

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YAPI BİLİM DALI**

**DBYBHY-2007 VE TBDY-2019'A GÖRE TASARLANMIŞ MERKEZİ  
ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Barış SERİN**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Bakır BOZKURT**



**MANİSA-2019**

**Barış  
SERİN**

**DBYBHY-2007 VE TBDY-2019'A GÖRE TASARLANMIŞ MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK  
ÇERÇEVELERİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

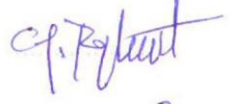
**2019**

## TEZ ONAYI

**Barış SERİN** tarafından hazırlanan "**DBYBHY-2007 ve TBDY-2019'a göre Tasarlanmış Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevesinin Sismik Davranışlarının Karşılaştırılması**" adlı tez çalışması 29/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Bakır BOZKURT**  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Doç Dr. Ali DEMİR**  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Dr. Öğr. Üyesi Mutlu SEÇER**  
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi



## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Barış SERİN**



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER.....	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	II
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IV
TABLO DİZİNİ.....	V
TEŞEKKÜR .....	VII
ÖZET .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	2
2.1. Literatür Özeti .....	2
2.1.1. Giriş.....	5
2.1.2. Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler Hakkında Yapılan Bazı Çalışmalar .....	5
2.2. Amaç ve Kapsam.....	18
2.3. Tezin Organizasyonu .....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER .....	19
3.1. Tasarım Esasları .....	19
3.1.1. Malzeme Özellikleri.....	19
3.1.2. Yükleme Durumları .....	20
3.1.3. Elemanların Enkesit Koşulları ve Narinlik Oranları.....	20
3.2. Prototip Bina Tasarımları.....	25
3.2.1. Prototip Binaların Özellikleri .....	25
3.3. Yapıların Periyot Hesabı ve Deprem Yüğü Hesapları.....	27
3.3.1. Yapı Doğal Titreşim Periyotları.....	28
3.3.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	29
3.3.3. Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı.....	35
3.3.4. EDYH ve MBY Altsınır Kontrolü .....	35
3.4. Boyutlandırma Hesapları .....	36
3.4.1. MÇÇ Çapraz Elemanlarının Boyutlandırılması.....	39
3.4.2. MÇÇ Kirişlerinin Boyutlandırılması.....	43
3.4.3. MÇÇ Kolonlarının Boyutlandırılması.....	50
3.5. Numerik Modelleme .....	55
3.4.1. Numerik Modellemenin Kalibrasyonu .....	56
3.6. Statik İtme Analizleri.....	57
3.7. FEMA P695'e Bakış.....	58
3.8. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizler .....	60
4. BULGULAR .....	61
4.1. Boyutlandırılmış Kesitlerin Ağırlık Fark Oranları.....	61
4.2. Az Katlı Yapılar için Zaman Tanımlı Analiz Raporları .....	67
4.3. Orta Katlı Yapılar için Zaman Tanımlı Analiz Raporları.....	74
4.4. Çok Katlı Yapılar için Zaman Tanımlı Analiz Raporları .....	81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	88
KAYNAKLAR.....	91
EKLER.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	120

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>A<sub>g</sub></b>	Kayıpsız enkesit alanı
<b>A<sub>w</sub></b>	Gövde enkesit alanı
<b>b</b>	Genişlik
<b>BKS</b>	Bina Kullanım Sınıfı
<b>BYS</b>	Bina Yükseklik Sınıfı
<b>D</b>	Dayanım fazlalığı katsayısı
<b>DD-2</b>	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
<b>DTS</b>	Deprem Tasarım Sınıfı
<b>H<sub>N</sub></b>	Bina toplam yüksekliği
<b>E, E<sub>S</sub></b>	Çeliğin elastisite modülü, E=200000 MPa
<b>E<sub>d</sub></b>	Deprem Etkisi
<b>F<sub>cr</sub></b>	Kritik burkulma gerilmesi
<b>F<sub>cre</sub></b>	Olası akma gerilmesi ile hesaplanan kritik burkulma gerilmesi
<b>F<sub>u</sub></b>	Yapı çeliğinin karakteristik çekme dayanımı
<b>F<sub>y</sub></b>	Yapı çeliğinin karakteristik akma gerilmesi
<b>G</b>	Sabit yük
<b>g</b>	Yer çekimi ivmesi
<b>h</b>	Enkesit yüksekliği
<b>i<sub>y</sub></b>	Kiriş enkesitinin zayıf eksenine göre atalet yarıçapı
<b>K</b>	Burkulma katsayısı
<b>I</b>	Bina Önem Katsayısı
<b>L</b>	Çubuk boyu
<b>L<sub>b</sub></b>	Basınç başlığının yanıl doğrultuda mesnetlendiği veya enkesitin çarpılmaya karşı mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık
<b>M<sub>r</sub></b>	Gerekli eğilme dayanımı
<b>M<sub>u</sub></b>	(YDKT) yük birleşimleri esas alınarak belirlenen gerekli eğilme dayanımı
<b>P<sub>r</sub></b>	Gerekli aksenal kuvvet dayanımı
<b>P<sub>u</sub></b>	(YDKT) yük birleşimleri ile hesaplanan gerekli aksenal kuvvet dayanımı
<b>Q</b>	Hareketli yük

<b>R</b>	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
<b>S</b>	Kar yükü
<b>S<sub>ae</sub> (T)</b>	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
<b>S<sub>aR</sub> (T)</b>	Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
<b>S<sub>DS</sub></b>	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
<b>T</b>	Doğal titreşim periyodu
<b>t<sub>w</sub></b>	Gövde kalınlığı
<b>V<sub>n</sub></b>	Karakteristik kesme kuvveti dayanımı
<b>V<sub>t</sub></b>	Taban kesme kuvveti (DBYBHY-2007)
<b>V<sub>tE</sub></b>	Taban kesme kuvveti (TBDY-2019)
<b>W<sub>p</sub></b>	Plastik mukavemet momenti
<b>λ<sub>hd</sub></b>	Süneklik düzeyi yüksek elemanlar için enkesit koşulu sınır değeri
<b>φ<sub>b</sub></b>	Eğilme momenti için dayanım katsayısı
<b>φ<sub>c</sub></b>	Basınç kuvveti için dayanım katsayısı
<b>φ<sub>t</sub></b>	Çekme kuvveti için dayanım katsayısı
<b>σ<sub>a</sub></b>	Yapı çeliğinin karakteristik akma gerilmesi
<b>AISC</b>	American Institute of Steel Construction
<b>ASCE</b>	American Society of Civil Engineers
<b>ÇYTHYDE</b>	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar
<b>DBYBHY</b>	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
<b>FEMA</b>	Federal Emergency Management Agency
<b>OpenSees</b>	Open System for Earthquake Engineering Simulation
<b>TBDY</b>	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
<b>YDKT</b>	Yük ve Dayanım Katsayılarına göre Tasarım

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Tipik Moment Aktaran Çerçeve .....	2
Şekil 2.2. Tipik Merkezi Çaprazlı Çerçeveler .....	3
Şekil 2.3. Tipik Dış-Merkez Çaprazlı Çerçeveler .....	4
Şekil 2.4. Tipik Burkulması Önlenmiş Çaprazlı Çerçeveler .....	4
Şekil 2.5. Zayas ve ark. [8] tarafından hazırlanan test edilen mafsallı ve rijit basınç elemanları .....	6
Şekil 2.6. Zayas ve ark. [8] tarafından hazırlanan mafsallı basınç elemanının deney düzeneği .....	7
Şekil 2.7. Zayas ve ark. [8] tarafından hazırlanan rijit basınç elemanının deney düzeneği .....	7
Şekil 2.8. Zayas ve ark. [8] tarafından hazırlanan numunelerin eksenel yük eksenel birim şekil değiştirme grafikleri .....	8
Şekil 2.9. . Black ve ark. [14] tarafından hazırlanan numunelerin enkesit görünüşleri .....	9
Şekil 2.10. Black ve ark. [14] tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmaların sonucunda deforme olmuş basınç elemanları.....	10
Şekil 2.11. Uriz ve Mahin tarafından hazırlanan deney düzeneğinin teknik resmi .....	11
Şekil 2.12. Uriz ve Mahin [15] tarafından hazırlanan deney düzeneğinin yükleme öncesi fotoğrafı .....	11
Şekil 2.13. Uriz ve Mahin [15] tarafından hazırlanan deney düzeneğinin yükleme sonrası fotoğrafı .....	12
Şekil 2.14 Fell ve ark. [16] tarafından hazırlanan deney düzeneğinin plan görünüşü .....	14
Şekil 2.15 Fell ve ark. [16] tarafından uygulanan yükleme protokolleri .....	14
Şekil 2.16 Azad ve ark. [21] tasarlamış oldukları prototip yapı plan görünüşü .....	16
Şekil 2.17 Azad ve ark. [21] tasarlamış oldukları kesitlerin belirtildiği bazı kesitlerin görünüşleri.....	16
Şekil 3.1. Prototip Yapılar Tipik Plan Görünüşü.....	26
Şekil 3.2. X Doğrultusu Kesit Görünüşü – Ters V Çaprazlar – A Aksı .....	26
Şekil 3.3. Y Doğrultusu Kesit Görünüşü – Parçalı X Çaprazlar – 1 Aksı .....	27
Şekil 3.4. A ve 2-3 Aksı için Yük Etki Alanları .....	28
Şekil 3.5. DBYBHY-2007 Elastik Tasarım İvme Spektrum Grafiği .....	31
Şekil 3.6. TBDY-2019 Elastik Tasarım İvme Spektrum Grafiği .....	31
Şekil 3.7. Burkulma Anı Tipik Mekanizma Durumu – X Doğrultusu Ters V... ..	45
Şekil 3.8. Burkulma Sonrası Tipik Mekanizma Durumu – X Doğrultusu Ters V .....	46
Şekil 3.9. Numerik Modelleme Tipik Görüntü– X Doğrultusu Ters V .....	55
Şekil 3.10. Gusesiz Deneysel - Numerik Model Analiz Karşılaştırması .....	56
Şekil 3.11. Guse Plakalı Deneysel - Numerik Model Analiz Karşılaştırması....	57
Şekil 3.12. Örnek Statik İtme Analiz Çıktısı – TBDY-2019 3 Kat X Doğrultusu Ters V.....	58
Şekil 4.1. Maksimum İvme-3 Kat.....	67
Şekil 4.2. Maksimum Hız-3 Kat .....	68
Şekil 4.3. Maksimum Göreli Kat Öteleme Oranı-3 Kat .....	69
Şekil 4.4. Maksimum Kalıcı Deplasman-3 Kat.....	70
Şekil 4.5. Maksimum Süneklilik Talebi-3 Kat.....	71



Şekil 4.6. Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması – 3 Kat .....	72
Şekil 4.7. Maksimum İvme-6 Kat.....	74
Şekil 4.8. Maksimum Hız-6 Kat.....	75
Şekil 4.9. Maksimum Görelî Kat Öteleme Oranı-6 Kat .....	76
Şekil 4.10. Maksimum Kalıcı Deplasman-6 Kat.....	77
Şekil 4.11. Maksimum Süneklilik Talebi-6 Kat.....	78
Şekil 4.12. Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması-6 Kat .....	79
Şekil 4.13. Maksimum İvme-9 Kat.....	81
Şekil 4.14. Maksimum Hız-9 Kat.....	82
Şekil 4.15. Maksimum Görelî Kat Öteleme Oranı-9 Kat .....	83
Şekil 4.16. Maksimum Kalıcı Deplasman-9 Kat.....	84
Şekil 4.17. Maksimum Süneklilik Talebi-9 Kat.....	85
Şekil 4.18. Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması-9 Kat .....	86



## TABLO DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 2.1. Zayas ve ark. [8] tarafından incelenen numunelerin özellikleri .....	5
Tablo 2.2. Fell ve ark. [16] tarafından incelenen numunelerin özellikleri.....	13
Tablo 3.1. Kullanılan Yapı Malzemeleri Özellikleri .....	15
Tablo 3.2. Kesit Tayini İçin Kullanılan Yük Kombinasyonları .....	20
Tablo 3.3. DBYBHY-2007 – Enkesit Koşulları.....	22
Tablo 3.4. TBDY-2019 – Enkesit Koşulları .....	23
Tablo 3.5. Yapıya Etki Eden Yükler.....	25
Tablo 3.6. Yapıya Etki Eden Tekil Yükler.....	29
Tablo 3.7. Yapı Doğal Titreşim Periyotları.....	29
Tablo 3.8. DBYBHY-2007 için EDY için Yükseklik Sınırları.....	30
Tablo 3.9. DBYBHY-2007 için Toplam Eşdeğer Deprem Yük Tablosu .....	32
Tablo 3.10. TBDY-2019 için EDY için Yükseklik Sınırları.....	32
Tablo 3.11. Spektral İvme Katsayıları .....	33
Tablo 3.12. TBDY-2019 için Toplam Eşdeğer Deprem Yük Tablosu .....	35
Tablo 3.13. DBYBHY-2007 Altsınır Kontrolü – X Doğrultusu .....	36
Tablo 3.14. DBYBHY-2007 Altsınır Kontrolü – Y Doğrultusu .....	36
Tablo 3.15. TBDY-2019 Altsınır Kontrolü – X Doğrultusu.....	36
Tablo 3.16. TBDY-2019 Altsınır Kontrolü – Y Doğrultusu .....	36
Tablo 3.17. 3 Katlı Prototip Yapı Çapraz Kesit Kapasite Oranları .....	42
Tablo 3.18. 6 Katlı Prototip Yapı Çapraz Kesit Kapasite Oranları .....	42
Tablo 3.19. 9 Katlı Prototip Yapı Çapraz Kesit Kapasite Oranları .....	43
Tablo 3.20. 3 Katlı Prototip Yapı Kiriş Kesit Kapasite Oranları .....	48
Tablo 3.21. 6 Katlı Prototip Yapı Kiriş Kesit Kapasite Oranları .....	48
Tablo 3.22. 9 Katlı Prototip Yapı Kiriş Kesit Kapasite Oranları .....	49
Tablo 3.23. 3 Katlı Prototip Yapı Kolon Kesit Kapasite Oranları .....	53
Tablo 3.24. 6 Katlı Prototip Yapı Kolon Kesit Kapasite Oranları .....	53
Tablo 3.25. 9Katlı Prototip Yapı Kolon Kesit Kapasite Oranları .....	54
Tablo 3.26. Ölçek Çarpanları .....	59
Tablo 3.27. FEMA P695’e göre Deprem İvme Kayıt Setleri.....	60
Tablo 3.28. Ağırlık Karşılaştırması – 3 Kat .....	61
Tablo 3.29. Ağırlık Karşılaştırması – 6 Kat .....	62
Tablo 3.30. Ağırlık Karşılaştırması – 9 Kat .....	63

## TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aşamasında bana destek olan, engin bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum sevgili danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Bakır BOZKURT'a, lisansüstü öğrenim hayatımda her yönden yardımcı olması, tecrübeleri ile beni aydınlatması ve desteğini hiç eksik etmemesinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

Bariş SERİN  
Manisa, 2019



## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

#### DBYBHY-2007 ve TBDY-2019'a göre Tasarlanmış Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Sismik Davranışlarının Karşılaştırılması

Bariş SERİN

Manisa Celal Bayar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Bakır Bozkurt

Yüksek elastik rijitlik özelliğine sahip merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (MÇÇ'ler) deprem bölgelerinde en sık tercih edilen yatay yük direnç sistemlerinden bir tanesidir. MÇÇ'ler kolon, kiriş ve merkezi olarak kiriş elemanlarına veya kolon-kiriş düğüm noktalarına bağlanan çapraz elemanlardan teşkil edilmektedir. Deprem esnasında çevrimsel ve tersinir aksenal basınç ve çekme yüküne maruz kalan çapraz elemanların performansları yapı sisteminin genel süneklilik kapasitesini oluşturmaktadır. 2019 yılında yürürlüğe girmiş olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2019) süneklilik düzeyi yüksek MÇÇ'lerin tasarımlarını çelik çapraz elemanların aksenal basınç ve çekme kapasitelerine göre yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, farklı kat sayılarına sahip MÇÇ'ler önce Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYDE-2018) ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğine (DBYBHY-2007) göre tasarlanmıştır ve daha sonrasında da TBDY-2019'a göre revize edilmiştir. Elde edilen iki farklı tasarıma sahip 3, 6 ve 9 katlı prototip binaların FEMA P695'de tanımlanan 44 farklı deprem kaydı altında 528 adet doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri yapılmıştır. Analizler OPENSEES yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizler ışığında yapıların görece kat ötelemeleri, artık yatay deplasmanlar, kat maksimum ivmeleri ve hızları, çapraz elemanların süneklilik talepleri ve düzlem dışı deplasmanları karşılaştırılmıştır.

Elde edilen analitik sonuçlara göre, sismik davranış açısından ters V tipi MÇÇ'ler için TBDY-2019'a göre tasarlanan yapıların daha güvenli olduğu, daha hafif olmasına rağmen parçalı X tipi MÇÇ'ler için DBYBHY-2007'e göre tasarlanan yapıların daha güvenli olduğu gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Merkezi çaprazlı çelik çerçeve, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019, yüksek süneklilik, deprem, zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümleme

2019, 133 Sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

**Comparison on Seismic Behavior of Concentrically Braced Frames Designed as per TSC2007 and TSC2019**

**Bariş SERİN**

**Manisa Celal Bayar University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Bakır Bozkurt**

Concentrically braced frames (CBFs) indicating high elastic stiffness are one of the most preferred lateral load resisting systems in seismic regions. CBFs are composed of columns, beams and braces which are concentrically connected the beams or beam to column joints. During an earthquake event, seismic performance of the braces subjected to cyclic and reversible axial tension and compression loading determines the ductility capacity of the entire structure. Turkish Seismic Code 2019 (TSC 2019), which has become valid in 2019, mandates design of the Special Concentrically Braced Frames (SCBFs) in accordance with capacity of the axial tension and compression capacity.

In this study, firstly, SCBFs having different number of storeys were designed as per Turkish Steel Code 2018 (TSC 2018) as well as TSC 2007 and then these braced frames were revised in accordance with TSC 2019. By using OPENSEES software program, 528 nonlinear time history analysis were conducted on the designed archetypes with 3, 6, 9 storeys under 44 far field ground motions defined in FEMA P695. In the light of the analysis results, interstorey drift ratios, residual lateral displacements, maximum storey accelerations and velocities, brace ductility demands and brace out-of-plane displacements were compared.

According to obtained analysis, TSC 2019 indicated more reliable seismic response for inverted V braced SCBF whereas TSC 2007 showed more reliable seismic behavior for split X braced SCBF in spite of lesser steel material used.

**Keywords: Concentrically braced frames, Turkish Seismic Code 2007, Turkish Seismic Code 2019, high ductility, earthquake, nonlinear time history analysis**

**2019, 133 pages**

## 1. GİRİŞ

18. Yüzyılın sonlarına doğru İngiltere'nin Shropshire kentindeki Severn Nehri üzerinde 30 metre açıklıklı ilk demir köprünün yani Ironbridge'in yapılması ile demirin bir yapı malzemesi olarak kullanılabilceği kanıtlanmıştır. Daha sonraları içerisine eklenen karbon, krom, nikel, titanyum, alüminyum vb. gibi elementler ile demire dayanım, süneklik ve paslanmazlık gibi özellikler kazandırılmıştır. Bu özelliklerin kazandırıldığı demire günümüzde yapı çeliği denir. Günümüzde çelik, yapılarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu yapıların deprem gibi yıkıcı güçteki yatay kuvvetlerin etkisinde iken ekonomik, güvenli ve yeterli sünekliklerinin olması için belirlenmiş olan şartnameler ve yönetmelikler ile tasarımları sınırlandırılmıştır. Günümüzdeki güncel mevcut deprem yönetmeliklerinden bir kısmı şu şekildedir; Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliğinin (ASCE-American Society of Civil Engineers) 2016 yılında yayınladığı "ASCE7-16" [1], Avrupa Standardizasyon Komitesinin(CEN-European Committee for Standardization) 2004 yılında yayınladığı "Eurocode: 8 Seismic Design of Buildings"[2], Kanada Ulusal Araştırma Konseyinin (NRC-National Research Council) 2015 yılında yayınladığı "NBCC-2015"[3] şuan en yaygın ve güncel örneklerindedir.

Ülkemiz de ise Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 2007 yılında yayınlanan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliği (DBYBHY-2007)"[4]'nin yerine gelen Afet ve Acil Durum Başkanlığı(AFAD) tarafından 2018 yılında yayınlanmış ve 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe girmiş olan "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği(TBDY-2019)"[5] tez çalışmasının hazırlandığı andaki en güncel deprem yönetmeliğimizdir.

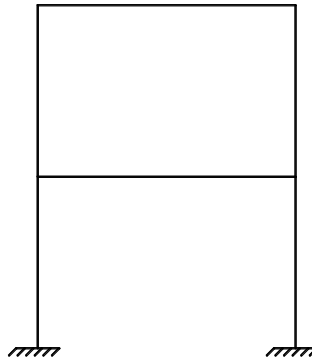
## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Literatür Özeti

#### 2.1.1. Giriş

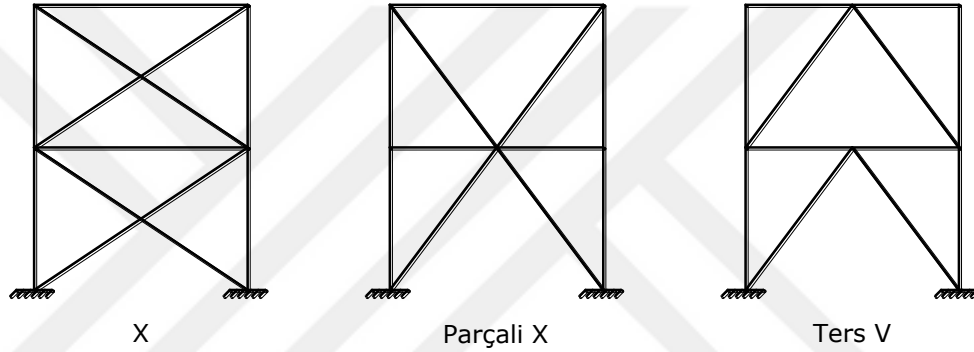
Yapılar inşaa edildikten sonra maruz kalabileceği rüzgar ve deprem yüklerine karşı koyabilmek için yatay yük direnç sistemlerine ihtiyaç duyarlar. Yatay yük direnç sistemlerinden beklenen temel özellik rüzgar ve deprem yüklemeleri altında yeterli yatay rijitliği sağlaması ve ortaya çıkan enerjiyi toptan veya münferit göçme gerçekleştirmeden absorbe etmesidir. Moment aktaran çerçeveler (MAÇ'ler), merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (MÇÇ'ler), dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler (DÇÇ'ler) ve burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler (BÖÇÇ'ler) yatay yük direnç sistemlerinden bazılarıdır. Her sistemin kendine göre avantajları ve dezavantajları vardır.

Yatay yükler altında yüksek sünek davranış gösteren MAÇ'lar aynı zamanda cephe sistemlerinde mimari kısıtlamalara da neden olmaz. Düşük yatay rijitlik kapasiteleri çoğu zaman gerekli dayanım kapasiteleri açısından belirlenen profil kesitlerinin büyütülmesine neden olur. 1994 yılında gerçekleşen Northridge depreminde, ön göze çarpan gözlemlerden birisi MAÇ'ların başlıkları kaynaklı ve gövdesi cıvatalı olan kiriş-kolon birleşimlerinin deprem performanslarının çok düşük çıkmasıdır (Tremblay ve ark., 1994)[6]. Dolayısıyla MAÇ sistemlerinde tersinir deprem yükleri altında yüksek sünek davranışını detaylandırılmış kiriş-kolon birleşimi belirler. Kolon, kiriş ve rijit kiriş-kolon birleşiminden oluşan MAÇ'ların sistem görünüşleri Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Tipik Moment Aktaran Çerçeve

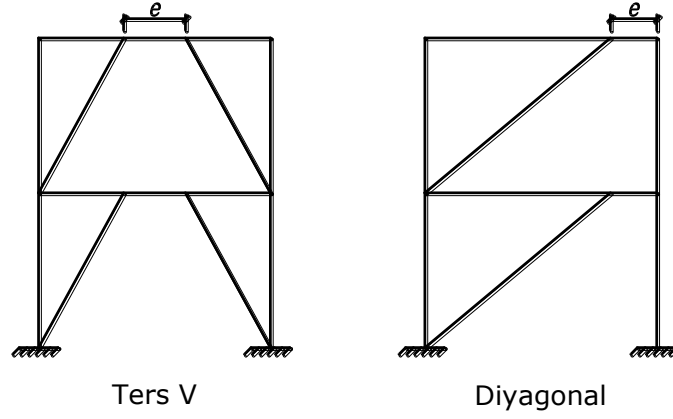
MÇÇ'ler, MAÇ'ların tersine oluşturduğu merkezi çaprazlar sayesinde yüksek yatay rijitliğe sahiptir. Deprem esnasında tersinir yüklemeye maruz kalan çapraz elemanlar çekme yükü altında akarken, basınç yükü altında burkulurlar. Özellikle narin çapraz elemanların burkulma sonrasındaki düşük basınç kuvveti direncinin neden olduğu düşük süneklilik kapasitesi en belirgin dezavantajdır (Popov ve ark., 1976)[7]. Tersinir yüklemeler, çapraz elemanın aynı zamanda mekanik özelliğinin değişmesine ve bu durumda çapraz elemanın burkulma yükünün düşmesine neden olur (Zavas ve ark., 1980)[8]. En çok tercih edilen X, parçalı X ve ters V tipi çapraz örgüsünden oluşan MÇÇ'ların sistem görünüşleri Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.2.** Tipik Merkezi Çaprazlı Çerçevesler

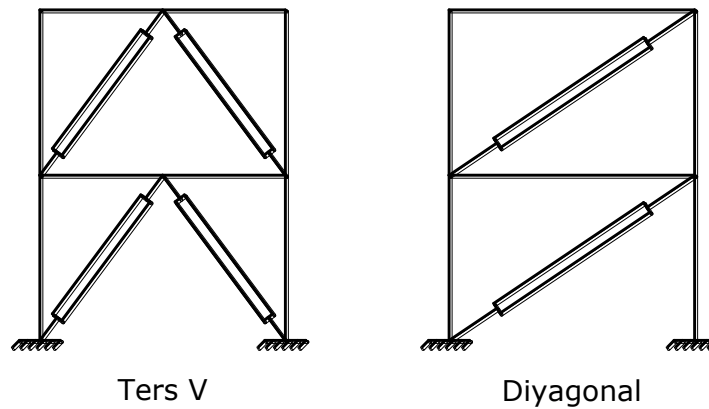
DÇÇ'ler, MAÇ'ların yüksek süneklilik kapasitelerinin ve MÇÇ'lerin yüksek rijitliklerinin bir arada bulunduğu yatay yük direnç sistemidir. Bu sistemlerde, çapraz elemanlar bilinçli olarak kiriş elemanlarında veya kolon elemanlarında belirli bir eksantrisite oluşturacak şekilde bağlanır (Roeder ve Popov, 1977) [9]. Bu eksantrik bağlantı sonucunda arada oluşan eleman parçasına bağ kirişi adı verilir. Yatay yüklemeye altında, bağ kirişi elemanı uzunluğuna göre kesme, eğilme veya eğilmeli kesme akması ile plastik deformasyona uğrar. Bağ kirişi dışında kalan tüm elemanlar elastik kalacak şekilde tasarlanır. Kolon, kiriş, çapraz ve bağ kirişi elemanlarından oluşan DÇÇ'lerin sistem görünüşleri Şekil 2.3'de gösterilmiştir.





**Şekil 2.3.** Tipik Dış-Merkez Çaprazlı Çerçeveler

BÖÇÇ'ler, MÇÇ'den farklı olarak tersinir eksenel yük altında burkulmadan akma davranışı gösteren süneklilik kapasitesi yüksek yatay yük direnç sistemlerindedir. Genel olarak burkulması önlenmiş bir çapraz, çekirdek plaka, ayırıcı malzeme ve burkulmayı engelleyen beton veya harç dolgulu kılıf sisteminden oluşur. Tüm eksenel yük sadece çekirdek plaka tarafından karşılanır. Burkulmayı engelleyen dolgu malzemeli kılıf sistemi, çekirdek plakanın akma dayanıma karşılık gelen eksenel basınç yükünün 1.5 katı altında burkulmayacak şekilde tasarlanır (Watanabe ve ark., 1988) [10]. Burkulmayı engelleyen kılıf sistemi, dolgu malzemesi kullanılmadan sadece çelik elemanlardan da oluşabilir (Tremblay ve ark., 2006, Eryaşar ve Topkaya, 2010, Bozkurt ve Topkaya, 2016) [11], [12], [13]. Tipik BÖÇ sistemleri Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.4.** Tipik Burkulması Önlenmiş Çaprazlı Çerçeveler

## 2.1.2. Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevesel Hakkında Yapılan Bazı Çalışmalar

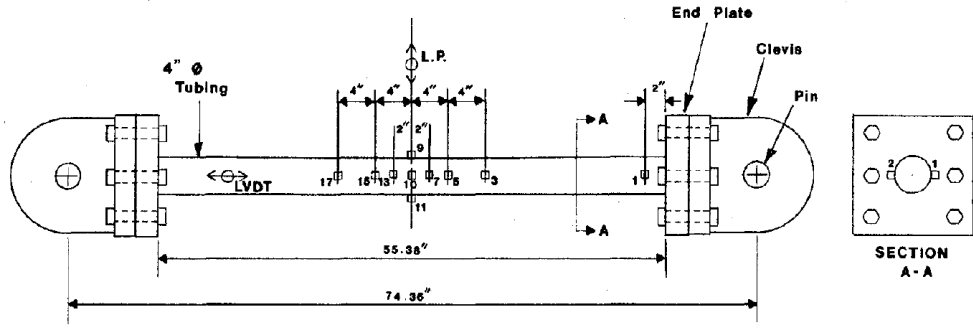
### 2.1.2.1. Zayas, V.A., Popov, E.P., Mahin, S.A., Cyclic Inelastic Buckling of Tubular Steel Braces, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA, 1980 (Report No. UCB/EERC-80/16).

Bu çalışmada, altı farklı basınç elemanın şiddetli elastik olmayan tersinir yüklemeler altındaki deneysel sonuçları raporlanmıştır. Her bir basınç eleman daha sonradan çekme yükünü takip edecek şekilde önce basınç yükü altında da tersinir yüklemeye maruz bırakılmıştır. Tersinir yüklemeye maruz kalan basınç elemanlarında farklı düğüm noktası detayları (mafsallı ve rijit), farklı çap/kalınlık oranları (33, 48) çalışılmıştır. Ayrıca, üreticiden hazır alınmış boru elemanları ve ısıtılmış işlem görmüş (tavlanmış) boru elemanların davranışları karşılaştırılmıştır. Test edilen numunelere ait parametreler aşağıdaki Tablo 2.1’de verilmiştir.

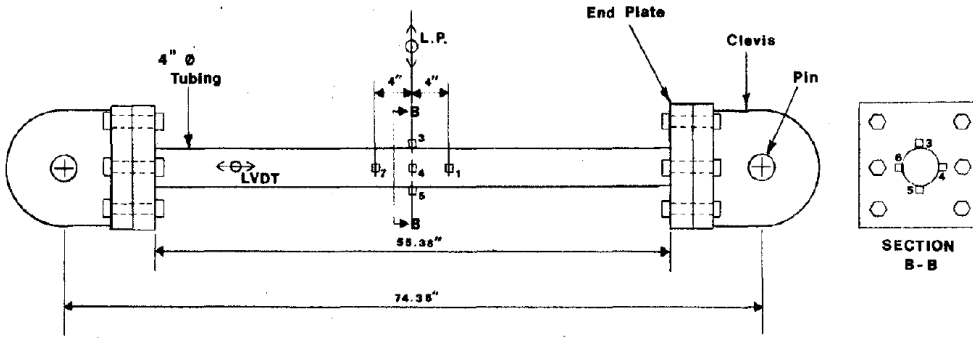
**Tablo 2.1** Zayas ve ark. (1980) [8] tarafından incelenen numunelerin özellikleri

Numune	Bağlantı Detayı	Isıl İşlem	Kesit Et Kalınlığı (mm)	Çap/Kalınlık (D/t)	Narinlik (KL/r)	Ön Kusur (mm)	
						Yatay	Düşey
1	Mafsallı	Tavlanmış	2.1	48	54	6.4	0.0
2	Mafsallı	Tavlanmış	3.1	33	54	1.5	0.8
3	Mafsallı	Stnd. Üretim	2.1	48	54	0.0	0.0
4	Mafsallı	Stnd. Üretim	3.1	33	54	0.8	0.0
5	Rijit	Tavlanmış	2.1	48	25	3.3	0.0
6	Rijit	Tavlanmış	3.1	33	25	4.6	0.8

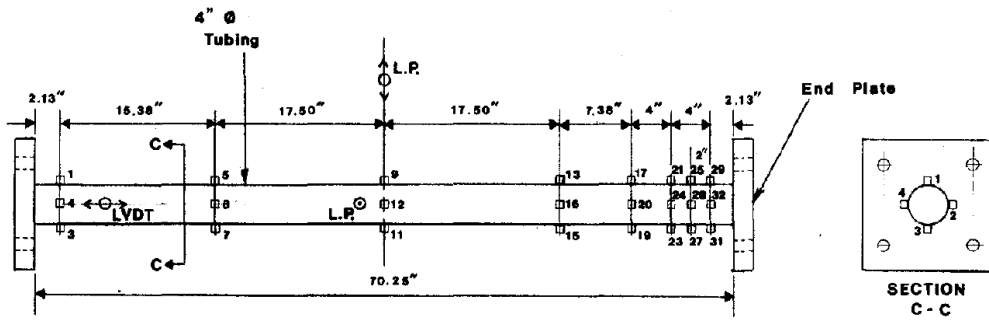
Mafsallı ve rijit bağlı deney numuneleri Şekil 2.5’te ve deney düzenekleri Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de verilmiştir.



STRUTS 1, 2

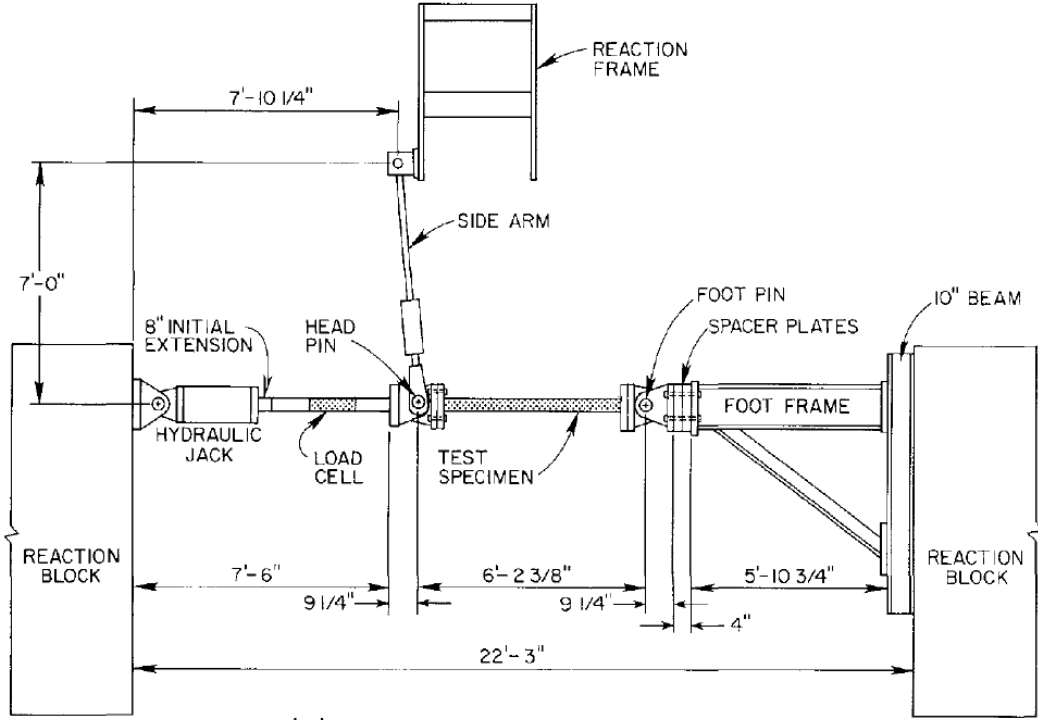


STRUTS 3, 4



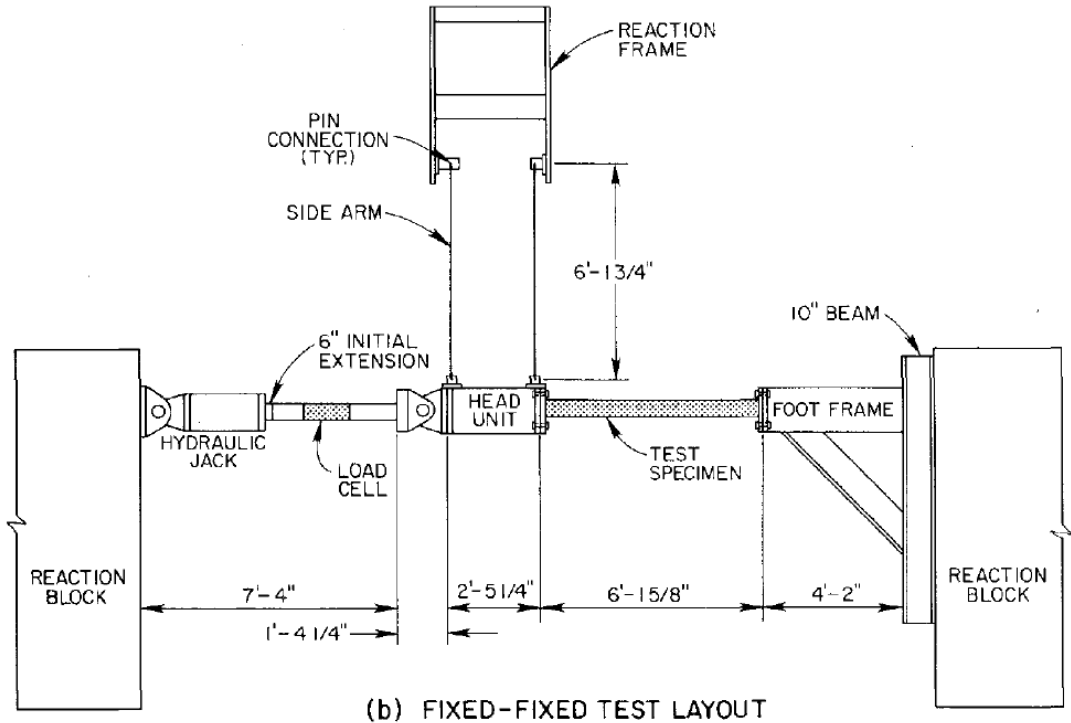
STRUTS 5, 6

Şekil 2.5. Zayas ve ark.[8] tarafından hazırlanan test edilen mafsallı ve rijit basınç elemanları



(a) PINNED-PINNED TEST LAYOUT

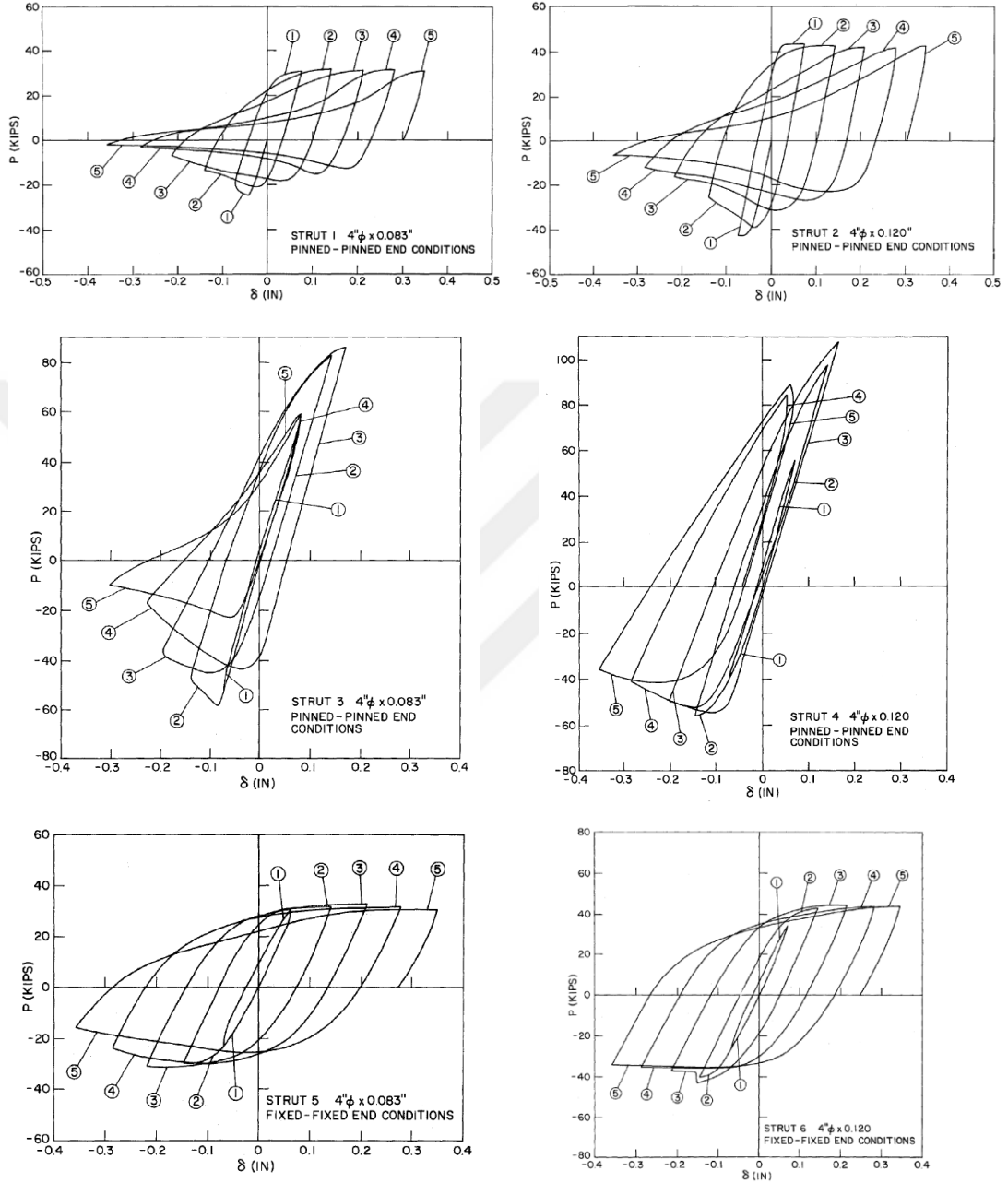
Şekil 2.6. Zayas ve ark. [8] tarafından hazırlanan mafsallı basınç elemanının deney düzeneği



(b) FIXED-FIXED TEST LAYOUT

Şekil 2.7. Zayas ve ark. [8] tarafından hazırlanan rijit basınç elemanının deney düzeneği

Tersinir çevrimsel yüklemelere maruz kalan deney numunelerinin aksenal yük – aksenal birim şekil değıştirme eğrileri Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



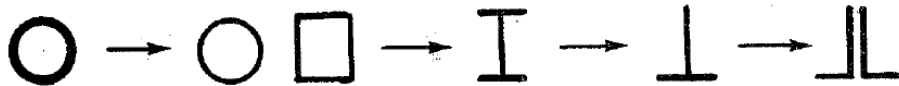
Şekil 2.8. Zayas ve ark. [8] tarafından hazırlanan numunelerin aksenal yük aksenal birim şekil değıştirme grafikleri

Gerçekleştirilen deneyler neticesinde Zayas ve ark. [8] tarafında ulaşılan sonuçların en önemlileri aşağıda sıralanmıştır.

