



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÜÇ BOYUTLU ÇELİK ÇERÇEVE
SİSTEMLERİNDE MERKEZİ VE DIŞ MERKEZLİ
ÇAPRAZ KULLANIMI ETKİLERİNİN STATİK
İTME ANALİZİ YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI

Esat ÖZBAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Mart-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Esat ÖZBAY tarafından hazırlanan “Üç Boyutlu Çelik Çerçeve Sistemlerinde Merkezi Ve Dış Merkezli Çapraz Kullanımı Etkilerinin Statik İtme Analizi Yöntemi İle Araştırılması” adlı tez çalışması 02.04.2019 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

Başkan

Doç. Dr. Serdar ÇARBAŞ

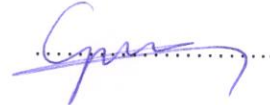
Danışman

Doç. Dr. Ali KÖKEN

Üye

Doç. Dr. Günnur YAVUZ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
LEE Müdürü V.

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Esat ÖZBAY

Tarih: 02.04.2019



ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ÜÇ BOYUTLU ÇELİK ÇERÇEVE SİSTEMLERİNDE MERKEZİ VE DIŞ MERKEZLİ ÇAPRAZ KULLANIMI ETKİLERİNİN STATİK İTME ANALİZİ YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI

Esat ÖZBAY

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

Danışman: Doç. Dr. Ali KÖKEN

2019, 145 Sayfa

Jüri

**Doç. Dr. Ali KÖKEN
Doç. Dr. Serdar ÇARBAŞ
Doç. Dr. Günnur YAVUZ**

Son yıllarda özellikle deprem bölgelerinde yapılan tasarımlarda binaların karşılaşılabileceği depremlere hazırlığı için veya geçirmiş olduğu deprem sonrası kendi yükleri altındaki durumunun incelenmesi için elastik ötesi davranışlarının incelenmesi büyük önem kazanmıştır. Sistemlerin deprem yükleri altında elastik ötesi davranışlarının incelenmesi ve değerlendirilmesi tasarım hakkında daha anlamlı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Mevcut veya yeni yapılacak binaların deprem performansları kolayca belirlenebilmektedir. Bu tez çalışmasında statik itme analizi hakkında ilk olarak genel bilgiler verilmiştir. Yapı sistemlerinde statik itme (push-over) analizinin kullanımı ele alınmış ve 3 boyutlu çelik çerçeve sistemlerinde çapraz kullanımının etkisi statik-itme analizi yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu işlemler yapılırken FEMA ve ATC yönetmeliklerinden faydalanılmıştır. 1 adet 3 katlı çaprazsız, 1 adet 5 katlı çaprazsız, 6 adet 3 katlı çaprazlı ve 6 adet 5 katlı çaprazlı toplamda 14 adet çerçeve sistem seçilerek kıyaslamalar yapılmıştır. Çerçeve sistemlerinin üç boyutta analizi SAP 2000 programından faydalanılarak yapılmış ve statik itme analizi yapılan sistemlerin değerlendirmeleri sonuç bölümünde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çelik Çerçeveler, Deprem Etkisi, İtme Analizi, Yapısal Analiz.

ABSTRACT

MS THESIS

**THE INVESTIGATION ON THE EFFECT OF USING CONCENTRICALLY AND
ECCENTRIC BRACE IN THREE DIMENSIONAL STEEL FRAMES WITH STATIC
PUSHOVER ANALYSIS METHOD**

Esat ÖZBAY

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

Advisor: Assoc. Prof.Dr. Ali KÖKEN

2019, 145 Pages

Jury

**Assoc. Prof. Dr. Ali KÖKEN
Assoc. Prof. Dr. Serdar ÇARBAŞ
Assoc. Prof. Dr. Günnur YAVUZ**

In recent years, for the earthquakes that buildings can face, especially in designs made in earthquake zones or after the earthquake that has undergone to investigate the situation under their own loads the examination of the elastic behavior has gained great importance. Examination of the elastic behavior of systems under earthquake loads and the assessment reveals more meaningful results about the design. Earthquake performances of existing or new buildings can be easily determined. The first general information about static push-over analysis was given in this thesis study. Use of static push-over analysis in building systems has been to handle And the effect of cross use in 3D steel frame systems has been determined by the static-thrust analysis method. FEMA and ATC regulations have been utilized during these procedures. Different frame systems were selected and comparisons were made. Three-dimensional analysis of frame systems was made by utilizing the SAP 2000 program and the evaluations of the systems of static thrust analysis are given in the result section.

Keywords: Earthquake Effect, Push-Over Analysis, Steel Frames, Structural Analysis.

ÖNSÖZ

“Üç boyutlu çelik çerçeve sistemlerinde merkezi ve dış merkezli çapraz kullanımı etkilerinin statik itme analizi yöntemi ile araştırılması” konulu bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmamda her türlü desteğini gördüğüm, değerli vaktini bana ayırarak çalışmama büyük katkı sağlayan saygıdeğer Hocam Doç. Dr. Ali KÖKEN’e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi bitirme aşamasında desteklerini benden esirgemeyen eşim Yüksek Mühendis Nesibe Sevde ÖZBAY, babam Hüseyin ÖZBAY ve annem Cahide ÖZBAY’a sonsuz teşekkür ederim.

ESAT ÖZBAY
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Tezin Önemi	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Yapı Performansı	14
3.1.1.Yapı performans Hedefi.....	14
3.1.1.1.Performans düzeyleri	14
3.1.2. Bina performans düzeyleri	15
3.1.3. Bina performans seviyeleri	17
1-A: Kullanıma devam yapısal performans düzeyi (S1+NA)	18
1-B Hemen kullanım performans düzeyi (S1+NB)	18
3-C: Can güvenliği performans düzeyi (S3+NC)	18
5-E: Göçmenin önlenmesi-yapısal stabilitenin korunması performans düzeyi (S5+NE).....	18
3.2.Deprem hareketi.....	19
3.2.1. Servis depremi (SE)	19
3.2.2. Tasarım depremi (DE)	19
3.2.3. En büyük deprem (ME)	19
3.3. %5 Sönümlü Elastik Talep Spektrumunun Oluşturulması	20
3.3.1 Zemin sınıfları.....	20
3.3.2. Deprem bölge katsayısı.....	20
3.3.3. Deprem kaynağına olan mesafe katsayıları (N_A ve N_V)	20
3.4. Yapısal Kapasite	22
3.5. Basitleştirilmiş Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri	23
3.5.1.ATC-40 Kapasite Spektrumu Yöntemi.....	23
3.5.2. FEMA 273 Deplasman Katsayıları Yöntemi.....	28
3.6. Kabul kriterleri.....	29
3.6.1. Bina için genel kabul kriterleri	30

3.6.2 Eleman kabul kriterleri	30
3.7. Çelik Çerçeveler	32
3.7.1. Merkezsel çaprazlı çelik çerçeveler	32
3.7.2. Dış merkezi çaprazlı çelik yapılar	35
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	38
4.1. Sap 2000 programında statik analiz yapılması	38
4.1.1. Analizleri Gerçekleştirilen Yapıya Ait Bilgiler	38
4.1.2. Yapı Yükleri	39
4.1.3. Çelik Çerçeve Yapı Sistemlerinin Analizi	41
4.1.4. Çözümlenen binaların yapı elemanlarının dizayn edilmesi	49
4.2. SAP 2000 Programında Statik İtme Analizinin Yapılması	63
4.2.1. Çözümü Yapılan Yapı Sistemlerinin Statik İtme Analiz Sonuçları	73
4.2.1.1. Tip 1	73
4.2.1.2. Tip 2	75
4.2.1.3. TİP 3	78
4.2.1.4. TİP 4	80
4.2.1.5. TİP 5	83
4.2.1.6. TİP 6	85
4.2.1.7. TİP 7	88
4.2.1.8. TİP 8	90
4.2.1.9. TİP 9	93
4.2.1.10. TİP 10	95
4.2.1.11. TİP 11	100
4.2.1.12. TİP 12	102
4.2.1.13. TİP 13	105
4.2.1.14. TİP 14	107
4.2.2. Elde Sonuçların Karşılaştırılması ve Tartışma	132
4.2.2.1. Farklı çapraz düzenlemesinin çerçeve sisteminin davranışına etkisi... 132	
4.2.2.1.1. 3 Katlı çerçeve sistemleri.....	132
4.2.2.1.2. 5 Katlı çerçeve sistemleri.....	132
4.2.2.2. Farklı kat düzenlemesi durumunda çapraz düzenlemesinin çerçeve sisteminin davranışına etkisi	133
4.2.2.2.1. B grubu ters V çapraz kullanımının etkisi	133
4.2.2.2.2. B grubu dış merkez ters V çapraz kullanımının etkisi.....	133
4.2.2.2.3. B grubu X çapraz kullanımının etkisi	134
4.2.2.2.4. A grubu ters V çapraz kullanımının etkisi	134
4.2.2.2.5. A grubu dış merkez ters V çapraz kullanımının etkisi.....	135
4.2.2.2.6. A grubu X çapraz kullanımının etkisi	135
4.2.2.3. Farklı çapraz düzenlemesinin çerçeve sisteminin davranışına etkisi... 136	
4.2.2.3.1. Ters V çapraz kullanımının etkisi	136
4.2.2.3.2. Dış merkez ters V çapraz kullanımının etkisi	136
4.2.2.3.3. X çapraz kullanımının etkisi	137
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	139
5.1. Sonuçlar	139
5.2. Öneriler	140

KAYNAKLAR	142
ÖZGEÇMİŞ	145



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

S_a	:Spektral ivme
S_d	: Spektral deplasman (m)
V_T	: İtme analizinin her bir adımındaki taban kesme kuvveti (ton)
δ_{max}	: Yapı tepe deplasmanı (m)
W	: Toplam yapı ağırlığı (ton)
$\Phi_{tepe,1}$: Birinci moda ait en üst kattaki genliği (s^{-1})
a_1	: Birinci doğal moda ait modal kütle katsayısını
PF_1	: Birinci doğal moda ait modal katılım çarpanını göstermektedir
β_{eq}	: Yüzde olarak ifade edilen etkin sönüm oranı
β_0	: Eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilen histeretik sönümü
κ	: Yapının taşıyıcı sistemi ile depremin süresine bağlı olarak belirlenen ve değeri 0.33 ile 1.0 arasında değişen bir katsayıyı göstermektedir.
C_0	: Çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktasının yatay yer değiştirmesi ile eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yer değiştirmesi arasındaki ilişkiyi oluşturan modal katılım katsayısı
C_1	: Doğrusal elastik yer değiştirmeyi, beklenen maksimum inelastik yer değiştirmeye dönüştüren düzeltme katsayısı
C_2	:Histeresiz enerji şeklinin etkisini hesaba katan düzeltme katsayısı
C_3	: İkinci mertbe etkileri nedeniyle yer değiştirmelerin etkisini göz önüne alan düzeltme katsayısı
S_a	: Etkili T_e periyoduna karşı gelen spektral ivme.

Kısaltmalar

- ATC : Applied Technology Council (Uygulamalı Teknoloji Konseyi)
- AISC-ASD 89: Amerikan Çelik yapılar enstitüsünün “ yapısal çelik binalar için müsaade edilebilir gerilme dizaynı ve plastik dizayn şartnamesi
- CP : Göçmenin önlenmesi
- DBYBHY : Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmelik
- FEMA : Federal Emergency Management Agency (Federal acil durum yönetim ajansı)
- IO : Hemen kullanım
- LS : Can güvenliği
- SAP 2000 : Yapısal analiz programı

1. GİRİŞ

Yatay yüklerin, yapıların davranış özellikleri ve performanslarının etkisine yönelik olarak yapılan itme (pushover) analizleri, genel olarak yapıda adım adım artırılan yanal yüklerin etkisinde rijitlik ile dayanım değişiminin yapı elemanlarındaki inelastik davranış özellikleri dikkate alınarak hesaplandığı ve bu hesapların belli performans değerleri için tariflendiği sayısal bir inceleme yöntemidir (Küleççi, 2010).

Pushover analizlerinde uygulanan iki farklı hesaplama yöntemi; deplasman kontrollü analiz ve yük kontrollü analizdir.

Deplasman kontrollü yöntemde, yapının en üst katında (çatı döşemesinde) ağırlık merkezinin bulunduğu nokta belirli bir deplasman seviyesine ulaşmaya kadar yatay yükleme yapılır. Kuvvet kontrollü yöntemde ise yapı belli bir yatay yük seviyesine ulaşmaya kadar yüklenir. Bu yüklemeler belirli aralıklar ile artırılarak her bir adımda yapı elemanlarında ortaya çıkan kuvvet-deplasman ilişkileri incelenir ve yapının hasar düzeyi belirlenir.

Türkiye bina deprem yönetmeliği (TBDY) 2018'de itme yöntemleri olarak geçmektedir.

Bu çalışma da Türkiye bina deprem yönetmeliği (TBDY) 5. Bölümde tasarım özellikleri verilen merkezi çaprazlı perdelerden, dış merkezi çaprazlı perdelerden ve çerçevelerden oluşan çelik taşıyıcı sistemlerin deprem performanslarının statik itme analizi ile belirlenmesini amacıyla 14 farklı özellikteki çelik çerçeve sistemi üç boyutlu olarak modellenmiş ve statik itme analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarından elde edilen sonuçlara göre farklı şekil ve düzendeki çapraz düzenlemesinin çelik çerçeve sistemlerinin davranışına olan etki irdelenmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Çelik yapılar günümüzde yaygın olarak kullanılan yapı sistemlerindedir. Bunun nedeni hızlı ve ekonomik inşaa süreci, hafif olması gibi nedenlerin yanında deprem dayanımının da yüksek oluşudur. Depreme dayanıklı çelik yapı tasarımında merkezi ve dış merkezli çelik çapraz kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada; yatay yük altındaki üç boyutlu çelik çerçeve sistemlerinde farklı tip ve düzenlemedeki merkezi ve dış merkezli çapraz kullanımının, yapının davranışına olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla modellenen farklı çapraz düzenindeki 3 ve 5 katlı çelik çerçeve sistemlerinin analizi, statik itme analizi (push-over) yöntemi ile

gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre farklı tipteki çelik çaprazların üç boyutlu çelik çerçeve sisteminin davranışına olan etkisi irdelenmiştir.

1.2. Tezin Önemi

Yapılarda deprem yükleri önemli hasarlara neden olabilmektedir. Deprem yüklerine karşı koyabilmek için farklı çözümler geliştirilmiştir. Perde kullanımı, çapraz kullanımı, deprem izolatörleri vb. elemanlar kullanılarak deprem yüklerinin etkisinin azaltılması sağlanmaktadır. Çelik çerçeveli yapı sistemlerinde çapraz eleman kullanımı bu yöntemlerden en ekonomik olanıdır. Çelik çaprazlar farklı şekillerde uygulanabilmektedir.

Bu tez kapsamında yatay yük altındaki çok katlı ve çok açıklıklı çelik çerçeve sistemlerinde farklı şekil ve düzendeki çapraz kullanımının yapının davranışına olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 3 ve 5 katlı 3 boyutlu çerçeve sistemlerinin analizi statik push-over yöntemiyle gerçekleştirilerek sistemlere ait plastik mafsallık bölgeleri ve yük-deplasman grafikleri elde edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Statik itme analizi yöntemi ile betonarme ve çelik yapıların öngörülen bir depreme karşı vereceği tepkinin ve davranışın incelenmesi mümkündür. Bu yöntem doğrusal olmayan statik analiz yöntemidir. Doğrusal olmayan yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi de statik itme analizi yöntemidir. Statik itme analizi hakkında birçok araştırmacının çalışması bulunmaktadır.

Korkmaz ve ark. (2008), çalışmalarında, çelik yapıların deprem güvenliklerinin artırılması ve yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan çelik yapıların güçlendirilmesine yönelik pratik uygulamaları incelemiştir. Günümüzde kullanılan güçlendirme tipleri ele alınarak doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre karşılaştırılmaları yapmışlardır.

Kesim (2005), yapmış olduğu çalışmada; statik itme analizi yöntemini ele almıştır. Bu yöntemi kullanılarak yapıların deprem karşısındaki davranışlarını değerlendirmiş, deprem kuvvetine karşı güvenliğinin kontrolü ve güçlendirme çalışmasını anlatmıştır.

Bozdağ ve Düzgün (2004), çalışmalarında; düzensiz ve çok katlı yapıların deprem performansının belirlenmesinde yüksek mod etkilerini de dikkate alacak yöntemler üzerine yoğunlaşmışlardır. Çalışmalarında modal artımsal itme analizi ve üst sınır itme analizi yöntemlerini kullanmışlar, her bir moda ait yanal yük dağılımını ve plastik mafsal oluşum sırasını incelemiştir.

Erkan (2012), yapmış olduğu çalışmada; itme analizi hakkında bilgiler vererek; yapıların yatay yükler etkisindeki davranış özelliklerinin ve performanslarının tespitine yönelik olarak yapılan itme (pushover) analizleri, genel olarak yapıda adım adım arttırılan yanal yüklerin etkisinde rijitlik ile dayanım değişiminin yapı elemanlarındaki inelastik davranış özellikleri dikkate alınarak hesaplandığı ve bu hesapların belli performans değerleri için tariflendiği sayısal bir inceleme yöntemi olduğunu belirtmiştir.

Çağlar (2014), teknolojinin ilerlemesi ile doğrusal olmayan analiz yöntemleri deprem yükleri etkisi altındaki yapıların sismik davranışının belirlenmesinde ve tasarımında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliği'ne (TDY2007) uygun olarak tasarlanmış 3 katlı betonarme bir yapının artımsal statik itme analizi (pushover) ve zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Topaloğlu (2007) alışmasında, Performans kavramına dayalı tasarım ilkesini esas alan doğrusal olmayan statik itme hesap yönteminin (artımsal itme analizi-pushover analizi) ATC-40 , FEMA 273-356 ve Türk Deprem Yönetmeliği'nde verilen yaklaşımları üzerinde durduktan sonra araştırmacılar tarafından genellikle daha az çalışılmış olan üç boyutlu bir elik ereve yapı modelinin bu yöntem kullanılarak çözümlenmesi ve farklı ereve tipleri için elde edilen bulguların karşılaştırılmasını gerçekleştirmiştir.

Diņcer ve Mert (2014) alışmalarında, yapının dayanım ve deformasyon (şekil değiştirme) kapasitelerini belirleyerek ilgili performans düzeylerindeki deprem istemleri ile karşılaştırmak suretiyle, yapının performansını değerlendirmişlerdir. TDY 2007 dikkate alınarak binalar için, performans seviyelerinin açıklamaları yapılmış ve bu performans seviyelerinin belirlenmesinde etkili olan kriterler açıklanmıştır. SAP 2000 analiz programı yardımıyla 4 katlı mevcut bir okul binasının TDY 2007 göre analizi yapılmıştır.

Darılmaz (2014), çalışmasında statik itme analizinin bilgisayar programı ile yapılma aşamalarından bahsetmiş ve örneklerle konu ayrıntılı olarak ele almıştır.

Cho ve ark.(2011), çalışmalarında, ters V köşeli çerçevelerin sismik tasarımında kolon aksenal kuvvetlerinin rasyonel bir tahmini için üç yöntem (FMPM, MMPM ve MSBM) nermişlerdir. Bu yöntemlerin ana mantığı çok katlı binalarda yüksek burkulma potansiyeline sahip katları belirlemektir. Yüksek burkulma etkisi altındaki katlar belirlendikten sonra kolonlara gelen dengesiz kuvvetler SRSS kuralı takip edilerek toplanır. Sonuç olarak mevcut AISC kodunda yer alan güvenli kolon tasarımını göstermektedir.

Ali ve ark. (2016), çalışmalarında, iki katlı bir elik köşeli ereve, özel eş merkezli köşeli çerçeveler için AISC 341-10 sismik yönetmelik hükümlerine uygun olarak tasarlanmıştır.

Külekçi A.K. (2010), çalışmasında, farklı elik ereve sistemlerin deprem performansını belirlemiştir. ATC-40 kapasite spektrumu yöntemi ve FEMA 273 yer değiştirme yöntemi anlatılmıştır. Çalışmanın neticesinde sistemlerin süneklik düzeyleri ve ekonomik kıyaslamaları yapılmıştır.

Yang ve ark. (2008), çalışmalarında, fermuarlı olarak tabir edilen aprazlı bir çerçevenin dayanımını incelemişlerdir. İnceleme için uygulamalı deneyler yapmışlar ve bu deneyler sonucunda teorik olarak elde edilen yükler testler sonuçları ile

doğrulanmıştır. Ayrıca fermuarlı çapraz çerçeveler de fermuar dikmesinin ne kadar stabilite sağladığı anlaşılmıştır.

Çavdar ve Bayraktar (2011), çalışmalarında, Van depremi sırasında yıkılan bir 7 katlı binanın yapısal sismik performansını araştırmaktadır. Binanın sismik performansını değerlendirmek için statik itme ve doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizleri kullanılmıştır.

Narayan ve ark. (2018), çalışmalarında, 2 katlı bir binanın üzerinde katların mekanizmaya dönüşmesini iki farklı şekilde incelemiştir. Ayrıca çok katlı bir binada oluşan hasarlar için 5 adet senaryo hazırlanmıştır. Bu senaryolar da plastik analiz ve statik itme analizi karşılaştırılmıştır.

Shen ve ark. (2014), çalışmalarında, X ve ters V çaprazları hakkında inceleme yapmışlardır. X çaprazlarını 2 kat boyunca yerleştirerek ara kat kirişlerinin incelemesini gerçekleştirmişlerdir.

Zhao ve ark. (2010), çalışmalarında, statik itme deneyi için kullanılan sensörler ve deney yapılış şekilleri hakkında bilgi verilmiştir.

Dağdeviren (2013), çalışmasında, yapı sistemlerinin doğrusal olmayan davranışı, performans kavramı, performans değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ve çelik yapılarda uygulanması gereken kurallar hakkında bilgi verildikten sonra çelik çerçeveli yapı sistemi üzerine uygulama yapılmıştır. Ayrıca 9 katlı bir çelik binayı TDY-2007 ye göre tasarlayıp FEMA 356 ve ATC 40 yönetmeliği göre tasarlamıştır.

Altınağaç (2016), çalışmasında, doğrusal olmayan itme analizi yöntemi benimsenerek dört farklı şekilde yatay etkilere karşı güçlendirilmiş çelik çerçeve sisteminin doğrusal olmayan statik tasarım yöntemi ve ETABS yapısal analiz programı ile analizini gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre davranış katsayısı en yüksek olan imalat ve deprem sonrası hasarların onarım kolaylığı düşünülerek seçilen en ideal çapraz sistemi elde edilmiştir.

Earthquake Resistant Steel Structures (2014) isimli kitapta depremin ne olduğuna dair bilgiler verilmiş, çelik yapıların neden depreme dayanıklı olduğu anlatılmış, deprem yüklerinin hesaplanması ve etkime şekillerinden bahsetmiştir. Ayrıca tasarım olarak deprem yüklerinden korunmak için uygun mimari tasarımlar verilmiştir. Çelik yapılarda plastik mafsallardan bahsedilmiş, birleşim yeri elemanları hakkında tasarımlar anlatılmış ve değişik çapraz tiplerinde açıklamalar yapılmıştır.

Murty ve ark. (2012), Earthquake Behavior of Buildings isimli kitaplarında farklı bina tasarımlarının deprem yükleri altındaki davranışından bahsetmiştir. Farklı birçok bina oturma planının modlarından bahsetmiş ve deprem yükleri altında ne çeşit deplasmanlar olduğunu açıklamışlardır. Ayrıca betonarme binalar üzerinde moment çerçeve, perde ile güçlendirilmiş moment çerçeve ve çapraz ile güçlendirilmiş moment çerçeve için periyotları değerlendirmiştir.

Saral (2015), çalışmasında, dünyada statik itme analizi yöntemiyle ilgili yönetmelikleri incelemiş ve 31 katlı bir binanın statik artımsal itme analizini gerçekleştirmiştir. Ve sonuç olarak statik itme analizi yönteminin geçerliliğini irdelemiştir.

Yılmaz (2008), çalışmasında performans kavramı ve doğrusal olmayan statik analiz yöntemi hakkında bilgiler vermiş ve bir betonarme binanın performansını değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda binanın eksik yönlerinden bahsedilmiş ve güçlendirme kriterleri yerine getirilmiştir.

Shen ve ark. (2015), çalışmalarında, 2 katlı X çaprazlarının yatay yükler karşısında davranışlarını incelemişlerdir.

Çağlar ve ark. (2014), çalışmalarında 3 katlı betonarme bir binanın statik itme analizi ve zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analizi yapmıştır. Yapılan analizler sonucunda, taban kesme kuvvetleri, kat yer değiştirme ve görelî kat ötelemeleri karşılaştırılmıştır.

Akbaş ve ark. (2017), çalışmalarında, farklı çapraz türlerinin bina üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve çaprazların burkulma bölgeleri hakkında inceleme yapmışlardır.

Çatalkaya (2004), çalışmasında, 4 farklı çelik yapı sisteminin çapraz elemanlarını statik itme analizi ile incelemiştir. Statik itme analizi yapılan çerçevelerde süneklik değerleri incelenmiştir. Sonuç olarak deprem sonrası kullanılması gereken binaların sünekliğinin statik itme analizi ile belirlenmesi gerektiğine değinmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada; yatay yük altındaki üç boyutlu çelik çerçeve sistemlerinde farklı tip ve düzenlemedeki merkezi ve dış merkezli çapraz kullanımının, yapının davranışına olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla modellenen farklı çapraz düzenindeki 3 ve 5 katlı çelik çerçeve sistemlerinin analizi, statik itme analizi (push-over) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada ele alınan parametreler;

1. Çapraz tipi

- A) Merkezi Çapraz tipi
- B) Dış merkez çapraz

2. Çapraz şekli

- A) Ters V çapraz şekli
- B) X çapraz şekli

3. Yapı sisteminin Kat Adedi

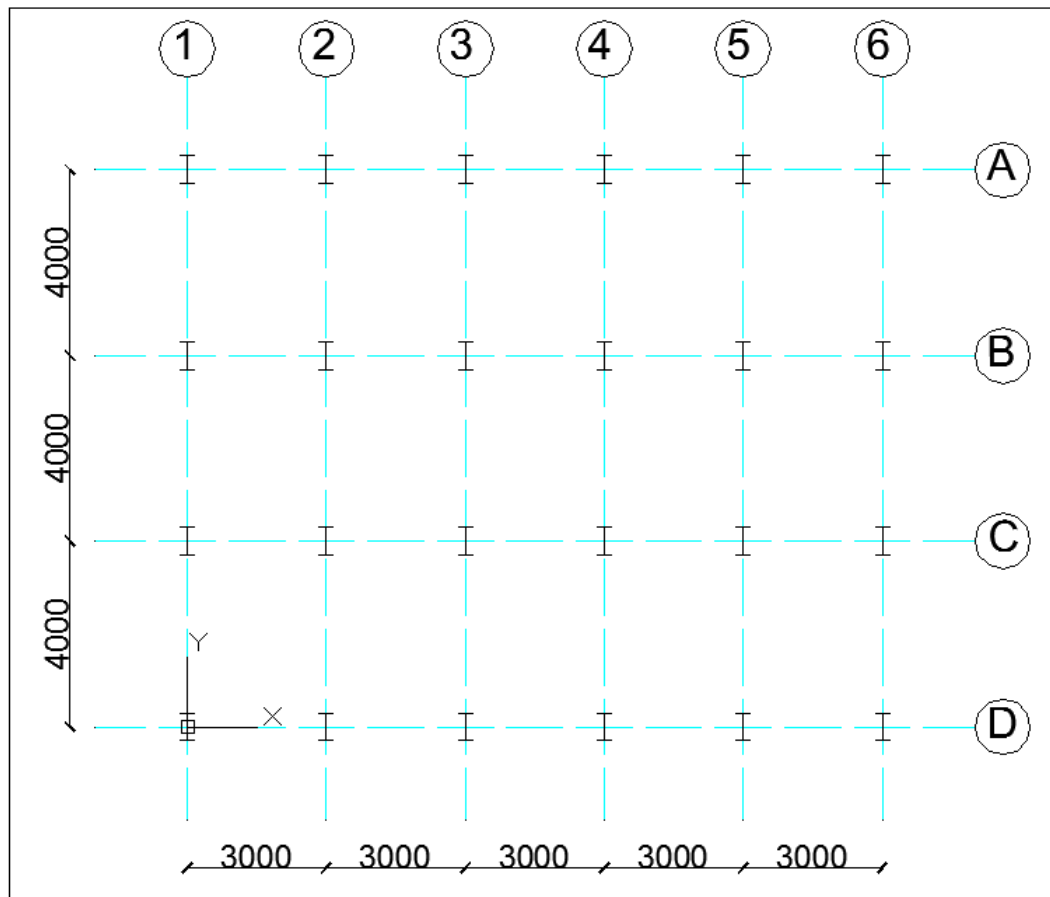
- A) 3 katlı çelik çerçeve sistem
- B) 5 katlı çelik çerçeve sistem

4. Çapraz Düzenlemesi

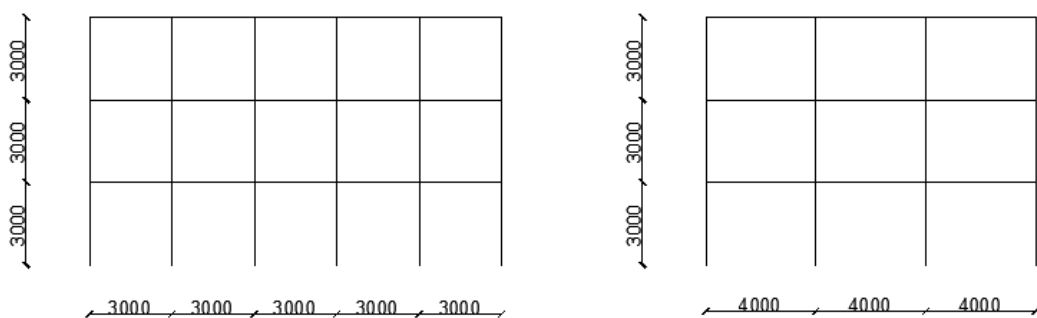
- A) Her iki doğrultuda kenar açıklıklarda çapraz eleman düzenlemesi
- B) Her iki doğrultuda kenar açıklıkları + orta açıklıkta çapraz eleman

düzenlemesi şeklinde düşünülmüştür. Bu amaçla 14 çelik çerçeve modellenmiştir.

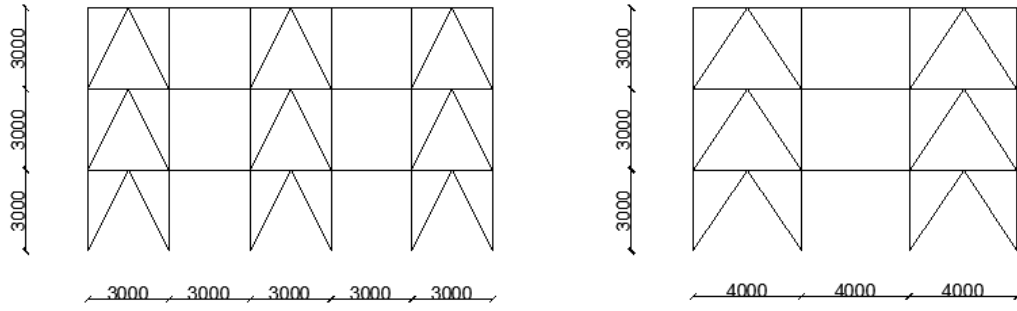
14 adet çelik çerçevenin kat planı Şekil 3.1 de gösterilmiş ayrıca düşey planları soldaki çerçeve XZ yönü olarak, sağdaki çerçeve YZ yönü olarak Şekil 3.2 - Şekil 3.15 arasında gösterilmiştir.



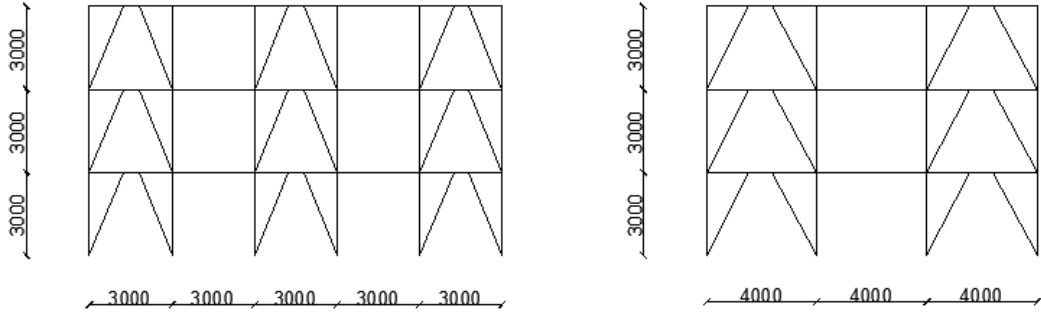
Şekil 3.1. Tipik kat planı (mm)



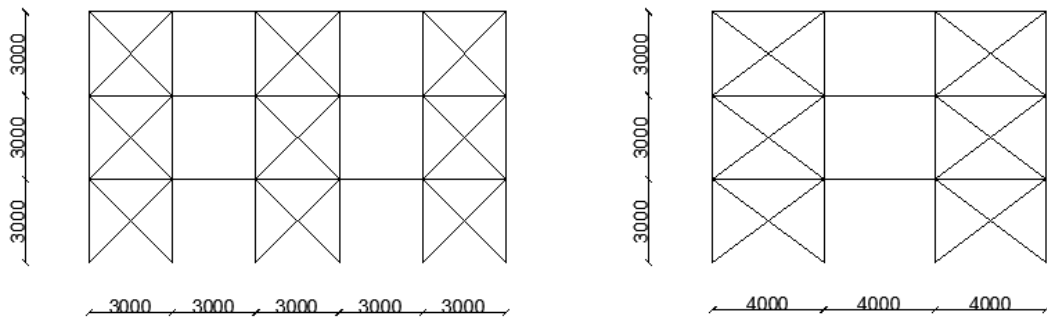
Şekil 3.2. 3 katlı moment çerçevesi (TİP 1)



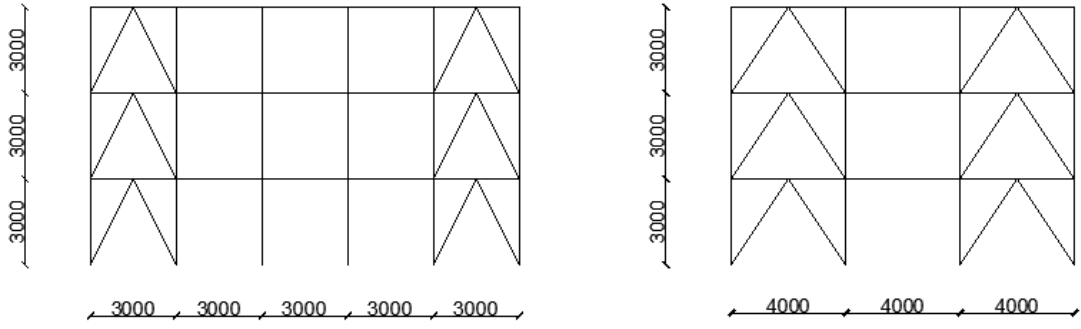
Şekil 3.3.3 katlı ters V çapraz çaprazlı B grubu (TİP 2)



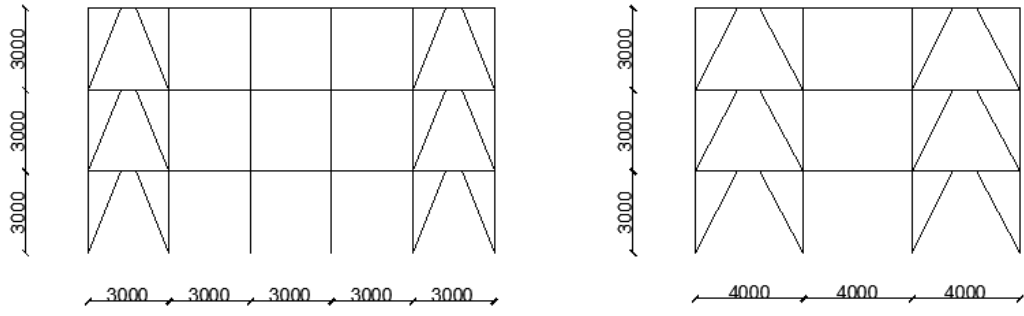
Şekil 3.4. 3 katlı dış merkez Ters V çaprazlı sistem B grubu (TİP 3)



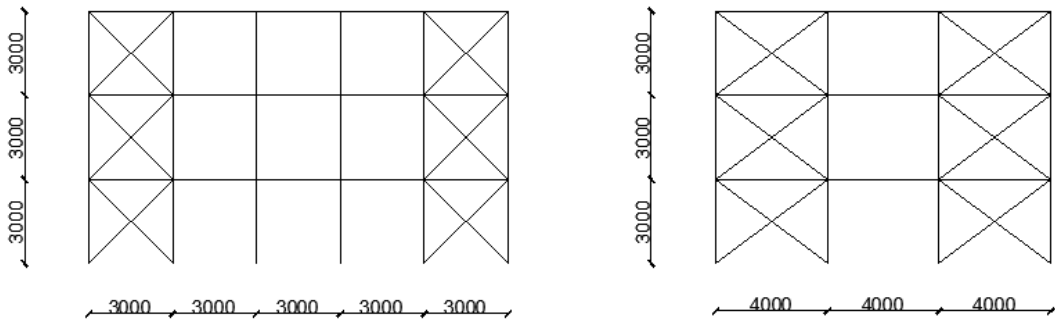
Şekil 3.5. 3 katlı X çapraz sistem B grubu (TİP 4)



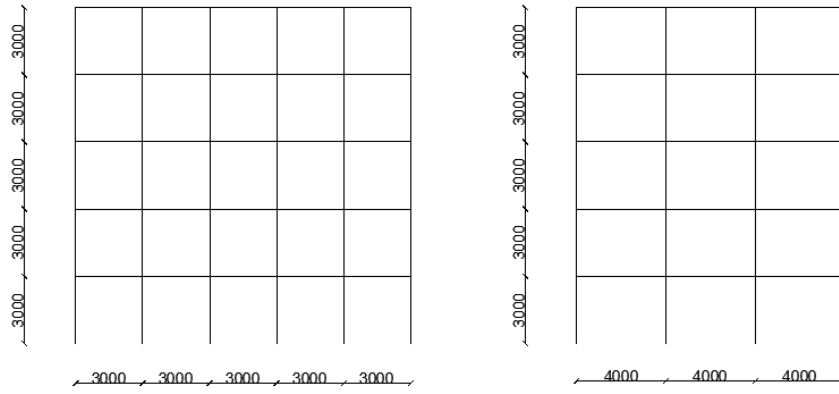
Şekil 3.6. 3 katlı Ters V Çapraz Sistem A grubu (TİP 5)



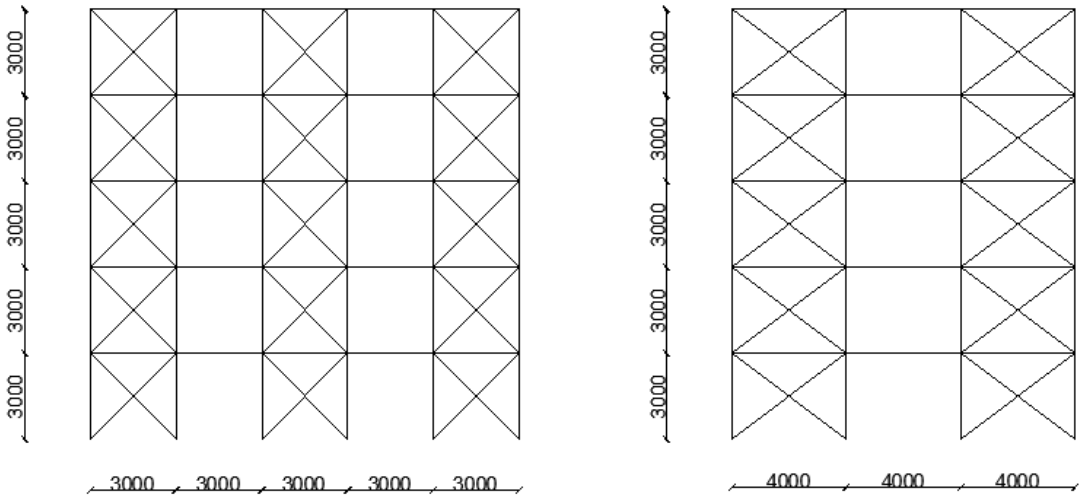
Şekil 3.7. 3 katlı Ters V dış merkez çapraz sistem A grubu (TİP 6)



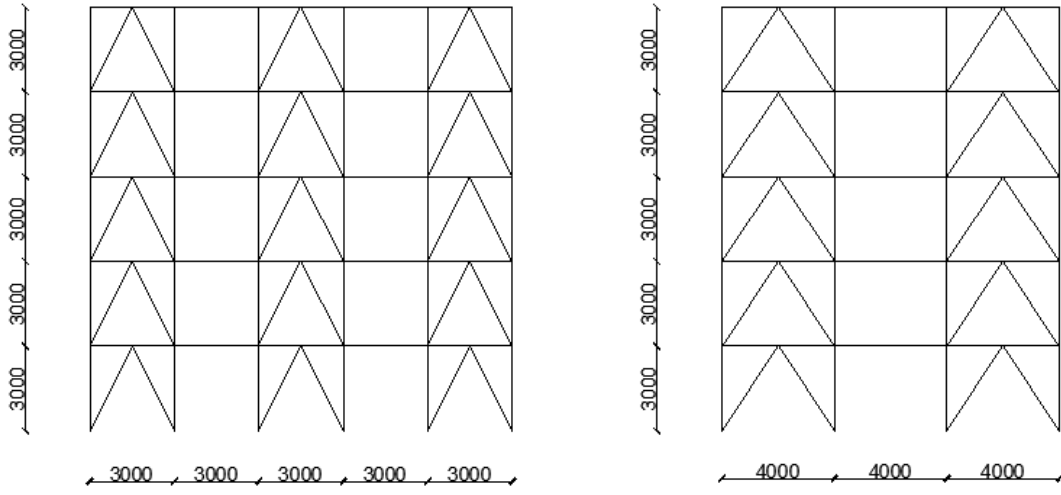
Şekil 3.8. 3 katlı X çapraz sistem A grubu (TİP 7)



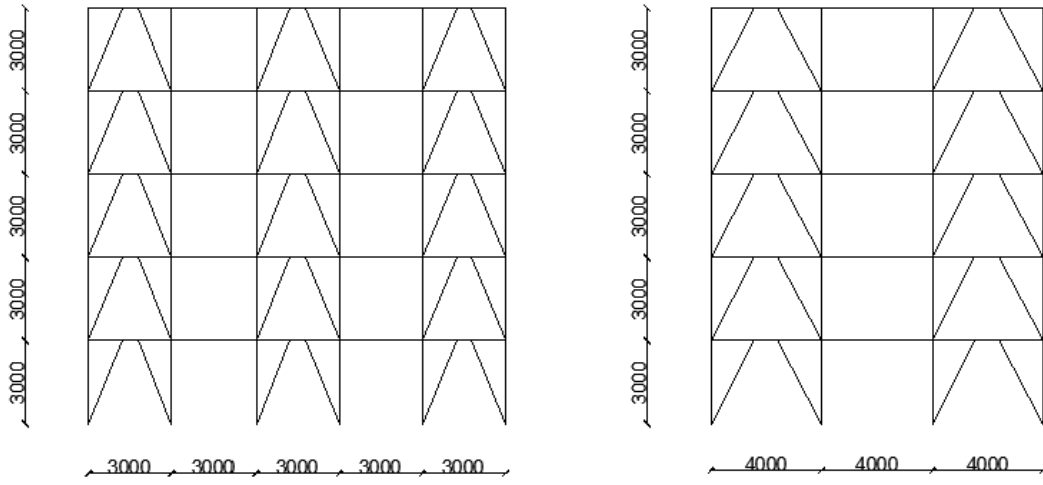
Şekil 3.9.5 katlı moment çerçeve sistem (TİP 8)



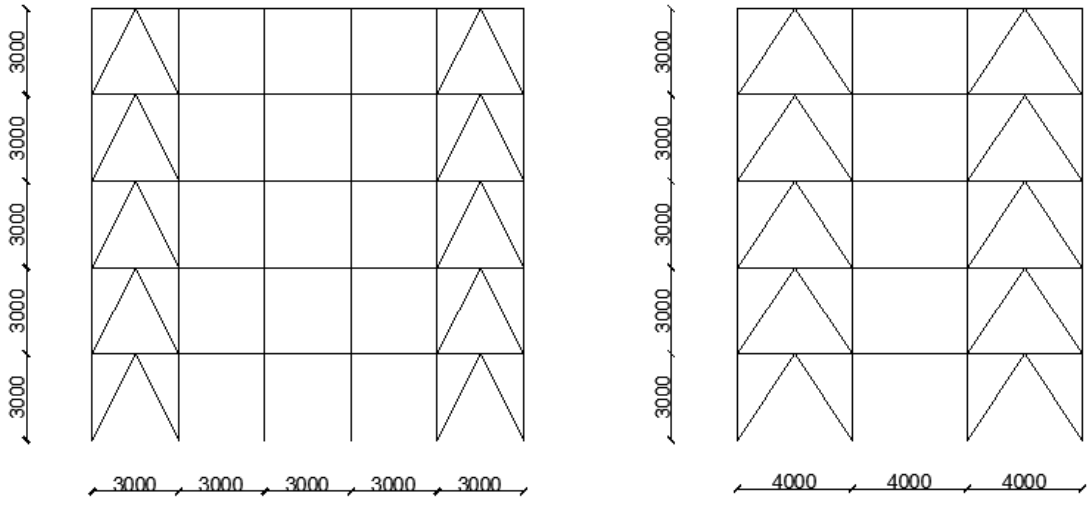
Şekil 3.10. 5 Katlı X çapraz sistem B grubu (TİP 9)



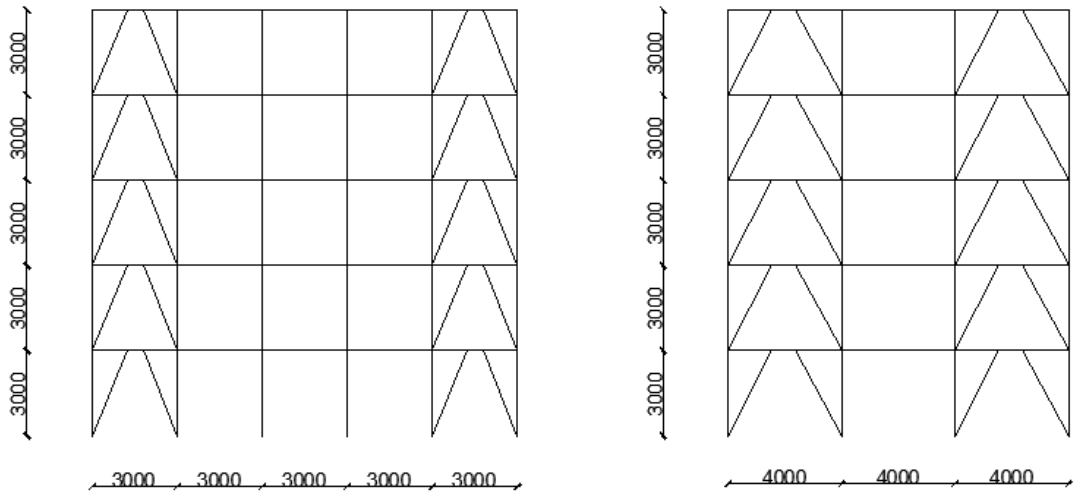
Şekil 3.11. 5 katlı Ters V çapraz sistem B grubu (TİP 10)



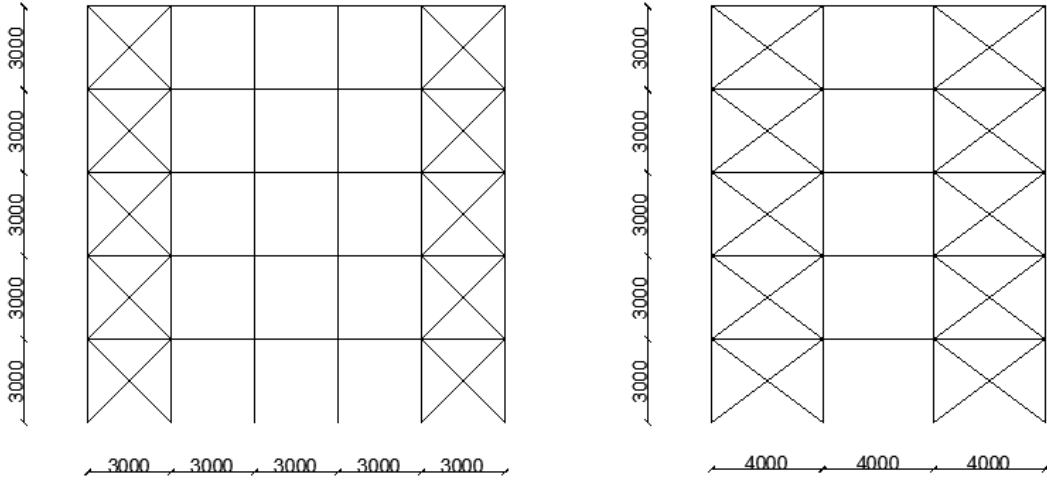
Şekil 3.12. 5 katlı dış merkez Ters V çapraz Sistem B grubu (TİP 11)



Şekil 3.13. 5 katlı Ters V çapraz sistem A grubu (TİP 12)



Şekil 3.14. 5 katlı Ters V dış merkez çapraz sistem A grubu (TİP 13)



Şekil 3.15. 5 katlı X çapraz sistem A grubu (TİP 14)

3.1. Yapı Performansı

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır.

3.1.1.Yapı performans Hedefi

Belirli bir deprem hareketi altında binanın taşıyıcı sisteminin veya taşıyıcı olmayan elemanların göstermesini istediğimiz performansa performans hedefi denir (Külekcı, 2010).

3.1.1.1.Performans düzeyleri

Performans düzeyleri; yapılacak olan bina için, bölgesel koşullar göz önüne alınarak oluşması olası bir depremin etkisi altında ön görülen hasar miktarının sınır durumlarıdır.

Bu sınır durumları binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların hasar miktarına, bu hasarların ne derece binaya ve canlılara zarar verme ihtimaline, hasar sonrası binanın tekrar kullanımı için gerekli koşulların belirlenmesine göre değişir.

Yapısal performans düzeyleri, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans düzeylerinin birleşiminden oluşmaktadır. Dolayısıyla taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların hasar kombinasyonları sonucunda binanın performans düzeyi belirlenir (Külekcı, 2010).

ATC 40 (1996) ve FEMA 273 (1997) de tanımlanan performans düzeyleri ve performans aralıkları aşağıda verilmiştir;

Yapısal olan hasarlar için S-1 ve S-5 aralığın da, yapısal olmayan hasarlar için N-D (Azaltılmış Hasar) ile N-A (Kullanıma Devam) arasında olup, yapısal olan hasarlar için performans düzeyleri çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Taşıyıcı Elemanların Performans Seviyeleri

Kod	Performans aralığı	Performans düzeyi
S-1		Hemen kullanım performans aralığı
S-2	Can güvenliği ve hemen kullanım performans düzeyi (hasar kontrol)	
S-3		Can güvenliği performans düzeyi
S-4	Sınırlı güvenlik performans düzeyi	
S-5		Göçmenin önlenmesi performans düzeyi

3.1.2. Bina performans düzeyleri

Hemen kullanım performans düzeyi (S-1)

Taşıyıcı sistemin gördüğü hasar çok azdır. Binanın deprem öncesindeki deprem dayanımı (rijitliği ve sünekliği) deprem sonrasında aynıdır. Yapısal hasar sebebiyle can güvenliğini tehlikeye düşürecek durum yok denecek kadar azdır (Külekçi, 2010).

Hasar kontrol performans aralığı (S-2)

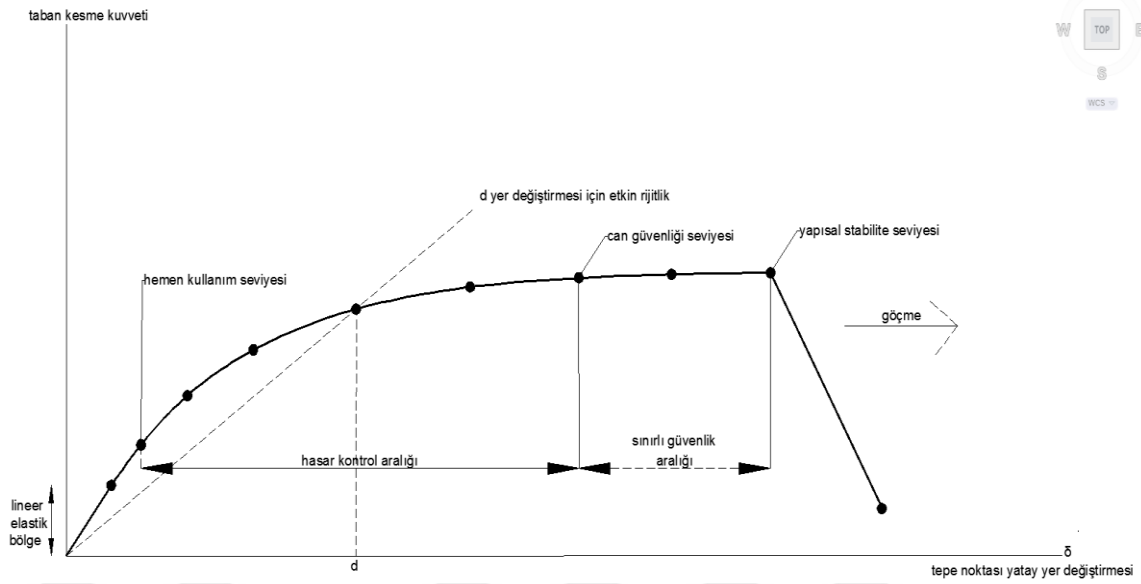
Deprem sırasında veya sonrasında yapıda oluşan veya oluşabilecek hasarın hemen kullanım ile can güvenliği performans düzeyleri arasında bulunduğu performans aralığıdır (Külekçi, 2010).

Can güvenliği performans düzeyi (S-3)

Taşıyıcı sistemde önemli hasar oluşabilir. Buna rağmen binanın tamamen göçmesi veya bölgesel göçme olmaz. Deprem esnasında yapısal olmayan elemanların hasarından dolayı yaralanmalar olabilir. Can güvenliği riski çok azdır (Külekçi, 2010).

Sınırlı güvenlik performans aralığı (S-4)

Bu aralıkta yapısal hasarlar can güvenliğini tehlikeye atar. Ancak göçmenin önlenmesi performans düzeyinden daha fazla güvenlidir (Külekçi, 2010).



Şekil 3.16. Kapasite Eğrisinde Performans Seviyeleri Ve Aralıkları

Göçmenin önlenmesi (Stabilitenin muhafazası) performans düzeyi

Yapıda bölgesel veya toptan göçme durumuna sebep olacak ağır hasar durumunu temsil eder. Taşıyıcı elemanlarda büyük hasar oluşur, dayanım ve rijitliklerde önemli düşüşler görülür. Ama bina kendi düşey yükünü karşılayacak stabiliteye sahiptir. Can güvenliği riski çok fazladır (Külekçi, 2010).

Bu tanımlanan performans seviyeleri ve aralıkları, kapasite eğrisi olarak tanımlanan toplam taban kesme kuvveti – tepe noktası yatay yer değiştirme grafiği Şekil 3.16’ da şematik olarak gösterilmiştir (Külekçi, 2010).

Taşıyıcı olmayan elemanlar için performans seviyeleri ve aralıkları;

ATC 40 [1990] ve FEMA 273 [1997] dokümanlarında, taşıyıcı olmayan elemanlar için performans düzeyleri ve performans aralıkları çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Taşıyıcı olmayan elemanlar için performans seviyeleri ve aralıkları

Performans düzeyi	Kod
Kullanıma devam	N-A
Hemen kullanım	N-B
Can güvenliği	N-C
Azaltılmış hasar	N-D
Performansın dikkate alınmadığı seviye	N-E

Kullanıma devam performans düzeyi (N-A)

Taşıyıcı olmayan elemanlar ile tesisatta ve diğer ekipmanlarda hasar oluşmaz veya ihmal edilebilecek kadar az hasar meydana gelir. Bu hasar, yapının ve ekipmanının kullanımını engellemez (Külekçi, 2010).

Hemen kullanım performans düzeyi (N-B)

Taşıyıcı olmayan elemanlar ile tesisat ve ekipmanlarda hasar oluşabilir. Bazı eleman ve ekipmanın onarılması ve/veya değiştirilmesi gerekebilir. Kullanım bakımından ortaya çıkabilecek kısıtlamalar kısa zamanda giderilerek yapı kullanıma devam eder (Külekçi, 2010).

Can güvenliği performans düzeyi (N-C)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Ancak binanın içinde veya dışındaki apır elemanlarda, yaralanmalara neden olabilecek makine devrilmesi, kopmalar, düşmeler söz konusu değildir. Tesisat ve ekipmanda onarım ihtiyacı doğar (Külekçi, 2010).

Azaltılmış hasar performans düzeyi (N-D)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta ciddi hasar meydana gelebilir. Ancak, dış cephe kaplamalarının dökülmesi, asma tavanların düşmesi gibi insanların gruplar halinde yaralanmalarına neden olabilecek hasar oluşmaz (Külekçi 2005).

Performansın dikkate alınmadığı düzey (N-E)

Bazı hallerde, yapının davranışını ve kullanımını etkileyen bazı ikincil elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmayabilir (Külekçi, 2010).

3.1.3. Bina performans seviyeleri

Binanın toplam yapısal performans düzeyi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların hasar durumlarının kombinezonları sonucunda belirlenir. Çizelge 3.3'te bu performans seviyelerinin olası kombinezonları yer almaktadır. UO ile belirlenen kombinezonlar, uygun olmayan performans düzeylerini göstermektedir.

