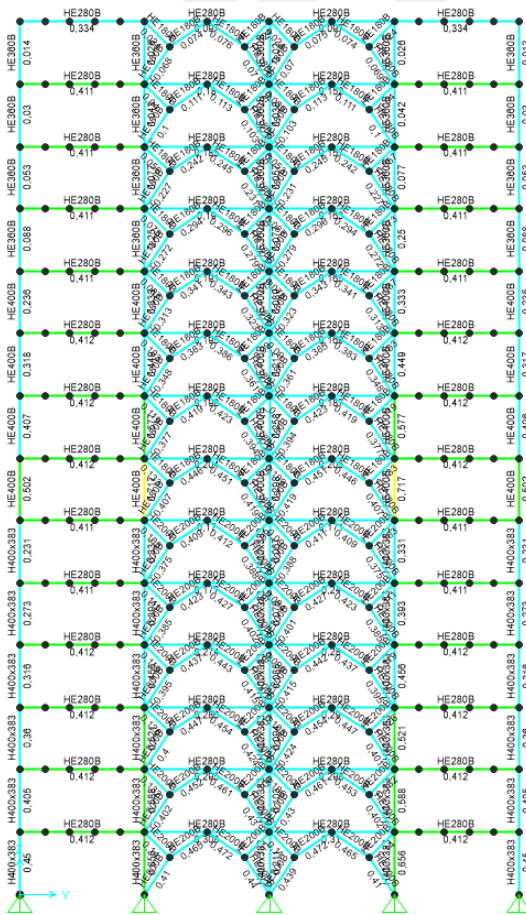


d) YM1-Y12 aks kesitleri

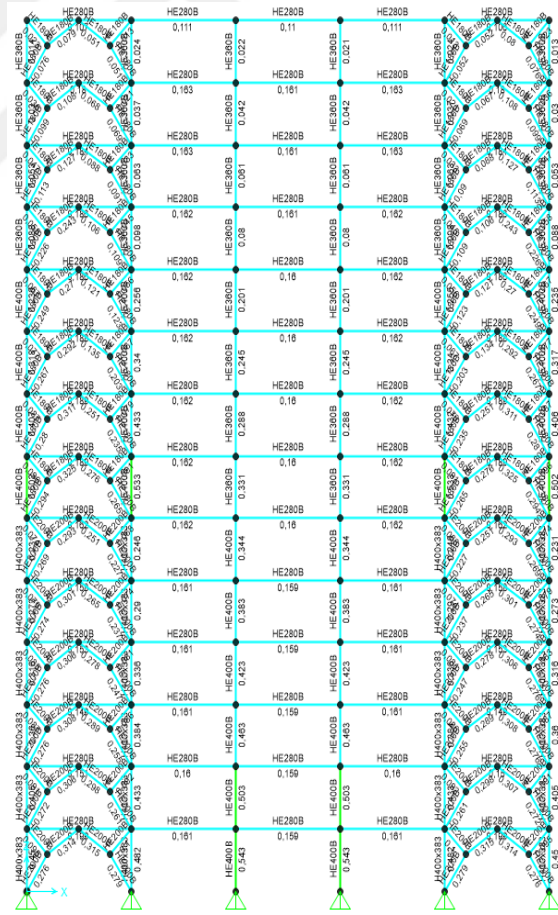
Şekil 4.52. YM1 modeline ait 6-12 aks kesitlerinin dizaynı



a) FM1 kat planı

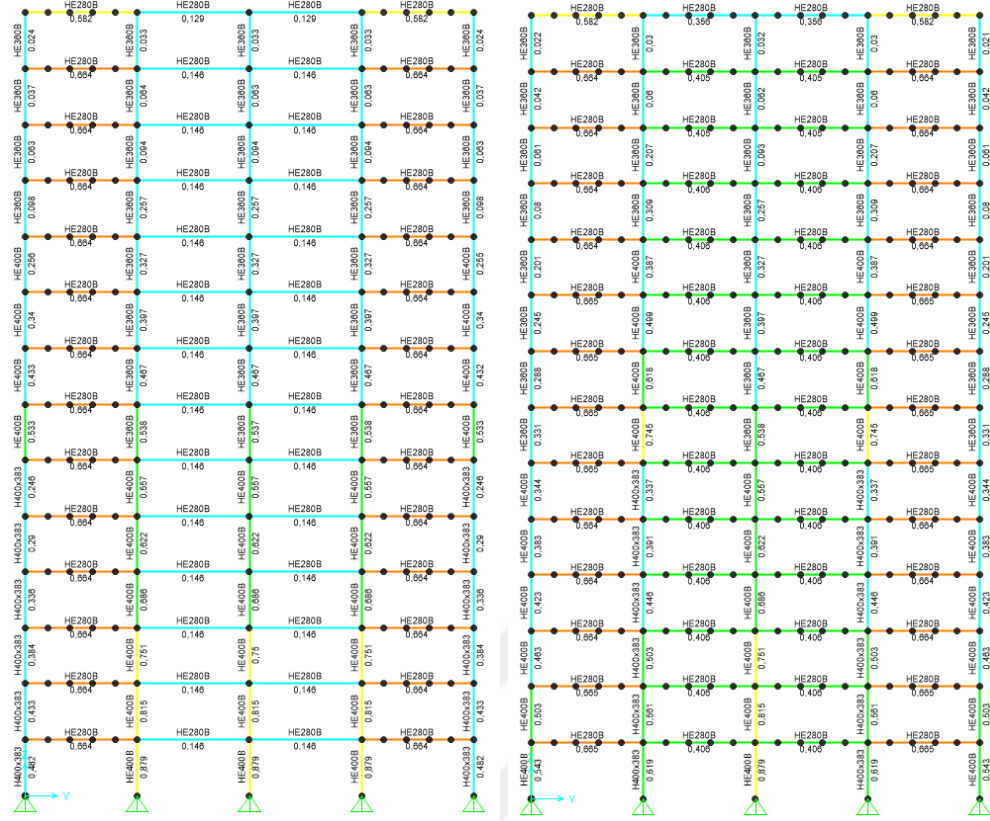


b) FM1-X0 aks kesitleri



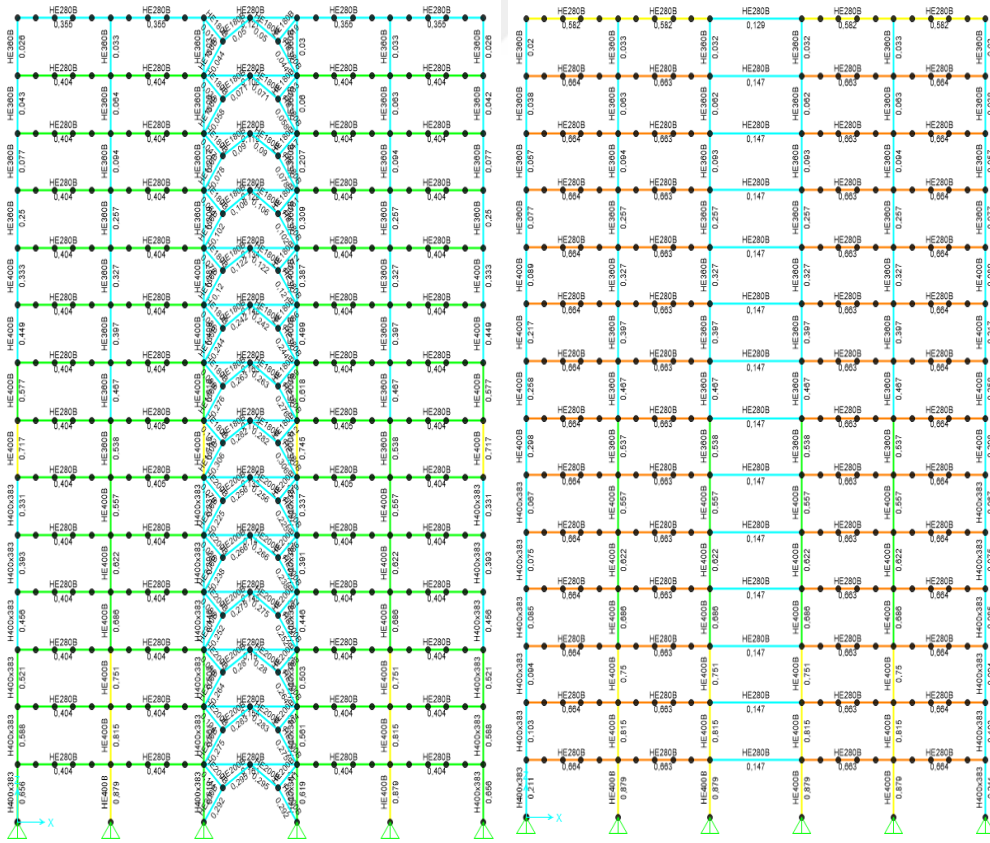
c) FM1-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.55. FM1 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



a) FM1-X6 aks kesitleri

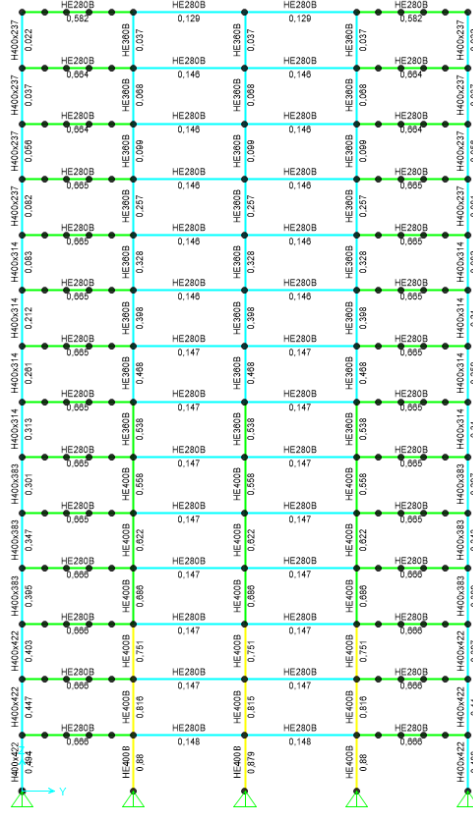
b) FM1-X12 aks kesitleri



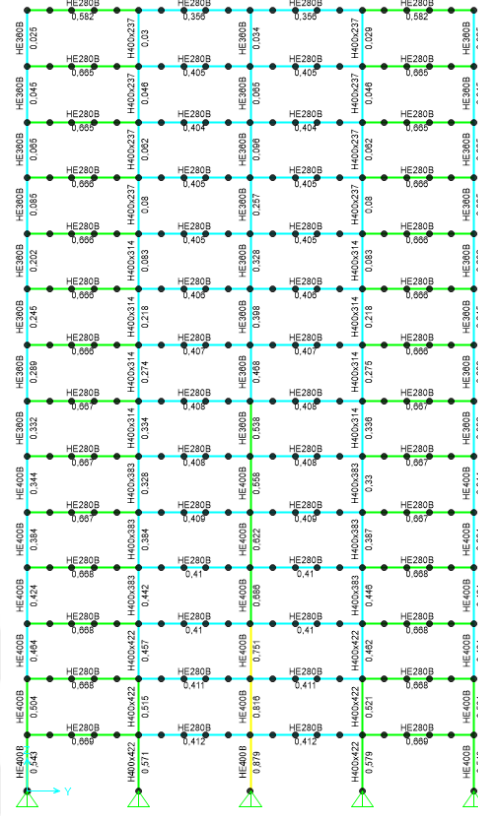
c) FM1-Y6 aks kesitleri

d) FM1-Y12 aks kesitleri

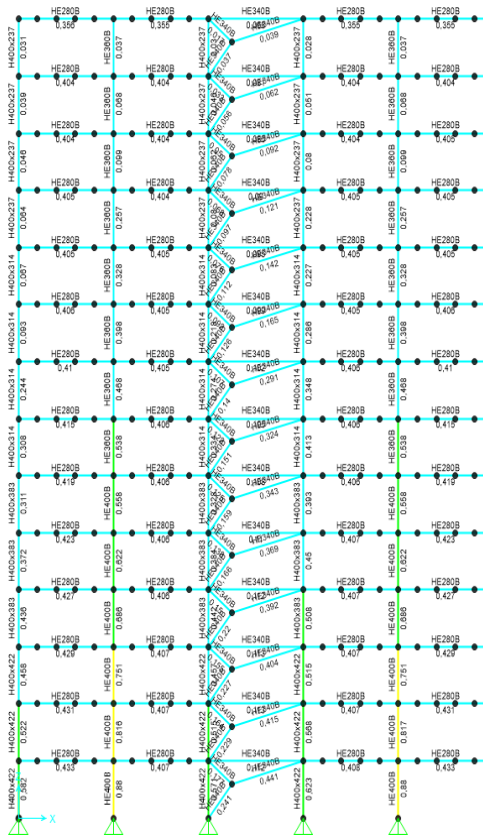
Şekil 4.56. FM1 modeline ait 6-12 aks kesitlerinin dizaynı



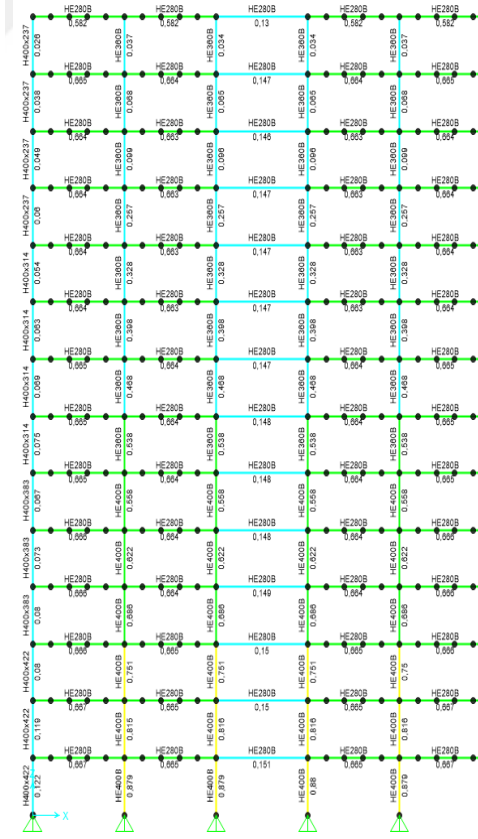
a) FM2-X6 aks kesitleri



b) FM2-X12 aks kesitleri

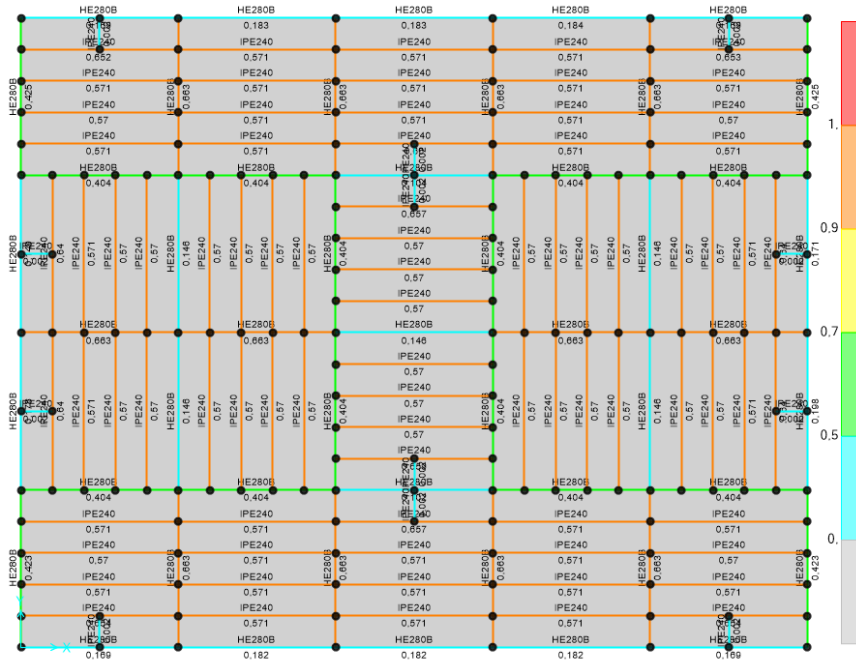


c) FM2-Y6 aks kesitleri

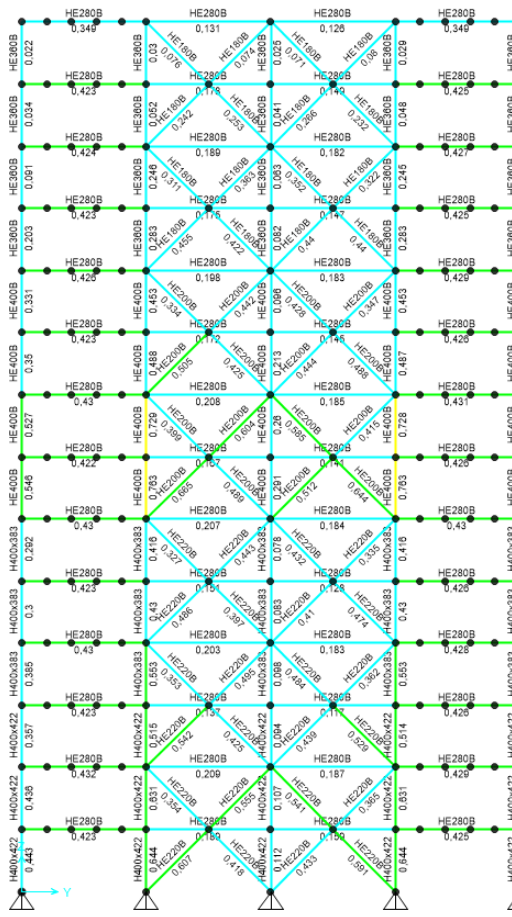


d) FM2-Y12 aks kesitleri

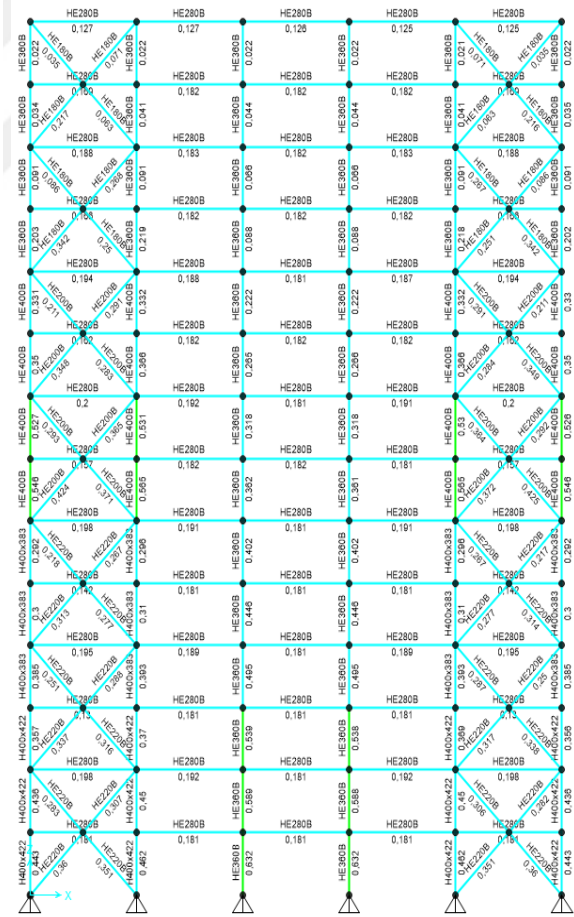
Şekil 4.58. FM2 modeline ait 6-12 aks kesitlerinin dizaynı