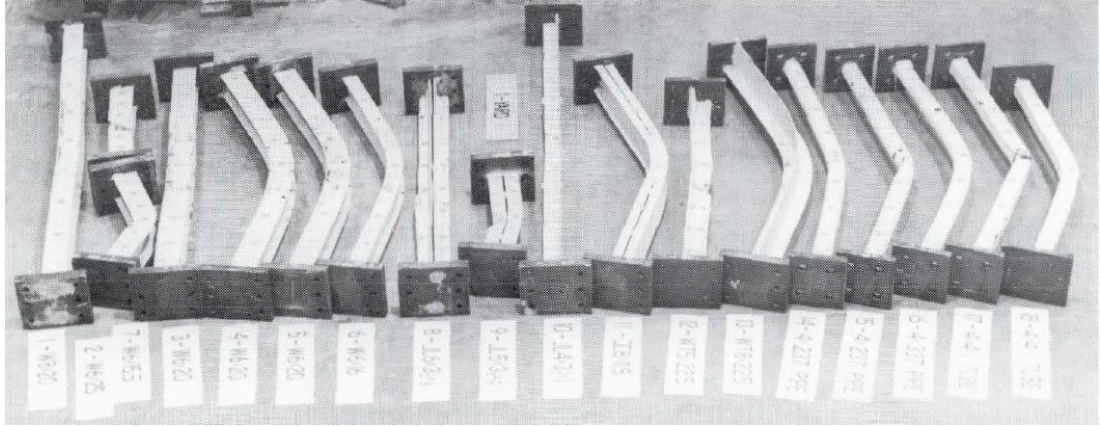
- Narinliği küçük olanların daha iyi performans gösterdiği, tersinir yüklemelerin lokal burkulmalara neden olduğu ve bu lokal burkulmaların elemanların hasarında ciddi rol oynadığı görülmüştür.
- Rijit bağlantılı çapraz elemanların narinlikleri daha düşük oldukları için mafsalı bağlantılara göre, hem burkulma kapasite kayıplarının düşük olduğu hem de enerji sönümlenme kabiliyetlerinin daha iyi olduğu ortaya çıkmıştır.
- Tersinir elastik olmayan yüklemeler altında basınç elemanlarının mekanik özellikleri olumsuz yönde etkiledikleri için burkulma yükünü düşüren olumsuz bir etki gösterdiği raporlanmıştır.

**2.1.2.2. Black, G.R., Wenger, W.A., Popov, P. Inelastic Buckling of Steel Struts under Cyclic Load Reversals Tech. Rep. UCB/EERC-80-40, University of California, Berkeley, California.**

Black ve ark. [14] yirmi dört adet yapısal basınç çubuğu için tersinir ve çevrimsel yükleme deneyi gerçekleştirmişlerdir. Deney numunelerinden altı tanesinin bir ucu mafsalı ve diğer ucu rijit, geri kalan tüm numunelerin her iki ucu da mafsalı olarak detaylandırılmıştır. Geniş başlıklı I profili, sırt sırta köşebent, sırt sırta U profili, T profili, ince ve kalın et kalınlıklı borular ve ince ve kalın et kalınlıklı kare kesitler deney numunesi olarak tercih edilmiştir. Farklı enkesit özellikleri, farklı bağlantı detayları ve farklı narinlik oranlarının sismik davranışa olan etkileri araştırılmıştır. Araştırma programında incelenen enkesitler Şekil 2.9'da ve deney sonrası deforma olan numunelerin görünüşleri Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



**Şekil 2.9.** Black ve ark. [14] tarafından hazırlanan numunelerin enkesit görünüşleri

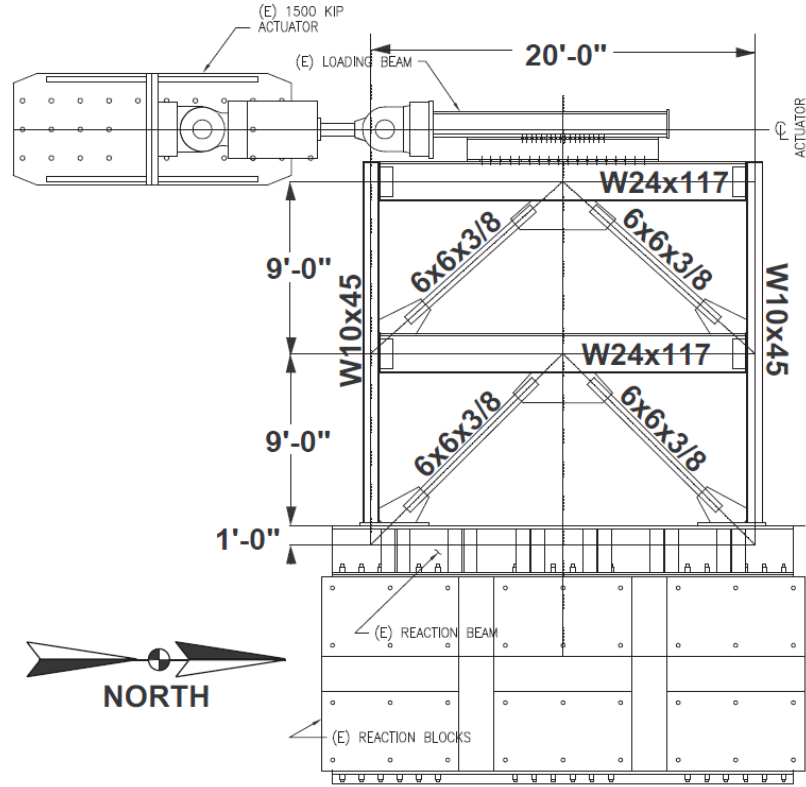


**Şekil 2.10.** Black ve ark.[14] tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmaların sonucunda deforme olmuş basınç elemanları

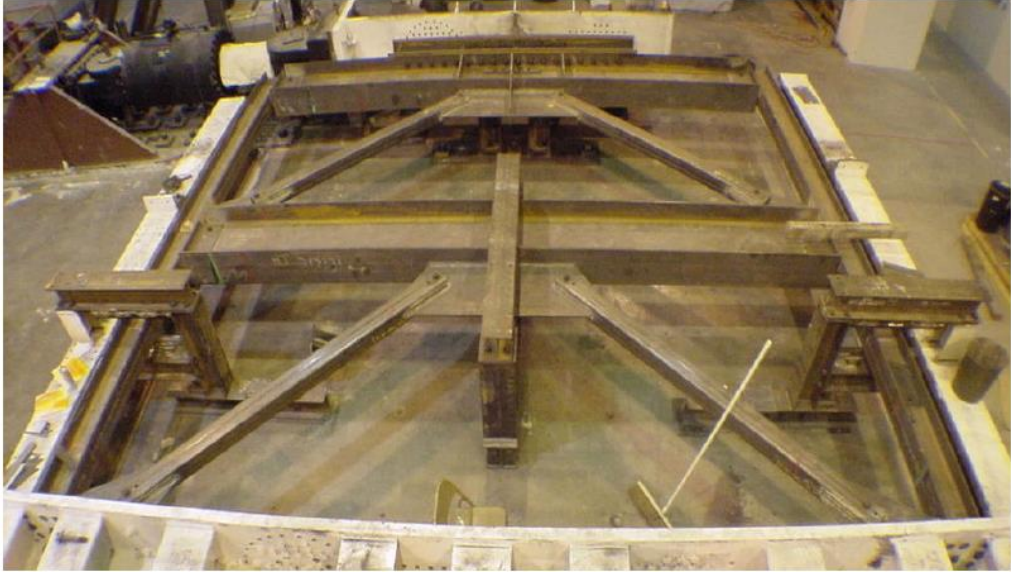
Yapılan bu çalışma sonucunda, tersinir davranışı etkileyen en önemli parametrenin etkin narinlik oranı olduğu ortaya çıkmıştır. Narinlik düştükçe daha geniş döngüler elde edilmiştir. Başlık ve gövde lokal burkulmaları ve yanal burulmalı burkulma davranışlarını belirleyen enkesit özellikleri tersinir eksenel basınç kapasitelerinin belirlenmesinde de önemli bir rol oynamıştır.

**2.1.2.3. Uriz, P., Mahin, S., Towards Earthquake Resistant Design of Concentrically Braced Steel Structures, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA., 2008, PEER-2008/08**

Uriz ve ark. [15] iki katı süneklilik düzeyi yüksek merkezi çarpazlı bir yapıyı deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışmanın amacı, görelî kat ötelemelerin kat yüksekliği boyunca üniform olabileceği bir deney düzeneği ile alt katta yoğunlaşabileceği bir deney düzeneği hazırlayıp yatay yükleme altında araştırmaktır. Çarpazlar ters V konfigürasyonuna uygun olacak şekilde yerleştirilmiştir. Hazırlanan deney düzeneğinin teknik resmi Şekil 2.11’de, yükleme öncesi ve sonrası fotoğrafları sırası ile Şekil 2.12 ve Şekil 2.13’te gösterilmiştir.

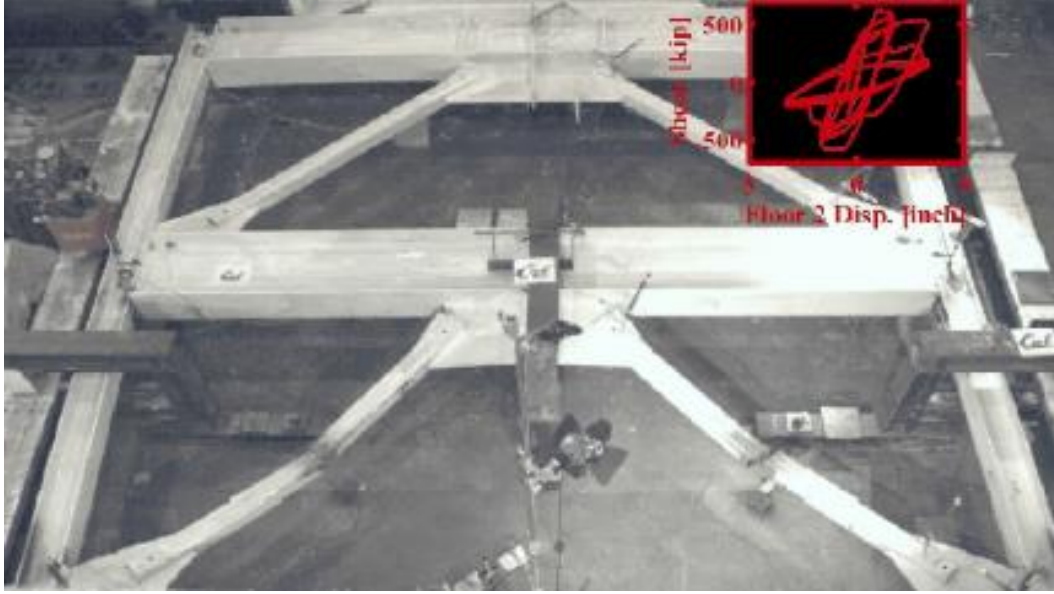


Şekil 2.11. Uriz ve ark. [15] tarafından hazırlanan deney düzeneğinin teknik resmi



Şekil 2.12 Uriz ve ark. [15] tarafından hazırlanan deney düzeneğinin yükleme öncesi fotoğrafı





**Şekil 2.13** Uriz ve ark. [15] tarafından hazırlanan deney düzeneğinin yükleme sonrası fotoğrafı

Uriz ve ark. [15] deney numunelerinin tahmin edilen yüklemeler altında düzlem dışına doğru burkulduğunu, narinlik oranı AISC 1997’de izin verilen sınırlarda olmasına rağmen ( $kL/r=54$ ) yanal burkulmayı takip eden her bir çevrimden sonra basınç yük taşıma kapasitesinin hızlı bir şekilde düştüğünü, yanal burkulmadan sonra basınç çubuklarının tam orta noktasında lokal burkulma oluştuğunu raporlamışlardır. Genişlik/kalınlık oranı AISC 1997 şartnamesine uygun olarak seçilmesine rağmen lokal burkulmaların, oluşması hesaplarda olası akma dayanımının katalog değerlerinden yüksek olmasına atfedilmiştir. İlk yanal burkulma oluştuğu anda, tüm hasarlar ve yatay öteleme ilk burkulmanın oluştuğu katta yoğunlaşmıştır. Birinci numunede, her iki kat benzer yük taşıma kapasitene sahiptir ve aynı yüklemeye maruz bırakılmıştır. Fakat, birinci kattaki başlangıç burkulması zayıf kat oluşmasına neden olmuştur. Burkulma anında düzlem dışında meydana gelen öteleme aksinel kısılmanın beş katı olarak raporlanmıştır.

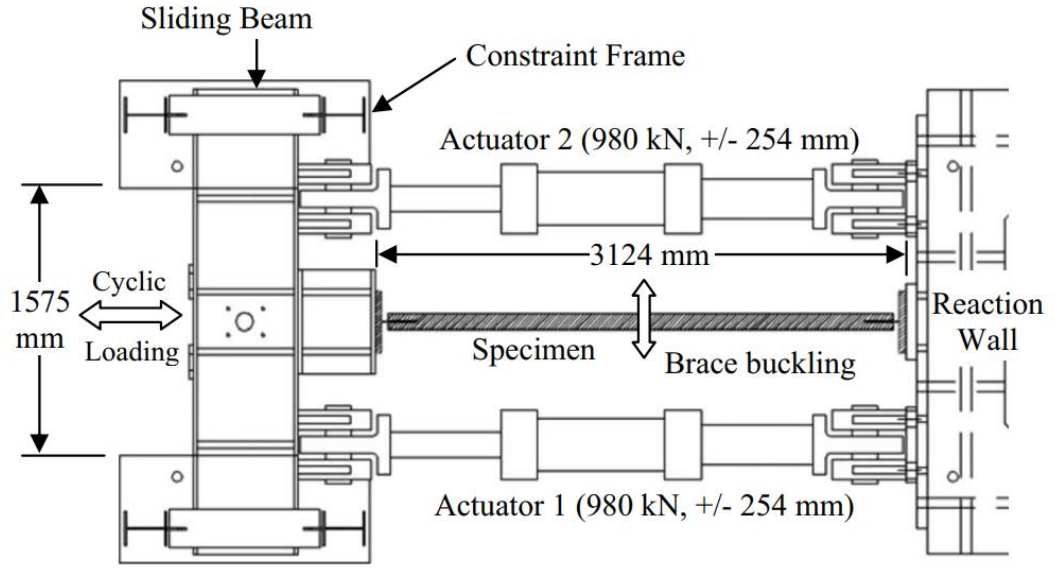
**2.1.2.4 Fell, V.B., Kanvinde A. M., Asce A.M., Deierlein G.G., Asce F., Myers, A. T. Experimental Investigation of Inelastic Cyclic Buckling and Fracture of Steel Braces, Journal of Structural Engineering 135, USA, 2009 10.1061/(ASCE)0733-9445(2009) 135:1(19)**

Fell ve ark. [16] merkezi çaprazlı çelik çerçevelerde kullanılmak üzere tasarlanan guseli bağlantıya sahip on sekiz adet çelik çapraz elemanın elastik olmayan burkulma ve yırtılma durumlarındaki davranışlarını deneysel olarak incelemiştir. Kare kutu kesitler, boru kesitler ve geniş başlıklı I kesitler deney numunesi olarak kullanılmıştır. Değişken parametreler olarak genişlik-kalınlık oranı, narinlik oranı, kesit şekli, yükleme protokolü, yükleme hızı ve kesit içerisini dolgu harcı ile doldurma gibi değişkenler altında incelemiştir. Test edilen numunelere ait parametreler Tablo 2.2’de, deney düzeneğinin plan görünüşü şekil 2.14’te ve yükleme protokolleri şekil 2.15’te verilmiştir.

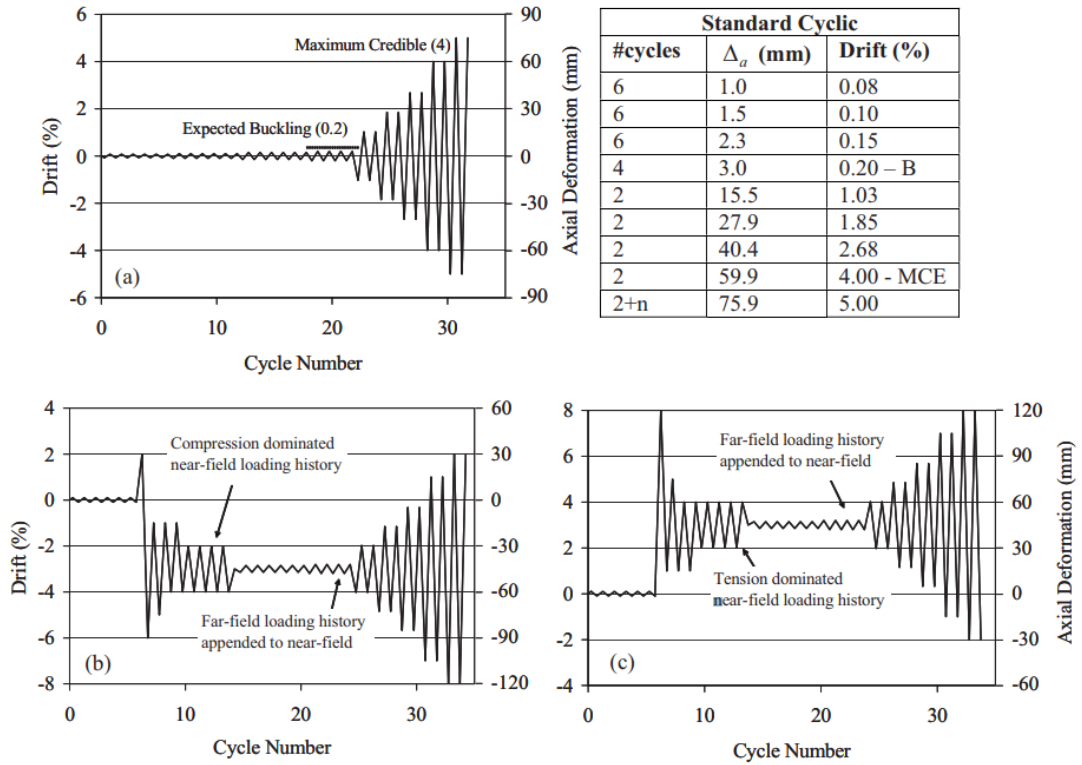
**Tablo 2.2** Fell ve ark. [16] tarafından incelenen numunelerin özellikleri

Test Num.	Numune Parametreleri						Yükleme Protokolü		
	Kesit	$L_B$ (mm)	$b/t$ ve ya $D/t$	$KL_B/r$	Güç. Plakası	Dolgu Harcı	Sta.	K-B	K-Ç
HSS1-1	HSS1	2985	14.2	77	X		X		
HSS1-2					X			X	
HSS1-3					X		X		
HSS1-4					X	X	X		
HSS1-5					X	X		X	
HSS2-1	HSS2	8.5	80	X		X			
HSS2-2				X		X			
P1-1	BR1	3010	21.6	63	X		X		
P1-2							X		
P1-3					X				X
P1-4									X
P2-1	BR2	3010	16.2	102	X		X		
P2-1							X		
P2-1					X				X
P2-1									X
W1	W	3010	7.5	153			X		
W2								X	
W3									X

Kesit açıklamaları; HSS1: Kare Kutu 101.6x101.6x6.4, HSS2: Kare kutu 101.6x101.6x9.5, BR1: Boru 127STD, BR2: Boru 76STD, W: W310 x 23.8  
Yükleme Protokolü açıklamaları; Sta.: Standart yükleme, K-B: Kalp atımı Basınç yüklemesi, K-Ç: Kalp atımı Çekme yüklemesi



Şekil 2.14 Fell ve ark. [16] tarafından hazırlanan deney düzeneğinin plan görünüşü



Şekil 2.15 Fell ve ark. [16] tarafından uygulanan yükleme protokolleri (a) - Sta.,  
(b) - K-B, (c) - K-Ç

Yapılan deneyler sonucunda parametreler arasından çapraz elemanlarının sünekliğine en çok etkisi olan parametreler yükleme protokolu, genişlik-kalınlık oranı ve narinlik oranı olduğu raporlanmıştır. Maksimum genişlik-kalınlık oranına sahip bazı kare kutu ve boru numuların sismik tasarım için yeterli sünekliği sağlayamadığı raporlanmıştır. Yükleme hızının bir etkisinin olmadığı, dolgu harcının ise çok düşük miktarda da olsa tersinir yükleme altındaki sünekliği arttırdığı deneysel testler sonucunda raporlanmıştır.

**2.1.2.5 D’Aniello, M., La Manna Ambrosino, G., Portioli, F., Landolfo, R., “Modelling aspects of the seismic response of steel concentric braced frames”, 2013, ISSN: 1229-9367, 1598-6233**

D’Aniello ve ark. [17] bu çalışmada monotonik ve tersinir yükleme altındaki merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin doğrusal olmayan tepkilerini kuvvet temelli sonlu elemanlar yöntemi ile analitik olarak incelemiştir. Yapmış olduğu bu çalışmanın birinci aşamasında tek çapraz davranışını araştırırken ikinci aşamasında çerçeve içindeki tüm çapraz sistemini değerlendirmiştir. Oluşturulan sonlu elemanın doğruluğu, başlangıç eğriliğinin etkisi ve malzeme modelleri temel araştırma parametreleri arasındadır.

D’Aniello ve ark. [17] oluşturmuş oldukları nümerik modeller Black ve ark.[14]’nın deneysel verileri ile kalibre edilerek analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en büyük doğruluk Dicleli ve Calik [18] tarafından önerilen başlangıç eğrilik formülasyonu ve Menegotto ve Pinto [19]’nun malzeme modeli vermiştir.

**2.1.2.6 Bulut, Y. Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerde Çapraz Düzeninin Çelik Çerçevelerin Dinamik Davranışına Etkisi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, 2013, 125s. (Yüksek Lisans Tezi)**

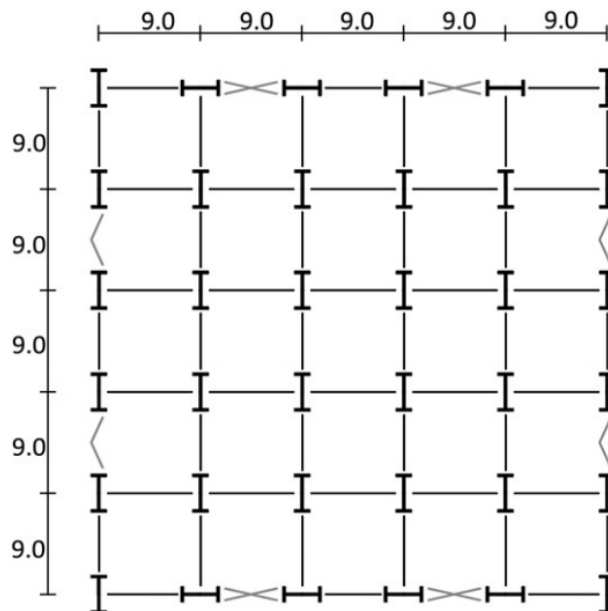
Bulut [20] bu tez çalışması kapsamında farklı çapraz düzenlerinde (Ters V ve X) DBYBHY-2007 ve ASCE-7 2005’e göre tasarlanan 3 ve 10 katlı süneklik düzeyi yüksek MÇÇ’lerin performanslarını gözlemlemek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapmış ve eksenel kuvvet – plastik deformasyon grafiği ve taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirmesi grafikleri rapolaştır.

Yapılan analizler sonucu raporlanan sonuçların en önemlileri;

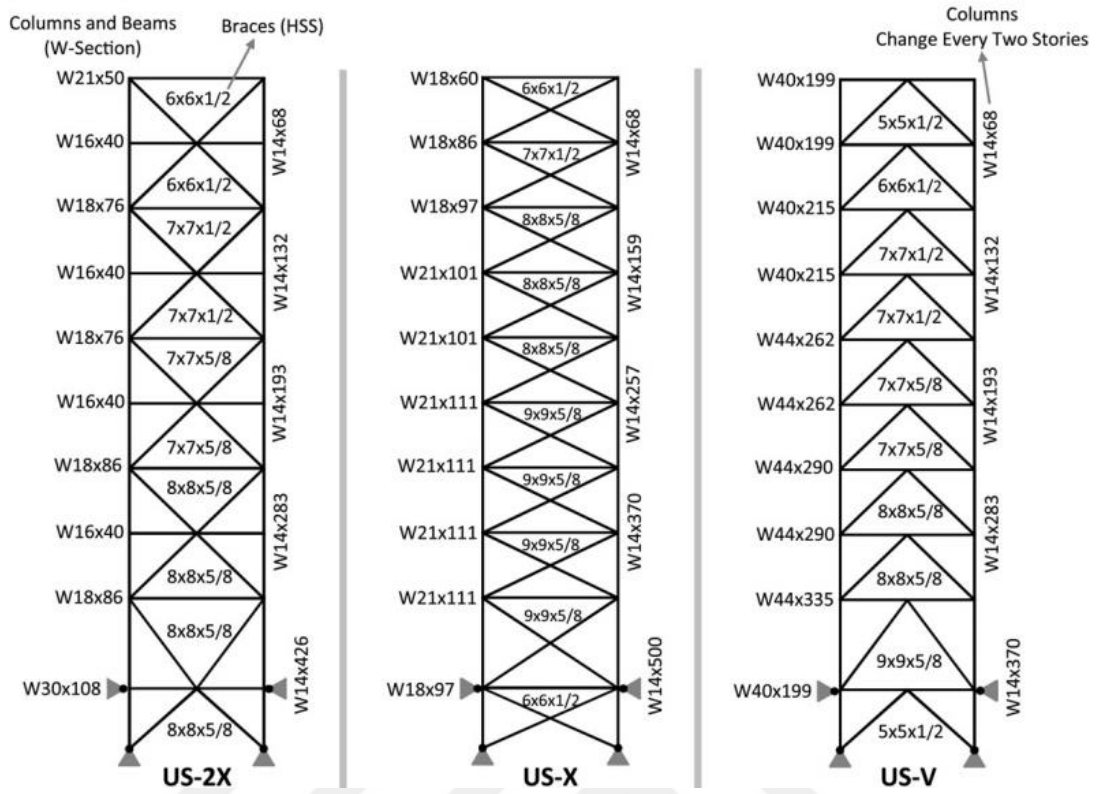
- 3 Katlı çerçevelerde X tipi MÇÇ'lerin çatı deplasmanları ters V MÇÇ'lerin çatı deplasmanlarına göre daha fazla öteleme yapmıştır.
- 10 Katlı çerçevelerde X tipi MÇÇ'lerin çatı deplasmanları ters V MÇÇ'lerin çatı deplasmanları benzer öteleme yapmıştır.
- DBYBHY-2007'de verilen yapıların yanal taşıma kapasitesine eriştikleri andaki iç kuvvetlerin bulunması için verilen yükleme kombinasyonunun çok şiddetli depremler için çok düşük geldiği, ancak tasarım depremi seviyesindeki depremler için yakın sonuçlar verdiği raporlanmıştır.

**2.1.2.7 Azad, S.K., Topkaya, C., Astaneh-Asl, A., “Seismic behavior of concentrically braced frames designed to AISC341 and EC8 provisions”, Journal of Constructional Steel Research 2017, 133(2013) 383-404**

Azad ve ark. [21] yapmış oldukları bu çalışma kapsamında Avrupa(Eurocode8) ve Amerika(AISC341) şartnamelerine göre tasarladıkları merkezi çaprazlı çelik çerçeve türlerinden olan tek katlı X, parçalı X ve ters V çapraz tipine sahip yapılara FEMA P695 [23]'e göre ölçek çarpanı ile büyütülmüş zemin hareketleri etkilmiştir. 880 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucu sismik davranışları analitik olarak incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Tasarlanan prototip yapılar 1 kat bodrum ve üstünde 9 kat olacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanmış prototip yapıların plan görünüşü ve kesitlerin belirtildiği kesit görünüşleri sırası ile şekil 2.16 ve şekil 2.17'de verilmiştir.



Şekil 2.16 Azad ve ark. [21] tasarlamış oldukları prototip yapı plan görünüşü



Şekil 2.16 Azad ve ark. [21] tasarlamış oldukları kesitlerin belirtildiği bazı kesitlerin görünüşleri

Yapılan 880 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucu ortaya çıkan en önemli sonuçlar aşağıda raporlanmıştır;

- X ve parçalı-X çaprazlı sistemlerde Eurocode 8 şartnamesine göre tasarlanan yapıdaki çapraz elemanlarda daha tıknaz kesitler çıkarken AISC341 ile tasarlanan yapılarda daha narin kesitlere izin verdiği, Ters V çaprazlı yapılarda her iki şartname için tıknaz kesitler tasarlandığı raporlanmıştır.
- Eurocode 8'e göre tasarlanan yapıların AISC341'e göre tasarlanan yapılara göre kat maksimum hızlarının daha yüksek olduğu bunun sonucu olarak deprem sırasında yapısal olmayan elemanların zarar görme ihtimalinin daha fazla olduğu raporlanmıştır.
- Eurocode 8 e göre tasarlanan yapıların en üst 2 katında yumuşak kat problemi sonucu deprem sonucu kalıcı kat öteleme oranları kabul

edilebilir sınırın yani %0.5'in üzerinde olduğu ve diğer bütün tasarımlar ve katlar için sınırın altında yer aldığı raporlanmıştır.

- Çaprazların süneklilik talebi genellikle  $\pm 10$  değerleri arasında değer alırken Eurocode 8'e göre tasarlanan kesitlerin son 2 katlarındaki yumuşak kat problemi bu değerlerin  $\pm 20$  seviyelerine kadar ulaşmasına neden olduğu raporlanmıştır.
- Çapraz elemanların narinliklerine bakılmaksızın, çapraz eleman boyutlarının %10'u ila %15'ine ulaşan büyük düzlem dışı burkulmaları gözlemlendiği, plastik gerilme talebi AISC341'e göre tasarlanmış yapılarda alt katlarda daha büyük çıkarken Eurocode 8'e göre tasarlanmış yapılarda ise üst katlarda daha büyük çıktığı raporlanmıştır.

## 2.2. Amaç ve Kapsam

Çalışma da Enlemi  $38.352924^\circ$  ve Boylamı  $27.128006^\circ$  olan İzmir'in Gaziemir ilçesinde DBYBHY-2007 [4]'ye ve TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanmış 3 kat, 6 kat ve 9 katlı 6 farklı prototip binanın X ve Y doğrultusundaki 12 farklı Süneklilik Düzeyi Yüksek Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçevelerinin FEMA P695 [23]'e göre ölçeklendirme faktörü ile büyütülmüş zemin yer hareketlerinin prototip yapılara etkilerle Opensees [22] programında yapılmış olan 528 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin ışığında, yapıların performanslarının yorumlanması ve karşılaştırılması yapılmıştır.

## 2.3. Tezin Organizasyonu

Çalışmanın 3. Bölümünde DBYBHY-2007 [4] ve TBDY-2019 [5] arasındaki tasarım esaslı farklılıkları, DBYBHY-2007 [4] ve TBDY-2019 [5]'a göre prototip merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin tasarımı, numerik modelleme ve modellemelerin guse plakasız ve guse plakalı olarak kalibrasyonu, statik itme analizleri ve ölçek çarpanının FEMA P695[23]'e göre hesabı, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. 4. Bölümünde kesit ağırlık karşılaştırmaları ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçlarının medyan değerleri raporlanmıştır. 5. Bölümde sonuçların yorumlanması ve gelecek çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Tasarım Esasları

DBYBHY-2007 ve TBDY-2019 arasında temel de tasarım esasları büyük ölçekte benzerdir. Fark olarak deprem yükü hesabı, eklenen yük kombinasyonları, düşey deprem etkisi, süneklilik koşullarının değişmesi ve narinlik sınırının değişmesi dışında tasarım esasları neredeyse aynıdır.

##### 3.1.1. Malzeme Özellikleri

Pototip binaların tasarımı için uygulamada sıklıkla kullanılan yapı çeliği sınıfları tercih edilmiştir. Her iki yönetmelik için de kullanılan malzemeler aynıdır. Seçilen yapı çeliği sınıfları Avrupa normlarından EN 10025 standardına göre verilmiştir. Çapraz elemanlarda elektrik direnç kaynağı ile üretilmiş kutu kesitli profiller kullanılmıştır. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYDE-2018 [24])'nın 5.4.2 bölümünde yer alan elektrik direnç kaynağı ile oluşturulan elemanlarda karakteristik et kalınlığının 0.93 katı alınacaktır maddesine uygun olarak hesaplar yapılmıştır. Kullanılan yapı malzeme özellikleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1.** Kullanılan Yapı Malzemeleri Özellikleri

Yapı Elemanı	Çelik Sınıfı	$t \leq 40\text{mm}$		$40\text{mm} \leq t \leq 80\text{mm}$	
		Çekme Dayanımı N/mm <sup>2</sup>	Akma Dayanımı N/mm <sup>2</sup>	Çekme Dayanımı N/mm <sup>2</sup>	Akma Dayanımı N/mm <sup>2</sup>
Kolon	S275	430	275	410	255
Kiriş	S275	430	275	410	255
Çapraz	S235	360	235	360	215

Elastisite Modülü	200000 MPa
-------------------	------------

##### 3.1.2. Yükleme Durumları

Çalışmada her iki yönetmelik için ÇYTHYDE-2018 [24] uygun bir şekilde yükleme kombinasyonları sonucu en elverişsiz yükleme ile kesit tayini yapılmıştır. Yük ve dayanım kat sayıları ile tasarım (YDKT) yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yük kısaltmaları şu şekildedir..G: Sabit yük, Q: Hareketli yük, E<sub>x</sub>: X doğrultusu deprem yükü, E<sub>y</sub>: Y doğrultusu deprem yükü, Ed:Düşey deprem etkisi, Qr: Çatı katı



hareketli yük, S: Kar yükü, Kullanılan yük kombinasyonları Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.2** Kesit Tayini İçin Kullanılan Yük Kombinasyonları

DBYBHY-2007	TBDY-2019	ÇYTHYDE-2018
G+Q 1.4G+1.6Q G+Q±E 0.9G±E	1.2G+Q+0.2S±E+0.3E <sub>d</sub> 0.9G±E-0.3E <sub>d</sub>	1.4G 1.2G+1.6(Q <sub>r</sub> veya S) 1.2G+1.6Q+0.5(Q <sub>r</sub> veya S) 1.2G+Q+1.6(Q <sub>r</sub> veya S) 1.2G+Q+0.2S±E 0.9G±E
<b>Not:</b> Yük kombinasyonların da E=±E <sub>x</sub> ±0.3E <sub>y</sub> ve E=±0.3E <sub>x</sub> ±E <sub>y</sub> ‘dir.		

Düşey deprem etkisi TBDY-2019 [5]’un 4.4.3.1 bölümünde yer alan tanımın dışında kalan binalarda düşey deprem etkisi E<sub>d</sub>, özel bir hesap yapılmaksızın, Denklem 3.1 ile yaklaşık olarak hesaplanmıştır.

$$E_d = (2/3) * S_{DS} * G \quad (3.1)$$

TBDY-2019’un 9.2.5.1 bölümünde yer alan YDKT uygulandığında Deprem Etkisini İçeren Yük Birleşimleri için hareketli yükün değerinin 5kN/m<sup>2</sup> ve altında olması durumunda hareketli yük %50 oranında azaltılabilir maddesi uygulanmıştır.

### 3.1.3. Elemanların Enkesit Koşulları ve Narinlik Oranları

Alt başlıklarda belirtilen değişen enkesit ve narinlik sınırları için kullanılabilinecek MÇÇ çapraz kesiti kontrolleri **Tablo Ek C.1** Çapraz Elemanların Enkesit (Kompaktlık) ve Narinlik Koşulları Kontrolleri’nde yer verilmiştir.

#### 3.1.3.1. DBYBHY-2007’ye Göre Narinlik Oran Sınırı

DBYBHY-2007’nin 4.6.1.2 bölümüne göre çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik oranı  $4.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$  sınır değerini aşmayacaktır.