Çizelge 3.3. Bina performans seviyelerinin olası kombinasyonları

Taşıyıcı olmayan elemanların performans düzeyleri	Taşıyıcı eleman performans seviyeleri				
	S1	S2	S3	S4	S6
N-A	1-A	2-A	UO	UO	UO
N-B	1-B	2-B	3-B	UO	UO
N-C	1-C	2-C	3-C	4-C	5-C
N-D	UO	2-D	3-D	4-D	5-D
N-E	UO	UO	3-E	4-E	5-E

1-A: Kullanıma devam yapısal performans düzeyi (S1+NA)

Binada hasar yoktur veya kolaylıkla onarılabilecek düzeyde sınırlı hasar mevcuttur. Yapı sistemi deprem öncesi dayanım, rijitlik ve sünekliğini aynen korumaktadır. Bina kullanıma devam edilebilecek durumdadır (Külekçi, 2010),(ATC-40, 1996).

1-B Hemen kullanım performans düzeyi (S1+NB)

Binada oldukça az hasar vardır. Bina rijitliğini ve sünekliğini korumaktadır. Yapısal olmayan elemanlarda hasar hiç yoktur. Deprem sırasında can güvenliği korunur(Külekçi, 2010), (ATC-40, 1996).

3-C: Can güvenliği performans düzeyi (S3+NC)

Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda belirli ölçülerde hasar mevcuttur. Yapı deprem öncesi dayanım ve rijitliğinin bir bölümünü kaybetmiş durumdadır. Ancak yapısal ve yapısal olmayan elemanların can güvenliğini tehdit etmesi söz konusu değildir. Yapı onarılmaya muhtaçtır. Onarılmadan kullanılması mümkün değildir (Külekçi, 2010), (ATC-40, 1996).

5-E: Göçmenin önlenmesi-yapısal stabilitenin korunması performans düzeyi (S5+NE)

Yapı taşıyıcı sistemi ancak düşey yükler altında kendini ayakta tutabilmektedir. Binanın artçı depremlere karşı dayanımı kalmamıştır ve kullanılmaması gerekir. Onarılması da çok kere pratik veya ekonomik bakımdan uygun değildir (Külekçi, 2010).

3.2. Deprem hareketi

Performansa dayalı tasarımda, seçilen belirli bir bina performans seviyesinin hangi deprem etkisi altında elde edilmesi gerektiğinin belirlenmesi gerekir.

Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ile ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilirler (Külekçi, 2010).

ATC-40 yönetmeliğinde üç farklı seviyede deprem hareketi tanımlanmıştır.

- ❖ Servis depremi
- ❖ Tasarım depremi
- ❖ En büyük deprem

3.2.1. Servis depremi (SE)

50 yılda aşılma olasılığı %50 olan yer hareketidir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin etkisinin yarısı kadardır. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır (TBDY, 2018).

3.2.2. Tasarım depremi (DE)

50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 474 yıldır (TBDY, 2018). 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinde de esas alınan bu deprem FEMA 273'te temel güvenlik depremi-1 (BSE-1) olarak isimlendirilir (Külekçi, 2010).

3.2.3. En büyük deprem (ME)

ATC 40'a göre, belirli bir bölgede jeolojik verilen çerçevesinde meydana gelebilecek en büyük deprem hareketidir. 50 yılda aşılma olasılığı % 5, dönüş periyodu yaklaşık 1000 yıldır. Bu depremin etkisi tasarım depreminin 1.25-1.50 katı dolaylarındadır. Ayrıca FEMA 273'te, temel güvenlik depremi-2 (BSE-2) olarak isimlendirilen ve 50 yılda aşılma olasılığı %2, dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olan bir deprem daha tanımlanmıştır. Bu depremin ATC 40'daki en büyük depreme karşı geldiği, ancak etkisinin daha büyük olduğu söylenebilir. Bir yapıda belirli bir deprem hareketi altında tek bir performans hedefi öngörülebileceği gibi, birden fazla yer hareketi altında çok seviyeli performans hedefleri de esas alınabilir (Külekçi, 2010).

Çizelge 3.4'te çok seviyeli performans hedefi için gerekli performans hedefleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Çok seviyeli hedef performansının tanımı

Yer hareketi	Bina performans seviyesi		
	Kullanıma devam	Hemen kullanım	Can güvenliği
Servis depremi			
Tasarım depremi			
En büyük deprem			

3.3. %5 Sönümlü Elastik Talep Spektrumunun Oluşturulması

Elastik spektrum, ATC-40 yönetmeliğine göre, her bir zemin sınıfı için C_A ve C_V deprem bölge katsayılarının kullanılmasıyla belirlenir. Bu parametreler, zemin sınıfına, deprem bölgesi katsayısına, depremin kaynağına olan mesafesine ve seçilen deprem etkisine göre belirlenir (Külekçi, 2010).

3.3.1 Zemin sınıfları

ATC-40 da zemin sınıfları Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5 ATC-40 zemin sınıfları tablosu

ZEMİN SINIFI	ZEMİN SINIFININ TANIMLAMASI
S_A	SERT KAYA
S_B	KAYA
S_C	COK SIKI ZEMİN VE HAFİF KAYA
S_D	SIKI ZEMİN
S_E	YUMUŞAK ZEMİN
S_F	ZEMİN ANALİZİ GEREKEN TOPRAK

3.3.2. Deprem bölge katsayısı

ATC-40 da verilen deprem bölge katsayıları Çizelge 3.6'da verilmiş olup, bu katsayılardan birisi seçilmelidir (Topaloğlu, 2007).

Çizelge 3.6. Deprem bölge katsayıları

BÖLGE	1	2A	2B	3	A
Z	0.075	0.15	0.20	0.30	0.40

3.3.3. Deprem kaynağına olan mesafe katsayıları (N_A ve N_V)

Amerikan yönetmeliklerinde depremin kaynağına olan mesafeleri deprem etkisinde göze alınmaktadır. Çizelge 3.7'de deprem kaynağı türüne göre kaynağına olan mesafe katsayıları verilmiştir. Ara mesafeler için lineer enterpolasyon yapılabilir (Külekçi, 2010).

Çizelge 3.7. Deprem kaynağına olan mesafe katsayıları

Deprem Kaynağı Tipi	Bilinen deprem kaynağına en yakın mesafe							
	≤2 km		5 km		10 km		≥15 km	
	N _A	N _V	N _A	N _V	N _A	N _V	N _A	N _V
A ¹	1.5	2.0	1.2	1.6	1.0	1.2	1.0	1.0
B ²	1.3	1.6	1.	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
C ³	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1. Büyük şiddetli deprem (sismik aktivite oranı yüksek) (Külekçi, 2010).
2. Orta şiddetli deprem (A ve C dışındaki aktiviteler) (Külekçi, 2010).
3. Küçük şiddetli deprem (düşük sismik aktivite oranı) (Külekçi, 2010).

Çizelge 3.8. Magnitude seviyesine göre Deprem kaynağı tipi

Deprem Kaynağı Tipi	En Büyük Magnitude, M	Kayma Oranı
A	M ≥ 7.0	SR ≥ 5
B	UYGULANAMAZ	UYGULANAMAZ
C	M < 6.5	SR < 2

Çizelge 3.9. Deprem Katsayısı C_A

Zemin Cinsi	Deprem katsayısı (ZEN)					
	= 0.075	= 0.15	= 0.20	= 0.30	= 0.40	≥ 0.40
S _B	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0(ZEN)
S _C	0.09	0.18	0.24	0.33	0.40	1.0(ZEN)
S _D	0.12	0.22	0.28	0.36	0.44	1.1(ZEN)
S _E	0.19	0.30	0.34	0.36	0.36	0.9(ZEN)
S _F	Zemin incelemesi yapılması gerekir					

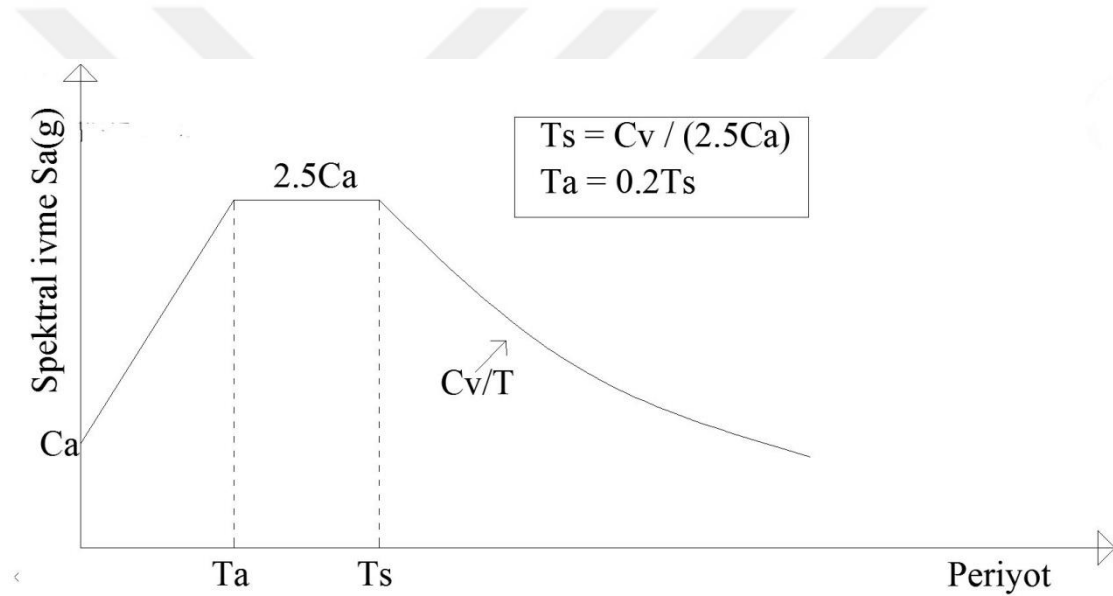
Çizelge 3.10. Deprem katsayısı C_V

Zemin Cinsi	Deprem katsayısı (ZEN)					
	= 0.075	= 0.15	= 0.20	= 0.30	= 0.40	≥ 0.40
S _B	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0(ZEN)
S _C	0.13	0.25	0.32	0.45	0.56	1.4(ZEN)
S _D	0.18	0.32	0.40	0.54	0.64	1.6(ZEN)
S _E	0.26	0.50	0.64	0.84	0.96	2.4(ZEN)
S _F	Zemin incelemesi yapılması gerekir					

C_A (Çizelge 3.9) ve C_v (Çizelge 3.10) parametreleri, ATC 40'da verilen ZEN parametresi kullanılarak hesaplanmaktadır. E terimi ise seçilen deprem cinsinden yola çıkılarak, hemen kullanım için 0.5, Tasarım depremi için 1.0 alınabilir. Ayrıca en büyük deprem için (4. Derece deprem bölgesinde) 1.25 veya (3.derece deprem bölgesinde) 1.5 alınabilir (Külekçi, 2010).

Tablo dışındaki değerler doğrusal enterpolasyon ile belirlenecektir (Külekçi, 2010).

C_A ve C_v deprem parametrelerinden yola çıkarak oluşturulan elastik spektrum eğrisi gösterilmiştir, Şekil 3.17. Burada C_A yer hareketinin etkili maksimum ivmesini temsil etmektedir. C_A parametresinin 2.5 katı ise % 5 sönümlü kısa periyotlu sistemin maksimum ivmesine karşılık gelmektedir (Külekçi, 2010).



Şekil 3.17 : Elastik talep spektrumu

3.4. Yapısal Kapasite

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirilmenin iki temel parametresi talep ve kapasitedir. Talep yapıya etkileyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir. Talep spektrum eğrisi ile kapasite spektrum eğrisinin kesişim noktası performans noktasını vermektedir. Bu performans noktasından yola çıkılarak yapı taşıyıcı elemanlarının hangi performans seviyeleri arasında kaldıkları belirlenebilmektedir (Külekçi, 2010).

Yapısal kapasite, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin bir birleşimi olarak tayin edilir. Doğrusal elastik sınırın ötesindeki kapasitenin belirlenmesi istendiğinde, genel olarak malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan teoriye göre sistem hesabı yapılması gerekmektedir (Külekçi, 2010).

Yapısal kapasite, pushover curve (kapasite eğrisi) ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin çizilmesi için, yapı sistemi sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay yükler kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanır (Külekçi, 2010).

Yapısal kapasite eğrisi, genellikle yapının birinci doğan titreşim modu esas alınarak belirlenen eşdeğer statik deprem kuvvetleri altında yapılan hesap ile belirlenir. Yani yapının davranışında etkin olan mod birinci doğal titreşim modu olarak kabul edilir. Bu varsayım özel periyodu $T=1.0s$ 'den daha küçük olan yapılar için geçerli olabilir. Birinci doğal titreşim periyodu $T=1.0s$ 'yi aşan yapılarda, daha yüksek modların etkilerinin göze alınması gerekmektedir. Eğer yapıda burulma varsa burulma titreşiminin de etkili olduğu mod hesaba dahil edilmelidir (Külekçi, 2010).

3.5. Basitleştirilmiş Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri

Doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri ile yapının performansının değerlendirilmesi iki farklı şekilde yapılmaktadır (Külekçi 2005).

Dayanım (kuvvet) bazlı değerlendirme adı verilen birinci yöntemde, yapıya etkilenen yatay deprem yükleri yönetmeliklerde ön görülen limite ulaştığında, gerek dayanım gerekse yer değiştirme ve şekil değiştirmeler ele alınarak sistemin hedeflenen performansı sağlayıp sağlamadığına bakılır (Külekçi, 2010).

Yer değiştirme ve şekil değiştirme bazlı yöntemde ise belirli bir yatay kuvvet yükü dağılımı için yapıdaki yer değiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen hedef performansı sağlayıp sağlamadığına bakılır (Külekçi, 2010).

3.5.1.ATC-40 Kapasite Spektrumu Yöntemi

Bu yöntemde, grafik bir prosedür sayesinde yapının kapasitesi yapıdaki deprem talebi ile karşılaştırılmaktadır. Yapının kapasitesi, elastik ötesi statik itme analizi ile belirlenen kuvvet-deplasman eğrisi (kapasite eğrisi, Şekil 3.18.) ile temsil edilmektedir. İtme analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasman eşdeğer tek

serbestlik dereceli (TSD) bir sistemin spektral ivmelerine ve spektral deplasmanlarına dönüştürülür (İrtem ve ark., 2004) Bu spektral değerler kapasite spektrumunu tanımlar. Deprem talepleri yüksek sönümlü elastik spektrum ile tanımlanmaktadır. Aynı grafik üzerinden çizilen talep ve kapasite spektrumlarının kesişimi (**P**: performans noktası), elastik olmayan dayanım ve deplasman talebini verir. Tepe deplasmanı performans noktasına ulaşmış yapıda, kesitlerdeki iç kuvvet-deplasman bağıntıları, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyesini ifade eden sınır değerler ile karşılaştırılarak yapının performans düzeyi belirlenir (İrtem ve ark., 2004).

Burada,

S_a: Spektral ivme

S_d: Spektral deplasman

V_T: İtme analizinin her bir adımındaki taban kesme kuvveti

δ_{max}: Yapı tepe deplasmanı

W: Toplam yapı ağırlığı

Φ_{tepe,1}: Birinci moda ait en üst kattaki genliği

a₁: Birinci doğal moda ait modal kütle katsayısını

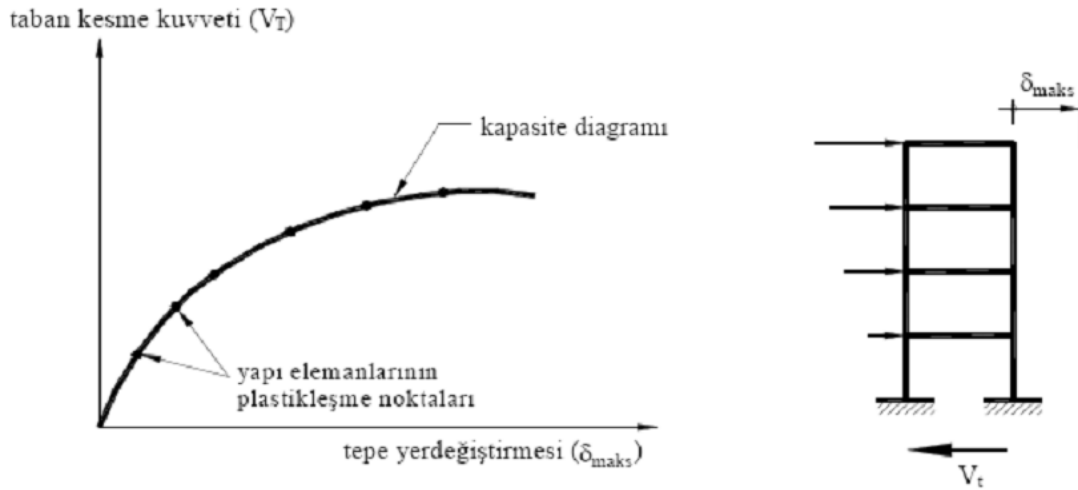
PF₁: Birinci doğal moda ait modal katılım çarpanını göstermektedir (İRTEM ve ark., 2004).

$$S_a = \frac{V_t/W}{a_1} \quad (3.1)$$

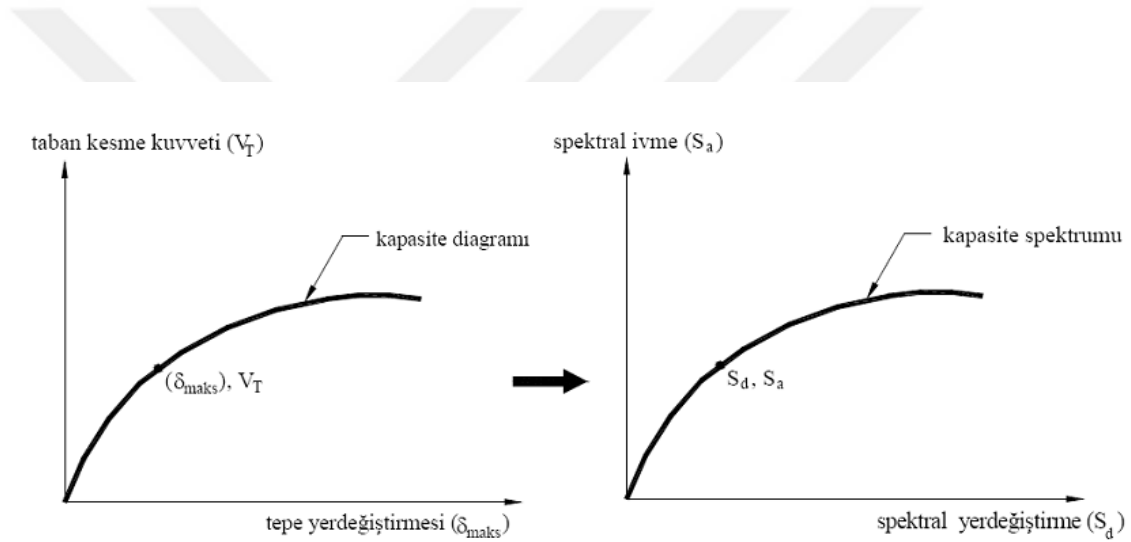
$$S_d = \frac{\delta_{max}}{PF_1 \Phi_{tepe,1}} \quad (3.2)$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1} / g) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N (w_i / g) \right] \left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2 / g) \right]} \quad (3.3)$$

$$PF_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1} / g) \right]}{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2 / g) \right]} \quad (3.4)$$



Şekil 3.18 : Doğrusal olmayan teori ile kapasite spektrum eğrisinin belirlenmesi



Şekil 3.19 : Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi

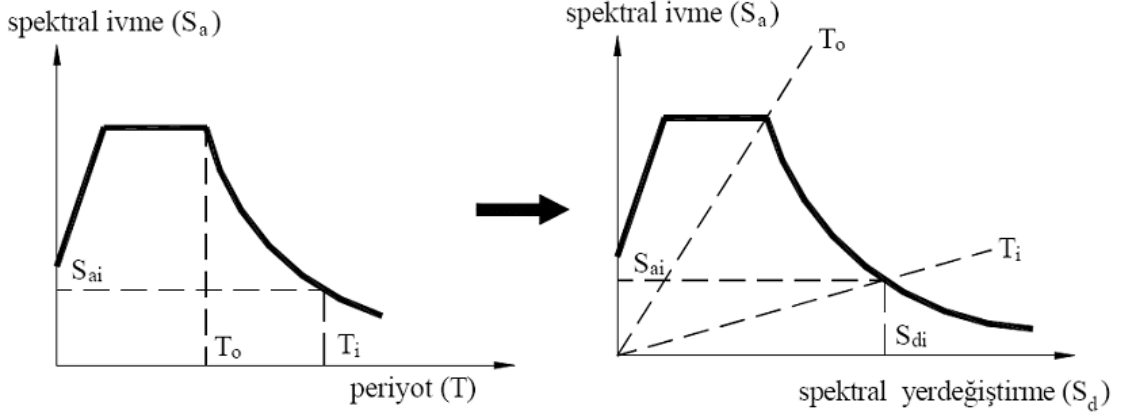
Kapasite spektrumu ile aynı eksen takımı üzerinde gösterilebilmesi için, elastik istem spektrumunun spektral ivme-spektral yer değiştirme formatına dönüştürülebilmesi gerekir, Şekil 3.19 (Külekçi, 2010).

Bunun için spektral ivme ile spektral yer değiştirme (Şekil 3.20.) arasındaki ilişki denklem 3.5 bağıntısından faydalanılır (Külekçi, 2010).

$$S_d = S_a \frac{T^2}{4\pi^2}$$

(3.5)

Burada, T yapı sisteminin birinci doğal periyotunu göstermektedir.



Şekil 3.20. İstem spektrumunun ivme ve yer değiştirme formatına dönüştürülmesi.

Kapasite ve elastik istem spektrumları, aynı spektral ivme – spektral yer değiştirme koordinat sisteminde ifade edildikten sonra, deprem etkileri altında yapı sisteminde oluşan doğrusal olmayan şekil değiştirmeler nedeniyle artan sönüm oranına bağlı olarak, elastik istem spektrumunun indirgenmesi gerekir. İndirgeme işlemi için etkili sönüm yüzdesinden faydalanılır. Etkili sönüm yüzdesi, histeretik ve viskoz sönüm toplamının kritik sönüme oranı olarak tanımlanır. Viskoz sönüm genellikle % 5 olarak alınmaktadır. Histeretik sönüm ise kapasite spektrumunu içeren histeresizin alanı ile ilgilidir ve eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilebilir. Kapasite spektrumunun iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesi halinde, etkili sönüm yüzdesi için denklem 3.6 yazılabilir (Külekçi, 2010).

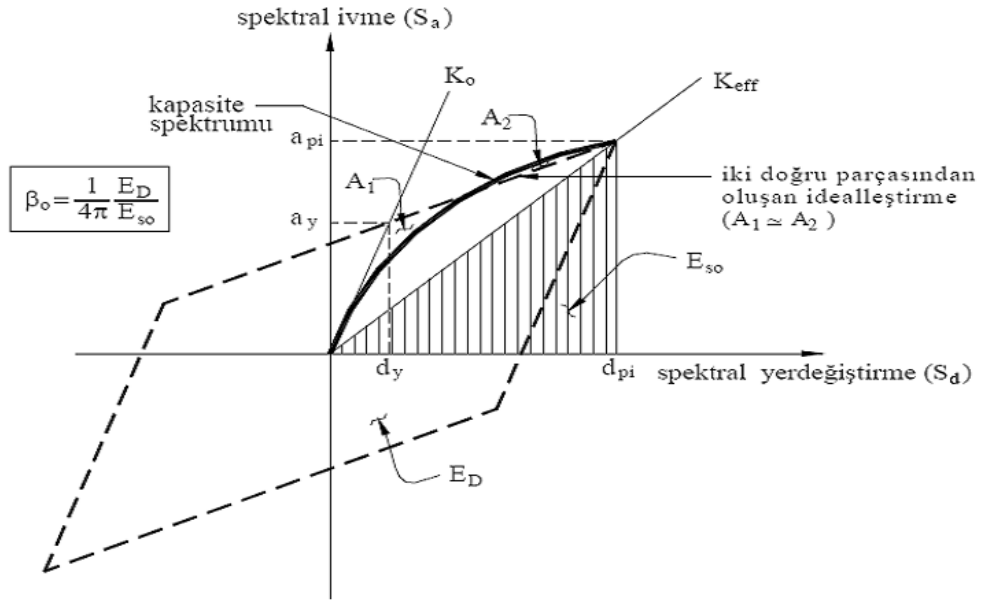
$$\beta_{eq} = \kappa\beta_0 + 5 = \frac{63.7\kappa(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \quad 3.6$$

Bu bağlantıda;

β_{eq} : yüzde olarak ifade edilen etkin sönüm oranı

β_0 : eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilen histeretik sönümü

κ : yapının taşıyıcı sistemi ile depremin süresine bağlı olarak belirlenen ve değeri 0.33 ile 1.0 arasında değişen bir katsayıyı göstermektedir.



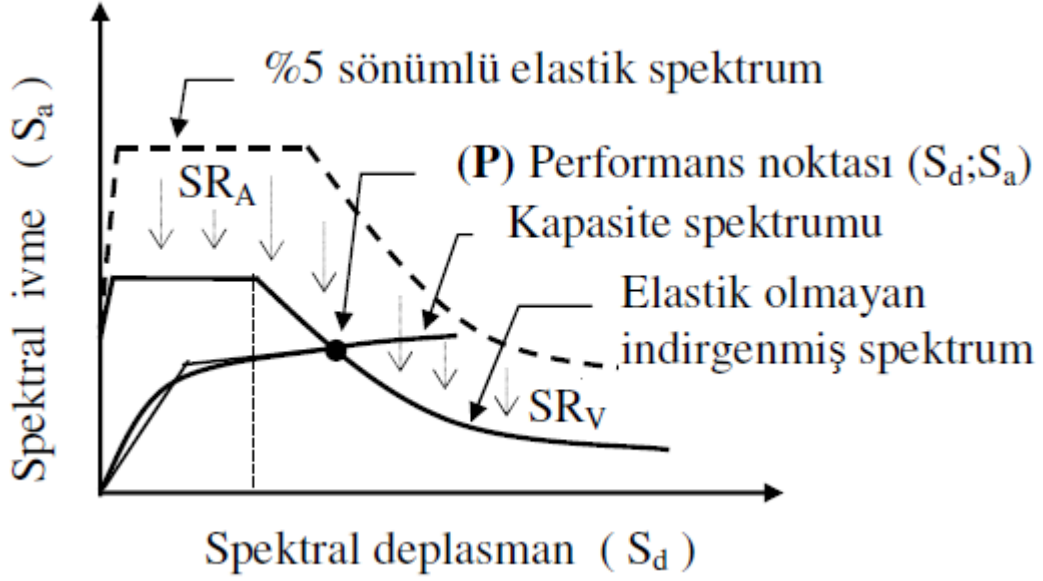
Şekil 3.21. Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi

Şekil 3.21’de görüldüğü gibi, etkili sönüm oranının hesaplanabilmesi için, performans noktasının başlangıçta bilinmesi veya tahmin edilmesi gerekmektedir. Spektral ivme – spektral yer değıştirme koordinat sisteminde ifade edilen elastik istem spektrumunun yatay koluna ve azalan bölümüne uygulanacak indirgeme katsayıları, etkili sönüm bağı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır (Küleççi, 2010).

$$SR_A = \frac{3.21 - 0.68 \ln(B_{eff})}{2.12} \quad 3.7$$

$$SR_V = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})}{1.65} \quad 3.8$$

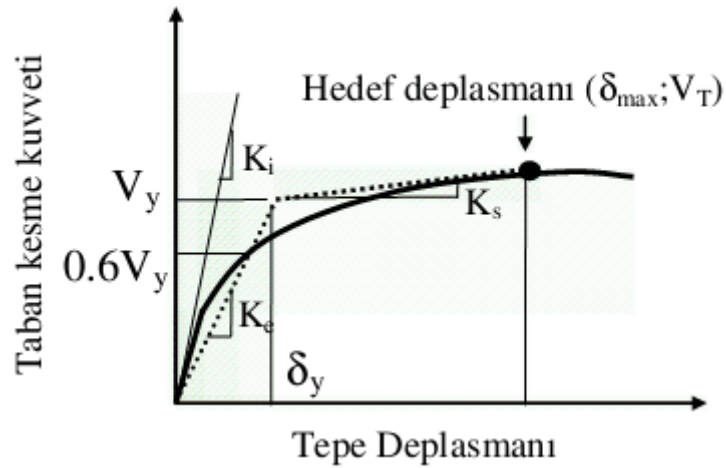
Burada β_{eff} efektif viskoz sönümü, SR_A ve SR_V sırasıyla spektrumun sabit ivme ve sabit hız bölgesindeki spektral indirgeme katsayılarını göstermektedir (İrtem ve ark., 2004).



Şekil 3.22. Kapasite spektrumu yöntemi ile performans noktasının belirlenmesi

3.5.2. FEMA 273 Deplasman Katsayıları Yöntemi

Bu yöntemde, deplasman talebi esasen, istatistiksel analizlere dayanan bazı düzeltme çarpanları kullanılarak elastik deplasman spektrumundan elde edilen elastik olmayan deplasman spektrumu ile belirlenmektedir. Bu yöntemde de öncelikle kapasite eğrisi elde edilir. Bu eğri Şekil 3.23 da ki gibi iki doğru parçası ile idealleştirilerek denklem (3.9) ile efektif periyot T_e ve ilgili düzeltme katsayıları kullanılarak denklem (3.10) ile deplasman talebi δ_{max} (hedef deplasmanı) hesaplanır. Bu deplasman değerine kadar itilmiş yapının performansının değerlendirilmesi işlemi kapasite spektrum yönteminde olduğu gibidir (Fema, 1997).



Şekil 3.23. Deplasman katsayıları yöntemi ile hedef deplasman noktasının belirlenmesi (İrtem ve ark., 2004).

$$T_e = T_i * \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (3.9)$$

Yapı sisteminin T_e etkin doğal periyodu bulunduktan sonra, hedef yer değiştirme

$$\mathcal{Z}_{\max} = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a (T_e)^2 / 4 \pi^2 \quad (3.10)$$

formülü ile elde edilir, (Külekçi 2005).

Burada ;

C_0 : Çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktasının yatay yer değiştirmesi ile eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yer değiştirmesi arasındaki ilişkiyi oluşturan modal katılım katsayısı

C_1 : doğrusal elastik yer değiştirmeyi, beklenen maksimum inelastik yer değiştirmeye dönüştüren düzeltme katsayısı

C_2 : histeresiz enerji şeklinin etkisini hesaba katan düzeltme katsayısı

C_3 : ikinci mertebeye etkileri nedeniyle yer değiştirmelerin etkisini göz önüne alan düzeltme katsayısı

S_a : etkili T_e periyoduna karşı gelen spektral ivme (Celep, 2004).

Bu katsayıların hesaplanmasıyla alakalı detaylı bilgi FEMA 273 ve 356 dökümanlarında bulunmaktadır (Bozdağ, Düzgün, 2010).

Yukarıda ki açıklamalardan görüldüğü gibi, yer değiştirme katsayısı yönteminde de, hedef yer değiştirmenin bulunması için bir ardışık yaklaşım yolunun izlenmesi gerekmektedir. Başlangıçta seçilen ve T_e etkin doğal periyodunun hesabına esas olan δ_t yer değiştirmesi ile hesap sonucunda bulunan değerlerin eşit veya birbirine yeterince yakın olması halinde hedef yer değiştirme bulunmuş olur ve ardışık yaklaşıma son verilir. Öngörülen deprem etkisi altındaki hedef yer değiştirme bulunduktan sonra, performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Bunun için, sisteme ait büyüklüklerin değerleri kendilerine ait sınır değerler ile karşılaştırılır (Külekçi, 2010).

3.6. Kabul kriterleri

Performans noktası belirlendikten sonra binanın istediğimiz performansı karşılayıp karşılamadığını anlayabilmemiz için belirli kabul edilebilir sınırlar açıklanmıştır. Bu sınırlar iki başlık altında toplanabilir.

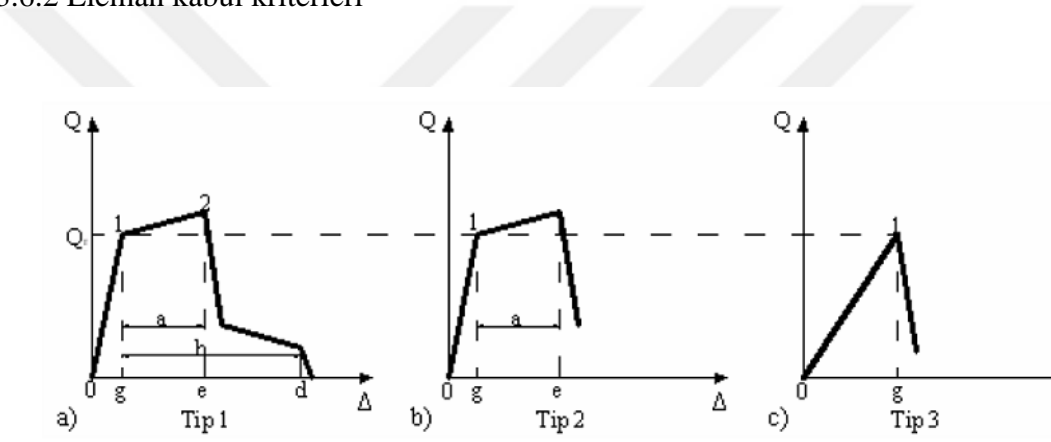
3.6.1. Bina için genel kabul kriterleri

FEMA 273'te moment aktaran çerçeve ve çaprazlı çerçeveler için performans seviyelerine göre verilen yer değiştirme limit değerleri tabloda halinde verilmiştir.

Çizelge 3.10 Bina için genel kabul kriterleri

Yapı cinsi	Göçmenin önlenmesi	Can güvenliği	Hemen kullanım
Moment aktaran çerçeve	%5 geçici veya kalıcı	%2 geçici, %1 kalıcı	%0.7 geçici, ihmal edilebilecek kadar kalıcı
Çaprazlı çerçeveler	%2 geçici veya kalıcı	%1.5 geçici, %0.5 kalıcı	%0.5 geçici, ihmal edilebilecek kadar kalıcı

3.6.2 Eleman kabul kriterleri



Şekil 3.24. Eleman davranış eğrileri [8]

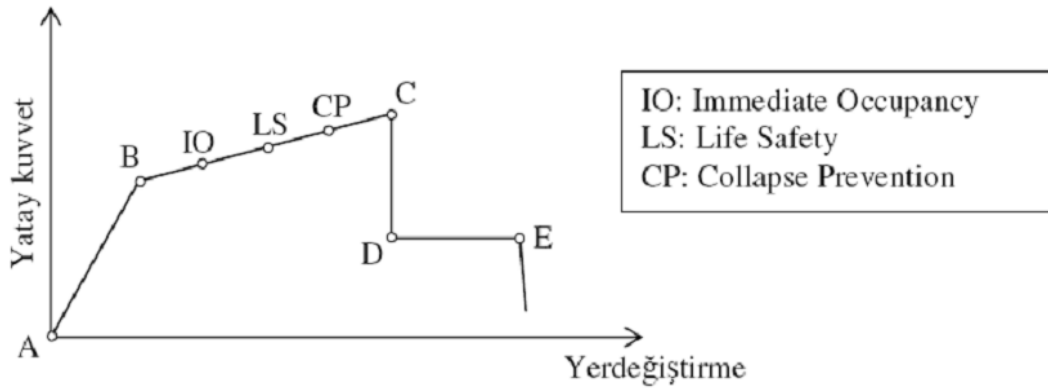
Şekil 3.24'e göre Tip 1 sünek davranışı temsil eder. Eğride elastik davranıştan sonra pekleşme veya yumuşama gösteren bir plastik davranış bölgesi mevcuttur. Yumuşama bölgesinde karşılaşılan kuvvet azaltılmış olmasına rağmen, yine ihmal edilmeyecek bir değer söz konusudur. Bu tür davranış gösteren bir ana elemanın, kabul edilmesi, seçilen performans seviyesine göre elastik (0-1) veya pekleşen (1-2) bölgede kalması ile mümkündür. İkinci elemanların kabul edilme durumu, eğrinin her bölgesinde söz konusu olabilir. Ana elemanlarda $e > 2g$ ise (değilse), davranışın yer değiştirme (kuvvet) kontrolü altında çıktığı kabul edilir. İkincil elemanlarda ise, bu davranış daima yer değiştirme kontrolü olarak kabul edilir. Burada Q_y elemanın akma dayanımını göstermektedir (Celep, 2004).

Tip 2 başka türlü bir sünek davranışı temsil eder. Elastik ve plastik davranıştan sonra ani bir şekilde dayanımda düşme olur. Plastik bölgenin yeterince büyük olması

durumunda da ($e \geq 2g$), bu davranışın şekil değiştirme kontrolü altında çıktığı kabul edilir. Bu koşulun sağlanmadığı durumda da ise, davranışın kuvvet kontrolü altında olduğu kabul edilir. Bu davranışı sergileyen ana ve ikincil elemanların kabul edilmesi, performans seviyesine bağlıdır (Celep, 2004).

Tip 3 ise gevrek veya sünek olmayan davranışı temsil eder. Elastik bölgeden sonra ani bir düşüş ve dayanımın tamamen kaybı söz konusudur. Daima kuvvet kontrollü olarak isimlendirilen bu davranışın kabulü, ana ve ikincil elemanlarda ancak elastik bölgede kalınması ile mümkündür (Celep, 2004).

Şekil 3.25’de deplasman kontrollü, idealleştirilmiş kuvvet yer değiştirme eğrisi üzerinde performans noktalarını göstermektedir (Topaloğlu, 2007).



Şekil 3.25. Yatay kuvvet – Yer değiştirme eğrisi

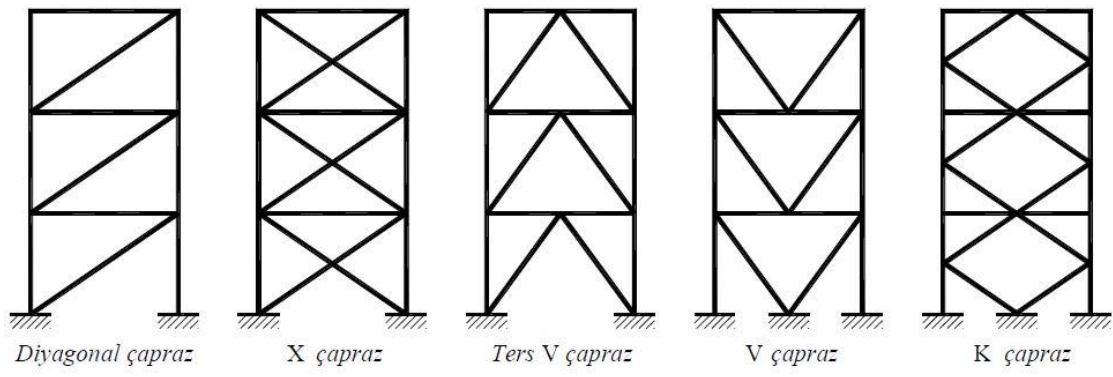
Yüklenmemiş durum olan A noktası ile, akmanın gerçekleştiği B noktası arasında lineer davranış tanımlanmıştır. B noktasından C noktasına kadar olan kısmın eğimi elastik sınırdaki eğimin düşük bir yüzdesi (%0 - %10) kadardır ve bu kısma gerilme pekleşmesi adı verilir. C noktasının ordinatı bileşenin dayanımını, apsisi ise gözle görülür dayanım kaybının başladığı şekil değiştirme değerini vermektedir. D noktasından ötede, bileşen büyük oranda azalan dayanım ile E noktasına kadar davranışa devam etmektedir. E noktasından sonra bileşenin dayanımı yaklaşık olarak sıfıra eşittir.

İdealleştirilmiş kuvvet yer değiştirme eğrisi üzerinde belirlenen IO noktası hemen kullanım, LS noktası can güvenliği, CP noktası göçmenin önlenmesi performans noktasını göstermektedir. Kabul edilebilir şekil değiştirme veya şekil değiştirme oranlarının sayısal değerleri eleman türlerine göre FEMA 273 de verilmiştir (Külekçi, 2010).

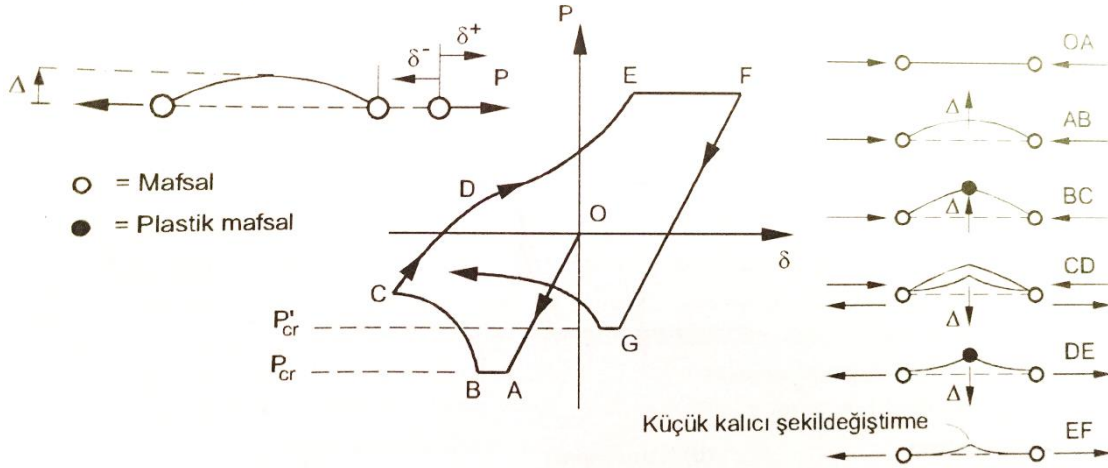
3.7. Çelik Çerçevesler

3.7.1. Merkezsel çaprazlı çelik çerçevesler

Bu tür çerçevesler, yaygın olarak az ve orta yükseklikteki binalarda yatay yüklere karşı gereken rijitlik ve dayanımı sağlamak için kullanılır. Bu sistemlerde malzeme tasarrufu sağlanırken, çerçevede kat ötelemeleri etkin bir şekilde sınırlandırılabilir. (Celep, 2004). Bu çerçeve tipleri Şekil 3.26’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Yaygın olarak kullanılan çaprazlı çerçevesler



Şekil 3.27. Yön değiştiren yük altında bir çapraz elemanın davranışı

Böyle bir sistemde çaprazlar ve bunların çerçeve ile birleşimi taşıyıcı sistemin önemli iki özelliğidir. Bu çerçevelerin özel düzenlenmiş çaprazları, yön değiştiren büyük yatay yükler etkideğinde, basınç altında burkulup akmaya erişerek ve çekme altında akarak enerjinin tüketilmesini sağlar. Boyutlamada, kolonlar kirişler ve birleşim bölgelerinde hasara müsaade edilmez ve düşey yükler için gerekli olan taşıma kapasitesinde bir azalma olmadan, çaprazlarda plastik şekil değiştirmelerin gelmesi sağlanır. Ancak, geçmişte meydana gelen depremler bu isteğin çaprazlı çerçevenin ve birleşim bölgelerinin özenle düzenlenmemesi durumunda ortaya çıkmadığını göstermiştir. Bazı durumlarda kontrolsüz elastik olmayan davranış sonucu bu tür çerçevelerde toptan göçmeye kadar varan hasarlar görülmüştür. Bu sakınca sebebiyle, DBYBHY' de bu tür sistemler süneklik düzeyi normal sistemler olarak kabul edilmiştir (Celep, 2004).

Merkezsiz çaprazlı çerçevelerde enerji tüketimini incelemek için tek bir çaprazın aksenal kuvvet altındaki davranışının incelenmesi yerinde olacaktır. Çapraza etkileyen yük P , boy kısılması δ ve orta noktanın eksene dik yer değiştirmesi Δ ile gösterildiğinde, çaprazın davranışı Şekil 3.27 deki durumlardan geçer. Çapraz yüksüz durumda O noktasında bulunur. Basınç etkisi altında elastik olarak kısılarak A noktasına erişir. Çaprazda burkulma meydana geldiğinde, aksenal kuvvette önemli değişiklik olmazken, kısıalma artar. Bu aşamaya kadar elastik olan davranışta, boşaltma yapılırsa, BAO çizgisi izlenerek yüksüz duruma gelinir. Burkulma durumunda orta kesitte normal kuvvet yanında en büyük eğilme momenti meydana gelir. Gerilmelerin artması orta kesitte plastik mafsallarda oluşmasına sebep olabilir. Bu durumda Δ orta kesit yer değiştirmesinin büyümesi ile, bu kesitte plastik dönmeler artarken, aksenal yükte

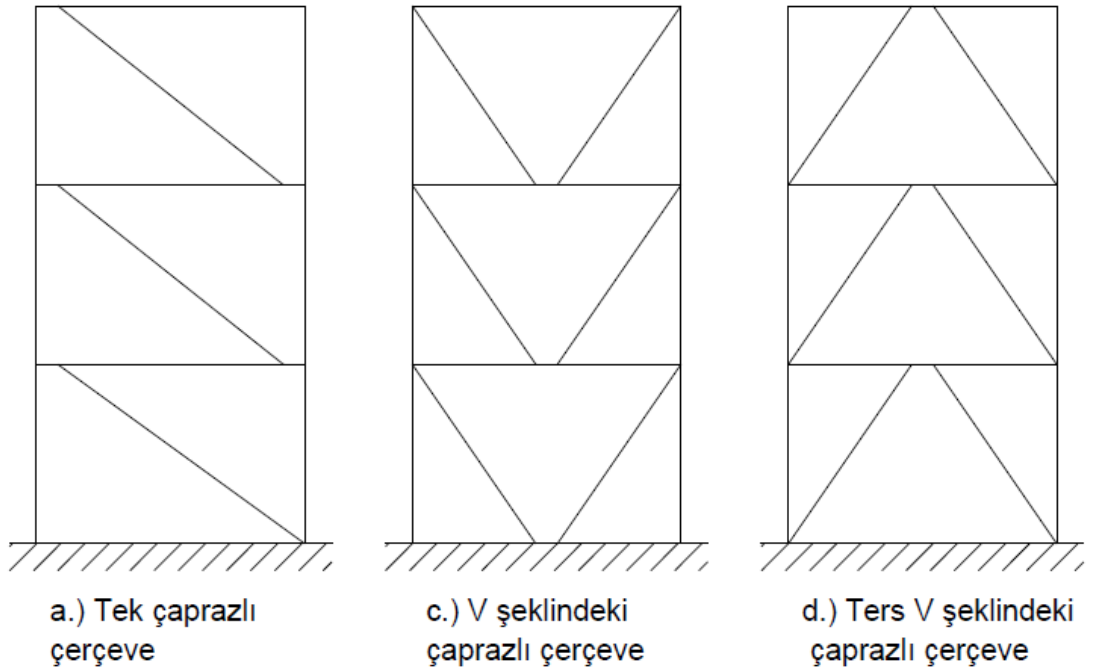
düşme oluşur ve böylece C noktasına erişilir. Bu noktadan itibaren yükte boşaltma yapılırsa, çaprazda plastik aksenal şekil değiştirme ve yanal yer değiştirme kalır. Basınç kuvveti boşaldıktan sonra, çaprazda çekme kuvveti uygulanırsa elastik şekil değiştirmeler elastik şekil değiştirmeler ve orta kesitteki plastik mafsal dönmesi geriye çevrilerek azalır. Çekme kuvvetinin artmasıyla, çaprazda aksenal plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu durum şekilde E-F doğrusuna karşılık gelir. Devam ederek tekrar boşaltmanın yapılması ve basınç kuvvetinin yüklenmesi durumunda ise F-G yolu izlenir (Celep, 2004).



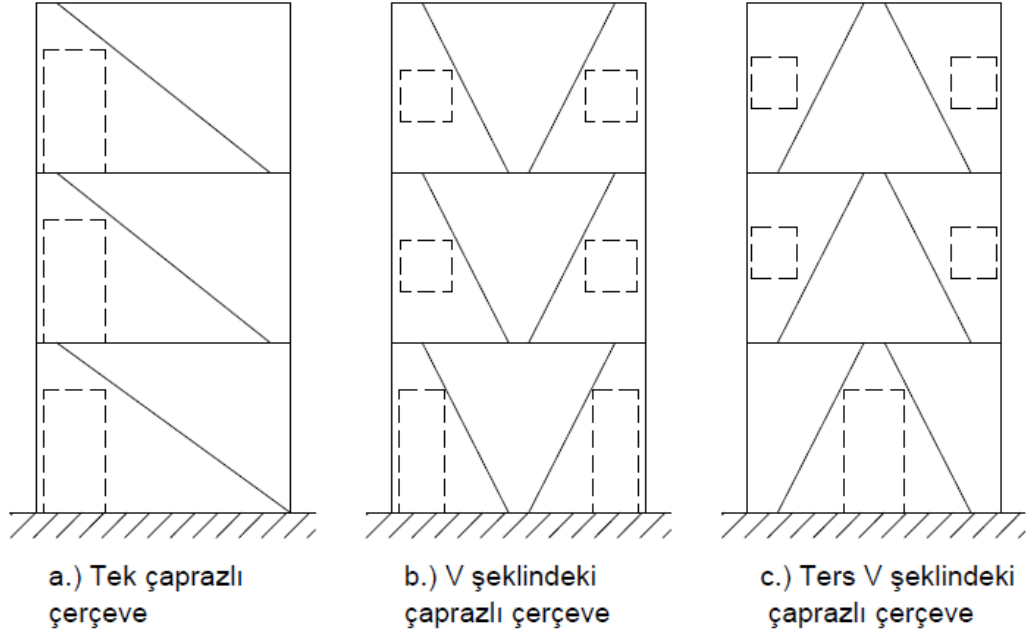
3.7.2.Dış merkezli çaprazlı çelik yapılar

Dış merkezli çerçevelerin genel özellikleri moment ve kesme kuvveti taşıyan yapı elemanlarını ikiye bölmeleri ve bu bölünen elemanların bir bağlantı kirişi ile bağlanması sonucu, yatay ve tekrarlı (deprem yükü) yükler karşısında plastik kesme ve eğilme şekil değiştirmeleri sayesinde enerjiyi sönmüleyebilmesidir.

Merkezi çapraz sistemleri iyi bir stabiliteye sahiptirler fakat tersinir plastik davranışları stabil değildir. Ve zamanla enerji sönmüleme özelliklerini kaybeder. Moment taşıyan çerçevelerde ise birleşim noktalarına yakın yerlerde oluşan plastik mafsallar yüksek enerji sönmülemeyi sağlarlar. Bunun dezavantajı ise yer değiştirmelerin rahatsız edici seviyede olmasıdır. Bundan dolayı moment taşıyan çerçevelere dış merkezli çaprazlar ilave edilince merkezi çaprazlı sistem ile moment taşıyan çerçeveler arasında bir davranış sergilerler. Depremde ortaya çıkan enerji bağ kirişi tarafından kesme kuvveti ve/veya eğilme momenti olarak sönmülenir. Dış merkezli çelik çaprazlar Şekil 3.27 de gösterilmiştir.



Şekil3.27.Dış merkezli çelik çapraz sistemleri



Şekil 3.28 : Dış merkezi sistemlerde mimari olanaklar.

Dış merkezi sistemler mimari olarak da pencere kapı v.b. mimari detaylara da olanak vermektedirler. Bu detaylar Şekil 3.28 de gösterilmiştir.

Dış merkezli çaprazlı sistemlerde sönümlemenin bağlantı kirişi tarafından yapıldığı aşikardır. Bağlantı kirişinin uzunluk ve kısalığı da davranışta etkilidir.

A) Kısa bağlantı kirişleri

Kısa bağlantı kirişlerinde çoğunlukla kesme akması olduğu için büyük miktarda enerji sönümleyebilirler.

B) Orta ve uzun bağlantı kirişleri

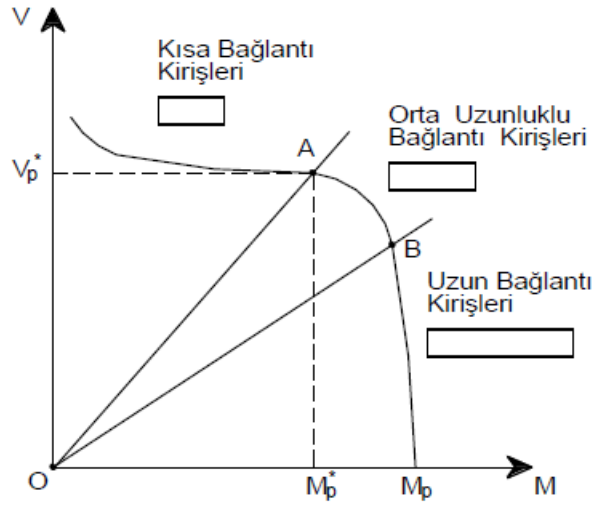
Bu bağlantı kirişinde kesme ve eğilme akması birlikte görülür. Bağlantı kirişinin boyu büyüdükçe kesme akmasından eğilme akmasına doğru geçiş sağlanır.

Genel olarak bağlantı kirişi boyları aşağıdaki gibi verilir (Çatalkaya, 2004).

$$\text{Kısa bağlantı kirişi boyu için ;} \quad e \leq 1,6 \frac{M_p}{V_p} \quad (3.11)$$

$$\text{Orta uzunlukta bağlantı kirişleri için ;} \quad 1,6 \frac{M_p}{V_p} < e < (2,5 - 3) \frac{M_p}{V_p} \quad (3.12)$$

$$\text{Uzun bağlantı kirişi} \quad e \geq (2,5 - 3) \frac{M_p}{V_p} \quad \text{olmalıdır.} \quad (3.13)$$



Şekil 3.29. : Geniş başlıklı kirişler için tipik kesme kuvveti – moment etkileşim diyagramı

Şekil 3.29 da dış merkezi çaprazlarda bağlantı kirişinin uzunluğunun sönümlemedeki etkisi belirtilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bilgisayar programlarının hızlı ve güvenilir hesap yaptığı günümüzde, inşa edilecek yapıların karmaşık hesaplamaların da mühendislere yardımcı olan birçok program vardır. Bu programlardan statik hesap programı olarak en yaygın kullanılanı SAP 2000 programıdır. Bu çalışmada statik hesap programı olarak SAP 2000 programını kullanılmıştır.

4.1. Sap 2000 programında statik analiz yapılması

Günümüzde bilgisayar programlarını kullanarak birçok tasarımın çözümü gerçekleştirilmektedir. SAP 2000 programında statik analiz olarak birçok soruya cevap vermektedir. Bu çalışmada SAP 2000 programı kullanarak 14 tip çelik binanın çözümü gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Analizleri Gerçekleştirilen Yapıya Ait Bilgiler

Bina İmalat Yeri	: Kütahya
Zemin Sınıfı	: Z2
Deprem Bölgesi	: 2. Derece
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1.0
R Katsayısı	: Çaprazsız sistemler için R=8 Merkezi çaprazlı sistemler için R=5 Dış merkezi çapraz sistemler için R=7

4.1.2. Yapı Yükleri

Hareketli Yük :

İş yeri : 350 kg/m^2

Sabit Yükler ;

Döşeme Kaplaması : 12 cm C20 Beton ($2200 \cdot 0,12 = 264 \text{ kg/m}^2$)

Döşeme Beton Sacı: 1 mm Beton altı trapez saç ($10,03 \text{ kg/m}^2$)

Döşeme Kirişleri: 1.2 m ara ile IPE 140 ($12,9 \text{ kg/m}$) (Bina döşemeleri 4m x 3m olduğu için bir döşemede 3 adet IPE 140 kirişi olacaktır. Bu yüzden ($12,9 \cdot 3 = 38,7 \text{ kg/m}$) ayrıca boyları 3 m olacağı için ($38,7 \cdot 3 = 116,1 \text{ kg}$) döşemeye gelen profil ağırlığı olup alan olarak ($116,1 / 12 = 9,67 \text{ kg/m}^2$) yük alınmıştır.

Döşeme Kaplaması: seramik kaplama (18 kg/m^2)

Duvar Yükü : Gaz beton ($500 \cdot 0,2 \cdot 2,6 = 260 \text{ kg/m}$)

Kar Yükü

Kar yükü : 135 kg/m^2

Rüzgar Yükü

TS EN 1991-1-4/Aralık 2007 de verilen rüzgar yükü hesaplamaları kullanılmıştır.

3 Katlı sistem için bina tek parça olarak düşünülmüştür.

5 katlı sistem için bina 2 parça olarak düşünülmüştür.

TS EN 1991-1-4/Aralık 2007 madde 7.2.2' de;

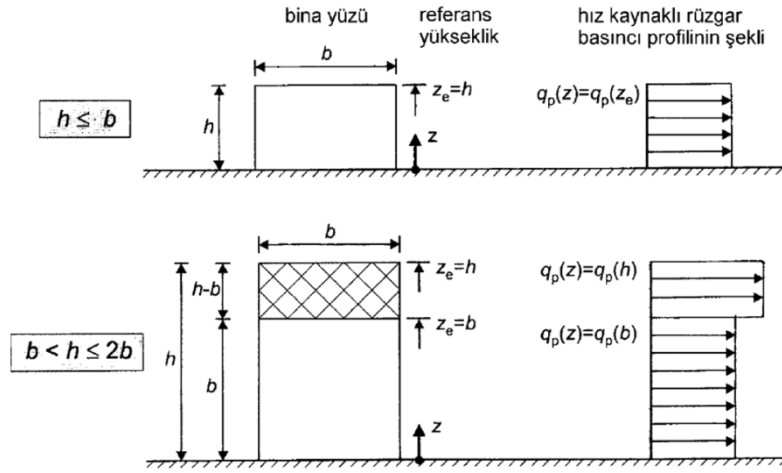
Dikdörtgen planlı binaların rüzgârın yaklaştığı yöndeki duvarları için Z_e referans yükseklikleri, h/b görünüm oranına bağlıdır ve her zaman duvarların değişik kısımlarındaki en büyük yüksekliklere eşittir. H yüksekliği b 'den daha az olan bir bina tek parça olarak değerlendirilmelidir.

h yüksekliği b 'den büyük ancak $2b$ 'den daha az olan bir bina, yer seviyesinden b yüksekliğine kadar olan alt bölümü bir parça ve geri kalan üst bölümü diğer parça olan iki parçalı bina olarak değerlendirilir.

h yüksekliği $2b$ 'den büyük olan bir bina, yer seviyesinden b yüksekliğine kadar olan alt bölümü;

Binanın en üstünden aşağıya doğru b yüksekliği kadar uzanan üst bölümü ve üst ve alt bölümlerin arasında h_{strip} yüksekliğinde yatay şeritlere bölünebilen orta bölümü içeren çok parçalı bina olarak değerlendirilir.