a) FM3 kat planı

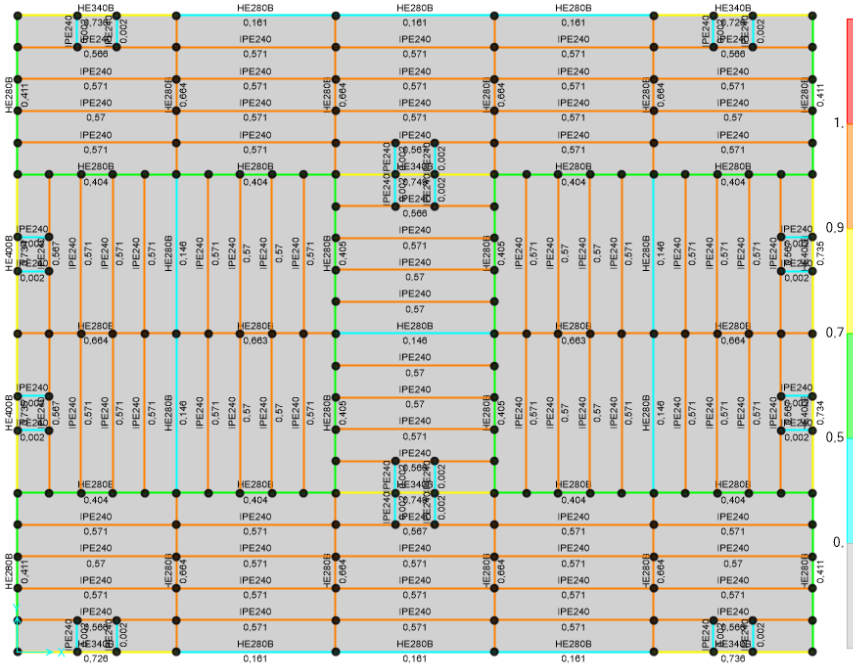


b) FM3-X0 aks kesitleri

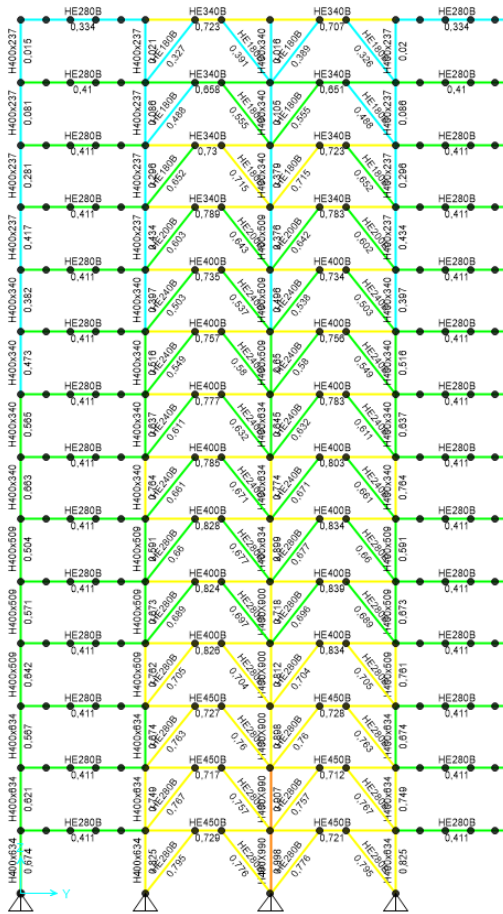


c) FM3-Y0 aks kesitleri

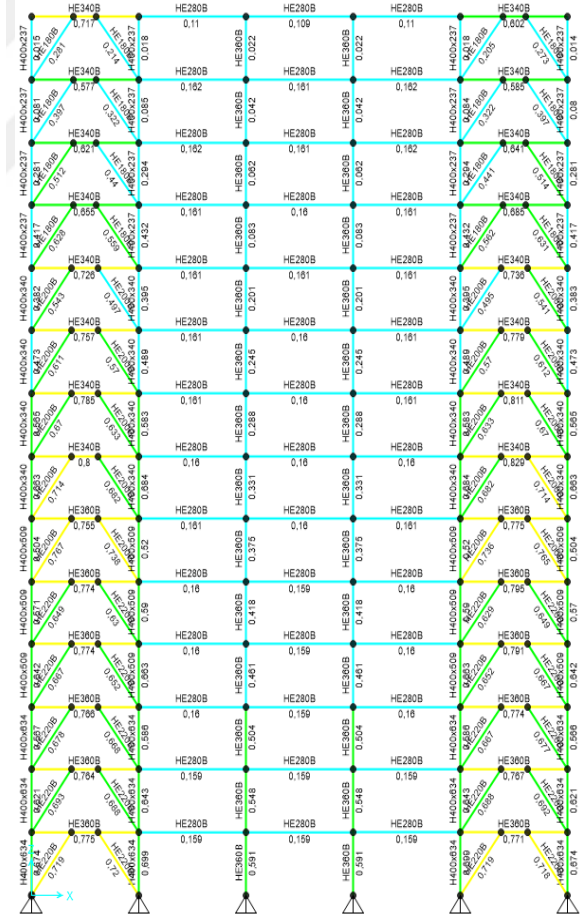
Şekil 4.59. FM3 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



a) YD1 kat planı

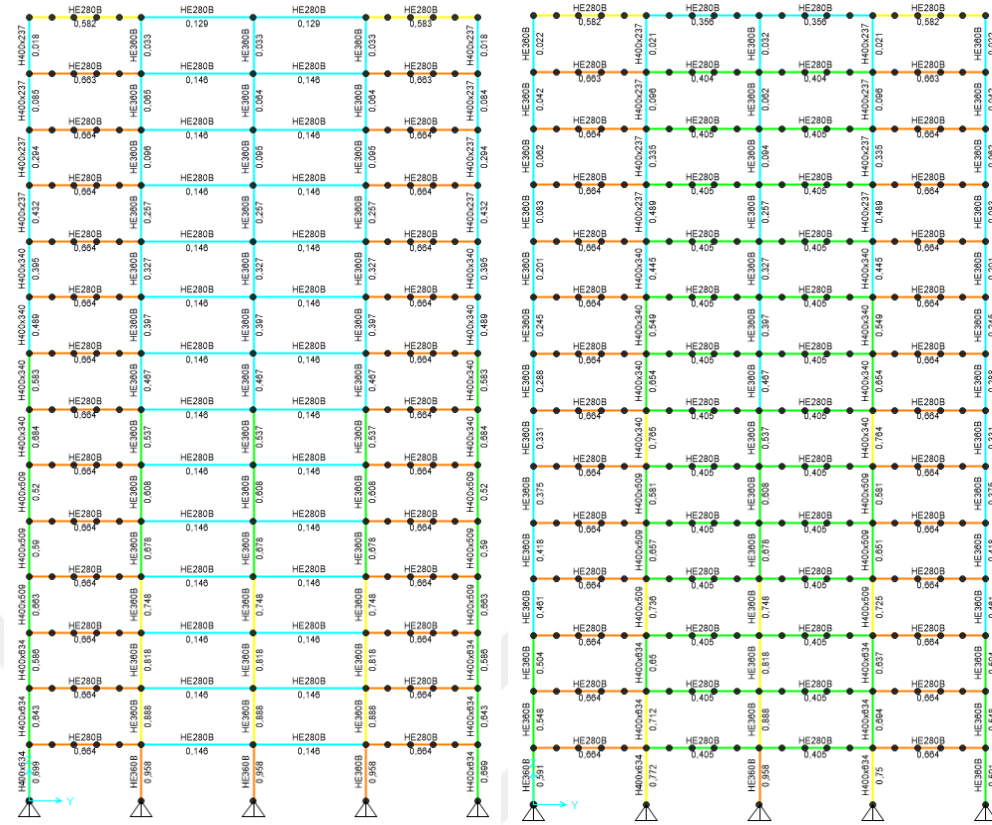


b) YD1-X0 aks kesitleri



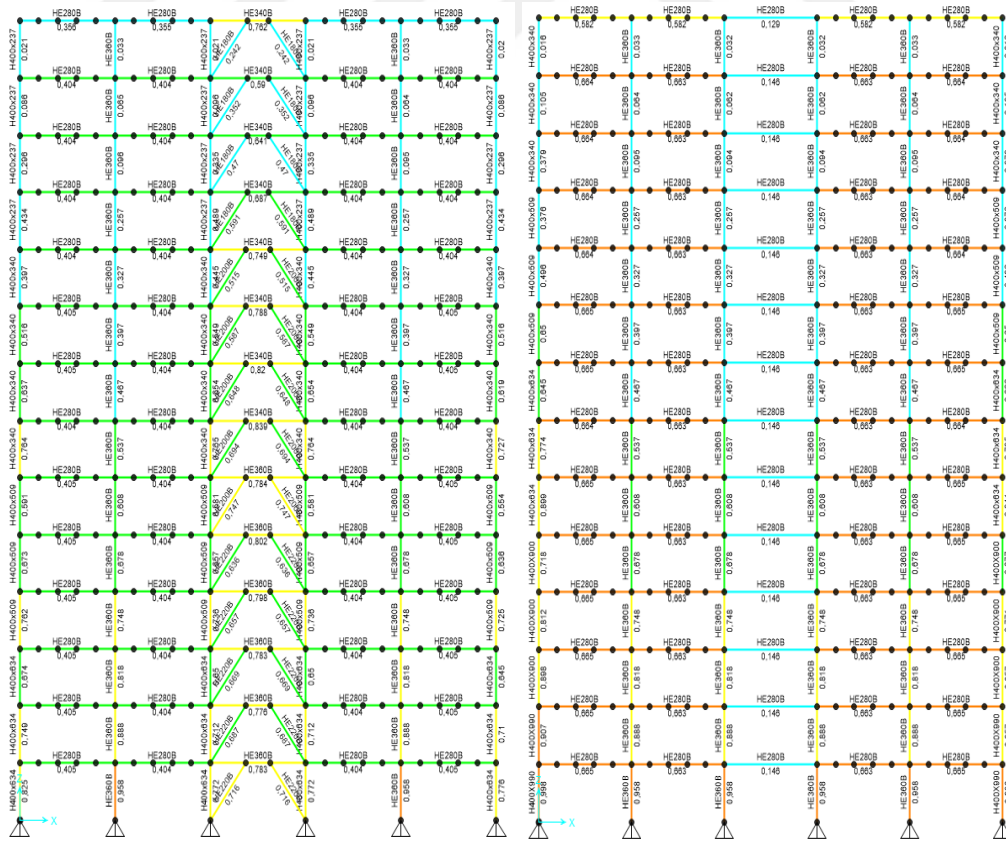
c) YD1-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.61. YD1 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



a) YD1-X6 aks kesitleri

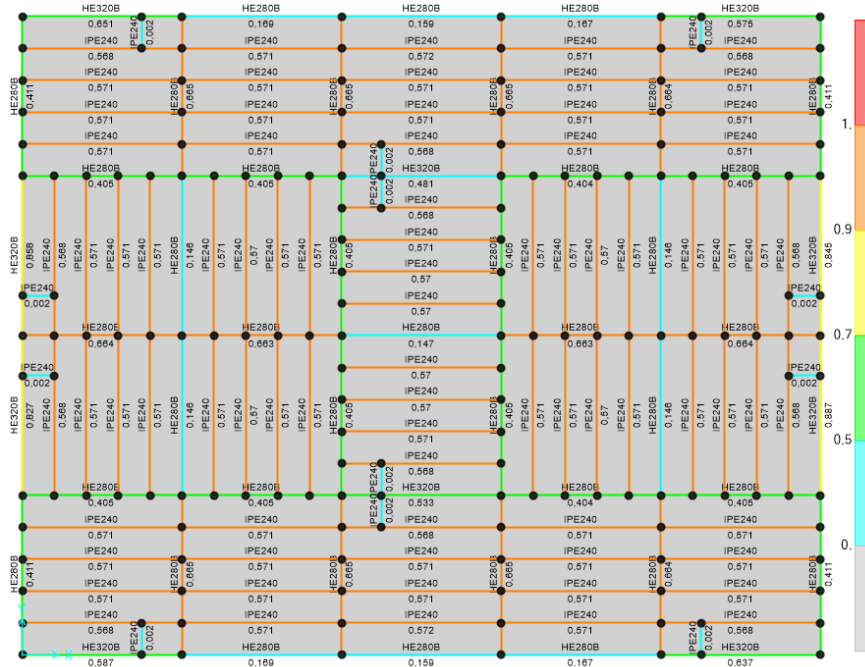
b) YD1-X12 aks kesitleri



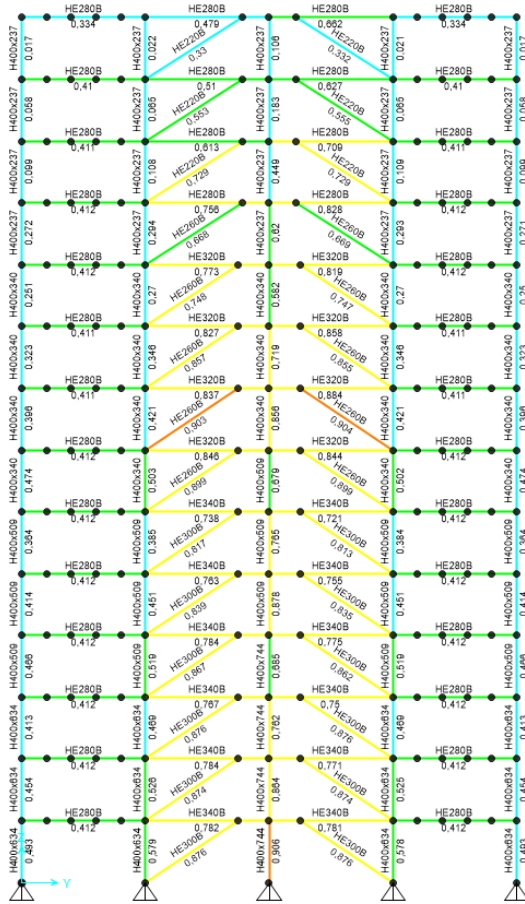
c) YD1-Y6 aks kesitleri

d) YD1-Y12 aks kesitleri

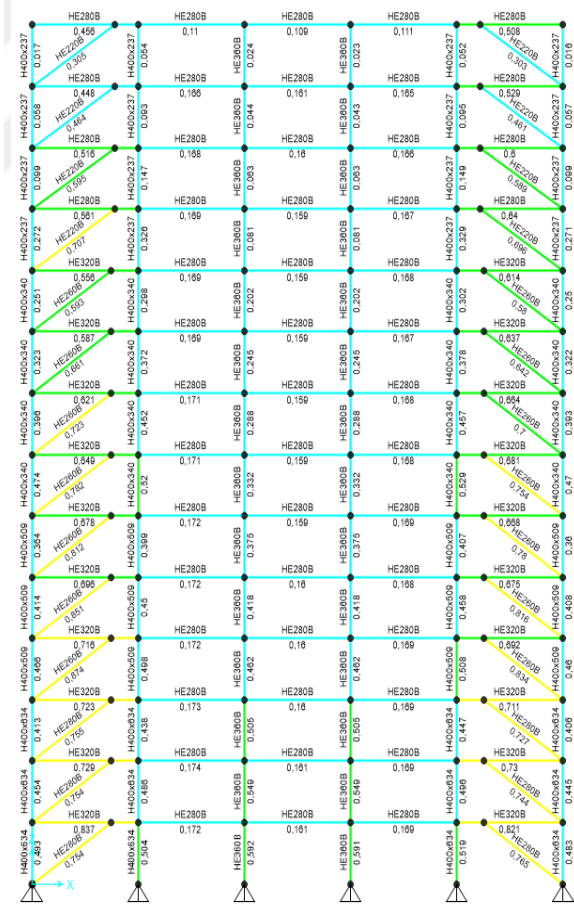
Şekil 4.62. YD1 modeline ait 6-12 aks kesitlerinin dizaynı