#### 3.1.3.2. TBDY-2019’a Göre Narinlik Oran Sınırı

TBDY-2019’un 9.6.3.1 bölümüne göre çapraz elemanlar narinlik oranı  $KL/i \leq 200$  koşulunu sağlayacaktır

### **3.1.3.3. DBYBHY-2007'ye G6re Elemanların Enkesit Koşulları**

Enkesit koşulları Deprem B6lgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Y6netmelik 2007[4] de s6neklilik d6zeyi y6ksek ve normal olarak olarak incelenmiştir. Bizim alışma konumuz s6neklilik d6zeyi y6ksek merkezi elik aprazlı çerçeveler olduğundan s6neklilik d6zeyi y6ksek şartını sağlayan kesitler kullanılmıştır. DBYBHY-2007 S6neklilik d6zeyi sınırları Tablo 3.3'de verilmiştir.




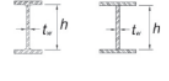
### **3.1.3.4. TBDY-2019'a G6re Elemanların Enkesit Koşulları**


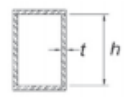

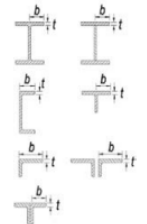


Enkesit koşulları T6rkiye Bina Deprem Y6netmeliği 2019[5] de s6neklilik d6zeyi y6ksek ve sınırlı olarak olarak incelenmiştir. Bizim alışma konumuz s6neklilik d6zeyi y6ksek merkezi elik aprazlı çerçeveler olduğundan s6neklilik d6zeyi y6ksek şartını sağlayan kesitler kullanılmıştır. TBDY-2019 [5] için s6neklilik d6zeyi sınırları Tablo 3.4'te verilmiştir.

**Tablo 3.3** DBYBHY-2007 – Enkesit Koşulları

Eleman Tanımı	Narinlik Oranları	Sınır Değerler	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Sistem	Süneklik Düzeyi Normal Sistem
Eğilme ve Eksenel basınç etkisindeki I Kesitlerinde/U Kesitlerinde	$\frac{b/2t}{b/t}$	$0.3\sqrt{E_S/\sigma_a}$	$0.5\sqrt{E_S/\sigma_a}$
Eğilme etkisindeki I Kesitleri/U Kesitleri	$h/t_w$	$3.2\sqrt{E_S/\sigma_a}$	$5.0\sqrt{E_S/\sigma_a}$
Basınç etkisindeki T Kesitleri/ L Kesitleri	$h/t_w$	$0.3\sqrt{E_S/\sigma_a}$	$0.5\sqrt{E_S/\sigma_a}$
Eğilme ve Eksenel basınç etkisindeki I Kesitlerinde U Kesitlerinde	$h/t_w$	$ N_d/\sigma_a  \leq 0.10$ için $3.2\sqrt{E_S/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left  \frac{N_d}{\sigma_a * A} \right  \right)$	$ N_d/\sigma_a  \leq 0.10$ için $5.0\sqrt{E_S/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left  \frac{N_d}{\sigma_a * A} \right  \right)$
		$ N_d/\sigma_a  > 0.10$ için $1.33\sqrt{E_S/\sigma_a} \left(2.1 - \left  \frac{N_d}{\sigma_a * A} \right  \right)$	$ N_d/\sigma_a  > 0.10$ için $2.08\sqrt{E_S/\sigma_a} \left(2.1 - \left  \frac{N_d}{\sigma_a * A} \right  \right)$
Eğilme veya Eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler(Borular)	$D/t$	$0.05E_S/\sigma_a$	$0.08E_S/\sigma_a$
Eğilme veya Eksenel Basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	$b/t$ veya $h/t_w$	$0.7\sqrt{E_S/\sigma_a}$	$1.2\sqrt{E_S/\sigma_a}$

**Tablo 3.4** TBDY-2019 – Enkesit Koşulları

	Eleman Tanımı	Narinlik Oranı	Sınır Değerler		Açıklama
			Süneklilik Düzeyi Yüksek Eleman $\lambda_{hd}$	Süneklilik Düzeyi Sınırlı Eleman $\lambda_{md}$	
Rijitleştirilmiş Elemanlar	Dikdörtgen kutu kesitler				
	Yapma dikdörtgen kutu kesitler ve I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilmiş kesitlerin başlıkları	$b/t$	$0.55 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.64 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilmiş kesitlerin yan levhaları ve çapraz eleman olarak kullanılacak yapma kutu kesitler	$h/t$			
	Çapraz eleman olarak kullanılacak I veya yapma I kesitlerin gövdeleri	$h/t_w$			$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Kiriş veya kolon olarak kullanılacak I veya yapma I kesitlerin gövdeleri	$h/t_w$ $h/t$	$C_a \leq 0.125$ ise $2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 0.93C_a)$	$C_a \leq 0.125$ ise $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 2.75C_a)$		

	Kiriş veya kolon olarak kullanılacak I profilinden kutu şeklinde teşkil edilen enkesitlerin yan levhaları		$C_a > 0.125$ ise $0.77 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (2.93 - C_a) \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$C_a > 0.125$ ise $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (2.33 - C_a) \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Kiriş veya kolon olarak kullanılacak yapma kutu enkesitlerin gövdeleri	$h/t$	$C_a = \frac{\Omega_c P_a}{F_y A}, \Omega_c = 1.67(GKT)$	$C_a = \frac{P_u}{\phi_c (F_y A)}, \phi_c = 0.90(YDKT)$	
	Boru enkesitli elemanlar	$D/t$	$0.038 \frac{E}{F_y}$	$0.044 \frac{E}{F_y}$	
Rijitleştirilmemiş Elemanlar	I veya yapma I kesitlerin başlıkları, U veya T kesitler, Korniyer (L) veya ayırık çift korniyerlerin kolları, sürekli birleşik çift korniyerlerin kolları	$b/t$	$0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Kompozit Elemanlar	Kutu enkesitli kompozit elemanların cidarları	$b/t$	$1.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Boru enkesitli kompozit elemanların cidarı	$D/t$	$0.076 \frac{E}{F_y}$	$0.15 \frac{E}{F_y}$	

## 3.2. Prototip Bina Tasarımları

### 3.2.1. Prototip Binaların Özellikleri

Çalışma da Enlemi 38.352924° ve Boylamı 27.128006° olan İzmir'in Gaziemir ilçesinde bir konut DBYBHY-2007 [4] 'ye ve TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanmıştır. Yapının inşa edilmesi planlanan yer 1. derece deprem bölgesidir. Tasarım Deprem Yer Hareketi(DD-2) kullanılmıştır. Tasarım için kullanılan parametreler şu şekildedir;

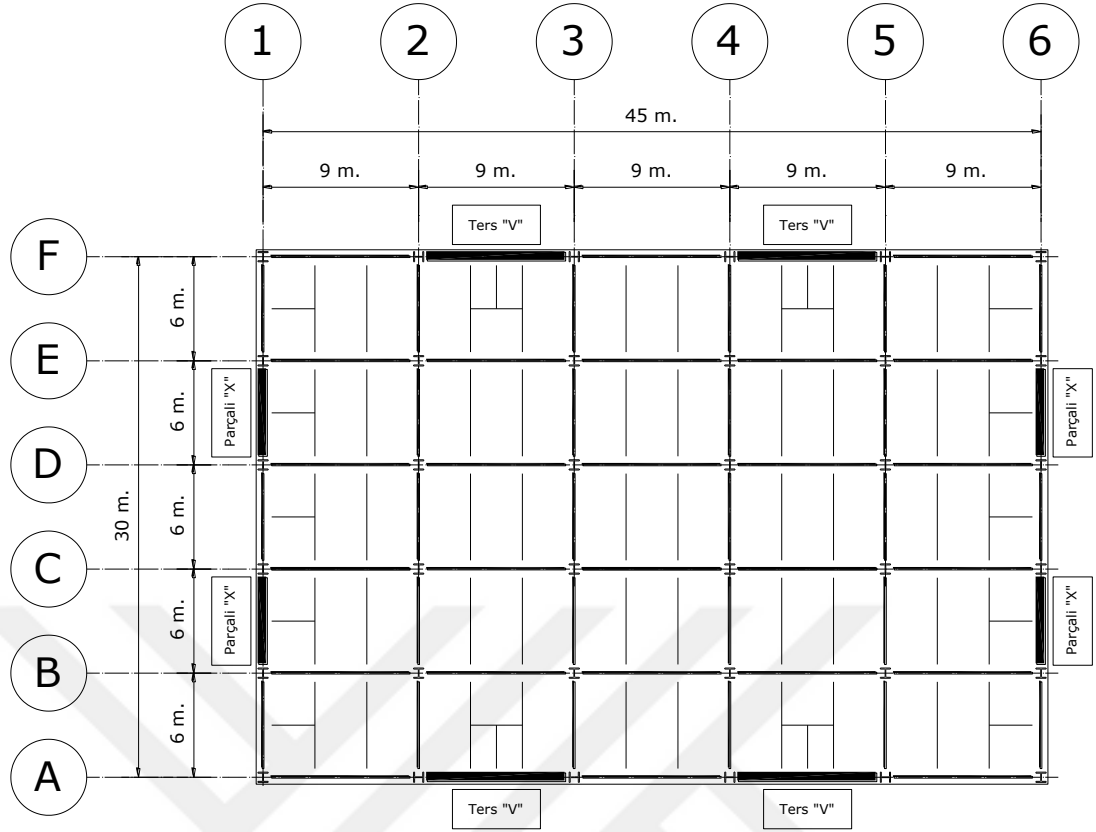
Zemin sınıfları DBYBHY-2007 [4] için Z3, TBDY-2019 [5] için ZD'dir. Bina önem katsayısı(I) her iki yönetmelik için 1 dir. Yapı davranış katsayısı(R) her iki yöndeki süneklilik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı çerçeveler için DBYBHY-2007 [4]'de 5, TBDY-2019 [5]'da 5'tir. Ayrıca TBDY-2019 [5] için Dayanım fazlalığı katsayısı(D) 2'dir.

Yapıya etki eden yayılı yükler kN/m<sup>2</sup> olarak Tablo 3.5'te verilmiştir.

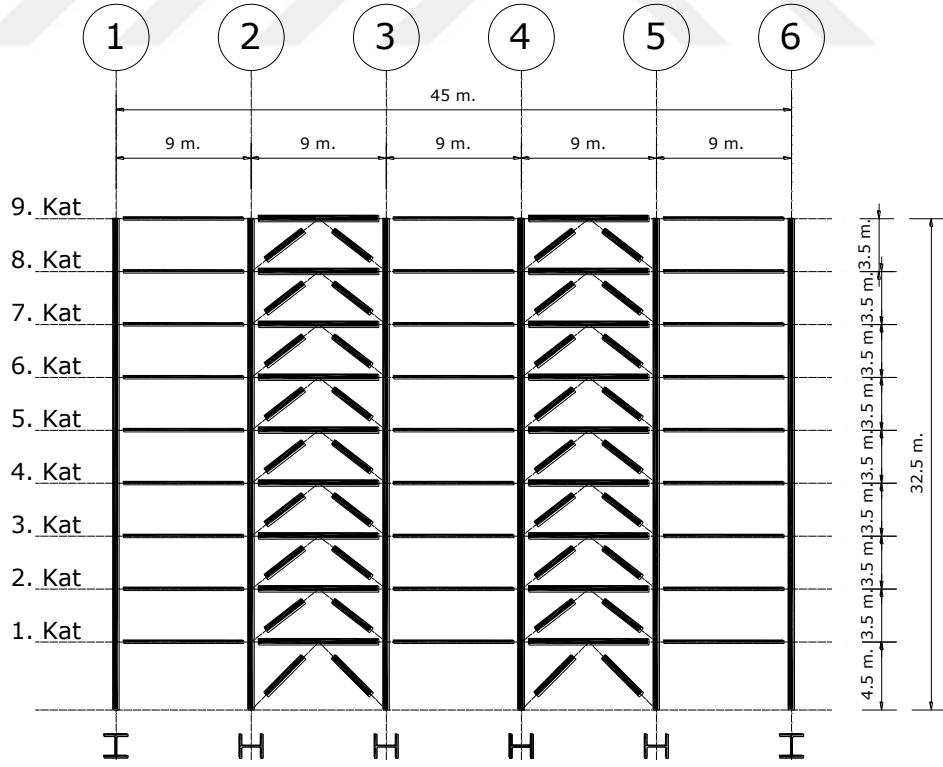
**Tablo 3.5** Yapıya Etki Eden Yükler

Yük tipi	Kat	Yayılı Yük
Ölü Yük (G)	Normal Kat	5 kN/m <sup>2</sup>
	Çatı Katı	5 kN/m <sup>2</sup>
Hareketli Yük (Q)	Normal Kat	2 kN/m <sup>2</sup>
	Çatı Katı	2 kN/m <sup>2</sup>
Kar Yüğü (S)	Çatı Katı	0.75 kN/m <sup>2</sup>

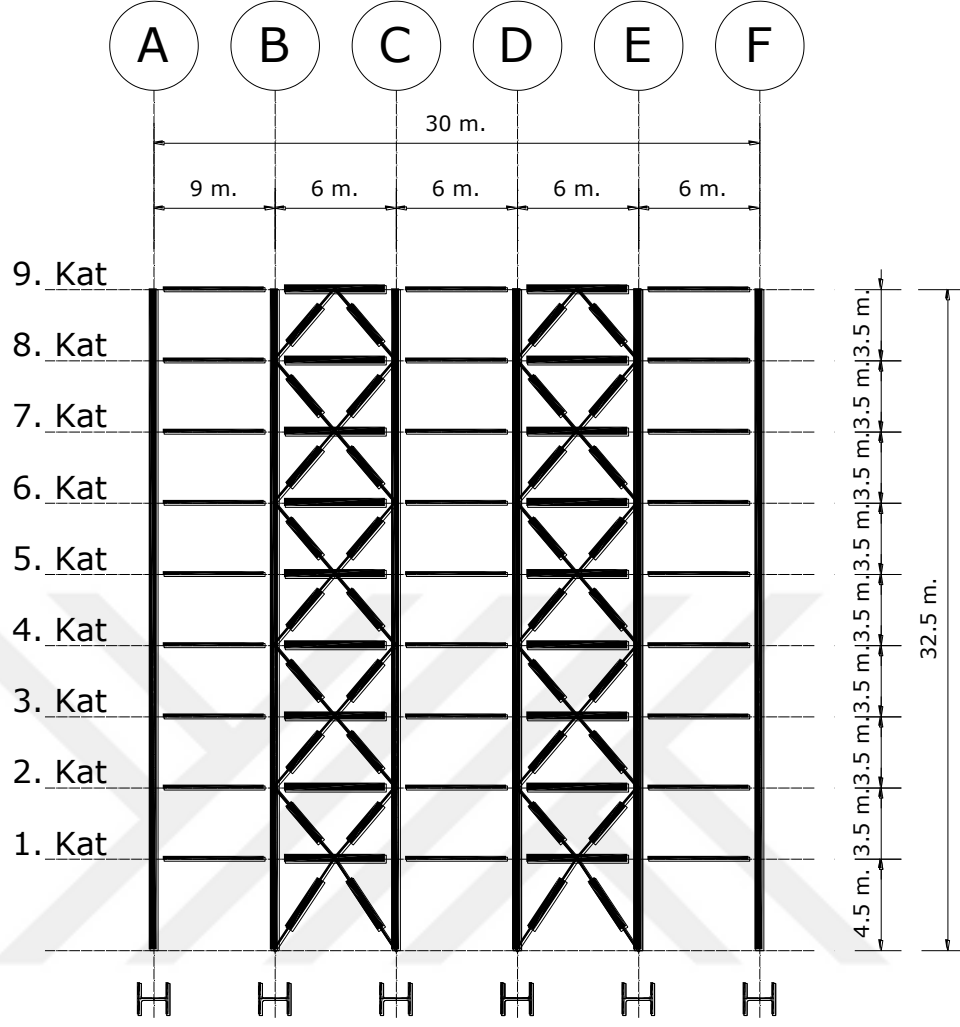
3 kat, 6 kat ve 9 katlı olmak üzere toplamda 12 farklı süneklilik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı çerçeve modellenmiştir. X doğrultusunda 9'ar metre açıklıklı Ters V merkezi çelik çaprazı kullanırken, y doğrultusunda 6'şar metre açıklıklı Parçalı X merkezi çelik çaprazı kullanılmıştır. Prototip yapıların 1. kat yüksekliği 4.5m normal katların yüksekliği 3.5m'dir. 9 Katlı Prototip yapı için plan görünüşü, X doğrultusu – A aksı kesit görünüşü ve Y doğrultusu – 1 Aksı kesit görünüşü sırası ile Şekil 3.1., Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.'deki gibidir.



Şekil 3.1. Prototip Yapılar Tipik Plan Görünüşü



Şekil 3.2. X Doğrultusu Kesit Görünüşü – Ters V Çaprazlar – A Aksı



Şekil 3.3. Y Doğrultusu Kesit Görünüşü – Parçalı X Çaprazlar – 1 Aksı

### 3.3. Yapıların Periyot Hesabı ve Deprem Yüğü Hesapları

Yapıların periyot hesabı ampirik olarak yaklaşık hesap edilebileceği gibi yapısal analiz programları aracılığı ile de hesaplanabilir. Deprem yükü hesabı için dinamik yöntem yani mod birleştirme yöntemi kullanılacaktır. Her iki yönetmelikte de dinamik yöntemle hesap edilen deprem yükü için Eşdeğer Deprem Yüğü(EDY) ile hesaplanan deprem yükü hesabına göre bir alt sınır belirtilmiştir. DBYBHY-2007 için Denklem 3.2, TBDY-2019 için Denklem 3.2’de yer alan altsınırlar şu şekildedir;

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (3.2)$$

$$B_{tE} = \frac{\gamma_E V_{tE}}{V_{tx}} \geq 1 \quad (3.3)$$

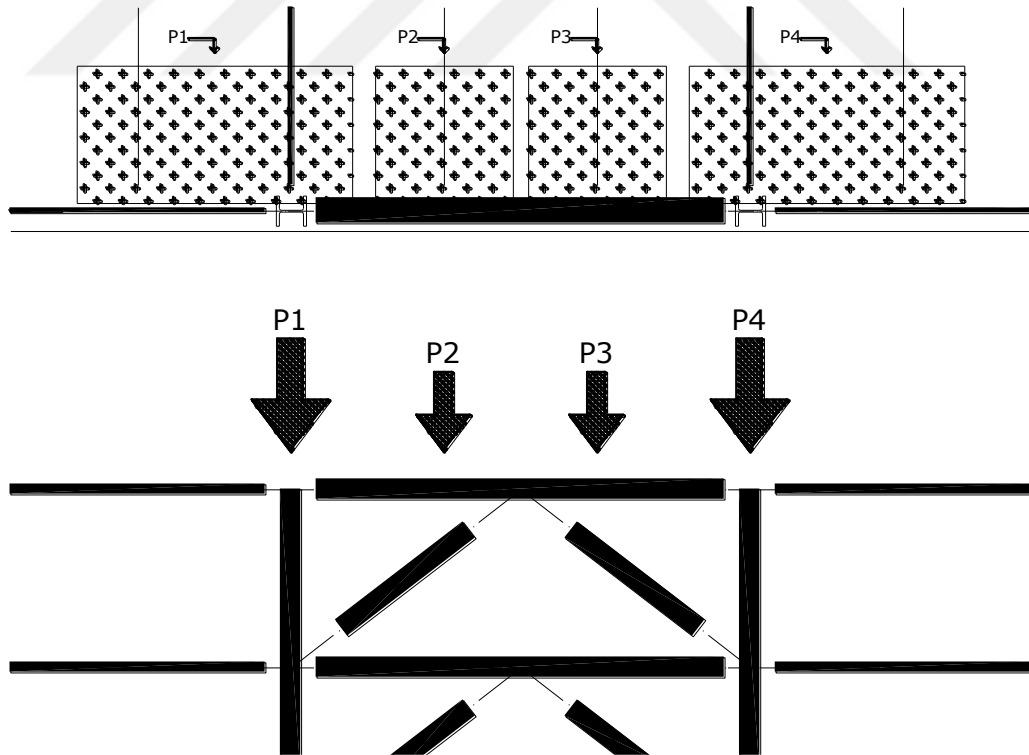


$\beta$  ve  $\gamma_E$  için A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda  $\beta$  ve  $\gamma_E$  0.90, DBYBHY-2007 Tablo 2.1 ve TBDY-2019 Tablo 3.6 tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin binada bulunmaması durumunda  $\beta$  ve  $\gamma_E$  0.80 alınmıştır.

$B_D$  ve  $B_{tE}$ 'nin altsınır kontrolleri Bölüm 3.3.4'te yapılmıştır.

### 3.3.1. Yapı Doğal Titreşim Periyotları

Çalışma da yapısal analiz programı tarafından hesaplanmış yapı periyotları kullanılmıştır. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı yapılar tasarlandığı için çalışma kapsamında yapısal analiz programında yapının yalnızca 2 boyutlu çerçevesinin modellenmesi ve bu kesitlerin boyutlandırması yapılmıştır. Modelde kolon-kiriş birleşim ve çaprazların birleşim noktaları mafsallı olarak modellenmiştir. Yükler tekil yük olarak kiriş ve tali kiriş bağlantı noktalarından etkilmiştir. 2 Boyutlu çerçeve modeline etkiyen yüklerin etki alanları Şekil 3.4'te A ve 2-3 aksı aralığı için örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.4. A ve 2-3 Aksı için Yük Etki Alanları

Şekil 3.4'teki P1 ve P4 noktalarına etkiyen tekil Ölü Yük(G) için örnek hesap Denklem 3.4'te verilmiştir.

$$P1, P4 = 5kN/m^2((4.5m + 1.5m) * 3m) = 90kN \quad (3.4)$$

Modellemede tali kiriş noktalarına etkiyen bütün yükler Tablo 3.6'da yer almaktadır. Ayrıca Kar Yükü(S) yalnızca Çatı kata etki edilmiştir.

**Tablo 3.6a** Yapıya Etki Eden Tekil Yükler – X Doğrultusu

Yük tipi	P1,P4	P2,P3
Ölü Yük (G)	90 kN	45 kN
Hareketli Yük (Q)	36 kN	18 kN
Kar Yükü (S)	13.5 kN	6.75 kN

**Tablo 3.6b** Yapıya Etki Eden Tekil Yükler – Y Doğrultusu

Yük tipi	P1,P3	P2
Ölü Yük (G)	123.75 kN	22.5 kN
Hareketli Yük (Q)	49.5 kN	9 kN
Kar Yükü (S)	18.5625 kN	3.375 kN

Yukarıda ki bilgilere göre modellenmiş yapıların program tarafından hesaplanan hâkim yapı doğal titreşim periyotları ve TBDY-2019 Bölüm 4.7.3.2'ye uyarınca hesaplanan periyot üst sınırları saniye(s) cinsinden Tablo 3.7'da yer almaktadır.

**Tablo 3.7.** Yapı Doğal Titreşim Periyotları

Kat Sayısı	DBYBHY-2007		TBDY-2019		
	X Doğr.	Y Doğr.	X Doğr.	Y Doğr.	Üst Sınır
3 Kat	0.55244	0.60916	0.49554	0.59877	0.6994
6 Kat	1.05866	1.36635	1.00751	1.33090	1.1377
9 Kat	1.65348	1.99965	1.57111	2.08277	1.5245

### 3.3.2. Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

Statik bir Deprem yükü hesaplama yöntemi olan Eşdeğer Deprem Yükü(EDY) yöntemi uygulanabilmesi için her iki yönetmelikte kurallar belirtilmiştir. Kurallar Bölüm 3.3.2.1 ve 3.3.2.2'de yer almaktadır. TBDY-2019 Bölüm 4.7.3.2 uyarınca

kullanılacak yapı periyotlarına bir üst sınır verilmiştir. Üst sınırı aşan her değer için üst sınır değeri ile hesap yapılmıştır.

### 3.3.2.1 DBYBHY-2007 için Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

DBYBHY-2007'ye göre Eşdeğer Deprem Yüğü(EDY) hesabının uygulanabilmesi için binalarda yükseklik sınırları Tablo 3.8'de verilmiştir.

**Tablo 3.8** DBYBHY-2007 için EDY için Yükseklik Sınırları

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

Prototip yapılarımızın her bir katta burulma düzensizliği katsayısının  $\eta_{bi} \leq 2.0$  koşulunu sağladığı, tamamında yatay ve düşey doğrultuda düzensizlik olmaması ve en yüksek prototip yapının yüksekliği  $H_N = 32.5$  m olduğundan bütün yapılara EDY ile deprem yüğü hesabı yapılabilir. DBYHY-2007'ye göre Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü( $V_t$ )'nün formülü Denklem 3.5'te verilmiştir.

$$V_t = \frac{WA(T)g}{R_a(T)} \geq 0.10A_0IW \quad (3.5)$$

Denklem 3.5'teki Etkin Yer İvme Katsayısı( $A_0$ ) 1. Derece Deprem Bölgesi için 0.4 olarak DBYBHY-2007 Tablo 2.2 den alınmıştır. Bina Önem Katsayısı konut için DBYBHY-2007 Tablo 2.3 ten 1 olarak alınmıştır. Bina toplam ağırlığı( $W$ ) Denklem 3.6'da ve Spektral İvme Katsayısı( $A(T)$ )'nin hesaplanması Denklem 3.7'de verilmiştir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.6)$$

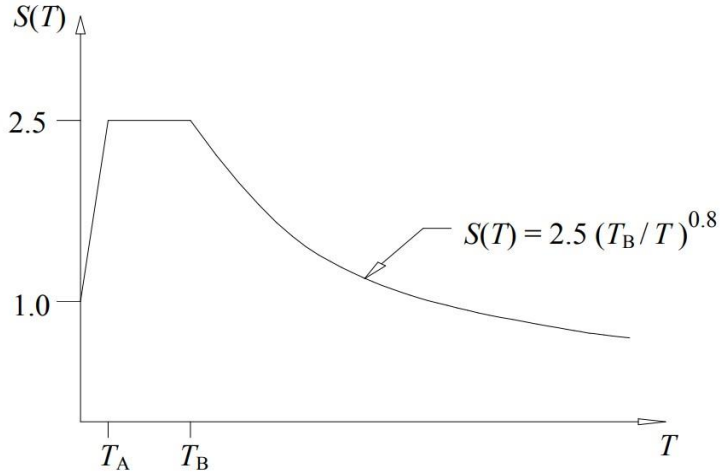
$$w_i = g_i + nq_i$$

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.7)$$

Denklem 3.7'deki Spektrum Katsayısı( $S(T)$ )nın yerel zemin koşulu ve bina doğal periyoduna göre hesaplanması Denklem 3.8'deki gibi hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned}
 S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\
 S(T) &= 2.5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B < T)
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

Denklem 3.8'de Spektrum karakteristik periyotları,  $T_A$  ve  $T_B$  DBYBHY-2007 Tablo 2.4'ten Z3 yerel zemin sınıfı için  $T_A=0.15$  saniye ve  $T_B=0.60$  saniye olarak alınmıştır. DBYBHY-2007'ye göre elastik tasarım ivme spektrum grafiği Şekil 3.5'te yer verilmiştir.



**Şekil 3.5.** DBYBHY-2007 Elastik Tasarım İvme Spektrum Grafiği

Denklem 3.4'teki Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı( $R_a$ ) DBYBHY-2007 Tablo 2.5'te tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı( $R$ ) ve doğal titreşim periyodu( $T$ )'na bağlı olarak Denklem 3.9 ile hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned}
 R_a(T) &= 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 R_a(T) &= R & (T_A < T)
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

**3 katlı X doğrultusu DBYBHY-2007 için örnek Eşdeğer Deprem Yüğü hesabı;**

Doğal titreşim periyodu( $T$ ) = 0,55244 s

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı( $R$ ) = 5

Hareketli yük katılım katsayısı( $n$ ) konut için 0.30 alınmıştır.

$$W = \sum_{i=1}^3 w_i = (45 \times 30) \left( (5 + 0.3 \times 2) \times 2 + (5 + 0.3 \times 2 + 0.75) \right) / 9.81 \quad (3.6)$$

$$W = 2342.89 \text{ ton}$$

$$(T_A < T) \text{ olduğundan } R_a(T) = R = 5 \quad (3.9)$$

$$(T_A < T \leq T_B) \text{ olduğundan } S(T) = 2.5 \quad (3.8)$$

$$A(T) = A_0 I S(T) = 0.4 \times 1 \times 2.5 = 1 \quad (3.7)$$

$$V_t = \frac{WA(T)g}{R_a(T)} \geq 0.10 A_0 I W$$

$$V_t = \frac{2342.89 \times 1 \times 9.81}{5} \geq 0.10 \times 0.4 \times 1 \times 22983.75 \quad (3.5)$$

$$V_t = 4596.75 \text{ kN} \geq 919.35 \text{ kN} \rightarrow V_t = 4596.75 \text{ kN}$$

Diğer prototip yapıların DBHYBHY-2007'ye göre Toplam Eşdeğer Deprem Yük ( $V_t$ )'leri kilonewton(kN) cinsinden Tablo 3.8'de yer almaktadır

**Tablo 3.9** DBYBHY-2007 için Toplam Eşdeğer Deprem Yük Tablosu

Kat Sayısı	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
3 Kat	4596	4541
6 Kat	5799	4728
9 Kat	6075	5218

### 3.3.2.2 TBDY-2019 için Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

TBDY-2019 [5]'a göre Eşdeğer Deprem Yükü(EDY) uygulanabilmesi için binalarda yükseklik sınırları Tablo 3.9'da verilmiştir.

**Tablo 3.10** TBDY-2019 için EDY için Yükseklik Sınırları

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

Enlemi  $38.352924^\circ$  ve Boylamı  $27.128006^\circ$  olan İzmir'in Gaziemir ilçesinde bir konut tasarlanacağı için [tdth.afad.gov.tr](http://tdth.afad.gov.tr) sitesine girilerek koordinatlar, yerel zemin

sınıfı(ZD) ve Standart Deprem Yer Hareketi(DD-2) seçilerek Tablo 3.10'daki Spektral İvme Katsayıları elde edilmiştir. EK A.1 tdth.afad.gov.tr sitesinden alınan rapor verilmiştir.

**Tablo 3.11** Spektral İvme Katsayıları

$S_S$	1.103
$S_1$	0.268
$S_{DS}$	1.168
$S_{D1}$	0.553
$T_A$	0.095 s
$T_B$	0.474 s
$T_L$	6 s

Prototip binalarımızın kullanım amacı konut olması nedeni ile Bina Kullanım Sınıfı(*BKS*) TBDY Tablo 3.1'e göre 3 olarak elde edilir. *BKS*=3 için Bina Önem Katsayısı(*I*)=1'dir. Yapımızın yapılacağı bölgenin Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (*S<sub>DS</sub>*) değeri 1.168 olduğundan TBDY Tablo 3.2'ye göre Deprem Tasarım Sınıfı(*DTS*) =1 elde edilir. Prototip binalarımızın 3,6 ve 9 kat için sırası ile bina yükseklikleri(*H<sub>N</sub>*) 11.5m, 22m ve 32.5m olması nedeni ile TBDY Tablo 3.3'e göre Bina Yükseklik Sınıfları (*BYS*) sırası ile *BYS*=6, *BYS*=5 ve *BYS*=4 olarak elde edilmiştir. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar TBDY Tablo 4.1'e göre *BYS*≥4 koşulunu sağlaması nedeni ile Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı yöntemi kullanılabilir. DD-2 için *DTS*=1 ve yeni yapılacak Çelik Binalarda TBDY Tablo 3.4'e göre normal performans hedefi Kontrollü Hasar(*KH*) ve tasarım yaklaşımının ise Dayanıma Göre Tasarım(*DGT*) olması gerektiği elde edilmiştir.

TBDY-2019 [5]'a göre Eşdeğer Deprem Yüğü(*V<sub>tE</sub>*) hesabı Denklem 3.10'da yer verilmiştir.

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T_p) g \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (3.10)$$

Denk. 3.9'daki binanın toplam kütlesi(*m<sub>t</sub>*)'nin hesaplanması Denk. 3.11'de ve Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi(*S<sub>aR</sub>*) Denk. 3.12'de yer verilmiştir.

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.11)$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.12)$$

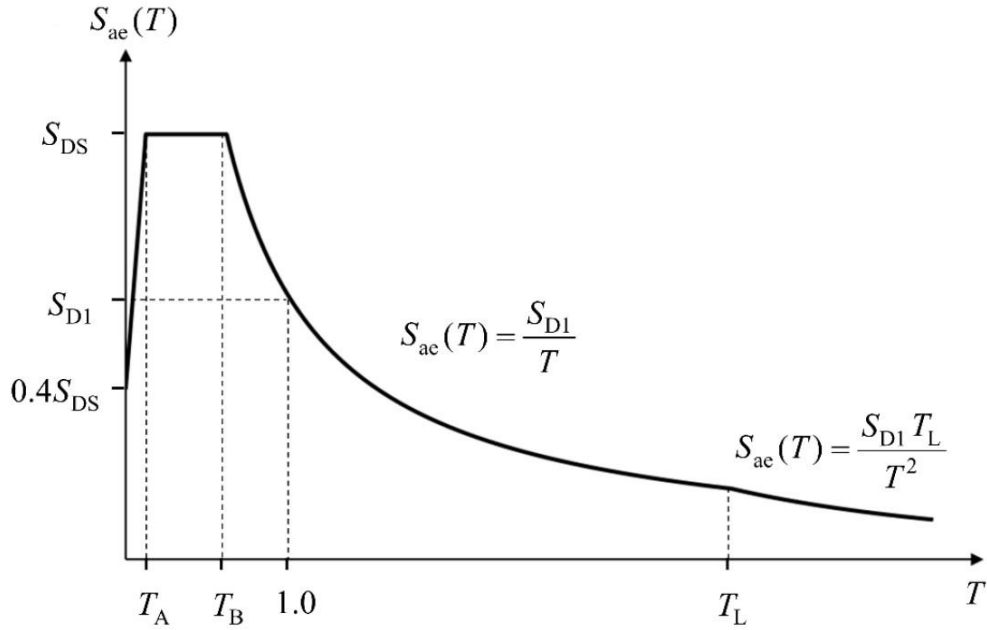
Denk. 3.12'deki Yatay Elastik Tasarım İvmesi( $S_{ae}$ ) Denk. 3.13'deki şekilde hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

Denk. 3.12'deki Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı( $R_a$ ) Denk. 3.14'deki şekilde hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned}
 R_a(T) &= \frac{R}{I} & (T > T_B) \\
 R_a(T) &= D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_A} & (T \leq T_B)
 \end{aligned} \tag{3.14}$$

TBDY-2019 [5]'a göre elastik tasarım ivme spektrum grafiği Şekil 3.6'da yer verilmiştir.



Şekil 3.6. TBDY-2019 Elastik Tasarım İvme Spektrum Grafiği

### 3 katlı X doğrultusu TBDY-2019 için örnek Eşdeğer Deprem Yüğü hesabı;

Doğal titreşim periyodu(T) = 0,48713 s

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı( $R$ ) = 5

Dayanım Fazlalığı Katsayısı( $D$ ) = 2

Hareketli yük katılım katsayısı( $n$ ) konut için 0.30 alınmıştır.

$$(T > T_B) \text{ olduğundan } R_a(T) = \frac{R}{I} = \frac{5}{1} = 8 \quad (3.13)$$

$$m_t = \sum_{i=1}^3 m_i = (45 \times 30) \left( (5 + 0.3 \times 2) \times 2 + ((5 + 0.3 \times 2 + 0.75)) \right) \quad (3.10)$$

$$m_t = 2342.89 \text{ ton}$$

$$(T_B \leq T \leq T_L) \text{ olduğundan } S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.553}{0.496} = 1.116 \quad (3.12)$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} = \frac{1.116}{5} = 0.223 \quad (3.11)$$

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T_p) g \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE} = 2342.89 \times 0.223 \times 9.81 \geq 0.04 \times 2342.89 \times 1 \times 1.168 \times 9.81 \quad (3.9)$$

$$V_{tE} = 5130 \text{ kN} \geq 1074 \text{ kN}$$

$$V_{tE} = 5130 \text{ kN}$$

Diğer prototip yapıların TBDY-2019 [5]'a göre Toplam Eşdeğer Deprem Yük ( $V_{tE}$ )'leri kiloNewton(kN) cinsinden Tablo 3.11'de yer almaktadır

**Tablo 3.12** TBDY-2019 için Toplam Eşdeğer Deprem Yük Tablosu

Kat Sayısı	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
3 Kat	5130	4245
6 Kat	5013	4439
9 Kat	4958	4958

### 3.3.3. Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

Her iki yönetmelik için X doğrultusunda A aksı ve 2-3 aksı arasındaki Ters V MÇÇ'li, Y yönünde 1 aksı ve B-C aksı arasında ki Parçalı X MÇÇ modelleri oluşturulmuştur. MBY ile deprem yükü hesabı için yapısal analiz programında "Tepki Spektrumları" tanımlanarak analiz sonucu taban kesme kuvvetlerine bakılıp Denk. 3.3 ve Denk. 3.4'ile izin verilen sınırlar içerisinde olup olmadığının kontrolleri bölüm 3.3.4'te yapılmıştır. X doğrultusunda ve Y doğrultusunda 4'er adet MÇÇ olması nedeni ile modelleme de toplam kütleler 4'te 1 oranında girilerek bir MÇÇ'ye etkiyen



taban kesme kuvvetine bakılmıştır. Karşılaştırmalarda toplam kesme kuvvetine bakılmıştır.

### 3.3.4. EDYH ve MBY Altsınır Kontrolü

#### 3.3.4.1. DBYBHY-2007 Altsınır Kontrolü

3, 6 ve 9 Katlı prototip yapılarımızda DBYBHY-2007 Tablo 2.1’de tanımlanan düzensizliklerin hiçbirinin bulunmaması nedeni ile  $\beta = 0.80$  alınmıştır. Altsınır karşılaştırmaları X doğrultusu Ters V MÇÇ’leri için Tablo 3.12’de, Y doğrultusu Parçalı X MÇÇ’leri için Tablo 3.13’de verilmiştir.

**Tablo 3.13** DBYBHY-2007 Altsınır Kontrolü – X Doğrultusu

Kat Adedi	$V_{tB}$	$\beta V_t$	$B_D$
3 Kat	4102.9	3676.8	1.000
6 Kat	4911.7	4639.2	1.000
9 Kat	5237.6	4860.0	1.000

**Tablo 3.14** DBYBHY-2007 Altsınır Kontrolü – Y Doğrultusu

Kat Adedi	$V_{tB}$	$\beta V_t$	$B_D$
3 Kat	3923.0	3633.1	1.000
6 Kat	4024.7	3782.4	1.000
9 Kat	4772.7	4174.2	1.000

#### 3.3.4.2. TBDY-2019 Altsınır Kontrolü

3, 6 ve 9 Katlı prototip yapılarımızda TBDY-2019 Tablo 3.6’da tanımlanan düzensizliklerin hiçbirinin bulunmaması nedeni ile  $\gamma_E = 0.80$  alınmıştır. Altsınır karşılaştırmaları X doğrultusu Ters V MÇÇ’leri için Tablo 3.14’de, Y doğrultusu Parçalı X MÇÇ’leri için Tablo 3.15’de verilmiştir.