Not: Rüzgarın uzaklaştığı yöndeki duvarlar ve yan duvarlar için hız kaynaklı rüzgar basıncı dağılımı kuralları Milli Ek'te verilebilir veya özel projeler için tanımlanabilir. Tavsiye edilen işlem, referans yüksekliğini bina yüksekliği olarak almaktır.



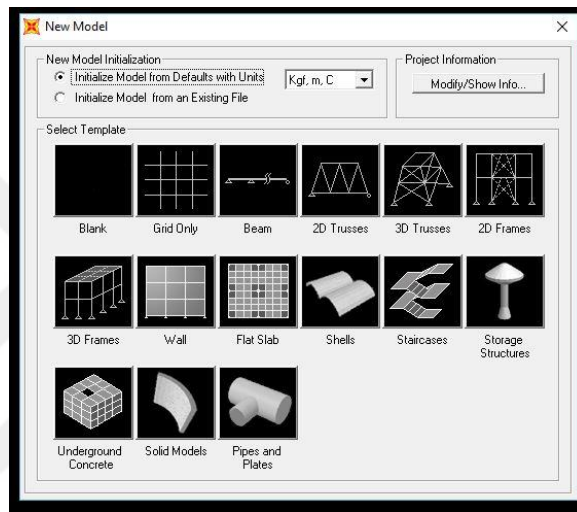
Şekil 4.1. TS-EN 1991-1-4/Aralık 2007 de verilen rüzgar yükü hesaplama

4.1.3.Çelik Çerçeve Yapı Sistemlerinin Analizi

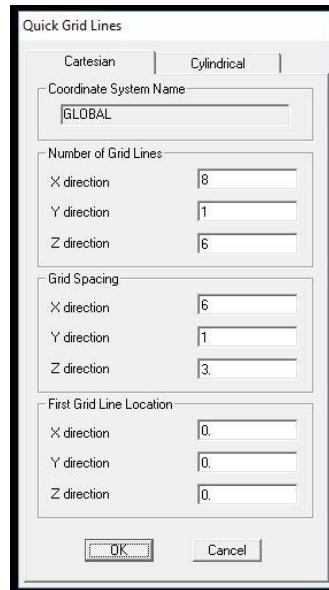
Yukarıda sunulan bilgiler ışığında SAP 2000 programında çözüm aşağıdaki gibi yapılmıştır;

SAP 2000 programı başlatıldıktan sonra aşağıdaki işlem basamakları ile tasarım gerçekleştirilmiştir.

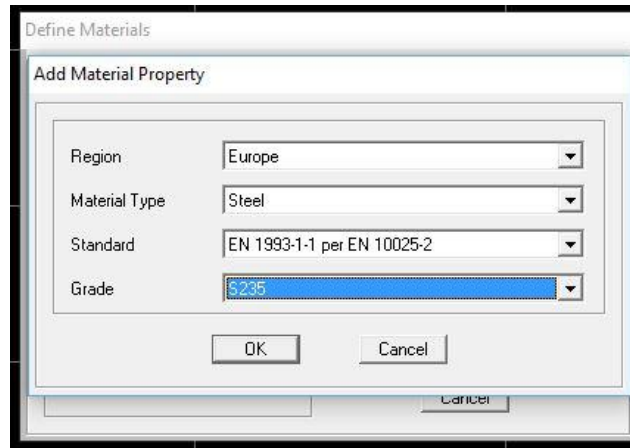
1)File →new modal → Grid only (Şekil 4.2.) → Açılan ekrana Şekil 4.3’ deki değerler atanmıştır.



Şekil 4.2. Grid only sekmesinin seçimi

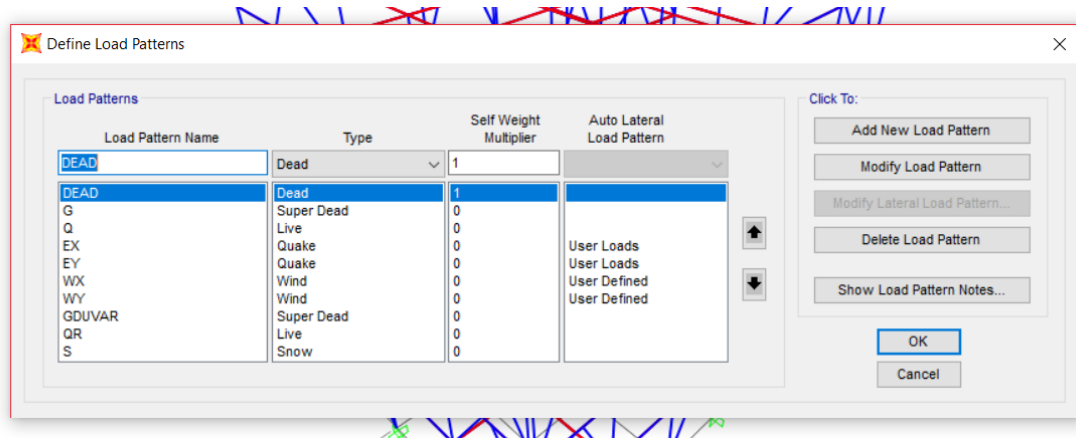


Şekil 4.3. Grid adet ve aralıklarının girilmesi



Şekil 4.4. Define sekmesinden material atanması

- 2) Define → materials → add new materials → region “EUROPE” → material type “Steel” → grade “ S235 ve S275” (Şekil 4.4.)
- 3) Define → section properties → frame section → Import new property → I / wide flange → Euro.pro listesinden istenilen kesit seçildi.
- 4) Define → load pattern → “G(super dead)” , “Q (live)” , S (kar) ve “W (wind)” yükleri eklendi.



Şekil 4.5. Load pattern menüsünde yükleme isimlerinin görünümü

- 5) Define → load pattern → E_x ve E_y sırasıyla → modify lateral load pattern → deprem yükleri bina ağırlık merkezine girilir.

Deprem yüklerinin hesabı için eş değer deprem yükü dağıtma yöntemi kullanılmıştır.

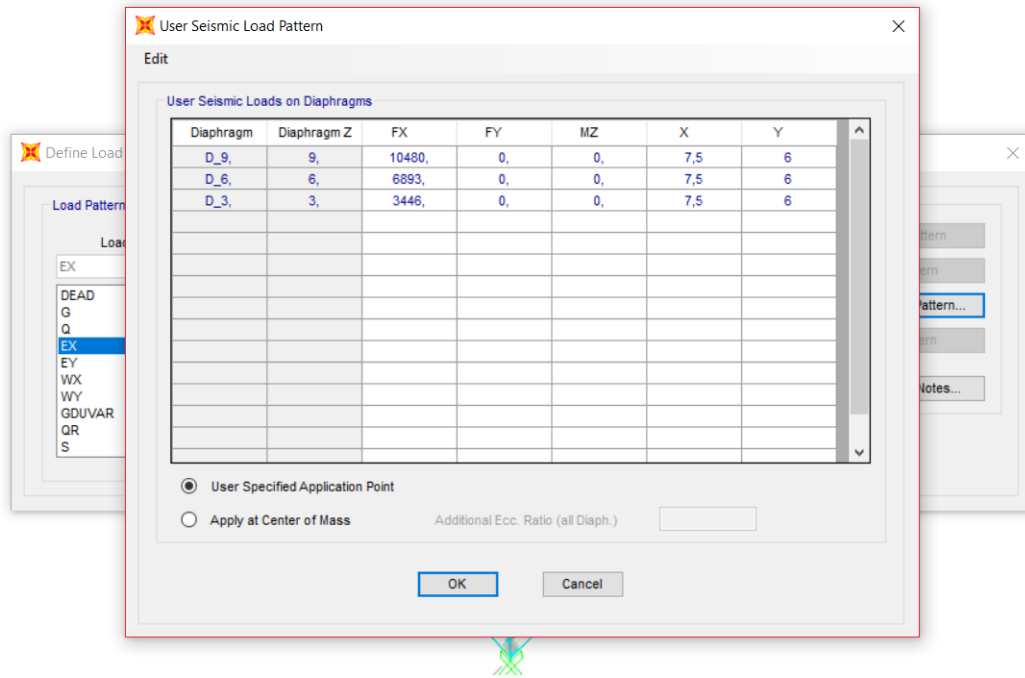
Deprem yüklerinin hesabında kullanılan bina kütleleri G ve Q yükleri altında çözüm yapıldıktan sonra SAP 2000 programının verdiği bina kat kütlesi tablolarından alınmıştır.

Bina periyodu için 1. Mod (X yönü) ve 2. Mod (Y yönü) periyot olarak seçilmiştir.

Bunun için;

Çözümlemenin sonucunda → Display → analysis results → joint output → joint masses → Table: Assembled Joint masses

Çıkan tablo da kütleler hesaplanmıştır. Kütlelerin hesaplanmasından sonra Şekil 4.6'daki gibi katlara yükler dağıtılmıştır.



Şekil 4.6.3 katlı binalarda Deprem yüklerinin katlara dağıtılması

Çizelge 4.1. Deprem yüklerinin katlara dağıtılması(Kg)

KAT	h	H _i	W _i	W _i H _i	W _i H _i /ΣW _i H _i	F _{ix}	F _{iy}
3	3	9	87920	791280	0,491942704	10480,46	7733,1534
2	3	6	90800	544800	0,338704864	6893,308	5086,3244
1	3	3	90800	272400	0,169352432	3446,654	2543,1622
			269520	1608480	1	20820,42	15362,64

$$S(T_x) = 2.06$$

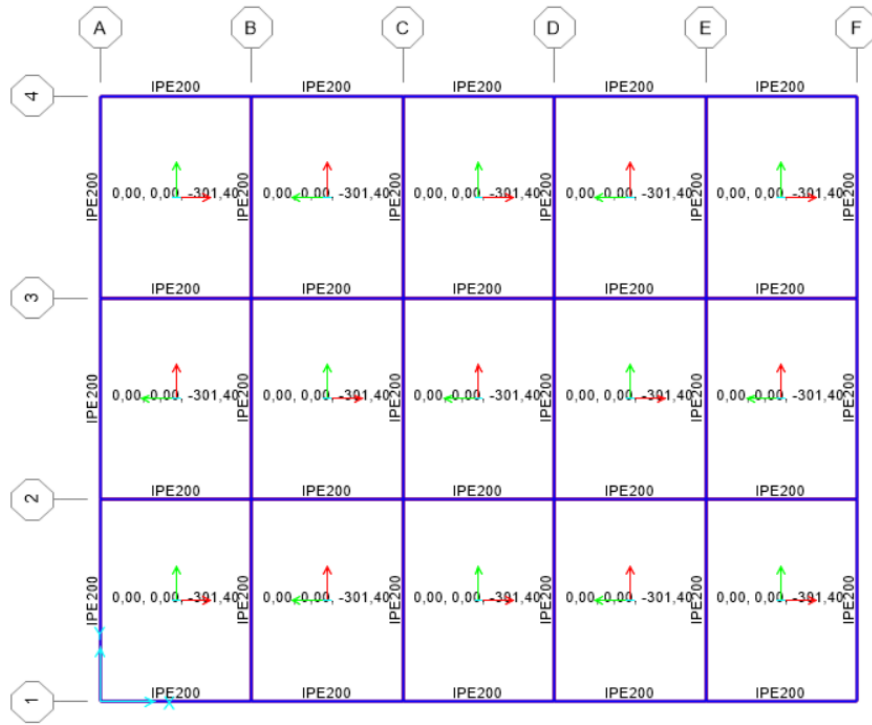
$$S(T_y) = 1,52$$

$$V_{tx} = 20820,42 \text{ kg}$$

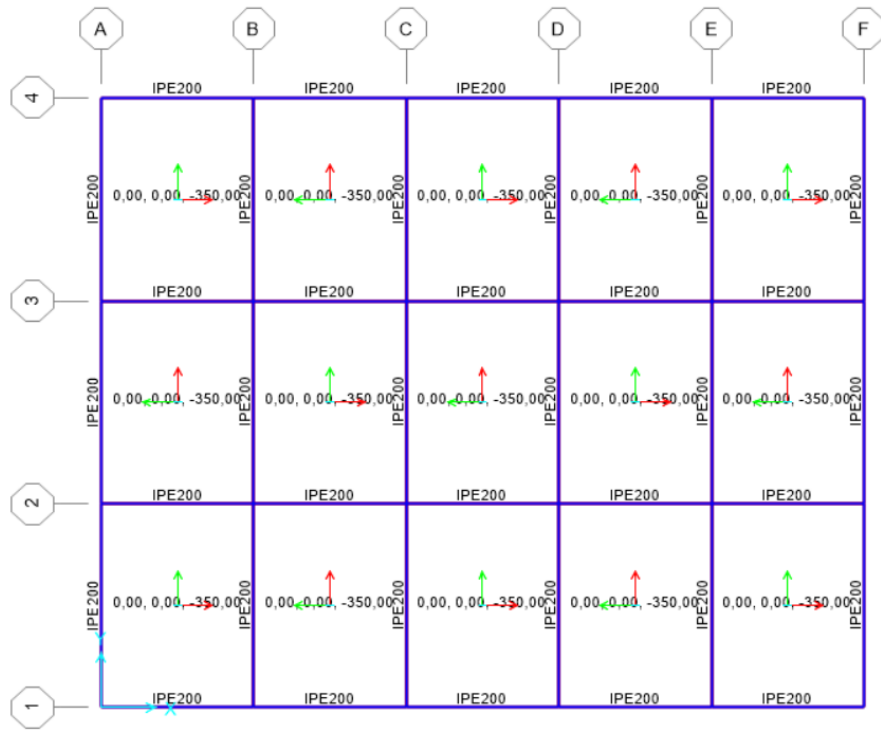
$$V_{ty} = 15362,64 \text{ kg}$$

DBYBHY-2007 ' de yer alan bilgiler ışığında V_{ty} ve V_{tx} değerleri hesaplanmıştır.

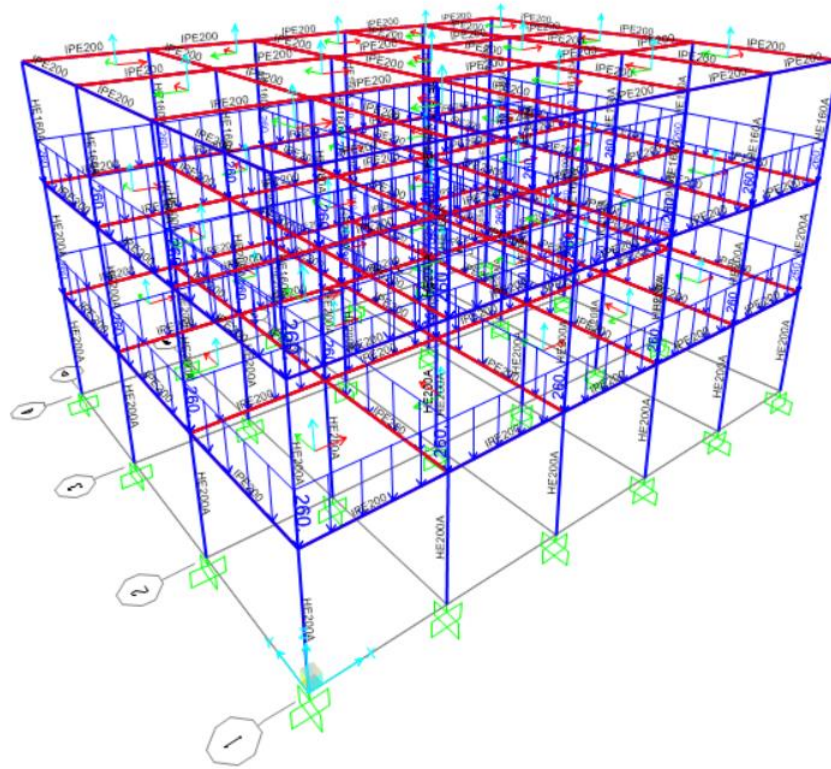
6) Tanımlanan “Q”, “S”, “G” yüklemeleri binaya etkilmiştir.



Şekil 4.7 G yükünün binaya etkilmesi

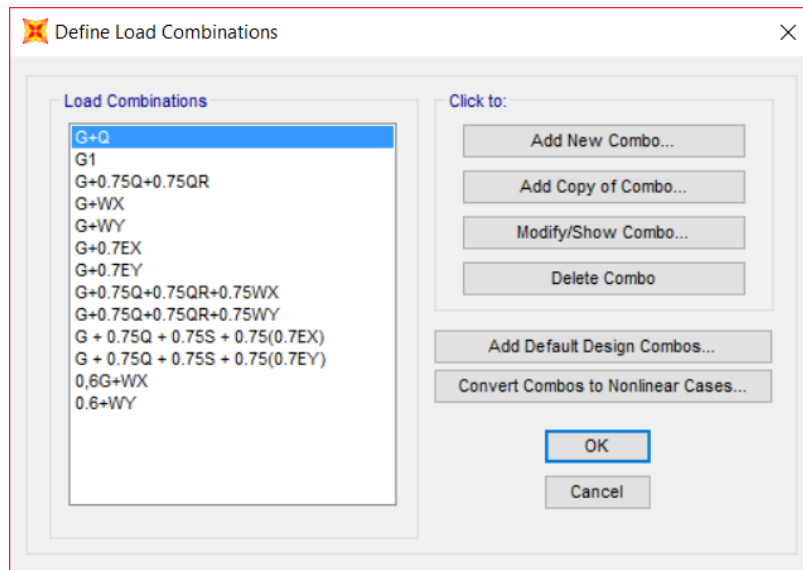


Şekil 4.8. Q yükünün binaya etkilmesi



Şekil 4.9. Duvar yüklerinin binaya etkilmesi

7) Define → load combination seçeneği tıklanarak ASD (GKT) yük kombinasyonları girilmiştir.



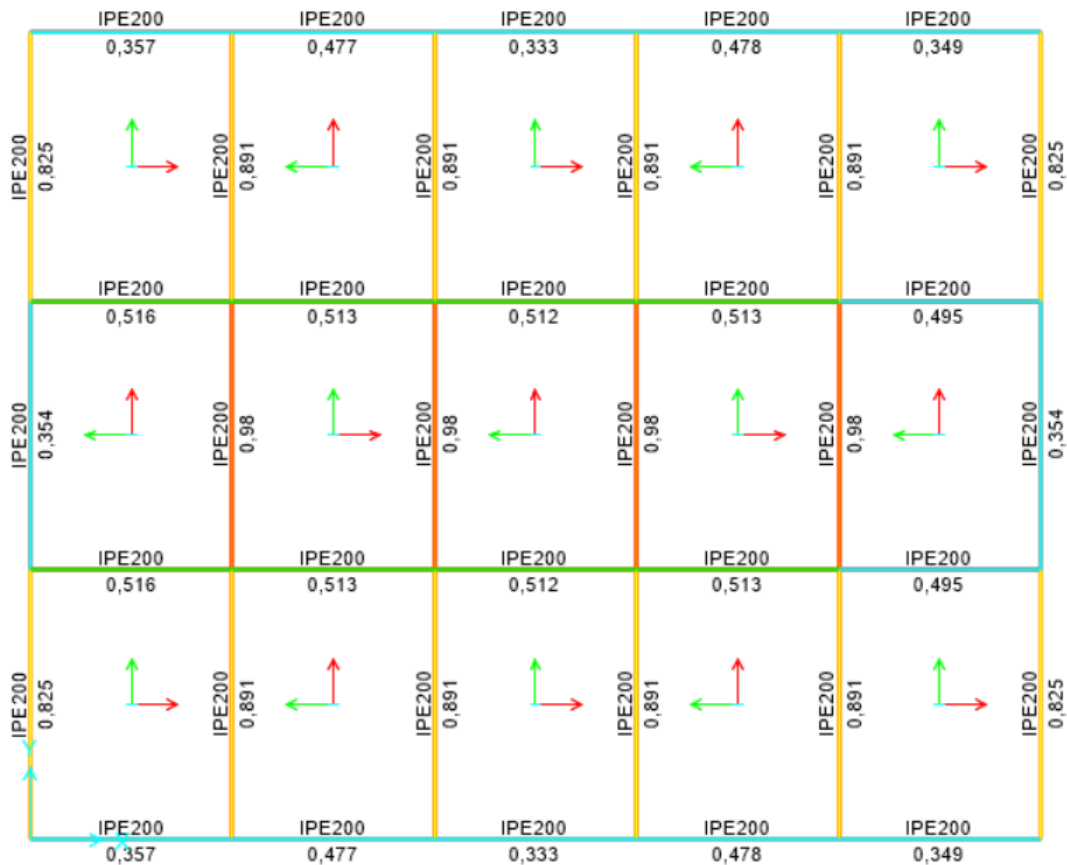
Şekil 4.10. Yük kombinasyonlarının girilmesi

Yük kombinasyonları Çevre Şehircilik Bakanlığının “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik Hakkında” isimli uygulama kılavuzundan yararlanarak oluşturulmuştur.

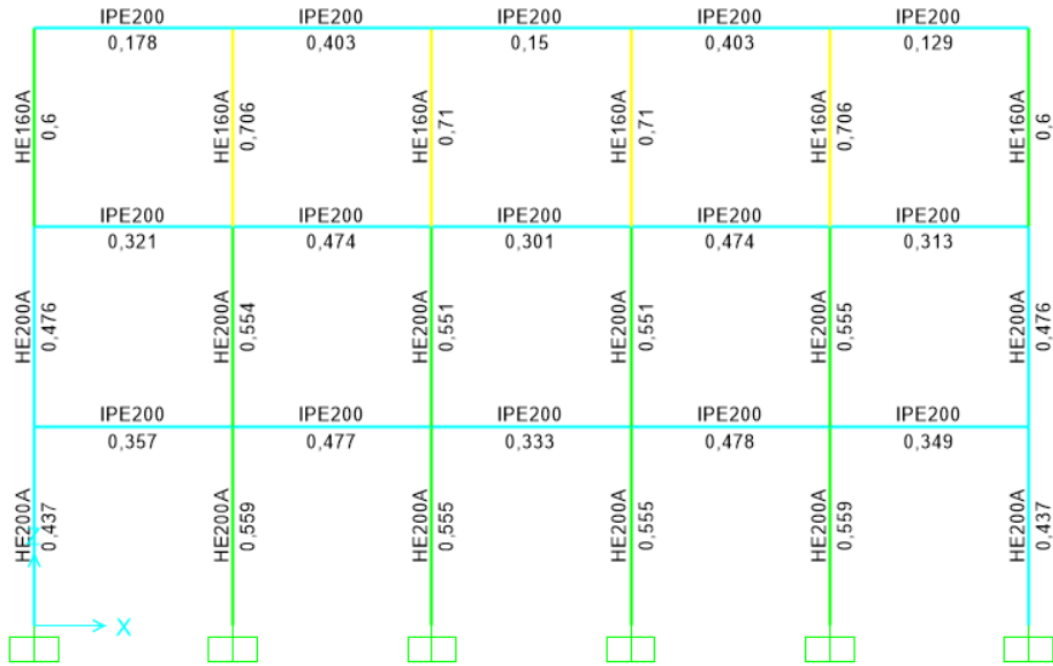
8) analyze → run analysis → run now seçeneği tıklanarak bina çözümlemesi gerçekleştirilmiştir.

9) Design → Steel Frame Design → View/Revise Preferences seçeneği tıklandı. Ekrana gelen ileti kutusundan → Design Code (yönetmelik) bölümünden AISC-ASD89 seçildi.

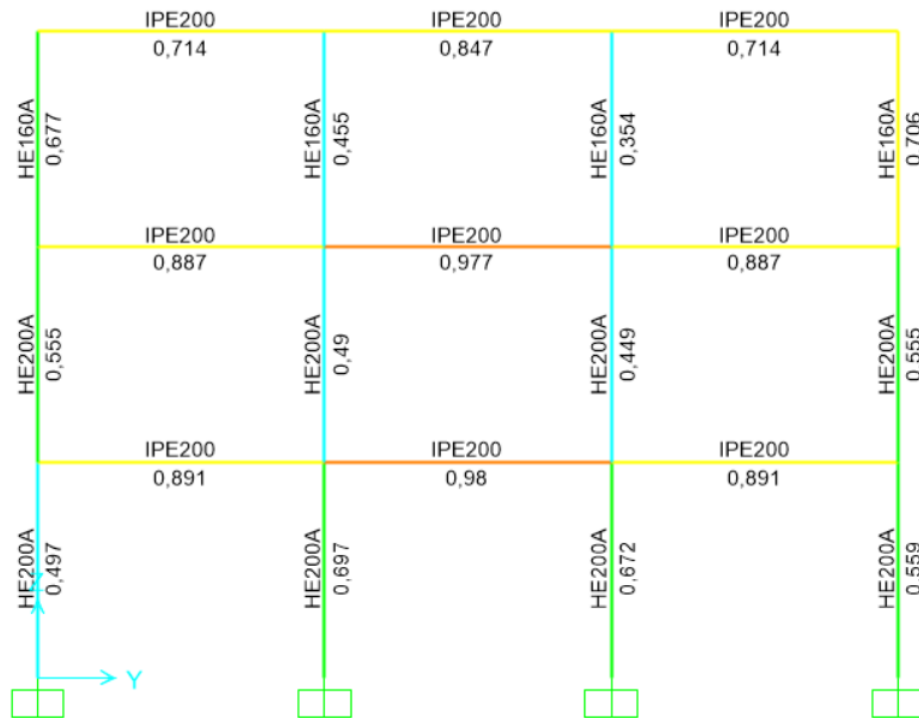
10) Steel Frame Design → Start design/check of structure seçeneğine tıklandı ve dizayn yapıldı. Dizayn sonucu Şekil 4.11 - Şekil 4.13 de verilmiştir.



Şekil 4.11. XY yönü yapı elemanlarının dizayn edilmesi.



Şekil 4.12. XZ yönü yapı elemanlarının dizayn edilmesi



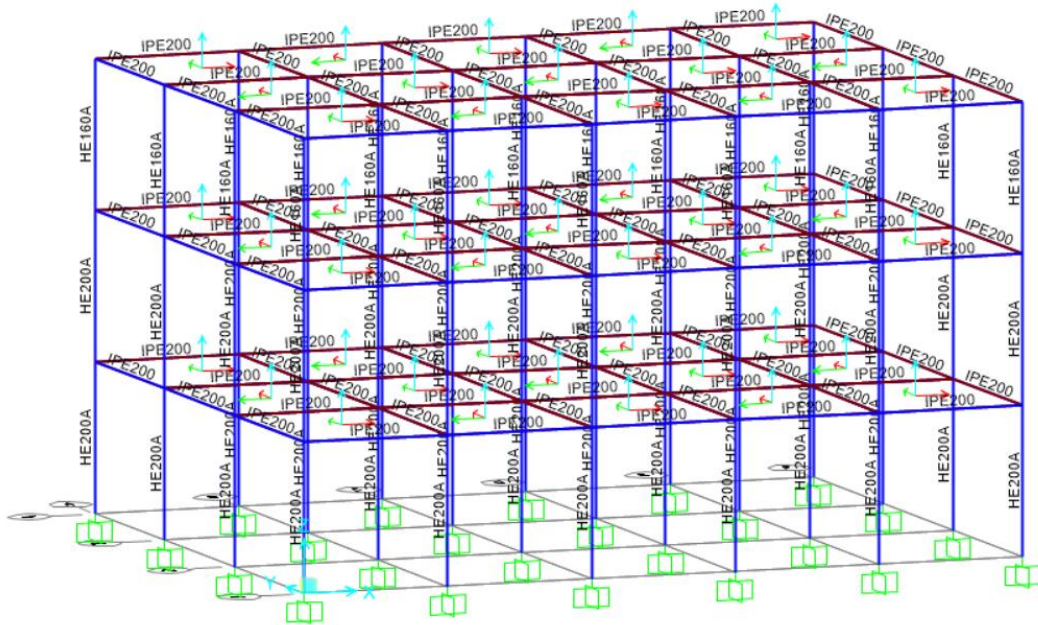
Şekil 4.13. YZ yönü yapı elemanlarının dizayn edilmesi

4.1.4. Çözömlenen binaların yapı elemanlarının dizayn edilmesi

Çözümü gerçekleştirilen bina tiplerinin elemanlarının boyutlandırılması SAP 2000 programında AISC ASD-89 yönetmeliğı kullanılarak yapılmıştır.

Bunun sonucunda modellerimizin çözöümüne, çapraz tipleri kıyaslanacağı için aynı kiriş-kolon ve yükler (Deprem yükü 3 katlı ve 5 katlı sistemler için ayrı ayrı alınmıştır.) dikkate alınarak devam edilmiştir.

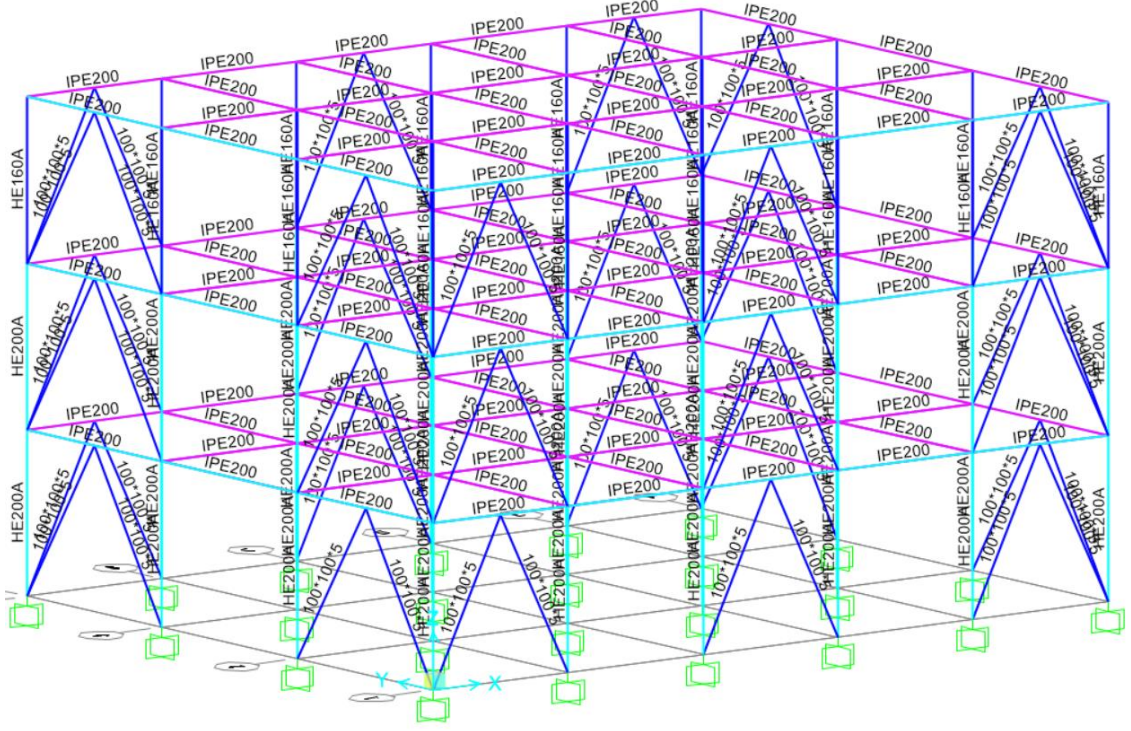
Çizelge 4.1 - Çizelge 4.1 ve Şekil 4.14 – Şekil 4.27 de yapı elemanları için belirlenen profil kesitleri verilmiştir.



Şekil 4.14. Tip 1

Çizelge 4.1. Tip 1 Yapı elemanları

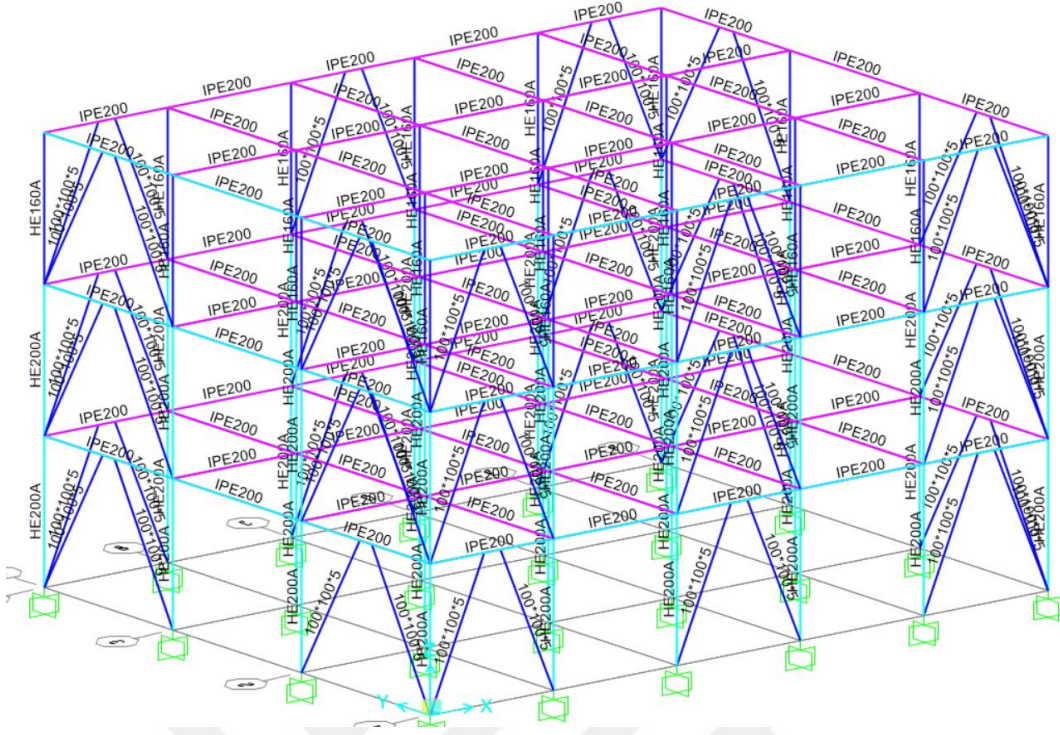
KAT	KOLON	KIRIS	ÇAPRAZ
1	HEA 200	IPE 200	-
2	HEA 200	IPE 200	-
3	HEA 160	IPE 200	-



Şekil 4.15. Tip 2

Çizelge 4.2. Tip 1 Yapı elemanları

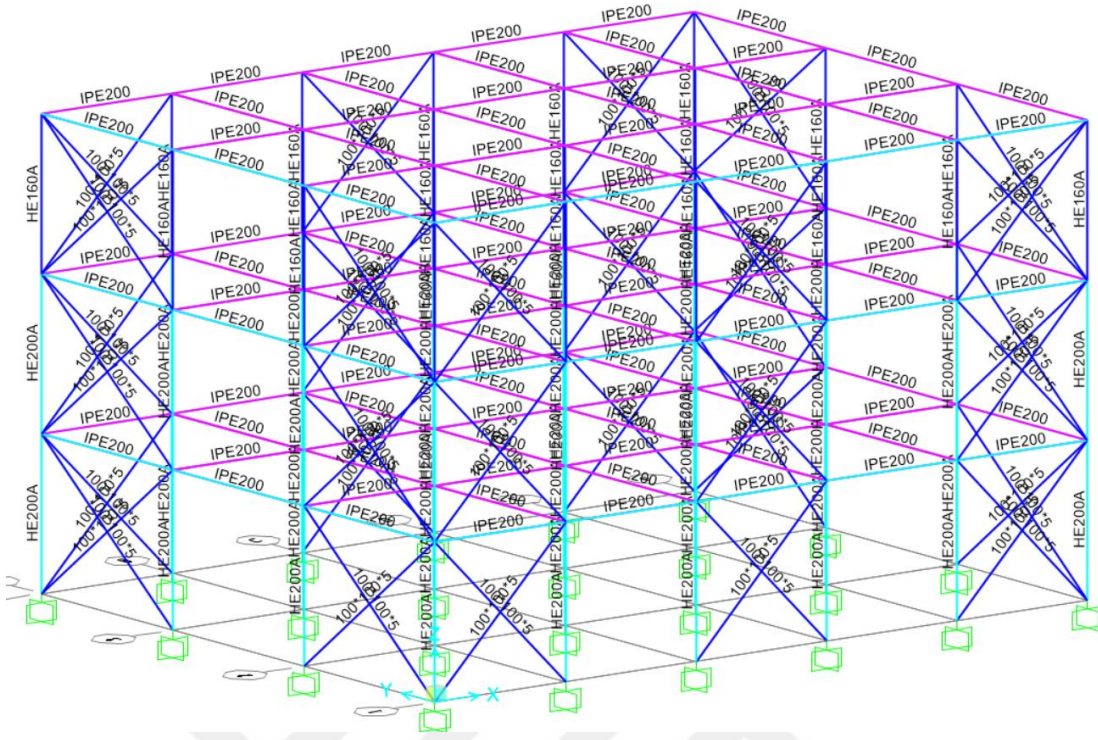
KAT	KOLON	KIRIS	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	TERS V
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	TERS V
3	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	TERS V



Şekil 4.16. Tip 3

Çizelge 4.3. Tip 3 yapı elemanları

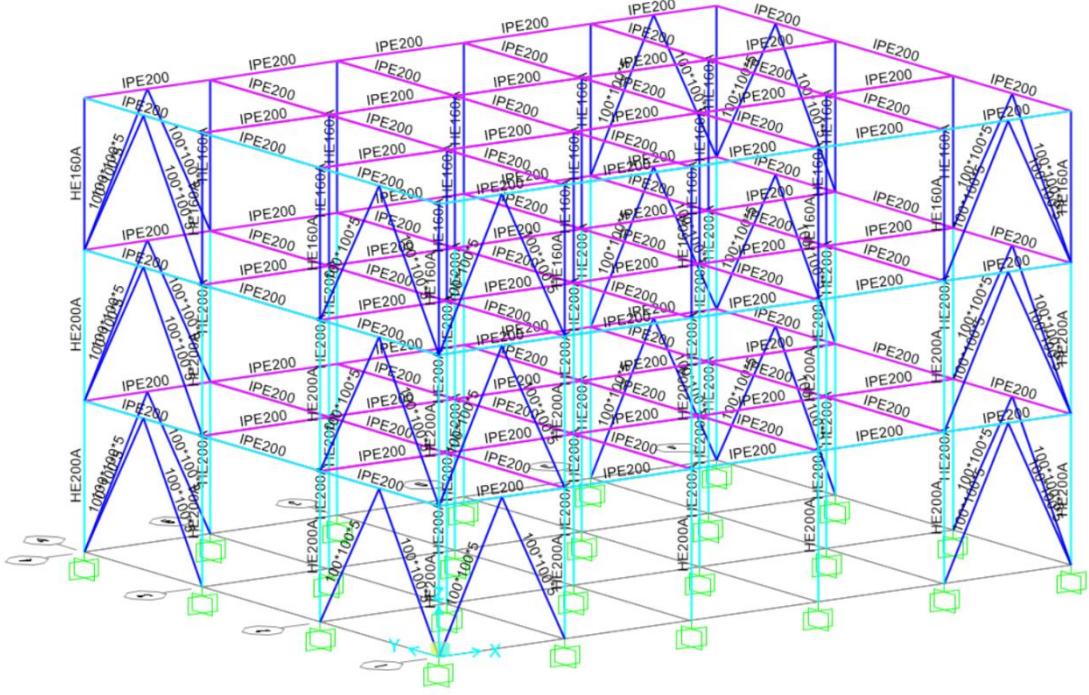
KAT	KOLON	KIRIS	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V
3	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V



Şekil 4.17. Tip 4

Çizelge 4.4. Tip 4 yapı elemanları

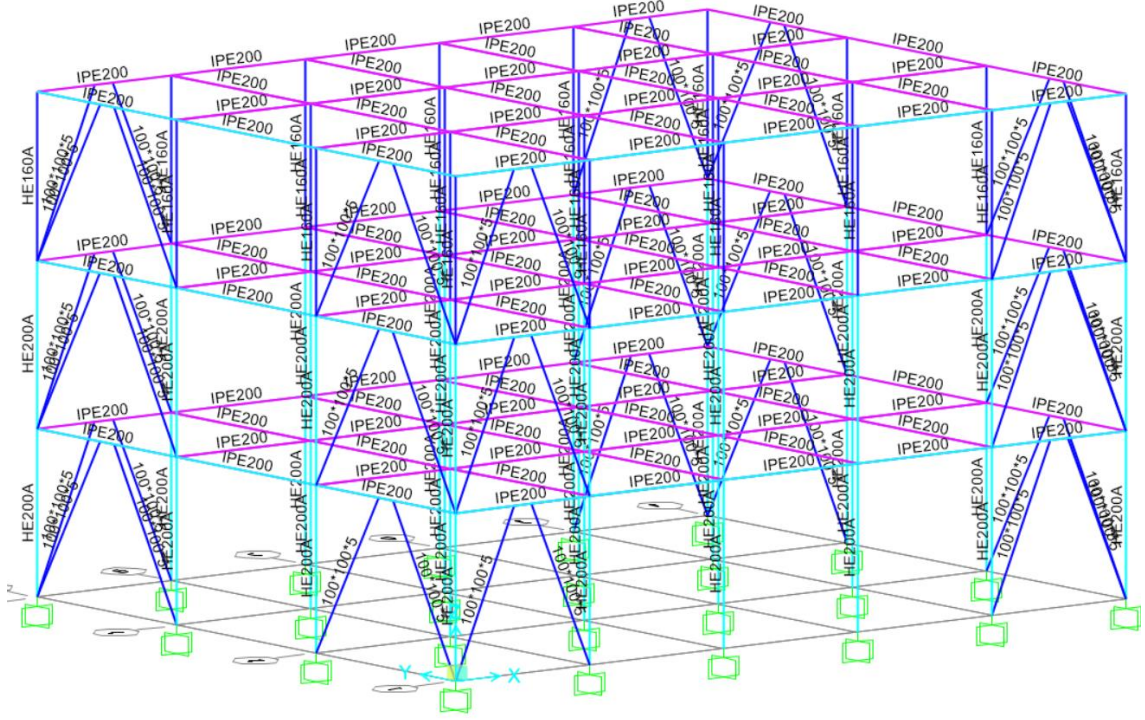
KAT	KOLON	KIRIS	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
3	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	X



Şekil 4.18.Tip 5

Çizelge 4.5. Tip 5 yapı elemanları

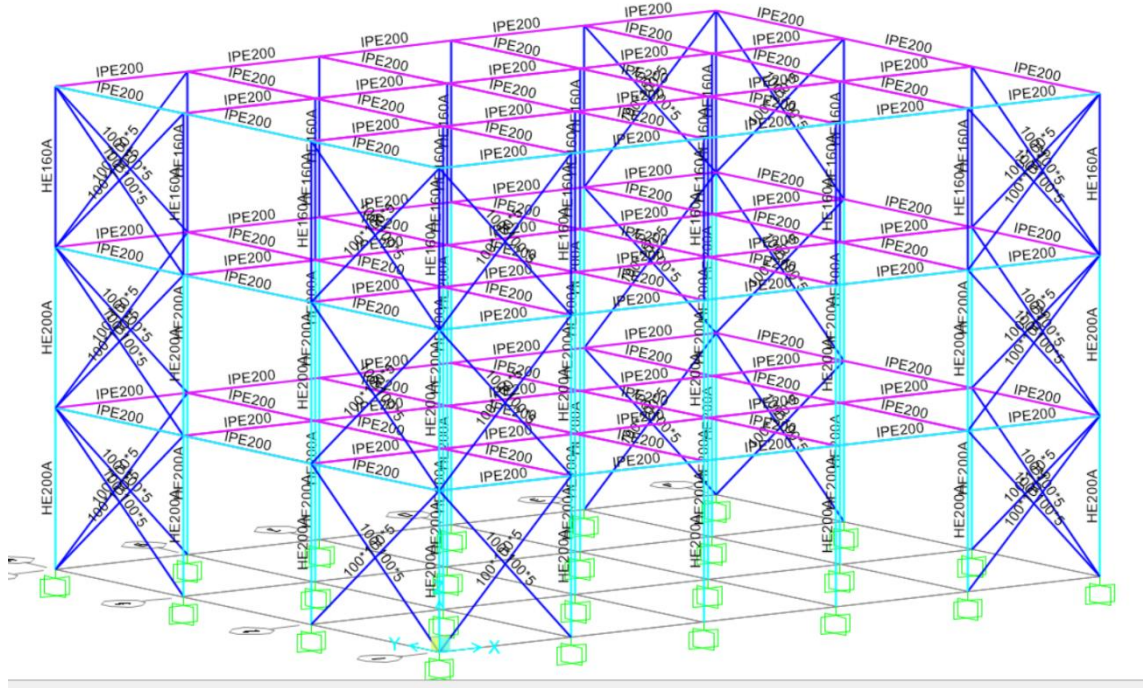
KAT	KOLON	KIRIS	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
3	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V



Şekil 4.19. Tip 6

Çizelge 4.6. Tip 6 yapı elemanları

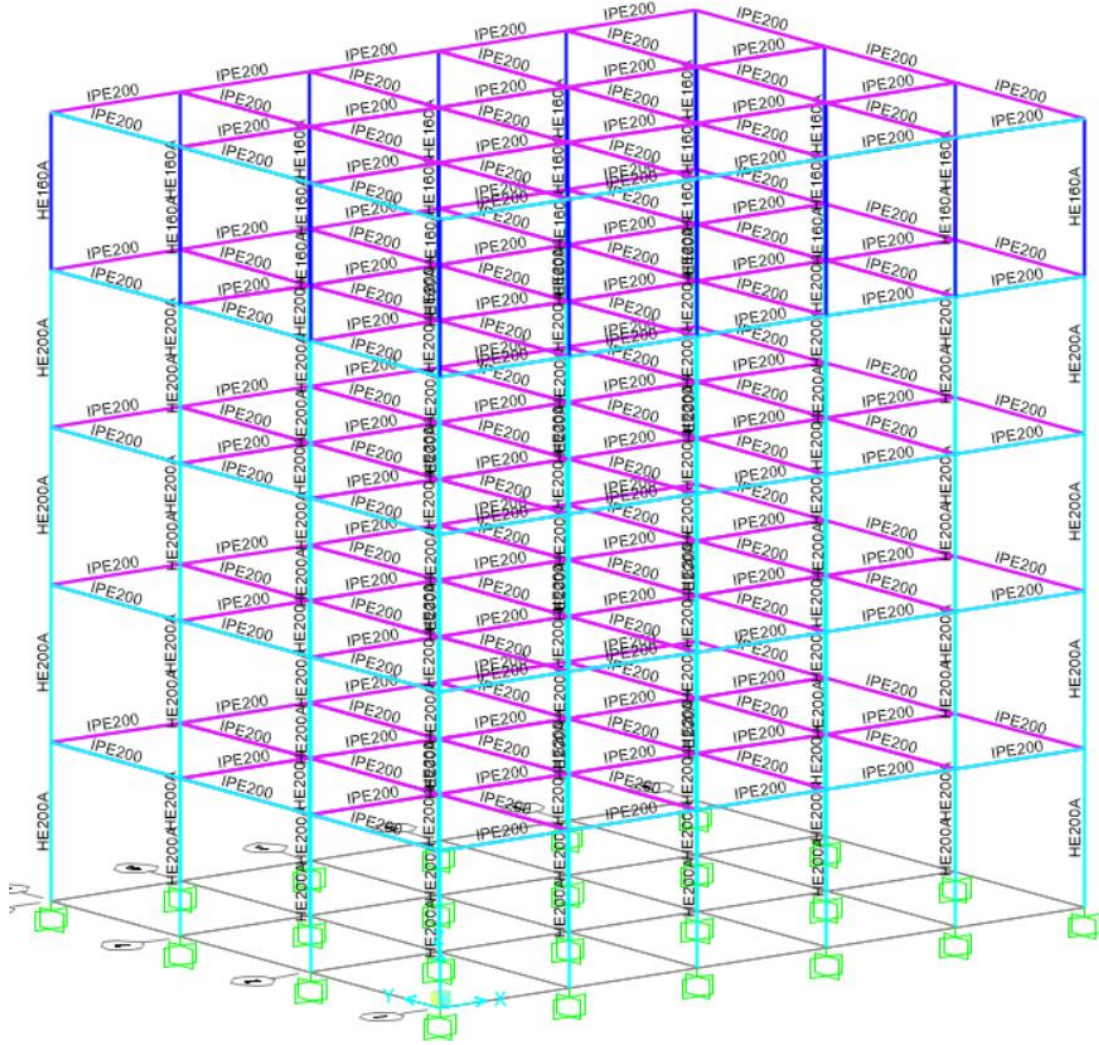
KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V
3	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V



Şekil 4.20. Tip 7

Çizelge 4.7. Tip 7 yapı elemanları

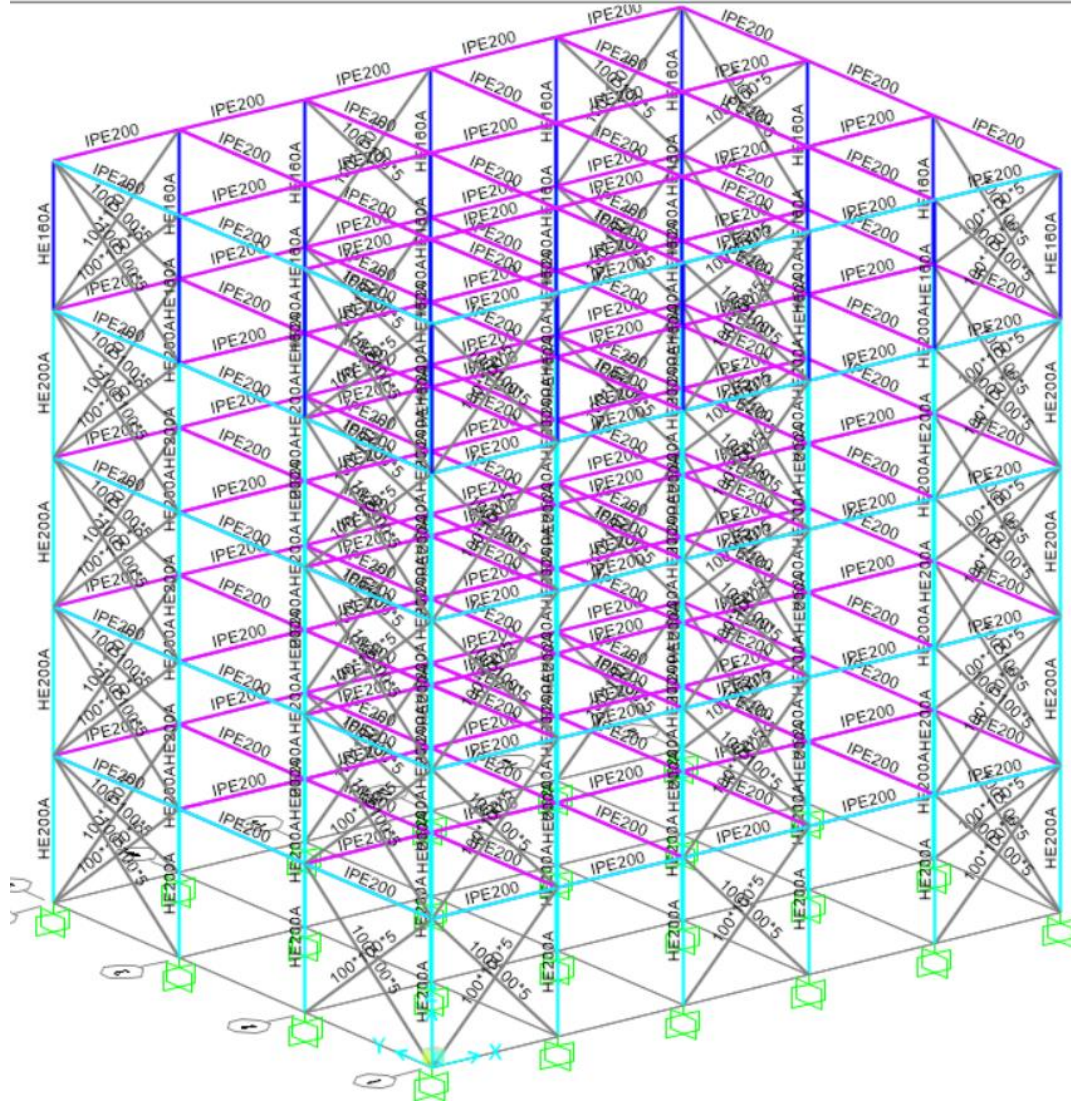
KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
3	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	X



Şekil 4.21. Tip 8

Çizelge 4.8. Tip 8 Yapı elemanları

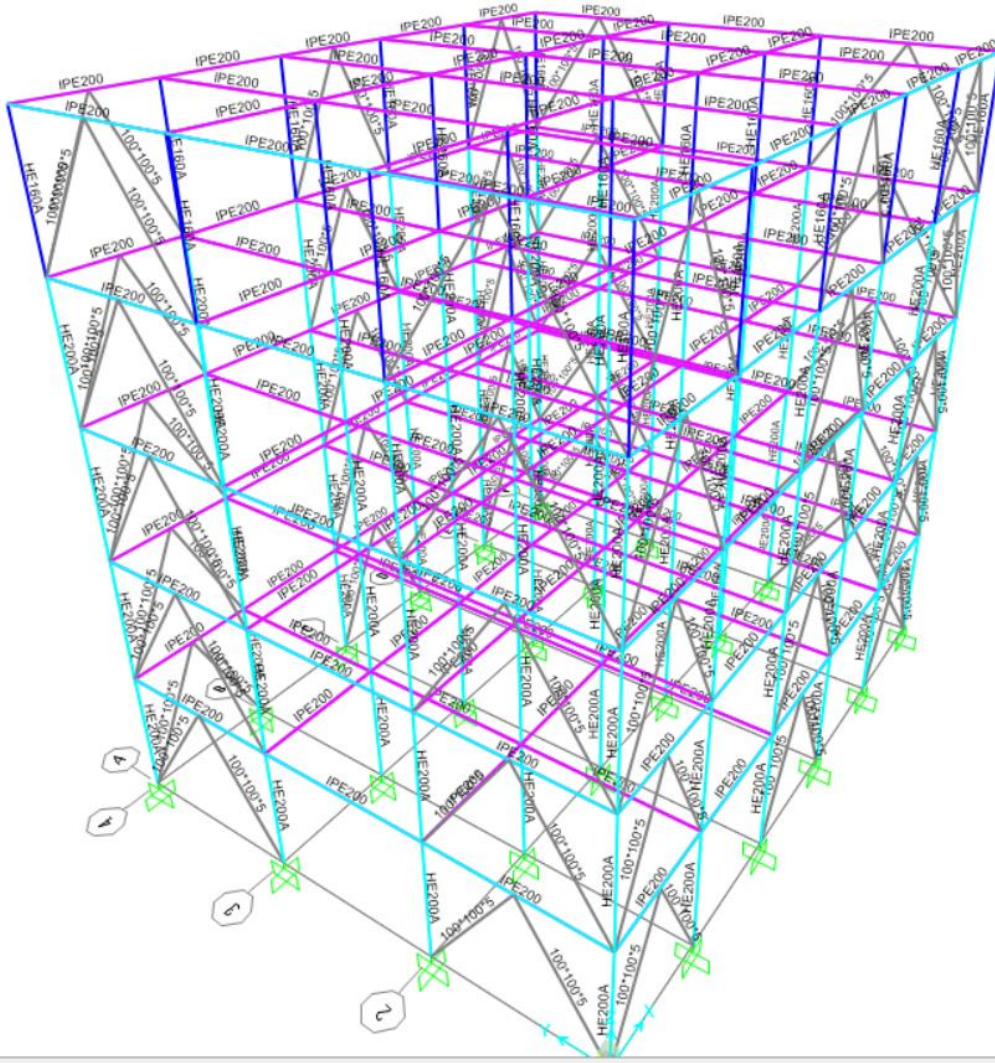
KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	-
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	-
3	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	-
4	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	-
5	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	-



Şekil 4.22. Tip 9

Çizelge 4.9. Tip 9 yapı elemanları

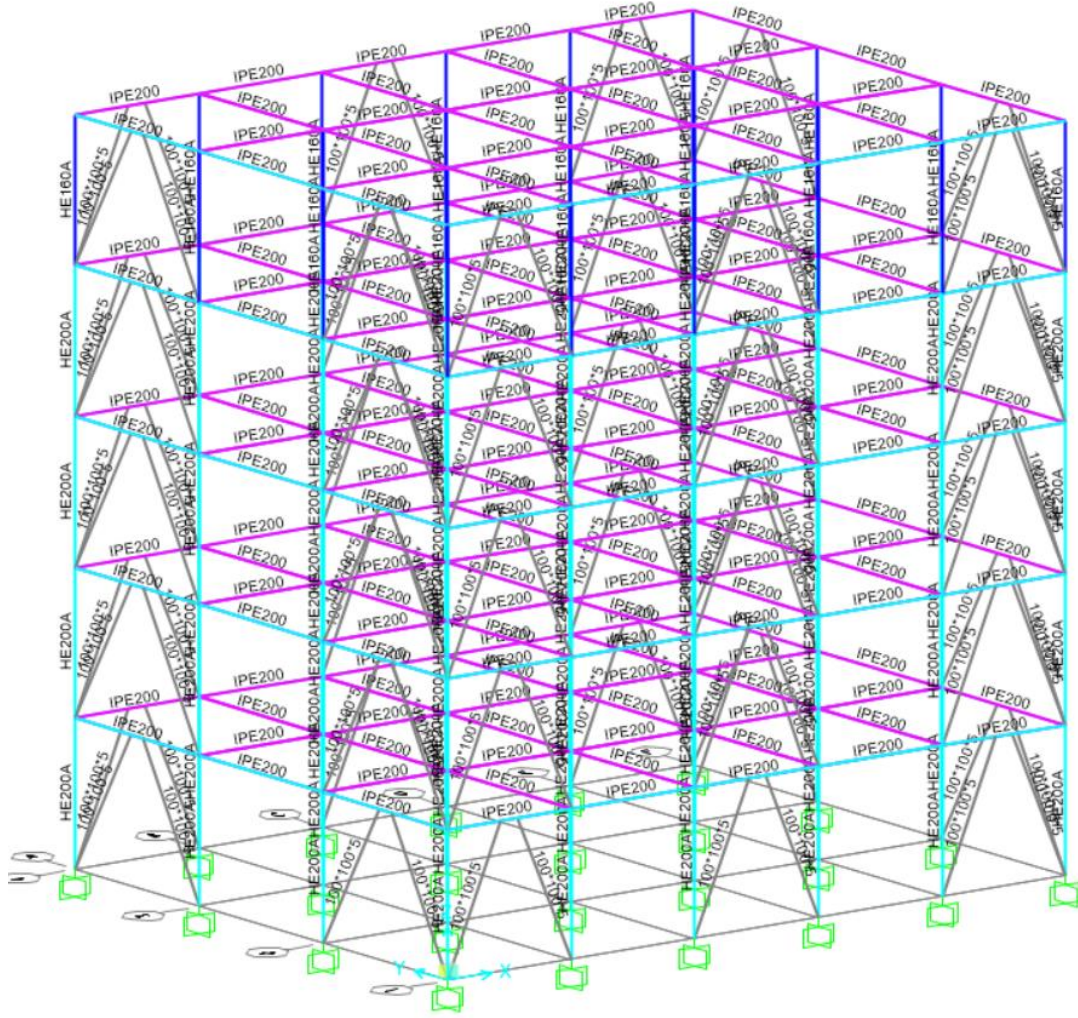
KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
3	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
4	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
5	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	X