a) YD2 kat planı

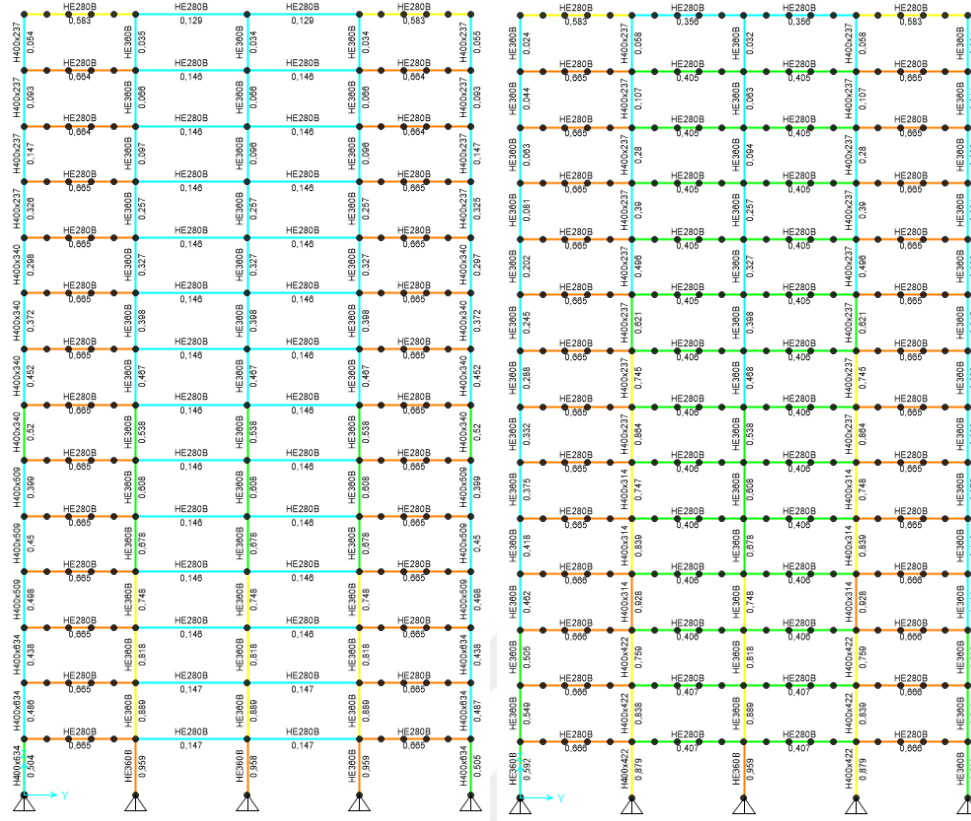


b) YD2-X0 aks kesitleri



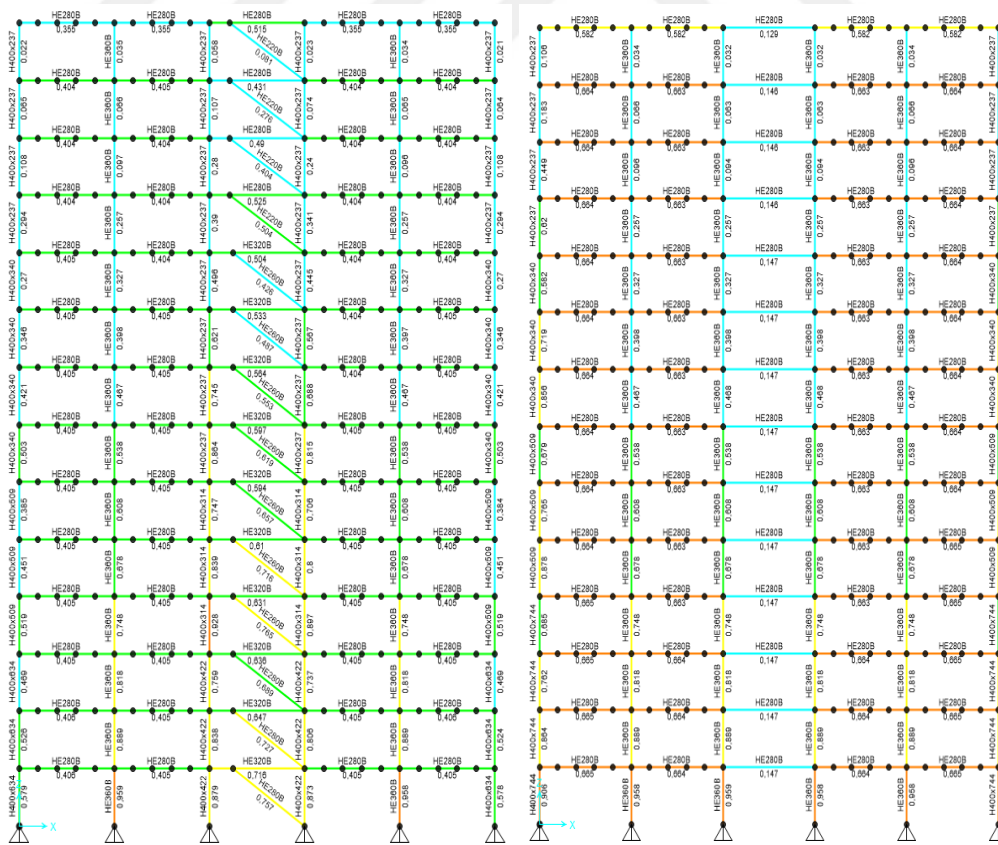
c) YD2-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.63. YD2 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



a) YD2-X6 aks kesitleri

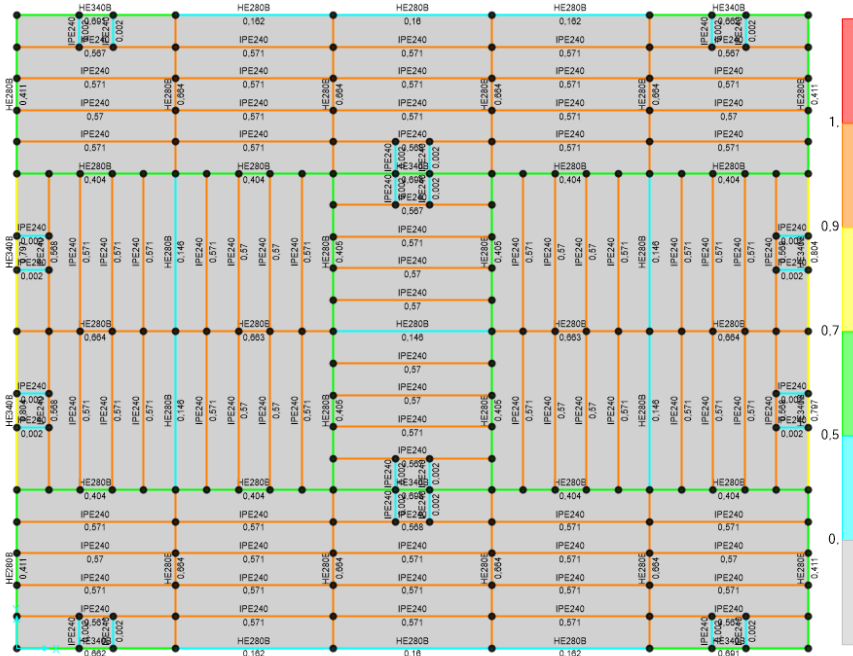
b) YD2-X12 aks kesitleri



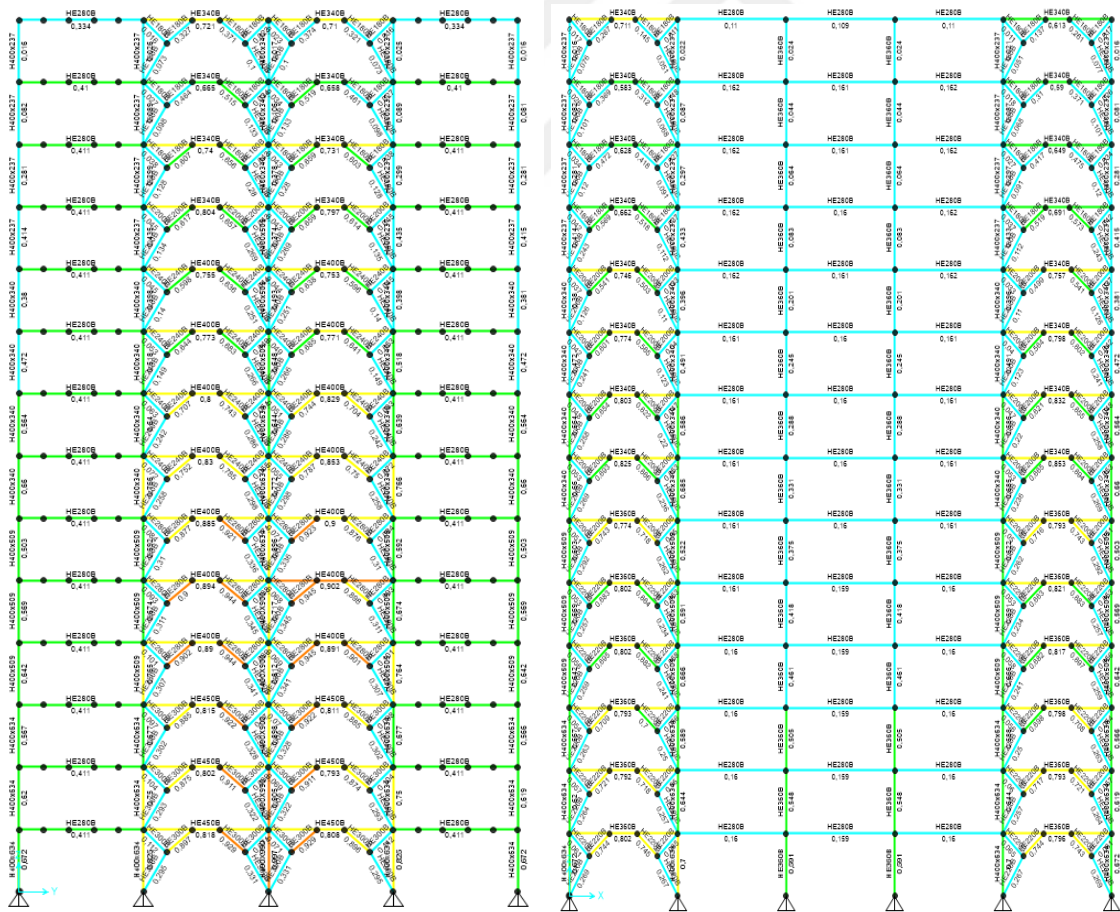
c) YD2-Y6 aks kesitleri

d) YD2-Y12 aks kesitleri

Şekil 4.64. YD2 modeline ait 6-12 aks kesitlerinin dizaynı



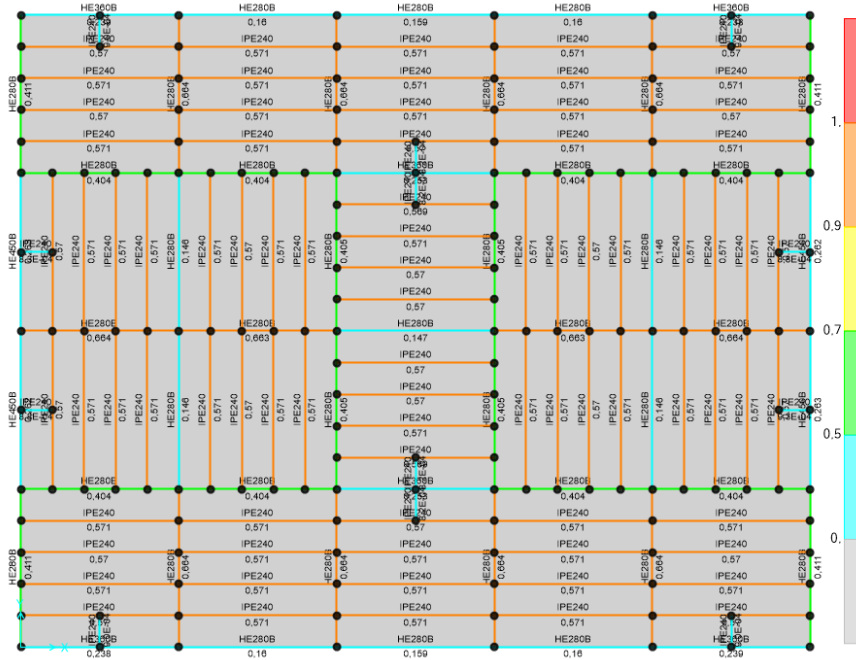
a) FD1 kat planı



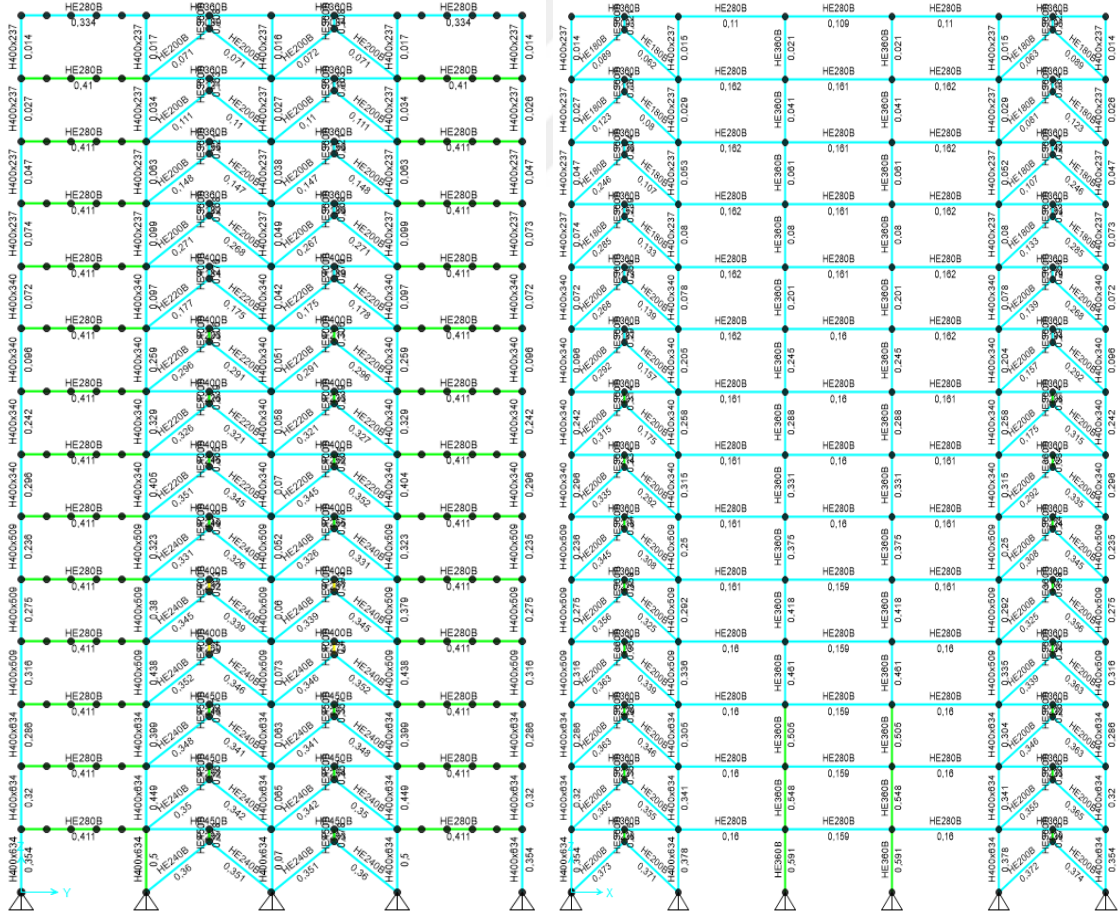
b) FD1-X0 aks kesitleri

c) FD1-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.65. FD1 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



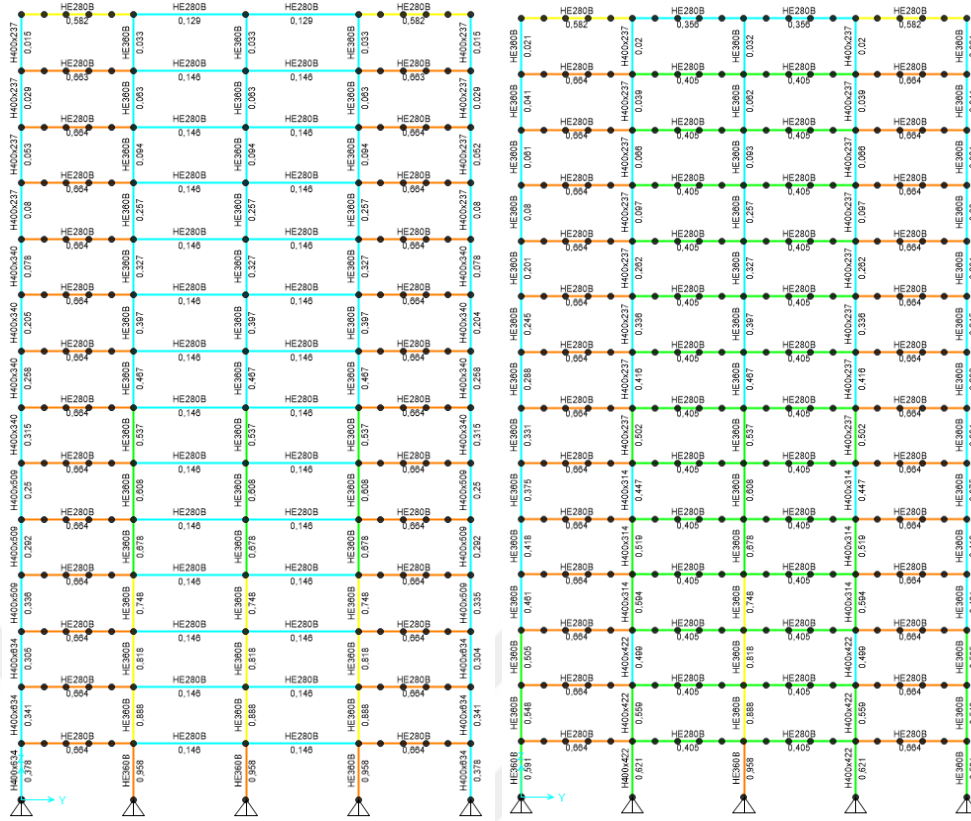
a) FD2 kat planı



b) FD2-X0 aks kesitleri

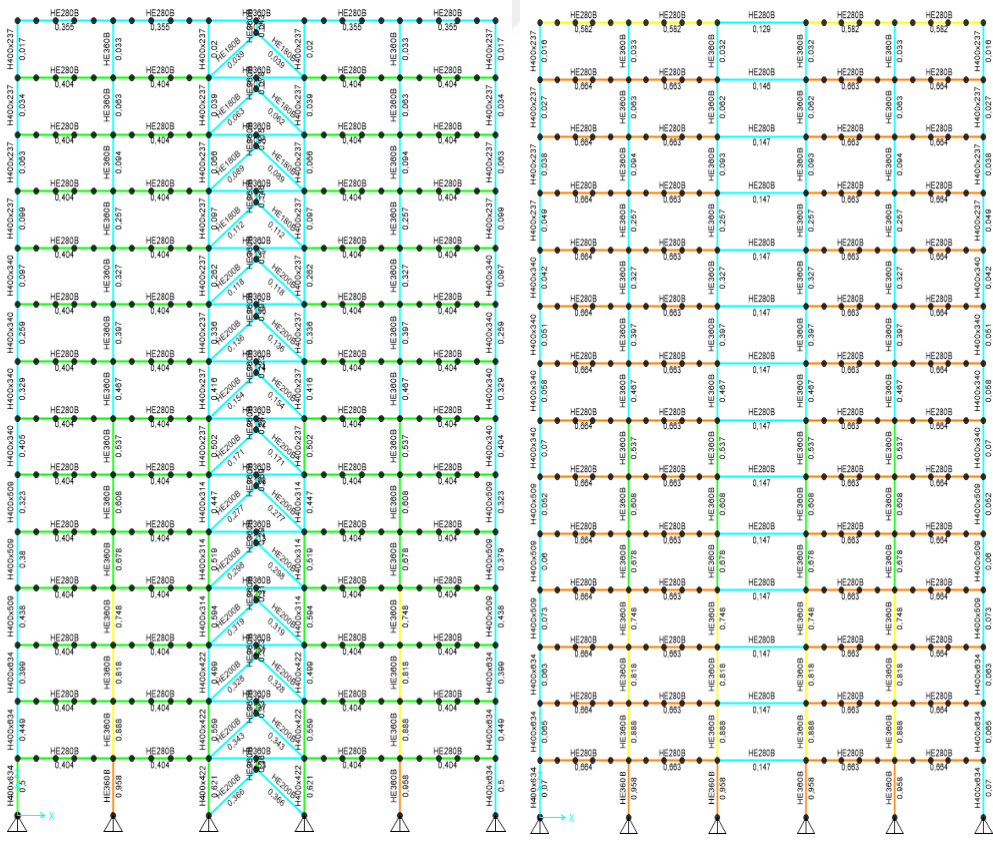
c) FD2-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.67. FD2 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