**Tablo 3.15** TBDY-2019 Altsınır Kontrolü – X Doğrultusu

Kat Adedi	$V_{tx}$	$\gamma_E V_{tE}$	$\beta_{tE}$
3 Kat	4533.9	4104.0	1.0000
6 Kat	4327.7	4010.4	1.0000
9 Kat	4451.9	3966.4	1.0000

**Tablo 3.16** TBDY-2019 Altsınır Kontrolü – Y Doğrultusu

Kat Adedi	$V_{tx}$	$\gamma_E V_{tE}$	$\beta_{tE}$
3 Kat	3696.0	3396.3	1.0000
6 Kat	3549.6	3551.3	1.0005
9 Kat	3685.0	3966.4	1.0764

### 3.4. Boyutlandırma Hesapları

Boyutlandırmada her iki yönetmelik için YDKT yöntemi kullanılmıştır. DBYBHY-2007 için ÇYTHYDE-2018 [24] yükleme kombinasyonlarına göre en elverişsiz yükleme dikkate alınmıştır. TBDY-2019 [5] için yük kombinasyonlarında fark olarak ÇYTHYDE-2018 [24]'daki deprem etkisi içeren yük birleşimleri yerine TBDY-2019 Bölüm 9.2.5.1 uygulanmış ve Düşey deprem etkisi Denk. 3.1 kullanılarak hesap edilmiş deprem etkisi içeren yük kombinasyonları ile değiştirilmiştir. Değiştirilmiş yük kombinasyonları;

$$1.4336G + 0.5Q + 0.2S \pm E$$
$$0.6664 G \pm E$$

Birinci merteye analizleri sonucu çıkan iç kuvvetler( $P$  ve  $M$ ) ÇYTHYDE-2018 Bölüm 6 Stabilitate Tasarımı'nda yer alan Yaklaşık İkinci Merteye Analizi ile  $P$ - $\delta$  ve  $P$ - $\Delta$  etkileri için sırasıyla  $B_1$  ve  $B_2$  katsayıları ile artırılmıştır. Eleman tasarımında ikinci merteye etkilerini içeren gerekli eğilme momenti dayanımı( $M_r$ ) ve gerekli aksenal kuvvet( $P_r$ ) sırasıyla Denk. 3.15 ve Denk 3.16 ile hesaplanmıştır.

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (3.15)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (3.16)$$

$P$ - $\delta$  etkileri için  $B_1$  artırma katsayısı Denk. 3.17 ile hesaplanmıştır.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{el}}} \geq 1 \quad (3.17)$$

Denk. 3.18'deki Eşdeğer moment yayılışa döndürme katsayısı( $C_m$ ) Denk. 3.18 ile eğilme düzlemindeki elastik burkulma yükü( $P_{el}$ ) Denk. 3.19 ile hesaplanmıştır.

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2) \quad (3.18)$$

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.19)$$

$P$ - $\Delta$  etkileri için  $B_2$  artırma katsayısı Denk. 3.20 ile hesaplanmıştır.

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{kat}}{P_{e,kat}}} \geq 1 \quad (3.20)$$

Denk. 3.20'deki kata ait elastik burkulma yükü Denk. 3.21 ile hesaplanmıştır.

$$P_{e,kat} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.21)$$

Denk. 3.21'de  $R_M$  çaprazlı çerçeve kullanılması nedeniyle 1 alınmıştır.

Çekme altındaki elemanların tasarım dayanımı( $P_t$ ) hesaplanması Denk. 3.22’te yer almaktadır.

$$T_t = \phi_t T_n \quad (3.22)$$

Denk. 3.22’teki akma sınır durumu için karakteristik çekme kuvveti dayanımı( $T_n$ ) Denk. 3.23 ile hesaplanacaktır.

$$T_n = F_y A_g \quad (3.23)$$

Basınç altındaki elemanların tasarım dayanımı( $P_c$ ) hesaplanması Denk. 3.24’te yer almaktadır.

$$P_c = \phi_c P_n \quad (3.24)$$

Denk. 3.24’teki karakteristik eksenel basınç dayanımı( $P_n$ ) Denk. 3.25 ile hesaplanacaktır.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (3.25)$$

Denk. 3.25’deki kritik burkulma gerilmesi ( $F_{cr}$ ) narinlik oranının( $L_c / i$ ) durumuna göre hesabı Denk. 3.26’de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (veya } \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25) \text{ için } F_{cr} &= \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \\ \frac{L_c}{i} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (veya } \frac{F_y}{F_e} > 2.25) \text{ için } F_{cr} &= 0.877 F_e \end{aligned} \quad (3.26)$$

Denk. 3.26’deki elastik burkulma gerilmesi( $F_e$ ) en kesit özelliklerinden bağımsız olarak tüm basınç elemanlarında dikkate alınmıştır. Elastik burkulma gerilmesi( $F_e$ ) hesabı Denk. 3.27’de verilmiştir.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} \quad (3.27)$$

Eğilme etkisi altındaki elemanların tasarım eğilme momenti dayanımı( $M_d$ ) hesaplanması Denk. 3.28’te yer almaktadır.

$$M_d = \phi_b M_n \quad (3.28)$$

Denk. 3.28’deki akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti dayanımı( $M_n$ ) Denk. 3.29 ile hesaplanmıştır. Detaylı bilgi ÇYTHYDE-2018 Bölüm 9.2.2’ de yer almaktadır.

$$\begin{aligned} L_b \leq L_p \text{ için } M_n &= F_y W_{px} \\ L_p < L_b \leq L_r \text{ için } M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y W_{ex}) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \end{aligned} \quad (3.29)$$

$$L_r < L_b \text{ için } M_n = F_{cr} W_{ex}$$

Denk. 3.29'daki akma sınır durumu için yanal olarak desteklenmeyen sınır uzunluk( $L_p$ ) ve elastik olmayan yanal burulmalı burkulma sınır durumu için sınır uzunluk( $L_r$ ) hesaplamaları sırası ile Denk. 3.30 ve Denk. 3.31'de yer almaktadır.

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.30)$$

$$L_r = 1.95 i_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{W_{ex} h_o} \sqrt{\left(\frac{jc}{W_{ex} h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (3.31)$$

Kesme kuvveti etkisindeki elemanın tasarım kesme kuvveti dayanımı( $V_d$ ) hesaplanması Denk. 3.32'de verilmiştir.

$$V_d = \phi_v V_n \quad (3.32)$$

Denk. 3.32'deki I enkesitli elemanlar için çekme alanı katkısı dikkate alınmaması durumunda karakteristik kesme kuvveti dayanımı( $V_n$ ) Denk. 3.33 ile hesaplanmıştır.

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1} \quad (3.33)$$

ÇYTHYDE-2018 Bölüm 10.2.1(a) bendi gereğince kesme kuvveti etkisi için dayanım katsayısı ( $\phi_v$ ) hesaplanması Denk. 3.34'te yer almaktadır.

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ olması durumunda } \phi_v = 1.0, C_{v1} = 1.0 \quad (3.34)$$

Kesitlerin eğilme momenti ve aksinel basınç etkisindeki bileşik etkiler altında dayanımının hesaplanması Denk. 3.35'te yer almaktadır.

$$\begin{aligned} \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ için } \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) &\leq 1.0 \\ \frac{P_r}{P_c} < 0.2 \text{ için } \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) &\leq 1.0 \end{aligned} \quad (3.35)$$

### 3.4.1. MÇÇ Çapraz Elemanlarının Boyutlandırılması

3 katlı prototip yapılarımızın X doğrultusu A aksındaki ve 2-3 Aksı arasında kalan 1. Kat çaprazlarının her iki yönetmelik için örnek boyutlandırmaları Bölüm 3.4.1.1. ve Bölüm 3.4.1.2'de yer almaktadır. Prototip yapılarda ki boyutlandırılmış çapraz kesitlerin kapasite oranları Bölüm 3.4.1.3'te yer almaktadır.

### 3.4.1.1. DBYBHY-2007 için Örnek MÇÇ Çapraz Boyutlandırması

İkinci merteye etkilerini de içeren en elverişsiz yükleme altındaki kesite etkiyen çekme ve basınç kuvveti sırası ile  $T_u=688.237 \text{ kN}$  ve  $P_u=824.701 \text{ kN}$

Seçilen çapraz kesiti HSS 175x10 kutu kesit için enkesit karakteristikleri;  
 $h = 175 \text{ mm}$ ,  $b = 175 \text{ mm}$ ,  $t = 9.3 \text{ mm}$ ,  $A = 6164 \text{ mm}^2$ ,  $i_x = 67.75 \text{ mm}$ ,  $i_y = 67.75 \text{ mm}$   
Çekme kapasitesi;

$$T_n = F_y A_g = \frac{235 \times 6164}{1000} = 1448.54 \text{ kN} \quad (3.23)$$

Çekme kapasite oranı;

$$\frac{T_u}{T_n} = \frac{T_u}{\phi_t T_n} = \frac{688.237}{0.9 \times 1448.54} = 0.528$$

Basınç kapasitesi;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{6363.96}{67.75}\right)^2} = 223.735 \text{ MPa} \quad (3.27)$$

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow 93.929 \leq 137.405 \text{ olduğundan } F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y \quad (3.26)$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\left(\frac{235}{223.735}\right)}\right] 235 = 151.406 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g = \frac{151.406 \times 6164}{1000} = 933.3 \text{ kN} \quad (3.25)$$

Basınç kapasite oranı;

$$\frac{P_u}{P_c} = \frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{824.701}{0.9 \times 933.3} = 0.982$$

Kapasite oranı;

$$\left(\frac{P_u}{P_c}, \frac{T_u}{T_n}\right)_{maks} = 0.982 \leq 1$$

### 3.4.1.2. TBDY-2019 için Örnek MÇÇ Çapraz Boyutlandırması

İkinci merteye etkilerini de içeren en elverişsiz yükleme altındaki kesite etkiyen çekme ve basınç kuvveti sırası ile  $T_u=774.975 \text{ kN}$  ve  $P_u=914.717 \text{ kN}$

Seçilen çapraz kesiti HSS 175x12 kutu kesit için enkesit karakteristikleri;  
 $h = 175 \text{ mm}$ ,  $b = 175 \text{ mm}$ ,  $t = 11.16 \text{ mm}$ ,  $A = 7314 \text{ mm}^2$ ,  $i_x = 67.04 \text{ mm}$ ,  $i_y = 67.04 \text{ mm}$

Çekme kapasitesi;

$$T_n = F_y A_g = \frac{235 \times 7314}{1000} = 1718.79 \text{ kN} \quad (3.23)$$

Çekme kapasite oranı;

$$\frac{T_u}{T_n} = \frac{T_u}{\phi_t T_n} = \frac{774.975}{0.9 \times 1718.79} = 0.501$$

Basınç kapasitesi;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{6363.96}{67.04}\right)^2} = 219.049 \text{ MPa} \quad (3.27)$$

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow 94.927 \leq 137.405 \text{ olduğundan } F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y \quad (3.26)$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{235}{219.049}}\right] 235 = 149.988 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g = \frac{149.988 \times 7314}{1000} = 1097 \text{ kN} \quad (3.25)$$

Basınç Kapasite Oranı;

$$\frac{P_u}{P_c} = \frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{914.717}{0.9 \times 1097} = 0.926$$

Kapasite oranı;

$$\text{Maksimum} \left( \frac{P_u}{\phi_c P_n}, \frac{T_u}{\phi_t T_n} \right) = 0.926 \leq 1$$

### 3.4.1.3. Boyutlandırılmış Çaprazlar

Bölüm 3.4.1.1. ve Bölüm 3.4.1.2'e göre boyutlandırılmış kesitler ve kapasite oranları 3 kat, 6 kat ve 9 kat için sırasıyla Tablo 3.16, Tablo 3.17 ve Tablo 3.18'de verilmiştir.

**Tablo 3.17a** 3 Katlı Prototip Yapı X Ters V Çapraz Doğrultusu Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
3. Kat	HSS 140x7	0.982	HSS 140x8	0.919
2. Kat	HSS 160x8	0.983	HSS 150x10	0.985
1. Kat	HSS 175x10	0.994	HSS 175x12	0.926

**Tablo 3.17b** 3 Katlı Prototip Yapı Y Doğrultusu Parçalı X Çapraz Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
3. Kat	HSS 140x7	0.887	HSS 127x8	0.911
2. Kat	HSS 160x8	0.936	HSS 150x9	0.887
1. Kat	HSS 200x10	0.866	HSS 175x12	0.868

**Tablo 3.18a** 6 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Ters V Çapraz Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
6. Kat	HSS 127x8	0.939	HSS 127x8	0.912
5. Kat	HSS 140x9	0.978	HSS 140x9	0.918
4. Kat	HSS 150x10	0.968	HSS 150x9	0.950
3. Kat	HSS 160x10	0.985	HSS 160x10	0.888
2. Kat	HSS 180x9	0.959	HSS 160x10	0.961
1. Kat	HSS 200x10	0.928	HSS 175x12	0.929

**Tablo 3.18b** 6 Katlı Prototip Yapı Y Doğrultusu Parçalı X Çapraz Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
6. Kat	HSS 127x6	0.838	HSS 120x8	0.671
5. Kat	HSS 140x8	0.906	HSS 127x8	0.917
4. Kat	HSS 150x8	0.936	HSS 140x8	0.843
3. Kat	HSS 160x10	0.905	HSS 150x9	0.879
2. Kat	HSS 175x9	0.957	HSS 150x10	0.893
1. Kat	HSS 200x12	0.871	HSS 175x12	0.922

**Tablo 3.19a** 9 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Ters V Çapraz Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
9. Kat	HSS 127x8	0.872	HSS 127x8	0.812
8. Kat	HSS 140x9	0.904	HSS 140x8	0.888
7. Kat	HSS 150x9	0.935	HSS 140x9	0.930
6. Kat	HSS 150x10	0.968	HSS 150x9	0.898
5. Kat	HSS 160x10	0.938	HSS 150x9	0.958
4. Kat	HSS 175x9	0.945	HSS 150x10	0.902
3. Kat	HSS 175x10	0.947	HSS 160x10	0.938
2. Kat	HSS 175x10	0.967	HSS 160x10	0.980
1. Kat	HSS 200x12	0.857	HSS 175x12	0.956

**Tablo 3.19b** 9 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Parçalı X Çapraz Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
9. Kat	HSS 150x9	0.438	HSS 120x7	0.812
8. Kat	HSS 150x10	0.568	HSS 120x8	0.911
7. Kat	HSS 160x8	0.797	HSS 140x8	0.887
6. Kat	HSS 160x9	0.721	HSS 140x8	0.883
5. Kat	HSS 160x10	0.837	HSS 150x9	0.857
4. Kat	HSS 175x9	0.779	HSS 150x9	0.936
3. Kat	HSS 180x10	0.892	HSS 150x10	0.967
2. Kat	HSS 180x10	0.878	HSS 150x10	0.915
1. Kat	HSS 200x12	0.981	HSS 200x12	0.851

### 3.4.2. MÇÇ Kirişlerinin Boyutlandırılması

DBYBHY-2007'ye göre kiriş boyutlandırmalarında  $B_1$  ve  $B_2$  katsayıları ile artırılmış eleman iç kuvvetlerinin gerekli dayanımı sağlaması gerekmektedir. Ayrıca X doğrultusundaki TersV çaprazlar için DBYBHY-2007 Bölüm 4.6.4.1 özel çapraz düzenleri için ek koşullar sağlanmıştır.

TBDY-2019 [5]'a göre ise süneklilik düzeyi yüksek MÇÇ'lerin kirişlerinin boyutlandırılmasında çapraz elemanların burkulma anına ve burkulma sonrasına denk gelen tipik mekanizma durumlarında, çapraz elemanların plastikleşmesine neden olan olası aksenal çekme, olası aksenal basınç kuvveti ve burkulma sonrası oluşan olası aksenal basınç kuvveti sırası ile Denk. 3.35, Denk 3.36 ve Denk.3.37 ile



hesaplanmıştır. Denklemler ile hesaplanmış bu kuvvetler göz önünde bulundurularak kritik durumlar için kesitler boyutlandırılmıştır.

$$T = R_y F_y A_g \quad (3.35)$$

$$P_1 = 1.14 F_{cre} A_g \quad (3.36)$$

$$P_1 = 0.30(1.14 F_{cre} A_g) \quad (3.37)$$

Not; Olası kritik burkulma gerilmesi( $F_{cre}$ ) hesabında çapraz elemanın gerçek boyu yani çapraz elemandan guse plaka bölgelerin çıkarılması sonucu kalan net boyu yaklaşık olarak çapraz eleman boyutunun 2/3 katı kadar alınmıştır.

### 3.4.2.1. DBYBHY-2007 için Örnek MÇÇ Kiriş Boyutlandırması

3 Katlı X doğrultusu Ters V MÇÇ için örnek 1. Kat kiriş boyutlandırması;

İkinci merteye etkilerini de içeren ve DBYBHY-2007 Bölüm 4.6.4.1(b) bendinide kapsayan en elverişsiz yükleme altındaki kesite etkileyen aksel basınç, eğilme ve kesme kuvveti sırası ile  $P_u=0 \text{ kN}$ ,  $M_u=258.525 \text{ kNm}$  ve  $V_u=86.175 \text{ kN}$

DBYBHY-2007 Bölüm 4.3.6 gereğince mesnetlenme aralığını sağlayan en küçük kesit IPE 450'dir. Seçilen kesit IPE 450 için enkesit karakteristikleri;

$$d = 450 \text{ mm}, b_f = 190 \text{ mm}, t_w = 9.4 \text{ mm}, t_f = 14.6 \text{ mm}, h = 378.8 \text{ mm}, i_y = 41.2 \text{ mm}$$

$$W_{px} = 1700 \times 10^3 \text{ mm}^3, A = 9882 \text{ mm}^2$$

Eğilme kapasitesi;

$$L_p < L_b \leq L_r \rightarrow 2115.4 < 3000 \leq 6809.8 \text{ olduğundan}$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y W_{ex}) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.29)$$

$$M_n = 370.7 \text{ kNm}$$

Eğilme kapasite oranı;

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{M_u}{\phi_b M_n} = \frac{258.525}{0.9 \times 370.7} = 0.775$$

Bileşik etki kapasite oranı;

$$\frac{P_u}{P_c} < 0.2 \text{ olduğundan } \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.35)$$

$$0.0 + (0.775 + 0) = 0.775$$

Kesme kapasitesi;

$$\frac{331}{8.6} \leq 2.24 \sqrt{\frac{200000}{275}}, 38.48 \leq 60.41 \text{ olduğundan } \phi_v = 1.0, C_{v1} = 1.0 \quad (3.34)$$

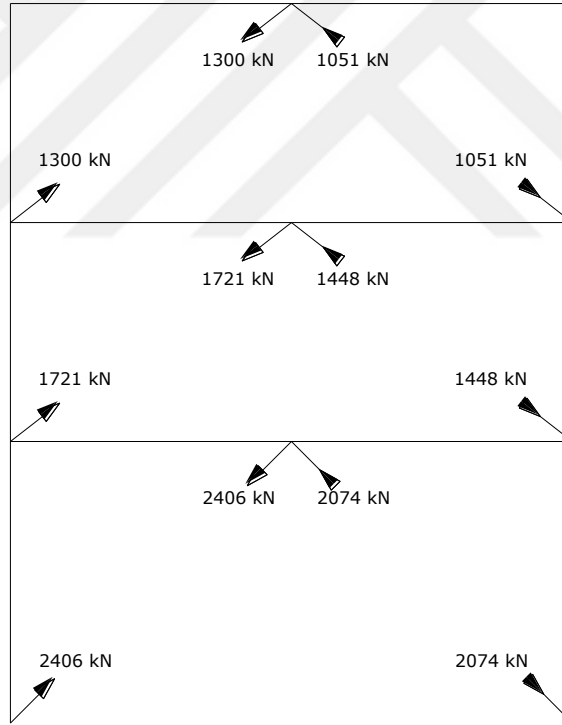
$$V_n = 0.6F_y A_w C_{v1} = 0.6 \times 275 \times 4230 \times 1.0 \quad (3.33)$$
$$V_n = 596.4 \text{ kN}$$

Kesme kapasite oranı;

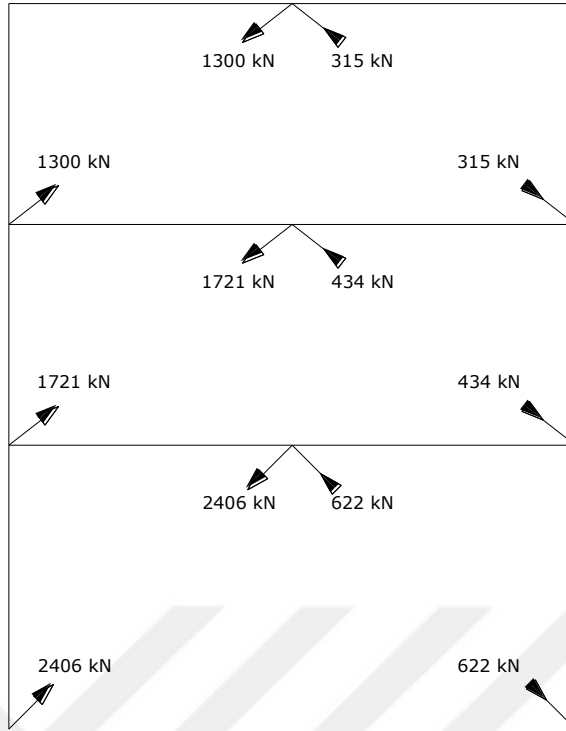
$$\frac{V_u}{V_d} = \frac{V_u}{\phi_v V_n} = \frac{86.175}{1.0 \times 596.4} = 0.144$$

### 3.4.2.1. TBDY-2019 için Örnek MÇÇ Kiriş Boyutlandırması

3 Katlı X doğrultusu Ters V MÇÇ için örnek 1. kat kiriş boyutlandırması;



Şekil 3.7. Burkulma Anı Tipik Mekanizma Durumu – X Doğrultusu Ters V



**Şekil 3.8.** Burkulma Sonrası Tipik Mekanizma Durumu – X Doğrultusu Ters V

Burkulma sonrası durumda kiriş ortasında ki çaprazlardan oluşan dengelenmemiş bileşke kuvvetler daha büyük çıkmaktadır. Bu nedenle kesit hesapları burkulma sonrasına göre hesap edilmiştir.

1. Kat kirişinde çapraz kesitlerin burkulma sonrası tipik mekanizma durumuna göre oluşan dengelenmemiş bileşke düşey ve yatay kuvvet;

$$P_{uy} = 2406 \times \frac{4.5}{6.364} - 622 \times \frac{4.5}{6.364} = 1261.5 \text{ kN}$$

$$P_{ux} = 2406 \times \frac{4.5}{6.364} + 622 \times \frac{4.5}{6.364} = 2141.1 \text{ kN}$$

Çaprazlar yok sayılarak  $1.4336G + 0.5Q + 0.2S$  kombinasyonu ile elde edilen eğilme momenti  $220 \text{ kNm}$ 'dir. Kirişteki toplam eğilme momenti;

$$M_u = \frac{1261.5 \times 9}{4} + 220 = 3058.375 \text{ kNm}$$

Kirişe etkiyen aksenal kuvvet çaprazların iki tarafında eşit dağılacığı varsayılmıştır;

$$P_u = \frac{P_{ux}}{2} = 1070.5 \text{ kN}$$

Seçilen kesit HE 1000 B için enkesit karakteristikleri;

$d = 1000 \text{ mm}$ ,  $b_f = 300 \text{ mm}$ ,  $t_w = 19 \text{ mm}$ ,  $t_f = 36 \text{ mm}$ ,  $h = 868 \text{ mm}$ ,  $i_y = 63.8 \text{ mm}$   
 $W_{px} = 14.9 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $A = 40000 \text{ mm}^2$

Eğilme kapasitesi;

$$L_b \leq L_p \text{ olduğundan } M_n = F_y W_{px} = 275 * 14.9 \times 10^6 \quad (3.29)$$

$$M_n = 4097.5 \text{ kNm}$$

Eğilme kapasite oranı;

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{M_u}{\phi_b M_n} = \frac{3058.375}{0.9 \times 4097.5} = 0.829$$

Kesme kapasitesi;

$$\frac{331}{8.6} \leq 2.24 \sqrt{\frac{200000}{275}}, 45.68 \leq 60.41 \text{ olduğundan } \phi_v = 1.0, C_{v1} = 1.0 \quad (3.34)$$

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1} = 0.6 \times 275 \times 19000 \times 1.0 \quad (3.33)$$

$$V_n = 3135 \text{ kN}$$

Kesme kapasite oranı;

$$\frac{V_u}{V_d} = \frac{V_u}{\phi_v V_n} = \frac{1261.5}{1.0 \times 3135} = 0.402$$

Eğilmeli Burkulma sınır durumu için basınç kapasitesi;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{(47.02)^2} = 893 \text{ MPa} \quad (3.27)$$

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow 47.02 \leq 127.019 \text{ olduğundan } F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y \quad (3.26)$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{275}{893}}\right] 275 = 241.735 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g = \frac{241.735 \times 40000}{1000} = 9669.4 \text{ kN} \quad (3.25)$$

Basınç Kapasite Oranı;

$$\frac{P_u}{P_c} = \frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{1070.5}{8702} = 0.123$$

Bileşik etki kapasite oranı;

$$\frac{P_u}{P_c} < 0.2 \text{ olduğundan } \frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \quad (3.35)$$

$$0.062 + (0.829 + 0) = 0.891$$

### 3.4.2.3. Boyutlandırılmış Kirişler

Bölüm 3.4.2.1. ve Bölüm 3.4.2.2'ye göre boyutlandırılmış kesitler ve kapasite oranları 3 kat, 6 kat ve 9 kat için sırasıyla Tablo 3.19, Tablo 3.20 ve Tablo 3.21'de verilmiştir.

**Tablo 3.20a** 3 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Ters V Çapraz Kiriş Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
3. Kat	IPE 450	0.775	HE 700 A	0.963
2. Kat	IPE 450	0.724	HE 800 A	0.995
1. Kat	IPE 450	0.724	HE 1000 B	0.891

**Tablo 3.20b** 3 Katlı Prototip Yapı Y Doğrultusu Parçalı X Çapraz Kiriş Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
3. Kat	IPE 450	0.372	HE 600 A	0.904
2. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.299
1. Kat	IPE 450	0.348	HE 550 A	0.788

**Tablo 3.21a** 6 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Ters V Çapraz Kiriş Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
6. Kat	IPE 450	0.775	HE 700 A	0.897
5. Kat	IPE 450	0.724	HE 800 A	0.865
4. Kat	IPE 450	0.724	HE 800 A	0.911
3. Kat	IPE 450	0.724	HE 900 A	0.852
2. Kat	IPE 450	0.724	HE 900 A	0.852
1. Kat	IPE 450	0.724	HE 1000 B	0.891

**Tablo 3.21b** 6 Katlı Prototip Yapı Y Doğrultusu Parçalı X Çapraz Kiriş Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
6. Kat	IPE 450	0.372	IPE 450	0.292
5. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.404
4. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.303
3. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.806
2. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.298
1. Kat	IPE 450	0.348	HE 500 A	0.912

**Tablo 3.22a** 9 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Ters V Çapraz Kiriş Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
9. Kat	IPE 450	0.775	HE 700 A	0.901
8. Kat	IPE 450	0.724	HE 700 A	0.963
7. Kat	IPE 450	0.724	HE 800 A	0.865
6. Kat	IPE 450	0.724	HE 800 A	0.911
5. Kat	IPE 450	0.724	HE 800 A	0.911
4. Kat	IPE 450	0.724	HE 800 A	0.995
3. Kat	IPE 450	0.724	HE 900 A	0.852
2. Kat	IPE 450	0.724	HE 900 A	0.852
1. Kat	IPE 450	0.724	HE 1000 B	0.891

**Tablo 3.22b** 9 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Parçalı X Çapraz Kiriş Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
9. Kat	IPE 450	0.372	HE 550 A	0.889
8. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.319
7. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.651
6. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.309
5. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.816
4. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.306
3. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.633
2. Kat	IPE 450	0.348	IPE 450	0.309
1. Kat	IPE 450	0.348	HE 600 A	0.915

### 3.4.3. MÇÇ Kolonlarının Boyutlandırılması

DBYBHY-2007'ye göre kolon boyutlandırmalarında  $B_1$  ve  $B_2$  katsayıları ile artırılmış eleman iç kuvvetlerinin en elverişsiz yükleme altında gerekli dayanımı sağlaması gerekmektedir.

TBDY-2019 [5]'a göre ise süneklilik düzeyi yüksek MÇÇ'lerin kolonlarının boyutlandırılmasında çapraz elemanların burkulma anına denk gelen tipik mekanizma durumundaki kuvvetler ve Dayanım fazlalığı katsayısı( $D$ ) ile büyütülmüş iç kuvvetler karşılaştırılmıştır. TBDY-2019 Bölüm 9.6.2.4 uyarınca bu kuvvetlerden küçük olanı alınmıştır.

#### 3.4.3.1. DBYBHY-2007 için Örnek MÇÇ kolon Boyutlandırması

3 Katlı X doğrultusu Ters V MÇÇ için örnek 1. kat kolon boyutlandırması;

İkinci merteye etkilerini de içeren en elverişsiz yükleme altındaki kesite etkiyen aksenal basınç, eğilme ve kesme kuvveti sırası ile;

$$P_u=1121 \text{ kN}, P_u=189 \text{ kN}, M_u=10.23 \text{ kNm} \text{ ve } V_u=2.27 \text{ kN}$$

Eğilme ve kesme kuvveti mertebeleri çok küçük olması nedeniyle tahkike gerek duyulmamıştır.

HE kesitleri içerisinde enkesit koşullarında yüksek sünekliliği karşılayabilen en küçük kesit HE 400 A seçilmiştir. Seçilen kesit HE 400 A için enkesit karakteristikleri;

$$d=390 \text{ mm}, b_f=300 \text{ mm}, t_w=11 \text{ mm}, t_f=19 \text{ mm}, h=298 \text{ mm}, i_x=168.4 \text{ mm}, i_y=73.4 \text{ mm}, W_{px}=2560 \times 10^3 \text{ mm}^3, A=15900 \text{ mm}^2$$

Basınç kapasitesi;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{(61.31)^2} = 525 \text{ MPa} \quad (3.27)$$

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow 61.31 \leq 127.019 \text{ olduğundan } F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] F_y \quad (3.26)$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{275}{525}\right] 275 = 221 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g = \frac{241.735 \times 15900}{1000} = 3511.9 \text{ kN} \quad (3.25)$$

Kapasite Oranı;

$$\frac{P_u}{P_c} = \frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{1121}{3161} = 0.355$$

Çekme kapasitesi;

$$T_n = F_y A_g = \frac{275 \times 15900}{1000} = 4372.5 \text{ kN} \quad (3.23)$$

Çekme kapasite oranı;

$$\frac{T_u}{T_n} = \frac{T_u}{\phi_t T_n} = \frac{189}{0.9 \times 4372.5} = 0.048$$

Kapasite oranı;

$$\left( \frac{P_u}{P_c}, \frac{T_u}{T_n} \right)_{maks} = 0.354$$

### 3.4.3.2. TBDY-2019 için Örnek MÇÇ Kolon Boyutlandırması

Burkulma Anı Tipik Mekanizma Durumu Bölüm 3.4.2.2'de Şekil 3.7'da gösterilmiştir. 3 Katlı X doğrultusu Ters V MÇÇ için örnek 1. kat kolon boyutlandırması;

Dayanım fazlalığı katsayısı( $D$ )= 2.0

$P$ - $\Delta$  etkileri için  $B_2$  katsayısı ile büyütülecek depremden gelen eksenel yük 578 kN'dur. Çaprazlar yok sayılarak  $1.4336G + 0.5Q + 0.2S$  ve  $0.6664 G$  kombinasyonu ile elde edilen basınç kuvvetleri sırasıyla 596 kN ve 241kN'dur.

1. Kat kolonuna Dayanım fazlalığı katsayısı ile büyütülmüş etkiyen eksenel yükler;

$$P_{uD} = 1.4336G + 0.5Q + 0.2S + B_2 \times D \times E$$

$$P_{uD} = 596 + 1.012 \times 2.0 \times 578 = 1766 \text{ kN}$$

$$T_{uD} = 0.6664G - D \times E$$

$$T_{uD} = |241 - 2.0 \times 578| = 915 \text{ kN}$$

1. Kat kolonuna burkulma anı tipik mekanizma durumunda etkiyen yükler;

Kiriş ortasındaki dengelenmemiş kuvvet her iki kiriş ucuna eşit dağıldığı kabul edilmiştir;

$$P_{uy1} = \left( 2406 \times \frac{4.5}{6.364} - 2074 \times \frac{4.5}{6.364} \right) / 2 = 117 \text{ kN}$$

$$P_{uy2} = \left( 1721 \times \frac{3.5}{5.7} - 1448 \times \frac{3.5}{5.7} \right) / 2 = 84 \text{ kN}$$



$$P_{uy3} = \left(1300 \times \frac{3.5}{5.7} - 1051 \times \frac{3.5}{5.7}\right) / 2 = 76 \text{ kN}$$

$$P_{BA} = 1448 \times \frac{3.5}{5.7} + 1051 \times \frac{3.5}{5.7} + 117 + 84 + 76 = 1811 \text{ kN}$$

$$T_{BA} = 1721 \times \frac{3.5}{5.7} + 1300 \times \frac{3.5}{5.7} - (117 + 84 + 76) = 1577 \text{ kN}$$

$$P_{uM} = 1.4336G + 0.5Q + 0.2S + P_{BA}$$

$$P_{uM} = 596 + 1811 = 2407 \text{ kN}$$

$$T_{uM} = 0.6664G - T_{BA}$$

$$T_{uM} = |241 - 1577| = 1336 \text{ kN}$$

TBDY-2019 Bölüm 9.6.2.4 uyarınca bu kuvvetlerden küçük olanı alınmıştır.

$$P_u = \min(P_{uD}, P_{uM}) = 1766 \text{ kN}$$

$$T_u = \min(T_{uD}, T_{uM}) = 915 \text{ kN}$$

HE kesitleri içerisinde enkesit koşullarında yüksek sünekliliği karşılayabilen en küçük kesit HE 400 A seçilmiştir. Seçilen kesit HE 400 A için enkesit karakteristikleri;

$$d = 390 \text{ mm}, b_f = 300 \text{ mm}, t_w = 11 \text{ mm}, t_f = 19 \text{ mm}, h = 298 \text{ mm}, i_x = 168.4 \text{ mm}, i_y = 73.4 \text{ mm}, W_{px} = 2560 \times 10^3 \text{ mm}^3, A = 15900 \text{ mm}^2$$

Basınç kapasitesi;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{(61.31)^2} = 525 \text{ MPa} \quad (3.27)$$

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow 61.31 \leq 127.019 \text{ olduğundan } F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] F_y \quad (3.26)$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{275}{525}\right] 275 = 221 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g = \frac{241.735 \times 15900}{1000} = 3511.9 \text{ kN} \quad (3.25)$$

Basınç kapasite oranı;

$$\frac{P_u}{P_c} = \frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{1766}{3161} = 0.559$$

Çekme kapasite oranı;

$$\frac{T_u}{T_n} = \frac{T_u}{\phi_t T_n} = \frac{915}{0.9 \times 4372.5} = 0.233$$

Kapasite oranı;

$$\left( \frac{P_u}{P_c}, \frac{T_u}{T_n} \right)_{maks} = 0.559$$

### 3.4.2.3. Boyutlandırılmış Kolonlar

Bölüm 3.4.3.1. ve Bölüm 3.4.3.2'ye göre boyutlandırılmış kesitler ve kapasite oranları 3 kat, 6 kat ve 9 kat için sırasıyla Tablo 3.22, Tablo 3.23 ve Tablo 3.24'de verilmiştir.

**Tablo 3.23a** 3 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Ters V Çapraz Kolon Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
3. Kat	HE 400 A	0.042	HE 400 A	0.026
2. Kat	HE 400 A	0.104	HE 400 A	0.246
1. Kat	HE 400 A	0.354	HE 400 A	0.559

**Tablo 3.23b** 3 Katlı Prototip Yapı Y Doğrultusu Parçalı X Çapraz Kolon Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
3. Kat	HE 400 A	0.035	HE 400 A	0.017
2. Kat	HE 400 A	0.348	HE 400 A	0.502
1. Kat	HE 400 A	0.379	HE 400 A	0.582

**Tablo 3.24a** 6 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Ters V Çapraz Kolon Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
6. Kat	HE 400 A	0.042	HE 400 A	0.025
5. Kat	HE 400 A	0.095	HE 400 A	0.204
4. Kat	HE 400 A	0.302	HE 400 A	0.404
3. Kat	HE 400 A	0.462	HE 400 A	0.631
2. Kat	HE 450 A	0.588	HE 550 A	0.668
1. Kat	HE 450 A	0.816	HE 550 A	0.948

**Tablo 3.24b** Katlı Prototip Yapı Y Doğrultusu Parçalı X Çapraz Kolon Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
6. Kat	HE 400 A	0.035	HE 400 A	0.084
5. Kat	HE 400 A	0.095	HE 400 A	0.203
4. Kat	HE 400 A	0.454	HE 400 A	0.597
3. Kat	HE 400 A	0.485	HE 400 A	0.631
2. Kat	HE 400 A	0.827	HE 500 A	0.884
1. Kat	HE 400 A	0.925	HE 500 A	0.976

**Tablo 3.25a** 9 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Ters V Çapraz Kolon Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
9. Kat	HE 400 A	0.042	HE 400 A	0.025
8. Kat	HE 400 A	0.092	HE 400 A	0.098
7. Kat	HE 400 A	0.295	HE 400 A	0.379
6. Kat	HE 400 A	0.440	HE 400 A	0.583
5. Kat	HE 400 A	0.597	HE 400 A	0.796
4. Kat	HE 450 A	0.681	HE 600 A	0.717
3. Kat	HE 450 A	0.839	HE 600 A	0.876
2. Kat	HE 800 A	0.672	HE 900 B	0.653
1. Kat	HE 800 A	0.850	HE 900 B	0.848

**Tablo 3.25b** 9 Katlı Prototip Yapı X Doğrultusu Parçalı X Çapraz Doğrultusu Kolon Kesit Kapasite Oranları

Kat Numarası	DBYBHY-2007		TBDY-2019	
	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı	Seçilen Kesit	Kapasite Oranı
9. Kat	HE 500 A	0.035	HE 400 A	0.018
8. Kat	HE 600 A	0.111	HE 400 A	0.362
7. Kat	HE 600 A	0.121	HE 400 A	0.398
6. Kat	HE 700 A	0.403	HE 400 A	0.785
5. Kat	HE 700 A	0.422	HE 400 A	0.818
4. Kat	HE 800 A	0.589	HE 600 A	0.856
3. Kat	HE 800 A	0.603	HE 600 A	0.879
2. Kat	HE 900 A	0.841	HE 900 B	0.756
1. Kat	HE 900 A	0.919	HE 900 B	0.849

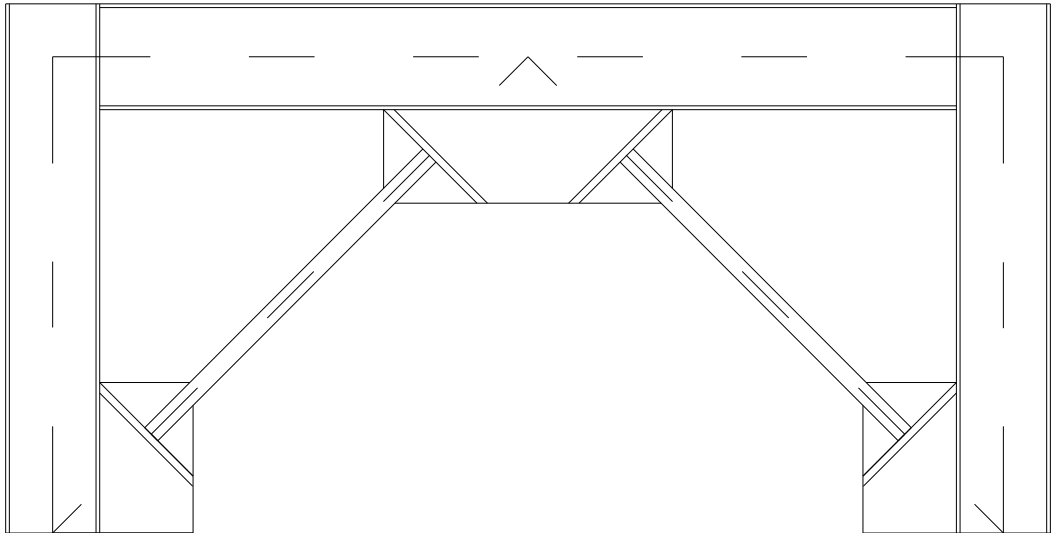
### 3.5. Numerik Modelleme

Numerik modellemede OpenSees[22] programı kullanılmıştır. OpenSees[22]’in açılımı Open System for Earthquake Engineering Simulation’dır. Programın geliştirilmesinde sponsorluğu Pacific Earthquake Engineering Research Center(PEERC)[25] üstlenmiştir. C++ tabanlı, deprem ve geoteknik mühendisliği konuları için geliştirilmiş bir sonlu elemanlar(FEA) programıdır. Diğer yapı analiz programlarına göre avantajları çözüm hızının yüksek olması, ücretsiz ve kullanıcı kütüphanesi oldukça geniş içeriğe sahip olmasıdır. Her hangi bir materyal ve ya malzeme çalışma modeli tanımlandığında çözümleyebilmektedir. Açık kaynaklıdır.

