



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEVCUT BİR OKUL BİNASININ DEPREM
PERFORMANSININ 2007 VE 2018 DEPREM
YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mehmet YALIN

BURDUR, 2020

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEVCUT BİR OKUL BİNASININ DEPREM
PERFORMANSININ 2007 VE 2018 DEPREM
YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mehmet YALIN

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Hakan ULUTAŞ

BURDUR, 2020

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Mehmet YALIN tarafından Dr. Öğretim Üyesi Hakan ULUTAŞ yönetiminde hazırlanan “Mevcut Bir Okul Binasının Deprem Performansının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Değerlendirilmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 07/10/2020

Doç. Dr. Hamide KABAŞ

(Başkan)

Süleyman Demirel Üniversitesi

(İmza)

Dr. Öğretim Üyesi Hakan ULUTAŞ

(Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

(İmza)

Dr. Öğretim Üyesi Hakan DİLMAÇ

(Jüri Üyesi)

Süleyman Demirel Üniversitesi

(İmza)

ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu’nun _____ Tarih ve _____ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

(İmza)

.....
Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Mevcut Bir Okul Binasının Deprem Performansının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Değerlendirilmesi”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

07 / 10 / 2020

(İmza)

Mehmet YALIN

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğretim Üyesi Hakan ULUTAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm ve bu süreçte bana destek olan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ekim, 2020

Mehmet YALIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Literatür Taraması	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	5
3.1. DBYBHY 2007'ye Göre Bina Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi	5
3.1.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi	6
3.1.2. Bina Bilgi Düzeyi	7
3.1.3. Deprem Hesabına İlişkin Genel Kurallar	7
3.1.4. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi	9
3.1.5. Kapasite Eğrisinin Koordinat Dönüşümünün Yapılması	10
3.1.6. Tepe Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi	12
3.1.7. Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Belirlenmesi	15
3.1.8. Beton ve Donatı Çeliği İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağlantıları	15
3.1.8.1. Mander Sargılı Beton Modeli	15
3.1.8.2. Mander Sargısız Beton Modeli	17
3.1.8.3. Donatı Çeliği Modeli	18
3.1.9. Betonarme Elemanlarda Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	19
3.1.10. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi	20
3.1.10.1. Hemen Kullanım Performans Düzeyi	21
3.1.10.2. Can Güvenliği Performans Düzeyi	21
3.1.10.3. Göçme Öncesi Performans Düzeyi	21
3.1.10.4. Göçme Durumu	22
3.1.11. Bina İçin Hedeflene Performans Düzeyinin Belirlenmesi	22
3.2. TBDY 2018'e Göre Bina Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi	23
3.2.1. Tek Modlu İtme Analizi Yöntemi	23
3.2.2. Bina Bilgi Düzeyi	24
3.2.3. Deprem Hesabına İlişkin Genel Kurallar	24
3.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	25
3.2.5. Tepe Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi	26
3.2.6. Beton ve Donatı Çeliği İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağlantıları	29
3.2.6.1. Mander Sargılı ve Sargısız Beton Modeli	29
3.2.6.2. Donatı Çeliği Modeli	30
3.2.7. Mevcut Betonarme Yapı Elemanları İçin İzin Verilen Hasar Sınırları	31
3.2.8. Betonarme Elemanlarda Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	33
3.2.9. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi	34
3.2.9.1. Sınırlı Hasar Performans Düzeyi	34
3.2.9.2. Kontrollü Hasar Performans Düzeyi	34

3.2.9.3. Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi	35
3.2.9.4. Göçme Durumu	35
3.2.10. Bina İçin Hedeflenen Performans Düzeyinin Belirlenmesi	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	38
4.1. Mevcut Yapı Bilgileri	38
4.2. Bina Taşıyıcı Sisteminin Modellenmesi	44
4.2.1. Etkin Kesit Rijitliklerinin Belirlenmesi	45
4.3. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi	49
4.3.1. Tek Modlu İtme Analizinin Kullanılabilirliği	50
4.3.2. Kesitlerin Plastik Mafsal Özelliklerinin Tanımlanması	55
4.3.2.1. Nonlineer Malzemelerin Modellenmesi	55
4.3.2.2. Binanın Kiriş Kesitlerinin Plastik Mafsal Özelliklerinin Elde Edilmesi..	56
4.3.2.3. Binanın Düşey Taşıyıcı Eleman Kesitlerinin Plastik Mafsal Özelliklerinin Elde Edilmesi	60
4.3.2.4. Taşıyıcı Sistem Kesitlerine Plastik Mafsal Özelliklerinin Tanımlanması ve Atanması	66
4.3.3. Tek Modlu İtme Analizinin Tanımlanması	69
4.3.4. Binanın Hedef Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi	74
4.3.5. Doğrusal Olmayan Analizin Yapılması ve Sonuçların Elde Edilmesi	81
5. SONUÇ	93
KAYNAKLAR	95
EKLER	97
ÖZGEÇMİŞ	151