a) FD2-X6 aks kesitleri

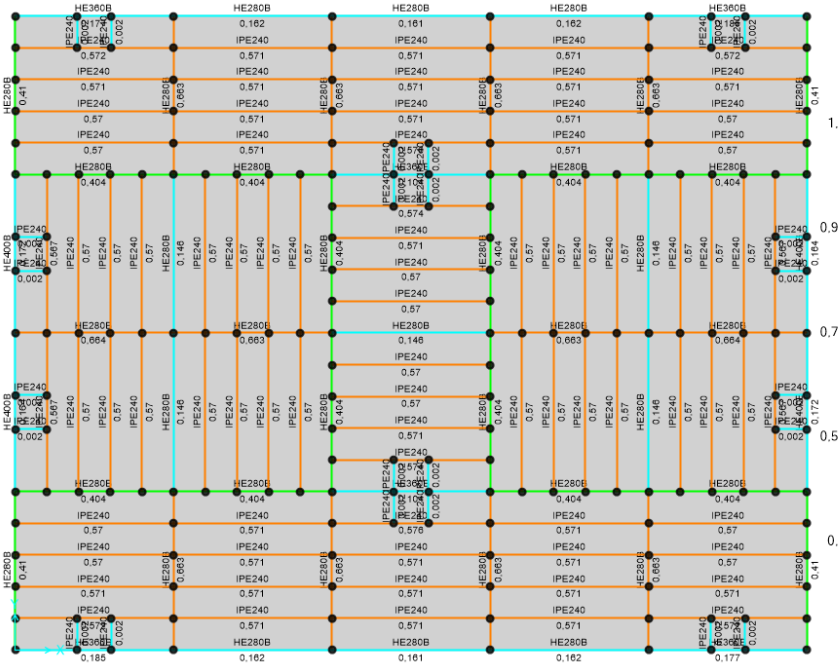
b) FD2-X12 aks kesitleri



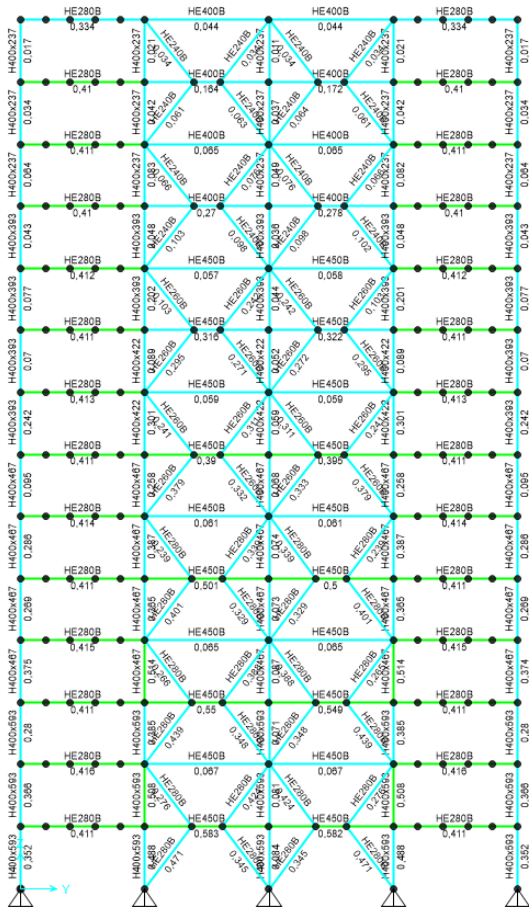
c) FD2-Y6 aks kesitleri

d) FD2-Y12 aks kesitleri

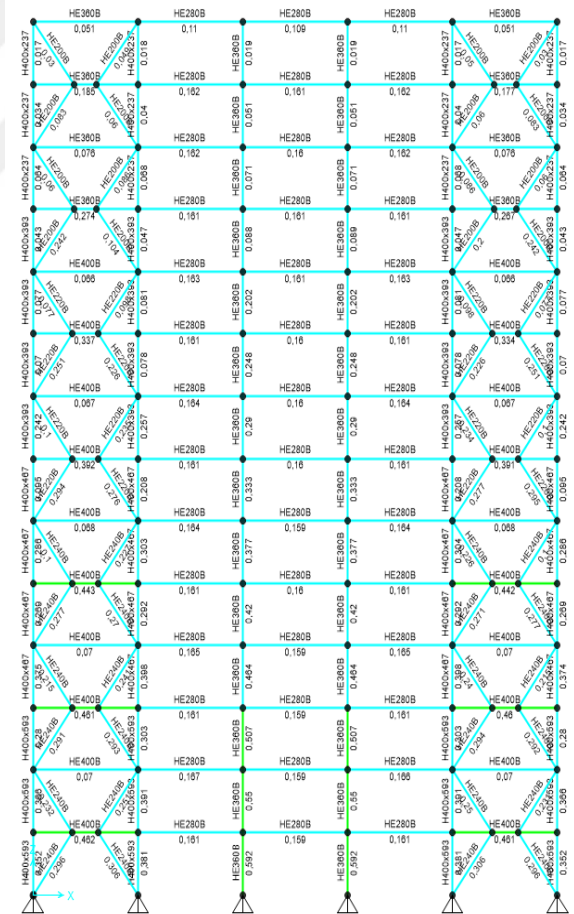
Şekil 4.68. FD2 modeline ait 6-12 aks kesitlerinin dizaynı



a) FD3 kat planı

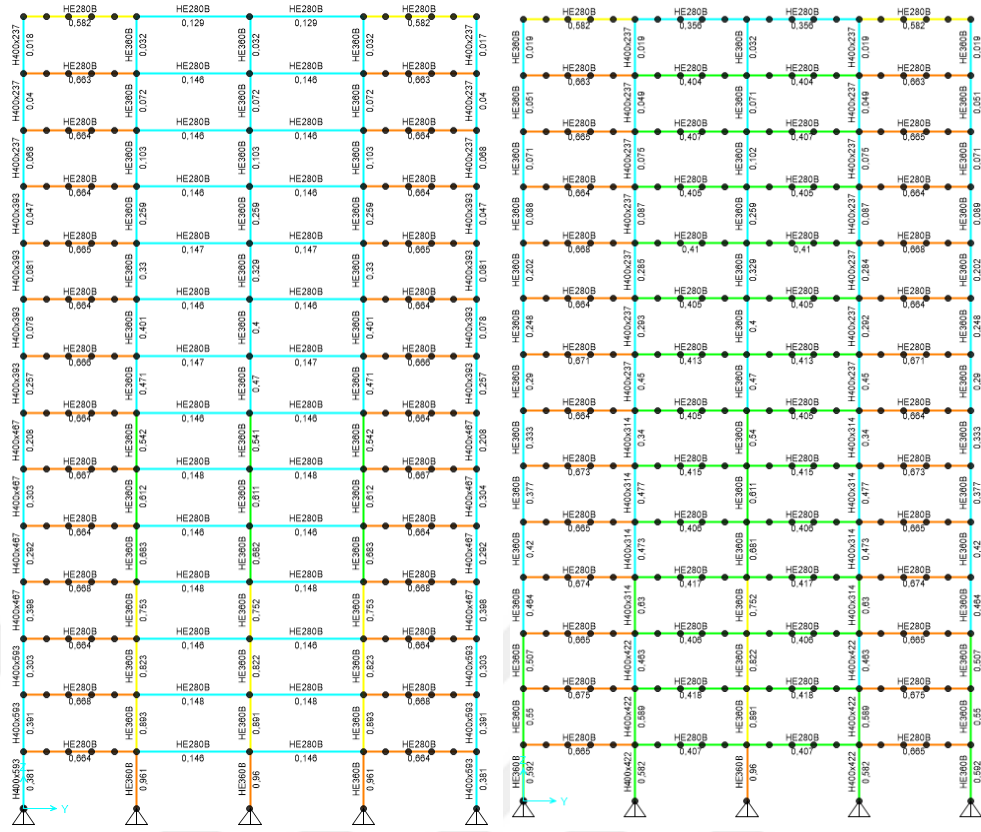


b) FD3-X0 aks kesitleri



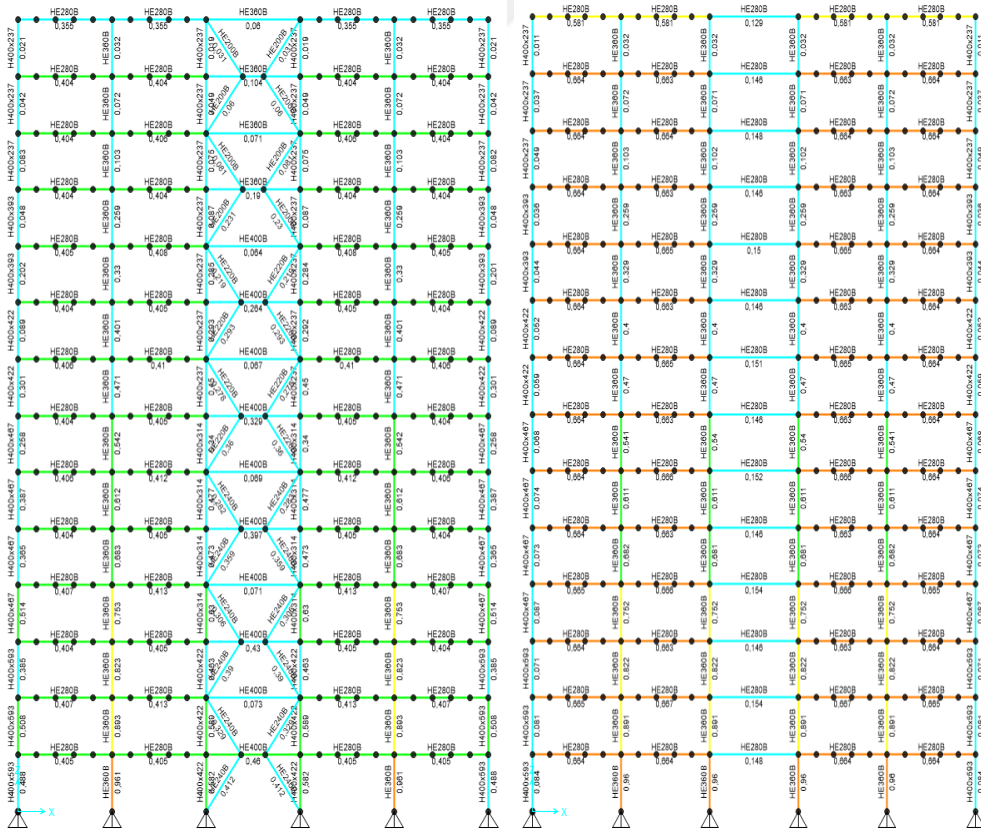
c) FD3-Y0 aks kesitleri

Şekil 4.69. FD3 modeline ait kat planı ve 0 aks kesitlerinin dizaynı



a) FD3-X6 aks kesitleri

b) FD3-X12 aks kesitleri



c) FD3-Y6 aks kesitleri

d) FD3-Y12 aks kesitleri

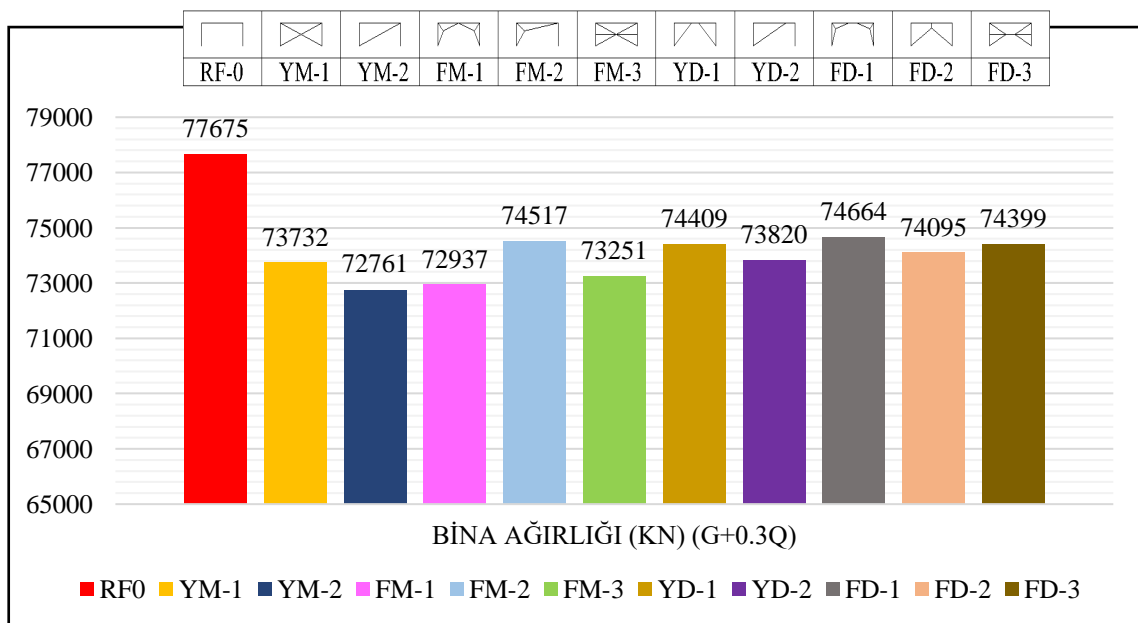
Şekil 4.70. FD3 modeline ait 6-12 aks kesitlerinin dizaynı

4.2. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

4.2.1. Modellerin ağırlık karşılaştırması

Yüksek katlı moment aktaran çelik çerçeve yapılarında taşıyıcı sistem elemanlarında yeterli dayanıma sahip kesit boyutlarının seçilmesinin yanında taşıyıcı sistem elemanları yeterli rijitliğin sağlanması açısından da önemlidir. Analiz sonuçlarından elde edilen yapı ağırlıklarının gösterildiği Şekil 4.71 incelendiğinde moment aktaran çelik çerçeve referans model RF0'ın en büyük ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. Dışmerkez çelik çaprazlı sistemlerin ise çalışma prensibi bakımından moment aktaran çelik çerçeve sistemlerin sünekliliği ile merkezi çaprazlı sistemlerin yüksek yanal rijitlik özelliklerinin birleşiminin idealleştirilmiş bir şekli olduğu yapı ağırlığı bakımından da anlaşılmaktadır. Moment aktaran çelik çerçeve referans modelden sonra genel olarak dışmerkez çaprazlı sistemlerin, merkezi çaprazlı sistemlere oranla daha ağır olduğu belirlenmiştir.

Çelik çaprazlı modeller içinde en büyük yapı ağırlığı dışmerkez farklı kullanılan çaprazlı model olan FD1'de elde edilmiştir. Tüm modeller içinde en düşük yapı ağırlığı ise diyagonal çaprazlı YM2 modelinde bulunmuştur. Şekil 4.71 incelendiğinde yaygın kullanılan dışmerkez çaprazlı sistemler ile farklı tasarımlı dışmerkez çaprazlı sistemlerin ağırlığı ortalama olarak birbirine çok yakındır. Aynı durum merkezi çaprazlı sistemlerin kendi içerisinde de görülmektedir. Farklı tasarımlı merkezi çaprazlı sistem olan FM2 grubunda en ağır olan modeldir.








Şekil 4.71. Oluşturulan 11 Model için bina ağırlıkları

4.2.2. Modellerin X yönü deprem kuvveti karşılaştırması

Çizelge 4.17’de analizi yapılan bina modellerinin X yönü deprem kuvveti ve periyotları görülmektedir. Şekil 4.72’de çaprazların şematik gösterimi verilmiştir. Şekil 4.73’te verilmiş olan analiz sonuçlarından, moment aktaran rijit çerçevesi sistem ile merkezi çelik çaprazlı sistemlerden iki modelin değerleri diğerlerine göre yüksektir. Merkezi çaprazlı sistemli modellerden YM1 ve FM3’e ait doğal titreşim periyotları incelendiğinde ampirik hakim doğal titreşim periyot değerinden ($T=1.848$) küçük olduğu için deprem hesabında V_{min} kullanılmamıştır. Bu yüzden diğer sistemlerden farklı olarak bu iki modelde X yönü deprem kuvveti daha yüksek bulunmuş, en büyük yapı ağırlığına sahip olduğu belirlenen moment aktaran rijit çelik çerçevesi sistemde ise deprem kuvveti yapı ağırlığı ile orantılı olduğu için daha büyük değerde elde edilmiştir. Çizelge 4.17’den YM1 ve FM3 modellerinin diğer modellere göre daha rijit davranış sergilediği görülmektedir. Bunun sonucu olarak bu modellerin periyotları düşük (Çizelge 4.17) ve deprem kuvvetleri yüksektir.

Bu iki modelde deprem kuvvetleri, periyotlar ve yapı ağırlıkları birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu sonuca göre her iki model de aynı davranışı sergilemektedir. Şekil 4.73’teki grafik ile gösterilen analiz sonuçlarından, en düşük deprem kuvvetinin merkezi diyagonal çaprazlı YM2 ve farklı tipte merkezi çaprazlı FM1 modellerinde elde edildiği görülmektedir.

Dışmerkez çaprazlı modeller kendi içinde karşılaştırıldığında en düşük deprem kuvveti dışmerkez diyagonal çaprazlı YD2 ve dışmerkez farklı çaprazlı FD2 modellerinde bulunmuş, en büyük deprem kuvveti ise farklı tipte dış merkez çaprazlı FD1 modelinde elde edilmiştir.