Çelik yapıları modellemede kullanılan yaklaşım şu şekildedir;

- 2 boyutlu olarak modellenmiştir.
- Guse plakalarının rijitleştirdiği bölgeler 10 kat rijit modellenmiştir.
- Kiriş kolon birleşim bölgelerine mafsalsız modellenmiştir.
- Guse Plakası-Çapraz birleşiminde katlanma bölgesi guse plakası kalınlığının 2 katı alınmıştır.
- $P-\Delta$  etkilerini simüle etmek için lineer kolonlar eklenmiştir. Bu kolonlara her kat seviyesinde o katın kütlesi eklenmiştir.

Yukarıda ki yaklaşımlara göre modellenmiş tek katlı olası detay görünümü Şekil 3.8’de yer almaktadır.

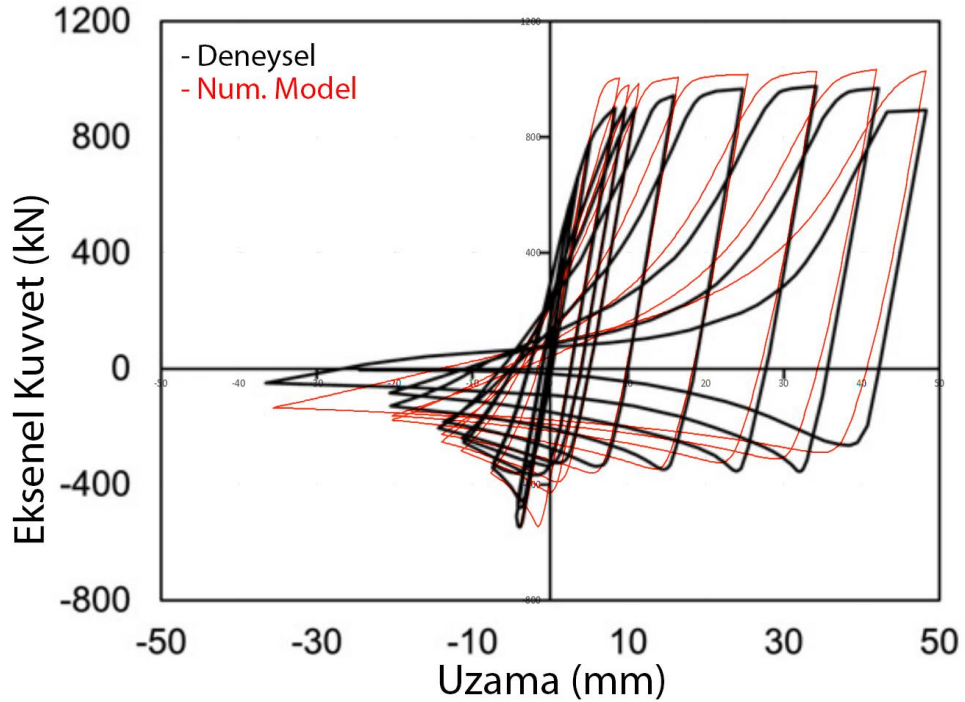


Şekil 3.8 Numerik Modelleme Tipik Görüntü– X Doğrultusu Ters V

### 3.5.1. Numerik Modellemenin Kalibrasyonu

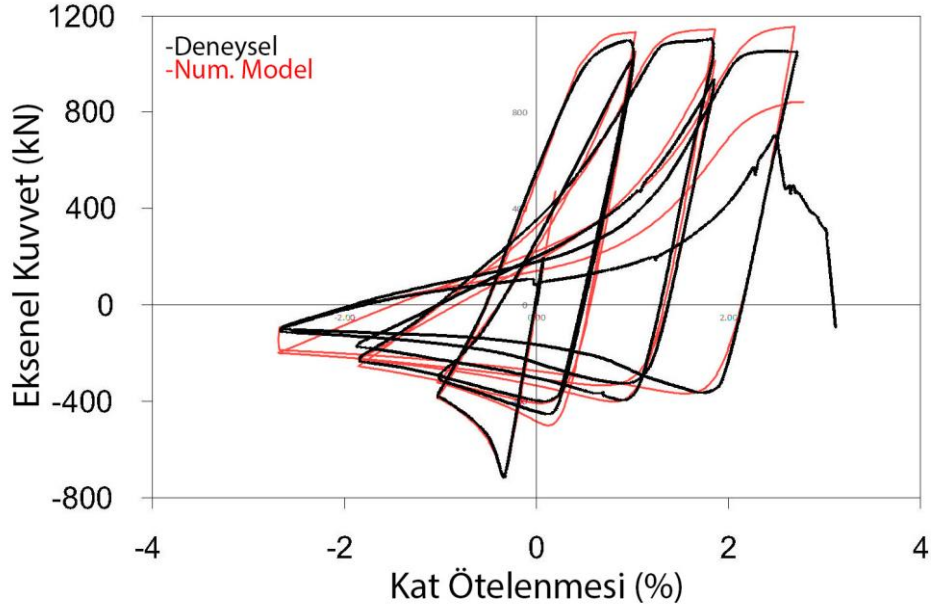
Numerik modellemenin kalibrasyonu için gusesiz ve guseli olmak üzere iki farklı deneysel olarak test verisini numerik olarak modellenip test sonuçları ve numerik model çıktıları karşılaştırılmıştır. Model eğrilikleri, malzeme çalışma şekli ve modeli aşağıdaki 2 farklı deneysel veri ile kalibre edilmiştir.

Gusesiz numerik model Black ve ark.[14]'nün 17 numaralı deneysel çalışması kıyas alınarak kalibre edilmiştir. Bu deneyde akma dayanımı 407 MPa ve boyu 2378 mm olan bir HSS 101.6x101.6x6.35 kesitin çevrimsel yükleme altında aksenal yük ve uzama miktarı deneysel ve numerik modelleme çıktısının karşılaştırılması Şekil 3.10'da yer almaktadır. EK B.1'de gusesiz modelin optimizasyon için OpenSees[22] kodları verilmiştir.



Şekil 3.10. Gusesiz Deneysel - Numerik Model Analiz Karşılaştırması

Guse plakasına sahip numerik model Fell ve ark.[16]'nin HSS1-1 numaralı deneysel çalışması kıyas alınarak kalibre edilmiştir. Bu deneyde akma dayanımı kenarlarda 508 MPa, merkezde 460 MPa ve boyu 2985 mm olan bir HSS 101.6x101.6x6.35 kesitin çevrimsel yükleme altında aksenal yük ve kat öteleme miktarı deneysel ve numerik modelleme çıktısının karşılaştırılması Şekil 3.11'de yer almaktadır. EK B.2 'de guseli optimizasyon için OpenSees[22] kodları verilmiştir.



**Şekil 3.11.** Guse Plakalı Deneysel - Numerik Model Analiz Karşılaştırması

Her iki model için kalibrasyon sonucu deneysel test veri değerleri ile örtüşmesi için başlangıç eğriliklerinin efektif çapraz boyutunun %0.2'sine denk geldiği bulunmuştur

### 3.6. Statik İtme Analizleri

Bu çalışma kapsamında statik itme analizlerinin yapılmasının amacı yapının Fema P695[23]'te belirtilen yapı periyodu temelli süneklik( $\mu_T$ ) hesaplanması için kullanılmıştır. Periyot temelli süneklik hesabı Denk. 3.38'te yer verilmiştir.

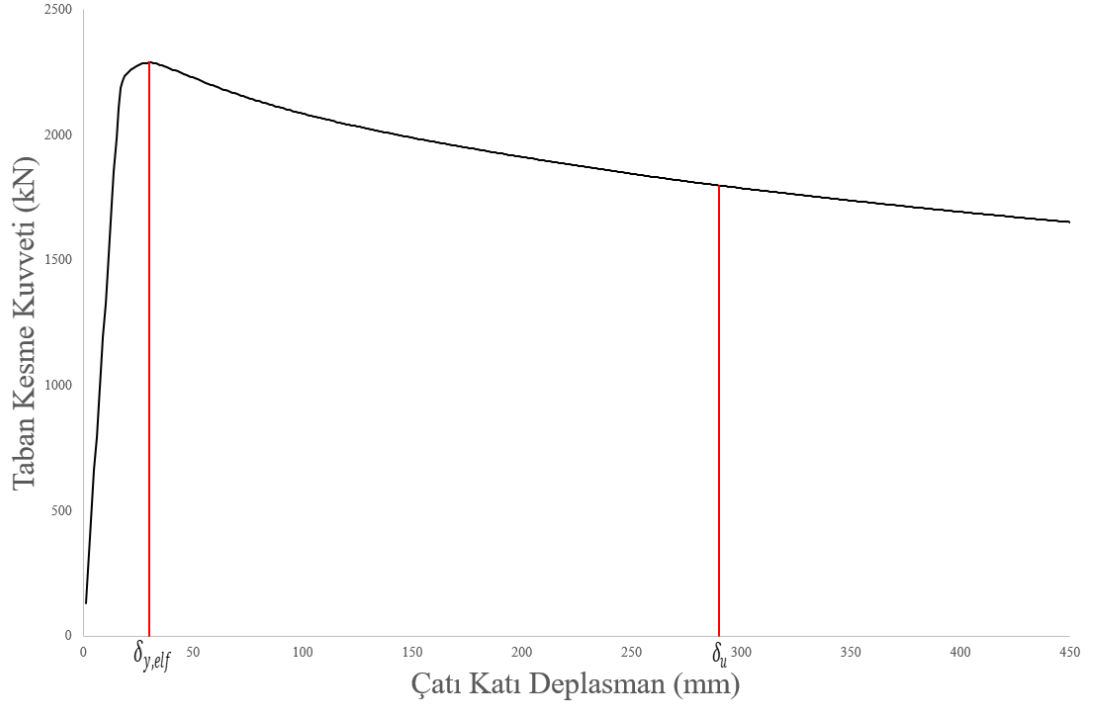
$$\mu_T = \frac{\delta_u}{\delta_{y,elf}} \quad (3.38)$$

Her iki yönetmelik için ASCE 41-17[26]'te ve yeni deprem şartnamemizde yer alan HSS kesitlerdeki Göçme Öncesi(GÖ) sınır durumu için aksel plastik şekildeğiştirme sınırı; basınç altındaki narin kesitli çapraz elemanlar için  $9\Delta_c$ , tok kesitli çapraz elemanlar için  $7\Delta_c$ , çekme altındaki çapraz elemanlar için  $11\Delta_T$  alınmıştır. Aksel basınç kuvveti altında akma şekildeğiştirmesi( $\Delta_c$ ) ve çekme kuvveti altında akma şekildeğiştirmesi( $\Delta_T$ ) nin hesaplanması sırası ile Denk. 3.39 ve Denk. 3.40'ta yer almaktadır.

$$\Delta_c = \frac{P_c l_c}{EA_c} \quad (3.39)$$

$$\Delta_T = \frac{P_{ye} l_c}{EA_c} \quad (3.40)$$

Örnek statik itme analizi taban kesme kuvveti – çatı katı deplasman grafiği  
Şekil 3.12’de yer almaktadır.



Şekil 3.12. Örnek Statik İtme Analiz Çıktısı – TBDY-2019 3 Kat X Doğrultusu Ters  
V

$$\mu_T = \frac{290}{30} = 9.677 \quad (3.38)$$

### 3.7. FEMA P695’e Bakış

Her iki yönetmeliğe göre tasarlanan prortip yapılar. Ortak bir karşılaştırma için Amerika Birleşik Devletlerinde hazırlanmış olan FEMA P695-Quantification of Building Seismic Performance Factors’de belirtilen 44 adet (22 set) MCE düzeyinde zemin hareketine maruz bırakılmıştır. FEMA P695 [23]’e göre yerel zemin hareketleri belli bir katsayı ile büyütülerek yapılara uygulanmıştır. Bu katsayıya ölçek çarpanı(*SF*-Scale Factor) denir. Ölçek çarpanı hesabı Denk. 3.41 ile hesaplanmıştır.

$$SF = SF_1 \times CMR \quad (3.41)$$

Denk. 3.41’deki MCE Spectral Demand(*SF<sub>1</sub>*) hâkim yapı periyodu(*T*)’na bağlı olarak SDC *D<sub>max</sub>* için FEMA P695 Tablo A-3’ten alınmıştır. Collapse Margin Ratio(*CMR*)’nun hesabı ise Denk. 3.42’den çıkarılmıştır.

$$ACMR = SSF \times CMR \quad (3.42)$$

Denk. 3.42'deki Spectral Shape Factor(SSF) yapı periyodu temelli süneklik( $\mu_T$ )'e bağlı olarak SDC  $D_{max}$  için FEMA P695 Tablo 7-1b'den alınmıştır. Adjusted Collapse Margin Ratio(ACMR) hesabı için ise öncelikle Denk. 3.43 ile Total System Collapse Uncertainty( $\beta_{TOT}$ ) hesaplanmıştır.

$$\beta_{TOT} = \sqrt{\beta_{RTR}^2 + \beta_{DR}^2 + \beta_{TD}^2 + \beta_{MDL}^2} \quad (3.43)$$

Denk. 3.43'deki denklemde Related Collapse Uncertainty( $\beta_{DR}$ ), Test Data Related Collapse Uncertainty( $\beta_{TD}$ ) ve Modelling Related Collapse Uncertainty( $\beta_{MDL}$ ) katsayıları için (A)Superior kalite seviyesi seçilmiştir. ( $\beta_{DR}=0.1, \beta_{TD}=0.1, \beta_{MDL}=0.1$ ) 4'üncü katsayı olan Record to Record Collapse Uncertainty( $\beta_{RTR}$ ) yapı periyodu temelli süneklik( $\mu_T$ )'e bağlı olarak Denk. 3.44 ile hesaplanmıştır.

$$0.2 \leq \beta_{RTR} = 0.1 + 0.1\mu_T \leq 0.40 \quad (3.44)$$

Hesaplanan Total System Collapse Uncertainty( $\beta_{TOT}$ ) ile Adjusted Collapse Margin Ratio( $ACMR_{%10}$ ) % 10 değeri alınıp Collapse Margin Ratio hesaplanmıştır.

MCE Spectral Demand( $SF_1$ ) için gerekli olan hâkim yapı periyodu hesabı Denk. 3.45 ile yapılmıştır.

$$T = C_u T_a = C_u C_t h_n^x \geq 0.25 \text{ saniye} \quad (3.45)$$

FEMA P695 [23]'e göre hesap edilen ölçek çarpanları( $SF$ ) Tablo 3.25'te yer verilmiştir.

**Tablo 3.26 Ölçek Çarpanları**

<b>KS</b>	<b>Y</b>	<b>ÇT</b>	<b>T</b>	<b>SF<sub>1</sub></b>	<b>SSF</b>	<b><math>\mu_T</math></b>	<b><math>\beta_{TOT}</math></b>	<b>ACMR<sub>%10</sub></b>	<b>CMR</b>	<b>SF</b>
3	07	X	0.427	2.000	1.330	13.24	0.436	1.7464	1.3131	2.62617
3	19	X	0.427	2.000	1.330	9.67	0.436	1.7464	1.3131	2.62617
3	07	Y	0.427	2.000	1.330	8.30	0.436	1.7464	1.3131	2.62617
3	19	Y	0.427	2.000	1.274	5.79	0.436	1.7464	1.3711	2.74225
6	07	X	0.694	2.405	1.258	4.24	0.436	1.7464	1.3878	3.33820
6	19	X	0.694	2.405	1.347	6.94	0.436	1.7464	1.2965	3.11863
6	07	Y	0.694	2.405	1.256	4.18	0.436	1.7464	1.3909	3.34564
6	19	Y	0.694	2.405	1.343	6.81	0.436	1.7464	1.3003	3.12768
9	07	X	0.930	2.527	1.228	2.79	0.416	1.7020	1.3857	3.50155
9	19	X	0.930	2.527	1.347	5.28	0.436	1.7464	1.2963	3.27580
9	07	Y	0.930	2.527	1.242	2.99	0.435	1.7440	1.4038	3.54752
9	19	Y	0.930	2.527	1.281	3.72	0.436	1.7464	1.3631	3.44455

KS: Kat Sayısı, Y: Tönetmelik, ÇT: Çapraz Tipi, 07: DBYBHY-2007, 19: TBDY-2019,  
X: X doğrultusu Ters V, Y: Y doğrultusu Parçalı X



### 3.8. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizler

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler için FEMA P695 [23]'e göre ölçek çarpanı ile büyütülmüş zemin hareketi(deprem ivme kayıtları) yapılarla etkilenmiştir. 22 Set olan bu kayıtların hangi depremlere ait olduğu, depremin büyüklüğü ve depremin yılı Tablo 3.26'da verilmiştir.

**Tablo 3.27** FEMA P695'e göre Deprem İvme Kayıt Setleri

Set Numarası	Büyükük	Deprem Yılı	Deprem Adı
1	6.7	1994	Northridge
2	6.7	1994	Northridge
3	7.1	1999	Duzce, Turkey
4	7.1	1999	Hector Mine
5	6.5	1979	Imperial Valley
6	6.5	1979	Imperial Valley
7	6.9	1995	Kobe, Japan
8	6.9	1995	Kobe, Japan
9	7.5	1999	Kocaeli, Turkey
10	7.5	1999	Kocaeli, Turkey
11	7.3	1992	Landers
12	7.3	1992	Landers
13	6.9	1989	Loma Prieta
14	6.9	1989	Loma Prieta
15	7.4	1990	Manjil, Iran
16	6.5	1987	Superstition Hills
17	6.5	1987	Superstition Hills
18	7.0	1992	Cape Mendocino
19	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan
20	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan
21	6.6	1971	San Fernando
22	6.5	1976	Friuli, Italy

Tablo 3.25'teki yer alan depremlere ait zemin hareketlerine 10 saniye yer hareketinin olmadığı süre eklenmiş ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucunda kalan kalıcı deplasmanlar Bölüm 4.'de raporlanmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Boyutlandırılmış Kesitlerin Ağırlık Fark Oranları

Çalışma kapsamında DBYBHY-2007 ve TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanmış MÇÇ'lerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri OpenSees [22] programı ile yapılmıştır. Her iki yönetmeliğe göre tasarlanan prototip yapıların X doğrultusu Ters V ve Y doğrultusu parçalı X MÇÇ'lerinin boyutlandırılmış kesitlerinin ağırlıklarının karşılaştırılması 3,6 ve 9 kat için sırasıyla Tablo 3.27, Tablo 3.28 ve Tablo 3.29'da verilmiştir.

**Tablo 3.28a** Ağırlık Karşılaştırması – 3 Kat – X doğrultusu Ters V

Kat Numarası	Çapraz			Kiriş			Kolon		
	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)
3. Kat	HSS 140x7	HSS 140x8	+13.49	IPE 450	HE 700 A	+163.61	HE 400 A	HE 400 A	0
2. Kat	HSS 160x8	HSS 150x10	+15.29	IPE 450	HE 800 A	+189.21	HE 400 A	HE 400 A	0
1. Kat	HSS 175x10	HSS 175x12	+18.66	IPE 450	HE 1000 B	+304.78	HE 400 A	HE 400 A	0

**Tablo 3.28b** Ağırlık Karşılaştırması – 3 Kat – Y doğrultusu Parçalı X

Kat Numarası	Çapraz			Kiriş			Kolon		
	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)
3. Kat	HSS 140x7	HSS 127x8	+2.36	IPE 450	HE 600 A	+129.2	HE 400 A	HE 400 A	0
2. Kat	HSS 160x8	HSS 150x9	+4.45	IPE 450	IPE 450	0	HE 400 A	HE 400 A	0
1. Kat	HSS 200x10	HSS 175x12	+3.09	IPE 450	HE 550 A	+114.33	HE 400 A	HE 400 A	0

**Tablo 3.29a** Ağırlık Karşılaştırması – 6 Kat – X doğrultusu Ters V

Kat Numarası	Çapraz			Kiriş			Kolon		
	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)
6. Kat	HSS 127x8	HSS 127x8	0	IPE 450	HE 700 A	+163.61	HE 400 A	HE 400 A	0
5. Kat	HSS 140x9	HSS 140x9	0	IPE 450	HE 800 A	+189.21	HE 400 A	HE 400 A	0
4. Kat	HSS 150x10	HSS 150x9	-10.9	IPE 450	HE 800 A	+189.21	HE 400 A	HE 400 A	0
3. Kat	HSS 160x10	HSS 160x10	0	IPE 450	HE 900 A	+224.33	HE 400 A	HE 400 A	0
2. Kat	HSS 180x9	HSS 160x10	-2.44	IPE 450	HE 900 A	+224.33	HE 450 A	HE 550 A	+18.99
1. Kat	HSS 200x10	HSS 175x12	+3.09	IPE 450	HE 1000 B	+304.78	HE 450 A	HE 550 A	+18.99

**Tablo 3.29b** Ağırlık Karşılaştırması – 6 Kat – Y doğrultusu Parçalı X

Kat Numarası	Çapraz			Kiriş			Kolon		
	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)
6. Kat	HSS 127x6	HSS 120x8	+23.62	IPE 450	IPE 450	0	HE 400 A	HE 400 A	0
5. Kat	HSS 140x8	HSS 127x8	-9.81	IPE 450	IPE 450	0	HE 400 A	HE 400 A	0
4. Kat	HSS 150x8	HSS 140x8	-7.02	IPE 450	IPE 450	0	HE 400 A	HE 400 A	0
3. Kat	HSS 160x10	HSS 150x9	-15.4	IPE 450	IPE 450	0	HE 400 A	HE 400 A	0
2. Kat	HSS 175x9	HSS 150x10	-6.18	IPE 450	IPE 450	0	HE 400 A	HE 500 A	+24.21
1. Kat	HSS 200x12	HSS 175x12	-13.2	IPE 450	HE 500 A	+99.86	HE 400 A	HE 500 A	+24.21

**Tablo 3.30a** Ağırlık Karşılaştırması – 9 Kat – X doğrultusu Ters V

Kat Numarası	Çapraz			Kiriş			Kolon		
	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)
9. Kat	HSS 127x8	HSS 127x8	0	IPE 450	HE 700 A	+163.61	HE 400 A	HE 400 A	0
8. Kat	HSS 140x9	HSS 140x8	-10.5	IPE 450	HE 700 A	+163.61	HE 400 A	HE 400 A	0
7. Kat	HSS 150x9	HSS 140x9	-7.06	IPE 450	HE 800 A	+189.21	HE 400 A	HE 400 A	0
6. Kat	HSS 150x10	HSS 150x9	-9.4	IPE 450	HE 800 A	+189.21	HE 400 A	HE 400 A	0
5. Kat	HSS 160x10	HSS 150x9	-15.4	IPE 450	HE 800 A	+189.21	HE 400 A	HE 400 A	0
4. Kat	HSS 175x9	HSS 150x10	-6.18	IPE 450	HE 800 A	+189.21	HE 450 A	HE 600 A	+27.25
3. Kat	HSS 175x10	HSS 160x10	-9.05	IPE 450	HE 900 A	+224.33	HE 450 A	HE 600 A	+27.25
2. Kat	HSS 175x10	HSS 160x10	-9.05	IPE 450	HE 900 A	+224.33	HE 800 A	HE 900 B	+29.83
1. Kat	HSS 200x12	HSS 175x12	-13.2	IPE 450	HE 1000 B	+304.78	HE 800 A	HE 900 B	+29.83

**Tablo 3.30b** Ağırlık Karşılaştırması – 9 Kat – Y doğrultusu Parçalı X

Kat Numarası	Çapraz			Kiriş			Kolon		
	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)	DBYBHY-07	TBDY-19	Fark (%)
9. Kat	HSS 150x9	HSS 120x7	-37.7	IPE 450	HE 550 A	99.86	HE 500 A	HE 400 A	0
8. Kat	HSS 150x10	HSS 120x8	-36.0	IPE 450	IPE 450	0	HE 600 A	HE 400 A	0
7. Kat	HSS 160x8	HSS 140x8	-13.2	IPE 450	IPE 450	0	HE 600 A	HE 400 A	0
6. Kat	HSS 160x9	HSS 140x8	-22.3	IPE 450	IPE 450	0	HE 700 A	HE 400 A	0
5. Kat	HSS 160x10	HSS 150x9	-15.4	IPE 450	IPE 450	0	HE 700 A	HE 400 A	0
4. Kat	HSS 175x9	HSS 150x9	-15.1	IPE 450	IPE 450	0	HE 800 A	HE 600 A	+27.25
3. Kat	HSS 180x10	HSS 150x10	-17.6	IPE 450	IPE 450	0	HE 800 A	HE 600 A	+27.25
2. Kat	HSS 180x10	HSS 150x10	-17.6	IPE 450	IPE 450	0	HE 900 A	HE 900 B	+42.53
1. Kat	HSS 200x12	HSS 200x12	0	IPE 450	HE 600 A	+129.2	HE 900 A	HE 900 B	+42.53

Yapılan tasarım sonuçlarına göre, kesitleri belirleyen faktörler sırası ile yapılara etkiyen deprem yükleri, deprem yüklerinin neden olduğu yatay ötelemeler, enkesit (kompaktlık) sınırları ve mekanizma durumuna göre ortaya çıkan iç kuvvetlerdir. DBYBHY-2007 [4] ve TBDY-2019 [5]'da verilen narinlik sınırları kesitlerin belirlenmesinde etkin olmamıştır. Az katlı (3 katlı) yapılarda TBDY-2019 [5]'a göre hesaplanan deprem yükleri, DBYBHY-2007 [4]'e göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi, güncellenen deprem yönetmeliği (TBDY-2019 [5])'nde yer alan etkin ivme katsayılarının daha yüksek olmasına atfedilebilir. Orta ve çok katlı (6 - 9 katlı) yapılarda ise DBYBHY-2007 [4]'e göre hesaplanan deprem yükleri TBDY-2019 [5]'a göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ise, TBDY-2019 [5]'a göre tanımlanan deprem spektrumlarının  $T_B$  sınır değerinden sonraki eğrisel denklemin DBYBHY-2007 [4]'e göre daha düşük elastik tasarım ivme değeri vermesidir.

Az ve orta katlı (3 ve 6 katlı) MÇÇ'lerde çapraz elemanların kesit tasarımı, enkesit (kompaktlık) sınırına takılan birkaç eleman dışında, büyük oranda yapıya etkiyen deprem yüküne bağlıdır. Az katlı (3 katlı) yapılarda deprem yükünün yüksek çıktığı TBDY-2019 [5]'a göre yapılan tasarımda, orta ve çok katlı (6-9 katlı) yapılarda ise deprem yükünün yüksek çıktığı DBYBHY-2007 [4]'e göre yapılan tasarımda daha büyük enkesitler elde edilmiştir. Çok katlı (9 katlı) MÇÇ'de, DBYBHY-2007 [4]'e göre yapılan tasarımda yatay kat ötelemeleri %2 görelî kat ötelemesi sınırını aştığı için çapraz enkesitleri ve kolon boyutları büyütülmüştür.

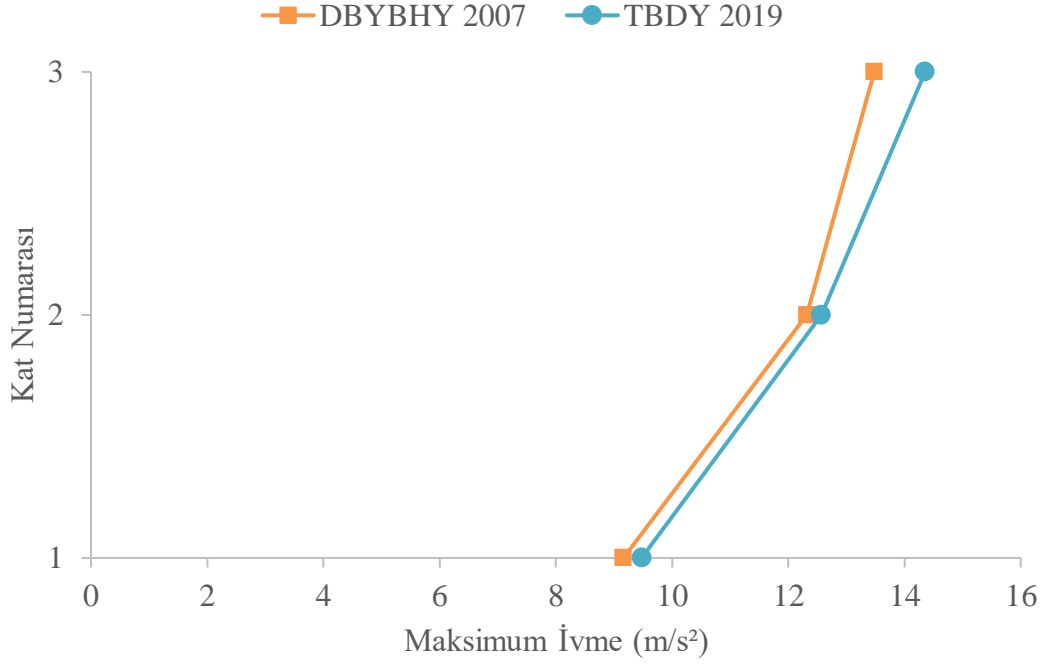
Hem DBYBHY-2007 [4] hem de TBDY-2019 [5]'de süneklilik düzeyi yüksek MÇÇ için başlık ve gövde elemanları yeterli enkesit (kompaktlık) koşullarını sağlamak zorundadır. Başlık elemanlarında sağlanması gereken  $b/t$  oranının  $0.3*(E/F_y)^{0.5}$  sınır değerden küçük olma koşulu az katlı (3 katlı) yapılar için kolon elemanlarının seçilmesinde etkin olmuştur. Dolayısıyla az katlı (3 katlı) yapılar da kolon elemanları her iki şartname içinde gerekli enkesit (kompaktlık) koşulunu sağlayan min kesit HEA400 profili seçilmiştir. Orta katlı ve çok katlı (6-9 katlı) yapılarda, TBDY-2019 [5] çapraz elemanların mekanizma durumlarını da göz önüne aldığı için ilk katlarda DBYBHY-2007 [4]'ye göre büyük kesitler seçilirken, üst katlara çıkıldıkça yine enkesit (kompaktlık) koşulu gereği her iki şartnameye göre de benzer kesitler seçilmiştir.

Kiriş elemanların tasarımında DBYBHY-2007 [4] ve TBDY-2019 [5] farklılıklar göstermektedir. DBYBHY-2007 [4], giriş elemanların kesitlerini analiz sonucunda elde edilen iç kuvvetlere göre belirlerken, TBDY-2019 [5] çapraz elemanların mekanizma durumuna göre belirler. X doğrultusunda bulunan ters V çaprazlarında çıkan yüksek dengelenmemiş kuvvetler, giriş elemanlarında yüksek moment ve eksenel kuvvete neden olmaktadır. Dolayısıyla ters V çaprazların bağlandığı girişlerin TBDY-2019 [5]'a göre belirlenen kesitleri, mekanizma durumunu göz önüne almayan DBYBHY-2007 [4]'e göre çok yüksek çıkmıştır. Fakat, Y doğrultusunda yer alan parçalı X çaprazlarda dengelenmemiş kuvvetler farklı kat yükseklikleri nedeniyle sadece ilk katlarda yüksek çıkmıştır. Ayrıca ters V şekilde biten en üst katların giriş elemanlarında da yüksek dengelenmemiş kuvvetler elde edilmiştir. Bunların dışında kalan diğer tüm katlarda yer alan giriş elemanların kesitleri çapraz elemanların mekanizma durumunda elde edilen iç kuvvetlerden etkilenmediği için her iki şartnameye göre de seçilen giriş kesitleri benzerlik göstermektedir.

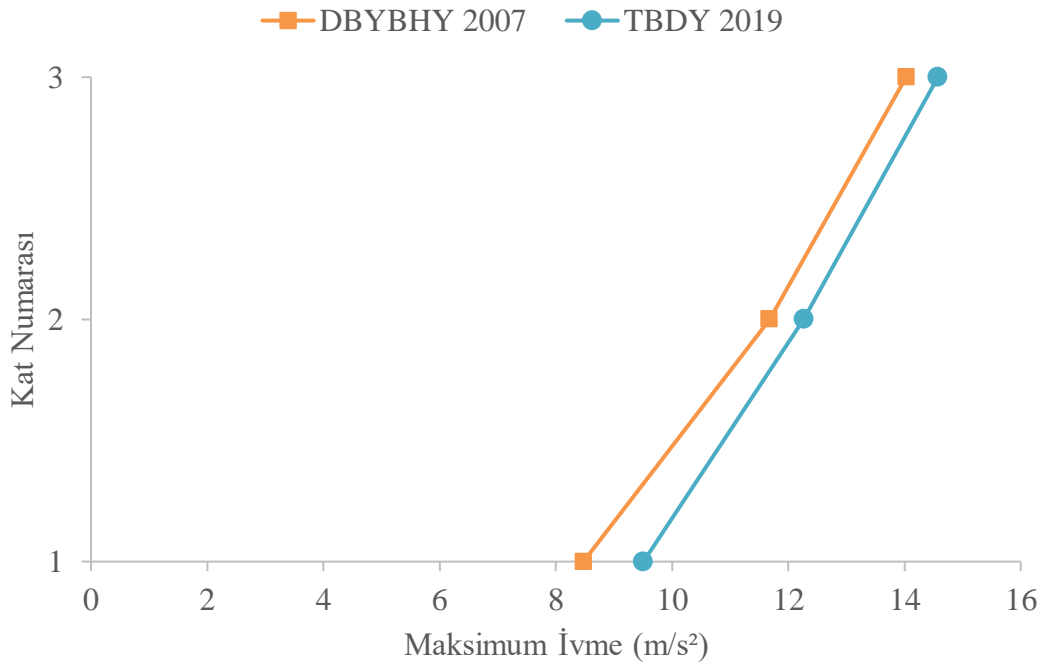
TBDY-2019 [5]'e göre yapılan tasarımlarda hem ters V tipi çaprazlı hem de parçalı X tipi çaprazlı MÇÇ'lerin toplam tonajları TBDY-2019 [5]'e göre yapılan tasarımlara göre yaklaşık %37 daha fazladır. Bunun temel sebebi, TBDY-2019 [5] da kolon, giriş ve çapraz elemanlar hem mekanizma durumuna göre hem de dayanım fazlalığı katsayısı ile arttırılmış deprem etkileri göz önüne alınarak tasarımların yapılmasıdır.

Yukarıda kesitleri karşılaştırılmış 12 prototip MÇÇ'nin her biri için ölçeklendirme katsayısı(SF) ile büyütülmüş 44'er adet zemin hareketleri etkilmiştir ve bu etki sonucu oluşan kat seviyelerindeki maksimum ivme, maksimum hız, maksimum görelî kat ötelemesi, analiz sonucu kalıcı deplasmanları ve çaprazların maksimum düzlem dışı burkulması, maksimum süneklik taleplerinin medyan değerleri raporlanmıştır. X doğrultusu Ters V MÇÇ'leri için Tablo EK D.1 ve Y doğrultusu Parçalı X MÇÇ'leri için Tablo EK D.2'de Grafiklerin sayısal olarak değerleri verilmiştir.