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Ülkemizde ve yakın çevresinde oluşan depremler 1985-2019	1
Şekil 3.1. Yığılı plastik mafsallı davranışının idealleştirilmesi.....	9
Şekil 3.2. Kesitte pekleşmeli ve pekleşmesiz durum için moment-plastik dönme ilişkisi .	10
Şekil 3.3. Kapasite eğrisi ve modal kapasite eğrisi	10
Şekil 3.4. Modal kapasite eğrisi ve davranış spektrumunun aynı grafikte gösterilmesi	12
Şekil 3.5. Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmenin belirlenmesi.....	14
Şekil 3.6. Mander sargılı ve sargısız betonun gerilme-şekildeğiştirme grafiği.....	17
Şekil 3.7. Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği	18
Şekil 3.8. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	20
Şekil 3.9. Modal kapasite eğrisi ve hakim titreşim modunun aynı grafikte gösterilmesi ...	26
Şekil 3.10. TBDY 2018’de doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmenin bulunması.....	29
Şekil 3.11. Mander sargılı ve sargısız betonun gerilme-şekildeğiştirme grafiği.....	30
Şekil 3.11. Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği	30
Şekil 3.12. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	34
Şekil 4.1. Mevcut okul binasının zemin kat kalıp planı	39
Şekil 4.2. Mevcut okul binasının kolon aplikasyon planı	40
Şekil 4.3. Binanın 3 boyutlu taşıyıcı sistemi	44
Şekil 4.4. M1 tip kiriş kesitinin rijitlik çarpanının girilmesi	45
Şekil 4.5. C2 tip kolon kesitinin etkin kesit rijitlik çarpanlarının girilmesi	49
Şekil 4.6. SAP2000’de sargısız beton modelleri gerilme-şekildeğiştirme grafikleri	55
Şekil 4.7. SAP 2000’de S220 donatı çeliğinin modellenmesi.....	56
Şekil 4.8. B1 tip kiriş kesitinin Section Designer’da modellenmesi	57
Şekil 4.9. B1 tip kirişin TBDY 2018’e göre sargılı beton modeli gerilme-şekildeğiştirme grafiği.....	57
Şekil 4.10. B1 tip kiriş kesitinin iki yönetmeliğe göre moment-eğrilik grafikleri	58
Şekil 4.11. C2 tip kolon kesitinin Section Designer modeli	61
Şekil 4.12. C2 tip kolon kesitinin DBYBHY 2007 mander sargılı beton modeli	61
Şekil 4.13. C2 tip kolon kesitinin karşılıklı etki diyagramının oluşturulması.....	62

Şekil 4.14. C2 tip kolon kesitinin Section Designer’da moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi.....	62
Şekil 4.15. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018’e göre plastik mafsallık özelliklerinin oluşturulması	66
Şekil 4.16. C2 tip kolon kesitinin akma yüzeyinin SAP 2000’de tanımlanması.....	67
Şekil 4.17. B1 tip kiriş kesitinin SAP 2000’de plastik mafsallık özelliklerinin oluşturulması.....	68
Şekil 4.18. Kesitlere plastik mafsallık atanması.....	69
Şekil 4.19. Kat hizalarına etkiyen yatay yük dağılım oranları	70
Şekil 4.20. (a) İtme analizinin başlangıç adımının Okul model_2018_DD1 ve (b) Okul model_2018_DD3 SAP 2000’de girilmesi.....	72
Şekil 4.21. Okul Model_2007_%2, Okul Model_2007_%10, Okul Model_2018_DD1, Okul Model_2018_DD3 dosyaları X yönü kapasite eğrileri.....	73
Şekil 4.22. Okul Model_2007_%2, Okul Model_2007_%10, Okul Model_2018_DD1, Okul Model_2018_DD3 dosyaları Y yönü kapasite eğrileri.....	74
Şekil 4.23. DBYBHY 2007’e göre %2 Aşılma Olasılığı için X Yönü Hedef Deplasman Hesabı	77
Şekil 4.24. DBYBHY 2007’e göre %2 Aşılma Olasılığı için Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı	77
Şekil 4.25. DBYBHY 2007’e göre %10 Aşılma Olasılığı için X Yönü Hedef Deplasman Hesabı	78
Şekil 4.26. DBYBHY 2007’e göre %10 Aşılma Olasılığı için Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı	78
Şekil 4.27. TBDY 2018’e göre DD1 deprem düzeyine göre X Yönü Hedef Deplasman Hesabı	79
Şekil 4.28. TBDY 2018’e göre DD1 deprem düzeyine göre Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı	79
Şekil 4.29. TBDY 2018’e göre DD3 deprem düzeyine göre X Yönü Hedef Deplasman Hesabı	80
Şekil 4.30. TBDY 2018’e göre DD3 deprem düzeyine göre Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı	80
Şekil 4.31. Okul Model_2018_DD1 X yönü C-C aksı eleman hasarları	81
Şekil 4.32. Donatıların dönme değerinin %50 arttırılması için hazırlanan excel dosyası ..	82
Şekil 4.33. C2 tip kolon kesitinin Normal kuvvet-Plastik dönme grafiği	83
Şekil 4.34. C2 tip kolon kesitine ait kolonların hasar durumunun belirlenmesi	83