										
RF-0	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3

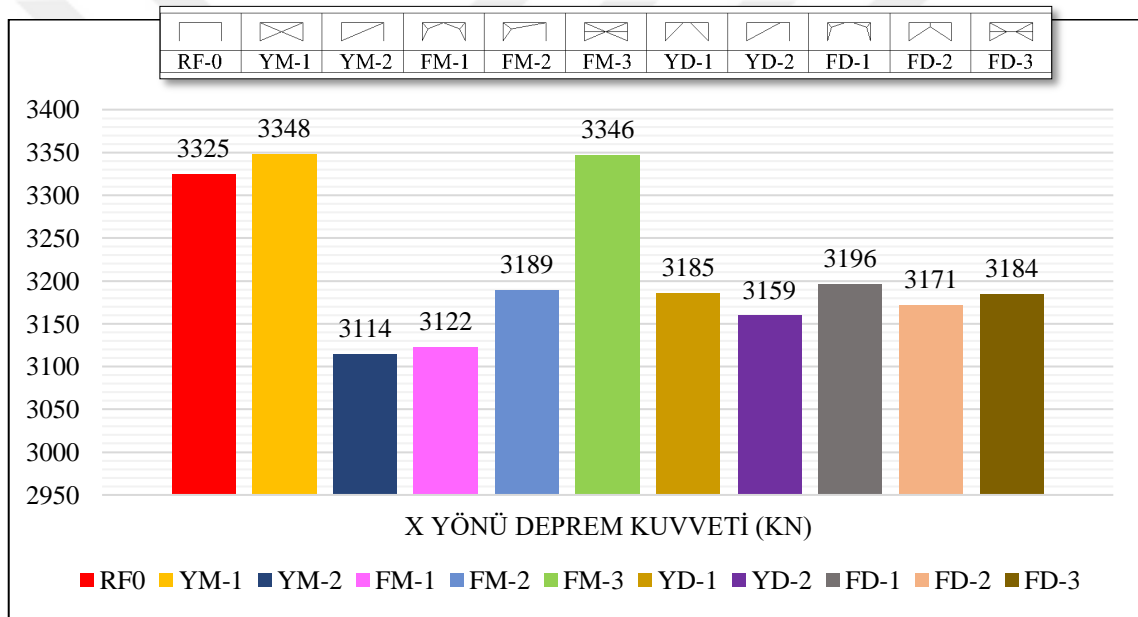
Şekil 4.72. Modellerin gösterimi

YD1 ve FD3 modellerinde deprem kuvveti yaklaşık eşit çıkmıştır. Bu iki model dikkatle incelendiğinde yapı ağırlıkları da birbirine çok yakın bulunmuş olup periyotları ise çok farklıdır. FD3’ün periyot değerinin 2.03 ve YD1’in periyot değerinin 1.83 olması göstermektedir ki FD3 modeli daha az rijitliğe sahip olup diğer modele göre daha fazla yatay deplasman yapan bir davranış sergilemiştir. Aynı deprem kuvvetini alarak aynı ağırlıktaki diğer modele göre daha fazla yatay yer değiştirme yapabildiği için tercih edilebilir.

Aynı durumun merkezi çaprazlı sistemler arasında YM2 ve FM1 için de geçerli olduğu görülmektedir. FM1'in daha az rijitliğe sahip olup YM2'ye göre daha fazla yatay deplasman yapan bir davranış sergilemesi ve yapı ağırlıklarının birbirine yakın olması FM1'in tasarımcılar için tercih sebebi olmasını sağlayabilir.

Çizelge 4.17. Modellerin X yönü deprem kuvveti ve periyotları

ÇAPRAZ TİPİ	MOMENT ÇERÇEVE	MERKEZİ						DIŞMERKEZ														
		YAYGIN KULLANILAN			FARKLI TASARIM KULLANILAN			YAYGIN KULLANILAN			FARKLI TASARIM KULLANILAN											
		RF0	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3										
PERİYOT	1 X	1,8711	1 X	1,6370	1 X	1,8125	1 Y	1,9452	1 Y	2,3239	1 X	1,6289	1 X	1,8355	1 Y	1,9552	1 X	1,9321	1 X	1,8186	1 Y	2,0307
	2 Y	1,7428	2 Y	1,5858	2 Y	1,7537	2 X	1,8040	2 X	2,1115	2 Y	1,5732	2 Y	1,7186	2 X	1,8836	2 Y	1,8425	2 Y	1,7600	2 X	2,0307
	3 B	1,3645	3 B	1,0516	3 B	1,1640	3 B	1,2382	3 B	1,4965	3 B	1,0408	3 B	1,1536	3 B	1,2578	3 B	1,2308	3 B	1,1639	3 B	1,3381
X YÖNÜ DEPREM KUVVETİ (KN)		3324,85	3347,64	3114,34	3121,97	3189,32	3346,25	3185,32	3159,01	3195,71	3171,48	3184,36										



Şekil 4.73. Oluşturulan 11 Model için X yönü deprem kuvvetleri

4.2.3. Modellerin Y yönü deprem kuvveti karşılaştırması

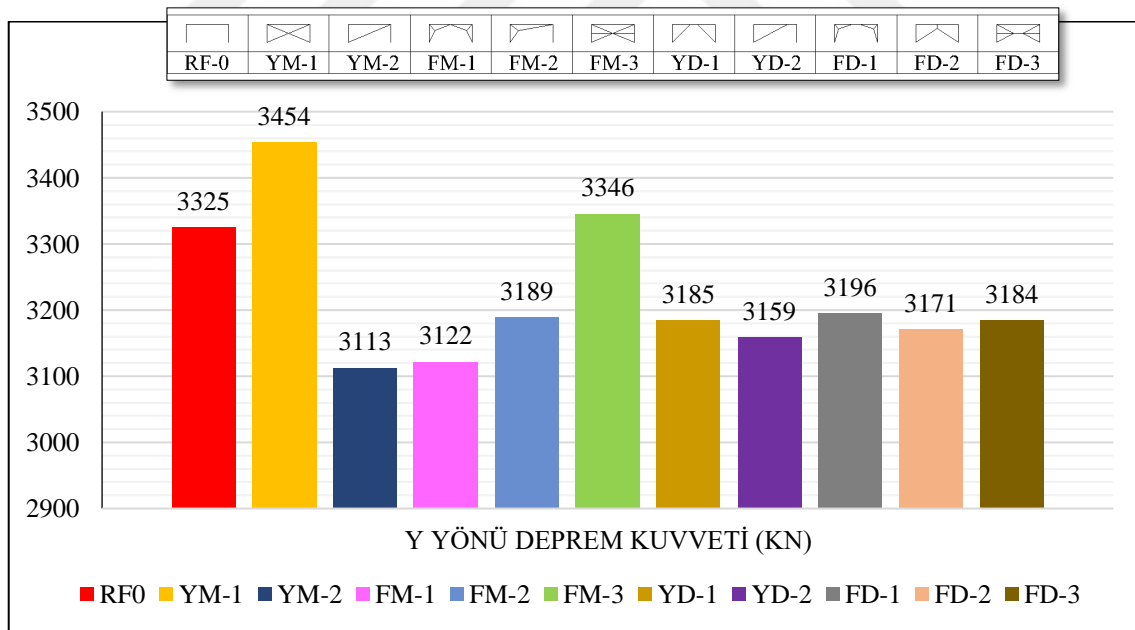
Çizelge 4.18'de analizi yapılan bina modellerinin Y yönü deprem kuvveti ve periyotları görülmektedir. Şekil 4.74'te verilen analiz sonuçlarından, bir katta X merkezi çaprazlı sistem YM1 ile iki katta X merkezi çaprazlı sistem olan FM3'ün değerleri diğer modellerdeki değerlere göre daha yüksektir. Merkezi çaprazlı modellerden YM1 ve FM3 doğal periyotları incelendiğinde ampirik periyottan küçük olduğu için deprem hesabında V_{tmin} kullanılmamıştır. Bu yüzden diğer sistemlerden farklı olarak bu modellerde de Y yönü deprem kuvveti daha büyüktür. Moment aktaran

çelik çerçevesel modelde ise X yönünde olduğu gibi yapı ağırlığıyla doğrudan bağlantılı olduğu için deprem kuvveti diğer modellere göre fazladır.

Çizelge 4.18’de gösterilen ve Şekil 4.74’te grafik olarak verilen analiz sonuçlarından, en düşük deprem kuvveti merkezi diyagonal çelik çaprazlı YM2 ve FM1 modellerinde, en yüksek değer ise bir katta merkezi X çaprazlı YM1 modelinde elde edilmiştir. Dışmerkez çaprazlı modeller kendi içinde karşılaştırıldığında en düşük deprem kuvveti X yönünde olduğu gibi dışmerkez diyagonal çaprazlı YD2 ve dışmerkez farklı çaprazlı FD2 modellerinde ve yakın değerde bulunmuş, en büyük deprem kuvveti ise farklı tipte dış merkez çaprazlı FD1 modelinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.18. Modellerin Y yönü deprem kuvveti ve periyotları

MOMENT ÇERÇEVE	MERKEZİ						DIŞMERKEZ															
	YAYGIN KULLANILAN			FARKLI TASARIM KULLANILAN			YAYGIN KULLANILAN		FARKLI TASARIM KULLANILAN													
ÇAPRAZ TIPI	RF0	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3											
PERİYOT	1 X	1,8711	1 X	1,6370	1 X	1,8125	1 Y	1,9452	1 Y	2,3239	1 X	1,6289	1 X	1,8355	1 Y	1,9552	1 X	1,9321	1 X	1,8186	1 Y	2,0307
	2 Y	1,7428	2 Y	1,5858	2 Y	1,7537	2 X	1,8040	2 X	2,1115	2 Y	1,5732	2 Y	1,7186	2 X	1,8836	2 Y	1,8425	2 Y	1,7600	2 X	2,0307
	3 B	1,3645	3 B	1,0516	3 B	1,1640	3 B	1,2382	3 B	1,4965	3 B	1,0408	3 B	1,1536	3 B	1,2578	3 B	1,2308	3 B	1,1639	3 B	1,3381
Y YÖNÜ DEPREM KUVVETİ (KN)	3324,85	3454,25	3113,15	3121,97	3189,32	3346,25	3185,32	3159,01	3195,71	3171,48	3184,36											



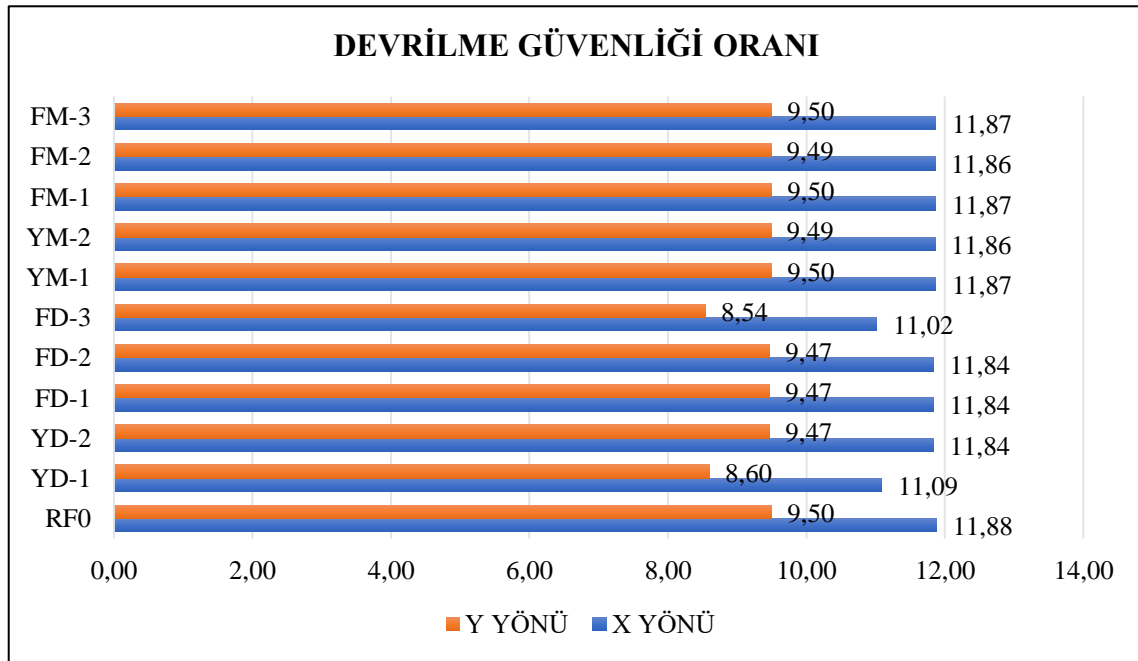
Şekil 4.74. Oluşturulan 11 Model için Y yönü deprem kuvvetleri

4.2.4. Modellerin taban kesme kuvveti karşılaştırması

Modellerin mesnetleri sabit mesnet olarak modellendiği için taban kesme kuvvetlerinin tamamı çaprazlı sistemler tarafından karşılanmıştır.

4.2.5. Modellerin devrilme güvenliği oranlarının karşılaştırması

Direnen momentlerin toplamının, deprem kuvvetinden doğan momentlere bölünmesiyle elde edilen devrilme güvenliği oranı Şekil 4.75'te verilmiştir. Şekil 4.75'teki sonuçlar incelendiğinde bina modellerinin tamamında devrilme güvenliğinin sağlandığı ve emniyet oranlarının yüksek olduğu görülmüştür. Tüm modellerin devrilme güvenliği oranları birbirine yakın değerlerdedir.



Şekil 4.75. Oluşturulan 11 model için devrilme güvenliği oranları

4.2.6. Modellerin X yönü periyot karşılaştırması

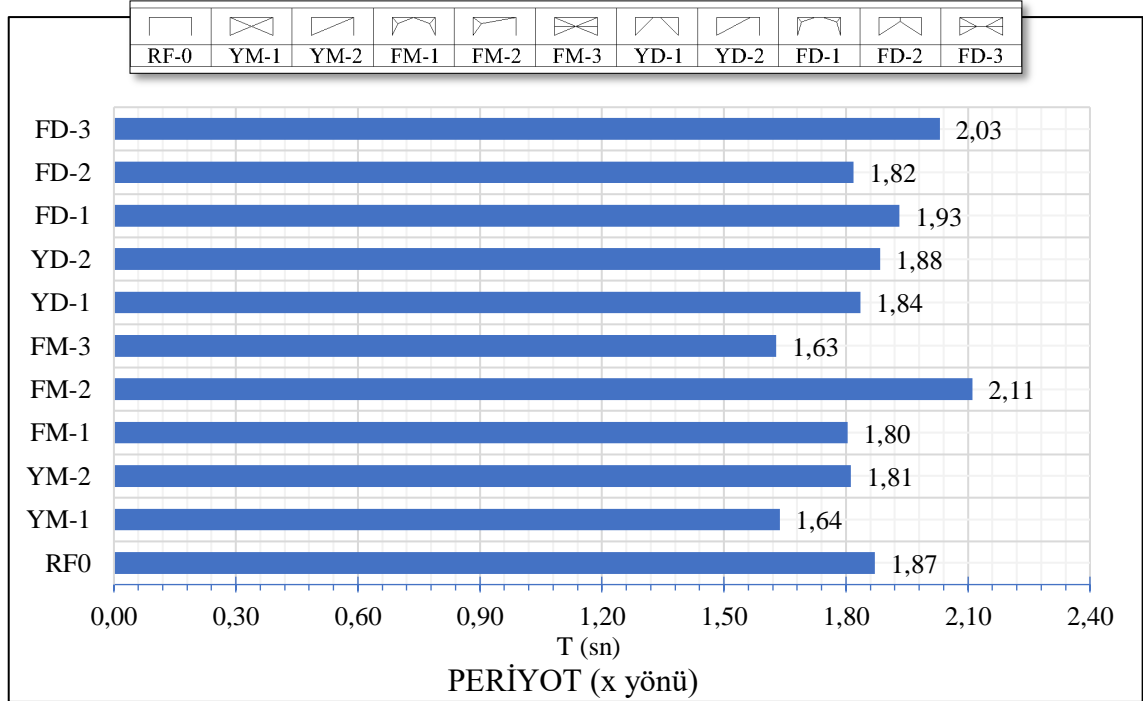
Şekil 4.76'daki analiz sonuçlarına göre farklı tipte merkezi çaprazlı sistem FM2'nin en yüksek periyot değerine sahip olduğu görülmektedir. Yaygın kullanılan merkezi X çaprazlı sistem olan YM1 ve iki katta merkezi X çaprazlı FM3 en düşük periyoda sahip modellerdir.

Merkezi çelik çaprazlı sistemli modellerin (FM2 hariç) periyot değerleri dışmerkez çelik çaprazlı sistem modellerine göre daha düşük değerlerde elde edildiğinden bu sistemlerin daha rijit olduğu görülmektedir.

Yaygın kullanılan çelik çaprazlı modeller ile farklı tasarıma sahip çelik çaprazlı modellerin periyotları yapılan tasarımlar sonucunda genel olarak birbirine yakın değerdedir.

Farklı tasarıma sahip merkezi çaprazlı sistem olan FM2’de periyot değeri 2.11 iken FM3’te ise 1.63’tür. Bu sonuca göre çapraz sistemlerinin farklı tasarımı ile yapıda oluşan etki net olarak ortaya çıkmıştır.

Tüm modellere ait x ve y yönü periyotları ile burulma periyotları Çizelge 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.76. Oluşturulan 11 Model için elde edilen x yönü periyot değerleri

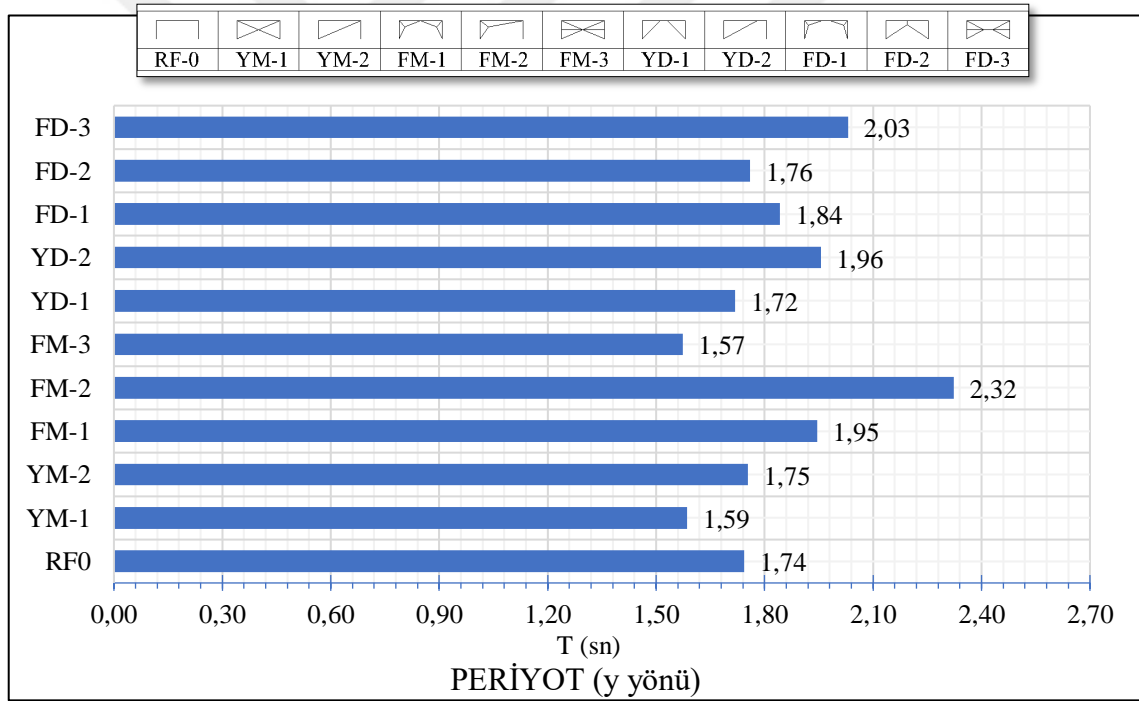
Çizelge 4.19. Oluşturulan 11 Model için x yönü, y yönü ve burulma periyotları

MODEL	Mod	Yön	PERİYOT
RF0	1	X	1,871093
	2	Y	1,742779
	3	B	1,36447
YM-1	1	X	1,637012
	2	Y	1,585756
	3	B	1,051611
YM-2	1	X	1,812527
	2	Y	1,75367
	3	B	1,164008
FM-1	1	Y	1,945156
	2	X	1,803962
	3	B	1,238226
FM-2	1	Y	2,323894
	2	X	2,111463
	3	B	1,496472
FM-3	1	X	1,628852
	2	Y	1,573201
	3	B	1,040831
YD-1	1	X	1,835517
	2	Y	1,718591
	3	B	1,153576
YD-2	1	Y	1,955205
	2	X	1,883573
	3	B	1,257802
FD-1	1	X	1,932059
	2	Y	1,842533
	3	B	1,230759
FD-2	1	X	1,818579
	2	Y	1,760005
	3	B	1,163915
FD-3	1	Y	2,03074
	2	X	2,03068
	3	B	1,338134

4.2.7. Modellerin Y yönü periyot karşılaştırması

Şekil 4.77’de gösterilmiş olan analiz sonuçlarına göre farklı tipte merkezi çaprazlı sistem FM2, Y yönünde de en yüksek periyot değerine sahiptir. Y yönünde de yaygın kullanılan merkezi çaprazlı sistem olan merkezi X çaprazlı model YM1 ve iki katta merkezi X çaprazlı FM3’ün en düşük periyoda sahip modeller olduğu belirlenmiştir. Merkezi çaprazlı sistemler, dışmerkez çaprazlı sistemlere göre genel olarak daha düşük periyota sahiptir (FM2 hariç). Yapılan tasarımlarda da bu yöndeki çapraz sistemlerin kesitleri diğer yöne göre büyüktür.