## 4.2. Az Katlı (3 Katlı) Yapılar için Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Raporları

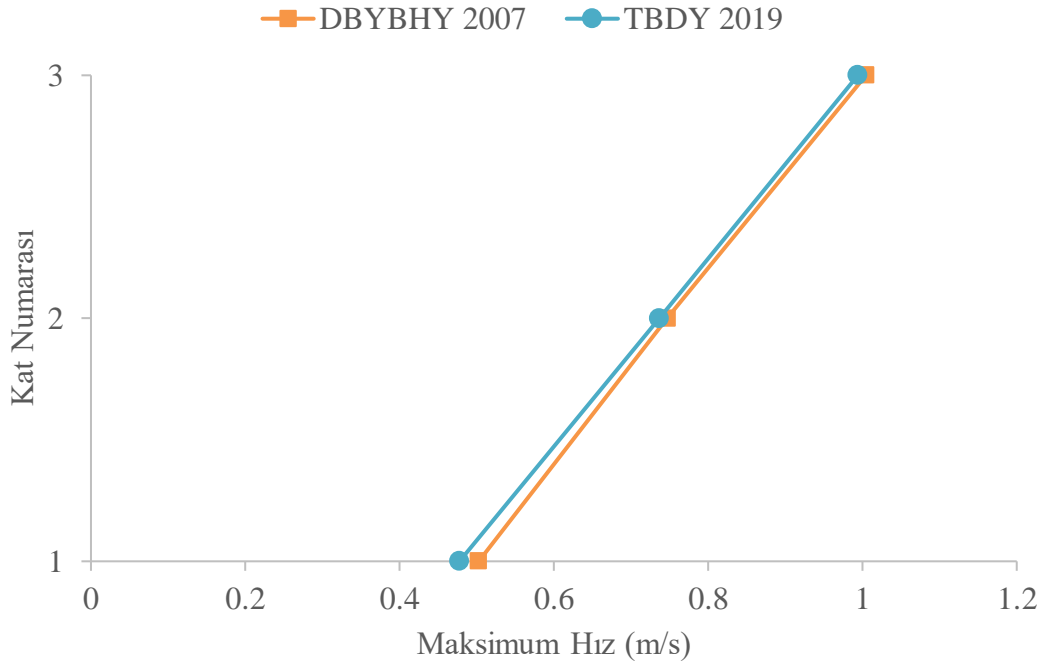


Şekil 4.1.a Maksimum İvme-3 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz

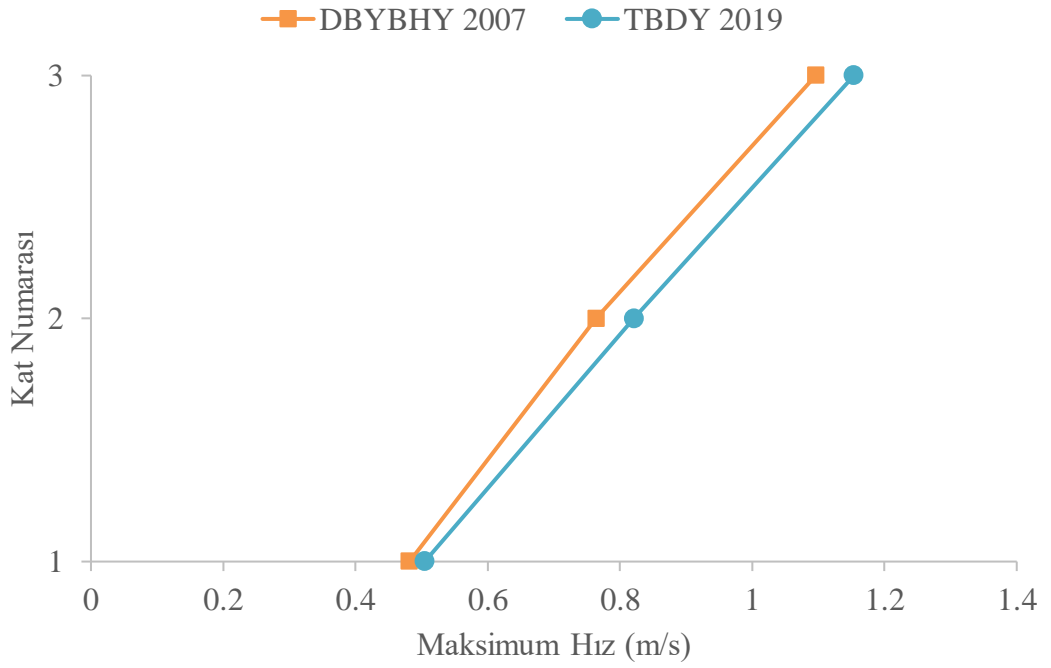


Şekil 4.1.b Maksimum İvme-3 Kat-Y doğrultusu Parçalı X Çapraz

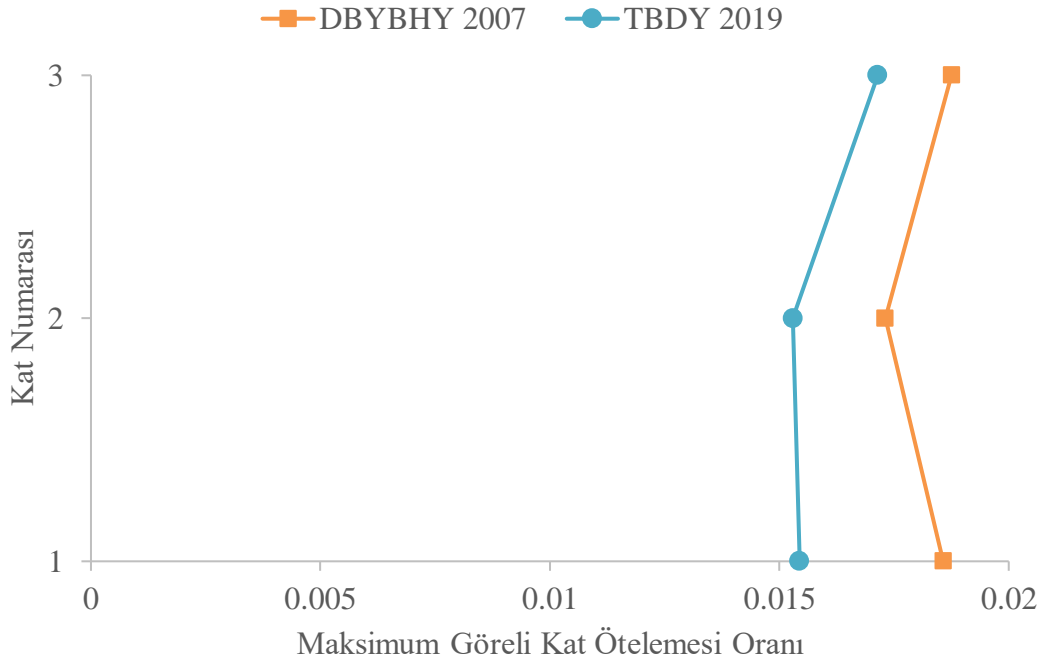




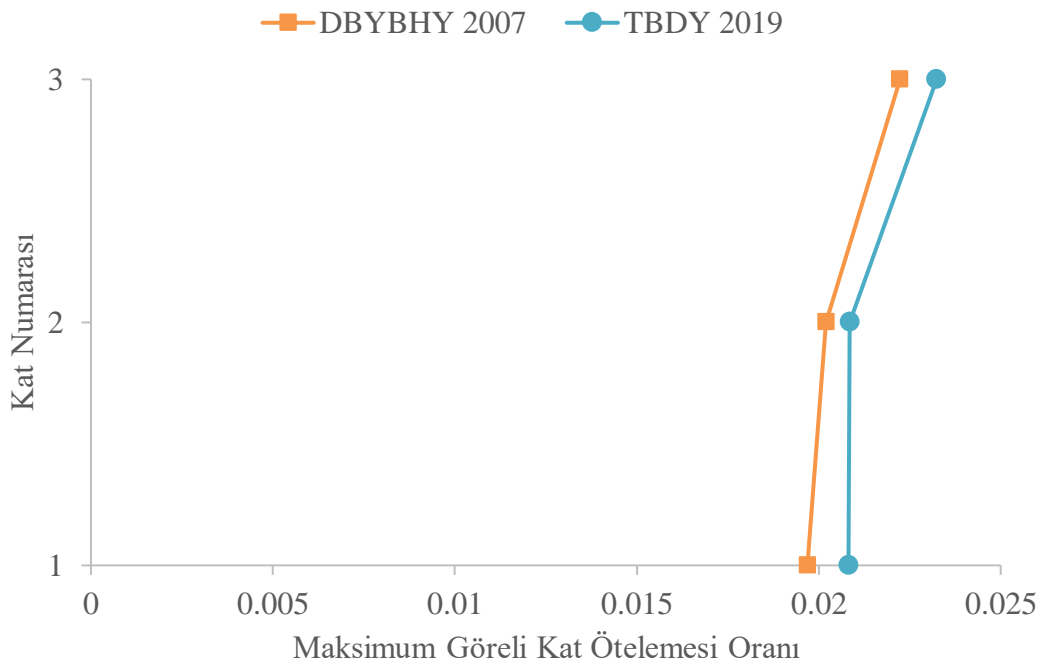
Şekil 4.2.a Medyan Maksimum Hız-3 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



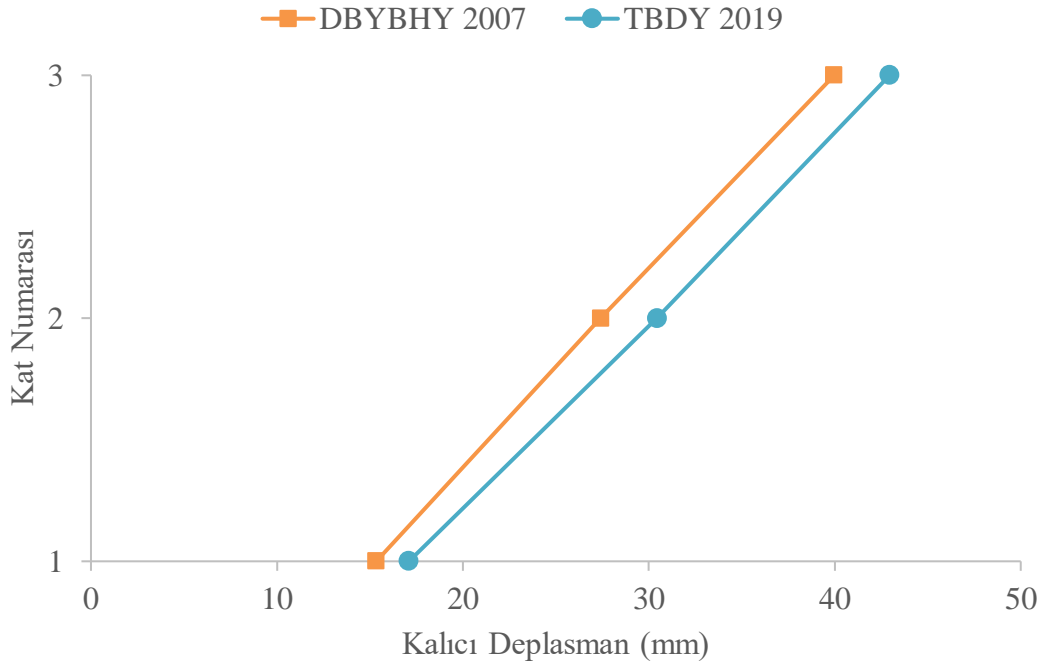
Şekil 4.2.b Maksimum Hız-3 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



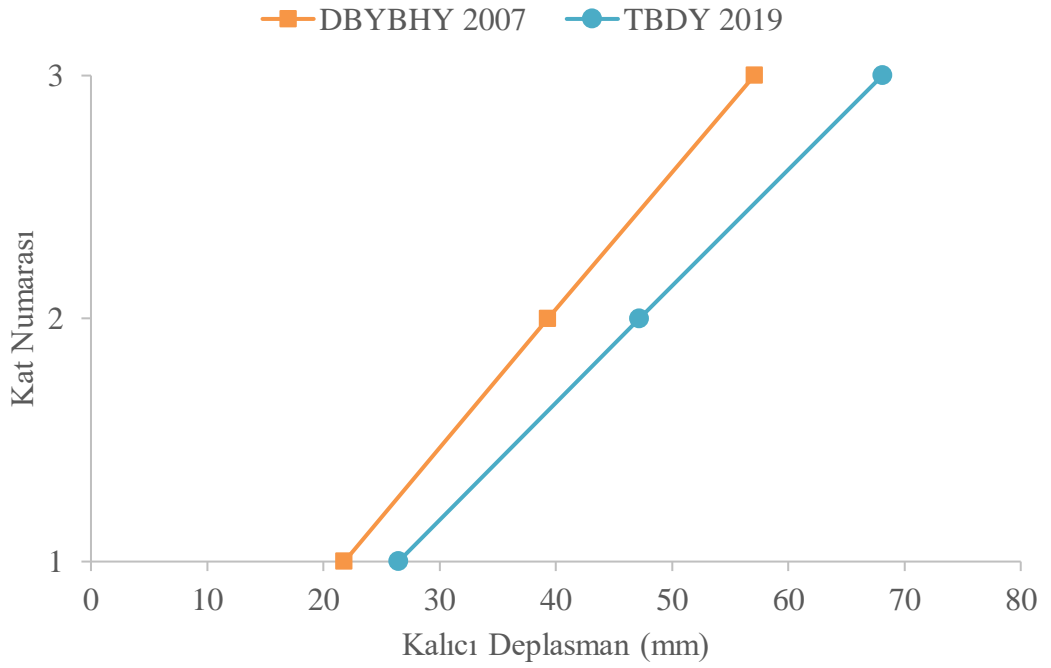
**Şekil 4.3.a** Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı-3 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



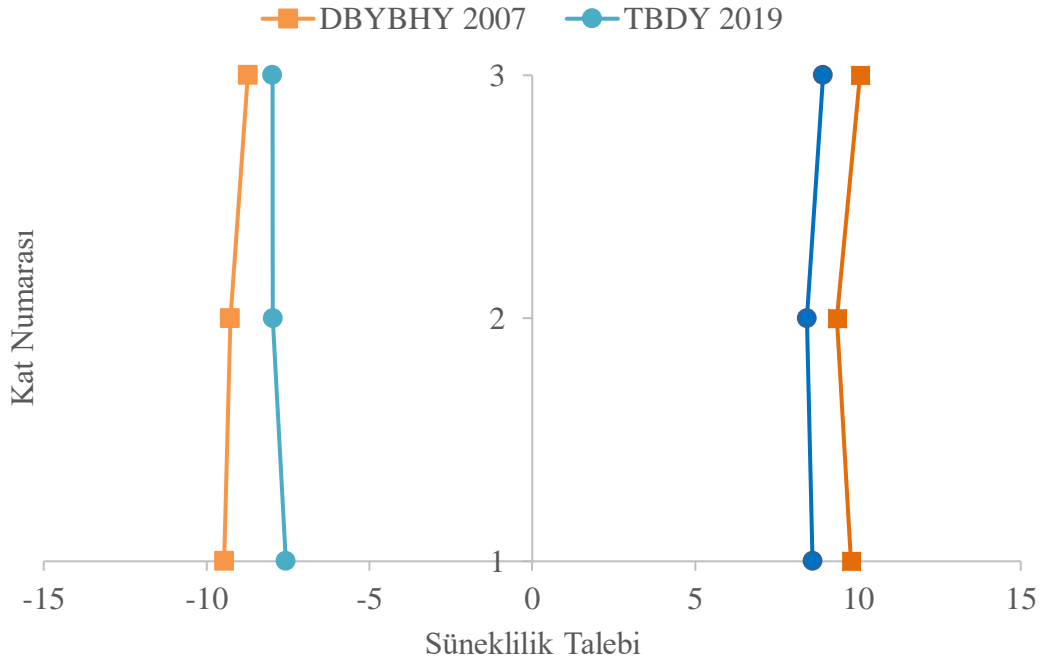
**Şekil 4.3.b** Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı-3 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



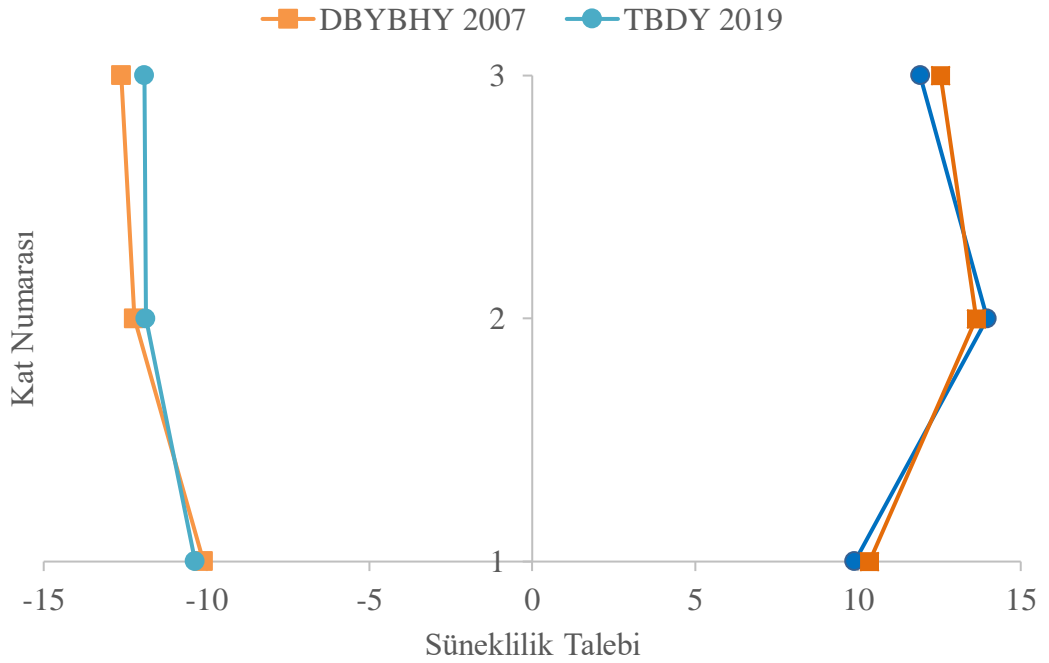
**Şekil 4.4.a** Kalıcı Deplasman-3 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



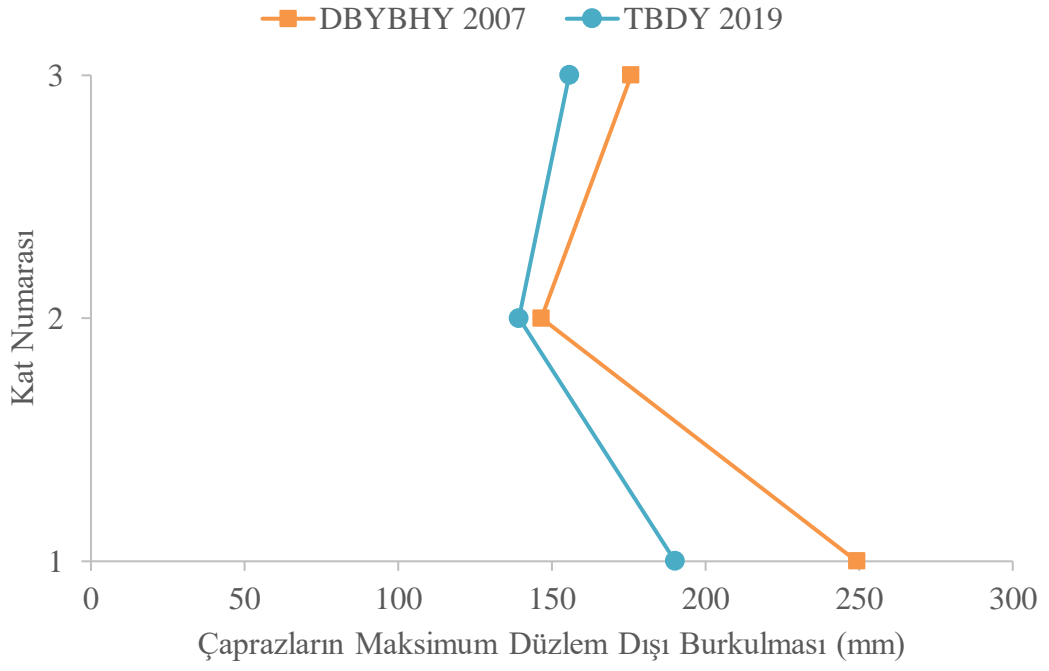
**Şekil 4.4.b** Kalıcı Deplasman-3 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



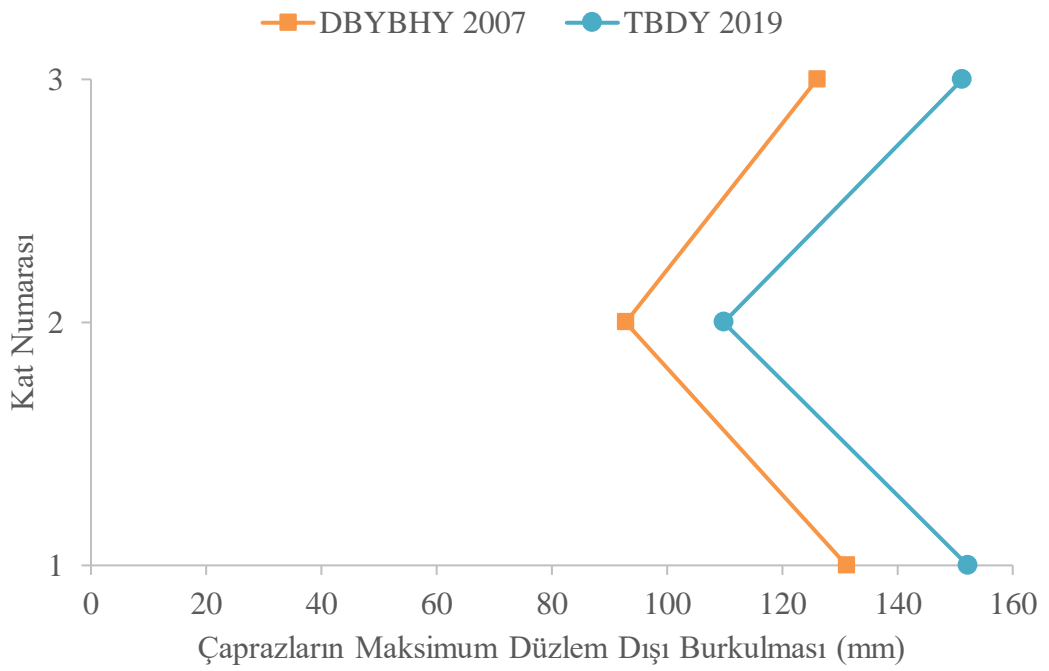
Şekil 4.5.a Süneklilik Talebi-3 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



Şekil 4.5.b Süneklilik Talebi-3 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



**Şekil 4.6.a** Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması-3 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



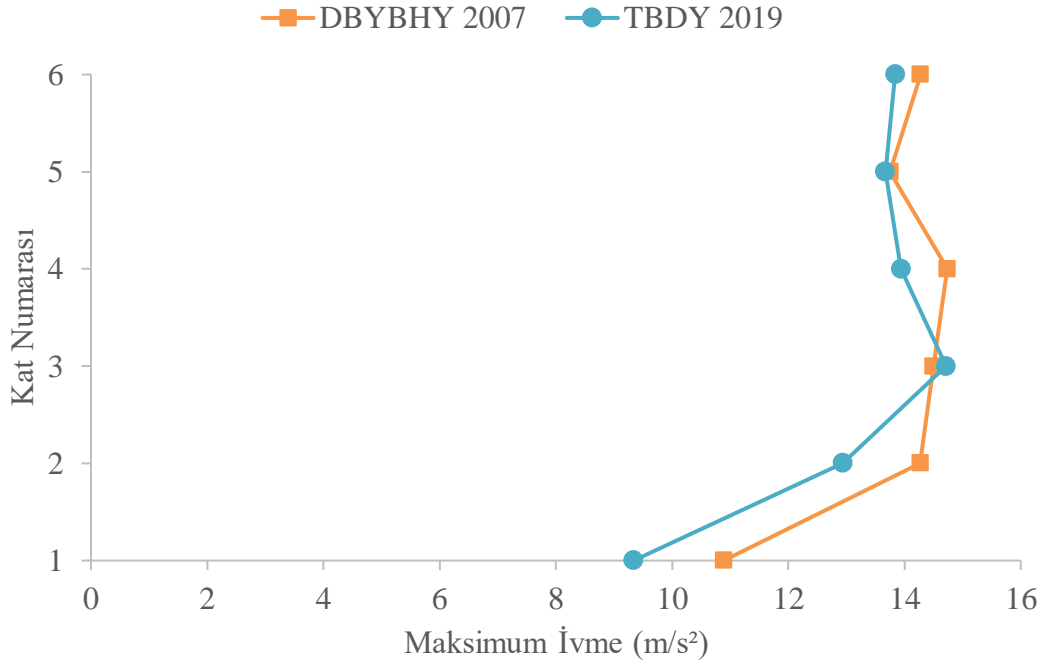
**Şekil 4.6.b** Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması-3 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz

Az katlı (3 katlı) yapılar için gerçekleştirilen doğrusal olmayan zaman tanımlı analizler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda raporlanmıştır.

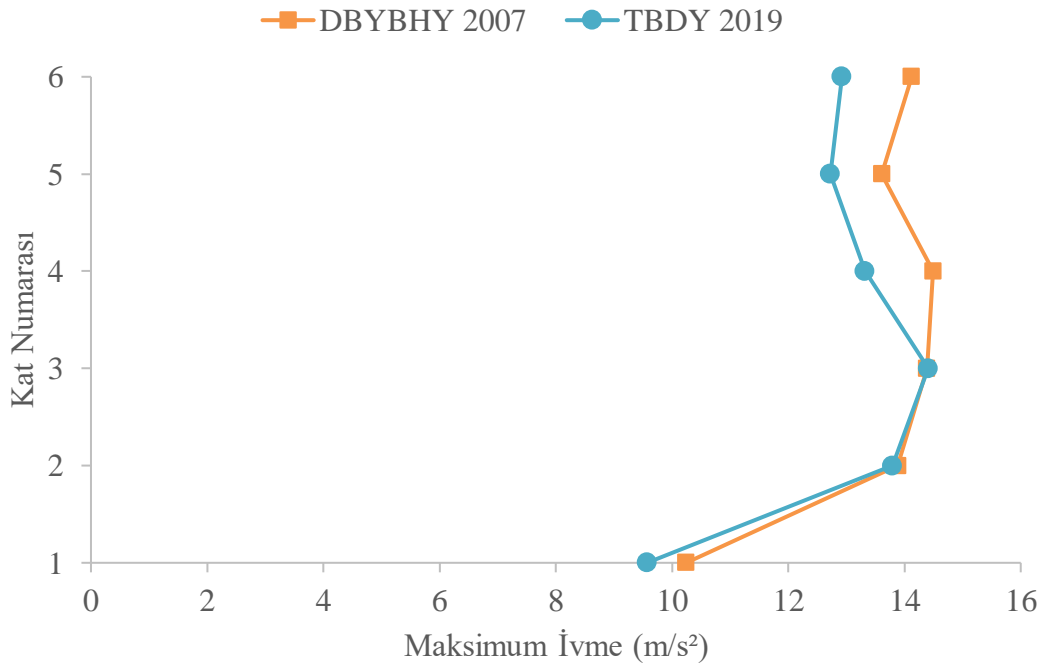
X doğrultusunda yer alan ters V çaprazlı MÇÇ'lerde; maksimum ivme ve maksimum hız değerleri her iki şartnameye göre de benzerlik göstermiştir. Maksimum görelî kat ötelemesi oranı ise DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıda, TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %15 fazla çıktığı buna karşın deprem sonrası kalıcı deplasmanlarının TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıda, DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %10 fazla çıktığı hesaplanmıştır. Çapraz elemanların süneklilik talebi ve maksimum düzlem dışı burkulmaları DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıda, TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %10 fazla çıktığı yapılan analizler sonucu elde edilmiştir.

Y doğrultusunda yer alan parçalı X çaprazlı MÇÇ'lerde; her iki şartnameye göre yapılan tasarımda maksimum ivme, maksimum hız, maksimum görelî kat ötelemesi oranı ve çapraz elemanların süneklilik talep değerleri benzerlik göstermiştir. Deprem sonrası kalıcı deplasmanları ve çapraz elemanların maksimum düzlem dışı burkulmaları TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıda, DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %20 daha fazla çıktığı yapılan analizler sonucu elde edilmiştir.

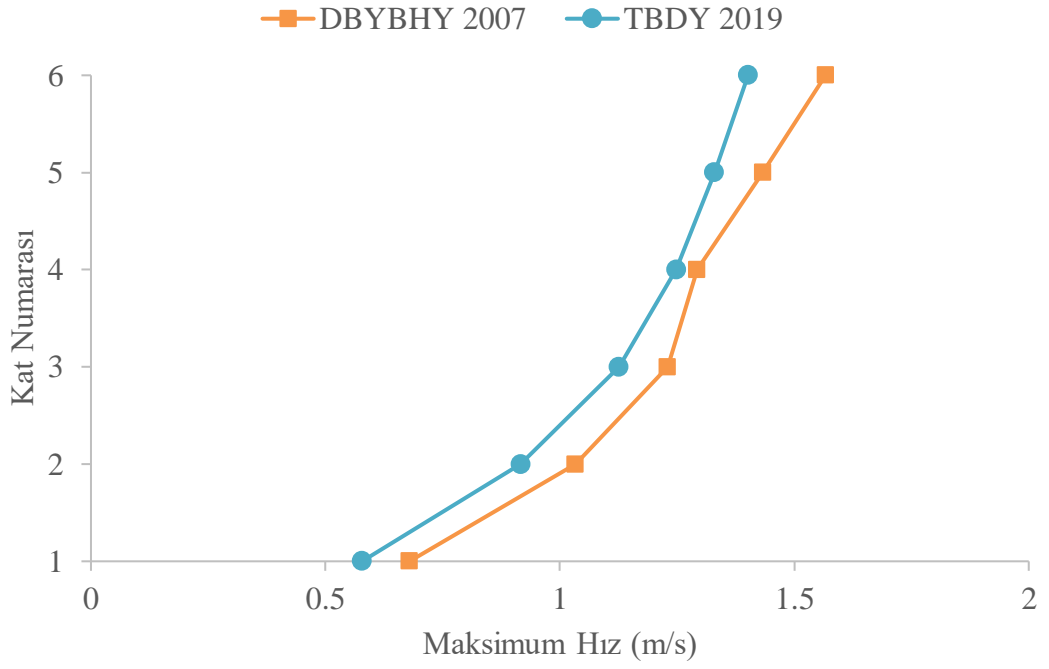
### 4.3. Orta Katlı (6 Katlı) Yapılar için Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Raporları



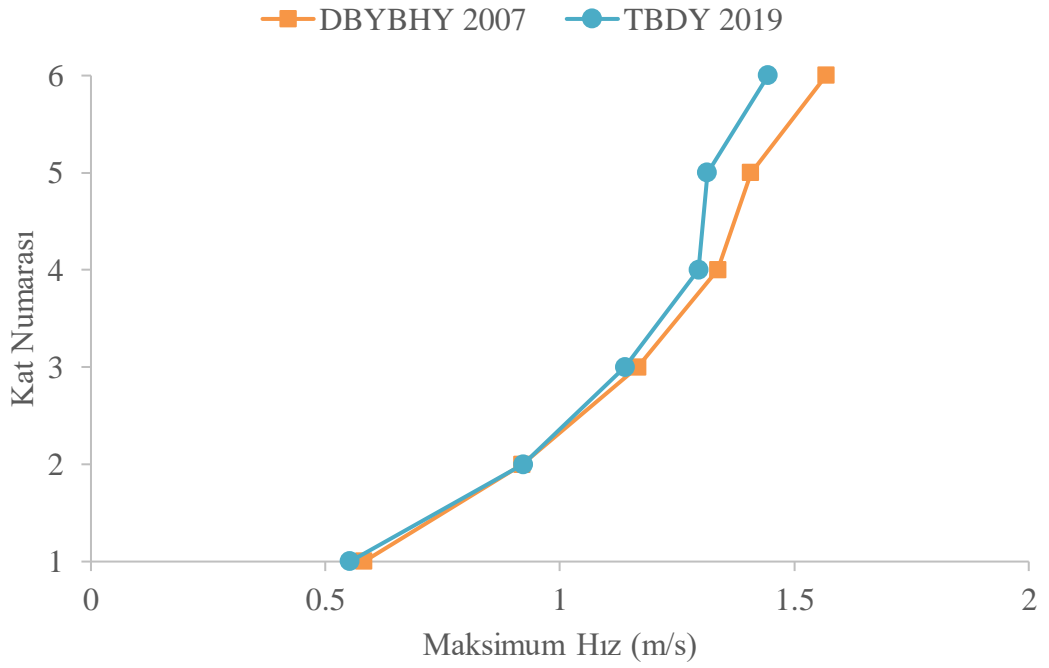
Şekil 4.7.a Maksimum İvme-6 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



Şekil 4.7.b Maksimum İvme-6 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz

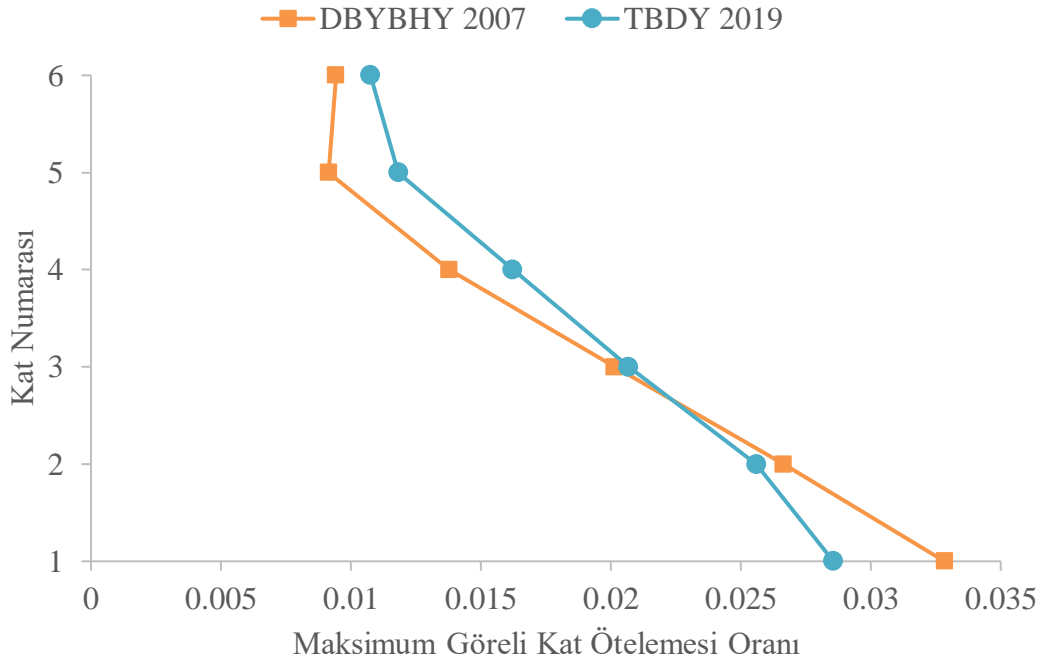


**Şekil 4.8.a** Maksimum Hız-6 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz

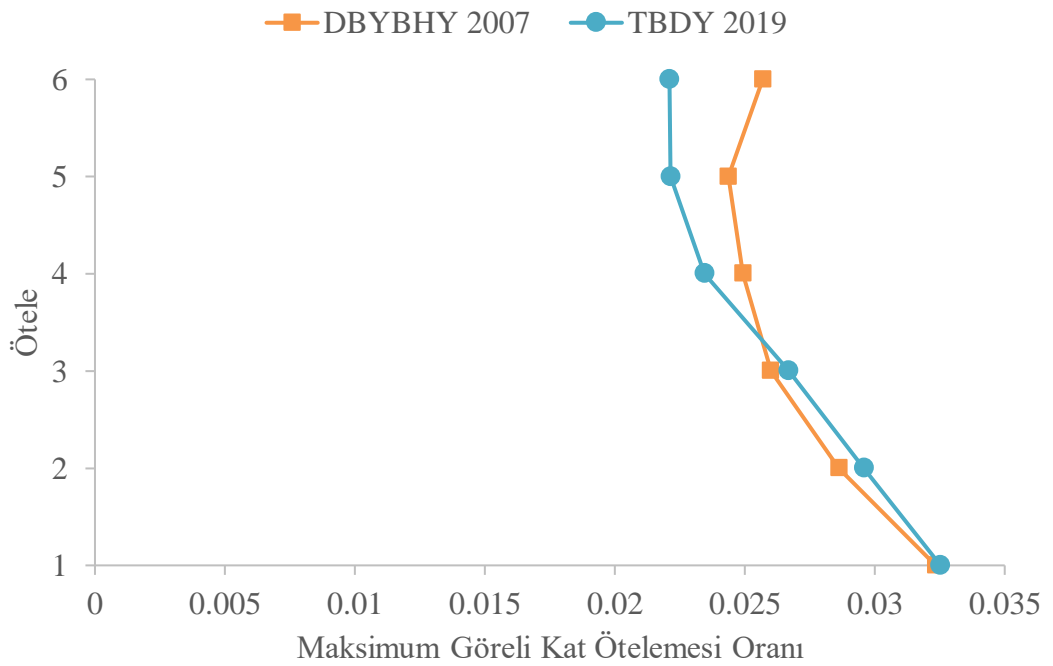


**Şekil 4.8.b** Maksimum Hız-6 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz

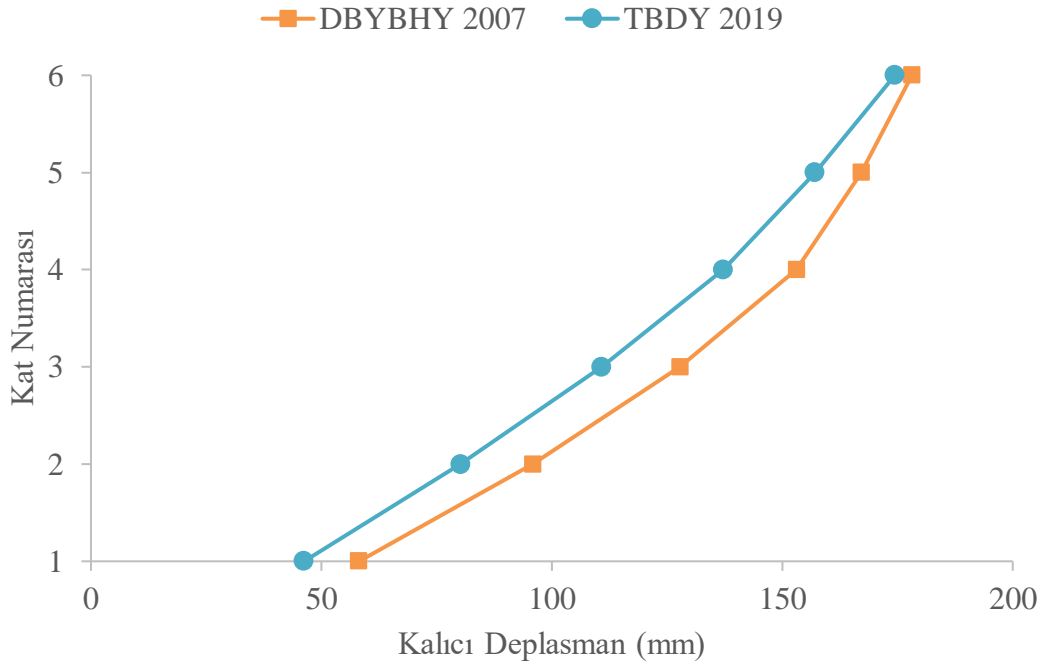




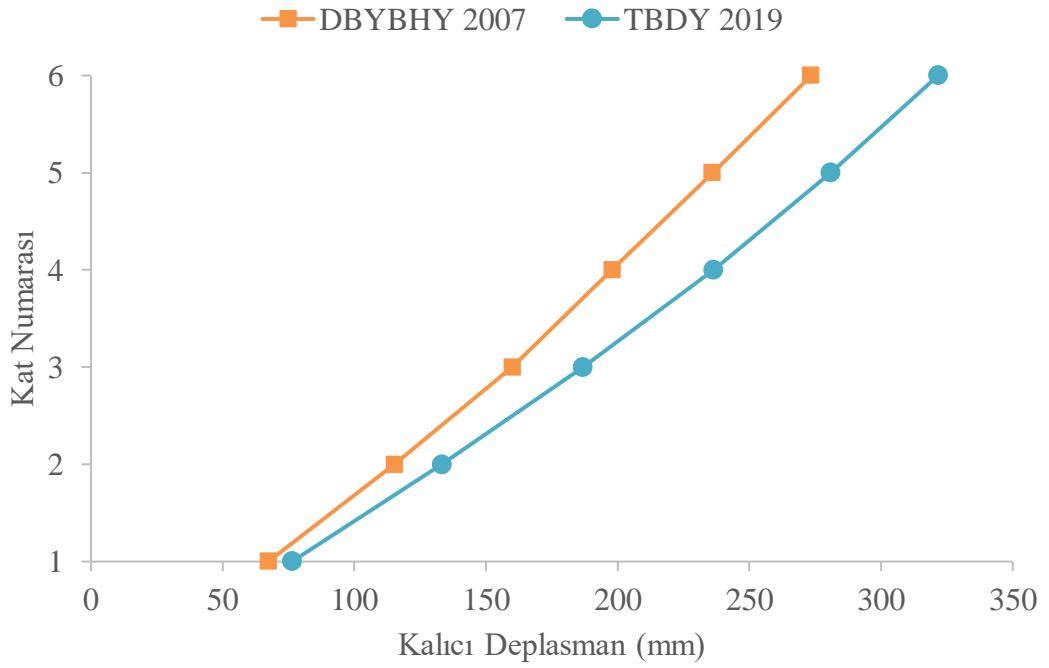
**Şekil 4.9.a** Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı-6 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



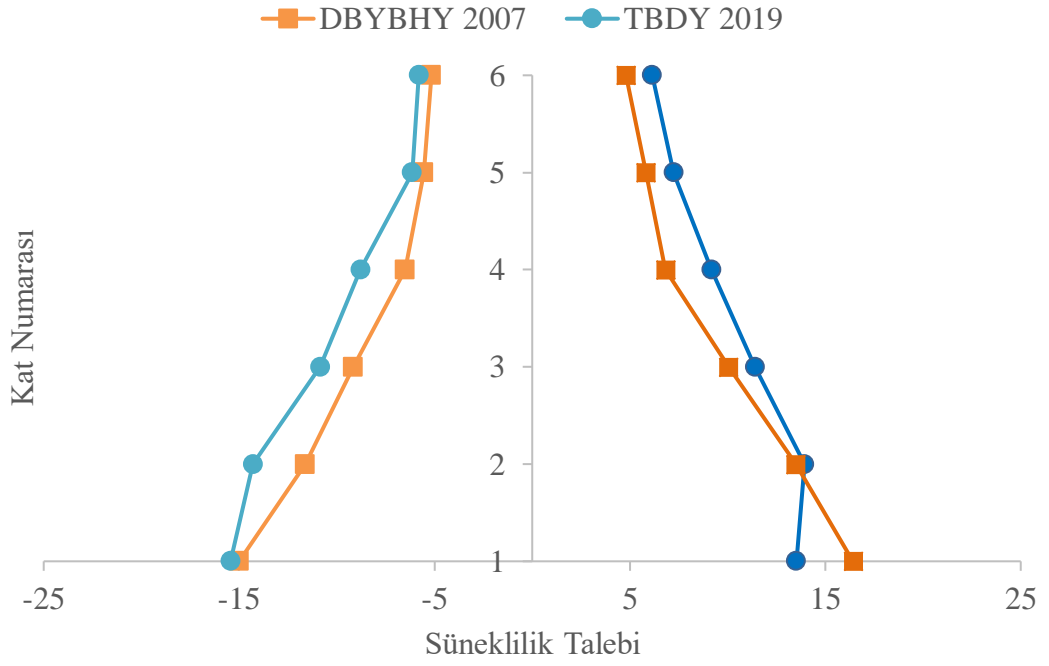
**Şekil 4.9.b** Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı-6 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