Şekil 4.23. Tip 10

Çizelge 4.10. Tip 10 yapı elemanları

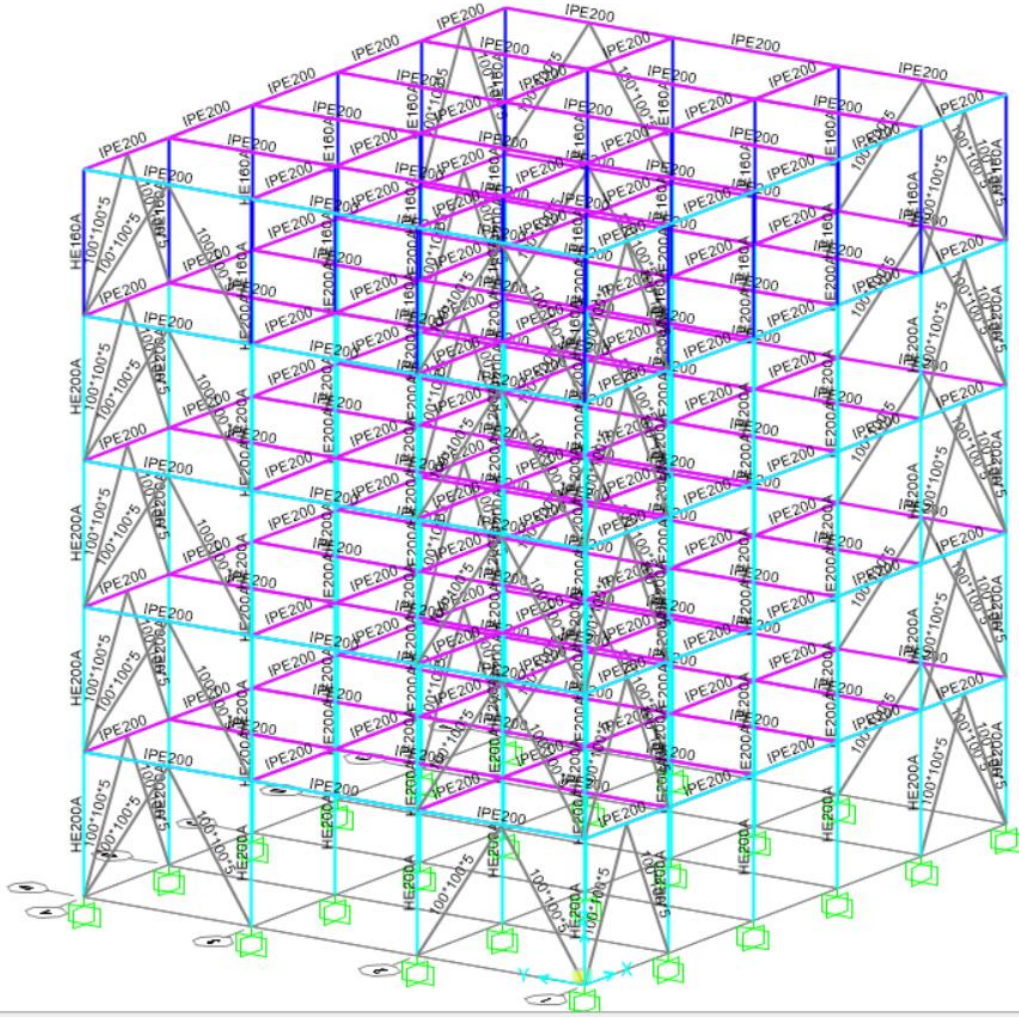
KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
3	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
4	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
5	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V



Şekil 4.24. Tip 11

Çizelge 4.11. Tip 11 yapı elemanları

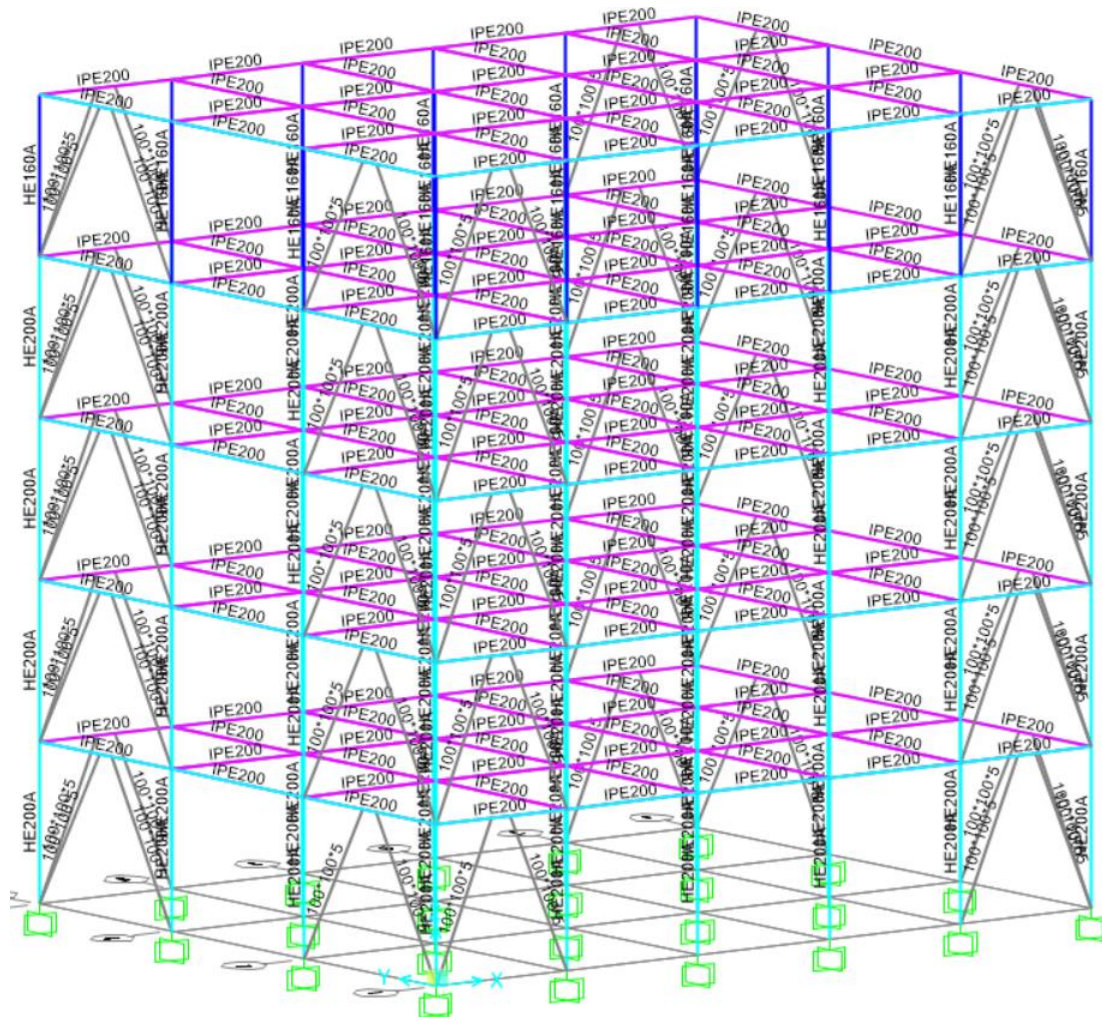
KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V
3	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V
4	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V
5	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	Dış merkez Ters V



Şekil 4.25. Tip 12

Çizelge 4.12. Tip 12 yapı elemanları

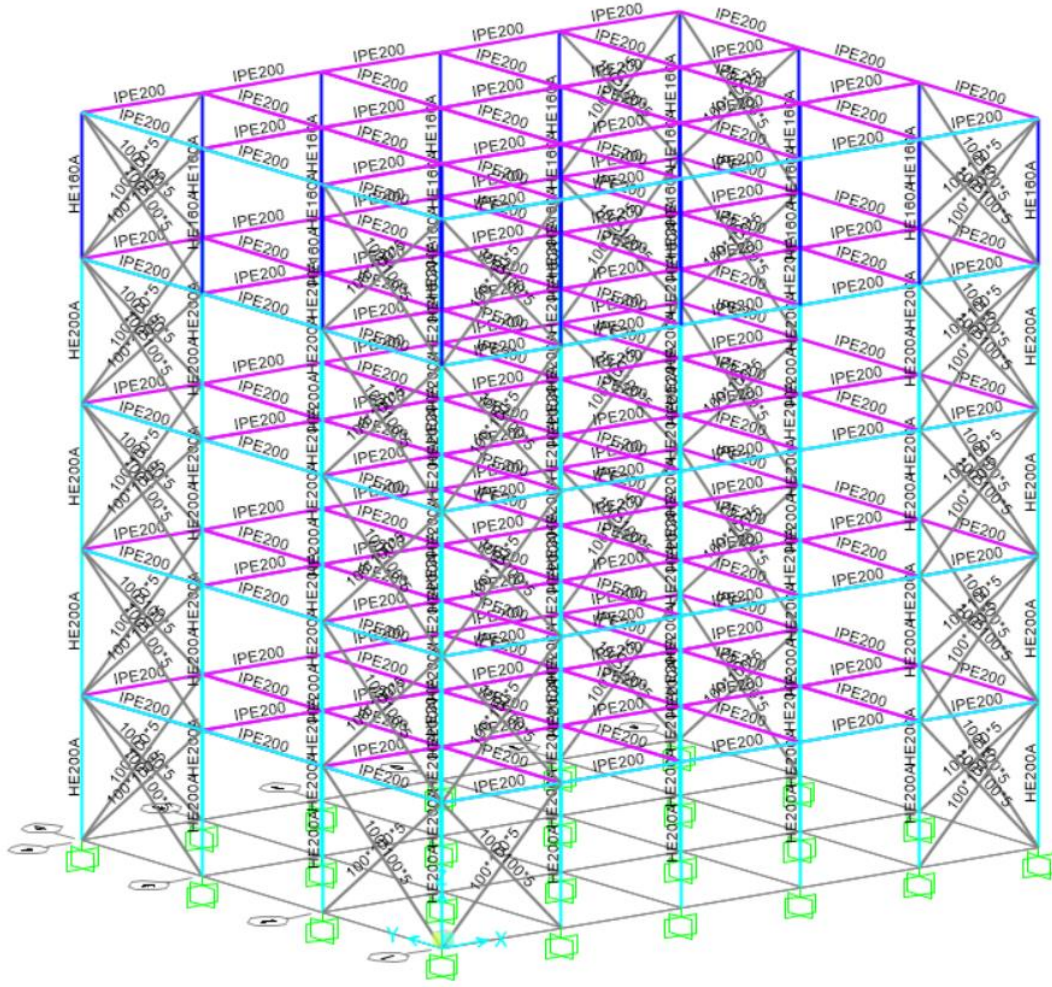
KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇAPRAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
3	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
4	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V
5	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	MERKEZİ TERS V



Şekil 4.26. Tip 13

Çizelge 4.13. Tip 13 yapı elemanları

KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇARPAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	DIŞ MERKEZİ TERS V
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	DIŞ MERKEZİ TERS V
3	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	DIŞ MERKEZİ TERS V
4	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	DIŞ MERKEZİ TERS V
5	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	DIŞ MERKEZİ TERS V



Şekil 4.27. Tip 14

Çizelge 4.14. Tip 14 yapı elemanları

KAT	KOLON	KİRİŞ	ÇAPRAZ	ÇAPRAZ TİPİ
1	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
2	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
3	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
4	HEA 200	IPE 200	100*100*5 □	X
5	HEA 160	IPE 200	100*100*5 □	X

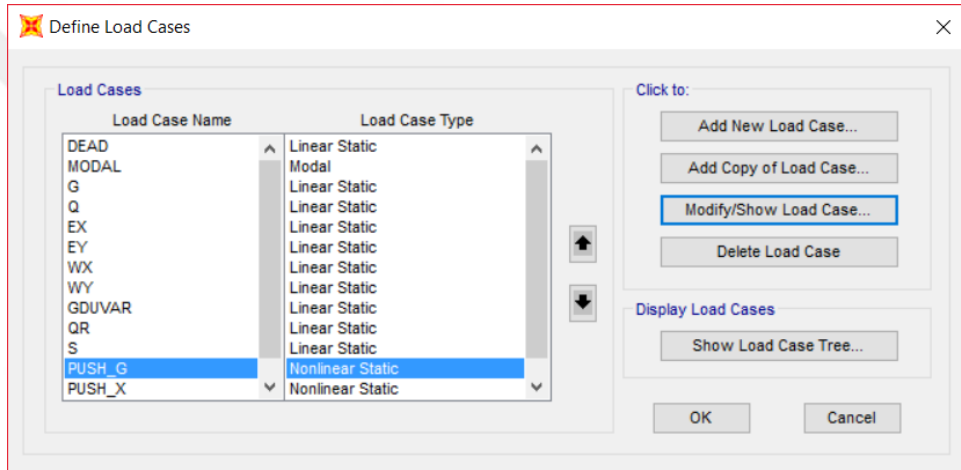
4.2. SAP 2000 Programında Statik İtme Analizinin Yapılması

Bölüm 4.1 de dizaynı yapılan binaların statik itme analizi aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Bu analiz SAP 2000 programından yararlanılarak yapılmıştır. Statik itme analizinin tanımı "TİP 9" üzerinde anlatılacaktır.

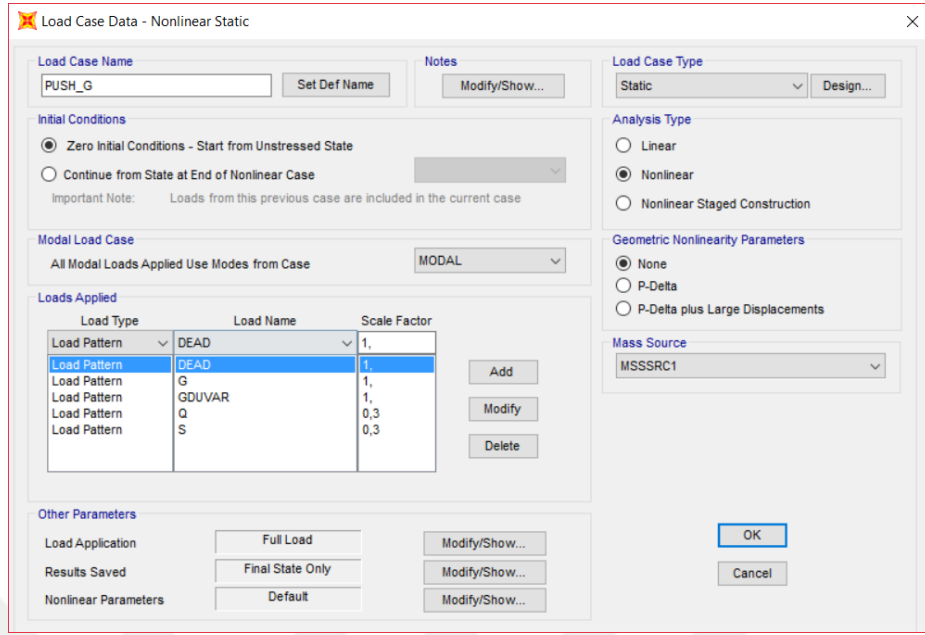
SAP 2000 programında statik itme analizi aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir;

Çözümü tamamlanan çelik binanın statik itme analizi için;

Define → load case → add new load case → load case name "PUSH_G" yazıldı
→ load applied kısmına sabit yükler "1" katsayısı ile hareketli yükler "0.3" katsayısı ile çarpılarak eklenmiştir.



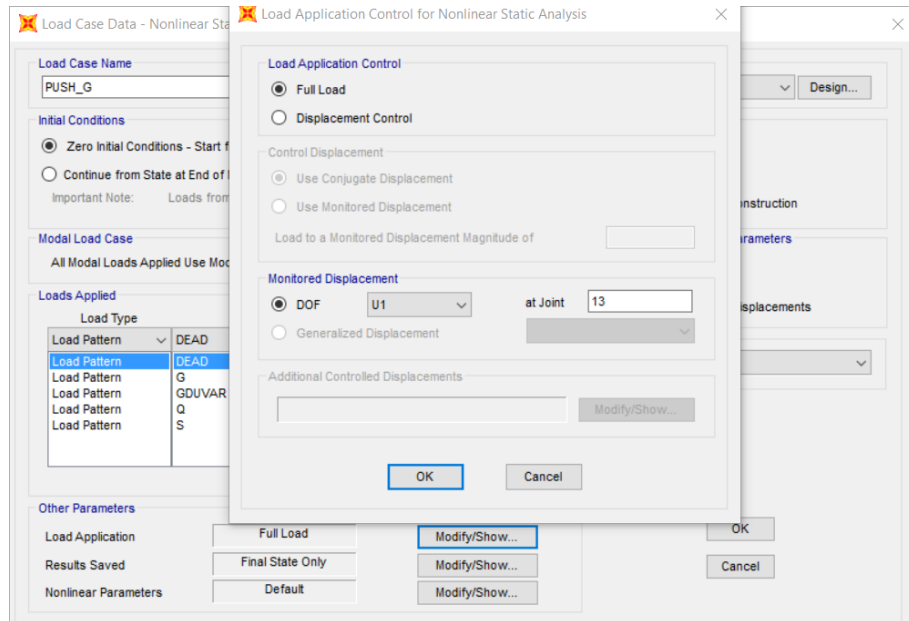
Şekil 4.28. SAP 2000 programında pushover analizin yapılabilmesi "PUSH_G"



Şekil 4.29. SAP 2000 programında pushover analizi adımı “PUSH_G”

Other parameters bölümün de load application bölümü düzenlendi. Karşımıza çıkan pencereden load application seçeneği full load olarak seçildi. Control displacement seçeneği conjugate displacement olarak seçilmiştir.

Monitored displacement bölümünde DOF seçeneği seçildi. Kontrol edilecek nokta olarak tepe noktası olan “13” numaralı nokta seçilmiştir.



Şekil 4.30. SAP 2000 programında pushover analizinin yapımı “PUSH_G”

Load case type “static” olarak seçilmiştir.

Analysis type “nonlinear” olarak seçilmiştir.

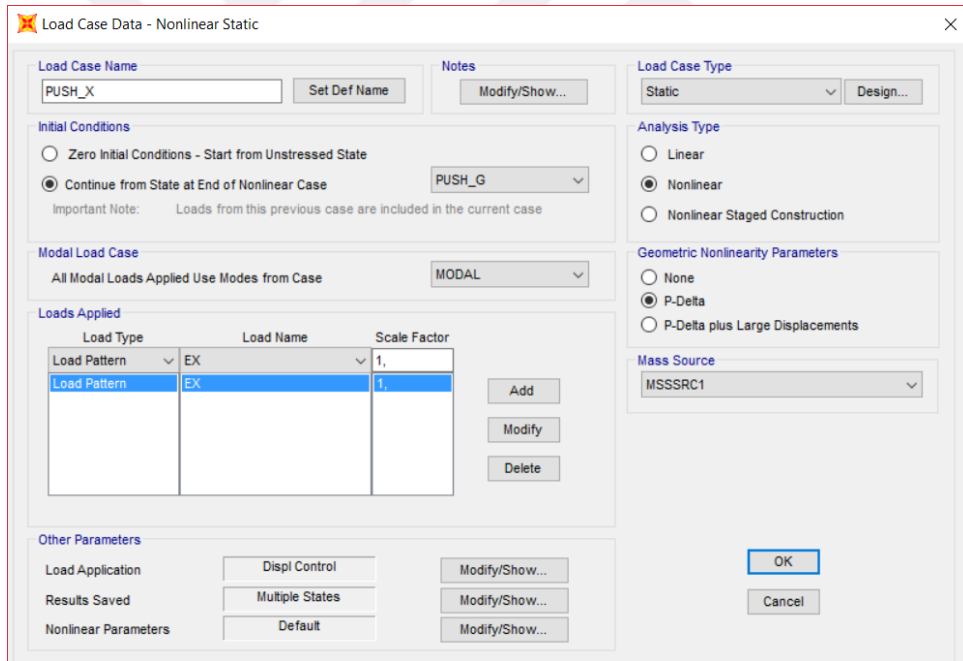
Geometric nonlinearity parameters “none” olarak seçilmiştir.

Bu işlemler gerçekleştirildikten sonra “OK” denilerek “PUSH_G” yüklemesi yapılmıştır.

“PUSH_G” yüklemesi binaya verilecek olan yatay yük için gerekli olan kütleli hesaplamak için oluşturulmuştur.

Sistemimiz 3 boyutlu olduğu için pushover analizine PUSH_X ve PUSH_Y yükleri eklendi. Bu yükler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

Load case seçeneği tıklandıktan sonra add new load case seçeneği seçildi. “Continue from state at end of nonlinear case” seçeneği işaretlenerek kayar sekmeden daha önce ayarlanan “PUSH_G” seçeneği seçildi. Bu seçeneğin seçilme sebebi doğrusal olmayan analizin bu yüklemeye ile sınırlandırılmasıdır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31.PUSH_X yüklemesinin gösterimi

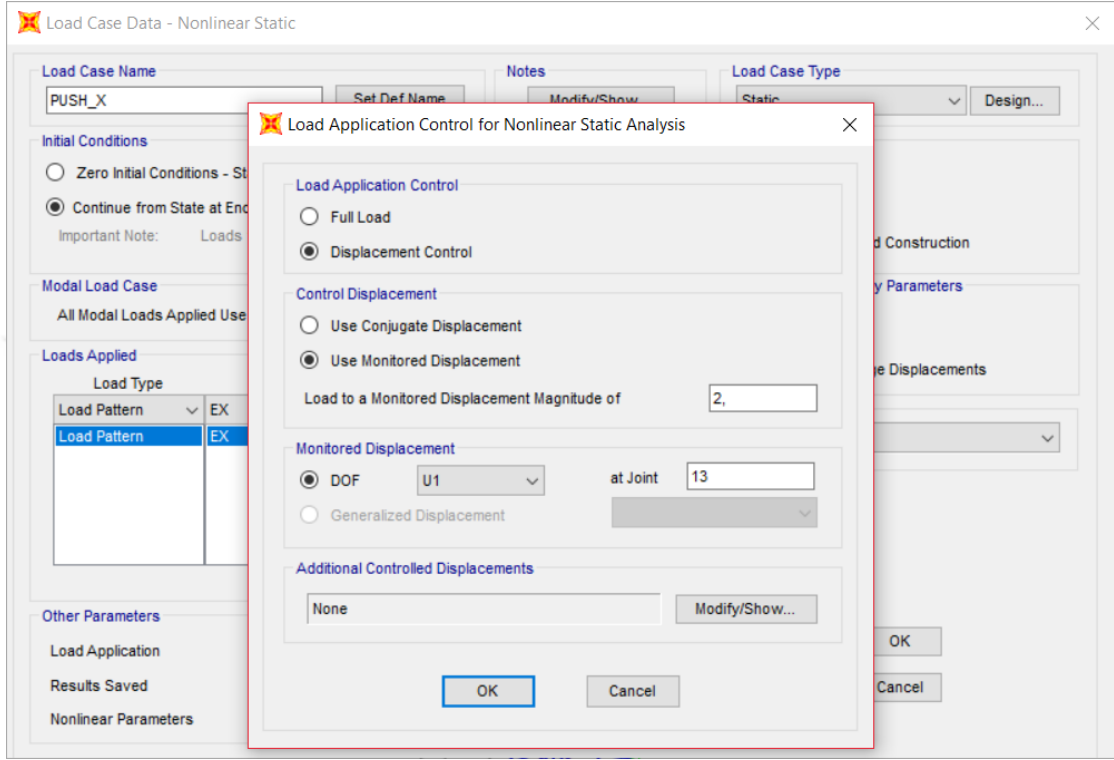
Load type sekmesinden “E_x” seçeneği seçilerek “scale factor” bölümüne “1” yazılmıştır. “PUSH_X” yüklemesinin yönünü belirtmek amacıyla yapılmıştır.

Load application sekmesinde modify seçeneği tıklandıktan sonra ”Load application control“ sekmesinde “displacement control” seçeneği seçilmiştir.

Daha sonra Şekil 4.32 de gibi “control displacement” sekmesinden “use monitored displacement” seçeneği seçilmiştir. “Load to a monitored displacement

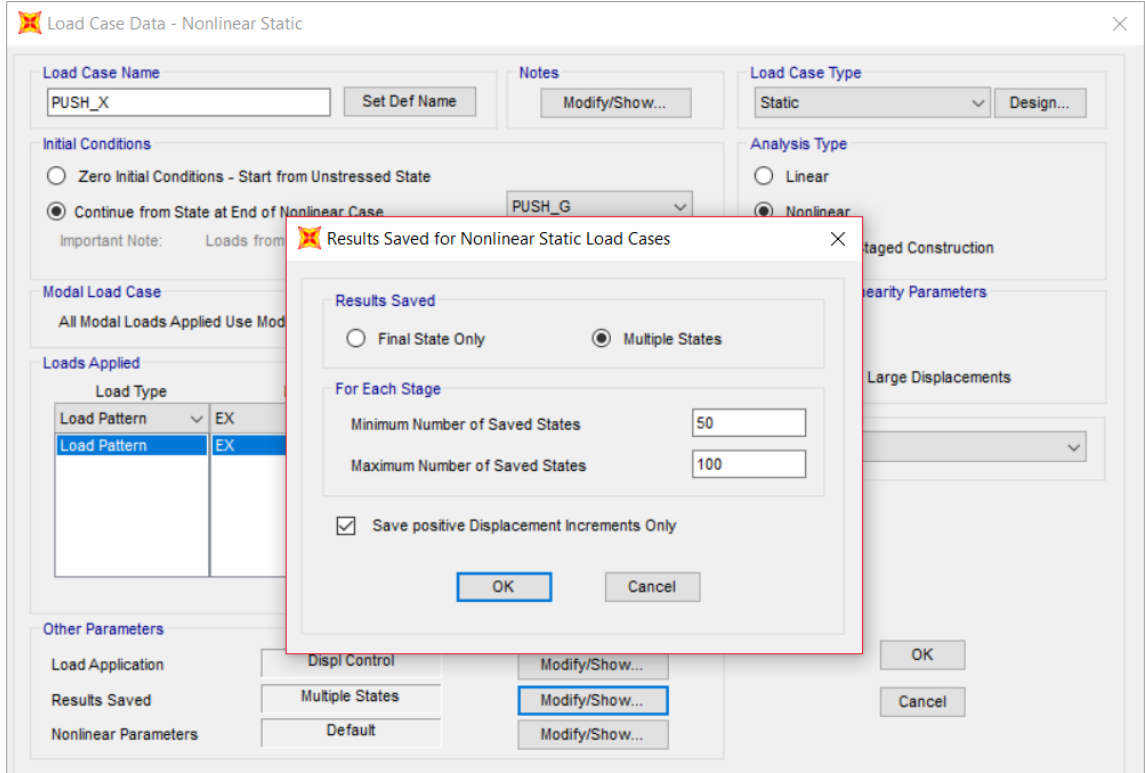
magnitude of seçeneğine 2 (m) yazılmıştır. Bu değer hesaplamalardaki deplasmandan az olmayıp fazla olabilir.

“monitored displacement” sekmesindeki “DOF” seçeneğinde “U1” seçildi ve tepe noktası “13” numaralı joint girildi.



Şekil 4.32. PUSH X yüklemesi kademelerinin gösterimi

- Result saved sekmesinde modify denilerek multiple states kutucuğu işaretlendi.
- Minimum number of states “50” yazıldı.
- Maximum number of saved states “100” yazıldı. (Şekil 4.33.)



Şekil 4.33. PUSH_X yüklemesi kademelerinin gösterimi

Aynı işlemler PUSH_Y yüklemesi için tekrarlandı. Bunun sonucunda sisteme statik itme analizi (push-over) için gerekli yüklemeler yapılmış oldu.

Sistemde kolonlar seçilerek kolonların plastik mafsallık bölgeleri Şekil 4.34 'deki tanımlandı. Bunun için ;

Assign → frame → hinges → add hinges → auto hinges type “ASCE 41-13” seçildi → select a hinge table “Type 9-6 (steel columns – flexure)” seçildi. → degree of freedom “ P-M2-M3” seçildi.

The dialog box 'Auto Hinge Assignment Data' is shown with the following settings:

- Auto Hinge Type:** From Tables In ASCE 41-13
- Select a Hinge Table:** Table 9-6 (Steel Columns - Flexure)
- Degree of Freedom:**
 - M2
 - M3
 - M2-M3
 - P-M2
 - P-M3
 - P-M2-M3
 - Parametric P-M2-M3
- Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity:**
 - Drops Load After Point E
 - Is Extrapolated After Point E
- Force Controlled Hinge Load Carrying Capacity:**
 - Hinge Drops Load When Max Force Is Reached

Buttons: OK, Cancel

Şekil 4.34. Kolonların plastik mafsalları tanımlanmasının yapıldığı ekran görüntüsü

Kolonların tanımlamaları tamamlandıktan sonra kirişler seçildi. Kirişlerin plastik mafsalları Şekil 4.35 deki tanımlandı. Bunun için ;

Assign→frame→hinges→add hinge→auto hinge type “ From tables in ASCE 41-13 “ seçildi. →select a hinge table “ Table 9-6 (steel beams- flexure) seçildi. →degree of freedom “M3” olarak seçildi.

The dialog box 'Auto Hinge Assignment Data' is shown with the following settings:

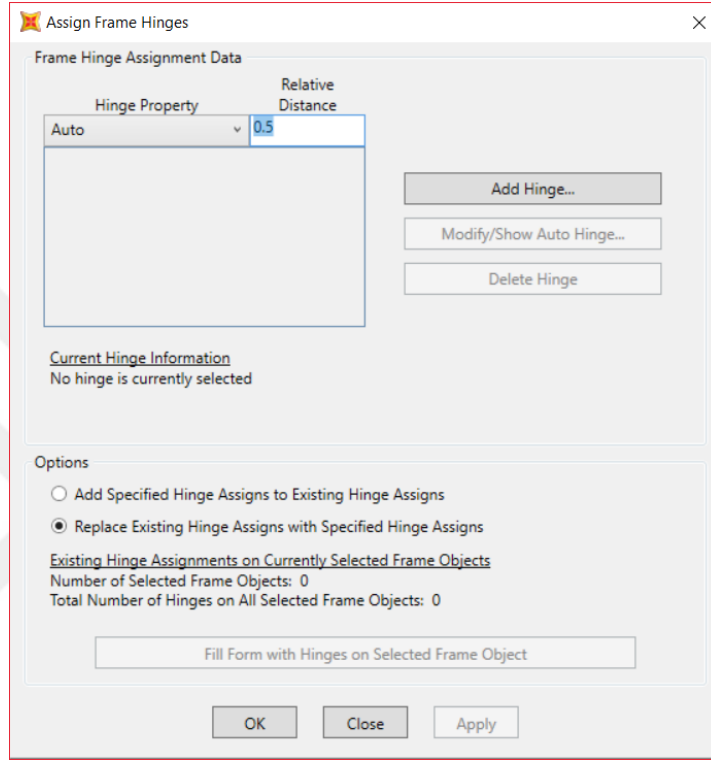
- Auto Hinge Type:** From Tables In ASCE 41-13
- Select a Hinge Table:** Table 9-6 (Steel Beams - Flexure)
- Degree of Freedom:**
 - M2
 - M3
- Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity:**
 - Drops Load After Point E
 - Is Extrapolated After Point E

Buttons: OK, Cancel

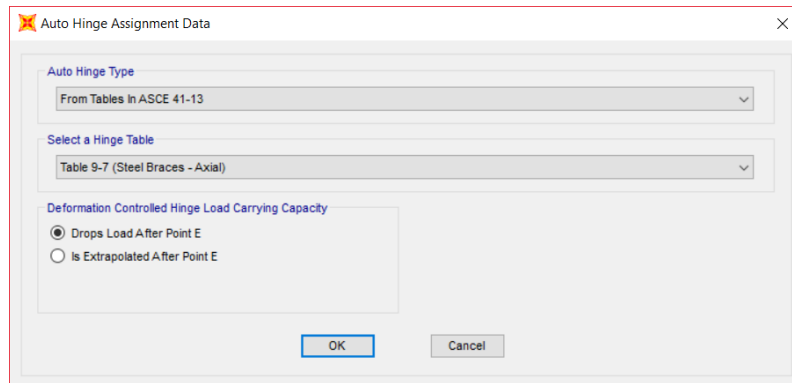
Şekil 4.35. Kirişlerin plastik mafsalları tanımlanmasının yapıldığı ekran görüntüsü

Kirişlerin plastik mafsalsal tanımlaması yapıldıktan sonra çapraz elemanlar için plastik mafsalsal tanımlaması Şekil 4.36 – Şekil 4.37. deki gibi yapıldı. Bunun için ;

Assign→frame→hinges→relative distance “0.5” yazılarak add hinge tıklanır. →auto hinge type “ From Tables in ASCE 41-13 “ seçildi. →select a hinge table “ Table 9-6 (steel brace – Axial) “ seçildi.



Şekil 4.36. Çapraz elemanların mafsalsal bölgelerinin tanımlanması



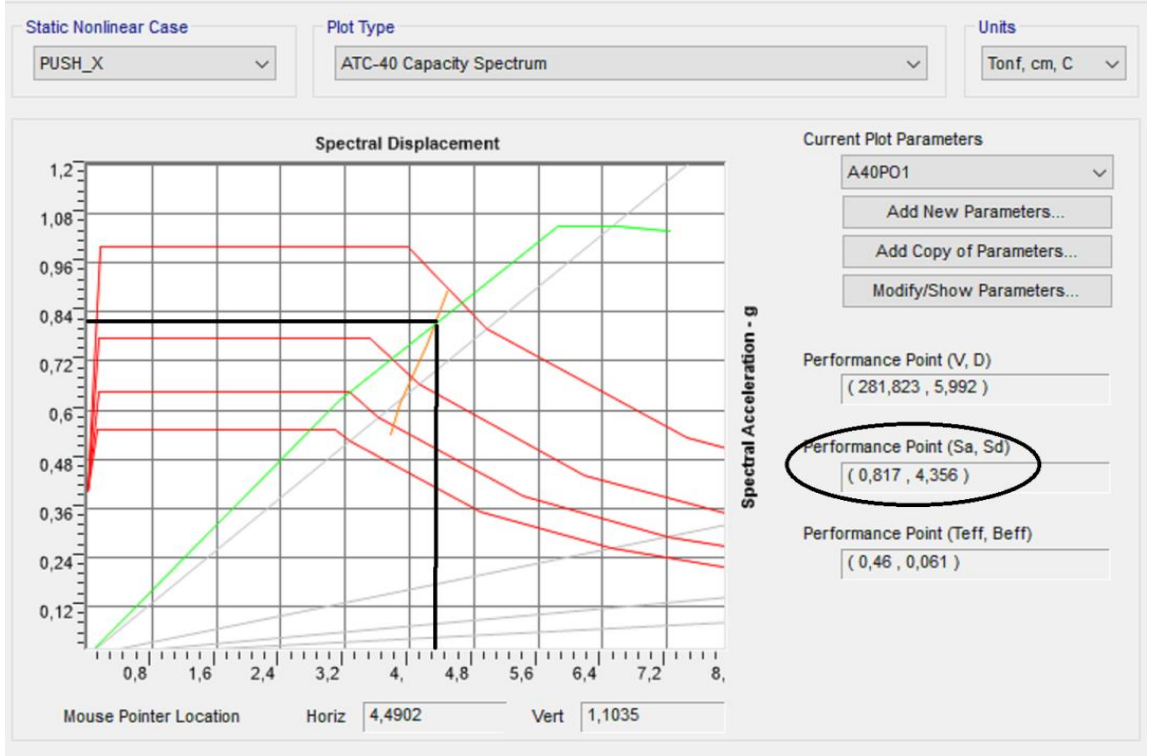
Şekil 4.37. Çapraz elemanlarının plastik mafsalsal yönetmeliklerinin seçilmesi

Push-over analiz için gerekli düzenlemeler SAP 2000 programında yapıldıktan sonra tekrar çözüm yapıldı.

Bu çözümler sonucunda 14 tip binanın taban kesme kuvveti ve tepe noktası yer değiştirme değerleri (Şekil 4.38 - Şekil 4.41) incelendi. Ayrıca kapasite eğrileri incelendi.

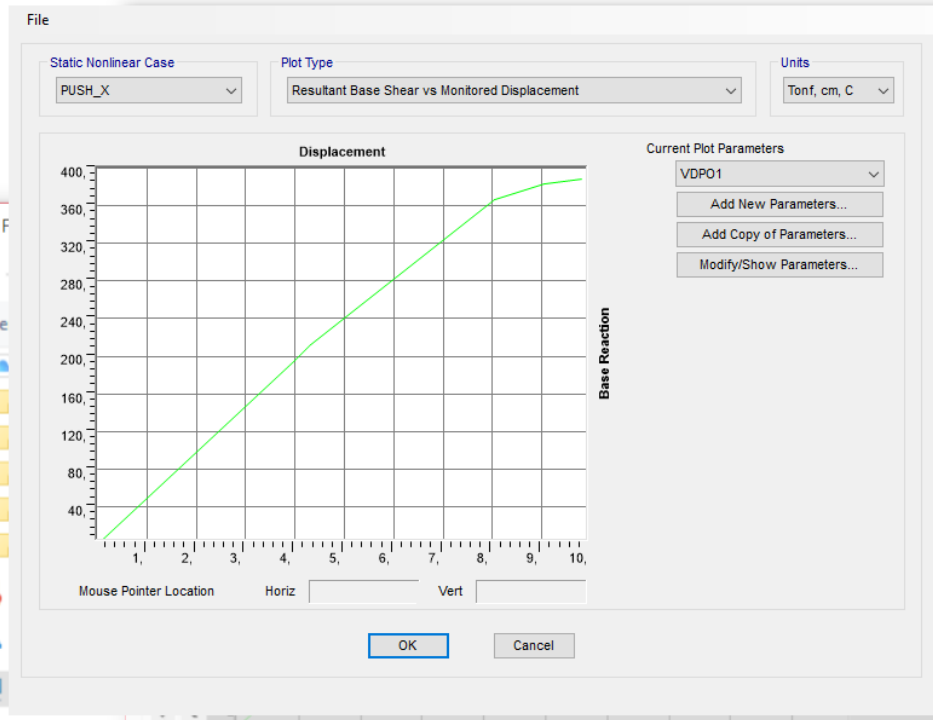
Analiz sonucunda eğriler için ;

Display → Show static pushover curve

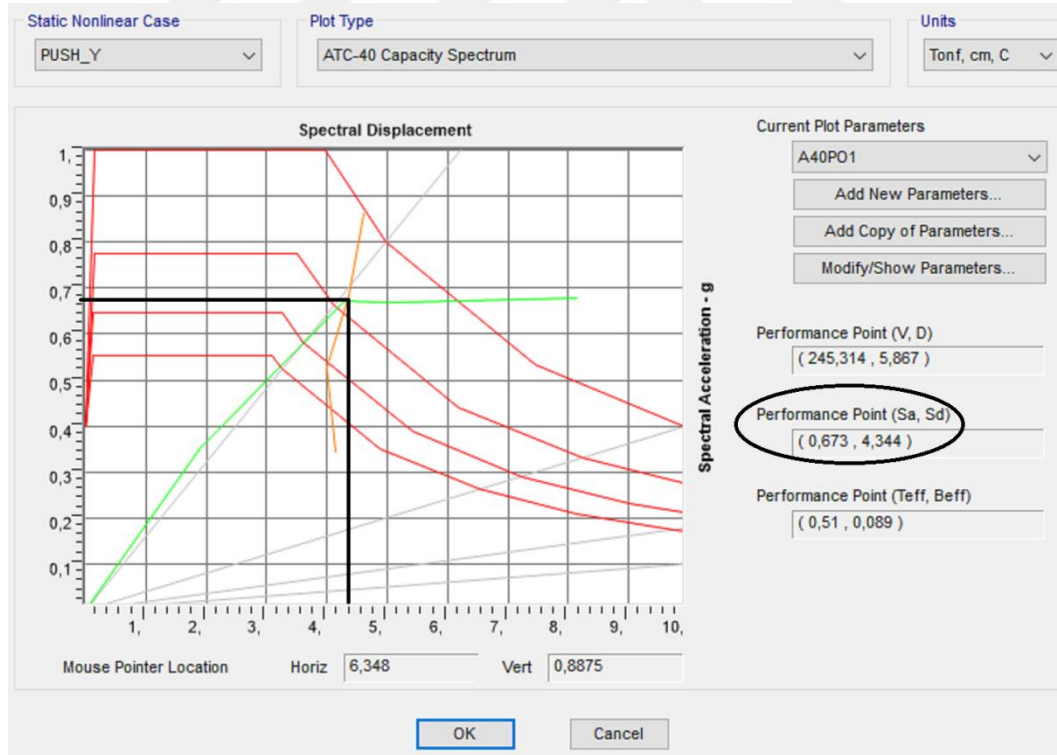


Şekil 4.38. “Tip 9” X yönünde ATC-40 a göre kapasite eğrisi

Şekil 4.38 de gösterildiği gibi, X yönündeki performans noktası için talep spektrumu grafiği taban kesme kuvveti grafiği ile çakıştırılır.

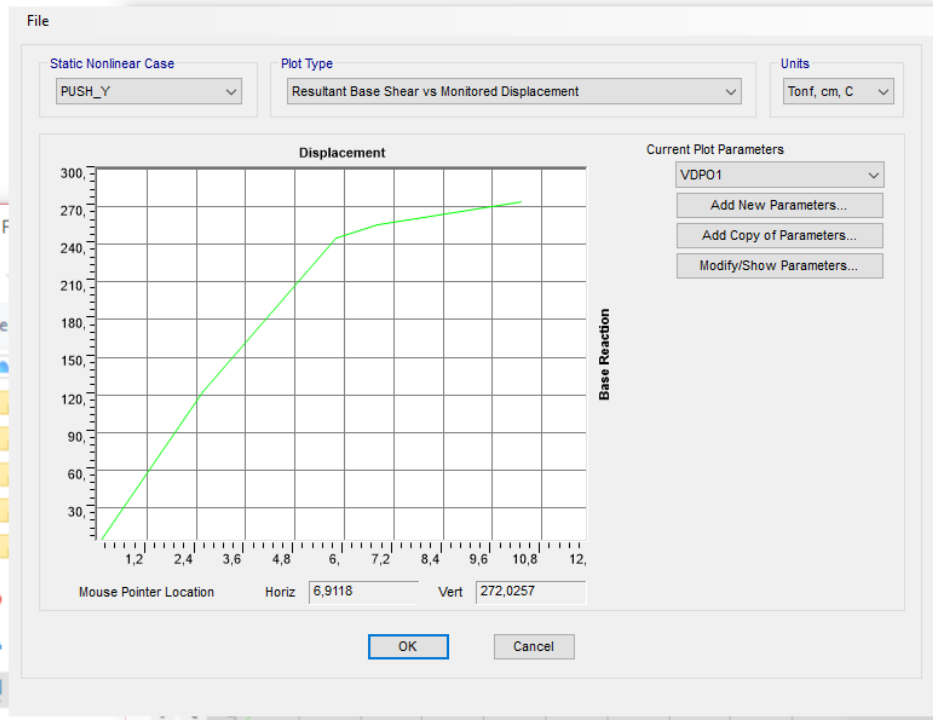


Şekil 4.39. “TİP 9” X yönünde Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.40. “Tıp 9” Y yönünde ATC-40 a göre kapasite eğrisi

Şekil 4.40 da gösterildiği gibi, Y yönündeki performans noktası için talep spektrumu grafiği taban kesme kuvveti grafiği ile karşılaştırılır.



Şekil 4.41. “TİP 9” Y yönünde Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1. Çözümü Yapılan Yapı Sistemlerinin Statik İtme Analiz Sonuçları

4.2.1.1. Tip 1

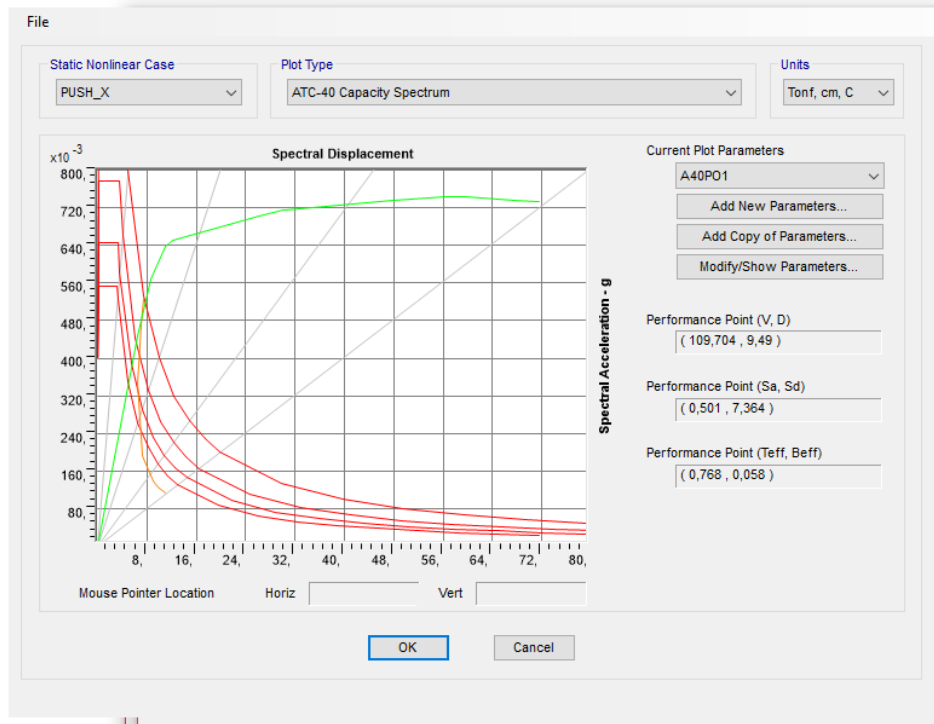
Üç katlı, moment çerçevesi yapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.42 de, Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği Şekil 4.43 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.44 de, Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği Şekil 4.45 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 109,704 ton

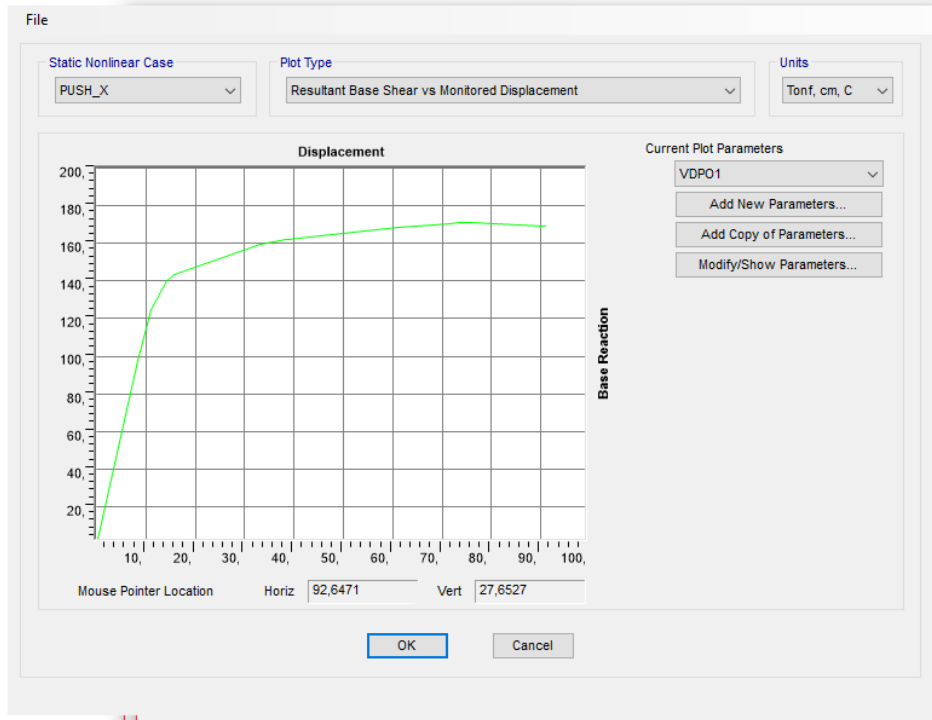
X yönü deplasmanı : 9,49 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 78,906 ton

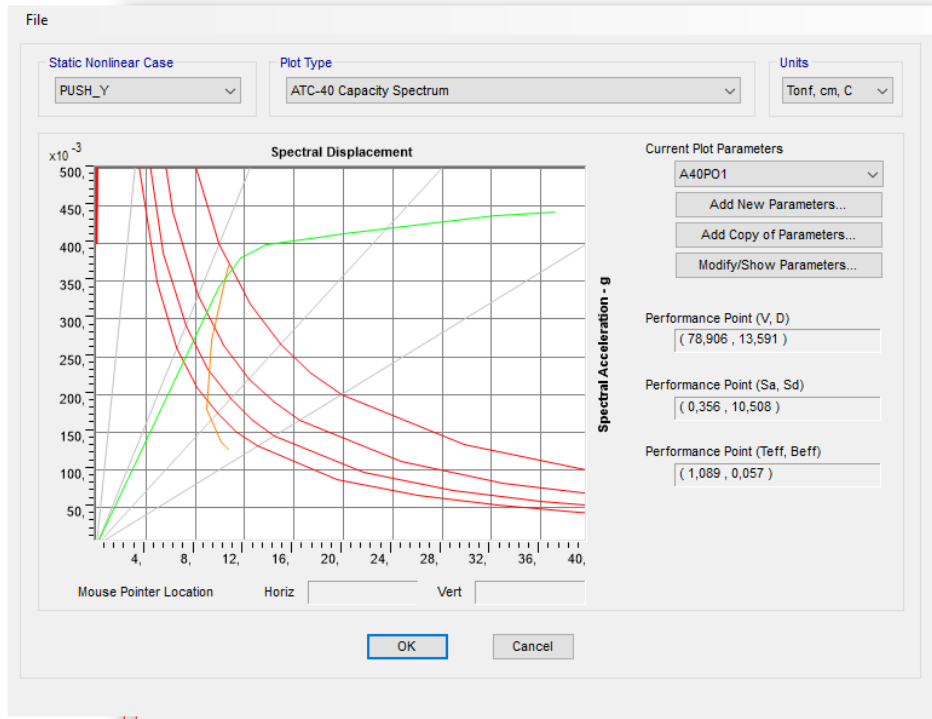
Y yönü deplasmanı : 13,591 cm



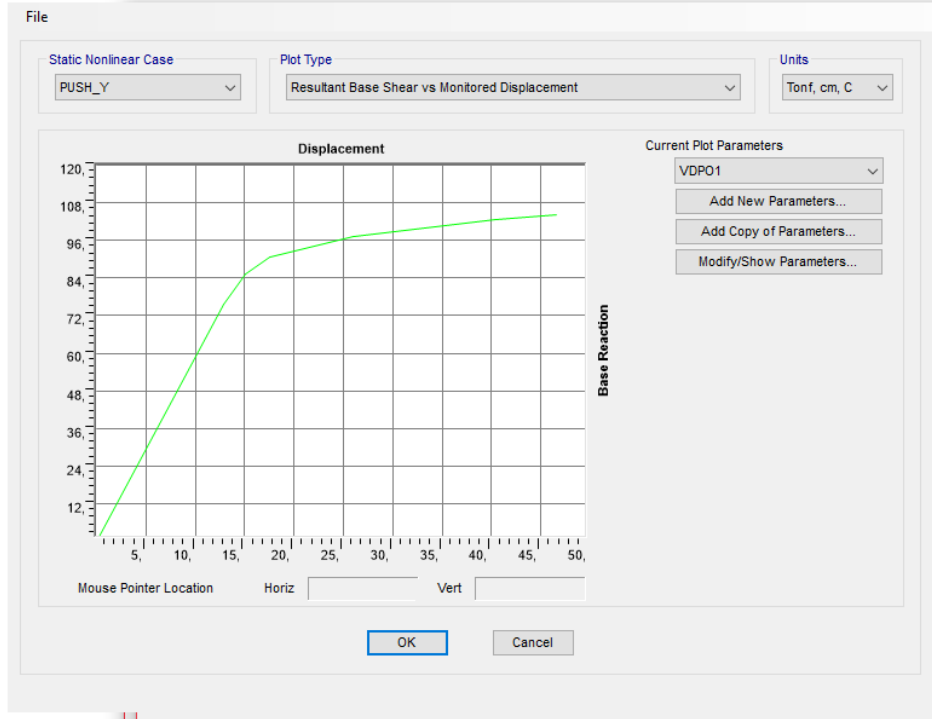
Şekil 4.42. TİP 1 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.43. TİP 1 X yönü Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.44. TİP 1 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.45. TİP 1 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.2. Tip 2

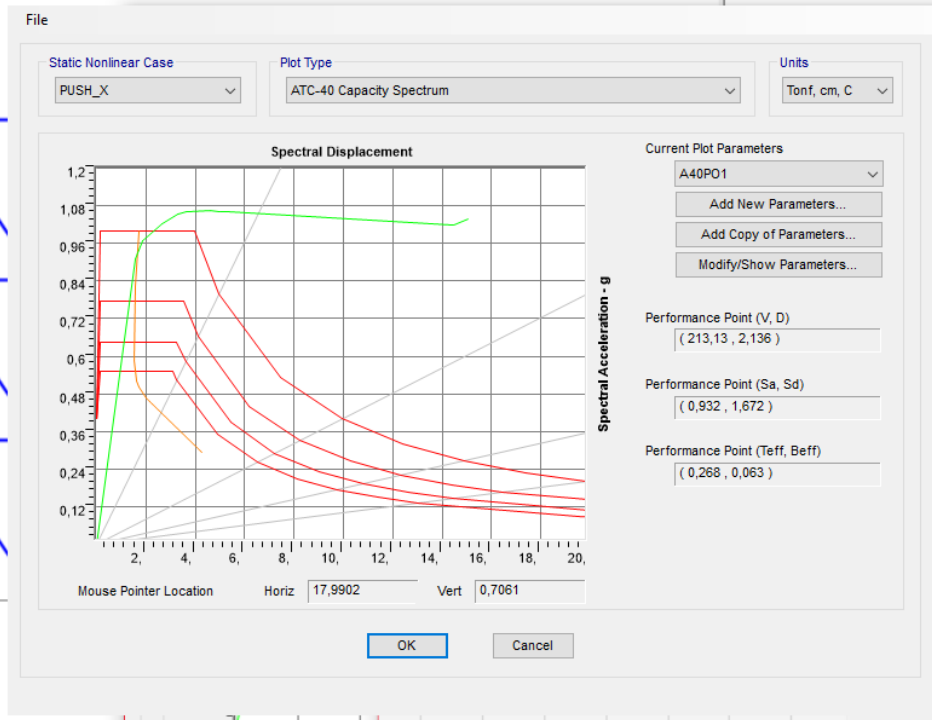
Üç katlı, ters V çaprazlı sistem B grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.46 da, Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği Şekil 4.47 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.48 de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.49 da verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 213,130 ton

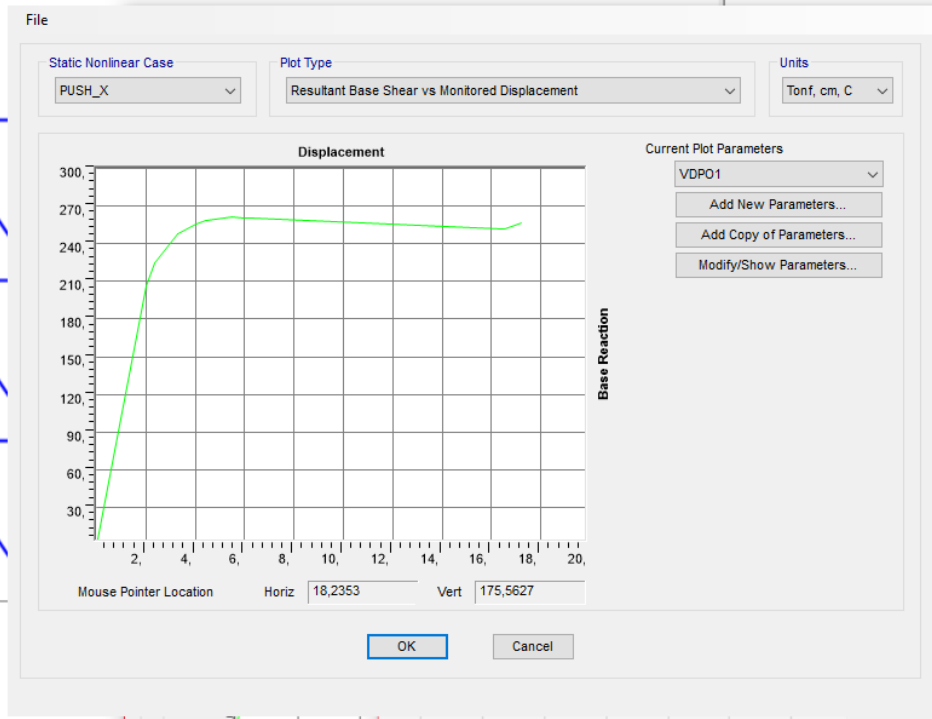
X yönü deplasmanı : 2,136 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 154,123 ton