Her iki çapraz grubu (merkezi ve dışmerkez) için Y yönünde de yaygın kullanılan çaprazlı modeller ile farklı olarak tasarlanan çaprazlı modellerin davranışlarının genellikle benzer olduğu görülmüştür.

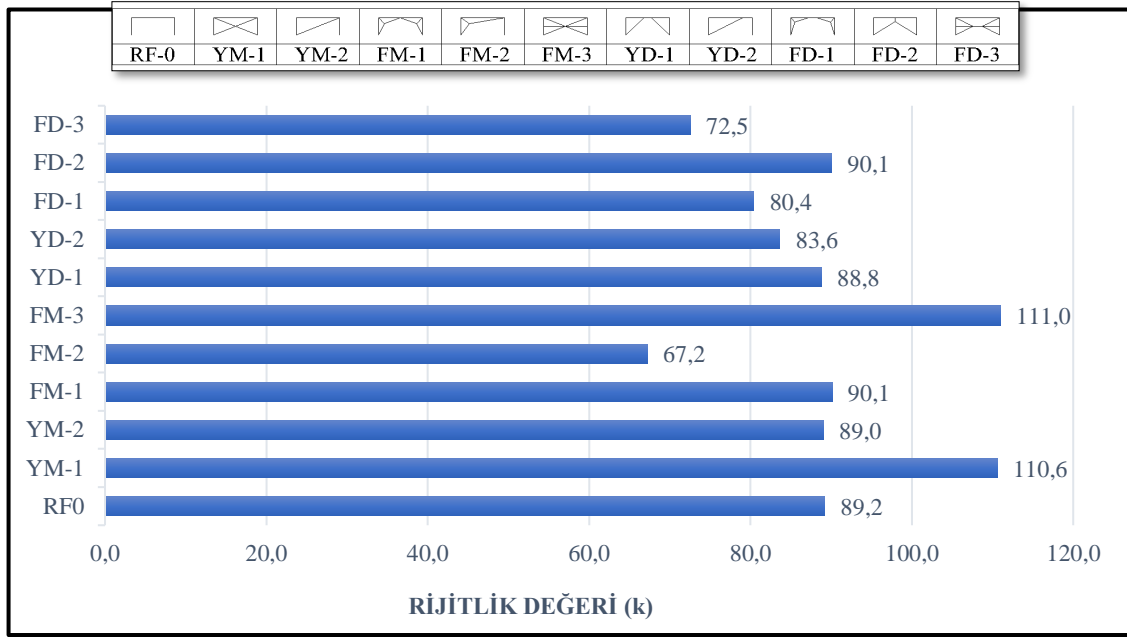


Şekil 4.77. Oluşturulan 11 Model için elde edilen y yönü periyot değerleri

4.2.8. Modellerin rijitlik karşılaştırması

Modellerin kendi aralarında ağırlık ve periyoda bağlı olarak rijitlik karşılaştırması $T=2\pi\sqrt{m/k}$ formülü ile yapılmıştır. Bu formülde “m” kütleyi (ton), “T” periyot değerini, k ise rijitlik değerini vermektedir. Elde edilen sonuç, daha anlaşılır olması açısından 1000’e bölünerek yazılmıştır. Şekil 4.78’de gösterilen sonuçlara

bakıldığında FM3 ve YM1 en rijit tasarım olmuştur. FM2 ise en az rijitliğe sahip model olarak belirlenmiştir. Diğer tüm modeller ise birbirine yakın rijitlikte sonuç vermiştir.

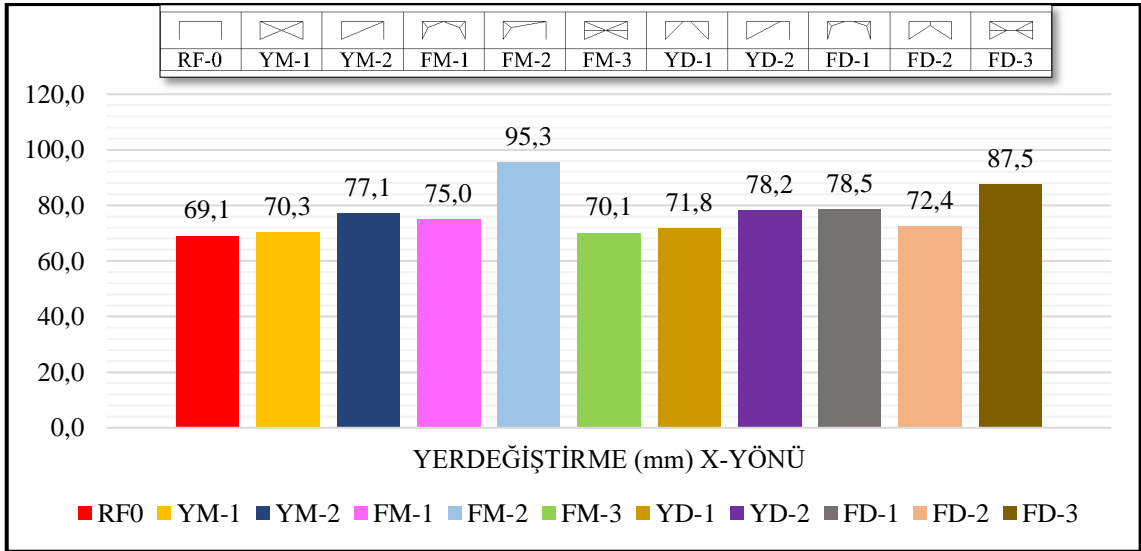


Şekil 4.78. Oluşturulan 11 Model için rijitlik değerleri

4.2.9. Modellerin tepe noktası yer değiştirme değerlerinin karşılaştırması

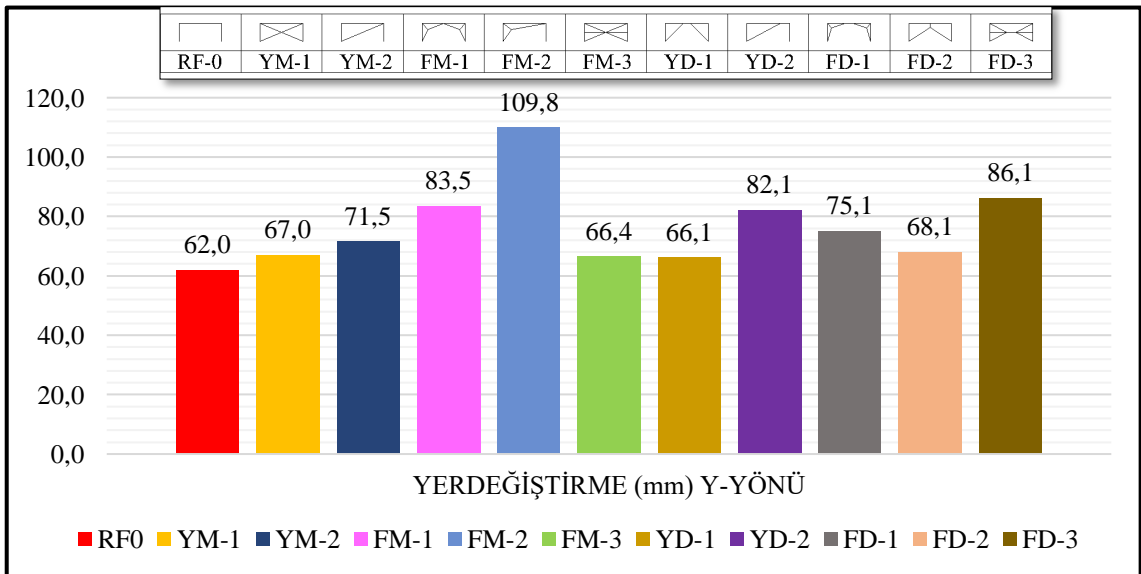
Şekil 4.79’da oluşturulan 11 bina modeli için x yönü deplasman değerleri, Şekil 4.80’de ise bu modellerin y yönü deplasman değerleri görülmektedir. Şekil 4.79’da gösterilen x yönü analiz sonuçlarına bakıldığında bütün incelenen taşıyıcı sistem modelleri içinde en etkili kat ötelemesi sınırlandırması yapan sistemlerin sırasıyla RF0, FM3, YM1 ve YD1 olduğu belirlenmiştir.

Tüm modellere ait deplasman değerleri ve değişimleri Çizelge 4.20’de gösterilmiştir. Genel olarak modellerin x yönü deplasman değerleri FM2 hariç birbirine yakın bulunmuştur. Referans modelde (RF0) 69.1 mm değerinde olan deplasman değeri farklı tipte merkezi çaprazlı FM2’de %37,98’lik artış göstermiştir (Çizelge 4.20). RF0 referans modeli en düşük deplasman yapan bina modeli olmuştur. Bunun nedenleri ise, görelî kat ötelemesinin kontrol altına alınabilmesi için moment aktaran çelik çerçeveli sistem olan RF0 modelinde kesit boyutlarının artırılarak sistemin rijitleştirilmesi ve kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolünün sağlanmasıdır. Merkezi ve dışmerkez çaprazlı sistemlerde yatay deplasmanlar çaprazlar ile daha kolay kontrol altında tutulabildiğinden deplasman değerleri yönetmelik sınır değerlerinin altında kalmak kaydıyla yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.79. Oluşturulan 11 Model için x yönü deplasman değerleri

Şekil 4.80 ile gösterilen y yönü analiz sonuçları incelendiğinde, dışmerkez çaprazlı sistemlerden YD2 modelinin merkezi çaprazlı sistemlerden YM2 modeline oranla %15 fazla deplasman yaptığı, FD3 modelinin ise FM3 modelinden %30 fazla deplasman yaptığı görülmektedir. Referans modelden %77 daha fazla deplasman yapan farklı tipte merkezi çaprazlı FM2 modeli en fazla deplasmana sahip modeldir. Bu yönde de referans modelden daha az deplasman yapan bir model yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı yoktur.



Şekil 4.80. Oluşturulan 11 Model için y yönü deplasman değerleri

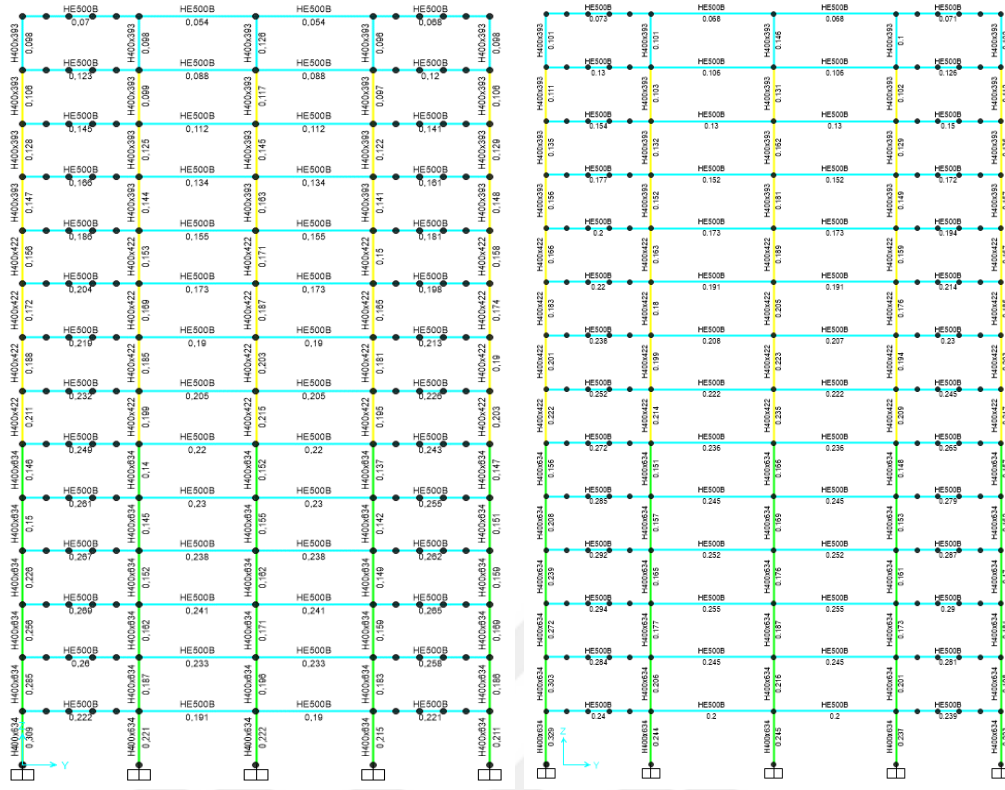
Çizelge 4.20. Bina modellerinden elde edilen yer değiştirmelerin referans modelle karşılaştırılması

MODEL	Yer Değiştirme (mm) X-Yönü	Yer Değiştirme Farkı X-Yönü	Yer Değiştirme Yüzdesi X-Yönü	Yer Değiştirme (mm) Y-Yönü	Yer Değiştirme Farkı Y-Yönü	Yer Değiştirme Yüzdesi Y-Yönü
RF0	69,0770	0,0000	0,00%	62,0040	0,0000	0,00%
YM-1	70,2640	-1,1870	-1,72%	67,0350	-5,0310	-8,11%
YM-2	77,1270	-8,0500	-11,65%	71,4750	-9,4710	-15,27%
FM-1	75,0440	-5,9670	-8,64%	83,4570	-21,4530	-34,60%
FM-2	95,3100	-26,2330	-37,98%	109,8470	-47,8430	-77,16%
FM-3	70,0900	-1,0130	-1,47%	66,3830	-4,3790	-7,06%
YD-1	71,7900	-2,7130	-3,93%	66,0770	-4,0730	-6,57%
YD-2	78,1930	-9,1160	-13,20%	82,1220	-20,1180	-32,45%
FD-1	78,5420	-9,4650	-13,70%	75,1030	-13,0990	-21,13%
FD-2	72,4490	-3,3720	-4,88%	68,0710	-6,0670	-9,78%
FD-3	87,4680	-18,3910	-26,62%	86,1180	-24,1140	-38,89%

4.3. Y Yönünde Çelik Çaprazın Bulunduğu Aks Uzunluğu Değişiminin Yapıya Olan Etkisinin İncelenmesi

Bina modellerinde Y yönünde çaprazların bağlanmış olduğu aks uzunluğu altı metreden yedi metreye çıkarılmış ve önceki eleman kesit boyutlandırmaları değiştirilmeden analiz yapılmıştır. İki durum için yapılan analiz sonuçları periyot, X ve Y yönü tepe yer değiştirmesi ve deprem kuvveti bakımından irdelenmiştir. Modeller arasındaki dizayn değişimleri ise Şekil 4.81 ile Şekil 4.91 arasında verilmiştir.