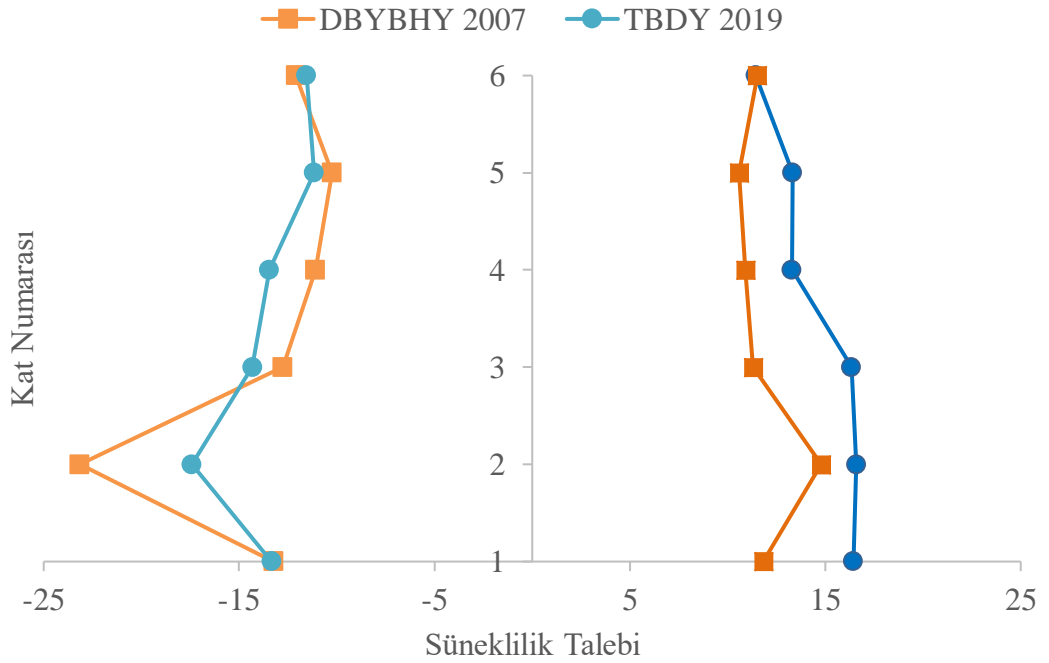
**Şekil 4.10.a** Kalıcı Deplasman-6 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



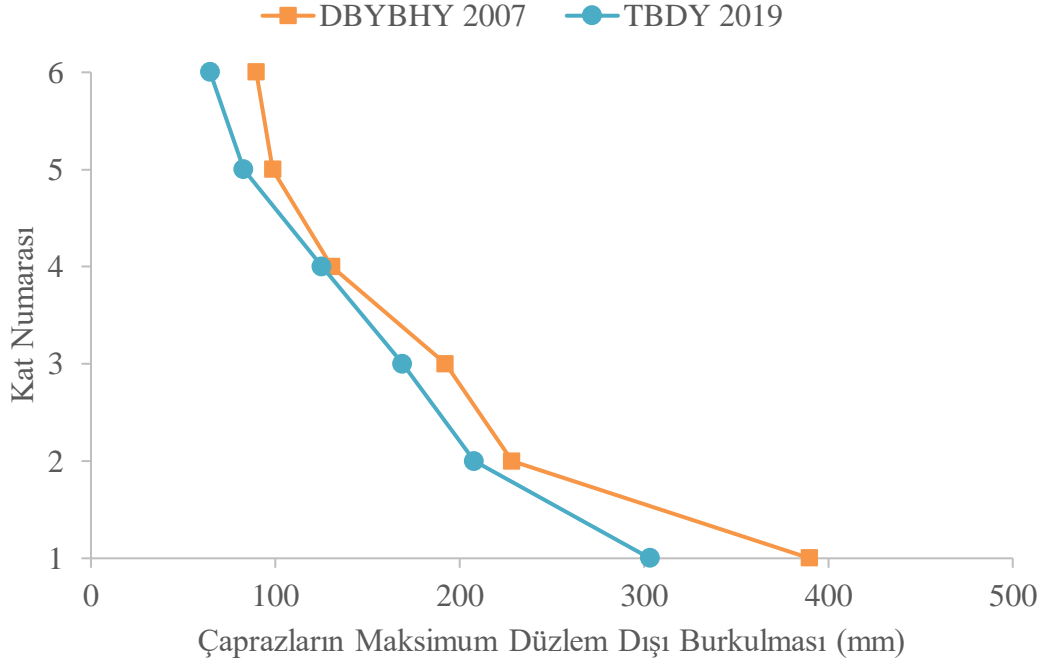
**Şekil 4.10.b** Kalıcı Deplasman-6 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



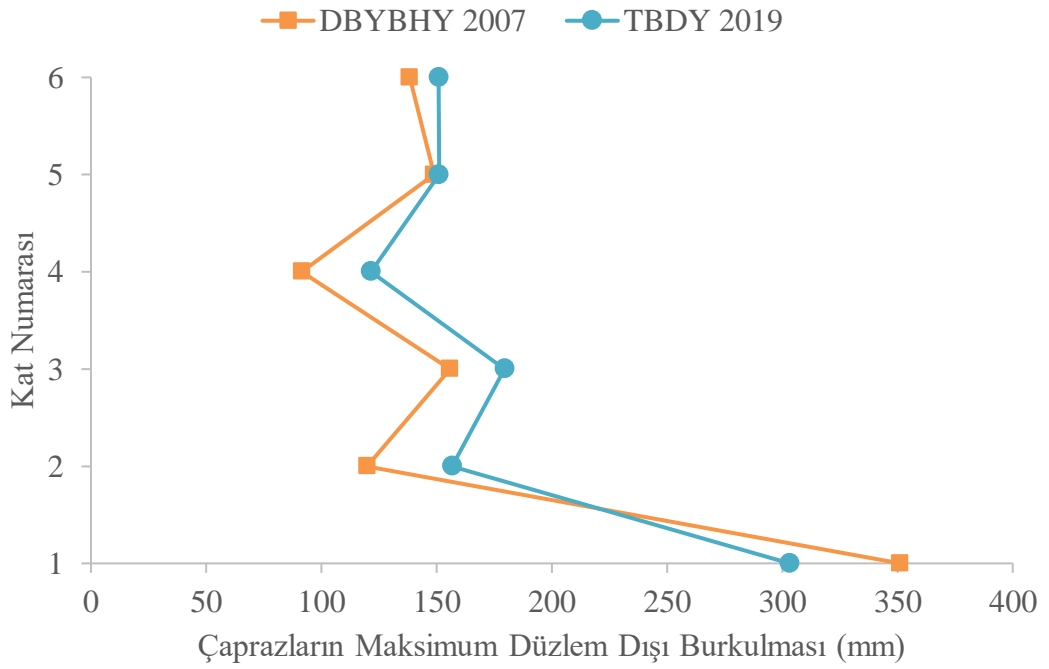
Şekil 4.11.a Süneklilik Talebi-6 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



Şekil 4.11.b Süneklilik Talebi-6 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



**Şekil 4.12.a** Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması-6 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



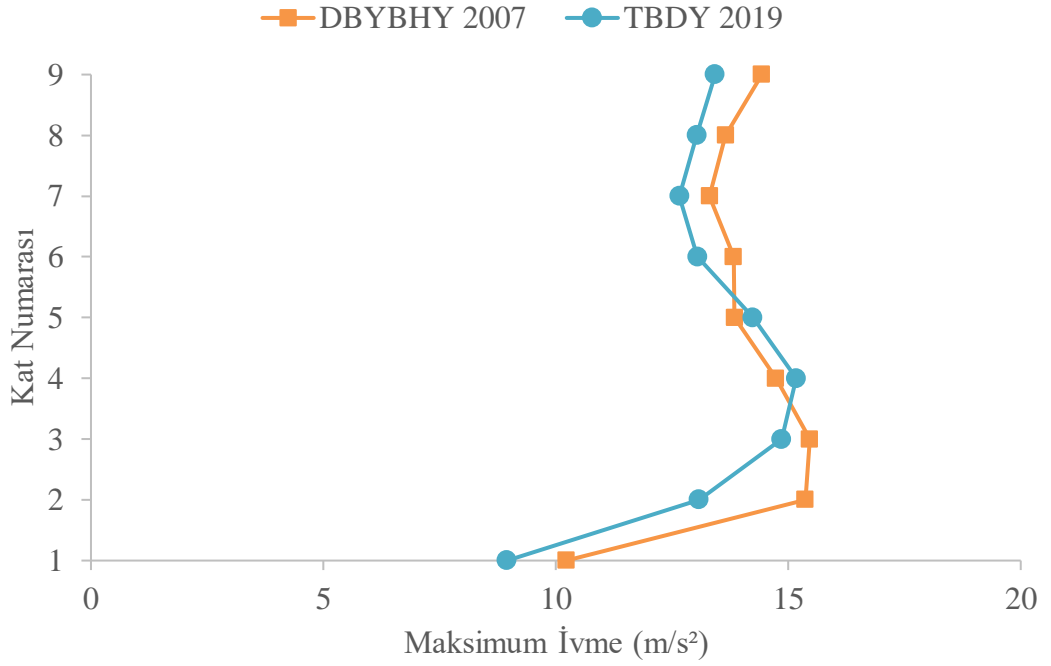
**Şekil 4.12.b** Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması-6 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz

Orta katlı (6 katlı) yapılar için gerçekleştirilen doğrusal olmayan zaman tanımlı analizler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda raporlanmıştır.

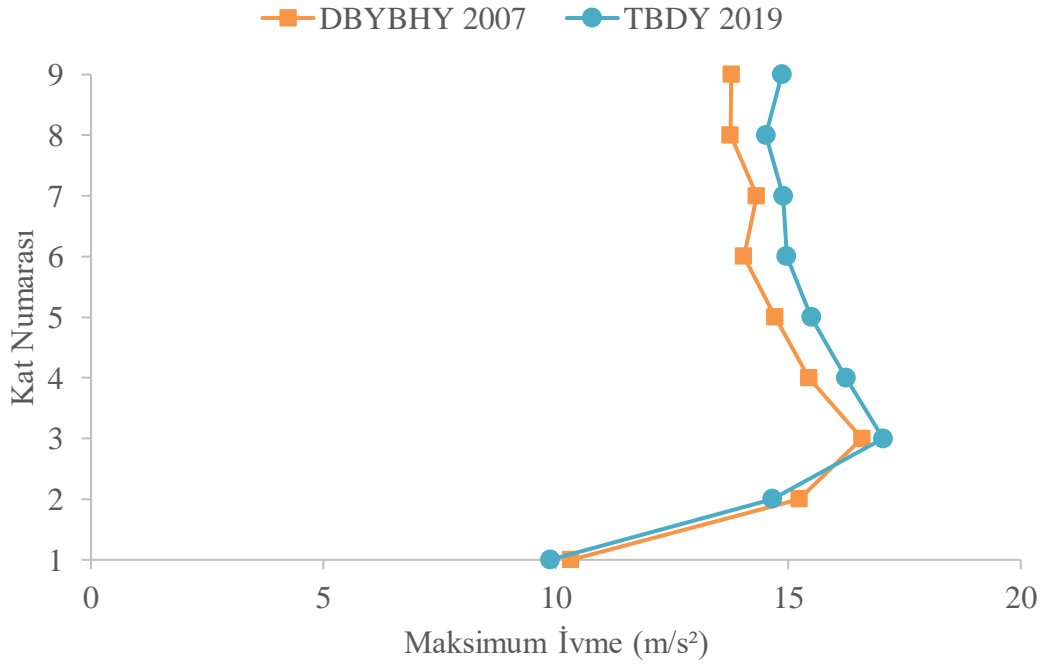
X doğrultusu yer alan ters V çaprazlı MÇÇ'lerde; maksimum ivme, maksimum görelî kat ötelemesi oranları ve çapraz elemanların süneklilik talep değerleri benzerlik gösterdiği, maksimum hız, deprem sonrası kalıcı deplasmanların ve çapraz elemanların maksimum düzlem dışı burkulma değerleri DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıda, TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %15 fazla çıktığı yapılan analizler sonucu elde edilmiştir.

Y doğrultusu yer alan parçalı X çaprazlı MÇÇ'lerde; maksimum ivme, maksimum hız, maksimum görelî kat ötelemesi oranı ve çapraz elemanların süneklilik talep değerleri benzerlik gösterdiği, deprem sonrası kalıcı deplasmanlarının ve çapraz elemanların maksimum düzlem dışı burkulmaları TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıda, DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %15 daha fazla çıktığı yapılan analizler sonucu elde edilmiştir.

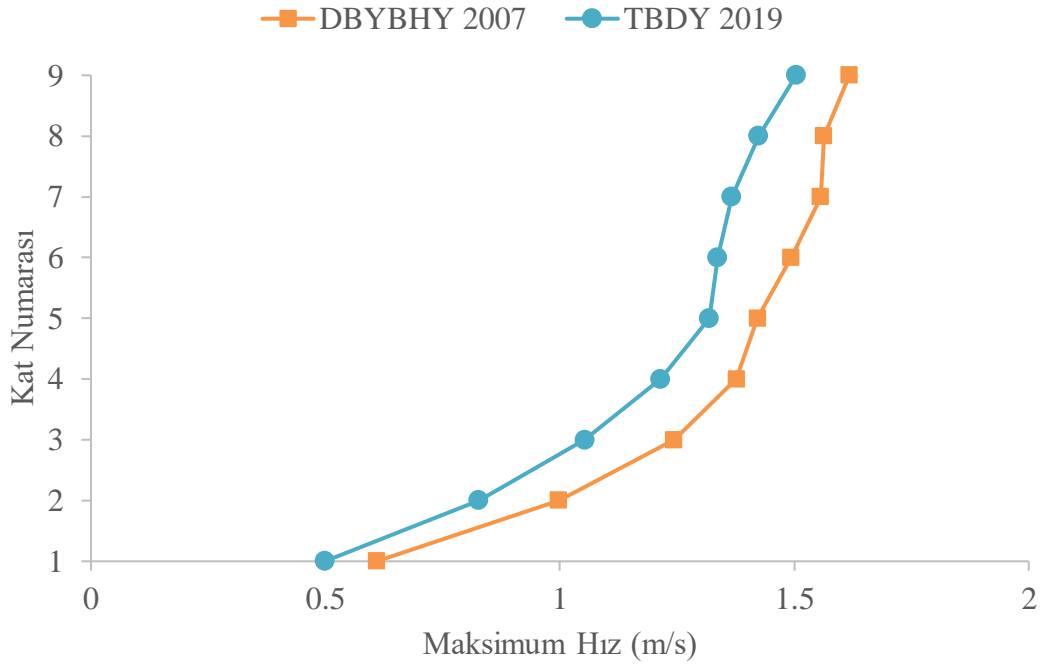
### 4.3. Çok Katlı (9 Katlı) Yapılar için Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Raporları



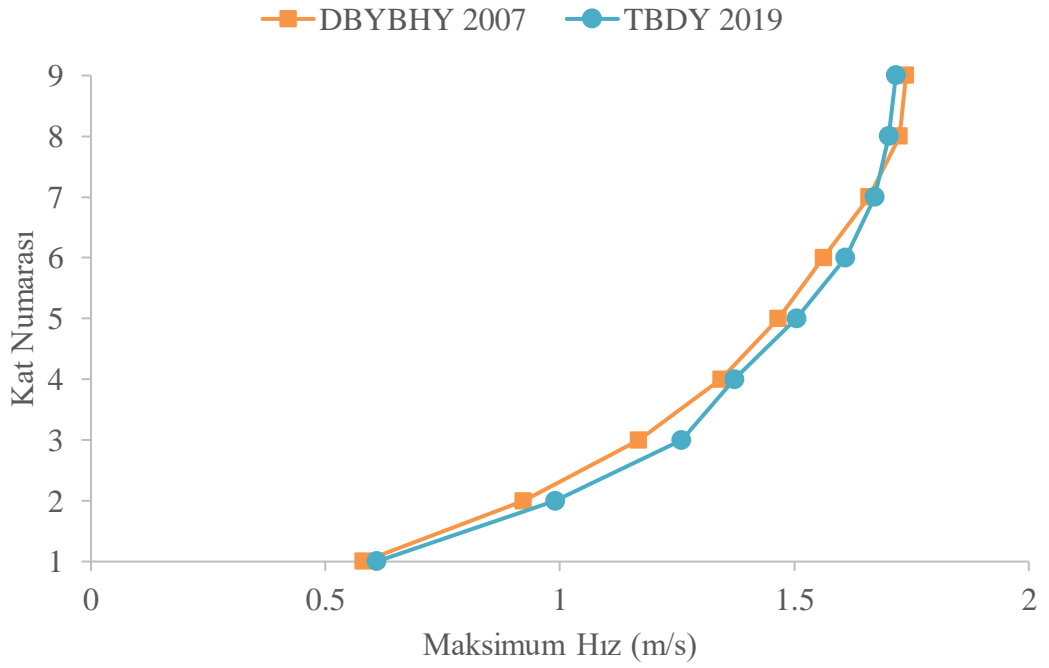
Şekil 4.13.a Maksimum İvme-9 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



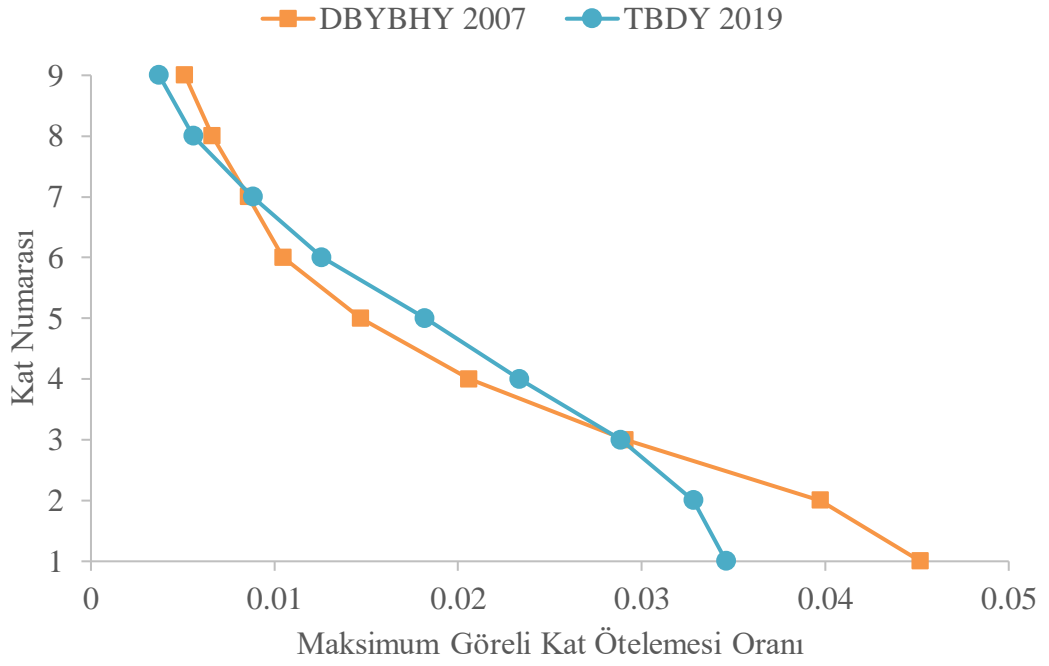
Şekil 4.13.b Maksimum İvme-9 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



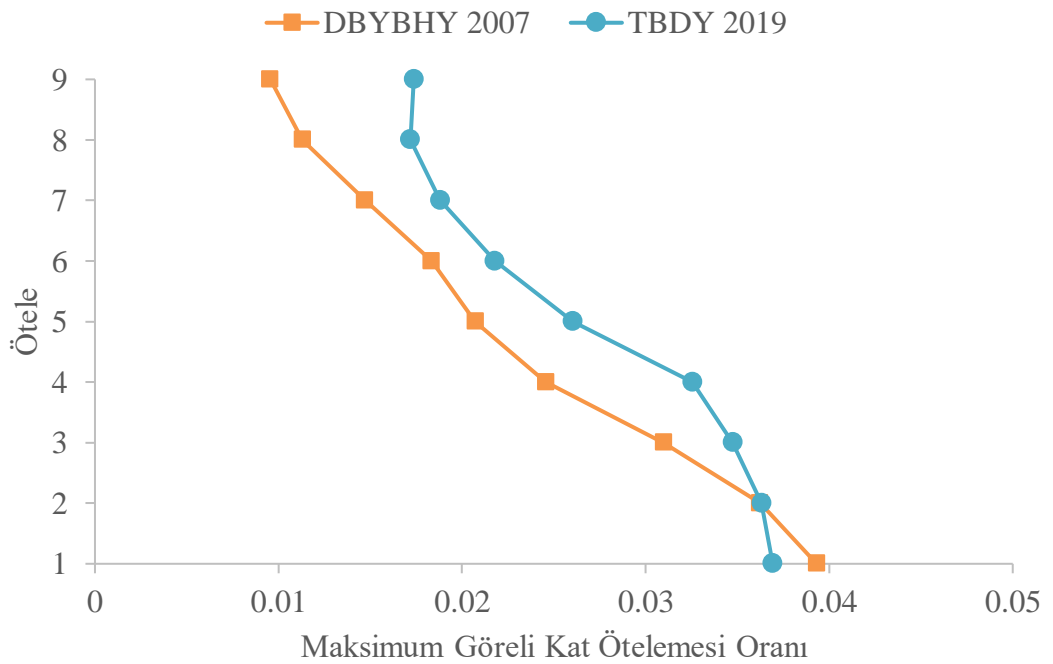
Şekil 4.14.a Maksimum Hız-9 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



Şekil 4.14.b Maksimum Hız-9 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz

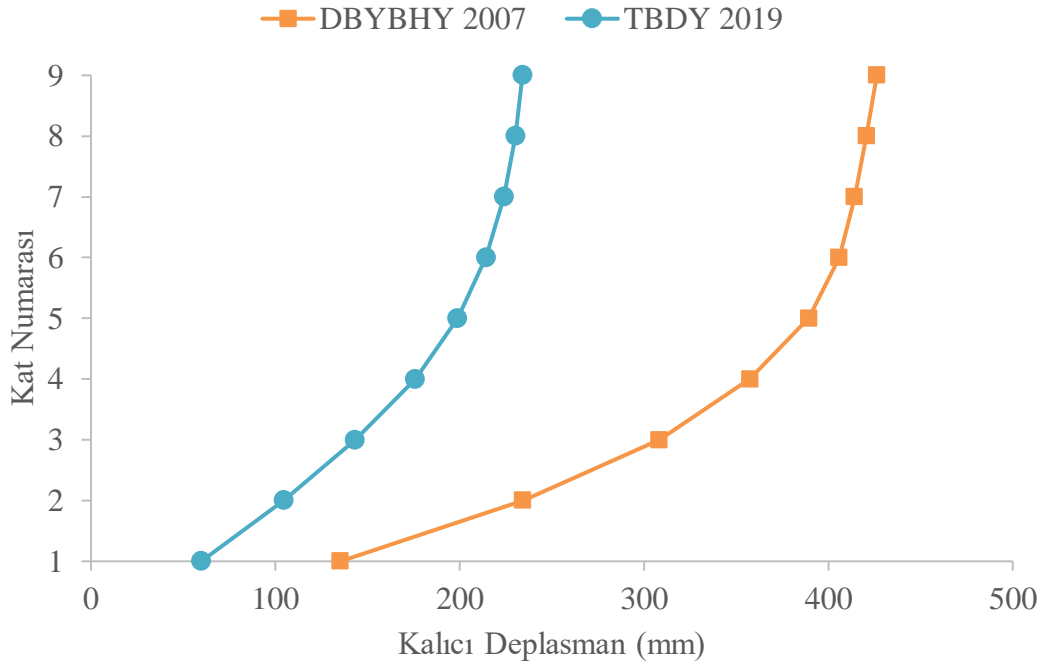


**Şekil 4.15.a** Maksimum Görelî Kat Öteleme Oranı-9 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz

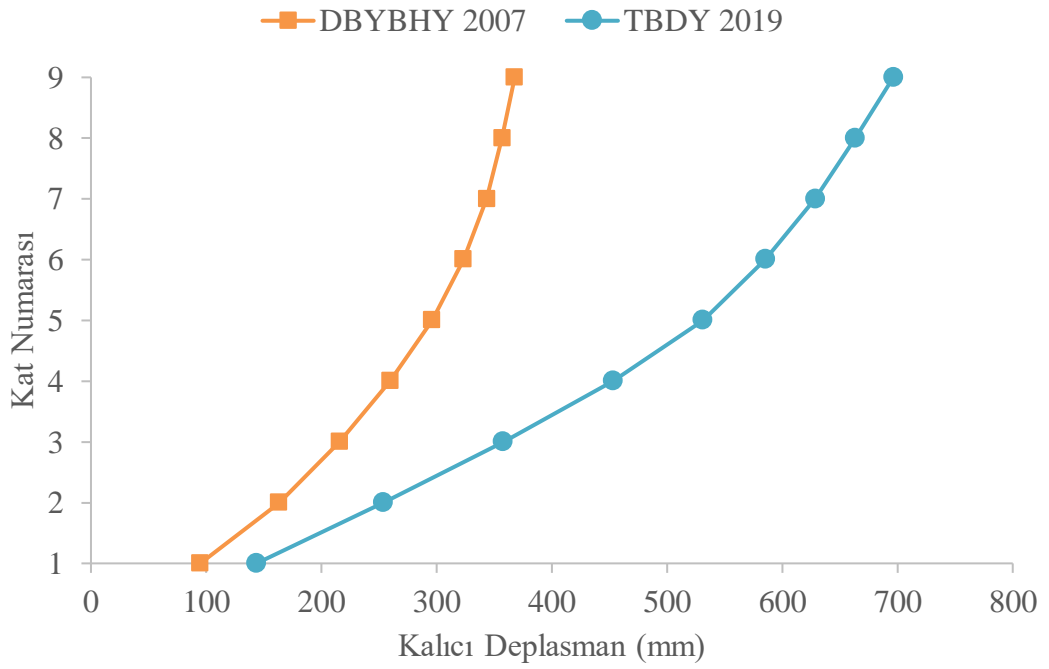


**Şekil 4.15.b** Maksimum Görelî Kat Öteleme Oranı-9 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz

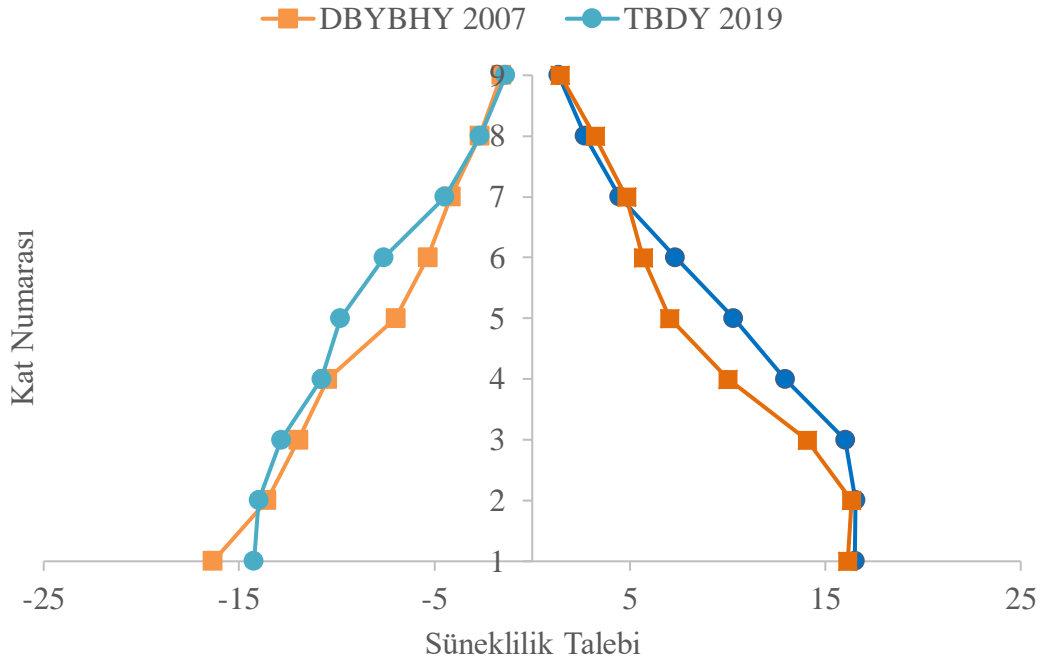




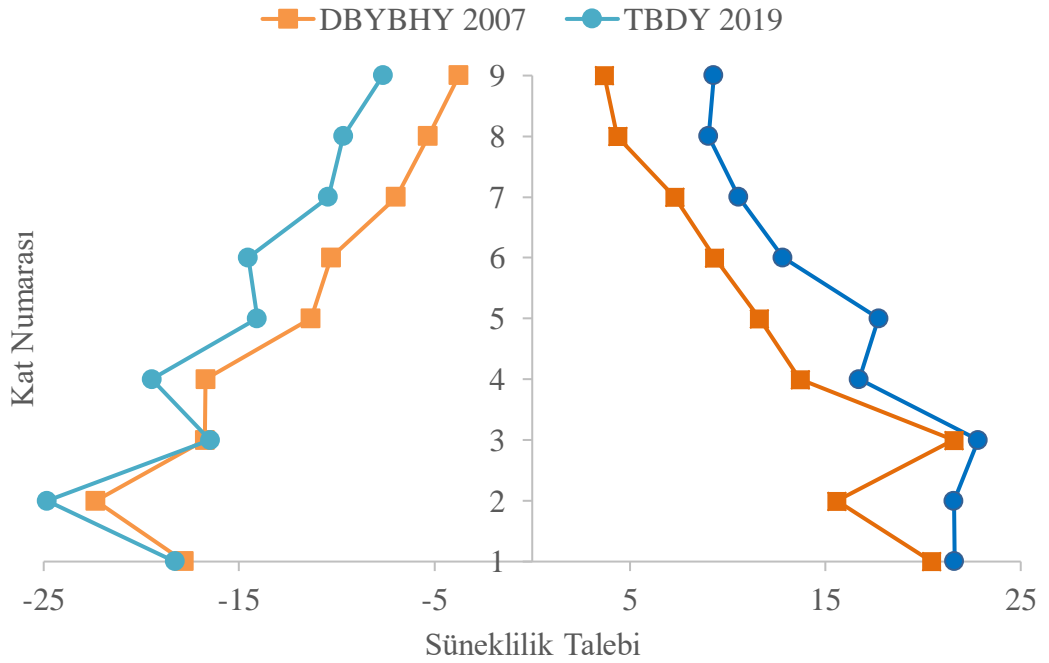
Şekil 4.16.a Kalıcı Deplasman-9 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



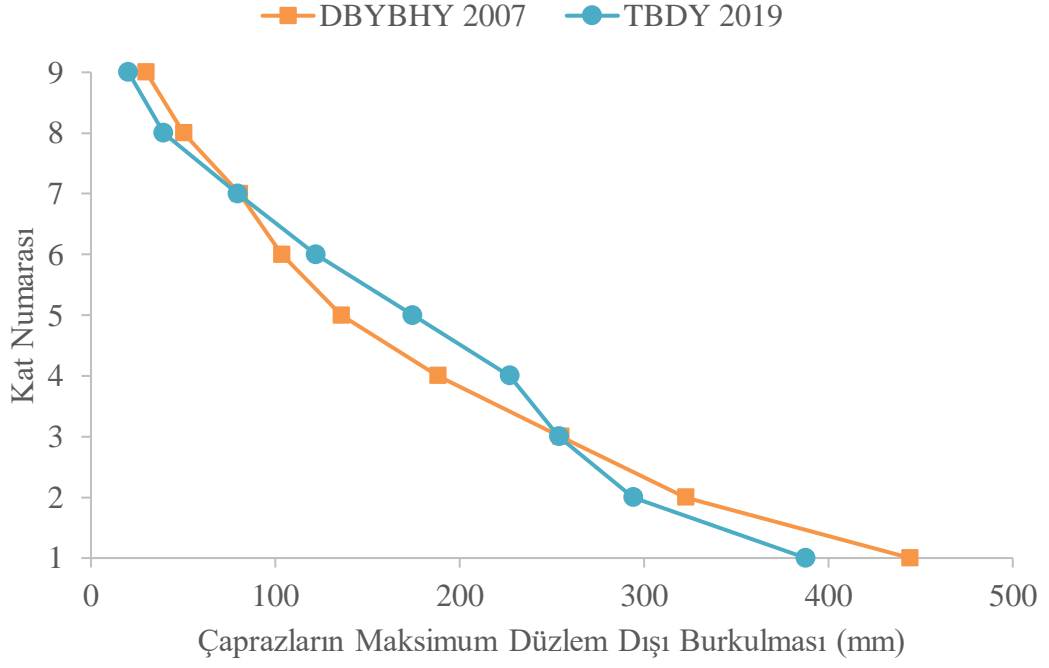
Şekil 4.16.b Kalıcı Deplasman-9 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



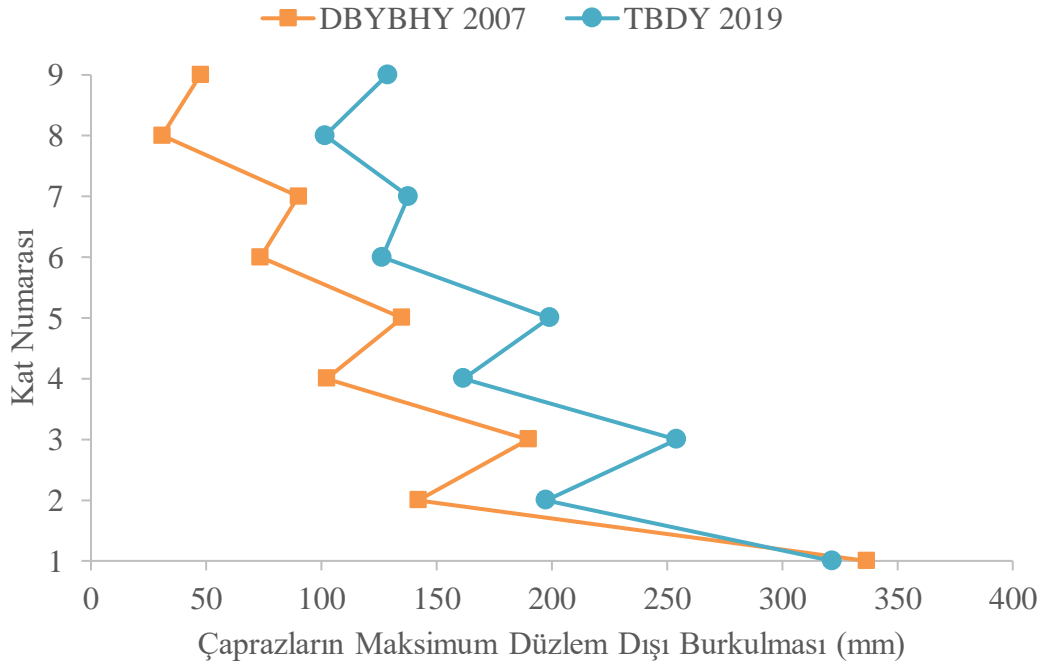
Şekil 4.17.a Süneklilik Talebi-9 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



Şekil 4.17.b Süneklilik Talebi-9 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz



**Şekil 4.18.a** Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması-9 Kat-X Doğrultusu Ters V Çapraz



**Şekil 4.18.b** Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulması-9 Kat- Y doğrultusu Parçalı X Çapraz

Çok katlı (9 katlı) yapılar için gerçekleştirilen doğrusal olmayan zaman tanımlı analizler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda raporlanmıştır.

X doğrultusu yer alan ters V çaprazlı MÇÇ'lerde; maksimum ivme, maksimum görelî kat ötelemesi oranları ve çapraz elemanların süneklilik talep ve çapraz elemanların maksimum düzlem dışı burkulma değerleri benzerlik gösterdiği, maksimum hız DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıda, TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %10 fazla çıktığı, deprem sonrası kalıcı deplasmanların DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapıda, TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %105 daha fazla çıktığı yapılan analizler sonucu elde edilmiştir.

Y doğrultusu ye alan parçalı X çaprazlı MÇÇ'lerde; maksimum ivme ve maksimum hız değerleri benzerlik gösterdiği, deprem sonrası kalıcı deplasmanlarının TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıda, DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %80 daha fazla çıktığı, çapraz elemanların süneklilik talepleri TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıda, DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %35 daha fazla çıktığı, çapraz elemanların maksimum düzlem dışı burkulmaları TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıda, DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %30 daha fazla çıktığı, maksimum görelî kat ötelemesi oranında alt katlarda TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıda, DBYBHY-2007 [4] 'e göre tasarlanan yapıya göre yaklaşık %25 daha fazla çıktığı yapılan analizler sonucu elde edilmiştir.

Y doğrultusunda X tip MÇÇ'lerin analiz sonuçlarındaki farkın yüksek olmasında ki temel sebep DBYBHY-2007[4]'ye göre tasarlanan yapının görelî kat ötelemesi sınırını aşması nedeniyle kolon ve çapraz kesitlerinin büyütülmüş olmasındandır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüze kadar deprem yönetmeliği birçok defa revize olmuş ve güncel olarak kullandığımız Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007 [4]), 2018 yılında revize olarak, 2019 yılında yürürlüğe girmiş olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2019 [5]) hazırlanmıştır. Deprem yönetmelikleri yapısal sistemlerin tasarımı için ek koşullar getirmektedir. Bu çalışma kapsamında, süneklilik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevesi (MÇÇ'li) sistemlere yoğunlaşmıştır. Dolayısıyla, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına (ÇYTHYDE-2018 [24]) ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğine (DBYBHY-2007 [4]) göre 3,6 ve 9 katlı prototip binalar tasarlanmış ve bu binalar, TBDY-2019 [5]'a göre revize edilmiştir. İki farklı deprem şartnamesine göre tasarlanan prototip binaların deprem performansları FEMA P695 [23] ışığında değerlendirebilmek için toplam 528 adet lineer olmayan zaman tanımlı analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre her iki yönetmeliğe göre tasarlanan farklı katsayılarına sahip prototip binaların sismik davranışları karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

### **Her iki şartname için ortak sonuçlar;**

- İki şartnamedeki, MÇÇ'li yapılar için tanımlanan farklı enkesit (kompaktlık) koşulları, görelî yatay öteleme sınırları, deprem yükleri ve tasarım metodları farklı eleman kesitlerinin seçilmesine neden olmuştur.
- Az katlı yapılarda, DBYBHY-2007[4]'ye göre elde edilen deprem yüklemeleri TBDY-2019 [5]'a göre hesaplanandan daha az olmasına rağmen, kat sayısı arttıkça DBYBHY-2007 [4]'ye göre belirlenen deprem yüklemeleri TBDY- 2019 [5]'a göre hesaplanandan daha fazla çıkmaktadır. Dolayısıyla bu durum, çapraz elemanlarda az katlı yapılarda DBYBHY-2007 [4]'nin, çok katlı yapılarda ise TBDY-2019 [5] daha ekonomik tasarımlar ortaya koyduğunu göstermiştir.
- TBDY-2019 [5]'e göre yapılan tasarımlarda hem ters V tipi çaprazlı hem de parçalı X tipi çaprazlı MÇÇ'lerin toplam tonajları TBDY-2019 [5]'e

göre yapılan tasarımlara göre yaklaşık %37 daha fazladır. Bunun temel sebebi, TBDY-2019 [5] da kolon, kiriş ve çapraz elemanlar hem mekanizma durumuna göre hem de dayanım fazlalığı katsayısı ile arttırılmış deprem etkileri göz önüne alınarak tasarımların yapılmasıdır.

#### **X doğrultusunda yer alan ters V tipi MÇÇ için sonuçlar;**

- TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıların kat hızları ve kat ivmeleri DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapılardan daha düşük olması yapısal olmayan elemanlar açısından daha güvenli bir sonuç ortaya koymuştur.
- TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıların görece kat ötelemelerinin, DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapılardan yapı yüksekliği boyunca daha üniform çıktığı raporlanmıştır.
- Az katlı yapılarda TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıların deprem sonrası kalıcı deplasmanları DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapılara göre yaklaşık %15 yüksek çıkmasına rağmen, orta katlı yapılarda yaklaşık %10 ve çok katlı yapılarda ise yaklaşık %40 daha düşük çıkmıştır.
- Çapraz elemanların süneklilik talepleri açısından her iki şartnameye göre tasarlanan yapıların benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.
- TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıların çapraz düzlem dışı burkulma deplasmanları DBYBHY-2007 [4]'e göre yaklaşık %20 daha düşük çıkmıştır.