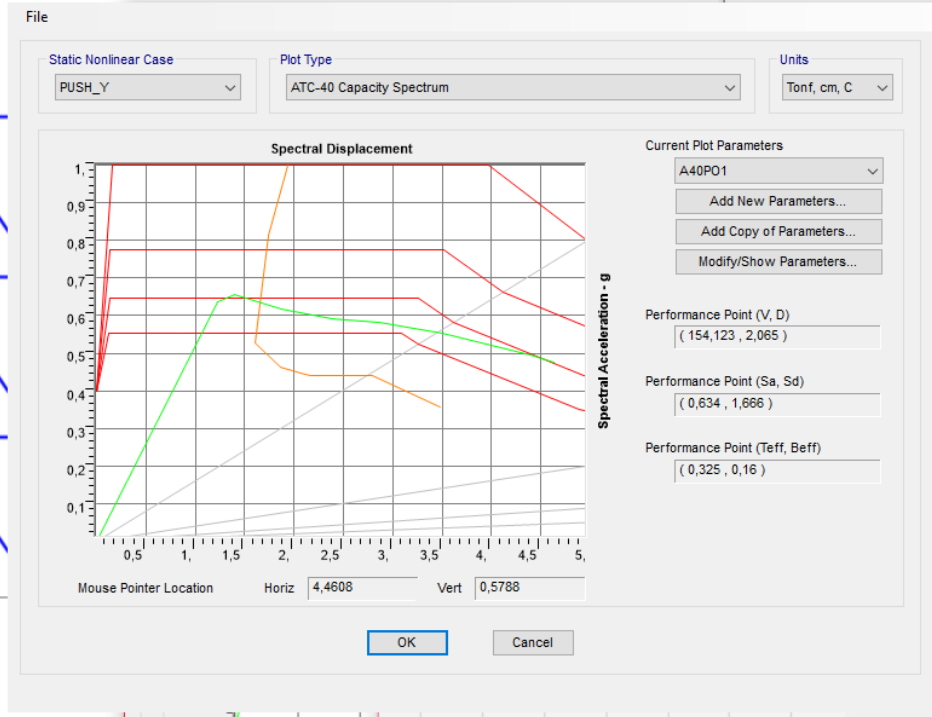
Y yönü deplasmanı : 2,065 cm



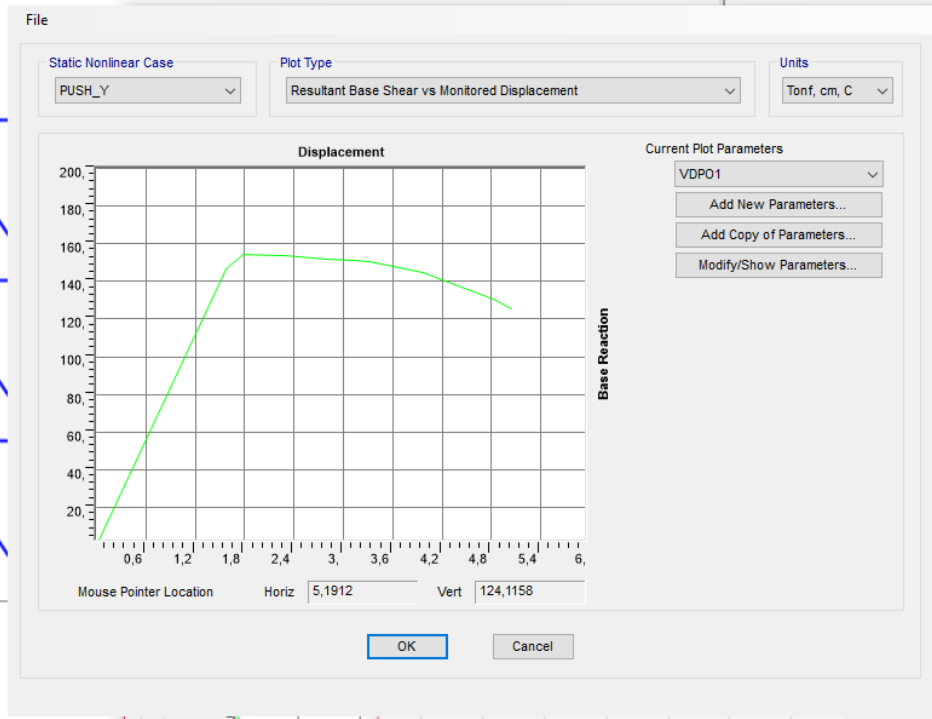
Şekil 4.46. TİP 2 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.47. TİP 2 X yönü Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.48. TİP 2 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.49. TİP 2 Y yönü Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.3. TİP 3

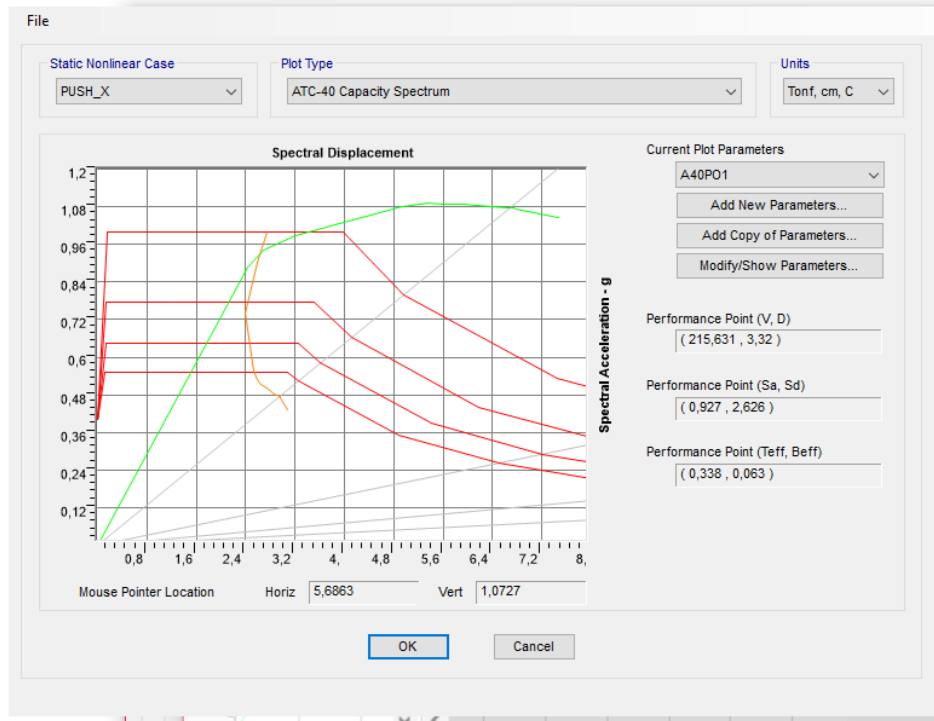
Üç katlı,dış merkez ters V çaprazlı sistem B grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.50 de, Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği Şekil 4.51 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.52 de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.53 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 215,631 ton

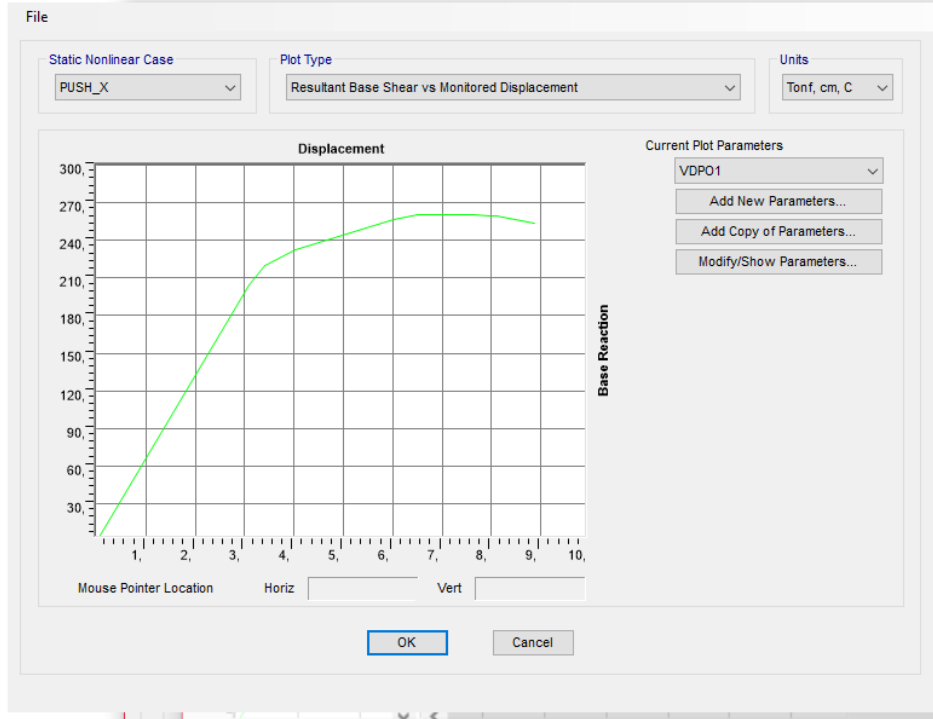
X yönü deplasmanı : 3,32 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 152,693 ton

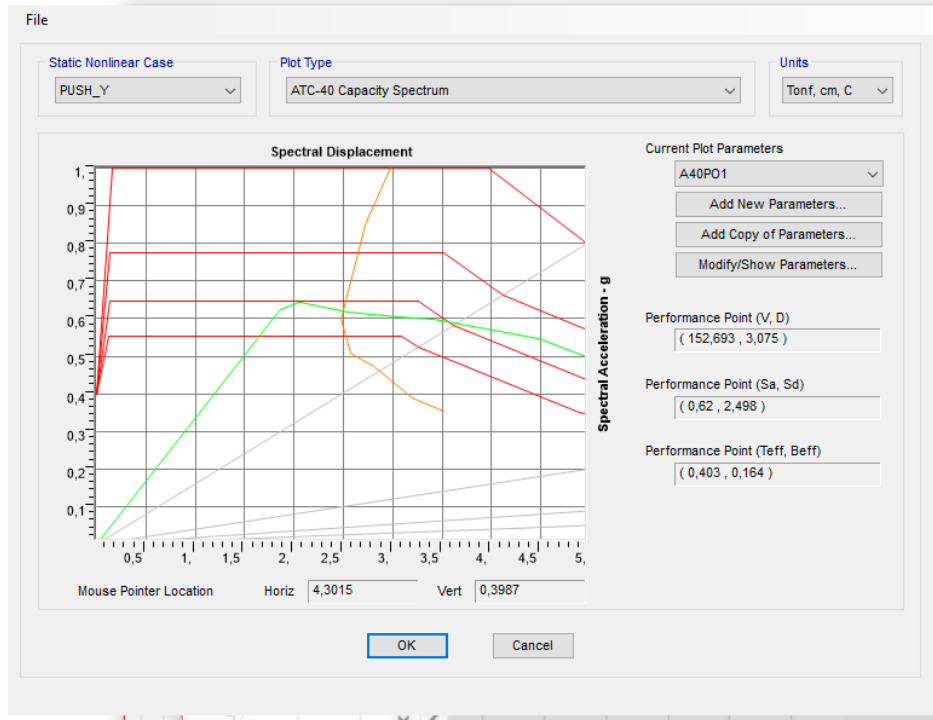
Y yönü deplasmanı : 3,05 cm



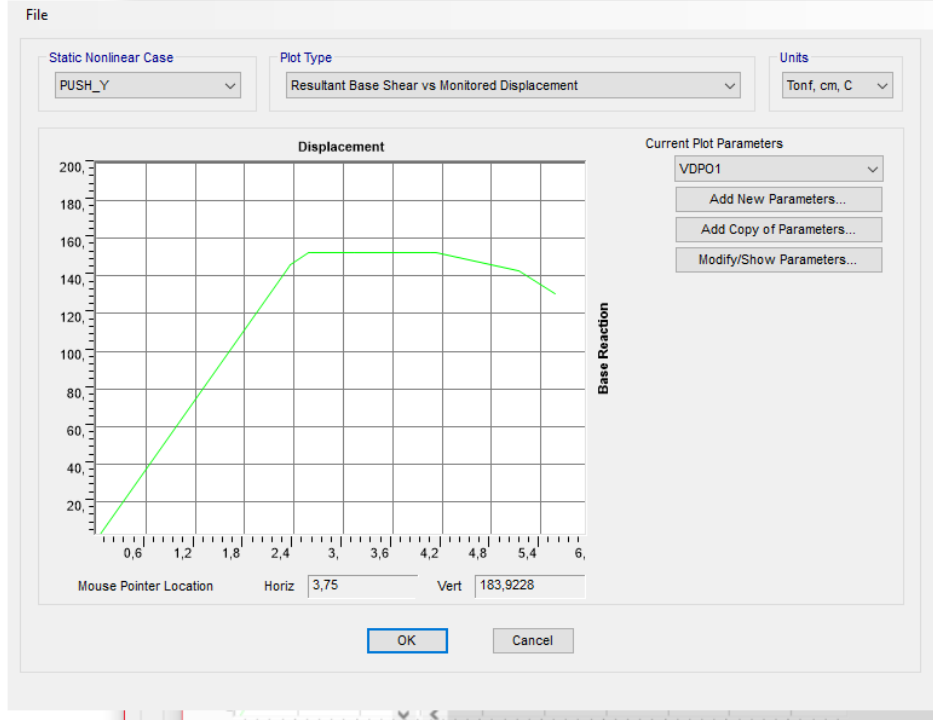
Şekil 4.50. TİP 3 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.51. TİP 3 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.52. TİP 3 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.53. TİP 3 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.4. TİP 4

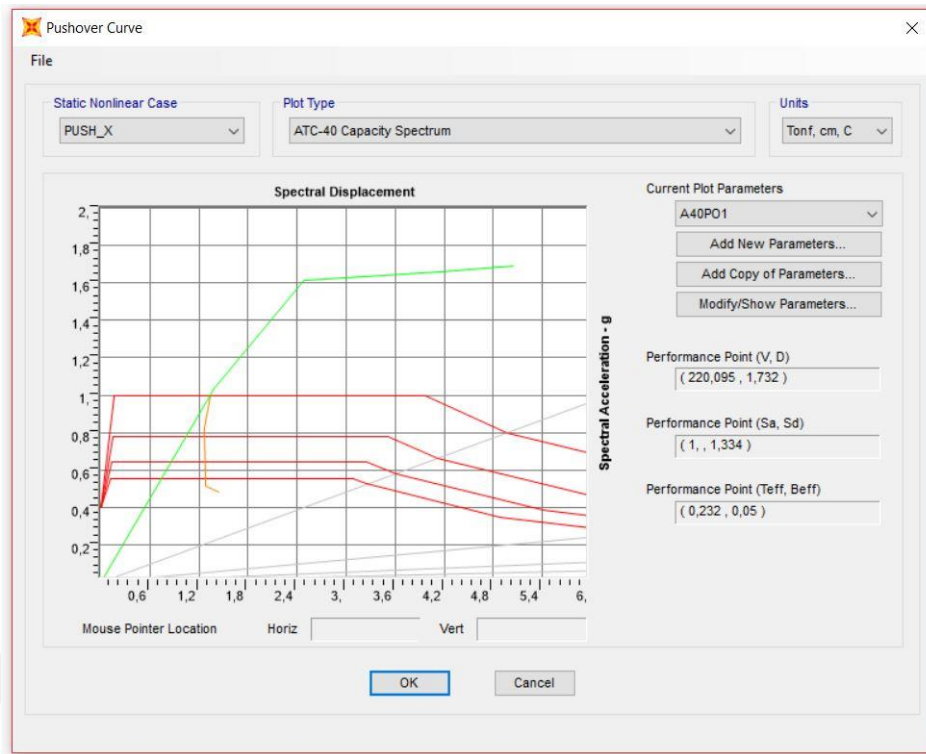
Üç katlı, X çapraz Sistem B grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.54 de, Taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.55 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.56 da, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.57 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 220,095 ton

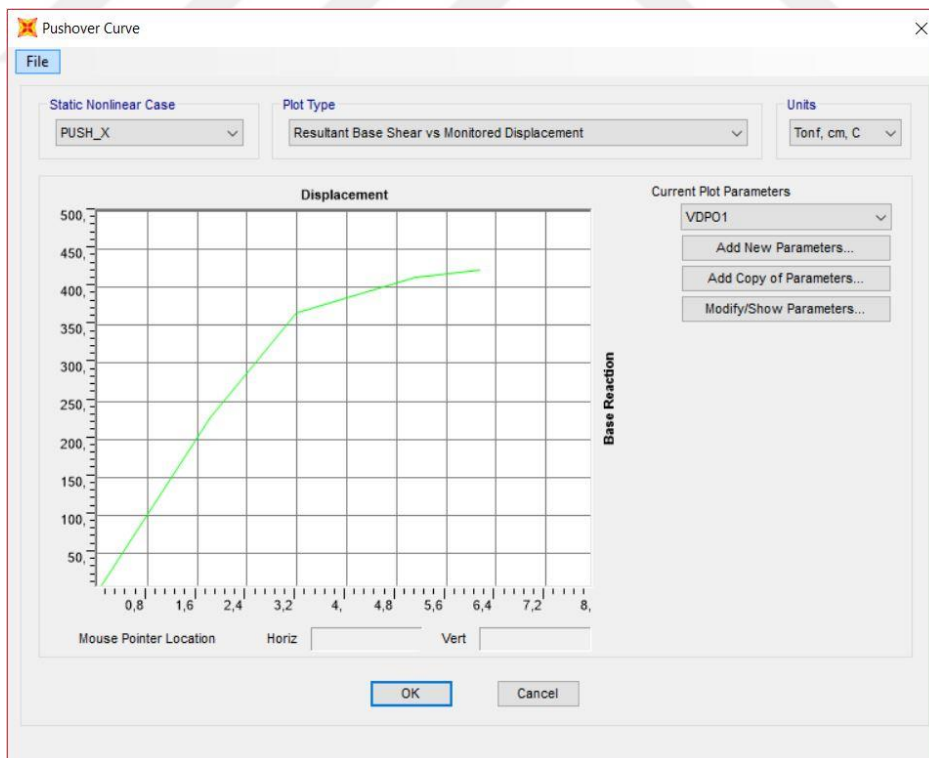
X yönü deplasmanı : 1,732 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 194,091ton

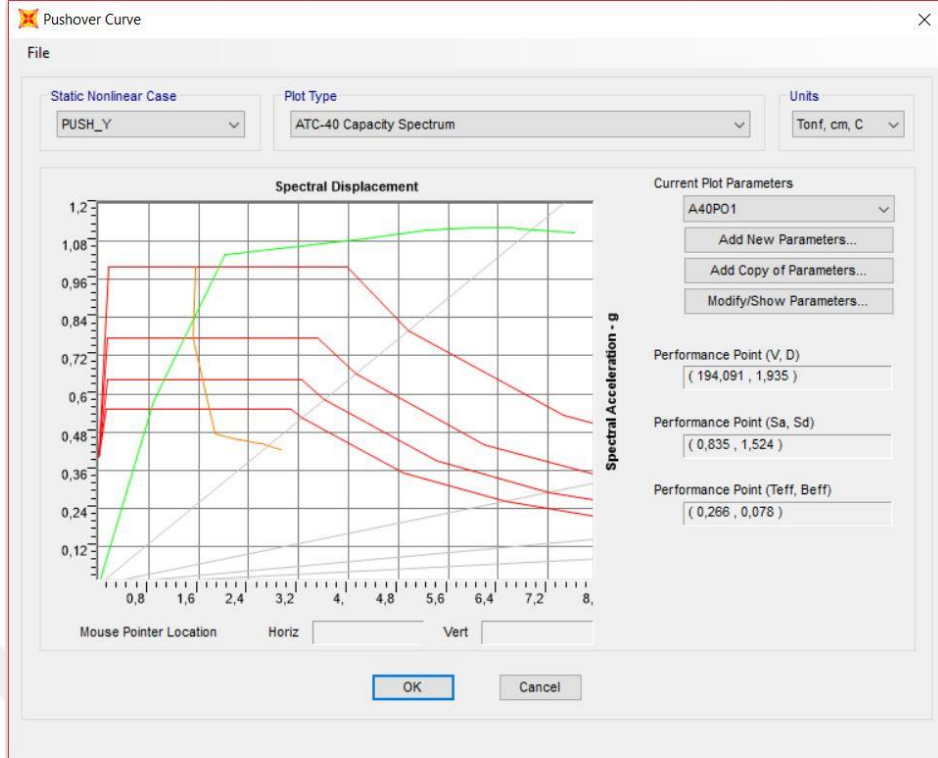
Y yönü deplasmanı : 1,935 cm



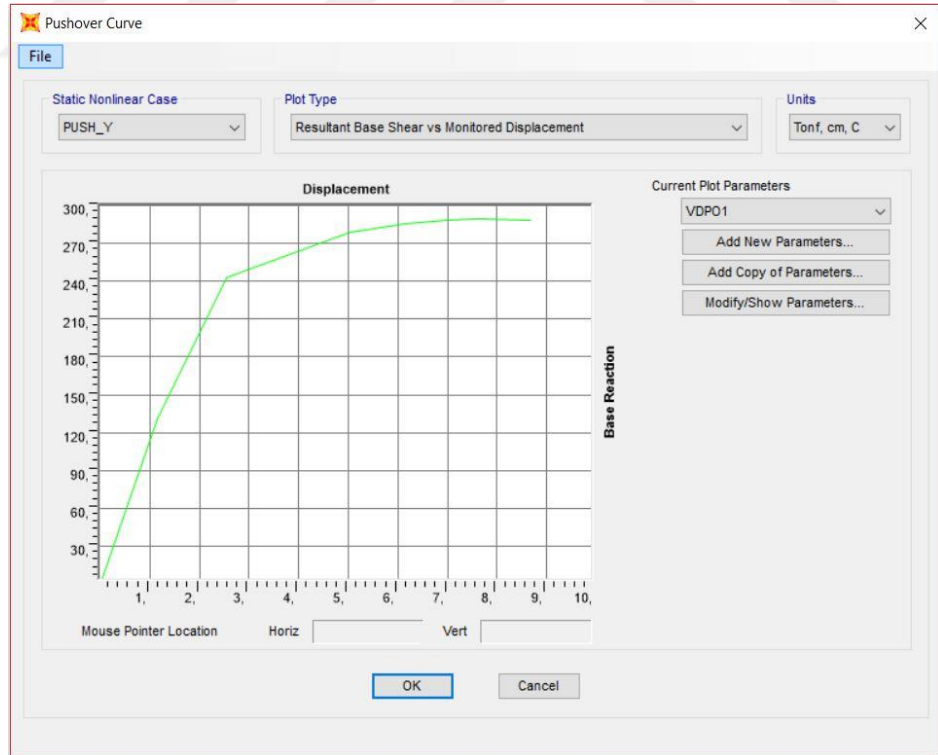
Şekil 4.54. TİP 4 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.55. TİP 4 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.56. TİP 4 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.57. TİP 4 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.5. TİP 5

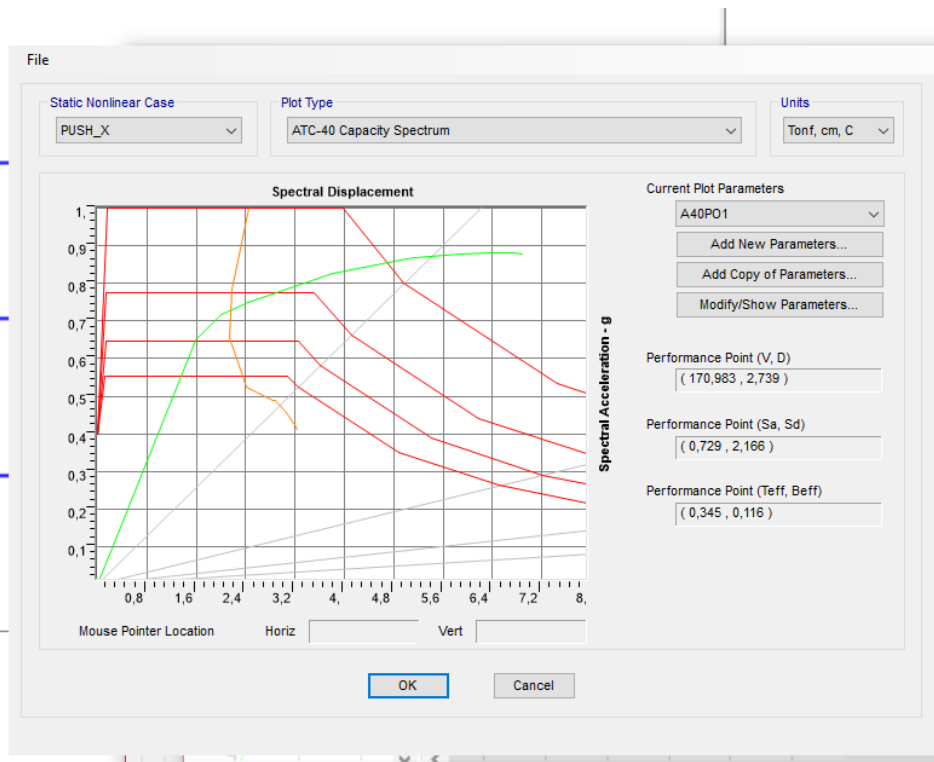
Üç katlı, ters V çapraz sistem A grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.58 de, Taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.59 da verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.61 de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.60 da verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 170,983 ton

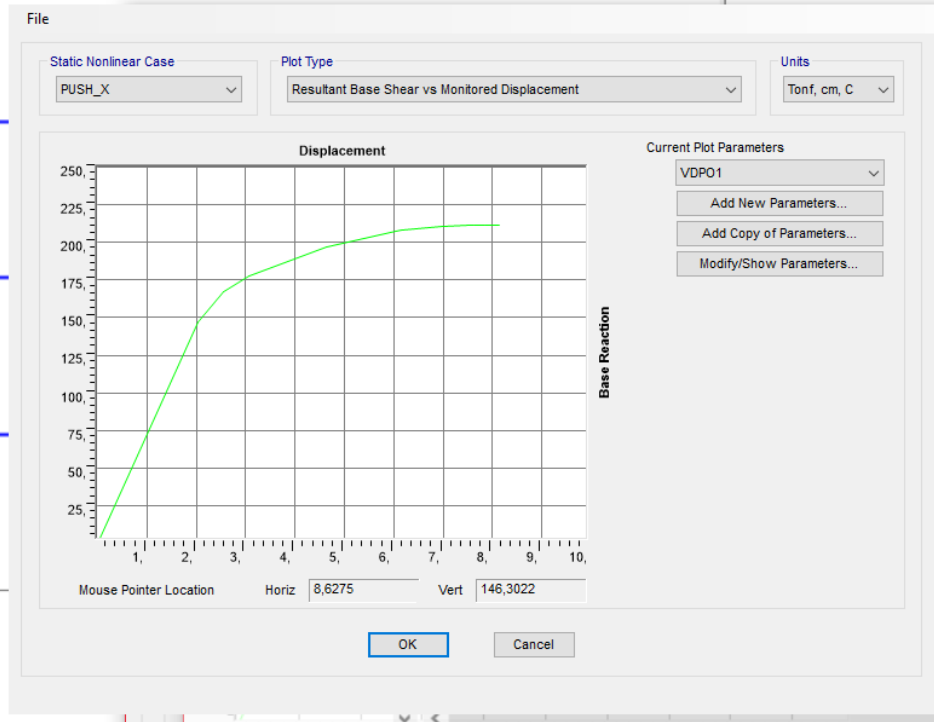
X yönü deplasmanı : 2,739 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 154,124 ton

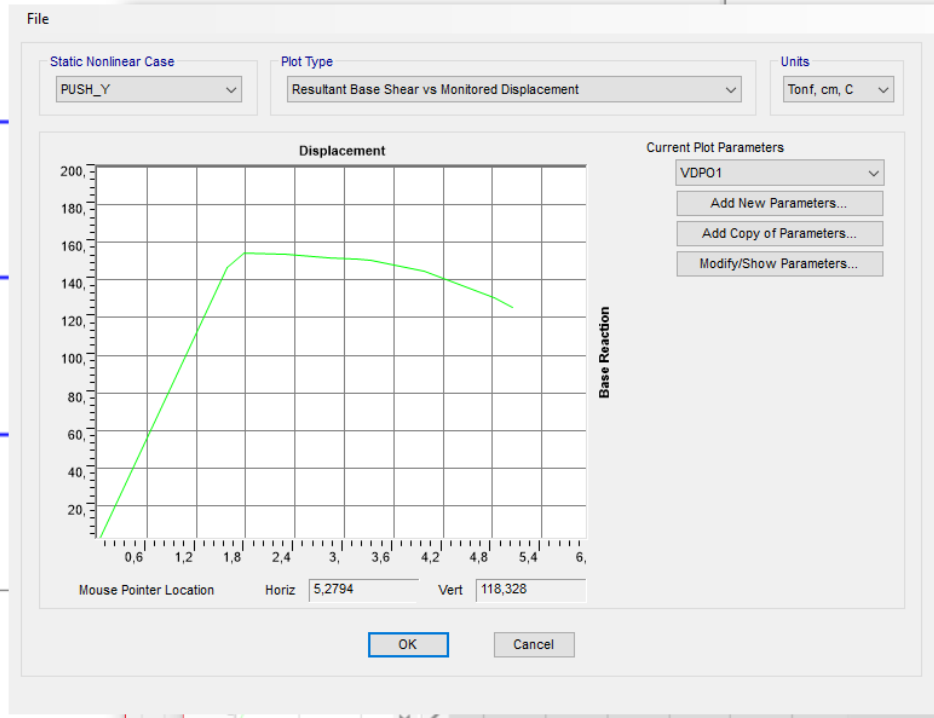
Y yönü deplasmanı : 2,063 cm



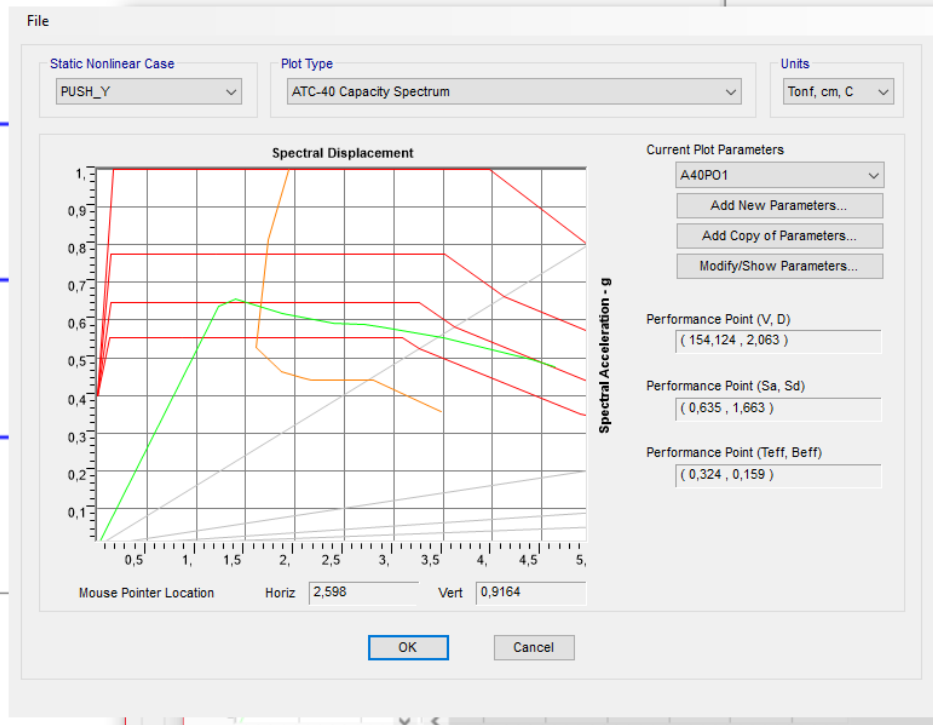
Şekil 4.58. TİP 5 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.59. TYP 5 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.60. TYP 5 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.61. TİP 5 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu

4.2.1.6. TİP 6

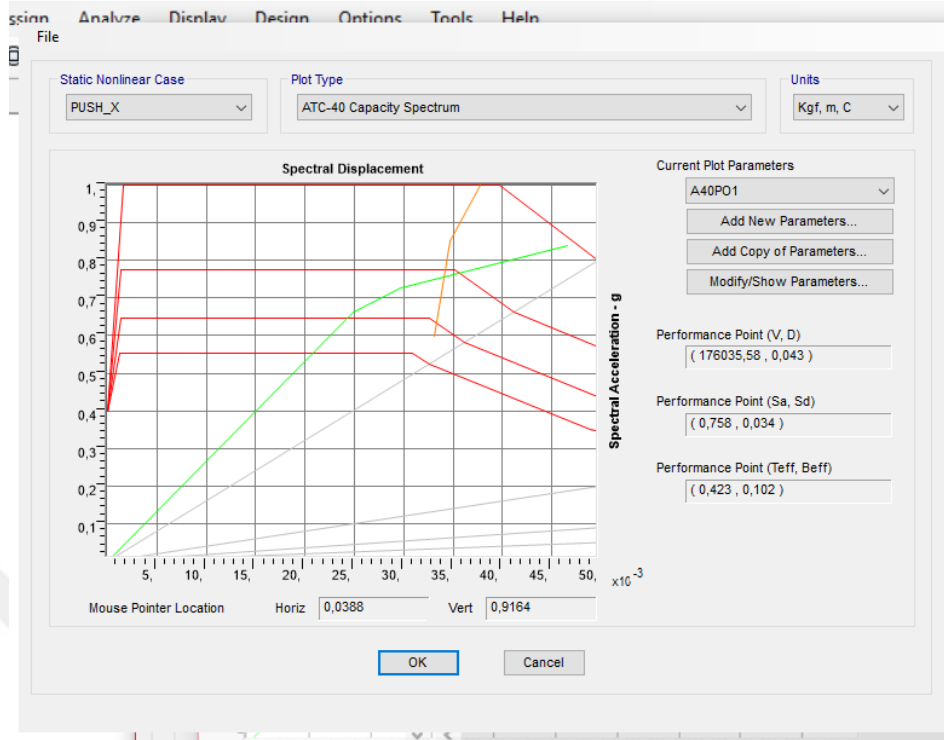
Üç katlı, ters V dış merkez çapraz sistem A grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.62 de, Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği Şekil 4.63 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.64 de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.65 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 176,035 ton

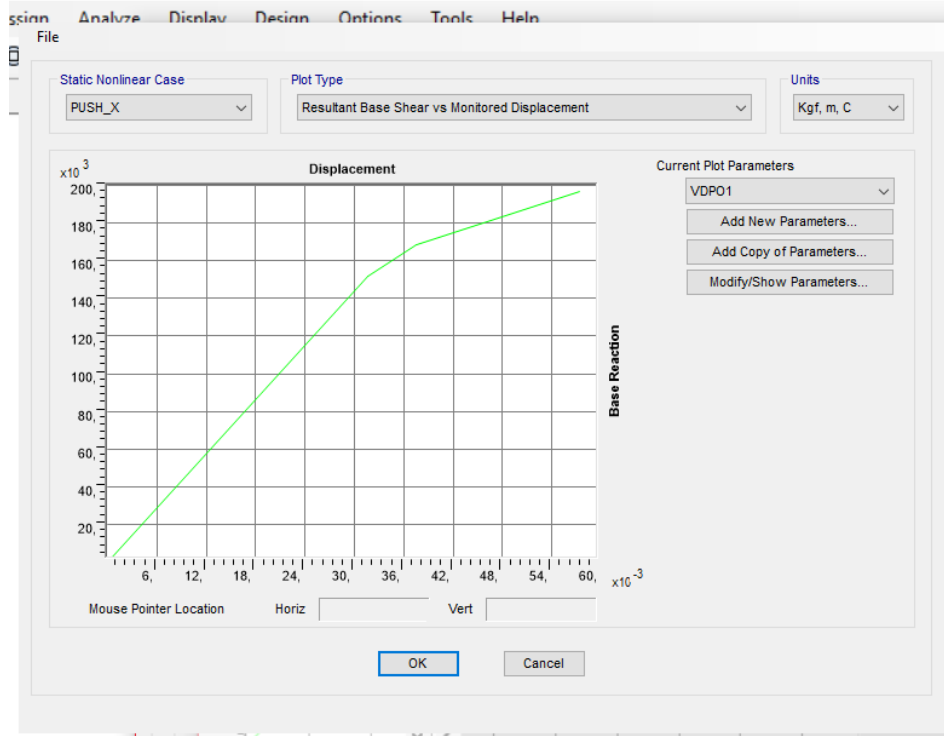
X yönü deplasmanı : 4,286 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 152,692ton

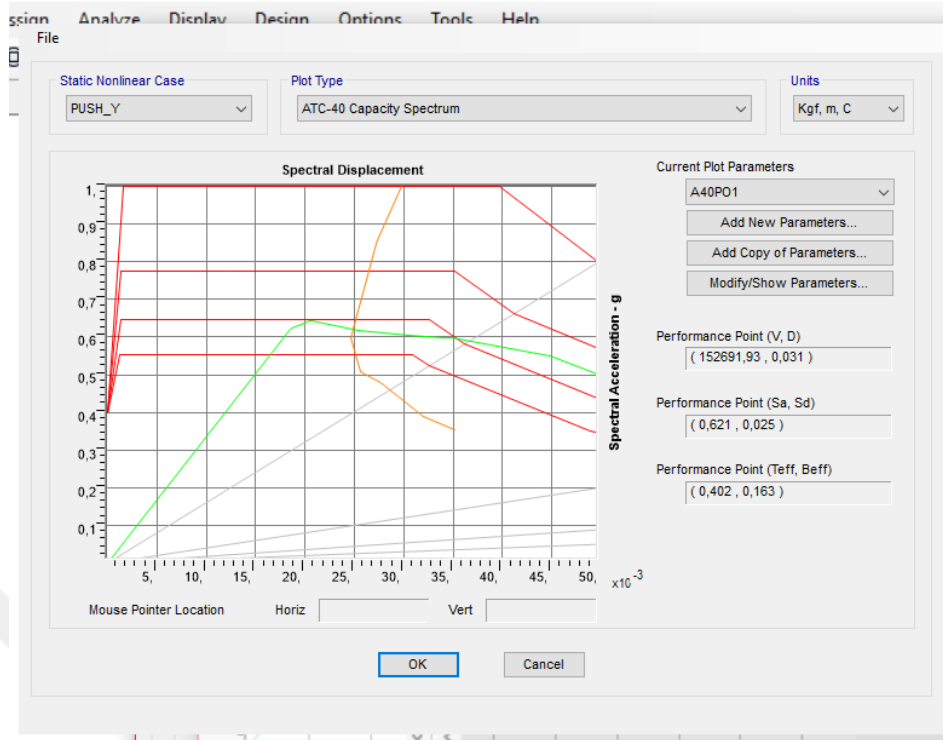
Y yönü deplasmanı : 3,072 cm



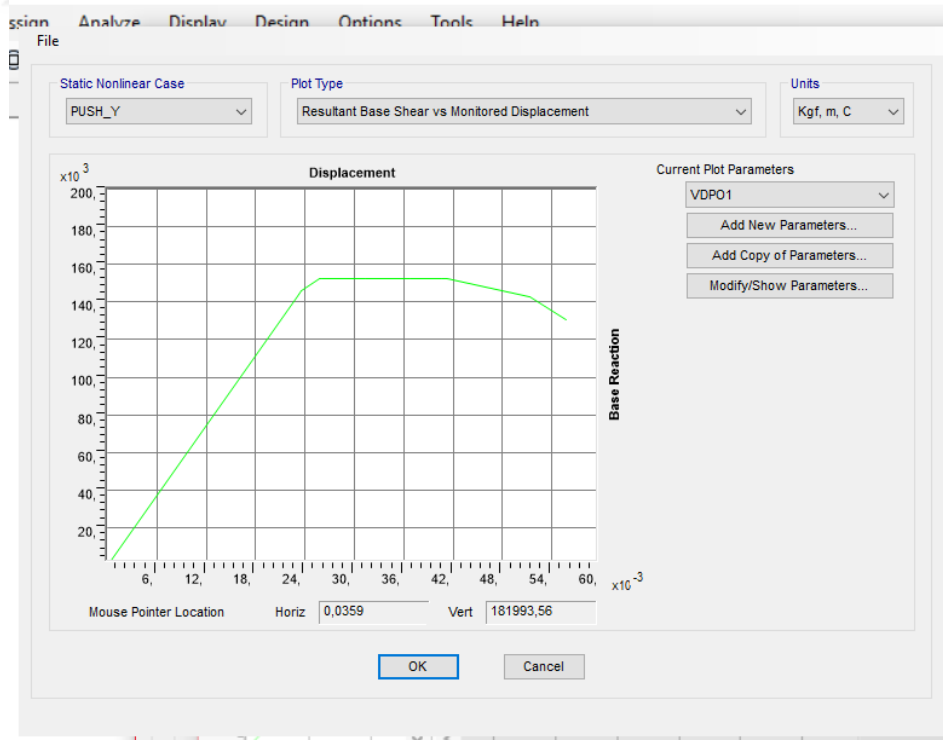
Şekil 4.62. TİP 6 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.63. TİP 6 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.64. TİP 6 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.65. TİP 6 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.7. TİP 7

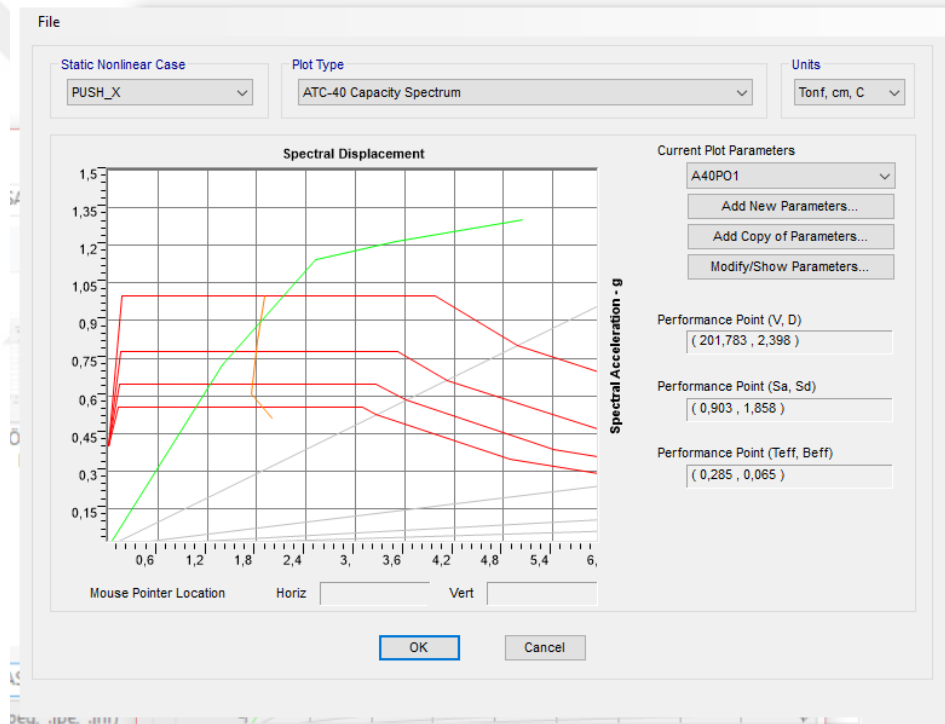
Üç katlı, ters V dış merkez çapraz sistem A grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.66 da, Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği Şekil 4.67 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.68 de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.69 da verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 201,783 ton

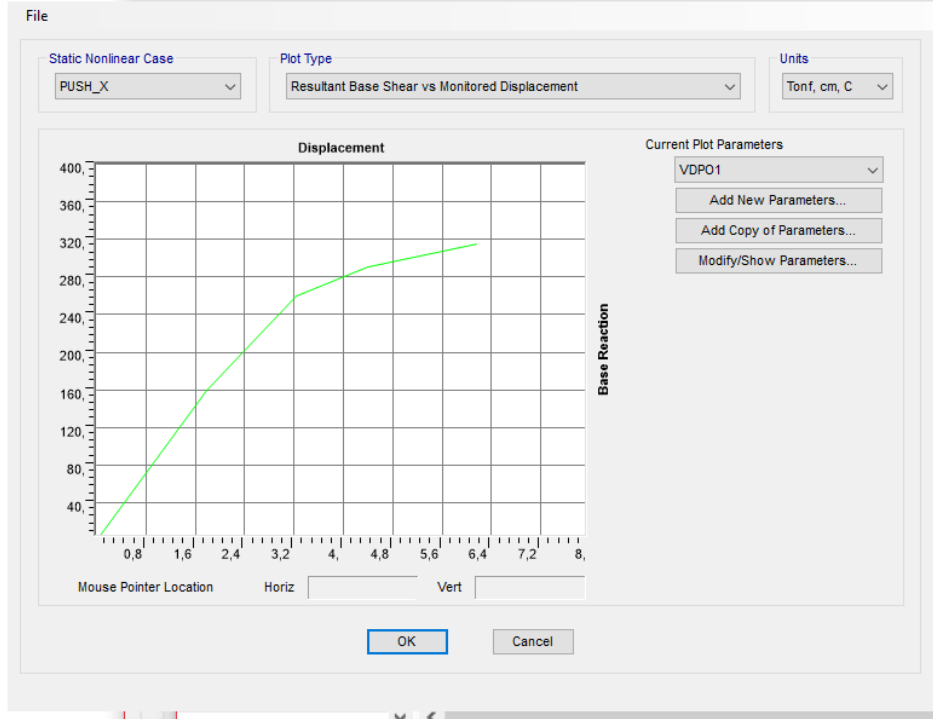
X yönü deplasmanı : 2,398 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 152,692 ton

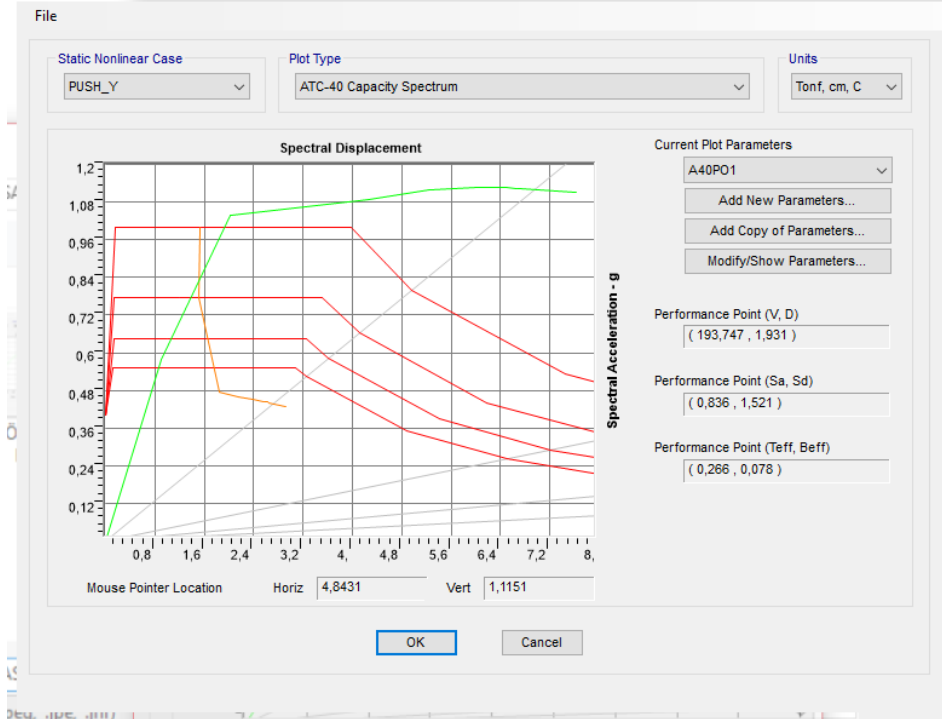
Y yönü deplasmanı : 3,072 cm



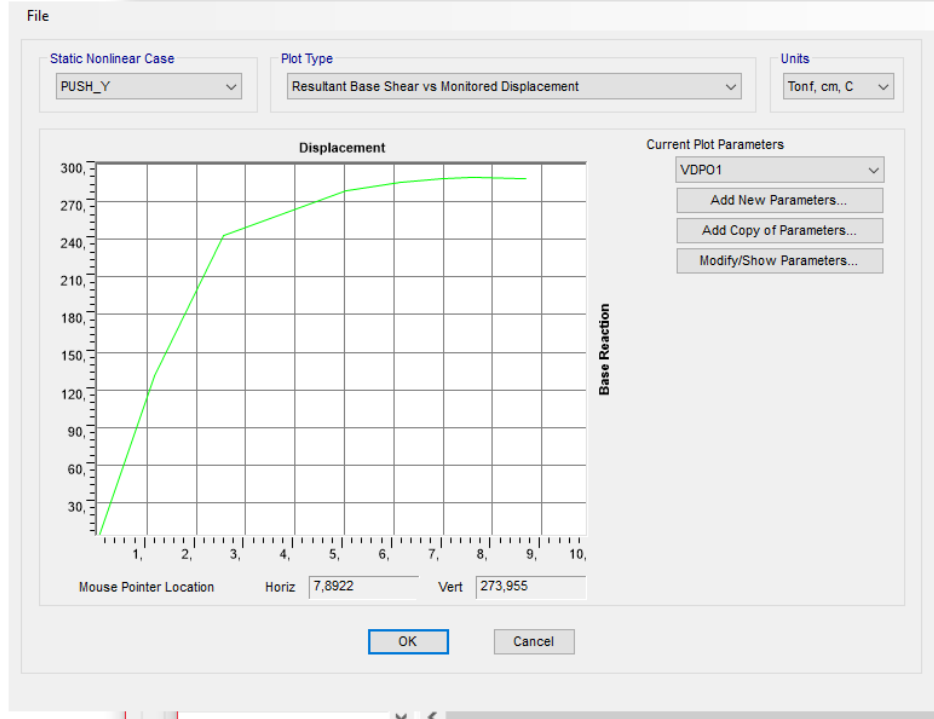
Şekil 4.66. TİP 7X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.67. TİP 7 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.68. TİP 7 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.69. TİP 7 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.8. TİP 8

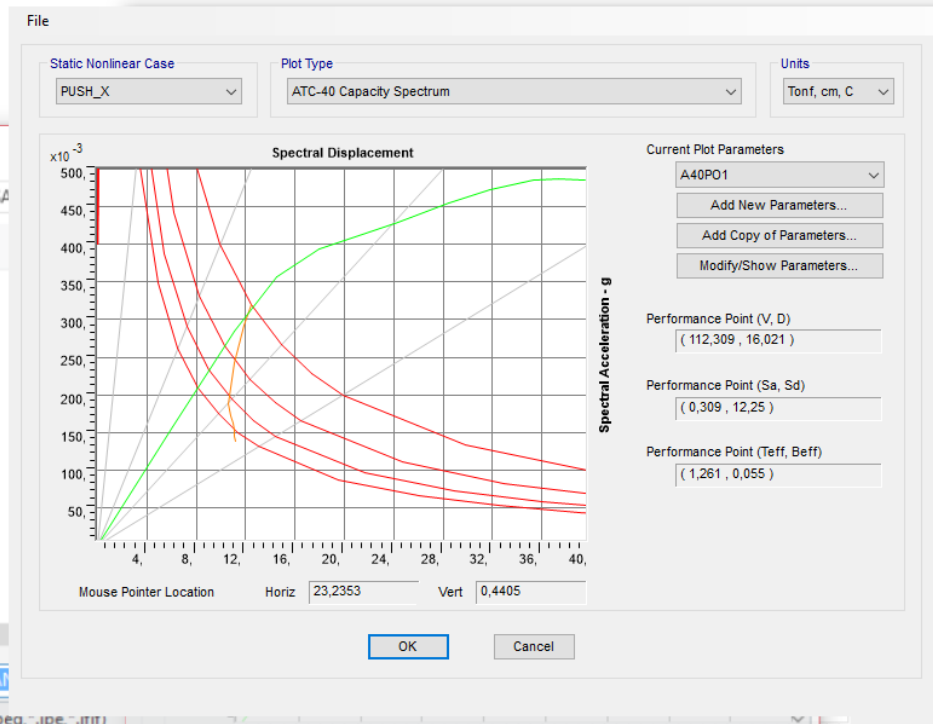
Beş katlı, moment çerçeve yapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.70 de, Taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.71 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.72 de, Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği Şekil 4.73 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 112,309 ton

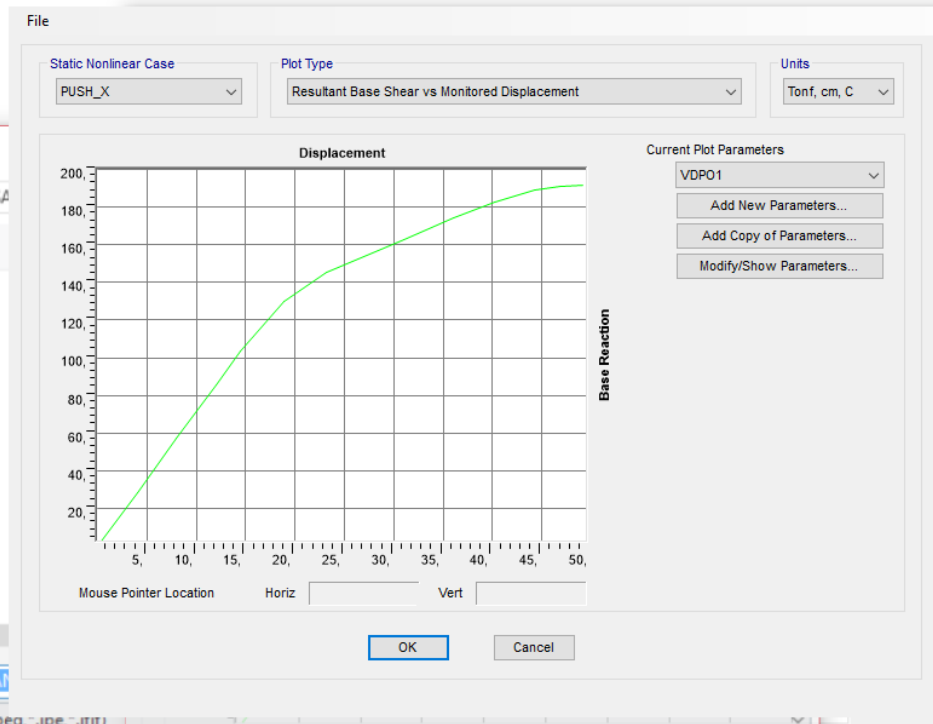
X yönü deplasmanı : 16,021 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 79,387 ton

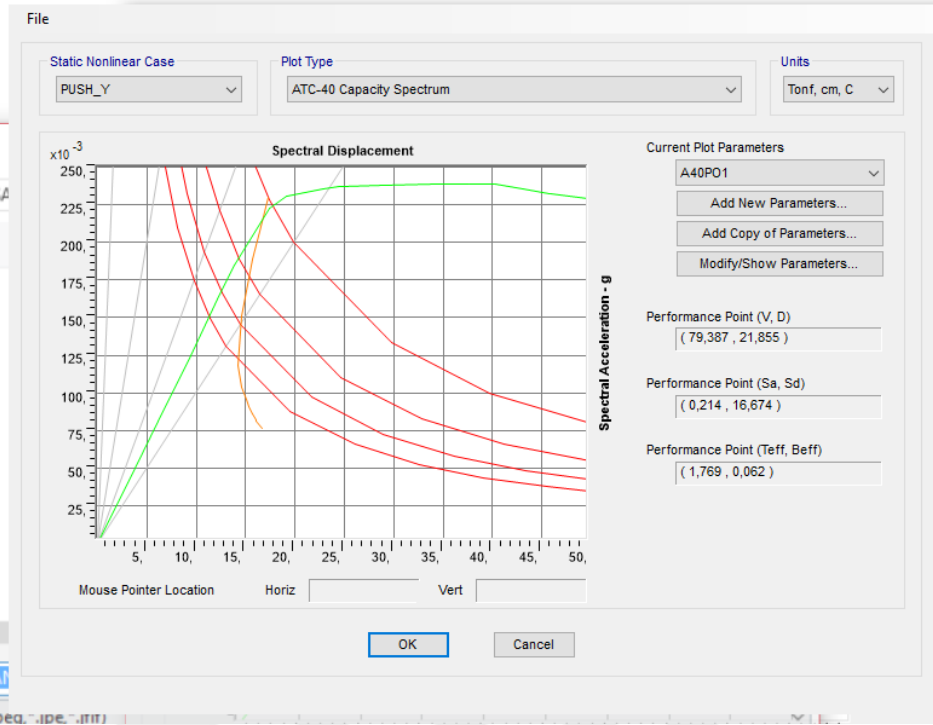
Y yönü deplasmanı : 21,855 cm



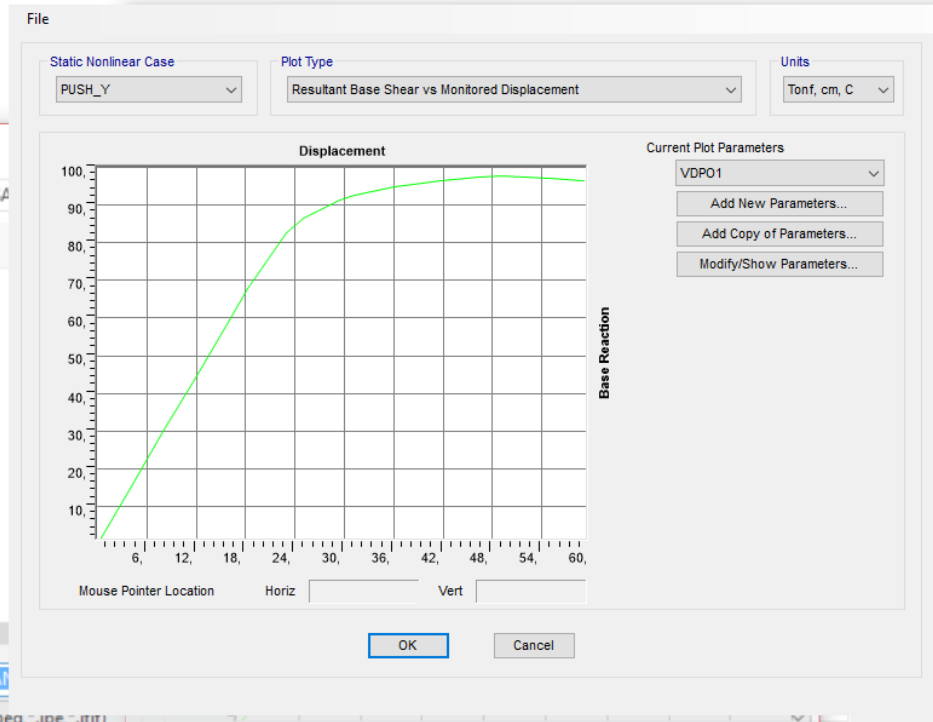
Şekil 4.70. TİP 8 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.71. TİP 8 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.72. TİP 8 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.73. TİP 8 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.9. TİP 9