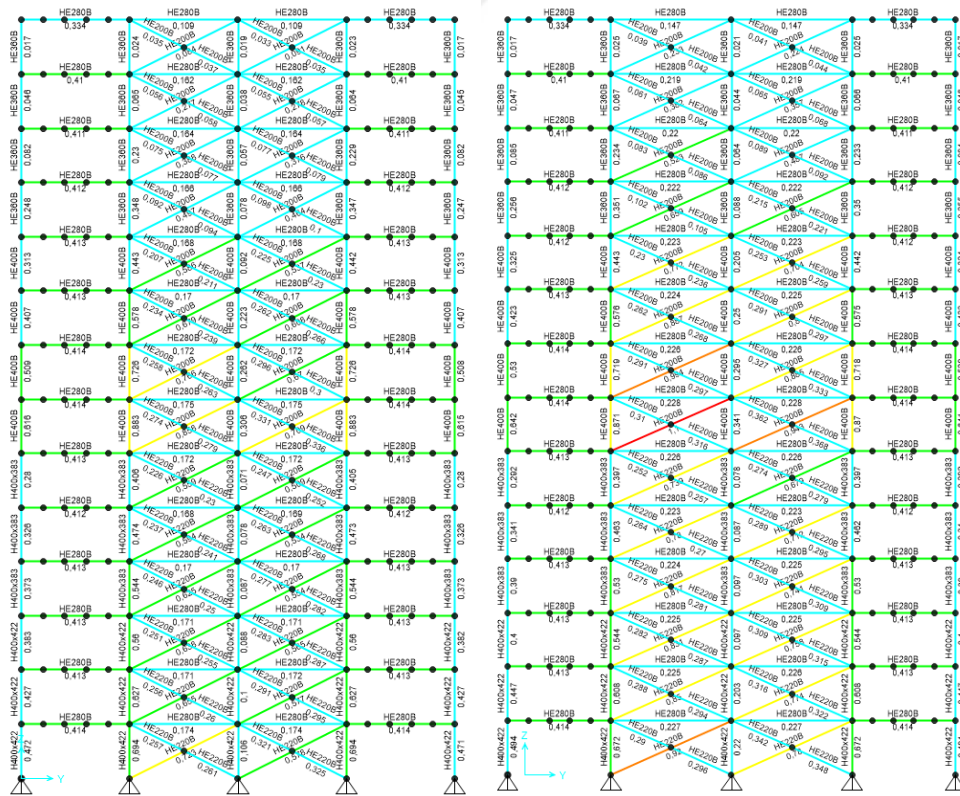
Çizelge 4.21'de Y yönünde çaprazların bulunduğu aks uzunluğu 6 m olan modellerin genel sonuçları, Çizelge 4.22'de Y yönünde çaprazların bulunduğu aks uzunluğu 7 m olan modellerin genel sonuçları görölmektedir.



a) RF0 X0 aksı 6m

b) RF0 X0 aksı 7m

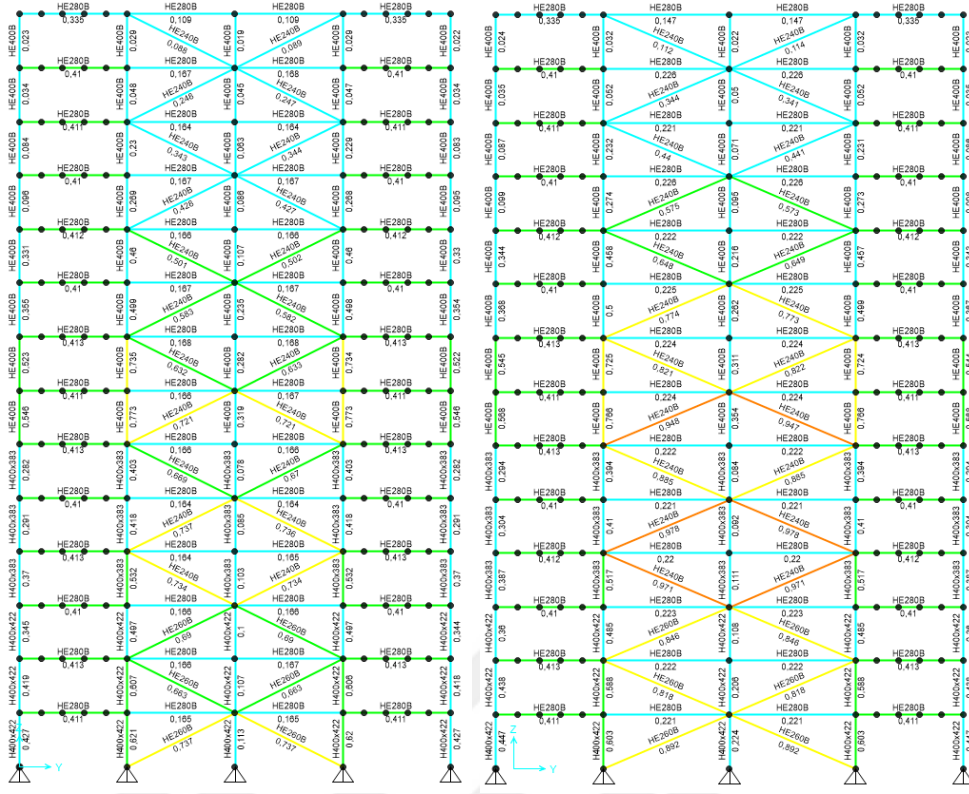
Şekil 4.81. RF0 modelinde aks uzunluğu değişimi tasarım sonuçları



a) YM1 X0 aksı 6m

b) YM1 X0 aksı 7m

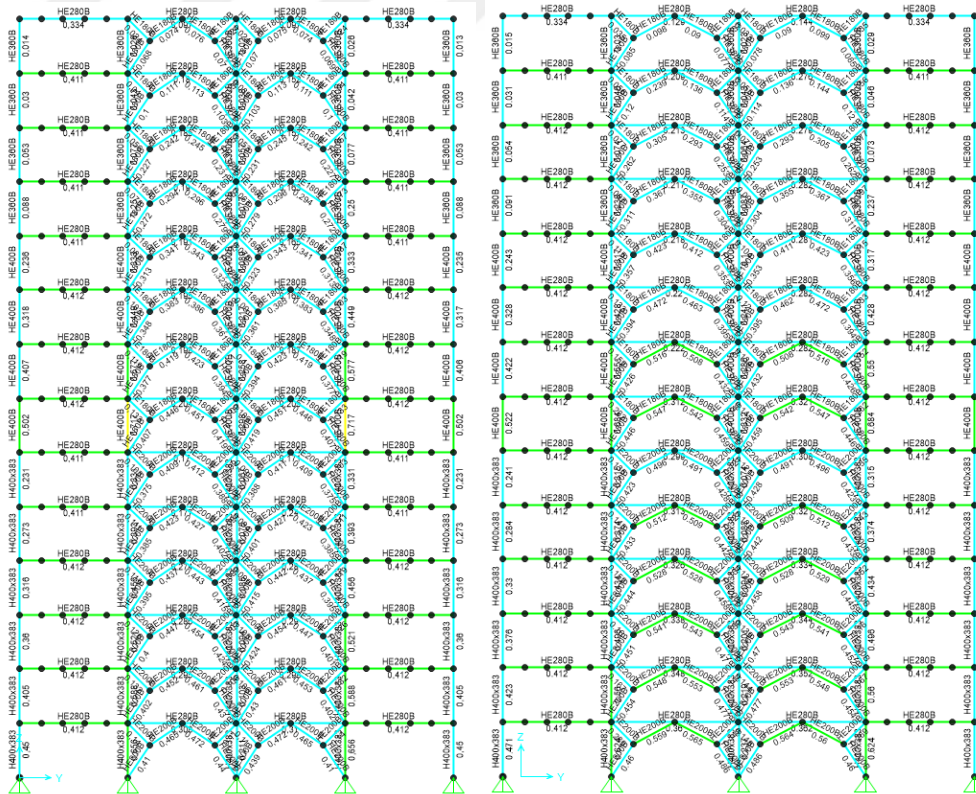
Şekil 4.82. YM1 modelinde aks uzunluğu değişimi tasarım sonuçları



a) YM2 X0 aksı 6m

b) YM2 X0 aksı 7m

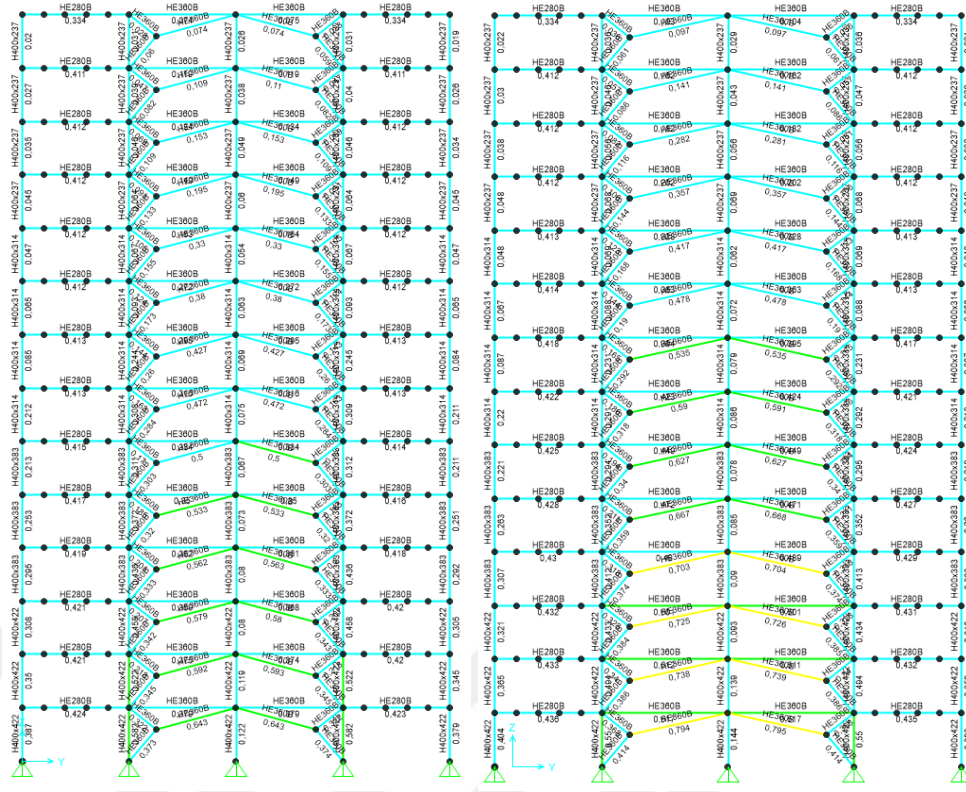
Şekil 4.83. YM2 modelinde aks uzunluğu değişimi tasarım sonuçları



a) FM1 X0 aksı 6m

b) FM1 X0 aksı 7m

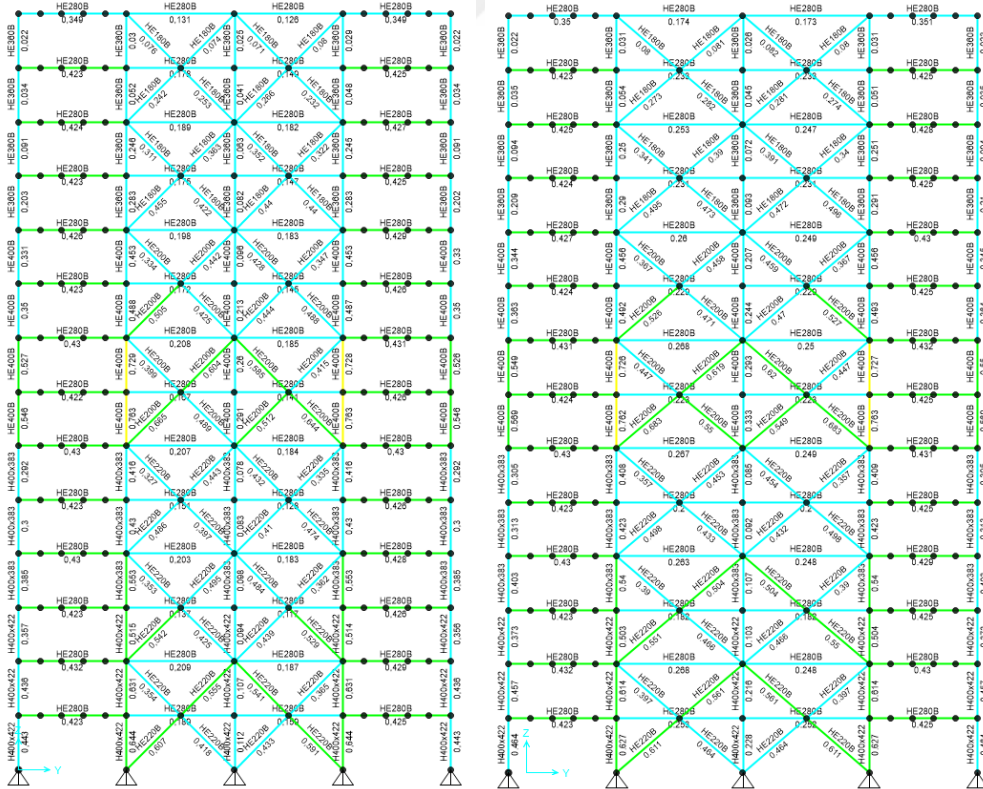
Şekil 4.84. FM1 modelinde aks uzunluğu değişimi tasarım sonuçları



a) FM2 X0 aksı 6m

b) FM2 X0 aksı 7m

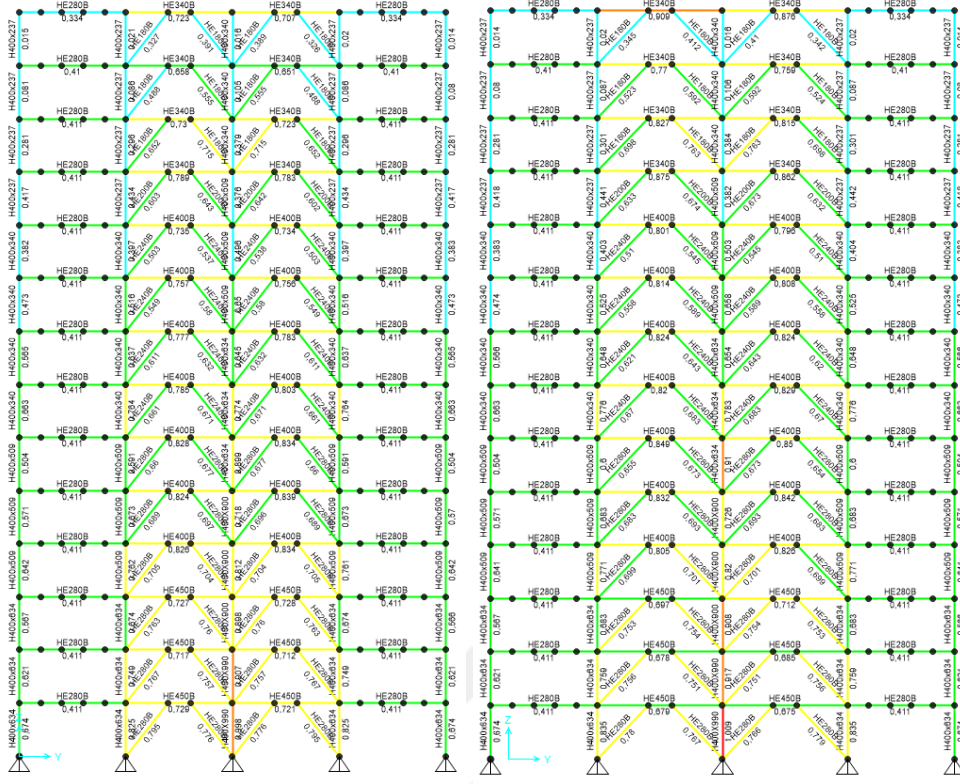
Şekil 4.85. FM2 modelinde aks uzunluğu değişimi dizayn sonuçları



a) FM3 X0 aksı 6m

b) FM3 X0 aksı 7m

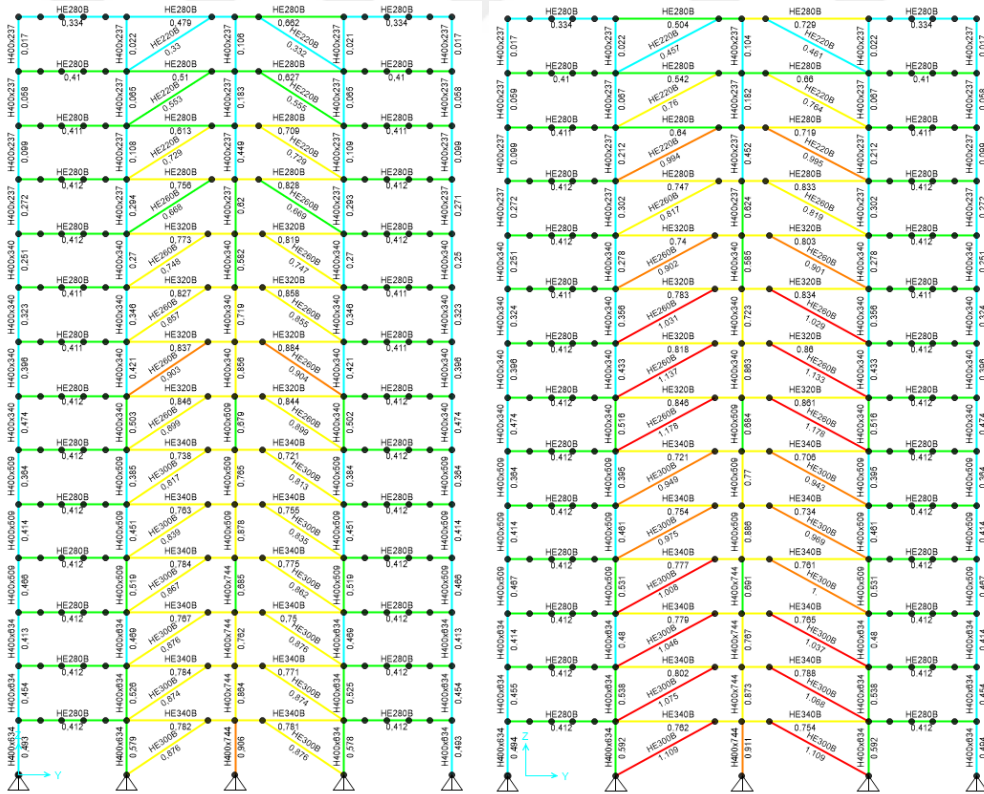
Şekil 4.86. FM3 modelinde aks uzunluğu değişimi dizayn sonuçları



a) YD1 X0 aksı 6m

b) YD1 X0 aksı 7m

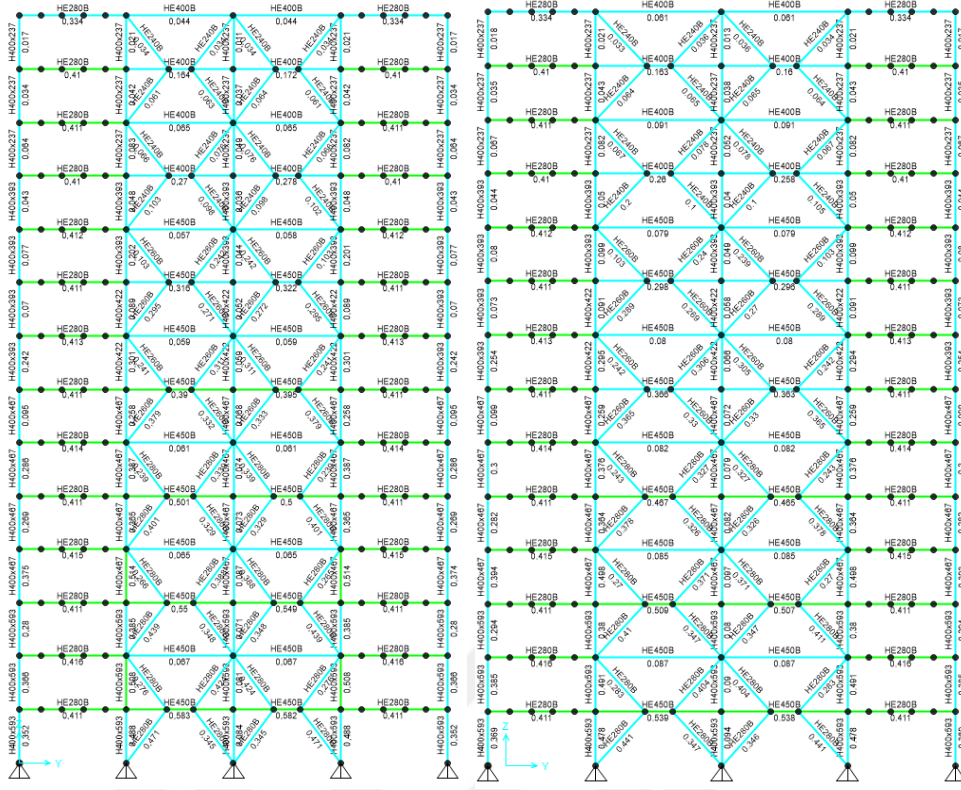
Şekil 4.87. YD1 modelinde aks uzunluğu değişimi dizayn sonuçları



a) YD2 X0 aksı 6m

b) YD2 X0 aksı 7m

Şekil 4.88. YD2 modelinde aks uzunluğu değişimi dizayn sonuçları



a) FD3 X0 aksı 6m

b) FD3 X0 aksı 7m

Şekil 4.91. FD3 modelinde aks uzunluğu değişimi dizayn sonuçları

Dizayn sonuçları incelendiğinde aks uzunluğu artışı sonucunda YM1, YD1, YD2 ve FD1 kesitlerinin yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu çapraz sistemlerinin aynı zamanda binayı rijitleştirdiği ise Çizelge 4.24'te ki yer değiştirme artış tablosundan görülmektedir. Bu sistemlerdeki kesitlerin yeterli boyutta seçilmesi durumunda binada daha da rijitleştirici etkisi olacağı ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.21. Y yönünde çelik çaprazın bulunduğu aks uzunluğu 6 m olan modellerin genel sonuçları