#### **Y doğrultusunda yer alan parçalı X tipi MÇÇ için sonuçlar;**

- Her iki şartnameye göre tasarlanan yapıların kat hızları ve kat ivmeleri benzer sonuçlar göstermiştir.

- DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapıların görelî kat ötelemelerinin, TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapılardan yapı yüksekliği boyunca daha üniform çıktığı raporlanmıştır.
- Az katlı ve orta katlı yapılarda TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıların deprem sonrası kalıcı deplasmanları DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapılara göre yaklaşık %20 yüksek çıkmasına rağmen çok katlı yapılarda ise bu fark yaklaşık %60 seviyelerine kadar artmıştır.
- Çapraz elemanların süneklilik talepleri ve düzlem dışı burkulmaları açısından DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapılar, TBDY-2019 [5]'a göre yaklaşık %10 daha düşük bulunmuştur.

Sonuç olarak Ters V tipi MÇÇ'ler için TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapıların DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapılara göre görelî kat ötelemeleri, kalıcı kat deplasmanları, kat hızları ve kat ivmeleri açısından daha güvenli yapılar ortaya koyduğu analitik olarak gösterilmiştir. Parçalı X tipi MÇÇ'ler için DBYBHY-2007 [4]'e göre tasarlanan yapıların TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan yapılardan görelî kat ötelemeleri, deprem sonrası kalıcı deplasmanlar ve çapraz süneklilik talepleri ve düzlem dışı burkulma deplasmanları açısından daha güvenli yapılar ortaya koyduğu analitik olarak gösterilmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda 2019 yılında yürürlüğe girmiş olan TBDY-2019 [5]'a göre tasarlanan MÇÇ'lerin diğer uluslararası literatürde kabul görmüş Avrupa [2] ve Amerika Çelik Sismik Şartnamelerine [27] göre tasarlanan yapılar ile karşılaştırılmasının yapılması önerilir.

## KAYNAKLAR

- [1] American Society of Civil Engineers, ASCE7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, Reston, Virginia, USA, 2016
- [2] European Committee For Standardization, Eurocode 8: Design of Structures For Earthquake Resistance, ENV 1998-1:2004 Part 1: General Rules For Buildings, Brussel, 1998
- [3] National Research Council of Canada, NBCC-2015: National Building Code of Canada, Ottawa, 2015
- [4] Bayındır ve İskan Bakanlığı, DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara,2007
- [5] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı – Deprem Dairesi Başkanlığı, TBDY-2019, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara, 2018
- [6] Tremblay, R., Filiatrault, A., Timler, P., Bruneau, M., Performance of steel structures during the 1994 Northridge earthquake, Can. J. Civ. Eng. 22 (2) (1995) 338–360.
- [7] Popov, E.P., Takanashi, K., Roeder, C.W., Structural Steel Bracing Systems: Behavior Under Cyclic Loading, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA, 1976 (Report No. UCB/EERC-76/17).
- [8] Zavas, V.A., Popov, E.P., Mahin, S.A., Cyclic Inelastic Buckling of Tubular Steel Braces, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA, 1980 (Report No. UCB/EERC-80/16).
- [9] Roeder, C.W., Popov, E.P., Inelastic Behavior of Eccentrically Braced Steel Frames Under Cyclic Loadings, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA, 1977 (Report No. UCB/EERC-77/18).
- [10] Watanabe, A., Hitomi, Y., Saeki, E., Wada, A., Fujimoto, M., Properties of brace encased in buckling-restraining concrete and steel tube, Proceedings, 9th World Conference on Earthquake Engineering, vol. 4, 1988.
- [11] Tremblay, R., Bolduc, P., Neville, R., Devall, R., Seismic testing and performance of buckling-restrained bracing systems, Can. J. Civ. Eng. 33, 2006, 183–198.
- [12] Eryaşar, E., Topkaya, C. An experimental study on steel-encased buckling-restrained brace hysteretic dampers, Earthq. Eng. Struct. Dyn. 39, 2010, 561–581.



[13] Bozkurt, M.B., Topkaya, C. Development of welded overlap core steel encased buckling-restrained braces, *Journal of Construction Steel Research.*, 2016, 127 (2016) 151–164

[14] Black, G.R., Wenger, W.A., Popov, P. Inelastic Buckling of Steel Struts under Cyclic Load Reversals Tech. Rep. UCB/EERC-80-40, University of California, Berkeley, California.

[15] Uriz, P., Mahin, S., Towards Earthquake Resistant Design of Concentrically Braced Steel Structures, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA., 2008, PEER-2008/08

[16] Fell, V.B., Kanvinde A. M., Asce A.M., Deierlein G.G., Asce F., Myers, A. T. Experimental Investigation of Inelastic Cyclic Buckling and Fracture of Steel Braces, *Journal of Structural Engineering* 135, USA, 2009

[17] D’Aniello, M., La Manna Ambrosino, G., Portioli, F., Landolfo, R., “Modelling aspects of the seismic response of steel concentric braced frames”, 2013, ISSN: 1229-9367, 1598-6233

[18] Dicleli, M., Calik, E.E., “Physical theory hysteretic model for steel braces”, *J. Struct. Eng. ASCE*, 2008, 134(7), 1215-1228.

[19] Menegotto, M., Pinto, P.E., “Method of analysis for cyclically loaded reinforced concrete plane frames including changes in geometry and non-elastic behavior of elements under combined normal Force and bending”, *Proceedings IABSE Symposium on Resistance and Ultimate Deformability of Structures Acted on by Well Defined Repeated Loads*, Lisbon, Portugal. 1973

[20] Bulut, Y. Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerde Çapraz Düzeninin Çelik Çerçevelerin Dinamik Davranışına Etkisi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, 2013, 125s. (Yüksek Lisans Tezi)

[21] Azad, S.K., Topkaya, C., Astaneh-Asl, A., “Seismic behavior of concentrically braced frames designed to AISC341 and EC8 provisions”, *Journal of Constructional Steel Research* 2017, 133(2013) 383-404

[22] University of California, OpenSees Ver. 2.5.0, Open System for Earthquake Engineering Simulation, Berkeley, 2016

[23] Federal Emergency Management Agency (FEMA), Quantification of Building Seismic Performance Factors - FEMA P695. Washington, DC, 2009

[24] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇYTHYDE-2018: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları, Ankara,2018

[25] University of California, PEERC: Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley

[26] American Society of Civil Engineers, ASCE 41-17, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, Reston, Virginia, USA, 2017

[27] American Institute of Steel Construction, AISC, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 341-16, Chicago, IL, 2016.



# EK A.1 Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu

05.07.2018

Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu



## Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

### Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı	Barış Serin Tez	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem	38.352924°	
Boylam	27.128006°	

### ıktılar

$S_s = 1.103$        $S_1 = 0.268$        $PGA = 0.449$        $PGV = 27.040$

$S_s$  : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

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

PGA : En büyük yer ivmesi (g)

PGV : En büyük yer hızı (cm/sn)

<https://tdth.afad.gov.tr/detailReport.xhtml>

1/5

## Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

### Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_S$					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

### Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_S = 1.103$ için $F_S = 1.059$

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

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve  $S_1=0.268$  için  $F_1=2.064$

### Tasarım Spektral İvme Katsayıları

---

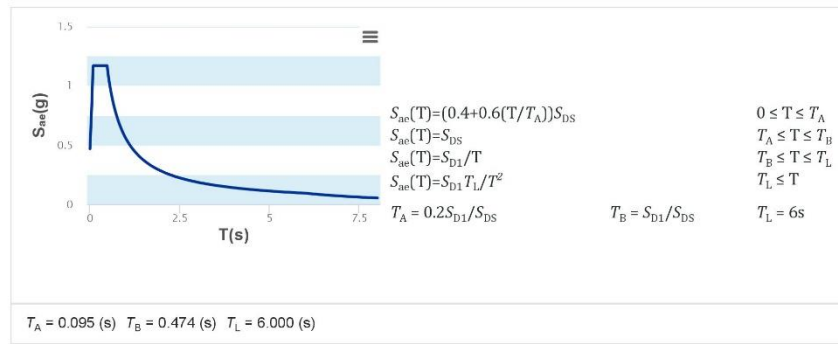
$$S_{DS} = S_S F_S = 1.103 \times 1.059 = 1.168$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.268 \times 2.064 = 0.553$$

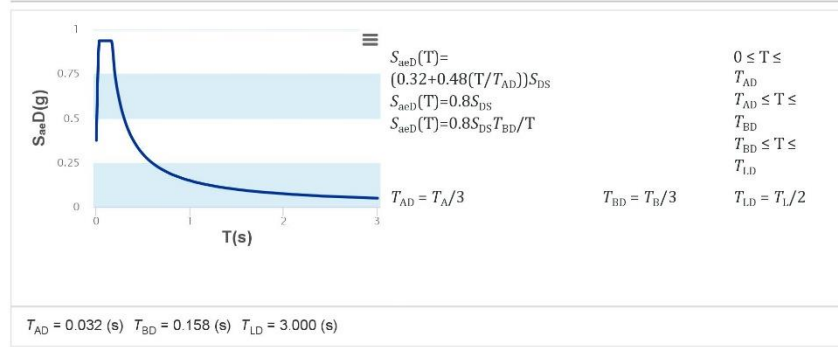
$S_{DS}$  : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

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

## Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



## Düsey Elastik Tasarım Spektrumu



## EK B.1 Kalibrasyonu Yapılmış Guse Plakasız Model

```
wipe; # clear memory of past model
definitions
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3; # Define the model builder, ndm =
#dimension, ndf = #dofs

#
# This routine creates a fiber section: AISC standard HSS section
#
# Variables
# secID = section ID number
# matID = material ID number
# d = nominal depth
# t = tube tickness
# nfdy = number of fibers along depth that goes along local y axis
# nfty = number of fibers along thickness that goes along local y axis
# nfdz = number of fibers along depth that goes along local z axis
# nftz = number of fibers along thickness that goes along local z axis
#####
#####

#####
#####

proc HSSsection { secID matID d t nfdy nfty nfdz nftz } {
  set dw [expr $d - 2 * $t]
  set y1 [expr -$d/2]
  set y2 [expr -$dw/2]
  set y3 [expr $dw/2]
  set y4 [expr $d/2]

  set z1 [expr -$d/2]
  set z2 [expr -$dw/2]
  set z3 [expr $dw/2]
  set z4 [expr $d/2]

  section fiberSec $secID {
    #          nfIJ nfJK  yI zI  yJ zJ  yK zK  yL zL
    patch quadr $matID $nftz $nfdy $y2 $z4 $y2 $z3 $y3 $z3 $y3 $z4
    patch quadr $matID $nftz $nfdy $y2 $z2 $y2 $z1 $y3 $z1 $y3 $z2
    patch quadr $matID $nfdz $nfty $y1 $z4 $y1 $z1 $y2 $z1 $y2 $z4
    patch quadr $matID $nfdz $nfty $y3 $z4 $y3 $z1 $y4 $z1 $y4 $z4
  }
}

set folder Ground-Motion/Test;
file mkdir $folder;

#EQ INPUT

set dtime 0.01; ##### #delta t in sec
set step 3999; ##### #total step number
set gmfile records/1.AT2.txt; ##### #ground motion input file
set factor 0.01; #conversion factor from cm to m
```



```

set damp 0.02; #2% damping
set tFinal [expr $dtime * $step]; #Calculate ground motion
duration

#####
#####
# Define Building Geometry, Nodes, and Constraints

#####
#####
# define structure-geometry parameters
set WBay 3.05; # bay width

set unitval 1000000; # convert units
set Es [expr $unitval*200000.0]; # modulus
of elasticity
set b 0.003;
set numIntgrPts 5; # number of integration points for
nonlinear-beamcolumn elements
set tol 1e-8; # tolerance for satisfaction of
element compatibility (Optional, default=10-12)
set maxIter 10; # maximum number of iterations
to undertake to satisfy element compatibility (Optional, default=10)

# Braces
set Fy_b [expr $unitval*407.0]; #
yield strength of braces
set E0 0.191; # Value of
strain at which one cycle will cause failure (default 0.191)
set m -0.5; # Slope of
Coffin-Manson curve in log-log space (default -0.458) 0.5

# section of the brace members:

set brc_d1 0.1016; # 0.1016 depth of the brace section Story #1 in "m"
set brc_t1 0.00635; # 0.00635 thickness of the brace section Story #1 in "m"
set brc_dnet1 [expr $brc_d1-2*$brc_t1];

# calculate locations frame nodes:
set Pier1 0.0; # leftmost column line
set Pier2 [expr $Pier1 + $WBay];

set Floor0 0.0; # ground floor

# brace effective length, number of elements per braace, and initial imperfection
set Leff1 [expr ($WBay)/1.0];
set Leff2 [expr ($WBay)/1.0];
#effective brace lenght
set noEle 10; # number of elements per brace
set p_ratio 1000.; #coresponds to 0.05% of the effective lenght
set p1 [expr 1./$p_ratio*$Leff1]; #imperfection of the brace

# define extra nodes along the braces:
#-----
# nodeID convention: "3acd" where and a = left or right

```

```

# "a" convention: 1 = left; 2 = right;
# cd = node numbering for the brace (can be between 1 and 99)

# nodes of the left brace of storey 1
# puts "brace 11"
# Floor 1
set orient "pos"
set shift 13100
set Xi [expr $Pier1]; # x coordinate of node 3101
set Yi [expr $Floor0]; # y coordinate of node 3101
set eleL [expr $Leff1/$noEle]
for { set i 1 } { $i <= [expr $noEle+1] } { incr i } {
    #local coordinates
    set xm [expr $eleL*($i-1)]
    set ym [expr 4.*$p1/$Leff1*$xm*(1.-$xm/$Leff1)];
    #global coordinates
    if {$orient == "pos"} {
        set Xm [expr $Xi+$xm];
        set Ym [expr $Yi+$ym];
    } else {
        set Xm [expr $Xi-$xm];
        set Ym [expr $Yi-$ym];
    }
    if { $i == [expr $noEle+1] } {
        set Xm [expr $Pier1+$WBay]; # x coordinate of the last node
        set Ym [expr $Floor0]; # y coordinate of the last node
    }
    #define nodes
    node [expr $shift+$i] $Xm $Ym
    #puts "node: [expr $shift+$i] $Xm $Ym $Zm"
}

# assign boundary condidtions
#-----
# command: fix nodeID dxFixity dyFixity rzFixity
# fixity values: 1 = constrained; 0 = unconstrained

# fix the base of the frame;
fix 13101 1 1 0;
fix 13111 0 1 0;

# define material for braces
set matID_Brace 4
set matID_fatBrace 5
uniaxialMaterial Steel02 $matID_Brace $Fy_b $Es $b 20 0.925 0.15 0.0005 0.01
0.0005 0.01
uniaxialMaterial Fatigue $matID_fatBrace $matID_Brace -E0 $E0 -m $m -min
-1.0 -max 0.04

# Braces
set secTagBr1 301; # 1st storey

# command: HSSsection3D secID matID matTorsion d t nfdy nfty nfdz nftz
HSSsection $secTagBr1 $matID_fatBrace $brc_d1 $brc_t1 5 4 5 2;

```

set transfTag\_Brace 2

geomTransf Corotational \$transfTag\_Brace

# define braces:

#-----

# eleID convention: "3acd", 3 = brace, a = location of the brace

# "a" convention: 1 = left brace; 2 = right brace;

# cd = element numbering for the brace (can be between 1 and 99)

# command arguments: \$eleID \$iNode \$jNode \$numIntgrPts \$secTag

\$transfTag

# Floor 1

set NIP 3

# storey 1 - left brace

set shift 13100

for { set i 1 } { \$i <= [expr \$noEle] } { incr i } {

    element forceBeamColumn [expr \$shift+\$i] [expr \$shift+\$i] [expr  
\$shift+\$i+1] \$NIP \$secTagBr1 \$transfTag\_Brace -iter \$maxIter \$tol  
}

#####

# Display the model

#####

recorder display "Model" 10 10 1080 800 -wipe

prp 0 0 50

vup 0 1 0

vpn 0 0 1

display 1 2 1

recorder Node -file \$folder/Node\_Recorder13111\_Dsp.txt -time -node 13111 -dof 1 disp  
;

constraints Transformation

numberer RCM

system BandGeneral

test NormDispIncr 1.0e-6 6 2

algorithm Newton

integrator LoadControl 0.1

analysis Static

# set gravity loads constant & reset time in domain

loadConst -time 0.0

# create load pattern for lateral loads

pattern Plain 3 Linear {

load 13111 1.0 0.0 0.0

integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254

analyze 10

integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254

analyze 20

integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 25  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 30  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 35  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 35  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 45  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 60  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 65  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 80  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 85  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 85  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 90  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 100  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 115  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 115  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 155  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 180  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 215  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 215  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 245  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 305  
integrator DisplacementControl 13111 1 0.000254  
analyze 330  
integrator DisplacementControl 13111 1 -0.000254  
analyze 320

quit

## EK B.2 Kalibrasyonu Yapılmış Guse Plakalı Model

```
wipe; # clear memory of past model
definitions
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3; # Define the model builder, ndm =
#dimension, ndf = #dofs

#
# This routine creates a fiber section: AISC standard HSS section
#
# Variables
# secID = section ID number
# matID = material ID number
# d = nominal depth
# t = tube tickness
# nfdy = number of fibers along depth that goes along local y axis
# nfty = number of fibers along thickness that goes along local y axis
# nfdz = number of fibers along depth that goes along local z axis
# nftz = number of fibers along thickness that goes along local z axis
#####
#####

proc HSSsection { secID matID d t nfdy nfty nfdz nftz } {
  set dw [expr $d - 2 * $t]
  set y1 [expr -$d/2]
  set y2 [expr -$dw/2]
  set y3 [expr $dw/2]
  set y4 [expr $d/2]

  set z1 [expr -$d/2]
  set z2 [expr -$dw/2]
  set z3 [expr $dw/2]
  set z4 [expr $d/2]

  section fiberSec $secID {
    #          nFIJ nfJK  yI zI  yJ zJ  yK zK  yL zL
    patch quadr $matID $nftz $nfdy $y2 $z4 $y2 $z3 $y3 $z3 $y3 $z4
    patch quadr $matID $nftz $nfdy $y2 $z2 $y2 $z1 $y3 $z1 $y3 $z2
    patch quadr $matID $nfdz $nfty $y1 $z4 $y1 $z1 $y2 $z1 $y2 $z4
    patch quadr $matID $nfdz $nfty $y3 $z4 $y3 $z1 $y4 $z1 $y4 $z4
  }
}

#####
#####
# GPsection.tcl
#
# This routine creates a fiber section and aggregates torsion to it: plate section
#
# Variables
# secID = section ID number
# matID = material ID number
# matTorsion = torsion material ID number
# d = nominal depth (along local y)
# t = gusset plate tickness (along local z)
```

```

# nfd = number of fibers along depth
# nft = number of fibers along thickness

```

```

#####
#####

```

```

#####
#####

```

```

proc GPsection { secID matID d t nfd nft } {

```

```

    set y1 [expr -$t/2]
    set y2 [expr $t/2]

```

```

    set z1 [expr -$d/2]
    set z2 [expr $d/2]

```

```

    section fiberSec $secID {
        #          nflJ nfJK  yI zI  yJ zJ  yK zK  yL zL
        patch quadr $matID $nft $nfd $y1 $z2 $y1 $z1 $y2 $z1 $y2 $z2
    }

```

```

#####
#####

```

```

set folder Ground-Motion/Test;
file mkdir $folder;

```

```

#EQ INPUT

```

```

set dtime 0.01;          #####          #delta t in sec
set step 3999;          #####          #total step number
set gmfile records/1.AT2.txt;  #####          #ground motion input file
set factor 0.01;          #conversion factor from cm to m
set damp 0.02;          #2% damping
set tFinal [expr $dtime * $step];          #Calculate ground motion
duration

```

```

#####
#####

```

```

# Define Building Geometry, Nodes, and Constraints

```

```

#####
#####

```

```

# define structure-geometry parameters

```

```

set WBay 2.985;          # bay width

```

```

set unitval 1000000;          # convert units

```

```

set Es [expr $unitval*200000.0]; # modulus
of elasticity
set b 0.003;
set numIntgrPts 5; # number of integration points for
nonlinear-beamcolumn elements
set tol 1e-8; # tolerance for satisfaction of
element compatibility (Optional, default=10-12)
set maxIter 10; # maximum number of iterations
to undertake to satisfy element compatibility (Optional, default=10)

# Braces
set Fy_b [expr $unitval*460.0]; #
yield strength of braces
set E0 0.191; # Value of
strain at which one cycle will cause failure (default 0.191)
set m -0.5; # Slope of
Coffin-Manson curve in log-log space (default -0.458)

# Gusset plate
set Fy_gp [expr $unitval*460.0]; # yield
strength of gusset plates

# section of the brace members:

set brc_d1 0.1016; # 101.6 d 102 d designdepth of the brace section Story #1 in
"m"
set brc_t1 0.00635; # 6.35 t 5.92 t design thickness of the brace section Story #1
in "m"
set brc_dnet1 [expr $brc_d1-2*$brc_t1];

# section of the gusset plates:

set gbd 0.343; # width of the gusset plate
set gbt 0.035; # 0.0127 thickness of the gusset plate

# calculate locations frame nodes:
set Pier1 0.0; # leftmost column line
set Pier2 [expr $Pier1 + $WBay];

set Floor0 0.0; # ground floor

# end node ofsets of the braces (from a work point to the beginning of the brace)
set nOff_brace_b [expr $gbd/pow(2.0,0.5)]; # bottom of a brace in X and Y
direction

# brace effective length, number of elements per braace, and initial imperfection
set Leff1 [expr ($WBay)/1.0-2*$gbd];

#effective brace lenght
set noEle 10; # number of elements per brace
set p_ratio 1000.; #coresponds to 0.05% of the effective lenght
set p1 [expr 1./$p_ratio*$Leff1]; #imperfection of the brace

# define nodes and assign masses to beam-column intersections of frame

```

```

# command: node nodeID xcoord ycoord -mass mass_dof1 mass_dof2 mass_dof3
node 1 $Pier1 $Floor0
node 2 $Pier2 $Floor0

# define extra nodes along the braces:
#-----
# nodeID convention: "3acd" where and a = left or right
# "a" convention: 1 = left; 2 = right;
# cd = node numbering for the brace (can be between 1 and 99)

# nodes of the left brace of storey 1
# puts "brace 11"
# Floor 1
set orient "pos"
set shift 13100
set Xi [expr $Pier1+$gbd]; # x coordinate of node 3101
set Yi [expr $Floor0]; # y coordinate of node 3101
set eleL [expr $Leff1/$noEle]
for { set i 1 } { $i <= [expr $noEle+1] } { incr i } {
    #local coordinates
    set xm [expr $eleL*($i-1)]
    set ym [expr 4.*$p1/$Leff1*$xm*(1.-$xm/$Leff1)];
    #global coordinates
    if {$orient == "pos"} {
        set Xm [expr $Xi+$xm];
        set Ym [expr $Yi+$ym];
    } else {
        set Xm [expr $Xi-$xm];
        set Ym [expr $Yi-$ym];
    }
    if { $i == [expr $noEle+1] } {
        set Xm [expr $Pier1+$WBay-$gbd]; # x coordinate of the last
node
        set Ym [expr $Floor0]; # y coordinate of the last node
    }
    #define nodes
    node [expr $shift+$i] $Xm $Ym
    #puts "node: [expr $shift+$i] $Xm $Ym $Zm"
}

# assign boundary condidtions
#-----
# command: fix nodeID dxFixity dyFixity rzFixity
# fixity values: 1 = constrained; 0 = unconstrained

# fix the base of the frame;
fix 1 1 1 0;
fix 2 0 1 0;

#fix 13101 1 1 0;
#fix 13111 0 1 0;

# define material for braces
set matID_Brace 4
set matID_fatBrace 5

```



```

        uniaxialMaterial Steel02 $matID_Brace $Fy_b $Es $b 20 0.925 0.15 0.0005 0.01
0.0005 0.01
        uniaxialMaterial Fatigue $matID_fatBrace $matID_Brace -E0 $E0 -m $m -min
-1.0 -max 0.04
# define material for gusset plates

        set matID_GP 6
        uniaxialMaterial Steel02 $matID_GP $Fy_gp $Es $b 20 0.925 0.15 0.0005 0.01
0.0005 0.01

# Braces
set secTagBr1 301; # 1st storey

set secTagGPb1 401; # 1st storey

# Guseet plate top
set secTagGPt1 501; # 1st storey

# command: HSSsection3D secID matID matTorsion d t nfdy nfty nfdz nftz
HSSsection $secTagBr1 $matID_fatBrace $brc_d1 $brc_t1 5 4 5 2;

# define sections for gusset plates
# command: GPsection3D secID matID matTorsion d t nfd nft
# bottom of the brace
GPsection $secTagGPb1 $matID_GP $gbd $gbt 8 1; #
PI1250mmx35mm, 1st storey

# top of the brace
GPsection $secTagGPt1 $matID_GP $gbd $gbt 8 1; #
PI1250mmx35mm, 1st storey

set transfTag_Brace 2

geomTransf Corotational $transfTag_Brace

# define braces:
#-----
# eleID convention: "3acd", 3 = brace, a = location of the brace
# "a" convention: 1 = left brace; 2 = right brace;
# cd = element numbering for the brace (can be between 1 and 99)
# command arguments: $eleID $iNode $jNode $numIntgrPts $secTag
$transfTag

# Floor 1
set NIP 3
# storey 1 - left brace
set shift 13100
for { set i 1 } { $i <= [expr $noEle] } { incr i } {
        element forceBeamColumn [expr $shift+$i] [expr $shift+$i] [expr
$shift+$i+1] $NIP $secTagBr1 $transfTag_Brace -iter $maxIter $tol
}

```

```

# define gusset plates:
#-----

#eklendi değiğti

    # Floor 1
    # eleID convention: "4ab", 4 = gusset plate, a, b = location of the gusset
plate
    # "a" convention: 1 = left brace; 2 = right brace;
    # "b" convention: 1 = bottom; 2 = top
    # command arguments: $eleID $iNode $jNode $numIntgrPts $secTag
$transfTag
    set NIP 2
    # left brace
    set shift 13100
    element forceBeamColumn 1411 1 [expr $shift+1] $NIP
$secTagGPb1 $transfTag_Brace
    element forceBeamColumn 1412 [expr $shift+$noEle+1] 2
$NIP $secTagGPt1 $transfTag_Brace

#####
# Display the model
#####
    recorder display "Model" 10 10 800 800 -wipe
    prp 0 0 50
    vup 0 1 0
    vpn 0 0 1
    display 1 2 1

recorder Node -file $folder/Node_Recorder2_Dsp.txt -time -node 2 -dof 1 disp ;

constraints Transformation
numberer RCM
system BandGeneral
test NormDispIncr 1.0e-6 6 2
algorithm Newton
integrator LoadControl 0.1
analysis Static

# set gravity loads constant & reset time in domain
loadConst -time 0.0
# create load pattern for lateral loads
pattern Plain 3 Linear {
load 2 1.0 0.0 0.0

}
integrator DisplacementControl 2 1 -0.0001
analyze 10
integrator DisplacementControl 2 1 0.0001
analyze 20
integrator DisplacementControl 2 1 -0.0001

```

analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 20		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 25		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 30		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 38		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 46		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 46		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 46		
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001	
analyze 46		
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001	
analyze 46		

integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 46	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 46	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 46	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 46	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 46	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 46	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 53	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 60	
integrator DisplacementControl 2 1	+0.0001
analyze 310	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 310	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 310	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 434	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 558	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 558	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 558	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 683	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 808	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 808	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001
analyze 808	
integrator DisplacementControl 2 1	-0.0001
analyze 1003	
integrator DisplacementControl 2 1	0.0001

**analyze 1198**  
**integrator DisplacementControl 2 1 -0.0001**  
**analyze 1198**  
**integrator DisplacementControl 2 1 0.0001**  
**analyze 1198**  
**integrator DisplacementControl 2 1 -0.0001**  
**analyze 1358**  
**integrator DisplacementControl 2 1 0.0001**  
**analyze 1518**  
**integrator DisplacementControl 2 1 -0.0001**  
**analyze 1518**  
**integrator DisplacementControl 2 1 0.0001**  
**analyze 1518**

**quit**



**Tablo EK C.1** Çapraz Elemanların Enkesit(Kompaktlık) ve Narinlik Koşulları Kontrolleri

Kesit	Sünelilik Durumu		Nar. Koş. Sağ. – X		Nar. Koş. Sağ. – Y	
	DBYBHY	TBDY	DBYBHY	TBDY	DBYBHY	TBDY
HSS 80*4	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	-	+ <sup>(1)</sup>	-	+
HSS 80*4.5	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	-	+ <sup>(1)</sup>	-	+
HSS 80*5	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+ <sup>(1)</sup>	-	+
HSS 80*6	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+ <sup>(1)</sup>	-	+
HSS 90*4.5	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	-	+	-	+
HSS 90*5	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	-	+	-	+
HSS 90*6	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 100*5	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	-	+	-	+
HSS 100*6	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 100*7	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 100*8	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 100*9	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 100*10	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 120*6	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	-	+	+ <sup>(1)</sup>	+
HSS 120*7	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	+ <sup>(1)</sup>	+
HSS 120*8	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 120*9	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 120*10	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 120*12	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	-	+
HSS 127*6	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+ <sup>(1)</sup>	+	+	+
HSS 127*7	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+ <sup>(1)</sup>	+	+	+
HSS 127*8	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+ <sup>(1)</sup>	+	+	+
HSS 127*9	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	+	+

**Tablo EK C.1** Çapraz Elemanların Enkesit(Kompaktlık) ve Narinlik Koşulları Kontrolleri (Devamı)

HSS 127*10	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	+	+
HSS 127*12	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	-	+	+	+
HSS 140*7	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+ <sup>(1)</sup>	+	+	+
HSS 140*8	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+ <sup>(1)</sup>	+	+	+
HSS 140*9	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+ <sup>(1)</sup>	+	+	+
HSS 140*10	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+ <sup>(1)</sup>	+	+	+
HSS 140*12	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 150*7	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
HSS 150*8	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
HSS 150*9	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 150*10	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 150*12	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 160*8	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
HSS 160*9	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
HSS 160*10	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 160*12	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 175*9	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
HSS 175*10	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 175*12	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 180*9	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
HSS 180*10	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
HSS 180*12	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 200*10	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+

**Tablo EK C.1** Çapraz Elemanların Enkesit(Kompaktlık) ve Narinlik Koşulları Kontrolleri (Devamı)

HSS 200*12	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 200*16	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 250*12	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
HSS 250*16	Yüksek Sünek	Yüksek Sünek	+	+	+	+
HSS 300*16	Yüksek Sünek	Sınırlı Sünek	+	+	+	+
(1) = 1. Kat yüksekliği nedeni ile Narinlik koşulu 1. Katta sağlanamayan kesitler.						



**EK D.1** 44 Farklı Zemin Hareketi için 528 Adet Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizleri Medyan Sayısal Verileri – X doğrultusu Ters V MÇÇ

Maksimum İvme									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	9.16373	12.32295	13.4788						
TBDY 2019	9.476	12.5712	14.35515						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	10.88975	14.26835	14.49915	14.735	13.75495	14.2774			
TBDY 2019	9.337515	12.94015	14.7149	13.9428	13.66795	13.84335			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	10.22415	15.3657	15.46345	14.7331	13.84395	13.8206	13.3075	13.6512	14.4317
TBDY 2019	8.951115	13.0814	14.8585	15.17055	14.2366	13.04295	12.65835	13.0339	13.42435

Maksimum Hız									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	0.502601	0.746963	1.004527						
TBDY 2019	0.477656	0.736827	0.994138						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	0.67947	1.033505	1.22974	1.29265	1.432685	1.56667			
TBDY 2019	0.578142	0.916765	1.12578	1.24819	1.329925	1.40145			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	0.609363	0.997432	1.243845	1.376645	1.42185	1.493475	1.556185	1.562975	1.617595
TBDY 2019	0.498615	0.827122	1.053265	1.21513	1.31877	1.336165	1.366425	1.424015	1.504075

Maksimum Ötelenme									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	0.018573	0.017314	0.018753						
TBDY 2019	0.015443	0.015295	0.017147						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	0.032837	0.026649	0.020144	0.013776	0.009144	0.009429			
TBDY 2019	0.028564	0.025595	0.020684	0.016223	0.011832	0.010755			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	0.045194	0.039741	0.02912	0.020597	0.014695	0.010467	0.008587	0.006607	0.00512
TBDY 2019	0.034608	0.032823	0.028871	0.023348	0.018189	0.012581	0.008823	0.00559	0.003714

Kalıcı Deplasman									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	15.34185	27.40623	39.97378						
TBDY 2019	17.09984	30.44501	42.95163						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	58.17263	95.91138	127.803	153.1175	167.1545	178.1271			
TBDY 2019	46.2456	80.18683	110.8443	137.1807	157.0583	174.4272			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	135.3647	234.3442	308.3326	357.4712	389.3522	405.8827	414.2659	420.6217	426.2868
TBDY 2019	59.82773	104.5112	143.2733	175.9966	198.8054	214.2712	224.098	230.2681	234.0731

Sünelik Talebi									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007 Sol	-9.45991	-9.27246	-8.73192						
DBYBHY 2007 Sağ	9.791377	9.354797	10.06413						
TBDY 2019 Sol	-7.56437	-7.96664	-7.97342						
TBDY 2019 Sağ	8.612705	8.434206	8.932101						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007 Sol	-14.997	-11.6219	-9.15195	-6.5125	-5.55488	-5.15711			
DBYBHY 2007 Sağ	16.412	13.47814	10.04767	6.82236	5.824244	4.800575			
TBDY 2019 Sol	-15.44	-14.2887	-10.8503	-8.77706	-6.14746	-5.80735			
TBDY 2019 Sağ	13.51082	13.93648	11.40813	9.177316	7.246315	6.146072			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007 Sol	-16.3314	-13.5892	-11.9667	-10.4693	-6.97886	-5.33613	-4.15554	-2.68068	-1.57572
DBYBHY 2007 Sağ	16.13162	16.34351	14.05043	10.00831	7.034315	5.669899	4.820155	3.206194	1.433505
TBDY 2019 Sol	-14.2338	-13.9928	-12.8397	-10.7861	-9.81905	-7.57815	-4.47637	-2.67118	-1.35358
TBDY 2019 Sağ	16.51055	16.54417	16.02251	12.93968	10.30483	7.330687	4.47066	2.698069	1.349684

Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulmaları									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	249.2286	146.5809	175.8493						
TBDY 2019	190.1312	139.3005	155.7045						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	389.9491	228.4161	192.2133	130.568	98.68433	89.68738			
TBDY 2019	303.2589	207.8924	169.0099	125.2387	82.83718	64.65997			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	444.4055	322.7929	254.9464	188.2247	135.8966	103.5389	80.59636	50.44703	29.97157
TBDY 2019	387.8278	294.2739	253.9222	227.2514	174.6243	122.0056	79.57399	39.44279	20.32067

**EK D.2** 44 Farklı Zemin Hareketi için 528 Adet Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizleri Medyan Sayısal Verileri – Y doğrultusu Parçalı X MÇÇ

Maksimum İvme									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	8.4745	11.6771	14.02705						
TBDY 2019	9.507535	12.2639	14.57515						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	10.24347	13.88775	14.3854	14.49105	13.60925	14.11945			
TBDY 2019	9.570045	13.79345	14.40835	13.3175	12.7208	12.92235			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	10.3283	15.23635	16.5831	15.44205	14.72065	14.0443	14.32025	13.7576	13.7754
TBDY 2019	9.87659	14.65545	17.03985	16.2418	15.49675	14.9646	14.8913	14.5175	14.8641

Maksimum Hız									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	0.48172	0.764267	1.09609						
TBDY 2019	0.504771	0.821045	1.153865						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	0.582174	0.919803	1.16638	1.337225	1.407225	1.567745			
TBDY 2019	0.552265	0.922208	1.139085	1.295955	1.314855	1.44426			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	0.580797	0.922943	1.168565	1.34407	1.46602	1.562585	1.659695	1.724045	1.73821
TBDY 2019	0.608929	0.990242	1.25964	1.37245	1.50521	1.609805	1.671955	1.70147	1.71658

Maksimum Ötelenme									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	0.019688	0.020203	0.022236						
TBDY 2019	0.020816	0.020856	0.023239						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	0.032343	0.028626	0.025999	0.024931	0.02437	0.025698			
TBDY 2019	0.03253	0.029589	0.0267	0.023451	0.022155	0.022102			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	0.039316	0.036226	0.03098	0.024568	0.020734	0.01834	0.01471	0.011313	0.009554
TBDY 2019	0.036924	0.036313	0.034757	0.032543	0.026054	0.021786	0.01881	0.017189	0.017383

Kalıcı Deplasman (mm)									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	21.8041	39.30704	57.08247						
TBDY 2019	26.45816	47.20901	68.09423						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	67.33305	115.3177	159.9952	197.9408	236.0471	273.4922			
TBDY 2019	76.34115	133.3182	186.8412	236.4291	280.8612	321.6737			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	94.9014	163.2737	215.6654	259.5299	295.9785	323.1702	343.4545	356.9785	367.7775
TBDY 2019	143.7194	253.6193	357.647	452.9759	531.0517	585.3414	628.7262	663.2842	696.4062

Süneklik Talebi									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007 Sol	-10.0936	-12.2207	-12.6175						
DBYBHY 2007 Sağ	10.35471	13.63274	12.53203						
TBDY 2019 Sol	-10.3492	-11.8658	-11.9063						
TBDY 2019 Sağ	9.903373	13.96867	11.91403						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007 Sol	-13.2316	-23.1472	-12.7636	-11.0943	-10.2432	-12.0916			
DBYBHY 2007 Sağ	11.82178	14.78712	11.30954	10.90643	10.58392	11.51532			
TBDY 2019 Sol	-13.3397	-17.4149	-14.3239	-13.4503	-11.1623	-11.5456			
TBDY 2019 Sağ	16.44124	16.58249	16.3342	13.2958	13.31514	11.4361			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007 Sol	-17.8057	-22.3352	-16.7479	-16.7141	-11.317	-10.2914	-6.96089	-5.32507	-3.74727
DBYBHY 2007 Sağ	20.43048	15.5839	21.56268	13.70521	11.60916	9.319727	7.294482	4.358354	3.689939
TBDY 2019 Sol	-18.2793	-24.8307	-16.4902	-19.4709	-14.0675	-14.5379	-10.4399	-9.66109	-7.64279
TBDY 2019 Sağ	21.61617	21.58134	22.83	16.72449	17.7301	12.83244	10.5626	9.031253	9.288744

Çaprazların Maksimum Düzlem Dışı Burkulmaları									
Kat	1	2	3						
DBYBHY 2007	131.1607	92.81069	126.0338						
TBDY 2019	152.2196	109.8261	151.2182						
Kat	1	2	3	4	5	6			
DBYBHY 2007	351.1772	119.7797	155.7154	91.44449	148.8293	138.2854			
TBDY 2019	303.1994	156.7587	179.4811	121.536	151.0892	150.9015			
Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DBYBHY 2007	336.4945	142.089	189.8094	102.2911	134.9452	73.55582	90.00987	30.89081	47.59168
TBDY 2019	321.5259	197.4078	254.2113	161.665	198.9585	126.3522	137.6771	101.6235	128.6413

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Barış Serin  
Doğum Yeri ve Yılı : Turgutlu, 1994  
Medeni Hali : Bekâr  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : baris.sern@gmail.com

### Eğitim Durumu

Lise : Senem Aka Anadolu Lisesi, 2012  
Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2017

### Mesleki Deneyim

KSC Yapı San. Ve Tic. Ltd. Şti. 2016-2017  
Renco Kompozit Teknolojileri San. Ve Tic. A.Ş. 2017-2018