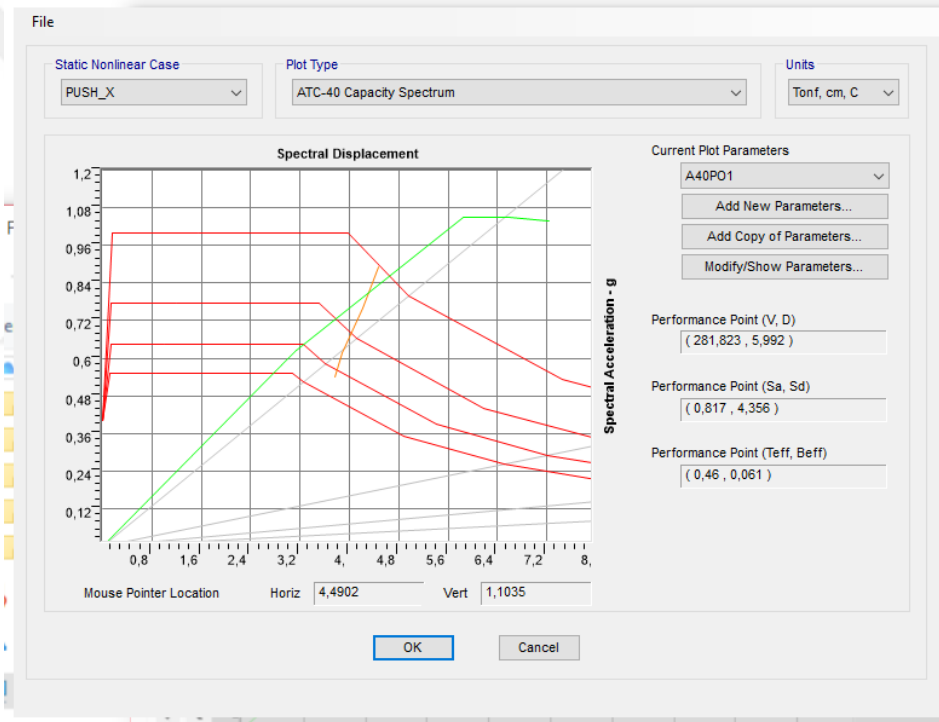
Beş katlı, X Çapraz Sistem B grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.74 de, Taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.75 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.76 da, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.77 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 281,823 ton

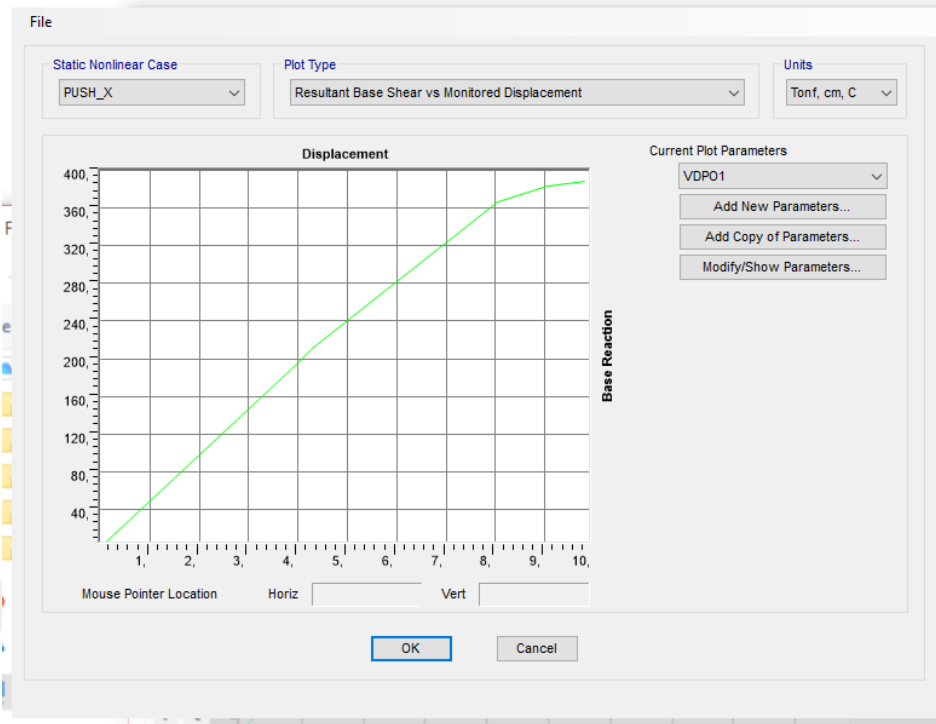
X yönü deplasmanı : 5,992 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 245,314 ton

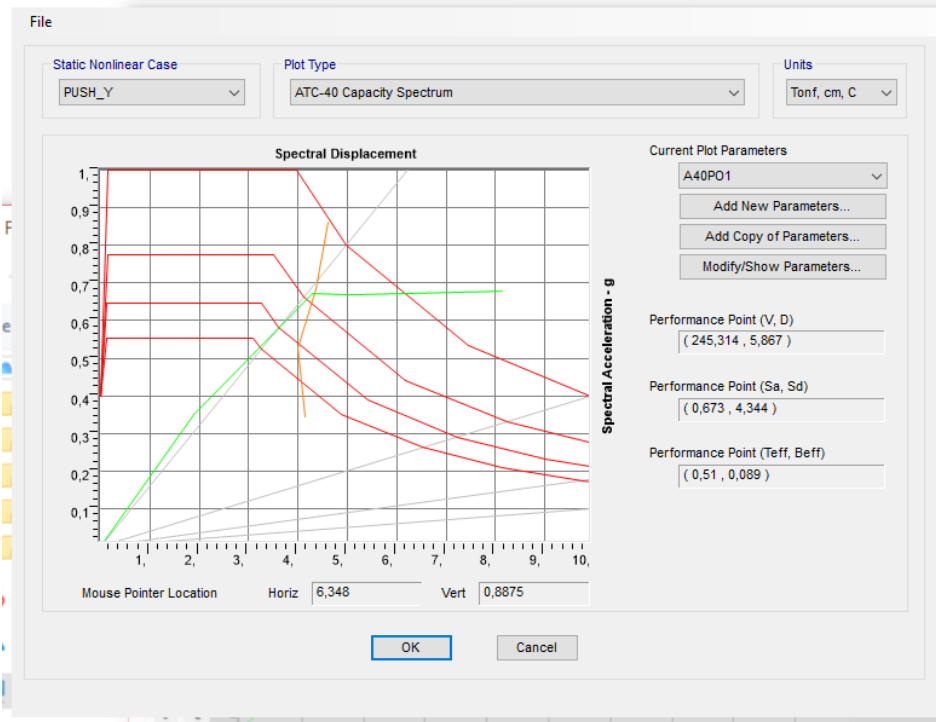
Y yönü deplasmanı : 5,867 cm



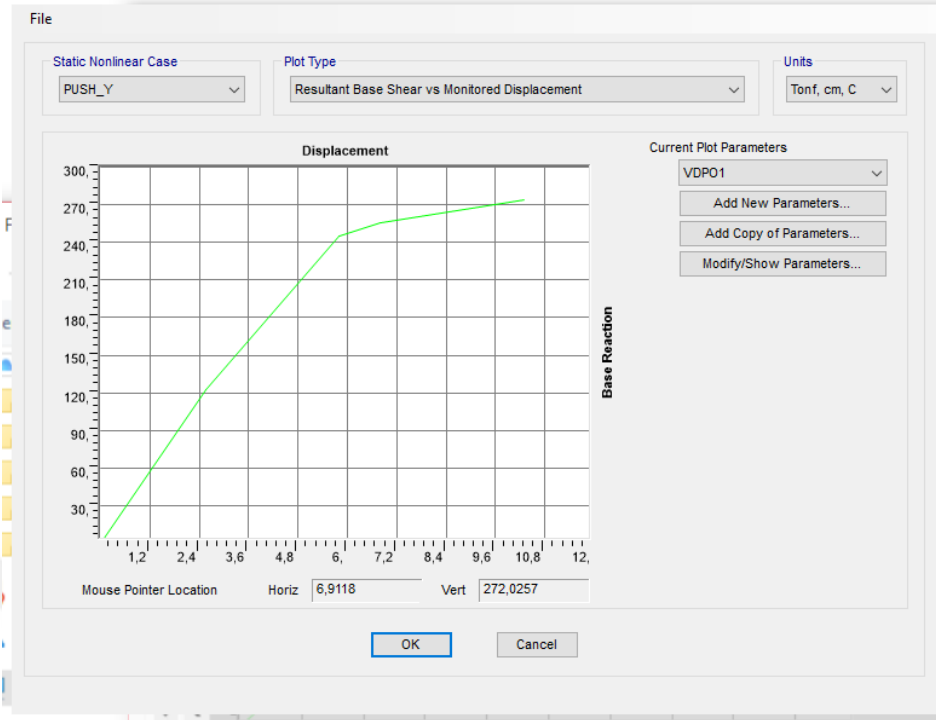
Şekil 4.74. TİP 9 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.75. TİP 9 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.76. TİP 9 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.77. TİP 9 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.10. TİP 10

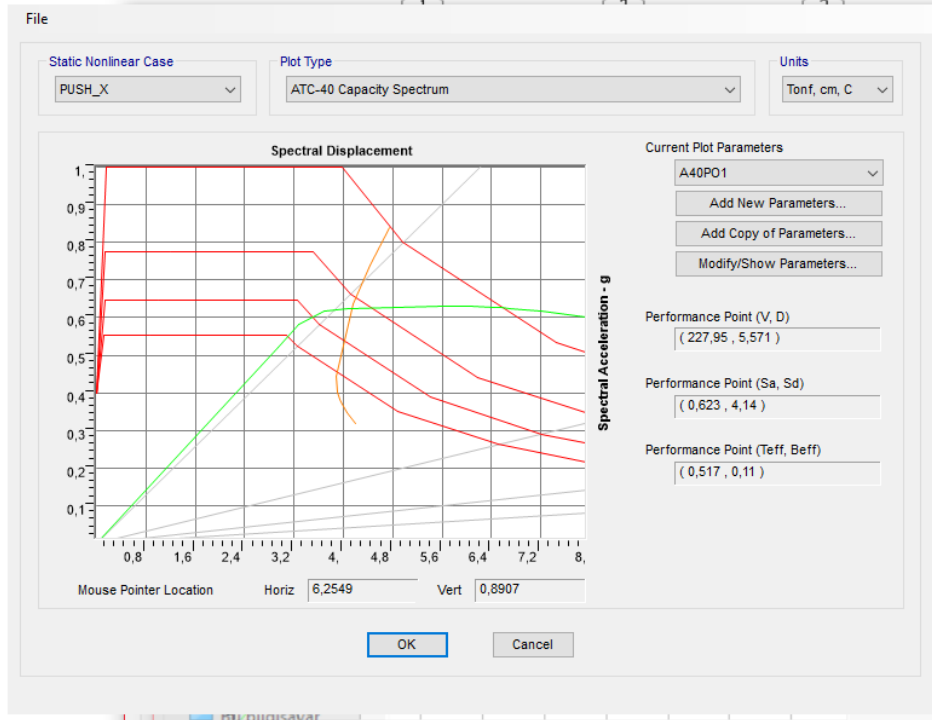
Beş katlı, ters V çapraz sistem B grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.78. de, Taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.79. de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.80. de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.81. de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 227,950 ton

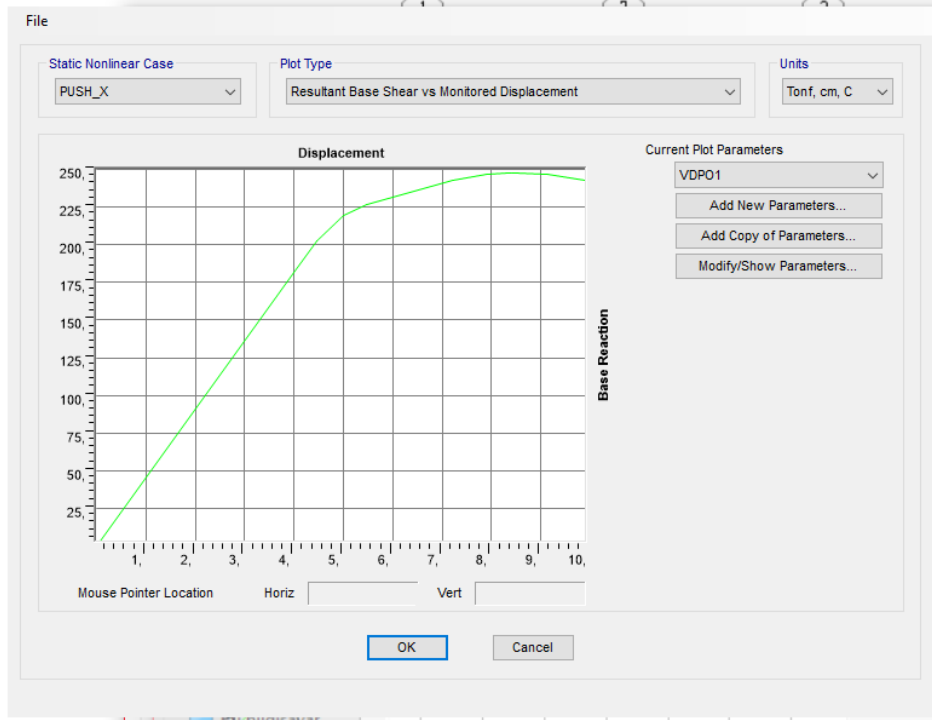
X yönü deplasmanı : 5,571 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 151,349ton

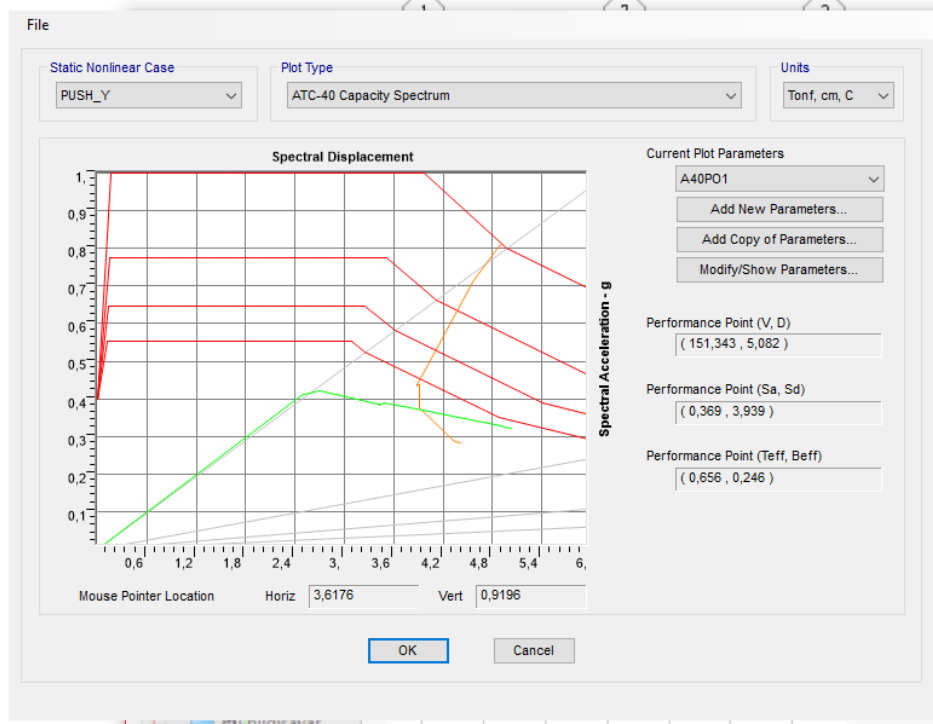
Y yönü deplasmanı : 5,082 cm



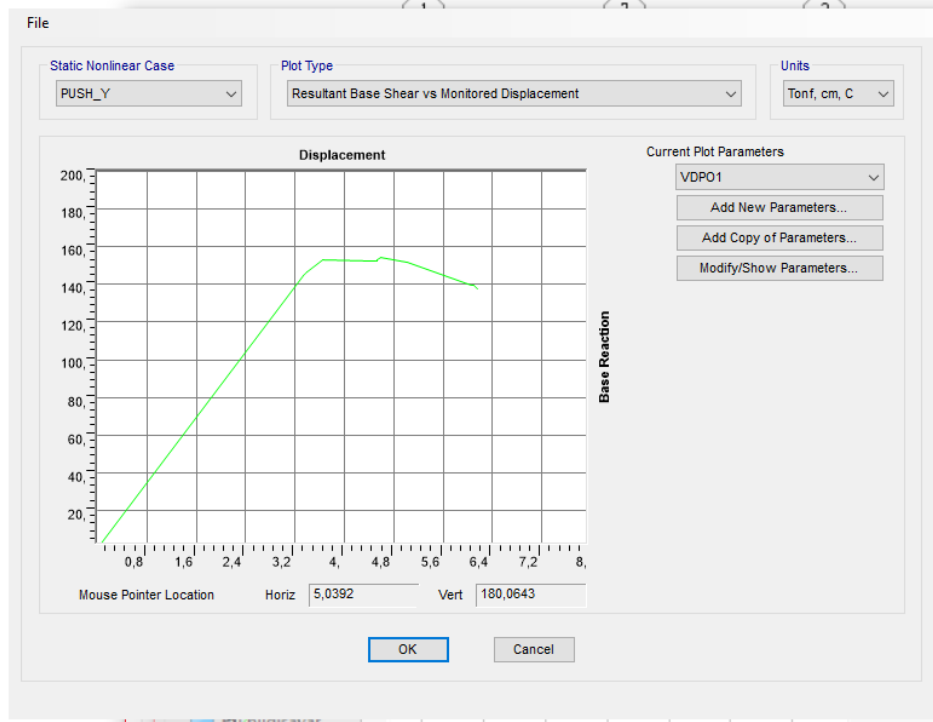
Şekil 4.78. TİP 10 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.79. TİP 10 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



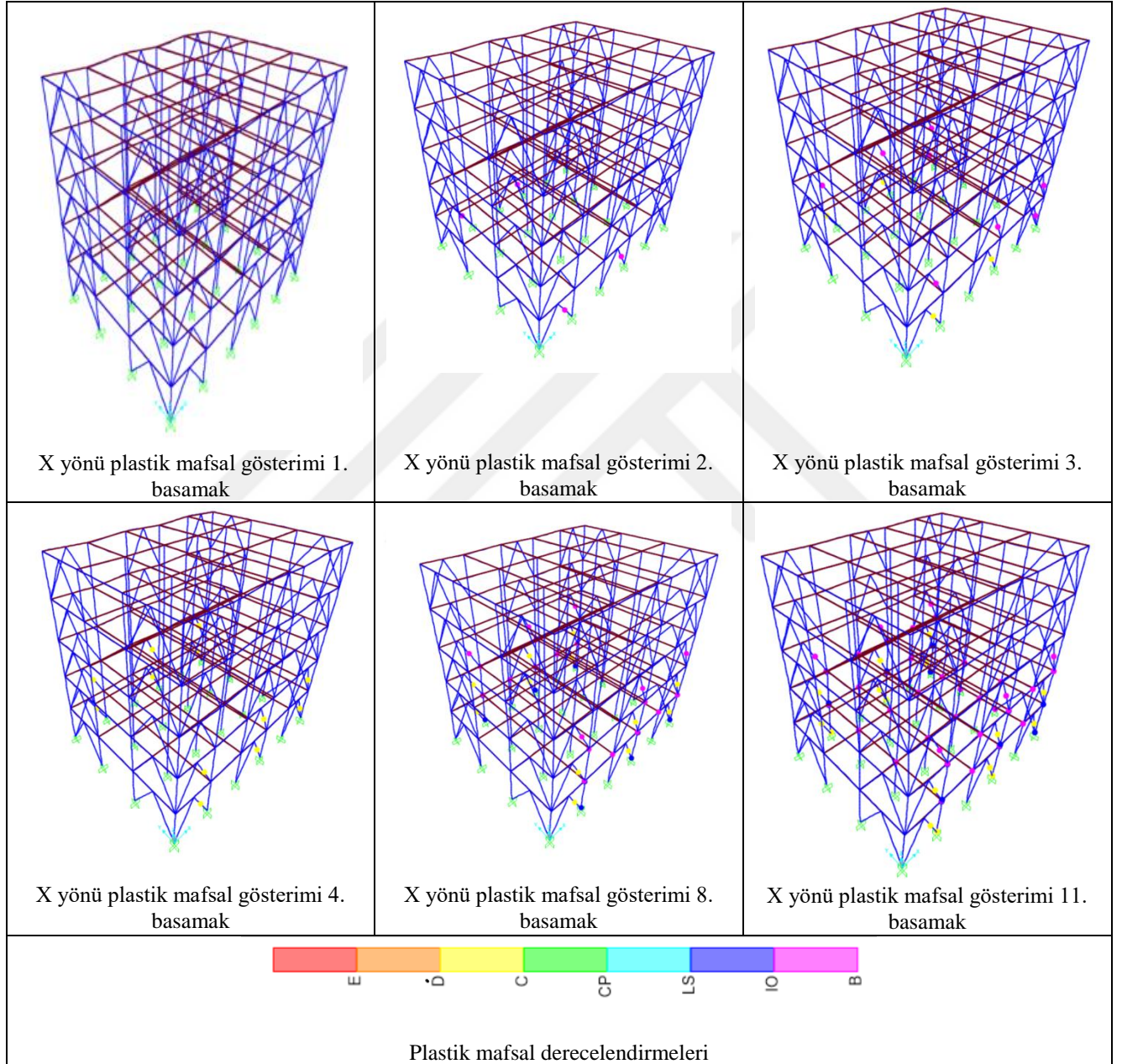
Şekil 4.80. TİP 10 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



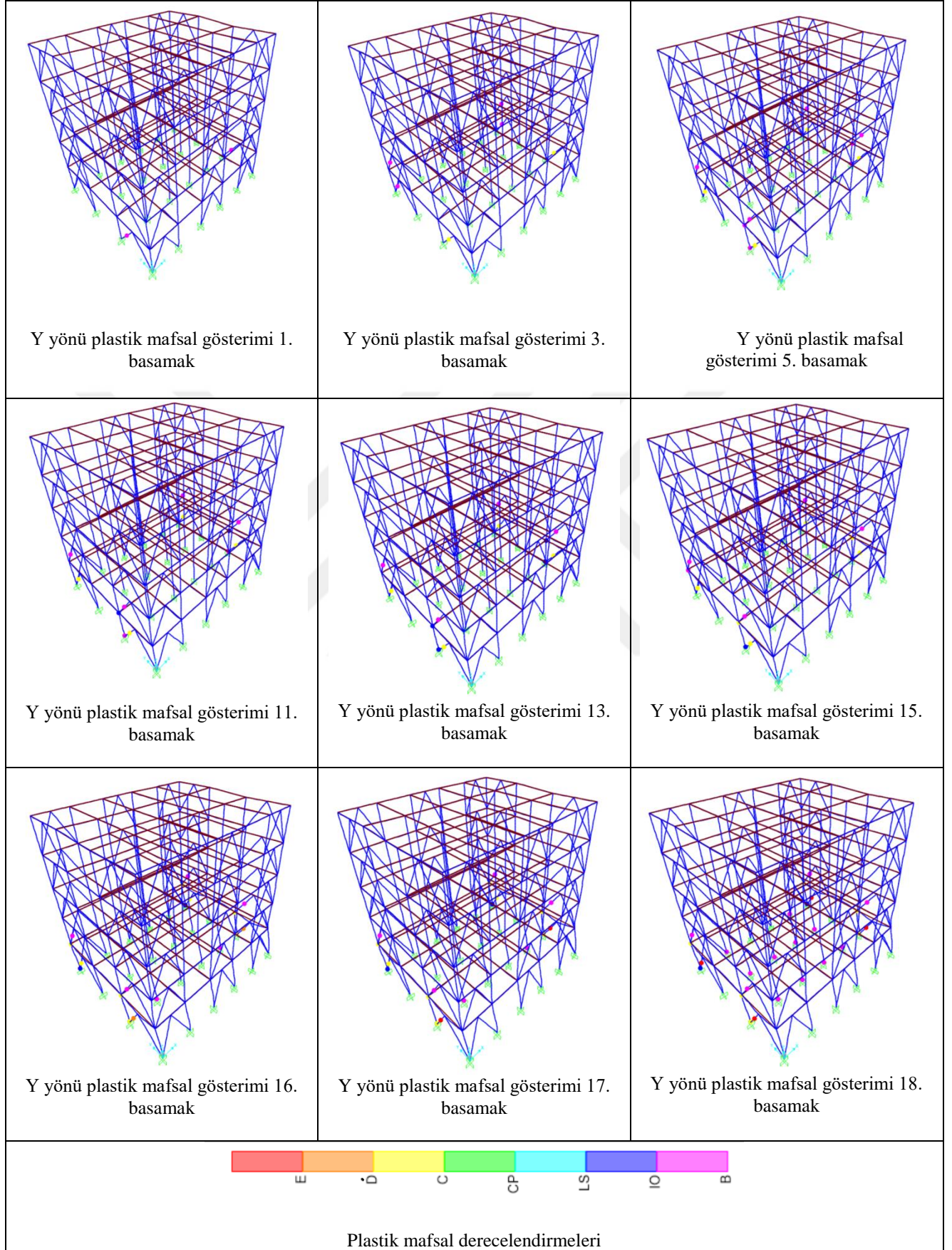
Şekil 4.81. TİP 10 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

Tip 10 için statik itme analizi sonucunda meydana gelen plastik mafsall bölgelerinin oluşum basamakları ve yerleri Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Tip 10 X yönü plastik mafsall yerleri gösterimi



Çizelge 4.17. Tip 10 Y yönü plastik mafsallı basamakları



4.2.1.11. TİP 11

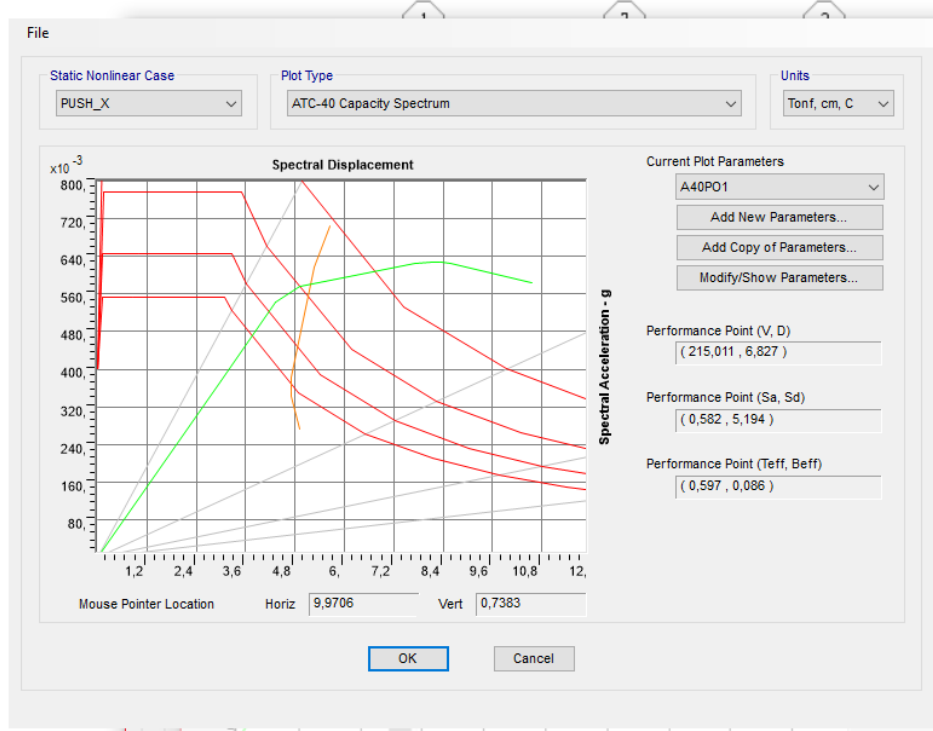
Beş katlı, ters V dış merkez çapraz sistem B grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.82 de, Taban kesme kuvveti-deplasman grafiği Şekil 4.83 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.84 de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.85 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 215,011 ton

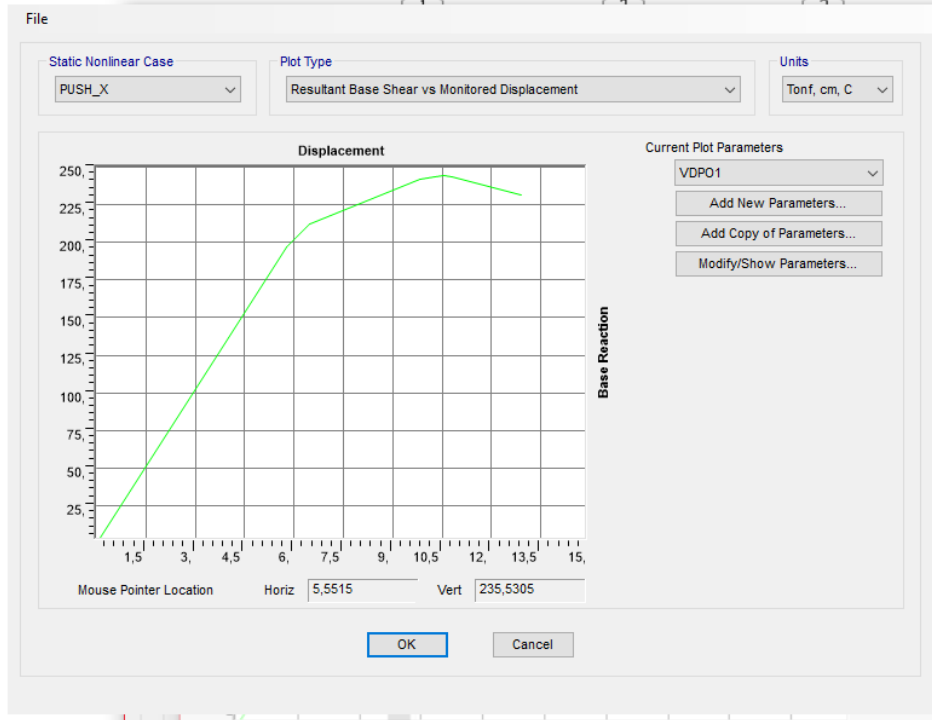
X yönü deplasmanı : 6,827 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 150,039ton

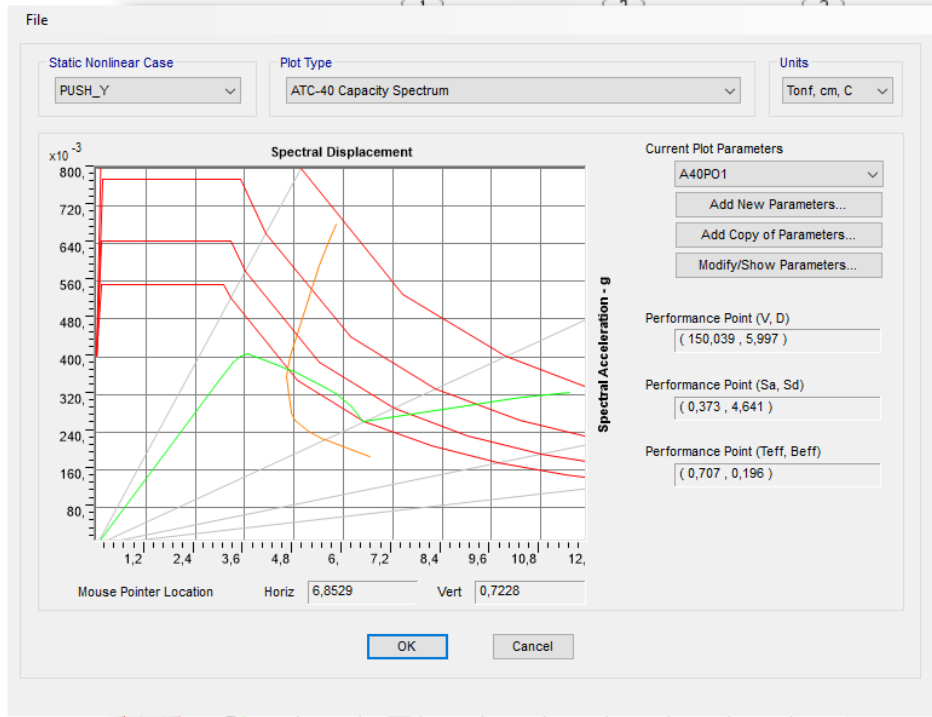
Y yönü deplasmanı : 5,997 cm



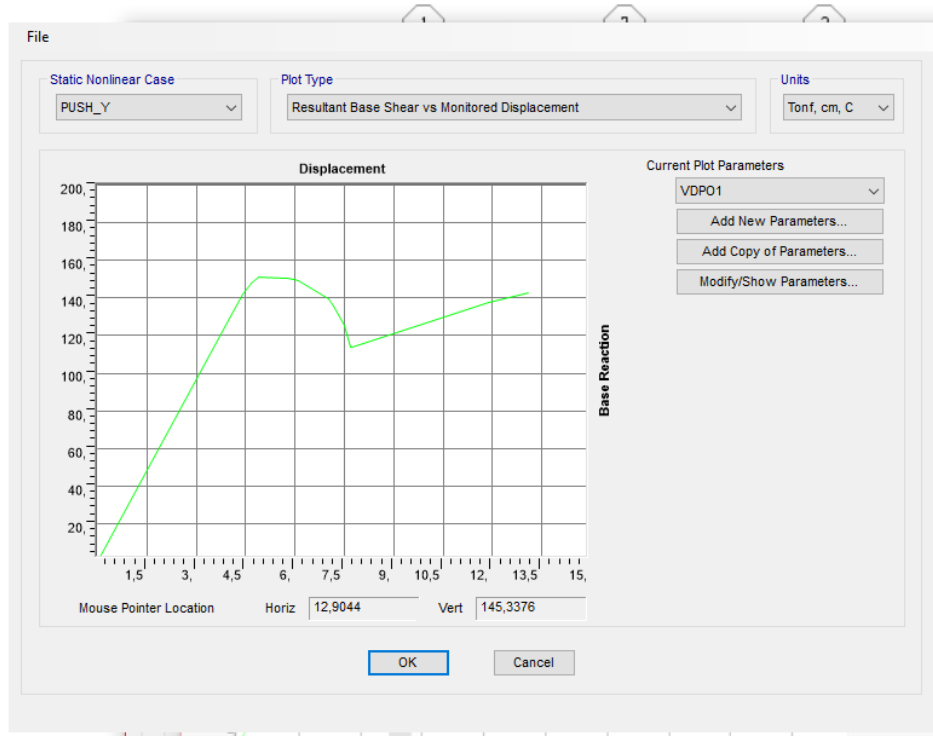
Şekil 4.82. TİP 11 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.83. TİP 11 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.84. TİP 11 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.85. TİP 11 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.12. TİP 12

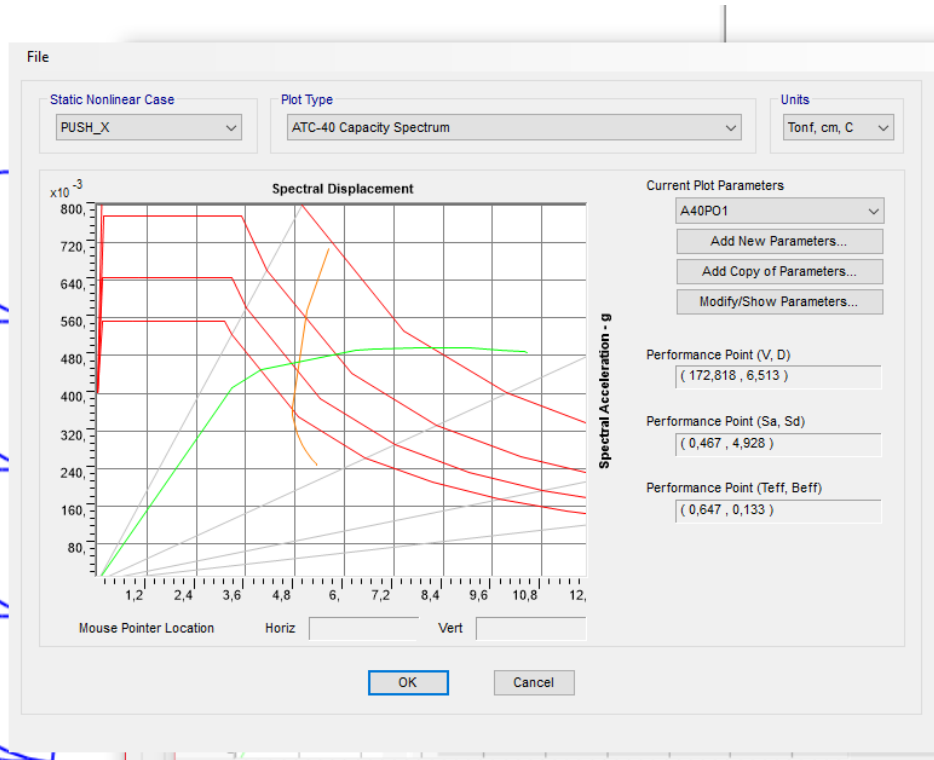
Beş katlı, ters V çapraz Sistem A grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.86. da, Taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.87. de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.88. de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.89. da verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 172,818 ton

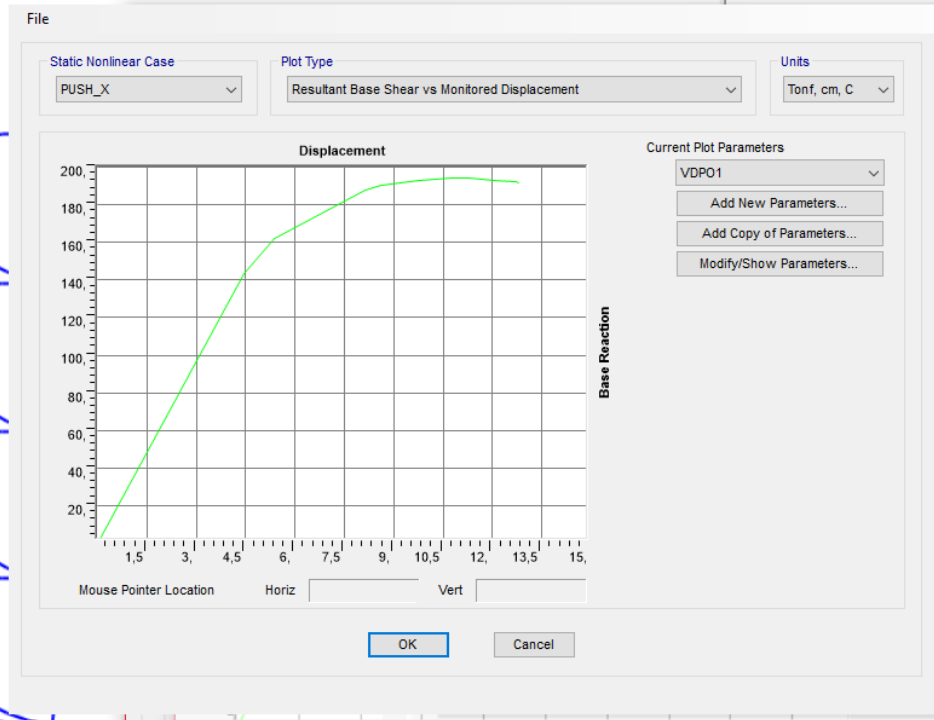
X yönü deplasmanı : 6,510 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 151,425ton

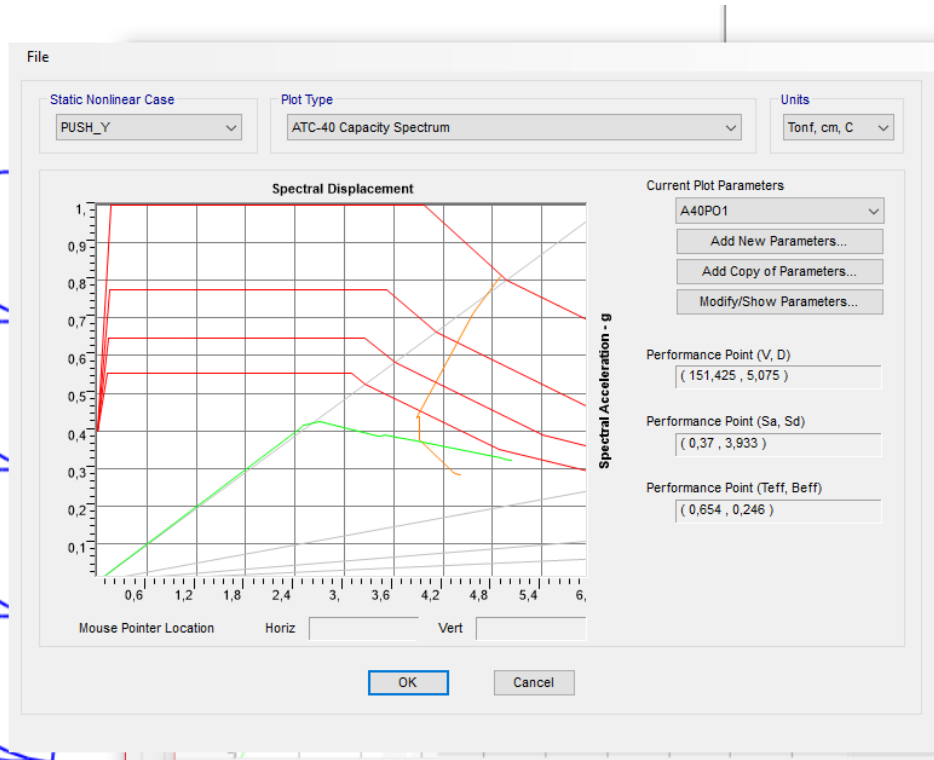
Y yönü deplasmanı : 5,075 cm



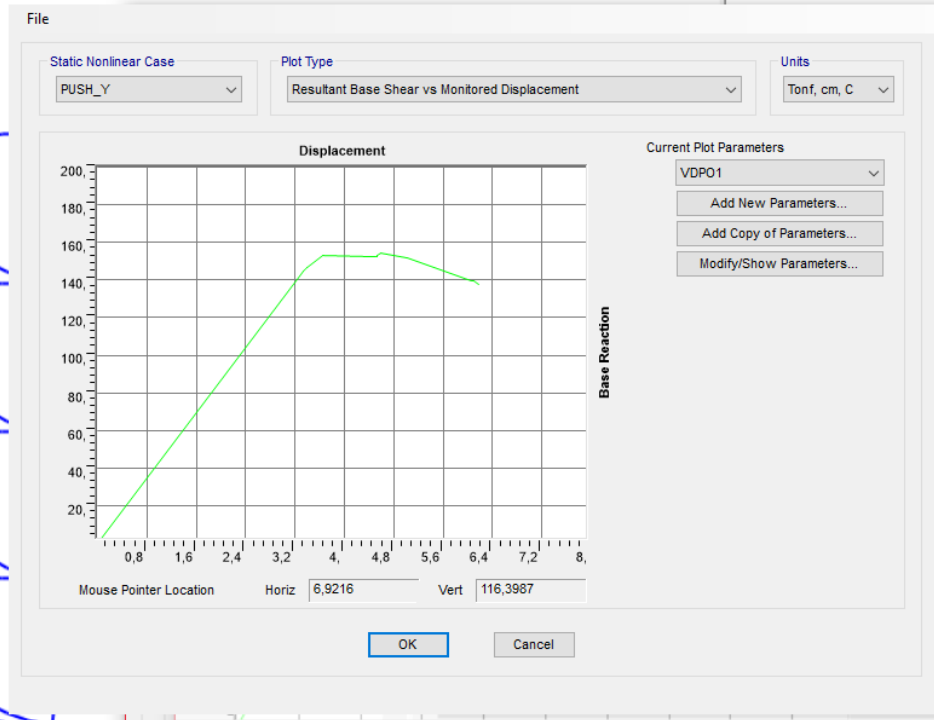
Şekil 4.86. TİP 12X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.87. TİP 12 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.88. TİP 12 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.89. TİP 12 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.13. TİP 13

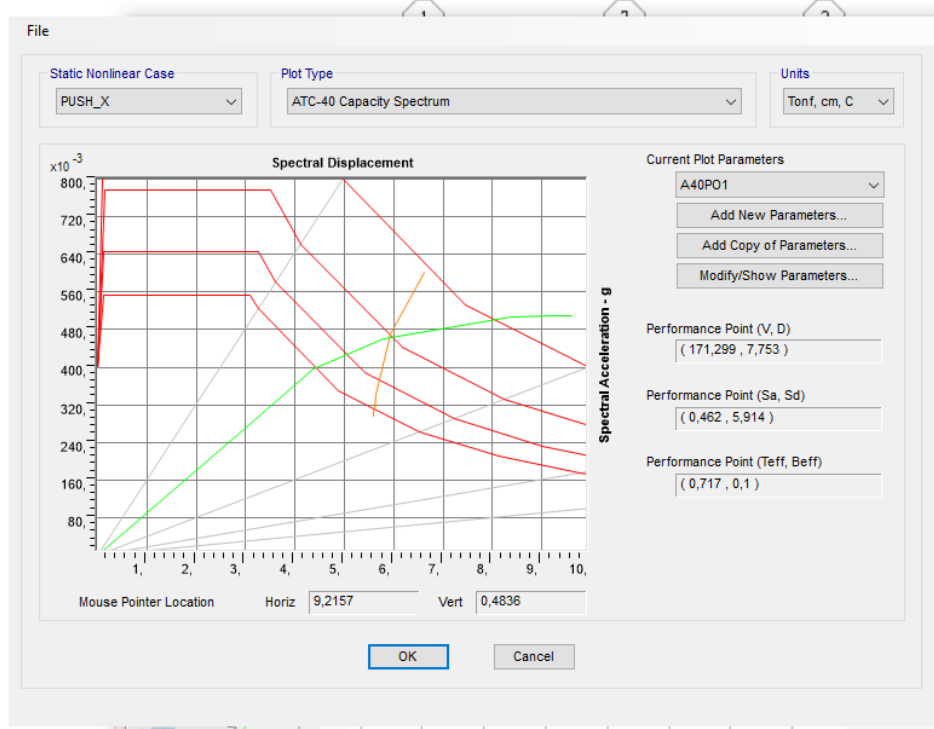
Beş katlı, Ters V dış merkez Çapraz Sistemli A grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.90 da, Taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.91 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.92 de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.93 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 171,299 ton

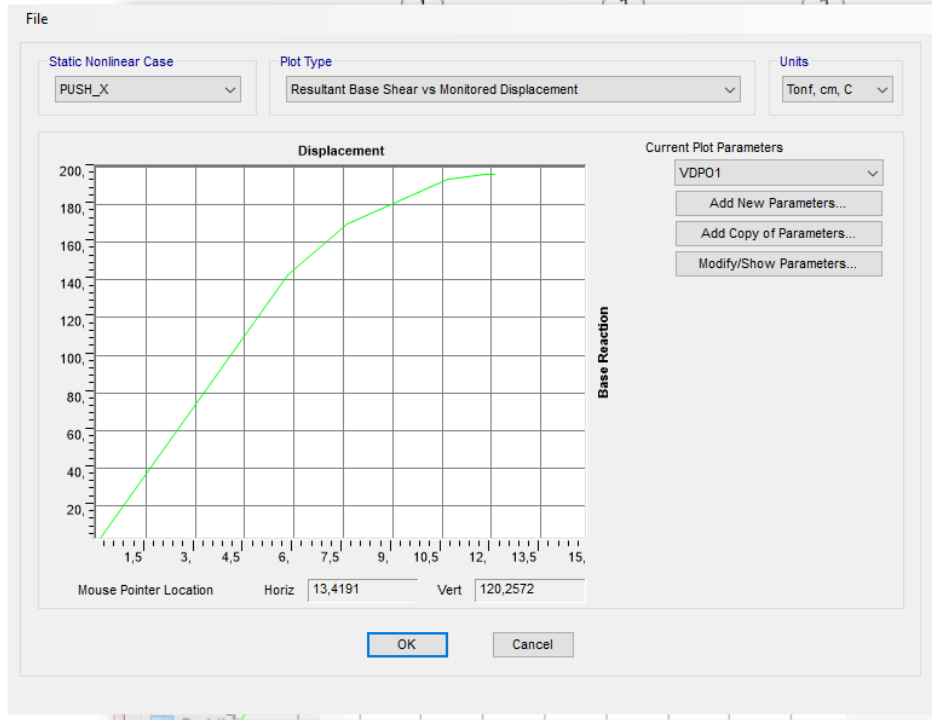
X yönü deplasmanı : 7,75 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 151,669 ton

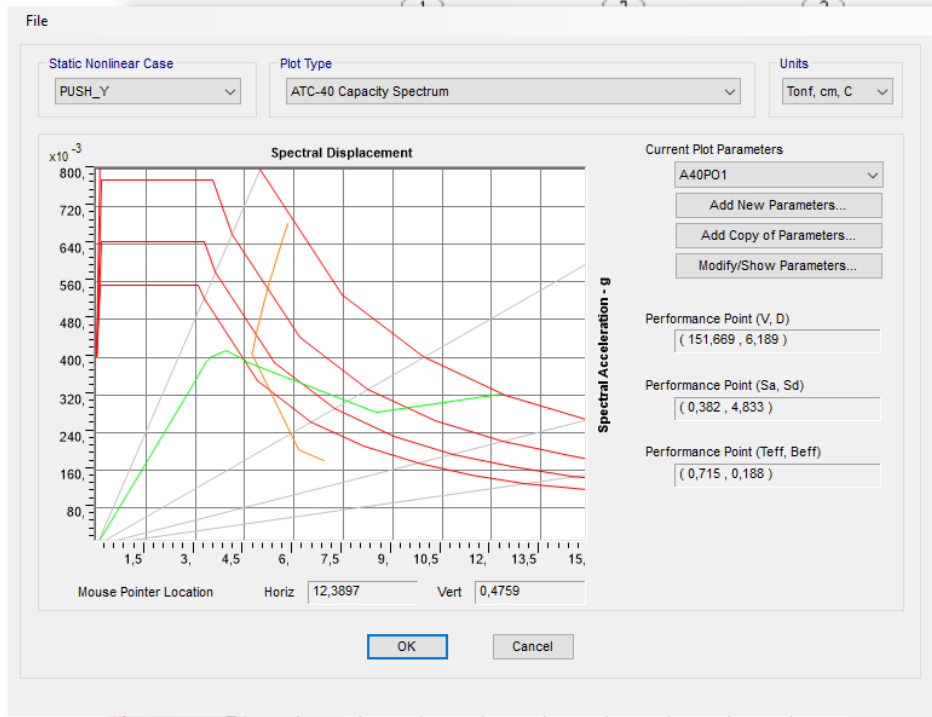
Y yönü deplasmanı : 6,189 cm



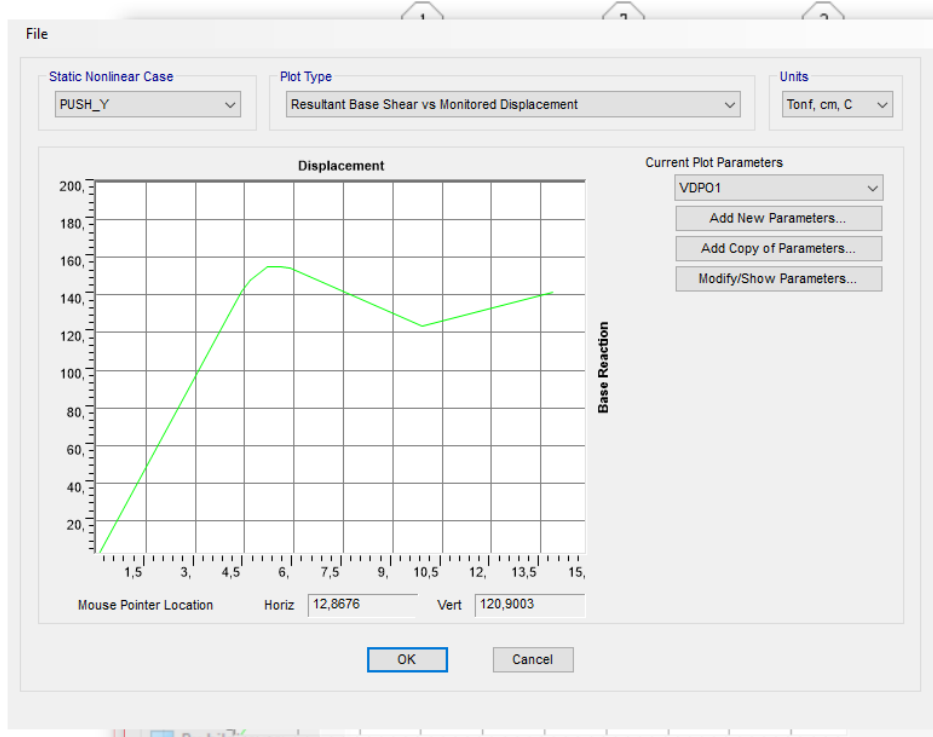
Şekil 4.90. TİP 13 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.91. TİP 13 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.92. TİP 13 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.93. TİP 13 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

4.2.1.14. TİP 14

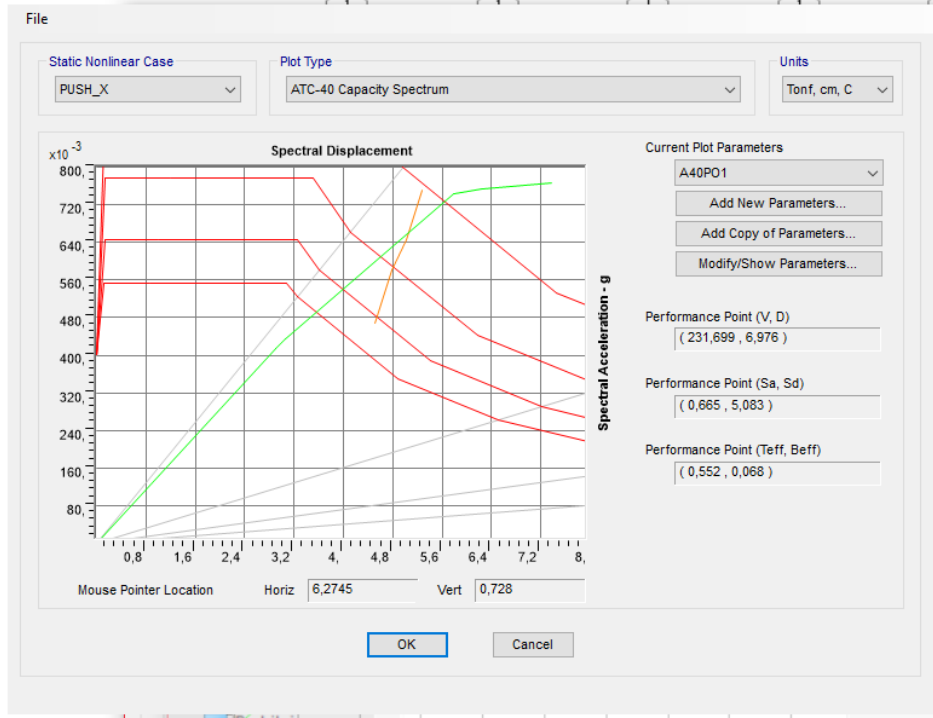
Beş katlı, X çapraz sistem A grubuyapı sisteminin itme analizi sonucunda X yönündeki kapasite spektrumu Şekil 4.94 da, Taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.95 de verilmiştir. Y yönü kapasite spektrumu Şekil 4.96 de, Y yönü taban kesme kuvveti- deplasman grafiği Şekil 4.97 de verilmiştir.