ÇAPRAZ TİPİ	MOMENT ÇERÇİVE	MERKEZİ					DIŞMERKEZ				
		YAYGIN KULLANILAN		FARKLI TASARIM KULLANILAN			YAYGIN KULLANILAN		FARKLI TASARIM KULLANILAN		
	RF0	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3
PERİYOT	1 X 1,8711	1 X 1,6370	1 X 1,8125	1 Y 1,9452	1 Y 2,3239	1 X 1,6289	1 X 1,8355	1 Y 1,9552	1 X 1,9321	1 X 1,8186	1 Y 2,0307
	2 Y 1,7428	2 Y 1,5858	2 Y 1,7537	2 X 1,8040	2 X 2,1115	2 Y 1,5732	2 Y 1,7186	2 X 1,8836	2 Y 1,8425	2 Y 1,7600	2 X 2,0307
	3 B 1,3645	3 B 1,0516	3 B 1,1640	3 B 1,2382	3 B 1,4965	3 B 1,0408	3 B 1,1536	3 B 1,2578	3 B 1,2308	3 B 1,1639	3 B 1,3381
YERDEĞİŞTİRME (mm) X-YÖNÜ	69,08	70,26	77,13	75,04	95,31	70,09	71,79	78,19	78,54	72,45	87,47
YERDEĞİŞTİRME (mm) Y-YÖNÜ	62,00	67,04	71,48	83,46	109,85	66,38	66,08	82,12	75,10	68,07	86,12
X YÖNÜ DEPREM KUVVETİ (KN)	3324,85	3347,64	3114,34	3121,97	3189,32	3346,25	3185,32	3159,01	3195,71	3171,48	3184,36
Y YÖNÜ DEPREM KUVVETİ (KN)	3324,85	3454,25	3113,15	3121,97	3189,32	3346,25	3185,32	3159,01	3195,71	3171,48	3184,36

Çizelge 4.22. Y yönünde çelik çaprazın bulunduğu aks uzunluğu 7 m olan modellerin genel sonuçları

ÇAPRAZ TİPİ	MOMENT ÇERÇEVE		MERKEZİ						DIŞMERKEZ													
	RFO		YAYGIN KULLANILAN		FARKLI TASARIM KULLANILAN				YAYGIN KULLANILAN		FARKLI TASARIM KULLANILAN											
	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3												
PERİYOT	1 X	1,9355	1 X	1,6962	1 X	1,8780	1 Y	2,0693	1 Y	2,5888	1 X	1,6883	1 X	1,9016	1 X	1,9510	1 X	2,0014	1 X	1,8841	1 X	2,1034
	2 Y	1,8450	2 Y	1,5376	2 Y	1,7389	2 X	1,8699	2 X	2,1864	2 Y	1,4828	2 Y	1,6200	2 Y	1,8903	2 Y	1,8876	2 Y	1,7848	2 Y	1,8831
	3 B	1,4256	3 B	1,0422	3 B	1,1726	3 B	1,2944	3 B	1,6097	3 B	1,0137	3 B	1,1257	3 B	1,2484	3 B	1,2714	3 B	1,1922	3 B	1,2912
YERDEĞİŞTİRME (mm) X-YÖNÜ	74,30	75,35	82,82	80,84	102,95	75,08	76,85	83,85	84,43	77,85	93,56											
YERDEĞİŞTİRME (mm) Y-YÖNÜ	68,97	61,12	67,83	89,96	131,44	57,91	58,14	75,82	77,04	68,22	73,61											
X YÖNÜ DEPREM KUVVETİ (KN)	3553,63	3590,39	3340,65	3347,57	3417,96	3588,66	3412,18	3385,86	3422,98	3398,53	3411,71											
Y YÖNÜ DEPREM KUVVETİ (KN)	3553,63	3704,73	3339,37	3347,57	3417,96	3703,68	3412,18	3385,86	3422,98	3398,53	3411,71											

Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22'deki sonuçlar karşılaştırıldığında X yönünde yapıda herhangi bir değişiklik olmamasına rağmen yapıda artan ağırlığa bağlı olarak deprem kuvvetlerinde artış meydana gelmiştir. Artışın oranları Çizelge 4.23'te gösterilmiştir. Modellerin çoğunda ortalama olarak %7 oranında artış olmuştur. Y yönünde merkezi iki katta X çaprazlı FM3 modelinde %10.68 oranında önemli bir artış meydana gelmiştir.

Çizelge 4.23. X ve Y yönü deprem kuvvetinde meydana gelen artış miktarları

ÇAPRAZ TİPİ	RFO	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3
X YÖNÜ DEPREM KUVVETİ ARTIŞI	6,88%	7,25%	7,27%	7,23%	7,17%	7,24%	7,12%	7,18%	7,11%	7,16%	7,14%
Y YÖNÜ DEPREM KUVVETİ ARTIŞI	6,88%	7,25%	7,27%	7,23%	7,17%	10,68%	7,12%	7,18%	7,11%	7,16%	7,14%
											
	RF-0	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3

Yer değiştirmeler incelendiğinde deprem kuvvetine bağlı olarak X yönünde artışlar meydana gelmiştir. Y yönünde ise çaprazların bağlı olduğu açının değişmesinin yapıya etkisi modeller üzerinde daha net anlaşılmıştır.












Buna göre, Çizelge 4.24 incelendiğinde moment aktaran rijit çerçeve sistemindeki artışın yapıya etkisi negatif yönde olmuştur. Ayrıca uzunluk değişiminden en çok etkilenen modelin farklı merkezi çaprazlı sistem FM2 modelinin olduğu ortaya çıkmaktadır.

Aks uzunluğunun değişmesine bağlı olarak çaprazların bağlanma açısının küçülmesiyle dışmerkez ters V çaprazlı model YD1, dışmerkez farklı çaprazlı model FD3 ve merkezi iki katta X çaprazlı FM3'ün sistemlerinde olumlu yönde etki yaparak

binanın ağırlığı ve deprem kuvvetinin artmasına rağmen yer değiştirmeyi %10'un üzerinde azaltmışlardır.

Merkezi X çaprazlı YM1, merkezi diyagonal çaprazlı YM2 ve diyagonal dışmerkez çaprazlı YD2 modellerinde ise yer değiştirmeyi %5'in üzerinde azaltarak yapıya katkı sağlamışlardır.

Çizelge 4.24. X ve Y yönü için yer değiştirmede meydana gelen artış miktarları

ÇAPRAZ TİPİ	RF0	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3
X YÖNÜ YERDEĞİŞTİRME	7,57%	7,24%	7,37%	7,72%	8,02%	7,12%	7,04%	7,23%	7,49%	7,45%	6,96%
Y YÖNÜ YERDEĞİŞTİRME	11,23%	-8,82%	-5,11%	7,79%	19,65%	-12,76%	-12,02%	-7,67%	2,58%	0,22%	-14,52%
											
	RF-0	YM-1	YM-2	FM-1	FM-2	FM-3	YD-1	YD-2	FD-1	FD-2	FD-3

Periyotların değişimleri incelendiğinde, Y yönündeki yer değiştirmelerden de görüldüğü gibi dışmerkez ters V çaprazlı YD1, dışmerkez diyagonal çaprazlı YD2, dışmerkez farklı çaprazlı FD3, merkezi X çaprazlı YM1, merkezi diyagonal çaprazlı YM2 ve iki katta merkezi X çaprazlı FM3 modellerinde periyotlarda azalma meydana gelmiş, bu durumda çapraz bağlantı açısının küçülmesi yapıya rijitlik yönünde katkı sağlamıştır.

X yönünde ise ihmal edilebilecek değişimler meydana gelmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 14 katlı X yönünde 5, Y yönünde 4 açıklıktan oluşan 11 farklı çelik taşıyıcı sisteme sahip yapı modellerinin statik analizi TBDY2018'de belirtilen deprem hesap yöntemlerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı 14 katlı bir moment aktaran çerçeve sisteminin, yaygın kullanılan çapraz türlerinden farklı, daha nadir kullanılan çapraz tipleriyle güçlendirildiğinde elde edilecek davranış farklılığının incelenmesidir. Buradan yola çıkılarak moment aktaran çerçeve (RF0) yapı modeline X ve Y yönünde farklı tiplerde rijitleştirici elemanlar ilave edilmiştir. Tasarımı yapılan bu 11 bina modelinin Y yönü çaprazların bağlı olduğu aks uzunluğu 6 m'den 7 m'ye çıkartılarak 11 model daha oluşturulmuş ve bu durumda çaprazların sisteme nasıl etki ettiği incelenmiştir.

Yaygın kullanılan çelik çaprazlı bina modelleri YD1, YD2, YM1 ve YM2, daha nadir kullanılan çelik çaprazlı bina modelleri ise FD1, FD2, FD3, FM1, FM2, FM3 olarak isimlendirilmiştir. Dışmerkez çelik çaprazlı bina modelleri YD1, YD2, FD1, FD2 ve FD3, merkezi çelik çaprazlı bina modelleri ise YM1, YM2, FM1, FM2, FM3'tür.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen yapı ağırlıkları, deprem kuvvetleri, taban kesme kuvveti oranları, devrilme momenti güvenliği, periyot ve yer değiştirme değerleri 11 farklı model için birbirleriyle karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre yapı ağırlıkları bakımından yaygın kullanılan dışmerkez çaprazlı sistemler ile farklı tasarımlı dışmerkez çaprazlı sistemlerin ağırlığı ortalama olarak birbirine çok yakındır. Aynı durum merkezi çaprazlı sistemlerin kendi içerisinde de görülmektedir. Moment aktaran çelik çerçeve sistemlerin en fazla ağırlığa sahip olduğu belirlenmiştir.

X ve Y yönü deprem kuvvetleri incelendiğinde, merkezi çelik çaprazlı sistemler ile analiz edilmiş yapıların deprem kuvvetinin, dışmerkez çaprazlı sistemlere göre düşük olduğu belirlenmiştir (FM3 hariç). Binaya gelen deprem yükü yapının ağırlığıyla orantılı olduğu için yapı ağırlıkları incelendiğinde, dışmerkez çelik çaprazlı modellerin ağırlıklarının merkezi çelik çaprazlı modellere kıyasla yüksek olmasından dolayı bu durumla karşılaşmıştır.

Dışmerkez çelik çaprazlı modeller arasından YD2 ve FD2'nin deprem kuvvetinin diğer modellere göre düşük olmasına karşın FD1'de yüksek değer bulunmuştur. Deplasmanlara bakıldığında ise YD1'de en düşük, FD3'te ise en yüksek

değere sahiptir. Buradan anlaşılacağı üzere YD1, X yönünde rijit bir model iken FD3 daha az rijit bir model olmuştur.

Merkezi çelik çaprazlı modeller arasında en düşük Y yönü deprem kuvveti sırasıyla YM2 ve FM1'de iken, en yüksek deprem kuvveti YM1 ve FM3'te elde edilmiştir. X yönünde ise YM1 ve FM3 en yüksek deprem kuvvetine maruz kalırken YM2 ve FM1 en düşük deprem kuvveti alan model olmuştur. X ve Y yönü deplasmanlarına bakıldığında ise FM2 en fazla deplasmana sahip, FM3 ve YM1 ise en az deplasman yapan model olmuştur. Buradan yola çıkılarak FM2 daha az rijit bir model olurken FM3 ise rijit bir model olmuştur.

Yaygın kullanılan merkezi çaprazlı sistem olan YM1 ile farklı tasarlanmış merkezi çaprazlı sistem olan FM3 modelleri incelendiğinde bina üzerindeki çaprazların etkileri çok yakın olmakla birlikte, mimari kaygılar göz önünde tutularak istenilen çapraz türü tercih edilebilir.

YD1 ve FD3 modellerinde deprem kuvveti ve yapı ağırlıkları birbirine çok yakın, periyotları ise farklı değerlerde bulunmuştur. FD3 modeli daha az rijitliğe sahip olup diğer modele göre yatay deplasman değeri daha fazla bir davranış sergilemiştir. Aynı deprem kuvvetini alarak aynı ağırlıktaki diğer modele göre tasarım daha az rijitleşmiş olduğu için tercih edilebilir. Merkezi çaprazlı sistemlerde ise FM1'in YM2'ye göre daha az rijitliğe sahip olması ve yapı ağırlıklarının birbirine yakın olması, deprem kuvvetlerinin yakın çıkmasıyla mimari kaygılar göz önüne alınarak iki farklı tasarım da tercih edilebilir.

Tüm sistemlere genel olarak bakıldığında ise moment aktaran çerçeve modele göre daha az rijitleşmiş bir model oluşturulmak istenirse FM2 farklı tasarlanmış merkezi çelik çaprazlı sistem, FD3 ise farklı tasarlanmış dışmerkez çelik çaprazlı sistem seçilebilir. Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında yaygın kullanılan çapraz türlerinden farklı olarak tasarlanmış olan FM1, FM2, FM3, FD1, FD2 ve FD3 süneklik ve rijitlik bakımından tercihe göre tasarlanma potansiyelindedir.

Çaprazın bağlandığı açının değişmesiyle YD1, FM3 ve FD3 çapraz sistemlerinde binaya rijitleştirici yönde etki yapan çapraz modelleri olmuş, YM1, YM2 ve YD2 modellerinde ise YD1, FM3 ve FD3'e göre daha az etki yaparak deplasmanı kontrol altına almışlardır.

Bu sonuçlar, boyutlandırma çalışması yapılmış 14 katlı yapı için geçerli olmakla birlikte yapı yüksekliği, kullanım amacı ve yapı niteliğine bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

KAYNAKLAR

- Aghayere A. ve Vigil J., 2018, Structural steel design, 2026, Akbaş, B., Eğilmez, O., *Pearson Education Prentice Hall, USA.*
- Akgöner, A. İ., 2017, Yüksek sünek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin yatay yükler altında davranışının incelenmesi, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 16-23.
- ASTM A673, Yapısal Çelik Etki Testi İçin Numune Alma Prosedürü İçin Standart Şartname, 1982
- Ay, Z., Çelik, İ. D. Ve Kıvıllı, N. A., 2010, Çaprazlı çelik çerçevelerin sismik performansı üzerine bazı değerlendirmeler, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (1), 7-17.
- Bruneau, M., Uang, C.M., Sabelli, R., 2011, Ductile Design of Steel Structures, McGraw-Hill Professional, second edition.
- Çavdar, Ö., 2017, Farklı şekilde çapraz elemanlı çelik yapıların dinamik davranışının incelenmesi, *Uluslararası Katılımlı 7. Çelik Yapılar Sempozyumu*, Gaziantep, 193-203.
- ÇYTHYE, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği, 2018.
- Darılmaz, K., 2019, Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş, Birsen yayınevi.
- Demir, F., 2019, V-tipi kısa bağ kirişli çelik çaprazlı çerçeve sistemlerin deprem performansı, Yüksek lisans, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-78.
- Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu, F. ve Çağlayan, Ö., 2012, Çelik yapılar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1-2,750-755.
- Günday, F., 2017, Çelik yapıların çelik çapraz elemanlar ile güçlendirilmesinin yapı dinamik davranışına etkilerinin incelenmesi, Yüksek lisans, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 1-129.
- Korkmaz, K. A., Ay, Z. ve Çelik, D., 2008, Merkezi çaprazlı çelik yapıların deprem davranışlarının incelenmesi, *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 26(1), 58-67.
- Sancıoğlu, S., Arıbaş, S., Bayram, B., Şimşek, M. ve Çarbaş, S., 2019, Çelik bir binada kullanılan çapraz tiplerinin deprem etkisi altında analizi, 8. *Uluslararası Çelik Yapılar Sempozyumu*, Konya, 422-430.

Türker, K. ve Lekesiz, İ., 2017, Tipik bir çelik endüstri yapısında çaprazlı perde tipinin deprem performansına etkisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 19(57), 821-834.

TBDY, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018.

Yanık, E., 2019, Çelik taşıyıcı sistemlerde kullanılan çaprazların yapı davranışı üzerine etkilerinin araştırılması, Yüksek lisans, *Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Uşak, 1-120.

https://www.mdpi.com/buildings/buildings-09-00193/article_deploy/html/images/buildings-09-00193-g017.png

<https://slideplayer.biz.tr/slide/2966829/11/images/65/dkts%e2%80%99lerde+s%c3%9cnek1%c4%b0k+kavramı.jpg>

<https://www.pinterest.co.uk/pin/371054456775224017/>

<https://previews.agefotostock.com/previewimage/medibigoff/1e9e1d2f1157f2754323cb4ed68c4ece/x8h-2528110.jpg>

<https://slideplayer.com/slide/1566151/5/images/70/Eccentrically+Braced+Frames+%28EBFs%29.jpg>

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSIxb1618XgDak70Lv-Sc8FzHHu-G6ucSjBHA&usqp=CAU>

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRVpz4gHxuuIJJAR4K619JqTyHuSa9ulHlsYRWwizPlvREZ7nBB3XdIE06Ie3OGK4eSeL8&usqp=CAU>

<https://www.kuark.org/2013/07/sinter-cevher-pelet-ve-demir-uretimi/demircelik/>

<https://ijrnrxhknml5p.leadongcdn.com/cloud/lnBqkKrrSRrimrijn/2.jpg>

<https://muhend1sbey.files.wordpress.com/2012/10/1779coalbrookdalebridge.jpg>

https://cdn.pixabay.com/photo/2019/12/05/10/02/britannia-bridge-4674706_1280.jpg