X yönü taban kesme kuvveti : 231,699 ton

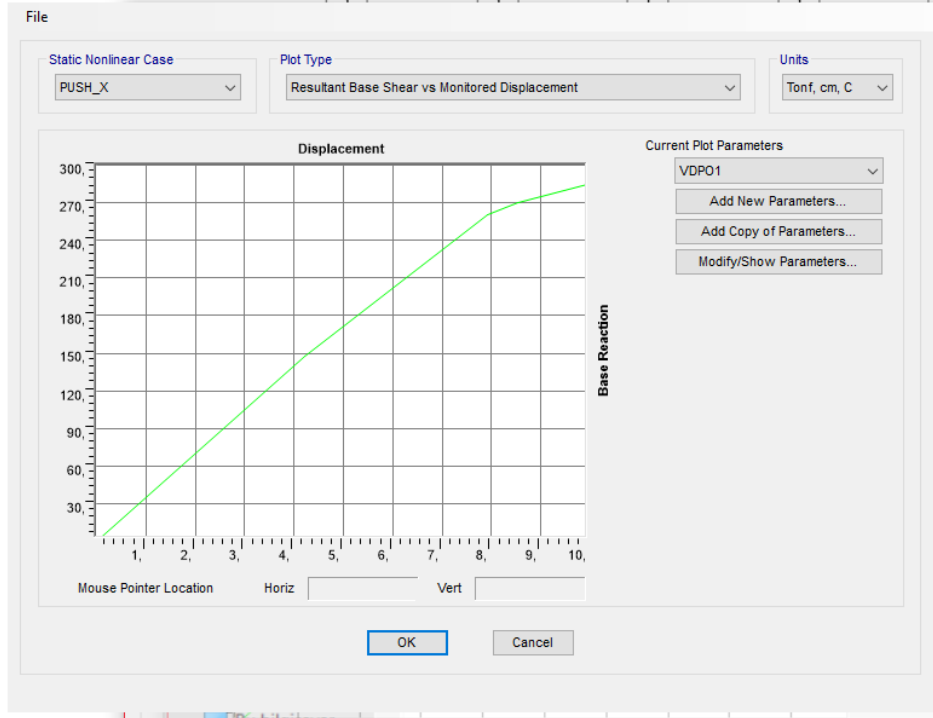
X yönü deplasmanı : 6,976 cm

Y yönü taban kesme kuvveti : 245,254 ton

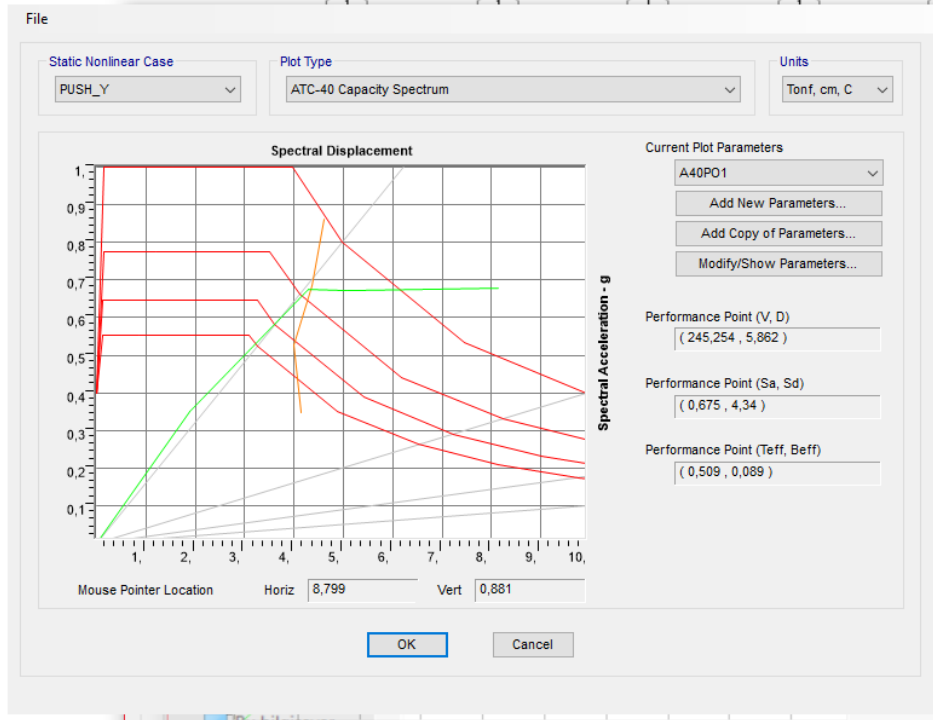
Y yönü deplasmanı : 5,862 cm



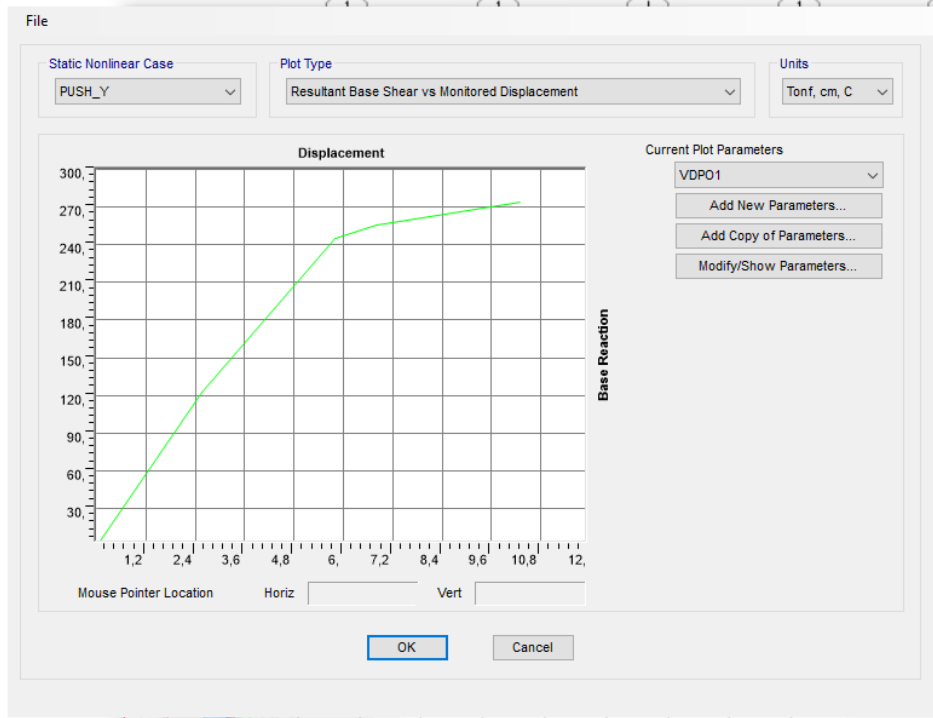
Şekil 4.94 TİP 14 X yönü ATC-40 kapasite spektrumu



Şekil 4.95 TİP 14 X yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği



Şekil 4.96 TİP 14 Y yönü ATC-40 kapasite spektrumu

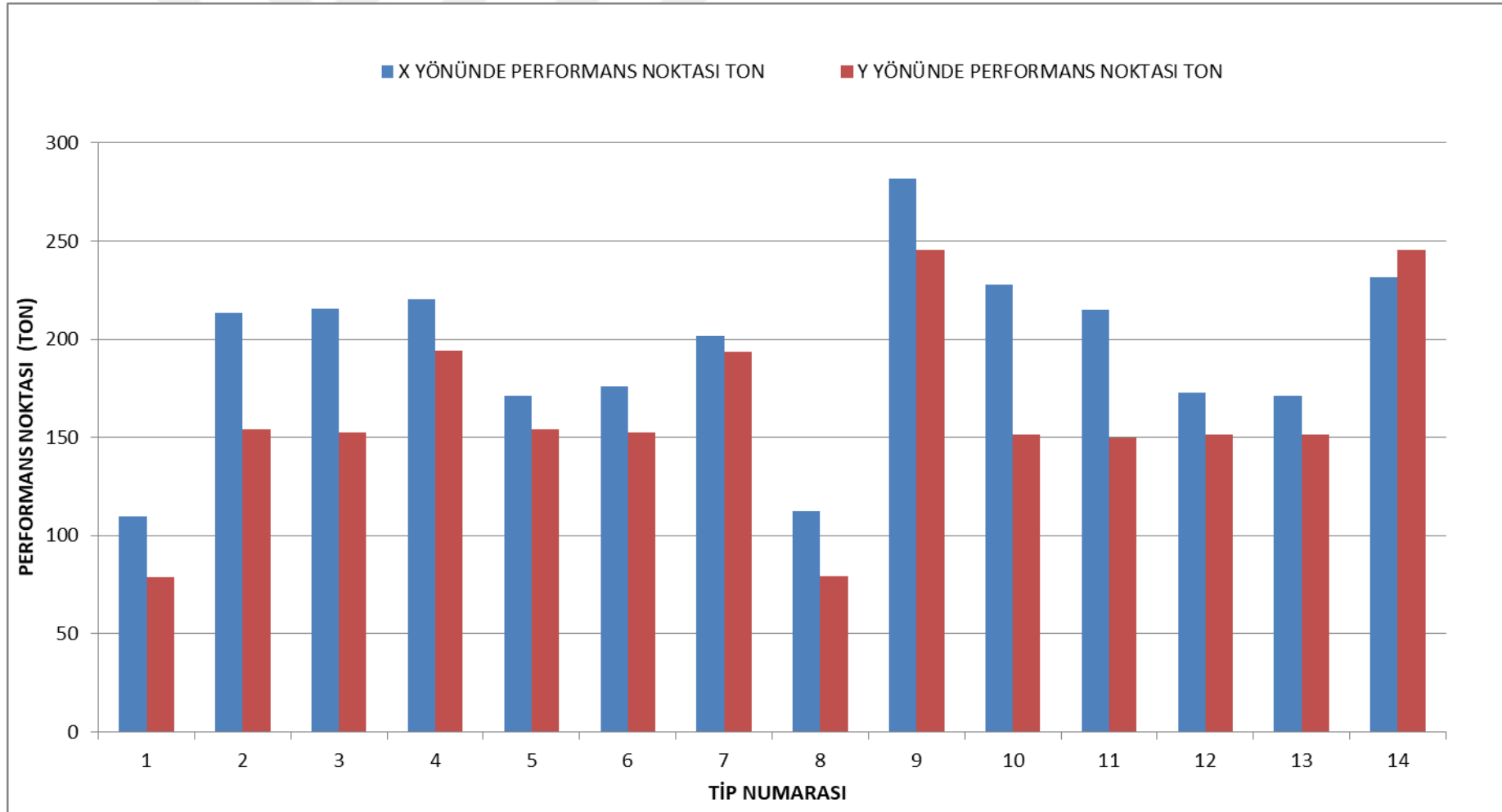


Şekil 4.97 TİP 14 Y yönü taban kesme kuvveti-deplasman grafiği

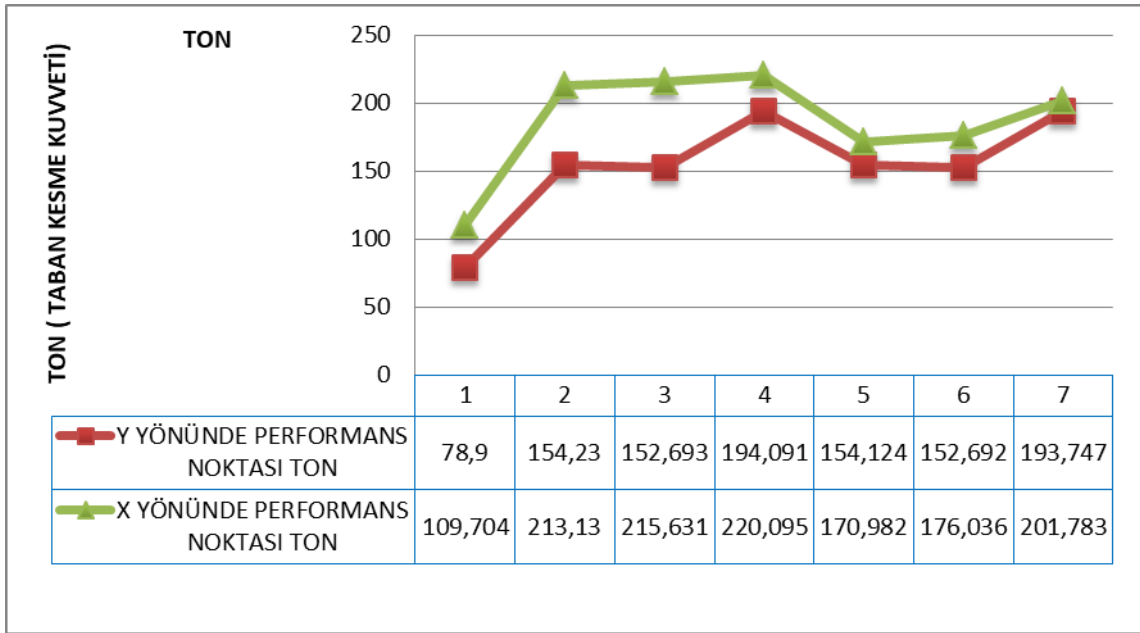
Gerçekleştirilen itme analizleri sonunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.18'de sunulmuştur. Ayrıca 14 tip çerçevenin mafsall oluşum yerleri Çizelge 4.19 – Çizelge 4.32 arasında verilmiştir.

Çizelge 4.18. Çözümü gerçekleştirilen binaların sonuçları

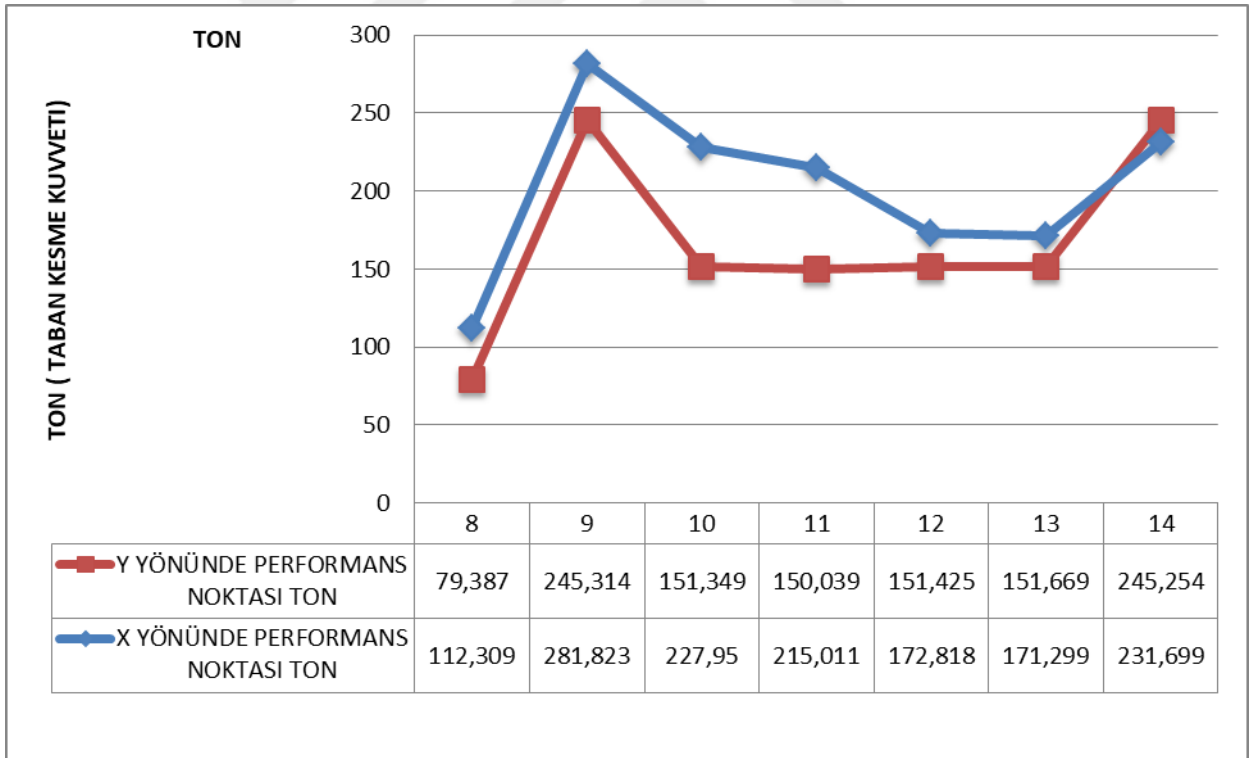
TİP NUMARASI	X YÖNÜNDE PERFORMANS NOKTASI (Ton)	Y YÖNÜNDE PERFORMANS NOKTASI (Ton)	X YÖNÜNDE YER DEĞİŞTİRME (cm)	Y YÖNÜNDE YER DEĞİŞTİRME (cm)	AÇIKLAMA
1	109,704	78,9	9,49	13,6	3 Katlı çaprazsız
2	213,13	154,23	2,136	2,065	3 Katlı Ters V Çaprazlı Sistem B grubu
3	215,631	152,693	3,32	3,05	3 Katlı Dış merkez Ters V çaprazlı sistem B grubu
4	220,095	194,091	1,732	1,935	3 Katlı X çapraz Sistem B grubu
5	170,982	154,124	2,73	2,063	3 Katlı Ters V Çapraz Sistem A grubu
6	176,036	152,692	4,286	3,072	3 katlı Ters V dış merkez çapraz Sistem A grubu
7	201,783	193,747	2,398	1,931	3 Katlı X çapraz Sistem A grubu
8	112,309	79,387	16,021	21,855	5 Katlı Çaprazsız Sistem
9	281,823	245,314	5,992	5,867	5 Katlı X Çapraz Sistem B grubu
10	227,95	151,349	5,571	5,082	5 Katlı Ters V çapraz Sistem B grubu
11	215,011	150,039	6,827	5,997	5 Katlı Ters V dış merkez Çapraz Sistem B grubu
12	172,818	151,425	6,51	5,075	5 Katlı ters V Çapraz Sistem A grubu
13	171,299	151,669	7,75	6,189	Ters V dış merkez Çapraz Sistemli A grubu
14	231,699	245,254	6,976	5,862	5 Katlı X Çapraz Sistem A grubu



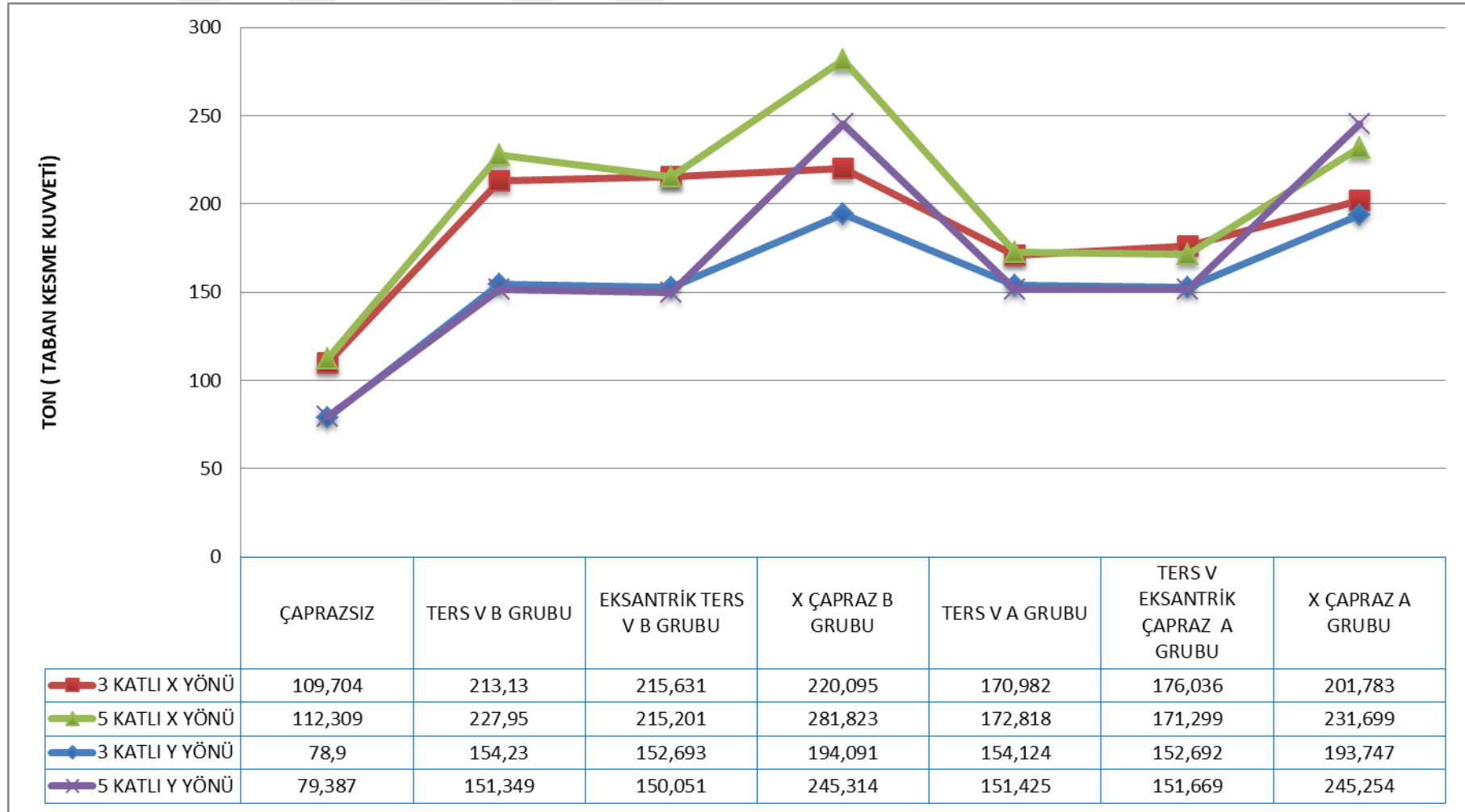
Şekil 4.98. Çözümü gerçekleştirilen binaların taban kesme kuvveti grafiği



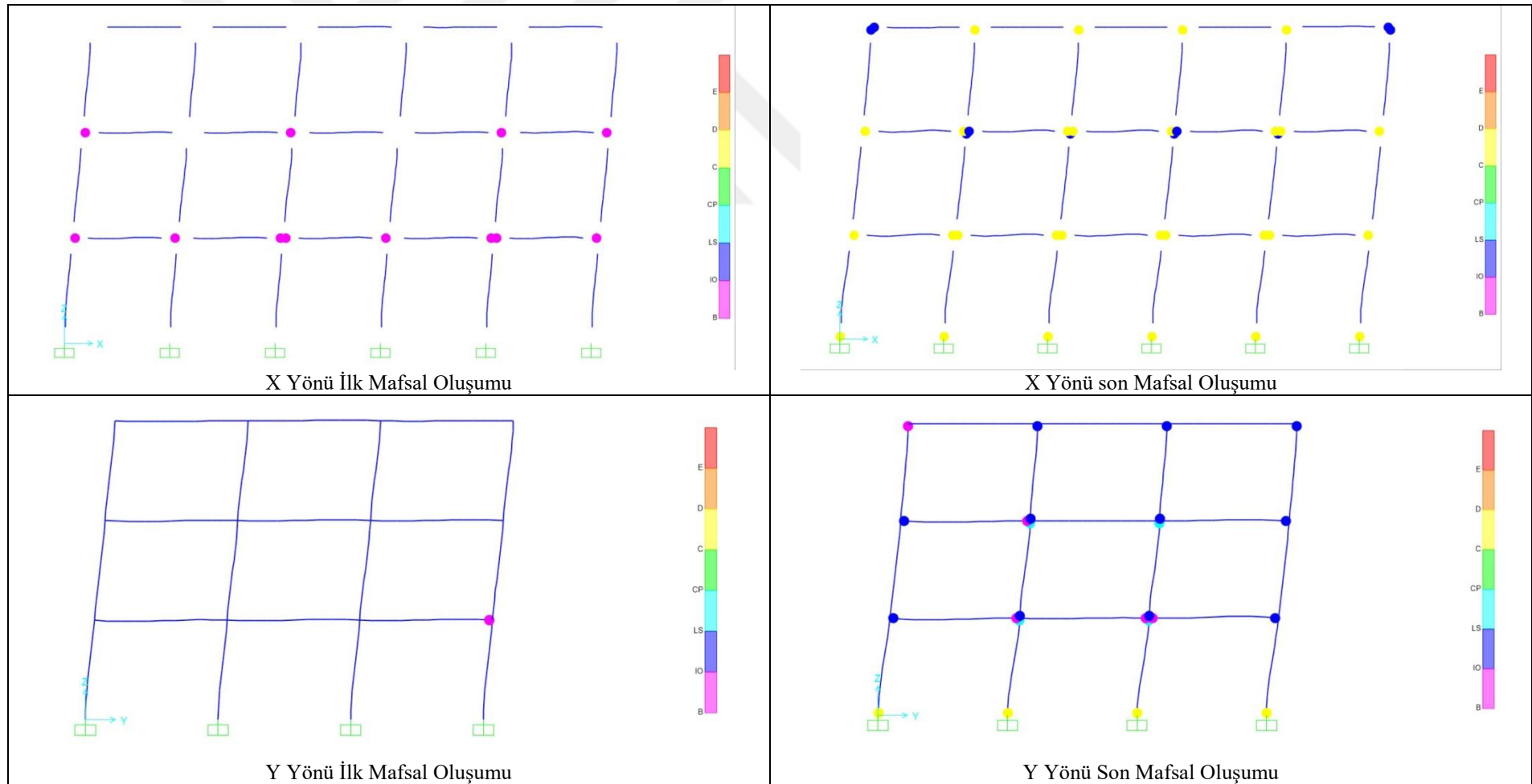
Şekil 4.99. 3 katlı yapı sistemlerinin taban kesme kuvvetleri



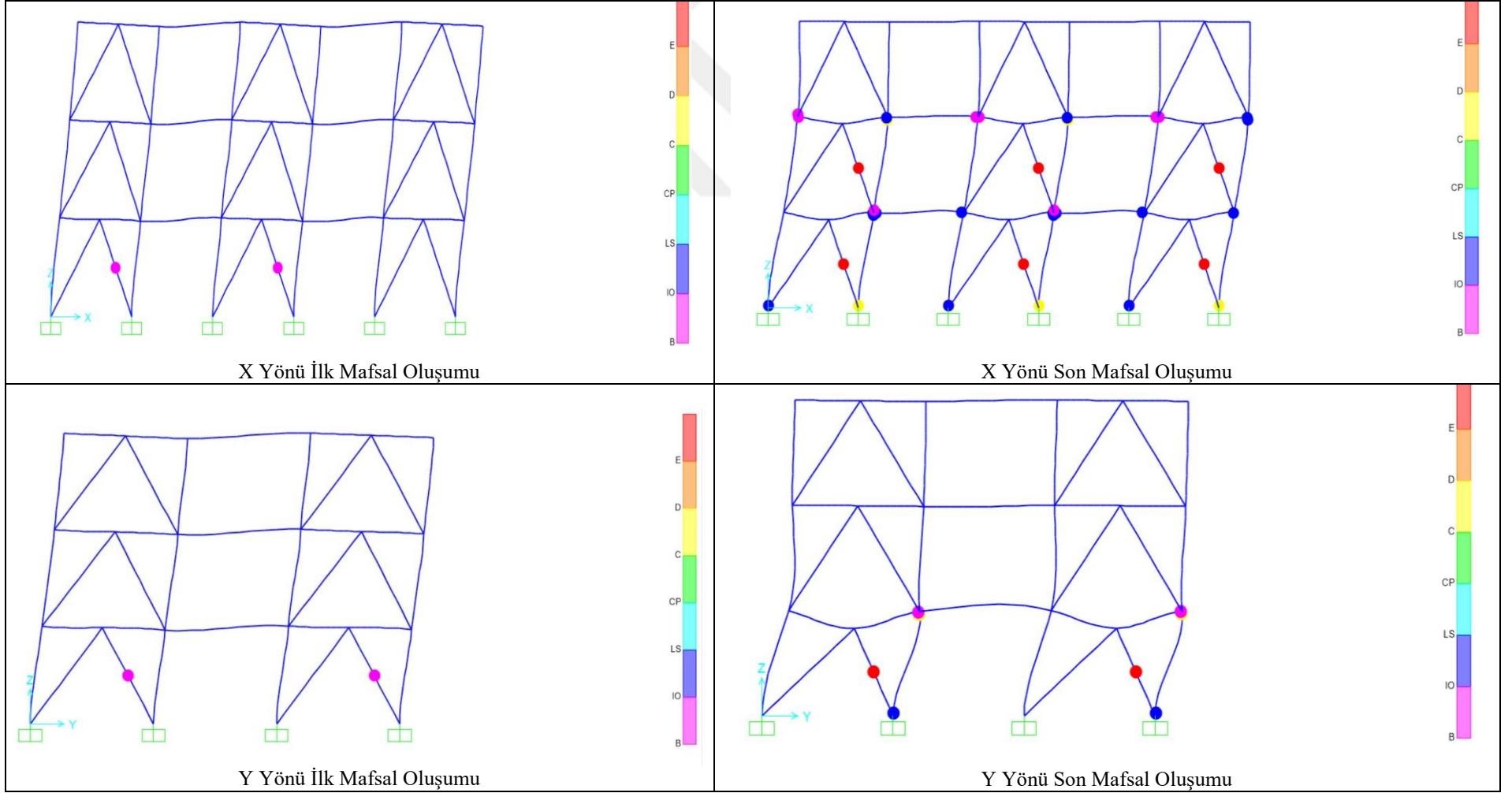
Şekil 4.100. 5 katlı yapı sistemlerinin taban kesme kuvvetleri



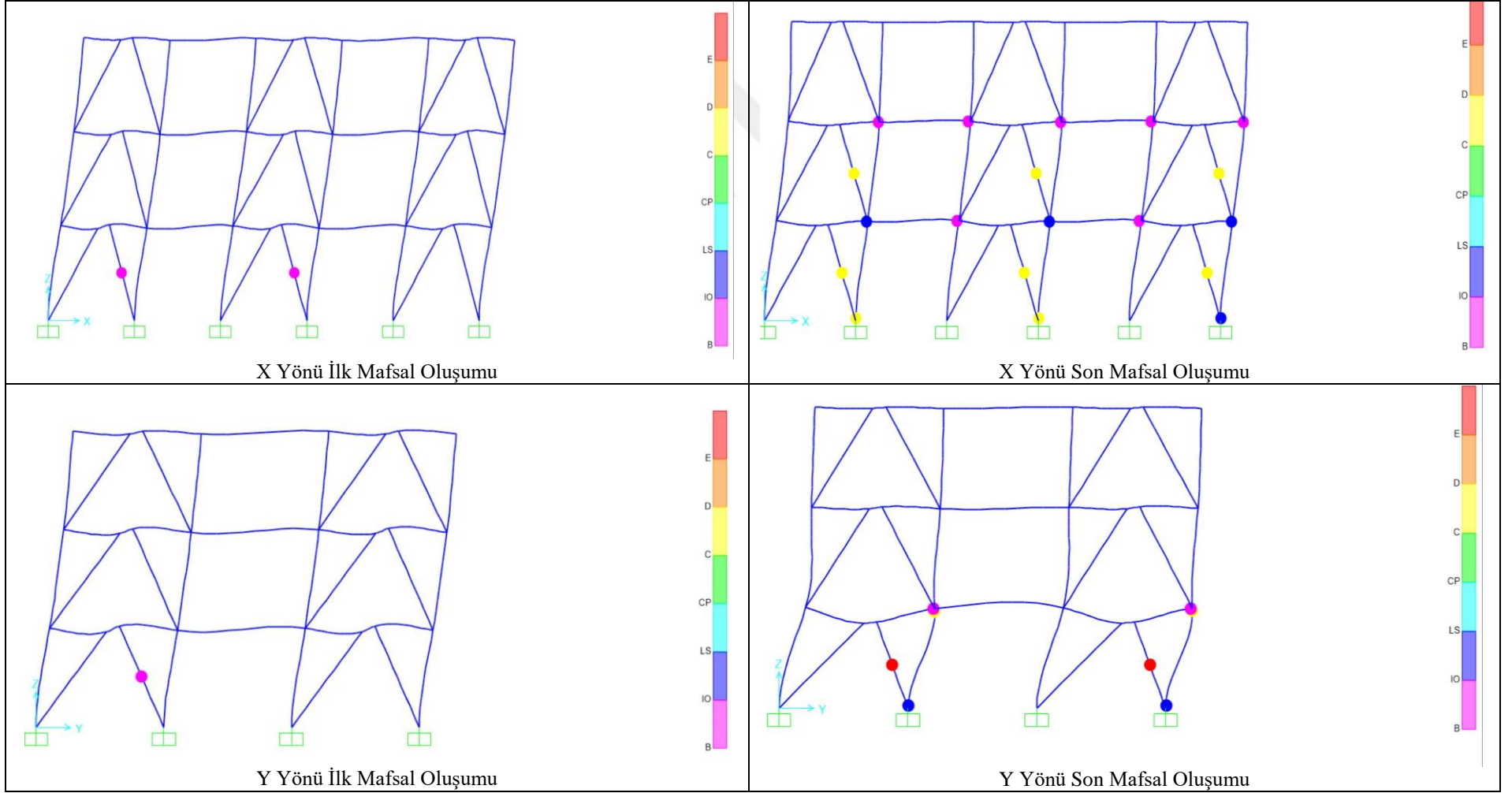
Şekil 4.101. 3 ve 5 katlı binaların taban kesme kuvvetleri



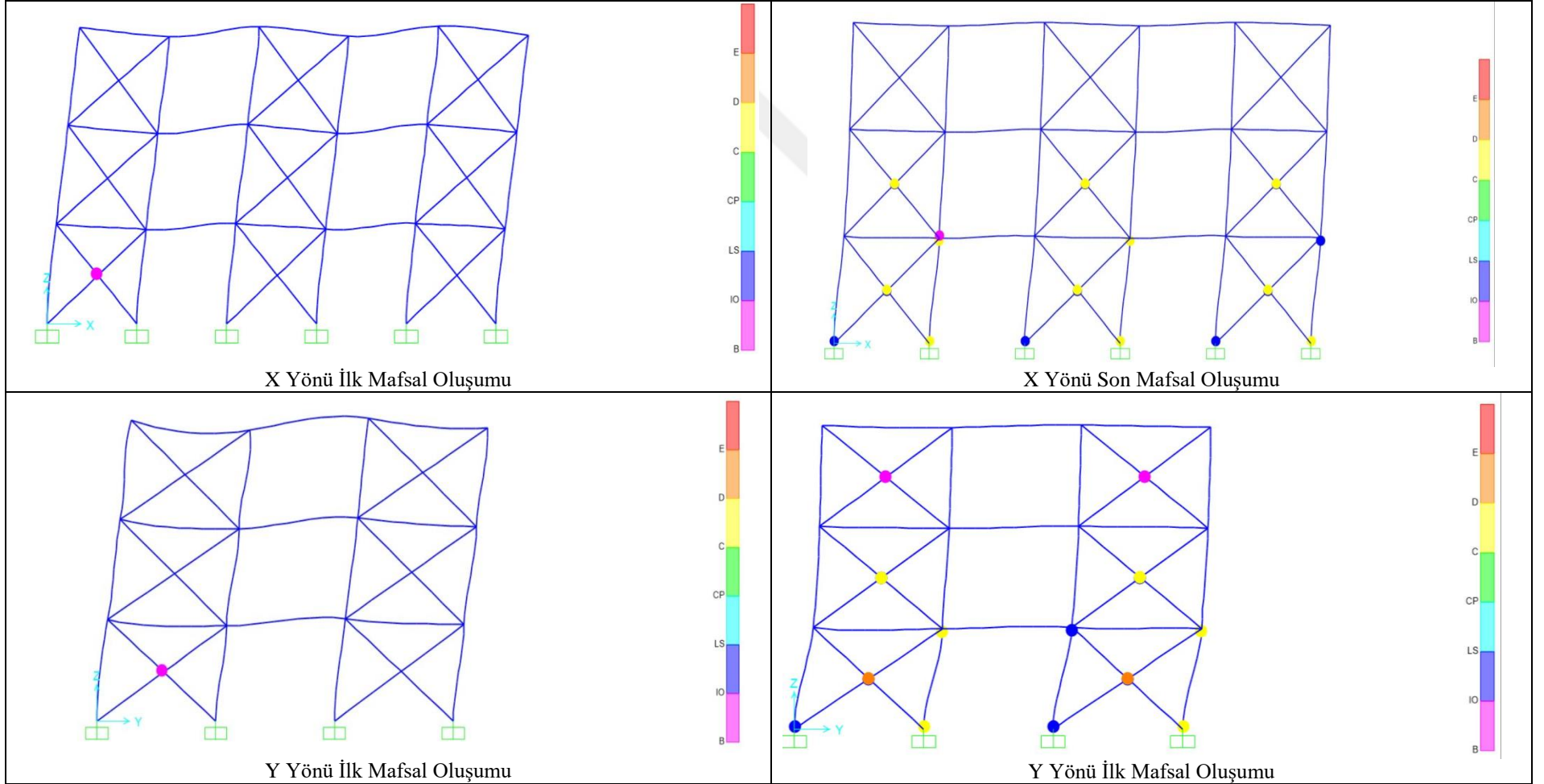
Çizelge 4.19. Tip 1 mafsal oluşum noktaları



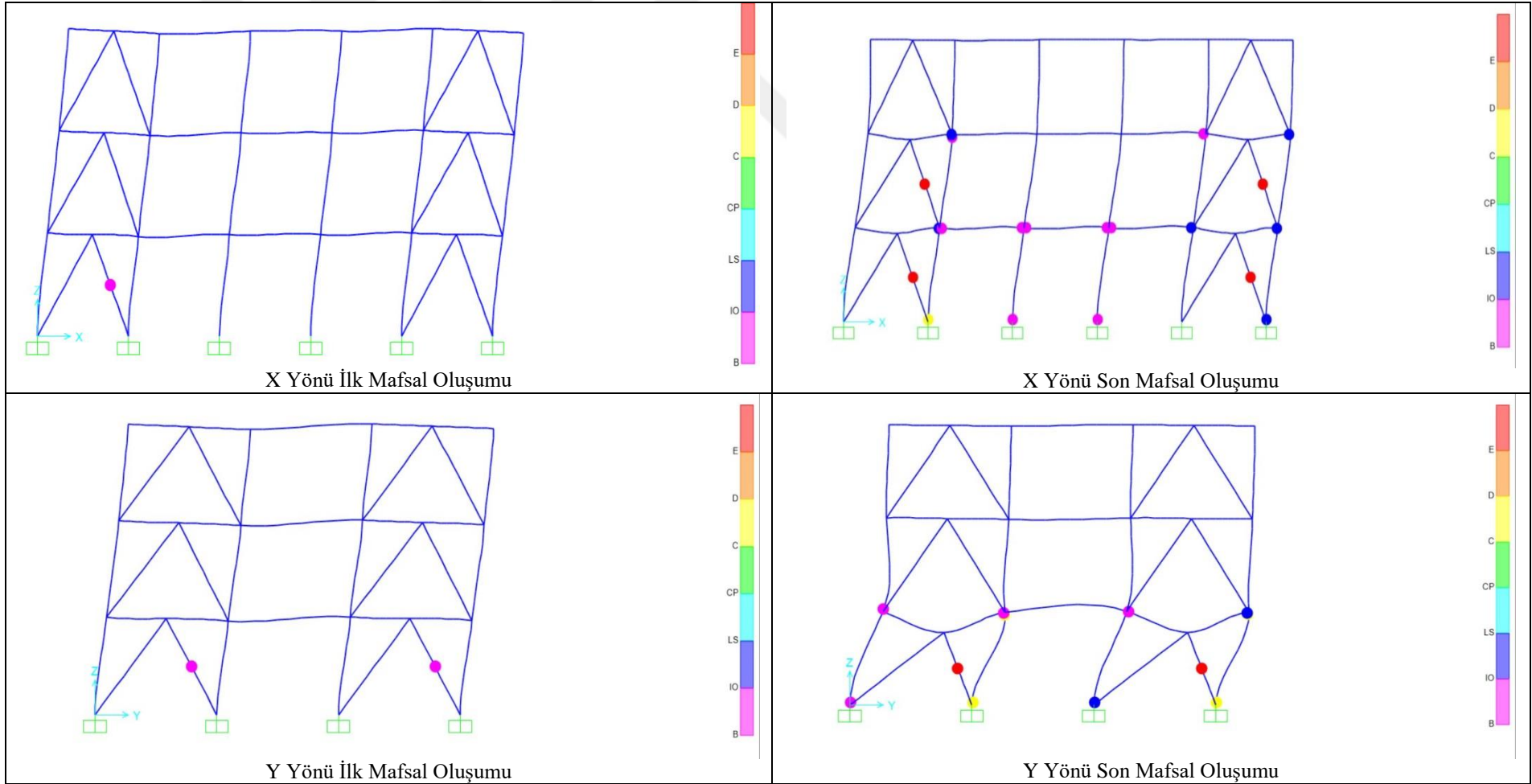
Çizelge 4.20. Tip 2 mafsals oluşum noktaları



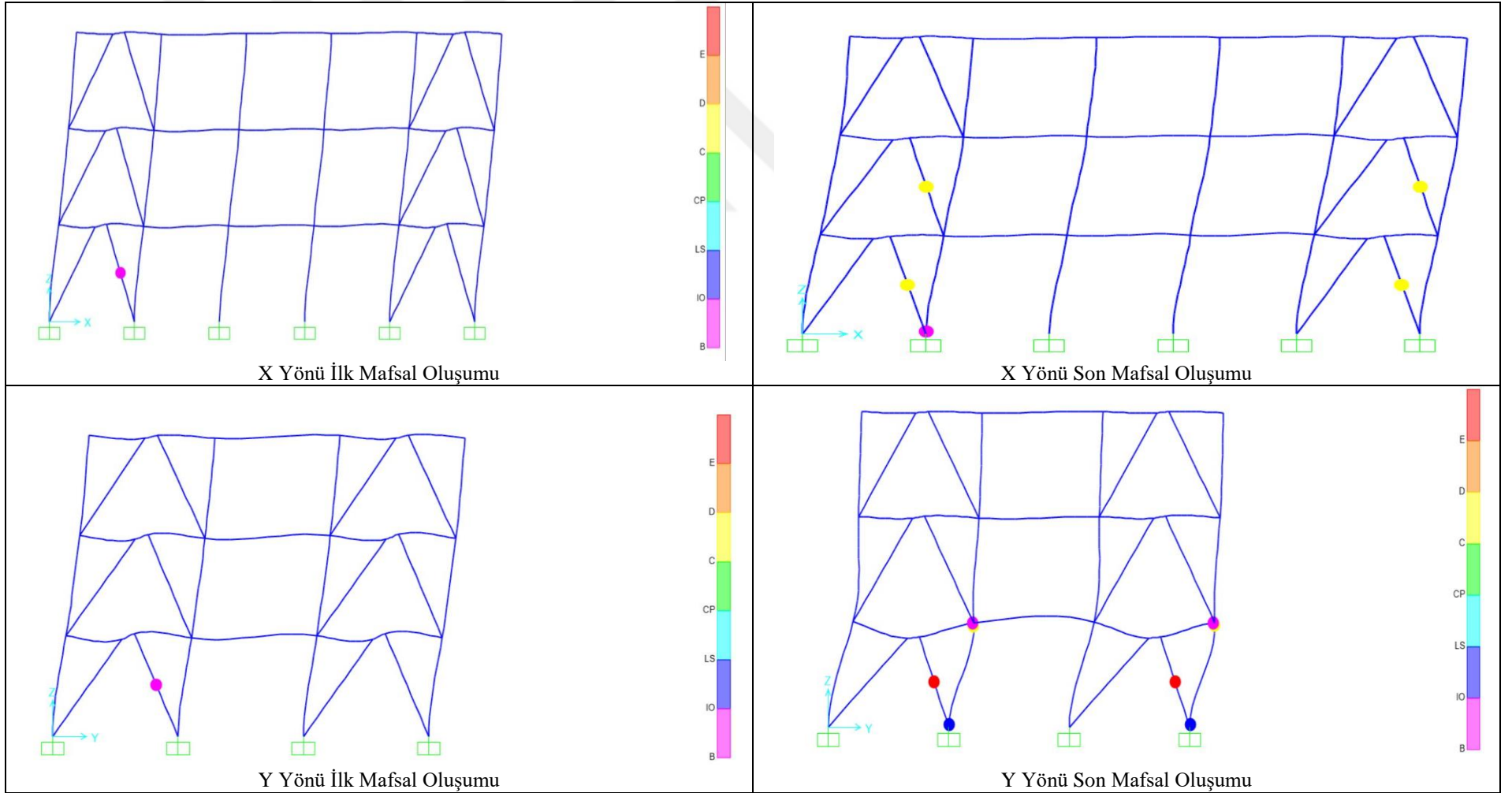
Çizelge 4.21. Tip 3 mafsal oluşum noktaları



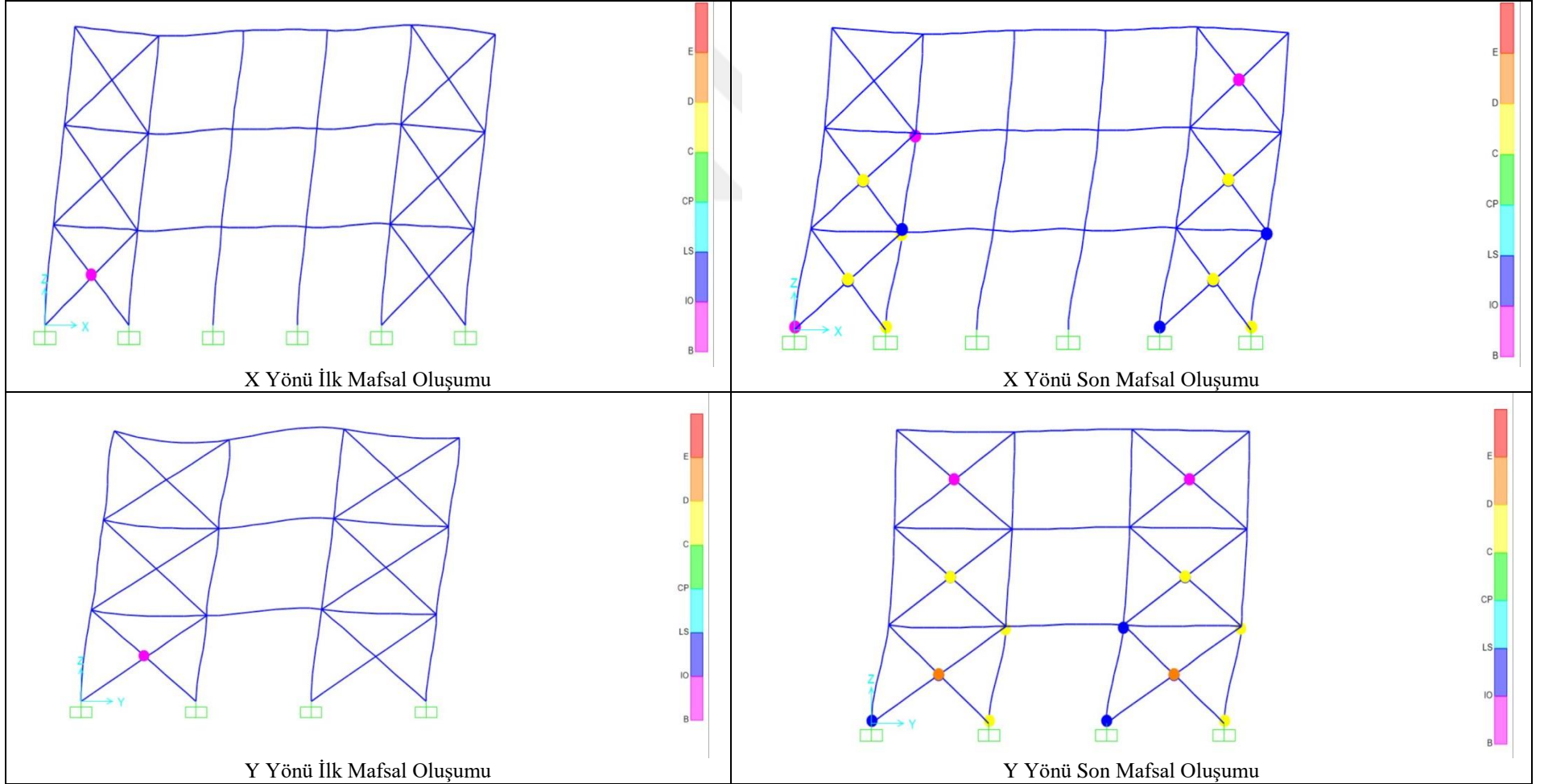
Çizelge 4.22. Tip 4 mafsalsal oluşum noktaları



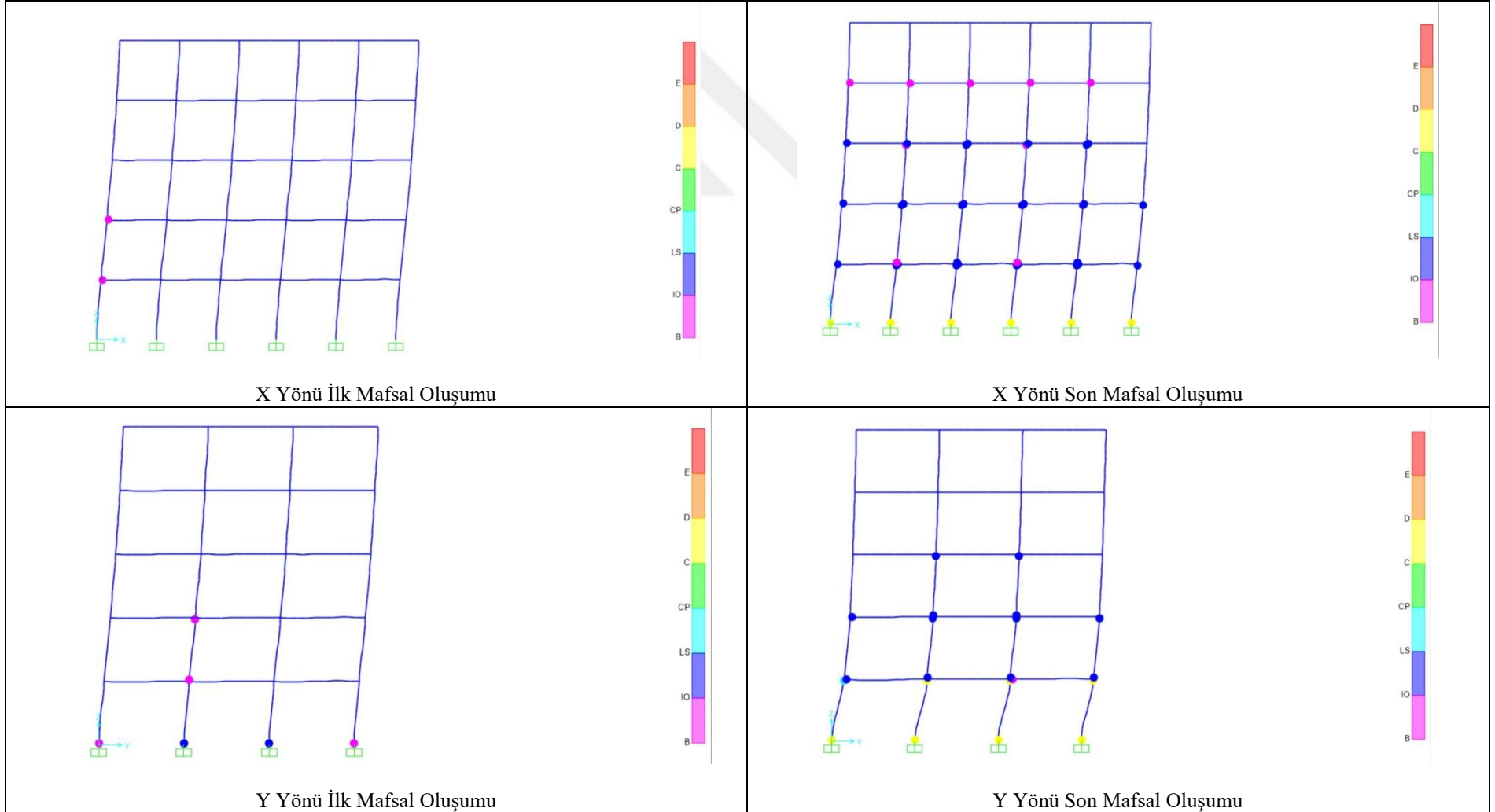
Çizelge 4.23. Tip 5 mafsal oluşum noktaları



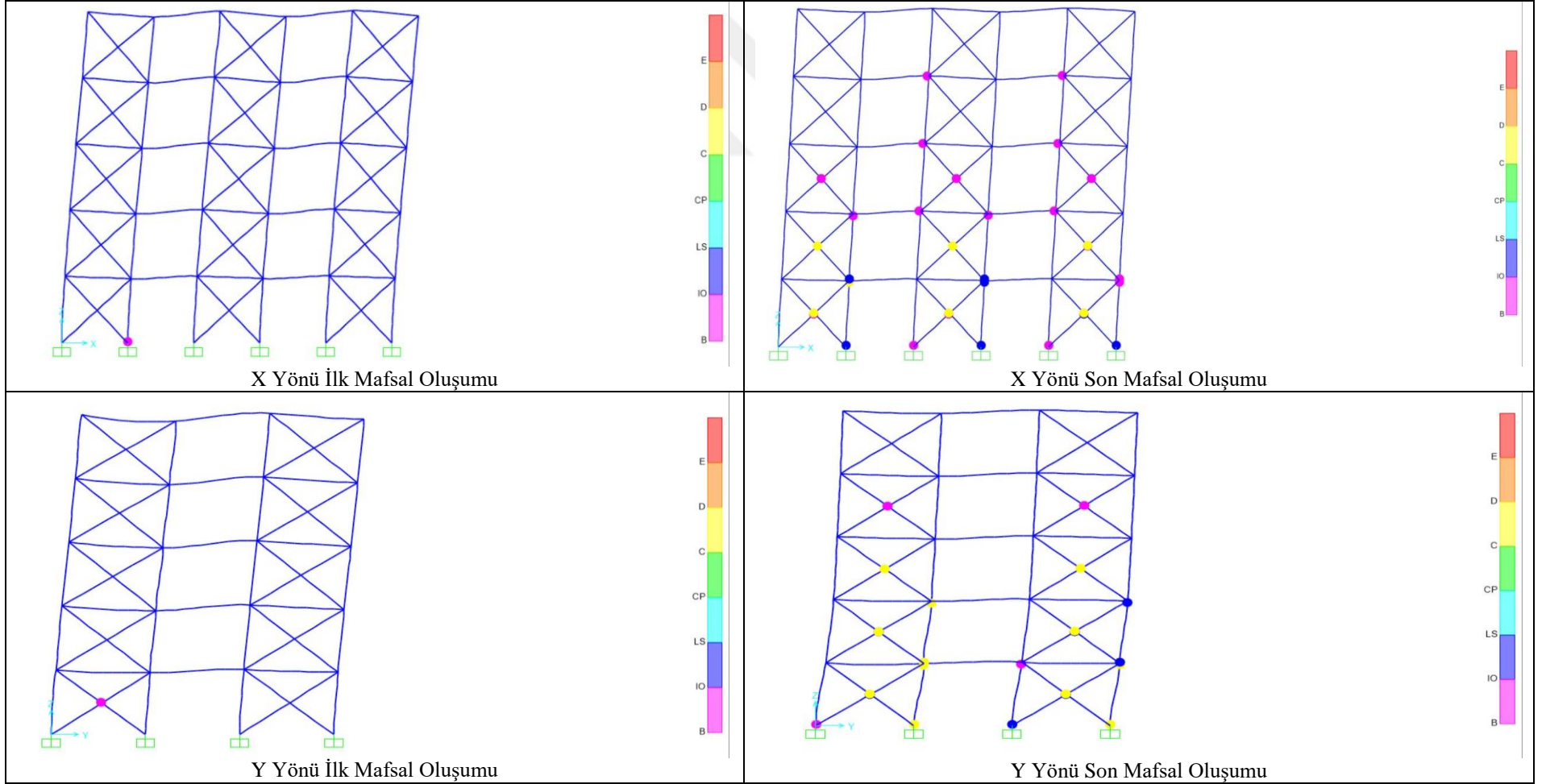
Çizelge 4.24. Tip 6 mafsal oluşum noktaları



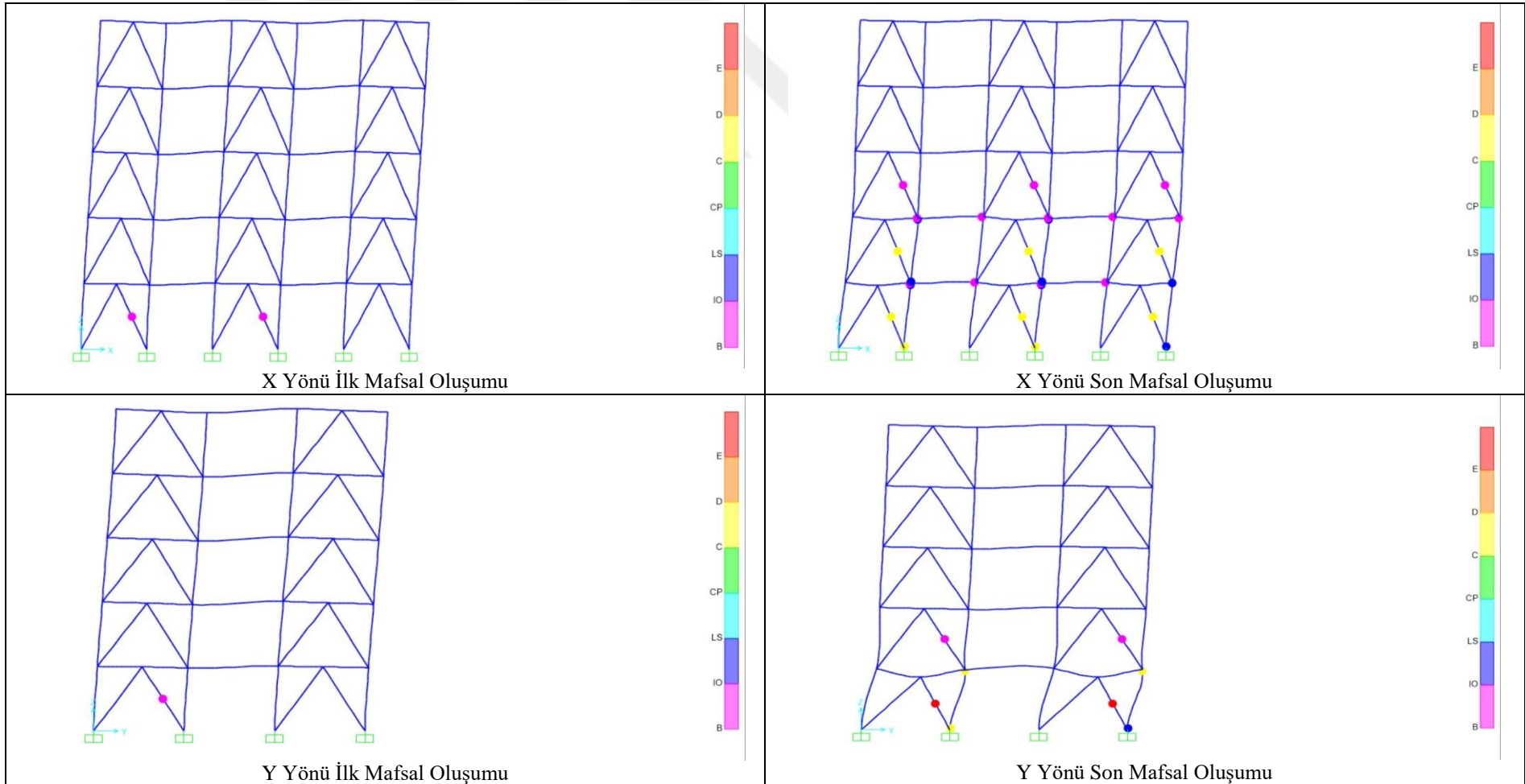
Çizelge 4.25. Tip 7 mafsals oluşum noktaları



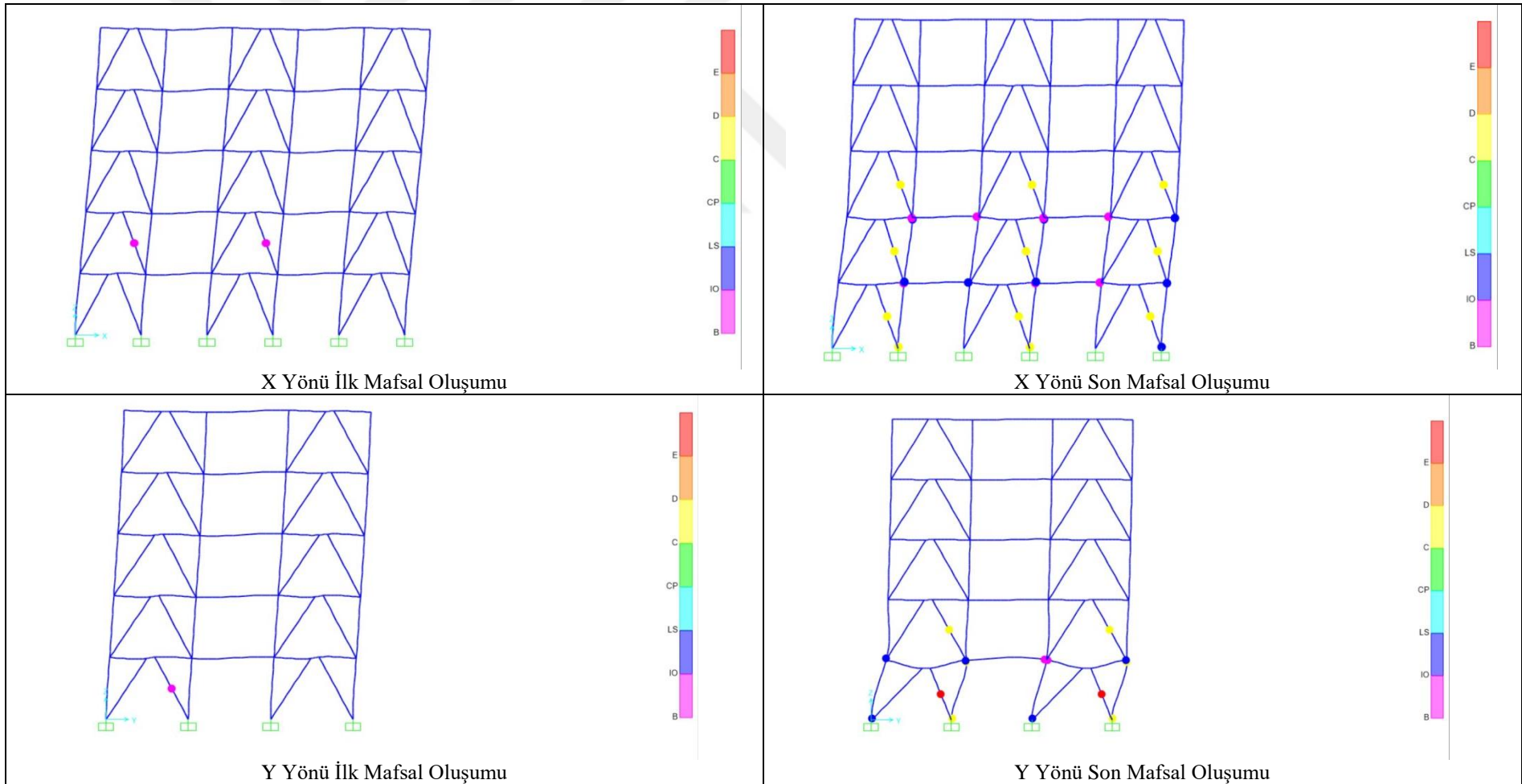
Çizelge 4.26. Tip 8 mafsal oluşum noktaları



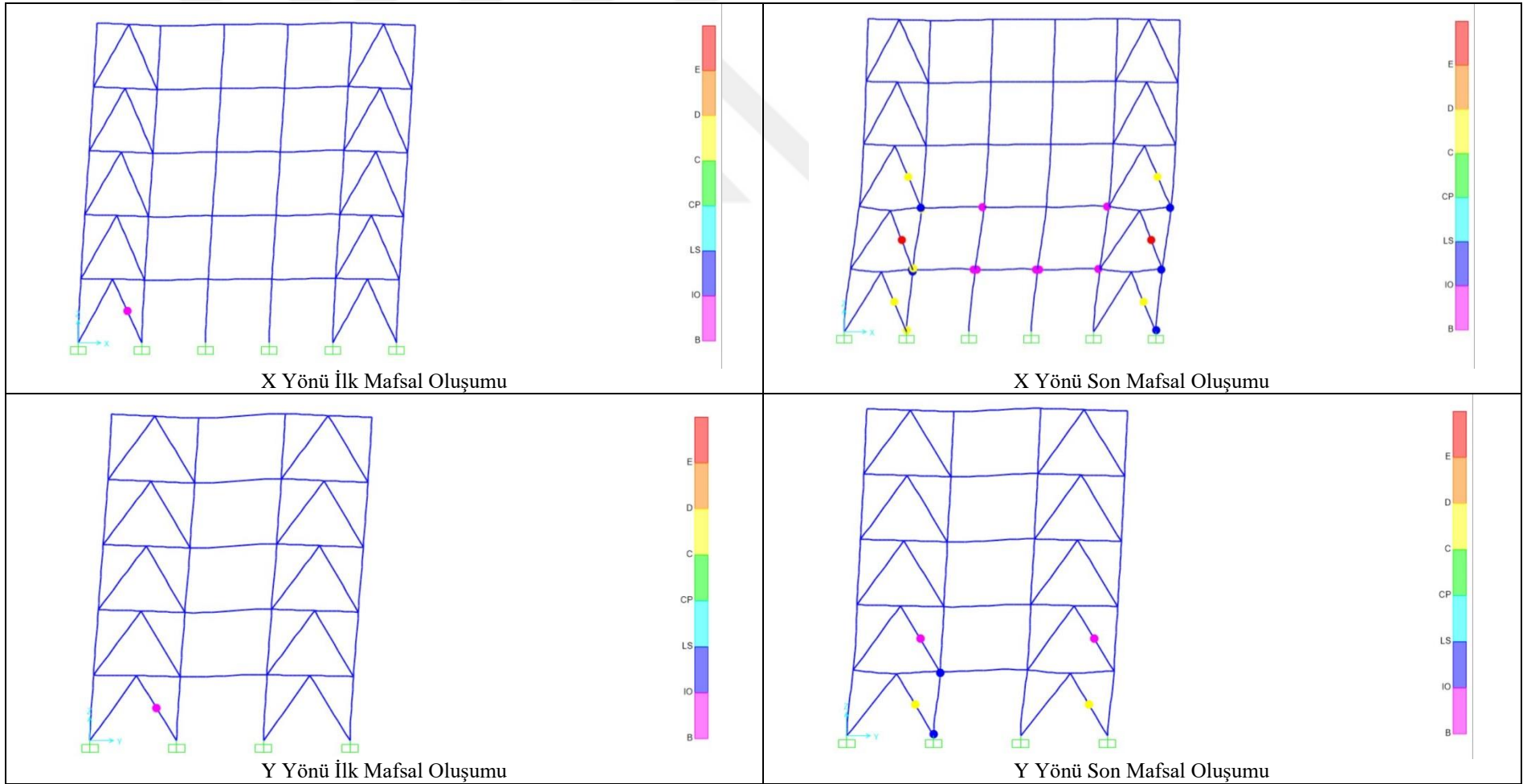
Çizelge 4.27. Tip 9 mafsal oluşum noktaları



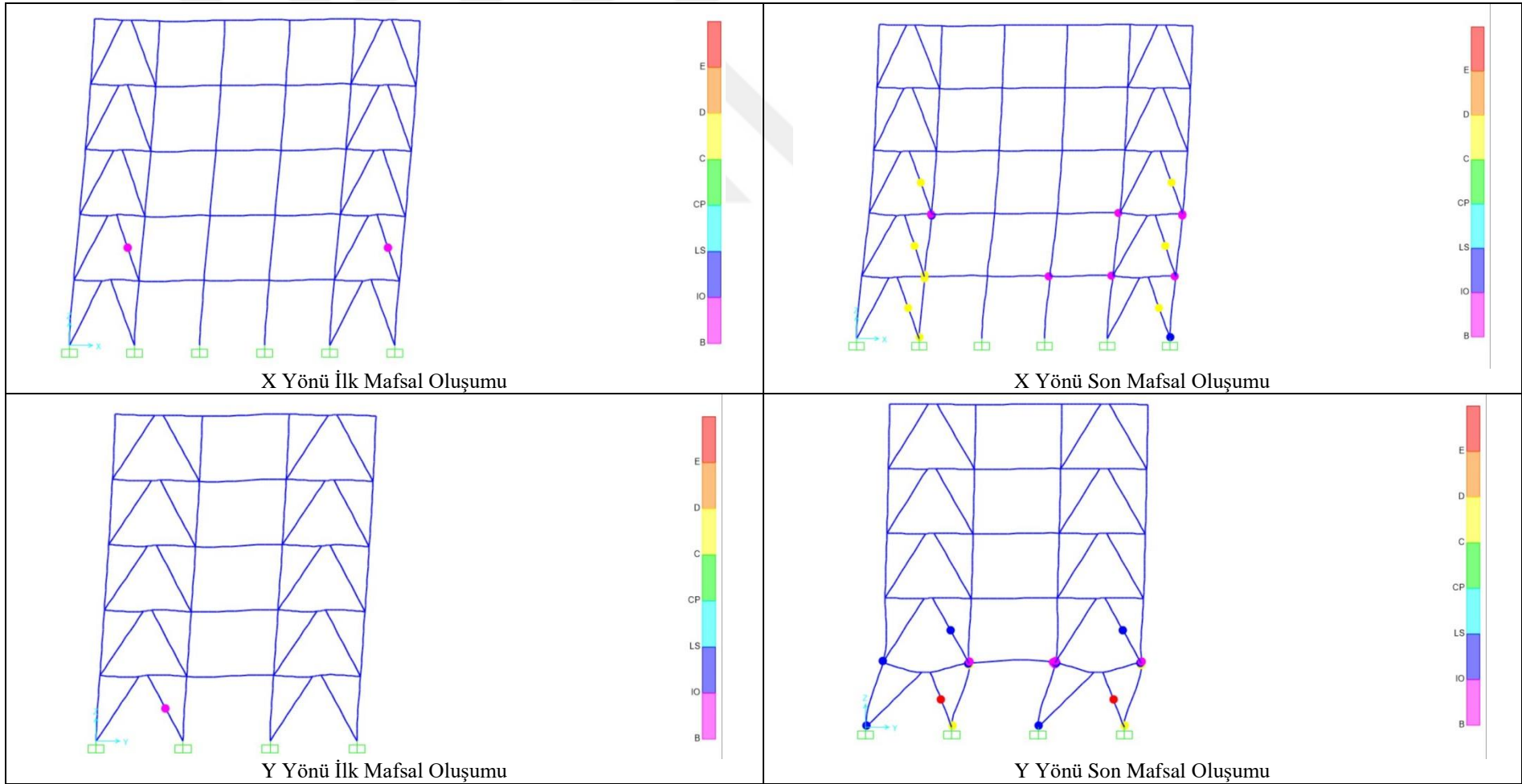
Çizelge 4.28. Tip 10 mafsal oluşum noktaları



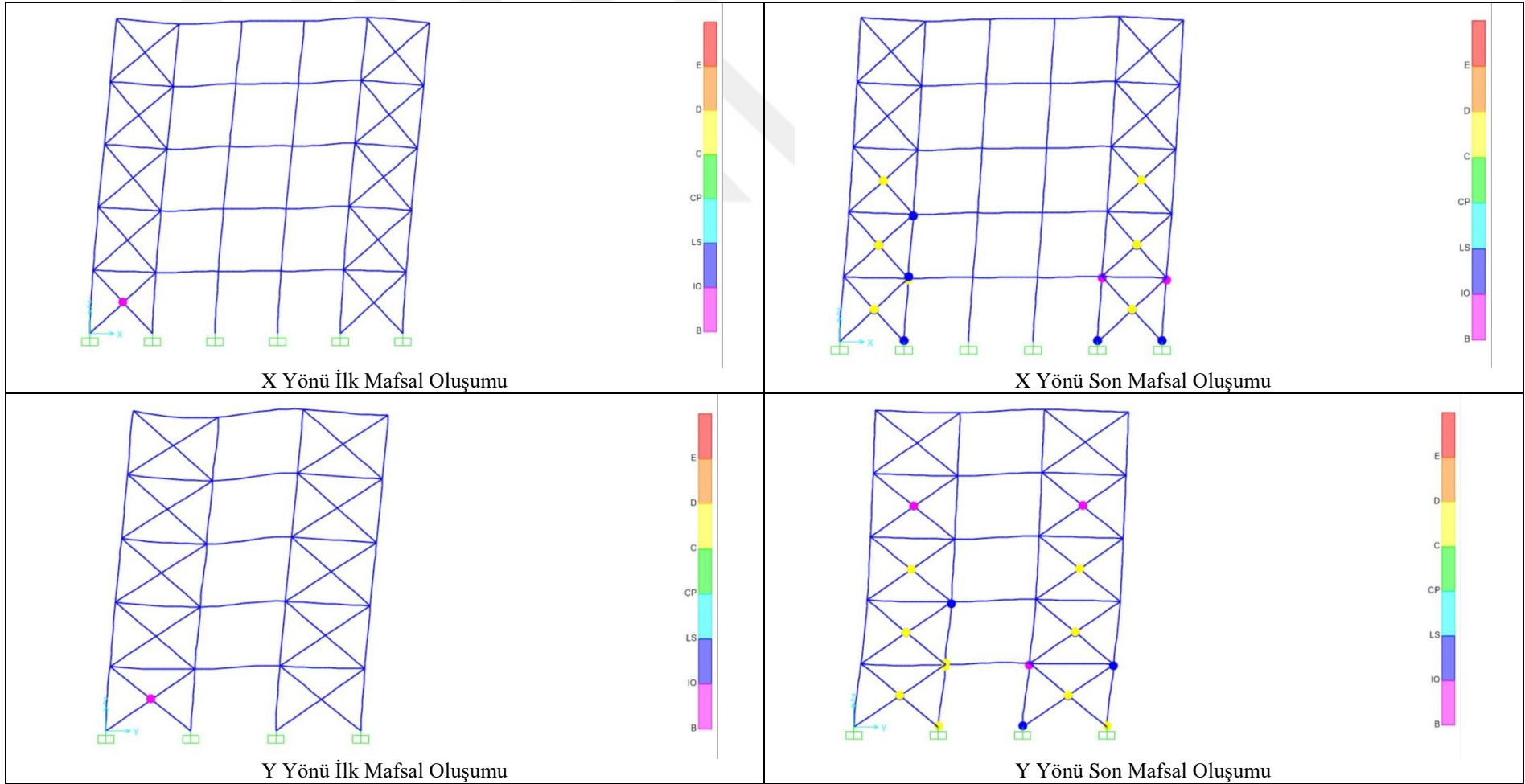
Çizelge 4.29. Tip 11 mafsall oluşum noktaları



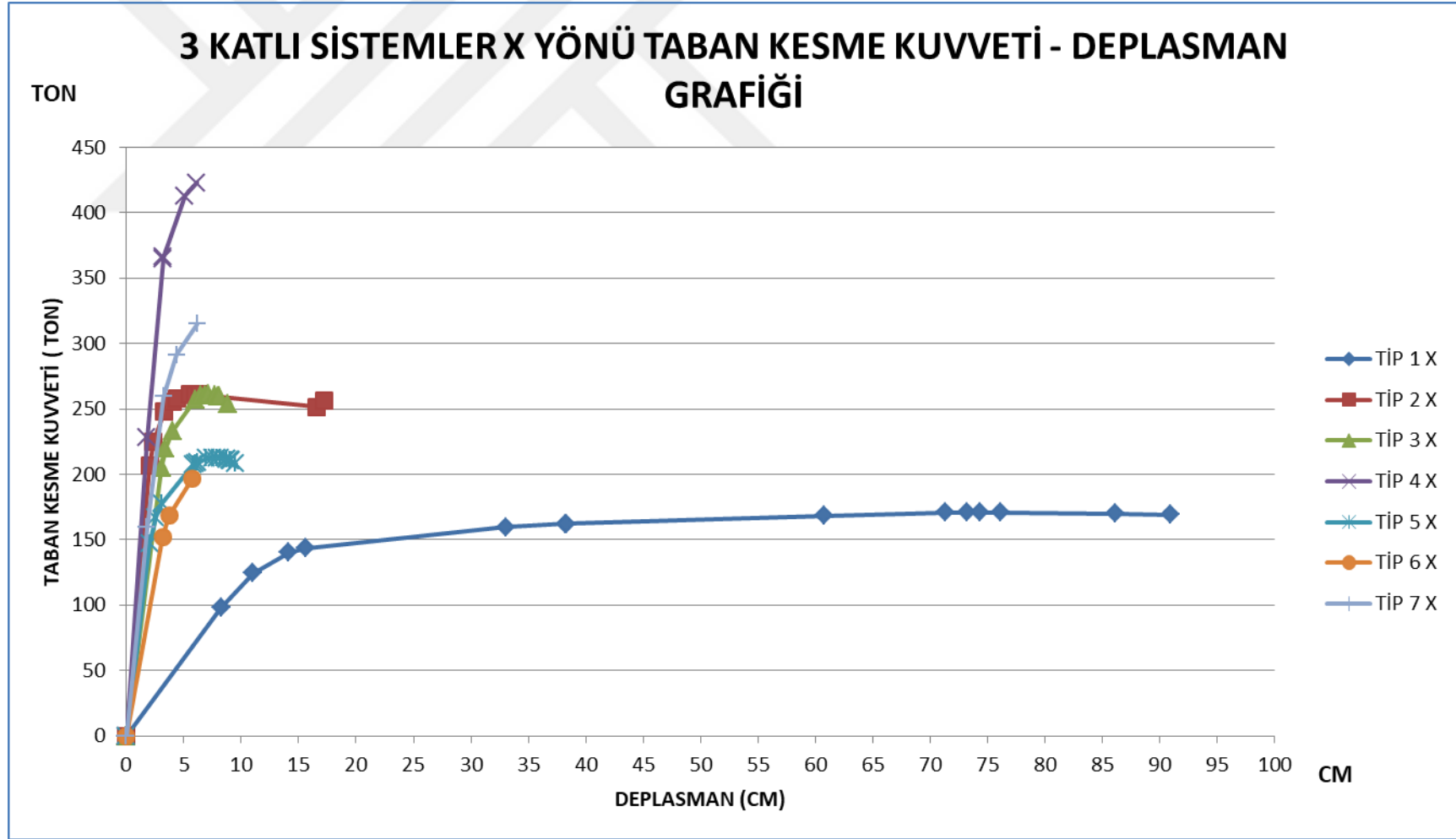
Çizelge 4.30. Tip 12 mafsall oluşum noktaları



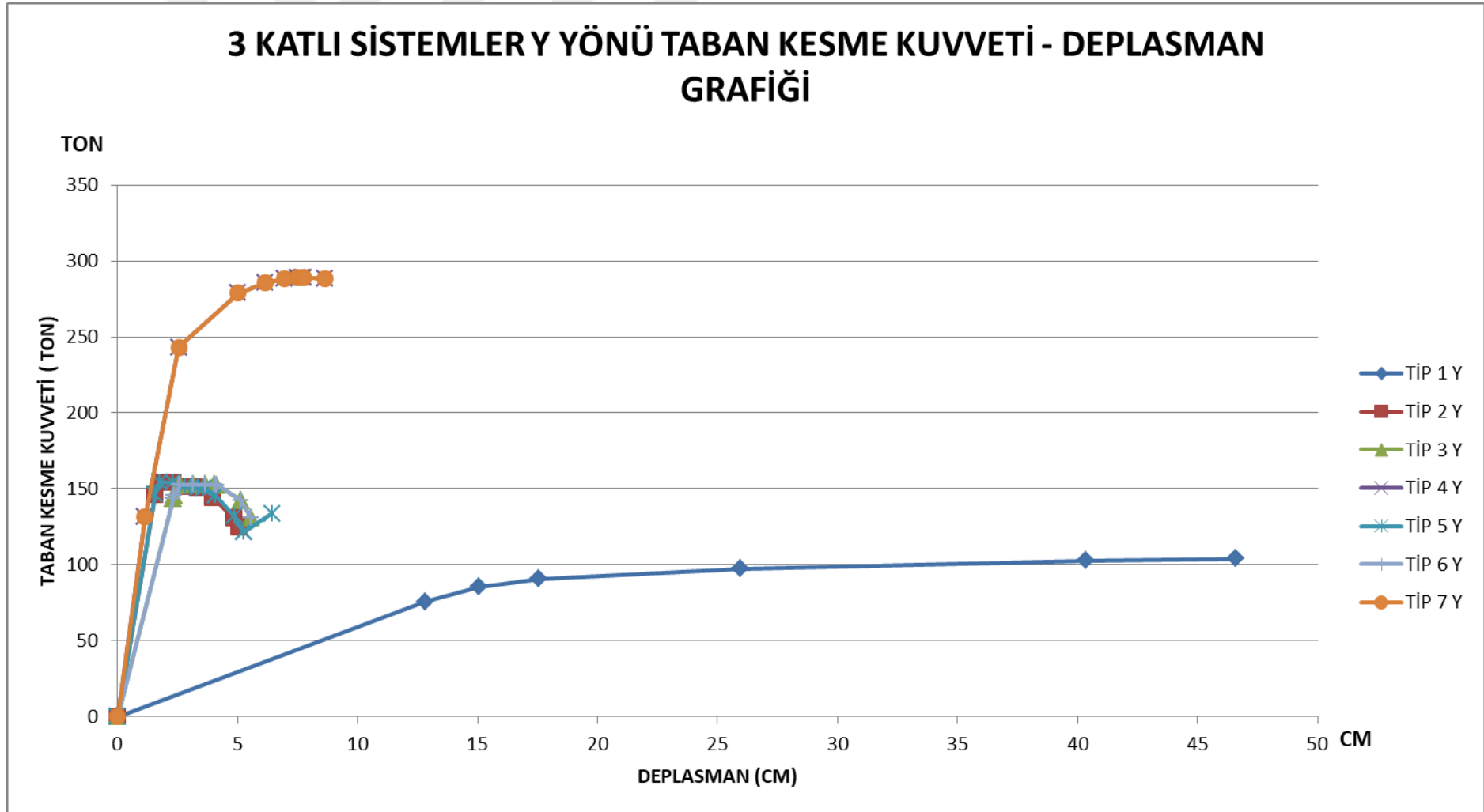
Çizelge 4.31. Tip 13 mafsall oluşum noktaları



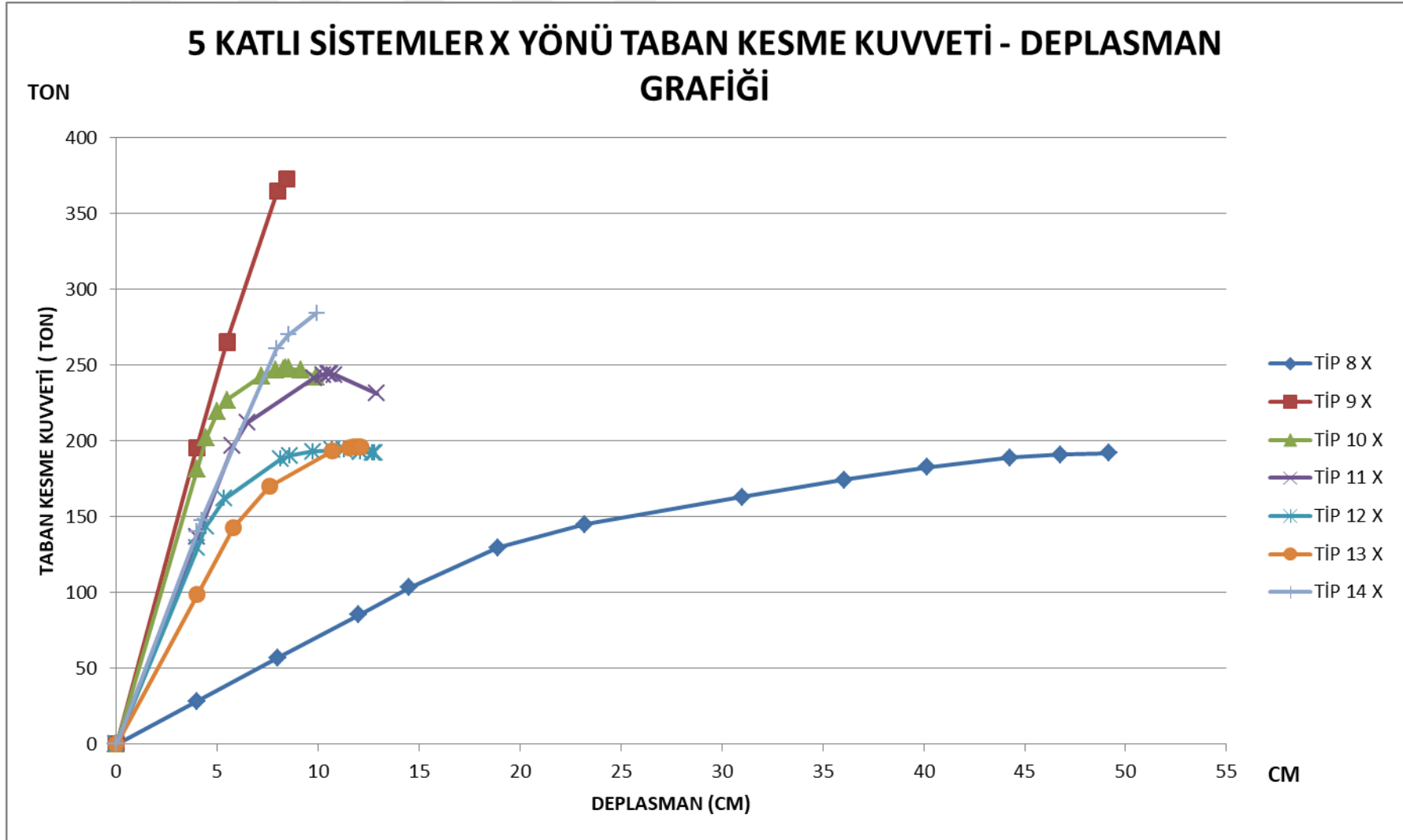
Çizelge 4.32. Tip 14 mafsall oluşum noktaları



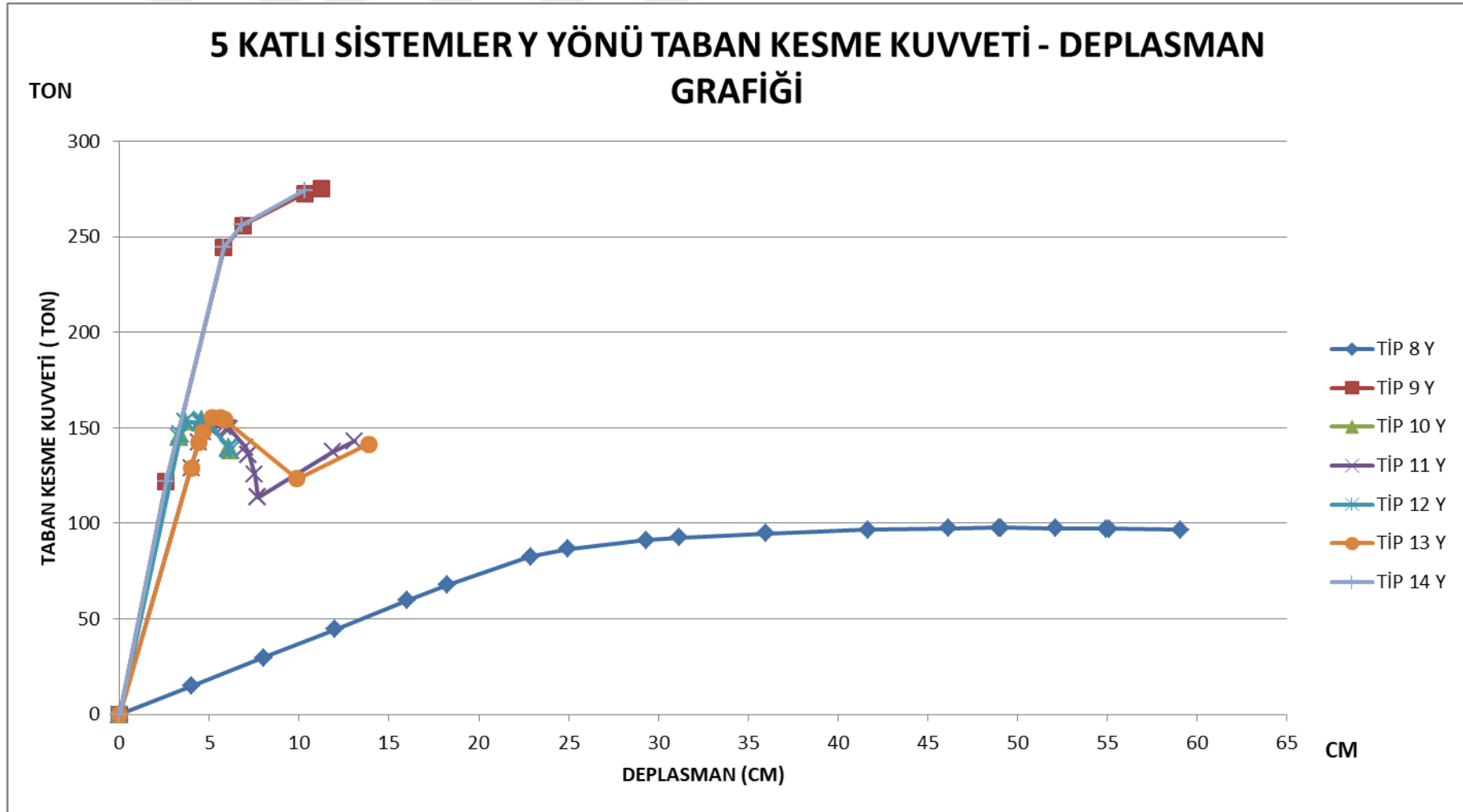
Şekil 4.102. 3 katlı sistemler X yönü taban kesme kuvveti – deplasman grafiği



Şekil 4.103. 3 katlı sistemler Y yönü taban kesme – deplasman grafiği



Şekil 4.104. 5 katlı sistemler X yönü taban kesme kuvveti – deplasman grafiği



Şekil 4.105. 5 katlı sistemler Y yönü taban kesme kuvveti – deplasman grafiği

4.2.2. Elde Sonuçların Karşılaştırılması ve Tartışma

Gerçekleştirilen statik itme analizleri sonucunda elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

4.2.2.1. Farklı çapraz düzenlemesinin çerçeve sisteminin davranışına etkisi

Bu çalışmada farklı şekilde düzenlenmiş olan çapraz sistemlerinin 3 ve 5 katlı yapılardaki etkisi aşağıda sunulmuştur.

4.2.2.1.1. 3 Katlı çerçeve sistemleri

3 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 1- çaprazsız çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 109,704 ton ve Y yönü için 78,900 ton olarak hesaplanmıştır. En fazla taban kesme kuvveti taşıyan sistem ise Tip 4 – 3 Katlı B grubu X çaprazlı çerçeve sistemi olup, X yönünde 220,095 ton, Y yönünde ise 194,091 tondur. Tip 4 sistemi referans sistem Tip 1 sistemine göre X yönünde ($220,095/109,704=2.00$) %100 daha fazla, Y yönünde ise ($194,091/78,9=2,46$) %146 daha fazla yatay kuvvet taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 1- çaprazsız çerçeve sistemi; X yönünde 9,49 cm, Y yönünde ise 13,60 cm ile en fazla yer değiştirme değerine sahiptir. Benzer şekilde en az yer değiştirme Tip 4 – 3 Katlı B grubu X çaprazlı çerçeve sistemi için X yönünde 1,73 cm, Y yönünde ise 1,935 cm olarak elde edilmiştir. Tip 4 sistemi referans sistem Tip 1 sistemine göre X yönünde ($1,73/9,49=0,18$) %82 daha az, Y yönünde ise ($1,935/13,60=0,14$) %86 daha az yatay yer değiştirme yapmıştır.

4.2.2.1.2. 5 Katlı çerçeve sistemleri

5 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 8- çaprazsız çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 112,309 ton ve Y yönü için 79,387 ton olarak hesaplanmıştır. En fazla taban kesme kuvveti taşıyan sistem ise Tip 9 – 5 katlı B grubu X çaprazlı çerçeve sistem olup, X yönünde 281,823 ton, Y yönünde ise 245,314 tondur. Tip 9 sistemi referans sistem tip 8 sistemine göre X yönünde ($281,823/112,309=2,50$) %150 daha fazla, Y yönünde ise ($245,314/79,387=3,09$) %209 daha fazla yatay kuvvet taşımaktadır.

5 katlı sistemleri içerisinde Tip 8 – çaprazsız çerçeve sistemi; X yönünde 16,021 cm, Y yönünde 21,855 cm ile en fazla yer değiştirme değerine sahiptir. Benzer şekilde en az yer değiştirme X yönü için Tip 10 – 5 katlı ters V çapraz sistem B grubu 5,571 cm, Y yönü için Tip 12 – 5 katlı ters V çapraz sistem A grubu 5,075 cm elde edilmiştir. Tip 10 sistemi referans sistem Tip 8 sistemine göre ($5,571/16,021=0,35$) %65 daha az, yönünde ise Tip 12 sistemi referans sistem Tip 8 sistemine göre ($5,075/21,855=0,23$) %77 daha az yer değiştirme yapmıştır.

4.2.2.2. Farklı kat düzenlemesi durumunda çapraz düzenlemesinin çerçeve sisteminin davranışına etkisi

Bu çalışmada 3 ve 5 katlı yapı sistemlerinde düzenlenen farklı çapraz düzenlemesinin davranışa olan etkisi aşağıda sunulmuştur.

4.2.2.2.1. B grubu ters V çapraz kullanımının etkisi

3 katlı ters V çapraz düzenlemesinde Tip 2 - B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 213,13 ton ve Y yönü için 154,23 ton olarak hesaplanırken, 5 katlı ters V çapraz düzenlemesinde Tip 10 - B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 227,95 ton ve Y yönü için 151,349 ton olarak edilmiştir. X yönünde Tip 2 sistemi Tip 10 sistemine göre ($213,13/227,95=0,93$) %7 daha az taban kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 2 - B grubu çerçeve sistemi; X yönünde 2,136 cm, Y yönünde ise 2.065 cm yer değiştirme yaparken, Tip 10 - B grubu çerçeve sistemi X yönünde 5,571 cm, Y yönünde ise 5,082 cm yer değiştirme yapmaktadır. Tip 2 sistemi Tip 10 sistemine göre X yönünde ($2,136/5,571=0,38$) %62 daha az yer değiştirme yaparken, Y yönünde ise ($2,065/5,082=0,41$) %59 daha az yer değiştirme yapmaktadır.

4.2.2.2.2. B grubu dış merkez ters V çapraz kullanımının etkisi

3 katlı dış merkez ters V çapraz düzenlemesinde Tip 3 – B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 215,631 ton ve Y yönü için 152,693 ton olarak hesaplanırken, 5 katlı dış merkez ters V çapraz düzenlemesinde Tip 11 – B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 215,011 ton, Y yönü için 150,039

ton olarak elde edilmiştir. X yönünde Tip 3 sistemi Tip 11 sistemine göre ($215,631/215,011=1,002$) %0,2 daha fazla taban kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 3 – B grubu çerçeve sistemi X yönünde 3,32 cm, Y yönünde ise 3,05 cm yer değiştirme yaparken, Tip 11 – B grubu çerçeve sistemi X yönünde 6,827 cm, Y yönünde ise 5,997 cm yer değiştirme yapmaktadır.

Tip 3 sistemi Tip 11 sistemine göre X yönünde ($3,32/6,827=0,47$) %53 daha az yer değiştirme yaparken, Y yönünde ise ($3,05/5,997=0,51$) %49 daha az yer değiştirme yapmaktadır.

4.2.2.2.3. B grubu X çapraz kullanımının etkisi

3 katlı X çapraz düzenlemesinde Tip 4 – B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 220,095 ton ve Y yönü için 194,091 ton olarak hesaplanırken, 5 katlı X çapraz sistem düzenlemesinde Tip 9 – B grubu çerçeve sistemi için X yönünde 281,823 ton, Y yönü için 245,314 ton olarak elde edilmiştir. X yönünde Tip 4 çerçeve sistemi Tip 9 çerçeve sistemine göre ($220,095/281,823=0,78$) %22 daha az taban kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemi içerisinde Tip 4 – B grubu çerçeve sistemi X yönünde 1,732 cm, Y yönünde ise 1,935 cm yer değiştirme yaparken, Tip 9 – B grubu çerçeve sistemi X yönünde 5,992 cm, Y yönünde ise 5,867 cm yer değiştirme yapmıştır.

Tip 3 sistemi Tip 9 sistemine göre X yönünde ($1,732/5,992=0,29$) %71 daha az yer değiştirme yapmıştır. Y yönünde ise ($1,935/5,867=0,33$) %67 daha az yer değiştirme yapmıştır.

4.2.2.2.4.A grubu ters V çapraz kullanımının etkisi

3 katlı ters V çapraz düzenlemesinde Tip 5 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 170,982 ton, Y yönü için 154,124 ton olarak hesaplanmıştır. 5 katlı ters V çapraz düzenlemesinde Tip 12 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 172,818 ton, Y yönü için 151,425 ton olarak hesaplanmıştır. X yönünde Tip 5 çerçeve sistemi Tip 12 çerçeve sistemine göre ($170,982/172,818=0,99$) %1 daha az taban kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemi içerisinde Tip 5 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 2,73 cm, y yönünde 2,063 cm yer değiştirme yaparken, Tip 12 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 6,51 cm, Y yönünde ise 5,075 cm yer değiştirme yapmıştır.

Tip 5 sistemi Tip 12 sistemine göre X yönünde ($2,73/6,51=0,42$) %58 daha az yer değiştirme yapmıştır. Y yönünde ise ($2,063/5,075=0,41$) %59 daha az yer değiştirme yapmıştır.

4.2.2.2.5. A grubu dış merkez ters V çapraz kullanımının etkisi

3 katlı ters V çapraz düzenlemesinde Tip 6 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 176,036 ton, Y yönü için 152,692 ton elde edilmiştir. 5 katlı ters V çapraz düzenlemesinde Tip 13 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 171,299 ton, Y yönü için 151,669 ton elde edilmiştir. X yönünde Tip 6 ($176,036/171,299=1,03$) %3 daha fazla taban kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 6 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 4,286 cm, Y yönünde 3,072 cm yer değiştirme yaparken, 5 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 13 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 7,75 cm, Y yönünde ise 6,189 cm yer değiştirme yapmıştır.

Tip 6 sistemi Tip 13 sistemine göre X yönünde ($4,26/7,75=0,55$) %45 daha az yer değiştirme yapmıştır. Y yönünde ise ($3,072/6,189=0,60$) %40 daha az yer değiştirme yapmıştır.

4.2.2.2.6. A grubu X çapraz kullanımının etkisi

3 katlı X çapraz düzenlemesinde Tip 7 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 201,783 ton, Y yönü için 193,747 ton elde edilmiştir. 5 katlı X çapraz düzenlemesinde Tip 14 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 231,699 ton, Y yönü için 245,254 ton elde edilmiştir. X yönünde Tip 7 çerçeve sistemi Tip 14 çerçeve sistemine göre ($201,783/231,699=0,87$) %13 daha az kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemi içerisinde Tip 7 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 2,398 cm, Y yönünde ise 1,931 cm yer değiştirme yaparken, Tip 14 – B grubu çerçeve sistemi X yönünde 6,976 cm, Y yönünde ise 5,862 cm yer değiştirme yapmıştır.

Tip 7 sistemi Tip 9 sistemine göre X yönünde ($2,398/6,976=0,34$) %66 daha az yer değiştirme yapmıştır. Y yönünde ise ($1,931/5,862=0,33$) %67 daha az yer değiştirme yapmıştır.

4.2.2.3. Farklı çapraz düzenlemesinin çerçeve sisteminin davranışına etkisi

Bu çalışmada A ve B şeklinde düzenlenen farklı çapraz düzenlemesinin davranışa olan etkisi aşağıda sunulmuştur.

4.2.2.3.1. Ters V çapraz kullanımının etkisi

3 katlı ters V çapraz düzenlemesinde Tip 2 - B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 213,13 ton ve Y yönü için 154,23 ton olarak hesaplanırken, Tip 5 - A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 170,982 ton ve Y yönü için 154,124 ton olarak hesap edilmiştir. Her iki sistem Y yönünde aynı taban kesme kuvvetine sahip iken X yönünde Tip 2 sistemi Tip 5 sistemine göre $(213,13/170,982=1,25)$ %25 daha fazla taban kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 2 - B grubu çerçeve sistemi; X yönünde 2,136 cm, Y yönünde ise 2.065 cm yer değiştirme yaparken, Tip 5 - A grubu çerçeve sistemi X yönünde 2,73 cm, Y yönünde ise 2,063 cm yer değiştirme yapmaktadır. Tip 2 sistemi Tip 5 sistemine göre X yönünde $(2,136/2,73=0,78)$ %22 daha az yer değiştirme yaparken, Y yönünde ise her iki sistem aynı yer değiştirmeyi yapmaktadır.

5 katlı ters V çapraz düzenlemesinde Tip 10 – B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 227,95 ton ve Y yönü için 151,349 ton olarak hesaplanırken Tip 12 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 172,818 ton ve Y yönü için 151,425 ton olarak hesap edilmiştir. Her iki sistem Y yönünde aynı taban kesme kuvvetine sahip iken X yönünde tip Tip 10 sistemi Tip 12 sistemine göre $(227,95/172,818=1,32)$ %32 daha fazla taban kesme kuvveti taşımaktadır.

5 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 10 – B grubu çerçeve sistemi; X yönünde 5,571 cm, Y yönünde ise 5,082 cm yer değiştirme yaparken, Tip 12 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 6,51 cm, Y yönünde ise 5,075 cm yer değiştirme yapmaktadır. Tip 10 sistemi Tip 5 sistemine göre X yönünde $(5,082/6,51=0,78)$ % 22 daha az yer değiştirme yaparken, Y yönünde her iki sistem aynı yer değiştirmeyi yapmaktadır.

4.2.2.3.2. Dış merkez ters V çapraz kullanımının etkisi

3 katlı dış merkez ters V çapraz düzenlemesinde Tip 3 – B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 215,631 ton, Y yönü için 152,693 ton olarak hesaplanırken, Tip 6 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 176,036 ton, Y yönü için 152,692 ton olarak hesaplanmıştır. Her iki sistem Y yönünde

aynı taban kesme kuvvetine sahip iken, X yönünde Tip 3 sistemi Tip 6 sistemine göre $(215,631/176,036=1,22)$ %22 daha fazla taban kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 3 – B grubu çerçeve sistemi, X yönünde 3,32 cm, Y yönünde ise 3,05 cm yer değiştirme yaparken, Tip 6 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 4,286 cm, Y yönünde ise 3,072 cm yer değiştirme yapmaktadır. Tip 3 ve Tip 6 sistemleri Y yönünde aynı yer değiştirmeyi yaparken, X yönünde Tip 3 sistemi Tip 6 sistemine göre $(3,32/4,286=0,77)$ %23 daha az yer değiştirme yapmaktadır.

5 katlı dış merkez ters V çapraz düzenlemesinde Tip 11 – B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 215,011 ton ve Y yönü için 150,039 ton olarak hesaplanırken, Tip 13 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 171,299 ton, Y yönü için 151,669 ton olarak hesaplanmıştır. Her iki sistem de Y yönünde aynı taban kesme kuvvetine sahip iken, X yönünde Tip 11 sistemi Tip 13 sistemine göre $(215,011/171,299=1,25)$ %25 daha fazla taban kesme kuvveti taşımaktadır.

5 katlı yapı sistemleri içerisinde Tip 11 – B grubu çerçeve sistemi, X yönünde 6,827 cm, Y yönünde ise 5,997 cm yer değiştirme yaparken, Tip 13 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 7,75 cm, Y yönünde ise 6,189 cm yer değiştirme yapmaktadır. Tip 11 sistemi Tip 13 sistemine göre X yönünde $(6,827/7,75=0,88)$ %12 daha az yer değiştirme yapmaktadır. Tip 11 sistemi Tip 13 sistemine göre Y yönünde ise $(5,997/6,189=0,97)$ % 3 daha az yer değiştirme yapmaktadır.

4.2.2.3.3. X çapraz kullanımının etkisi

3 katlı X çapraz sistemi düzenlemesinde Tip 4 – B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönü için 220,095 ton, Y yönü için 194,091 ton olarak hesaplanırken, Tip 7 – A grubu çerçeve sistemi için Taban kesme kuvveti X yönü için 201,783 ton, Y yönü için 193,747 ton olarak hesaplanmıştır. Her iki sistem de Y yönünde aynı taban kesme kuvvetine sahip iken, X yönünde Tip 4 sistemi Tip 7 sistemine göre $(220,095/201,783=1,09)$ % 9 daha fazla taban kesme kuvveti taşımaktadır.

3 katlı sistemler içerisinde Tip 4 – B grubu çerçeve sistemi X yönünde 1,732 cm, Y yönünde ise 1,935 cm yer değiştirme yaparken, Tip 7 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 2,398 cm, Y yönünde ise 1,931 cm yer değiştirme yapmaktadır. Her iki sistem

de Y yönünde aynı yer değiştirmeyi yaparken, X yönünde Tip 4 sistemi Tip 7 sistemine göre ($1,732/2,398=0,72$) % 28 daha az yer değiştirme yapmaktadır.

5 katlı X çapraz düzenlemesinde Tip 9 – B grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönünde 281,823 ton, Y yönünde ise 245,314 ton olarak hesaplanırken, Tip 14 – A grubu çerçeve sistemi için taban kesme kuvveti X yönünde 231,699 ton, Y yönünde ise 245,254 ton olarak hesaplanmıştır. Tip 9 sistemi Tip 14 sistemine göre X yönünde ($281,823/231,699=1,22$) % 22 daha fazla taban kesme kuvveti taşımaktadır.

5 katlı sistemler içerisinde Tip 9 – B grubu çerçeve sistemi X yönünde 5,992 cm, Y yönünde ise 5,867 cm yer değiştirme yaparken, Tip 14 – A grubu çerçeve sistemi X yönünde 6,976 cm, Y yönünde ise 5,862 cm yer değiştirme yapmaktadır. Tip 9 sistemi Tip 14 sistemine ile Y yönünde aynı yer değiştirmeyi yaparken X yönünde ($5,992/6,976=0,86$) %14 daha az yer değiştirme yapmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üç boyutlu çelik çerçeve sistemlerinde merkezi ve dış merkezli çapraz kullanımı etkilerinin statik itme analizi yöntemi ile araştırılması amacıyla hazırlanan bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ve ilerideki çalışmalar için önerilen aşağıda verilmiştir.

5.1. Sonuçlar

Gerçekleştirilen analizler ve karşılaştırmalar sonunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Beklendiği gibi çapraz düzenlemesi yapılmayan hem 3 katlı hem de 5 katlı çelik çerçeve sistemleri en düşük taban kesme kuvveti değerine sahip iken, buna karşılık en büyük yer değiştirme değerlerine sahiptirler.
- Çapraz kullanımı çelik çerçeve sistemlerinin taban kesme kuvvetleri kapasitelerini önemli ölçüde artırmaktadır. Buna karşılık çapraz kullanımı çerçeve sistemlerinin yatay yer değiştirmelerini oldukça azaltmakta, bir başka deyişle yapıların yatay rijitliklerini önemli ölçüde artırmaktadır.
- 3 katlı sistemler için B Grubu düzenlemede en etkili olan çapraz düzenlemesi Tip 4- X çaprazlı sistem olmaktadır. Tip 4 sistemi referans sistem olan Tip 1 sistemine göre X yönünde ($220,095/109,704=2.00$) %100 daha fazla, Y yönünde ise ($194,091/78,9=2,46$) %146 daha fazla yatay kuvvet taşımaktadır. Aynı şekilde Tip 4 sistemi referans sistem Tip 1 sistemine göre X yönünde ($1,73/9,49=0,18$) %82 daha az, Y yönünde ise ($1,935/13,60=0,14$) %84 daha az yatay yer değiştirme yapmıştır.
- 3 katlı sistemler için A Grubu düzenlemede en etkili olan çapraz düzenlemesi Tip 7 – X çaprazlı sistem olmaktadır. Tip 7 sistemi referans sistem olan Tip 1 sistemine göre X yönünde ($201,783/109,704=1,84$) %84 daha fazla, Y yönünde ise ($193,747/78,9=2,46$) %146 daha fazla yatay kuvvet taşımaktadır. Aynı şekilde Tip 7 sistemi referans sistem Tip 1 sistemine göre X yönünde ($2,398/9,49=0,25$) %75 daha az, Y yönünde ise ($1,931/13,6=0,14$) %84 daha az yatay yer değiştirme yapmıştır.
- 5 katlı sistemler için B grubu düzenlemede taban kesme kuvveti olarak en etkili olan çapraz düzenlemesi Tip 9 – X çaprazlı sistem olmaktadır.

Yer değiştirme olarak ise Tip 10 – ters V apraz düzenlemesidir. Tip 9 sistemi referans sistem olan Tip 8 sistemine göre X yönünde ($281,823/112,309=2,51$) %151 daha fazla, Y yönünde ise ($245,314/79,387=3,09$) %209 daha fazla yatay kuvvet taşıtmaktadır. Aynı Şekilde Tip 10 sistemi referans olan Tip 8 sistemine göre X yönünde ($5,571/16,021=0,35$) %65 daha az, Y yönünde ise ($5,082/21,855=0,23$) %77 daha az yer değiştirme yapmıştır.

- 5 katlı sistemler için A Grubu düzenlemede en etkili olan çapraz düzenlemesi Tip 14 – X aprazlı sistem olmaktadır. Tip 14 sistemi referans sistem olan Tip – 8 sistemine göre X yönünde ($231,699/112,309=2,06$) %106 daha fazla , Y yönünde ise ($245,254/79,387=3,09$) %209 daha fazla yatay kuvvet taşıtmaktadır. Aynı Şekilde Tip 14 sistemi Tip 8 referans sistemine göre X yönünde ($6,976/16,021=0,43$) %57 daha az, Y yönünde ise ($5,862/21,855=0,27$) %73 daha az yer değiştirme yapmıştır.
- Hem 3 hem de 5 katlı yapı sistemlerinde B tipi çapraz düzenlemesi A tipine göre yapıya daha fazla dayanım ve rijitlik kazandırmaktadır.

5.2. neriler

Yapılan bu tez çalışmasında üç boyutlu elik ereve sistemlerinde merkezi ve dış merkezli çapraz kullanımının etkilerinin araştırılması statik itme analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların ışığında ileriki çalışmalar için aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur.

- Bu çalışmada sadece 3 ve 5 katlı elik ereve sistemlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılacak çalışmalarda tek katlı sanayi yapısı ile daha yüksek katlı yapılarda çapraz kullanımının etkisi araştırılabilir.
- Bu tez kapsamında merkezi ters V, dış merkez ters V ve X apraz düzenlemelerinin etkileri araştırılıştır. Bu apraz düzenlemelerinin dışında uygulamada kullanılan diğer çapraz düzenlemelerinin yapıların yatay yük altındaki davranışına olan etkileri yapılacak olan çalışmalar ile araştırılabilir.

- Yapılan çalışmada A ve B tipi çapraz düzenlemesi gerçekleştirilmiştir. Yeni yapılacak çalışmalar ile çapraz elemanların yapının yatay plan ve düşey planda düzenlemeleri farklı şekilde oluşturularak davranışa olan etkisi irdelenebilir.
- Uygulama sahalarında imalatı yapılan çapraz çeşitlerinin ne derece sisteme destek olduğu incelenip, bağlantı şekillerinin doğruluğu hakkında deneysel çalışmalar yapılabilir.
- Hafif çelik duvarlar ile yapısal çelik taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması ile meydana gelen yapılarda çapraz kullanımının etkisi araştırılabilir.
- Prefabrik betonarme yapılar da çelik çapraz düzenlemesinin etkisi yapılacak yeni çalışmalar ile araştırılabilir.
- Ters V çapraz sistemlerinin etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için aradaki bağ kirişi uzunluğu artırılabilir. Ayrıca bağ kirişinin çaprazlar ile bağlandığı noktalara plastik mafsal atanabilir.
- Bu çalışmada bütün mesnet şartları ankastre seçilmiştir. İç mesnetlerin sabit mesnet yapılarak sistem davranışının değişimi incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Akbaş, B., Shen, J. Ve arkadaşları, 2014, Seismic demand on braces-intersected beams in two-story X-braces frames, *Engineering Structures*, 76, 295-312.
- Akbaş, B., Shen, J. Ve arkadaşları, 2017, Seismic performance of concentrically braced frames with and without brace buckling, *Engineering Structures*, 141, 461-481.
- Altınağaç, D., 2016, Doğrusal olmayan itme analizi yöntemi ile performans seviyesi belirlenen çelik bir yapının yapısal analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Anonymous, 2014, Earthquake resistant steel structures, *ArcelorMittal, LUXENBOURG*
- ATC 40, 1996, Seismic Evaluation Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council Atc. Vol . 1, *Redwood City, California*, 1996.
- Ay, Z., Korkmaz, A., Uysal, Ö., 2008, Çelik Yapıların Güçlendirilmesinin Doğrusal Olmayan Analizlerle Değerlendirilmesi, *Ercisyes Üniversitesi Fen bilimleri Dergisi*, Erciyes.
- Bozdağ, Ö., Düzgün, M., 2010, Mevcut Prefabrike Bir Binanın Deprem Performansının Artımsal İtme Analizi Yöntemleri İle Belirlenmesi, *Beton Prefabrikasyon*, Sayı 93, 5-13.
- Celep, Z., 2004, Deprem Mühendisliğine Giriş, *Beta dağıtım*, İstanbul 658-690.
- Cho C., Lee C., 2011, Prediction of Column axial forces in inverted V-braced Seismic steel frames considering brace buckling, *ASCE, U.S.*
- Çağlar N., Öztürk H. Ve arkadaşları, 2012, TDY-2007' ye göre tasarlanmış betonarme bir yapının doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile incelenmesi, *Akademik platform, Sakarya Üniversitesi*, Sakarya.
- Çatalkaya, H., 2004, Çok Katlı Bir Yapıda Değişik Çapraz Düzenlemelerinin Yapının Depremdeki Davranışına Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 26-34.
- Çavdar Ö., Bayraktar A., 2016, Nonlinear earthquake performance evaluation of a structure collapsed during the Van/Turkey Earthquake on october 23 - 2011, *ASCE, U.S.*
- Dağdeviren A., 2013, Çok katlı çelik yapılarda performansa dayalı tasarım esasları ve doğrusal olmayan davranışın incelenmesi, Yüksek lisans tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Darılmaz K., Orakdöğen E., Özmen G., 2015, Örneklerle sap 2000 v17, *Birsen yayınevi*, İstanbul, 433-454.

- Dinçer F., Mert N., 2013, Betonarme okul binasının Tdy 2007'ye göre nonlinear statik analizi, SAÜ. Fen bilimleri Dergisi, 18. Cilt 1.sayı, 1-9.
- Erkan M., 2012, Performans bazlı tasarım, *Narticles*.
- Fema, 1997, (Federal Emergency Management Agency), Guidelines For The Seismic Rehabilitation of Buildings., 273, 1997.
- Fema, 2000,(Federal Emergency Management Agency), Prestandartand Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings., 356, 2000.
- Imanpour A., Tremblay R., 2016, Analysis and Design of two-Tiered Steel Braced frames under in-plane seismic demand, *Journal of structural engineering ASCE, U.S.*
- İrtem E., Türker K., Hasgöl U., 2004 Türk Deprem yönetmeliğine göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi, Kongre Çalışması , *Boğaziçi Üniversitesi Altıncı Uluslar arası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*, İstanbul.
- Külekcı A.K., 2010, Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Statik İtme Analizi Yöntemi Kullanılarak Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi , *İTÜ*, İstanbul.
- Kesim B., 2005, Statik itme analizi yöntemiyle mevcut bir betonarme yapının incelenmesi, Yüksek lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Murty C.V.R., Goswami R. Ve arkadaşları, 2012, Some concepts in earthquake behaviour of buildings, *Government of Gujarat, İndia*.
- Narayan S., Shrimali M.K. ve arkadaşları, 2018, Collapse of damaged Steel Building Frames because of earthquakes, *ASCE, U.S.*
- Saral E., 2015, Betonarme yüksek binaların doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile deprem performanslarının belirlenmesi, Yüksek lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, İzmir.
- Shen J., Akbaş B., Wen R., 2015, Mechanisms in two-story X braced frames, *Journal of consructional steel research*, 106, 258-277.
- Topaloglu N., 2007, Merkezi Çelik Çaprazlı Perde Türlerinin Etkinliğinin Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *K.T.Ü., Trabzon*.
- Yang C.S. Leon R.T., Desroches R., 2008, Pushover response of a braced frame with suspended zipper struts, *ASCE, U.S.*
- Yılmaz C., 2008, Statik itme analiziyle mevcut bir betonarme yapının performans değerlendirilmesi, Yüksek lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.

TS-EN 1991-1-4, 2007, Yapılar Üzerindeki Etkiler, Ankara, 22-23.

TDY 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, İstanbul, Resmi gazete.

Zhao X.F., Song G., ve arkadaşları, 2010, FBG sensor-based monitoring of a reinforced concrete frame under pushover testing, ASCE, U.S.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

AdıSoyadı : ESAT ÖZBAY
Uyruğu : T.C.
DoğumYeriveTarihi : KÜTAHYA / 1990
Telefon : 0 554 375 47 99
e-mail : esadozbay@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	BitirmeYılı
Lise	: Ali GüralLisesi	2009
Üniversite	: SelçukÜniversitesi	2014
YüksekLisans	: SelçukÜniversitesi	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014-2015	ÖZDOĞANAY İNŞAAT	HAFİF ÇELİK PROJE
2015-2016	KAYA ÇELİK KONSTRÜKSİYON	YAPISAL ÇELİK PROJE
2017-2018	ALVE İNŞAAT	SAHA MÜHENDİSİ(TOKİ OKULU)
2018-.....	GÜRAL PORSELEN	ŞANTIYE ŞEFİ

YABANCI DİLLER: İNGİLİZCE