EK 3 - Şekil 4.1. C1 tip perde kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	126
EK 3 - Şekil 4.2. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	127
EK 3 - Şekil 4.3. C3 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	128
EK 3 - Şekil 4.4. C4 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	129
EK 3 - Şekil 4.5. C5 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	130
EK 3 - Şekil 4.6. C6 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	131
EK 3 - Şekil 4.7. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	132
EK 3 - Şekil 4.8. C8 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	133
EK 3 - Şekil 4.9. C9 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	134
EK 3 - Şekil 4.10. C10 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	135
EK 3 - Şekil 4.11. C11 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	136
EK 3 - Şekil 4.12. C12 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi	137
EK 3 - Şekil 4.47. C1 tip perde kesitinin TBDY 2018'e göre 2. Kat hasar durumunun belirlenmesi	138
EK 3 - Şekil 4.13. C5 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 2. Kat hasar durumunun belirlenmesi	138
EK 3 - Şekil 4.49. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 2. Kat hasar durumunun belirlenmesi	139
EK 3 - Şekil 4.14. C9 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 2. Kat hasar durumunun belirlenmesi	139
EK 3 - Şekil 4.15. C5 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi	140

EK 3 - Şekil 4.16. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi	140
EK 3 - Şekil 4.18. C8 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi	141
EK 3 - Şekil 4.19. C9 tip kolon kesitinin 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi	142
EK 3 - Şekil 4.20. C10 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi	142
EK 3 - Şekil 4.21. C11 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi	143
EK 3 - Şekil 4.22. C12 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi	143
EK 3 - Şekil 4.23. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	144
EK 3 - Şekil 4.24. C3 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	144
EK 3 - Şekil 4.26. C4 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	145
EK 3 - Şekil 4.27. C5 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	146
EK 3 - Şekil 4.28. C6 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	146
EK 3 - Şekil 4.29. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	147
EK 3 - Şekil 4.30. C8 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	148
EK 3 - Şekil 4.31. C9 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	149
EK 3 - Şekil 4.32. C10 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	149
EK 3 - Şekil 4.33. C12 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi	150

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Bina performans değerlendirme yöntemleri	5
Tablo 3.2. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	7
Tablo 3.3. Farklı aşılma olasılıkları için deprem etkileri	8
Tablo 3.4. Donatı çeliğinin mekanik özellikleri	18
Tablo 3.5. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri	22
Tablo 3.6. Bina bilgi düzeyi katsayıları	24
Tablo 3.7. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları	25
Tablo 3.8. Donatı çeliğinin mekanik özellikleri	31
Tablo 3.9. Bina kullanım sınıfı	36
Tablo 3.10. Deprem tasarım sınıfları	36
Tablo 3.11. Mevcut yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefleri ve deprem yer hareket düzeyleri	37
Tablo 4.1. Bina kolon-perde tip kesit bilgileri	41
Tablo 4.2. Bina kiriş tip kesit bilgileri	42
Tablo 4.3. Kolonların ve perdelerin etkin kesit rijitlik çarpanları	46
Tablo 4.4. Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı	51
Tablo 4.5. Deprem tasarım sınıfları	51
Tablo 4.6. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları	52
Tablo 4.7. DBYBHY 2007'ye göre elde edilen kütle katılım oranları	53
Tablo 4.8. TBDY 2018'e göre elde edilen kütle katılım oranları	53
Tablo 4.9. DBYBHY 2007'ye göre elde edilen burulma düzensizliği katsayıları	54
Tablo 4.10. DBYBHY 2007'ye göre elde edilen burulma düzensizliği katsayıları	54
Tablo 4.11. B1 tip kiriş kesitinin DBYBHY 2007'ye göre eğrilik analizi değerleri ve eğrilik sınırları	59
Tablo 4.12. B1 tip kiriş kesitinin TBDY 2018'e göre eğrilik analizi değerleri	59
Tablo 4.13. C2 tip kolon kesitinin DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler	64

Tablo 4.14. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre yapılan moment eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler	65
Tablo 4.15. Eksen dönüşümü için gerekli parametreler	75
Tablo 4.16. DBYBHY 2007'ye göre bina hedef yerdeğiştirme istemleri	76
Tablo 4.17. TBDY 2018'e göre bina hedef yerdeğiştirme istemleri	76
Tablo 4.18. DBYBHY 2007'ye göre aşılma olasılığı %2 olan depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kolon ve perde verileri.....	85
Tablo 4.19. DBYBHY 2007'ye göre aşılma olasılığı %10 olan depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kolon ve perde verileri.....	86
Tablo 4.20. DBYBHY 2007'ye göre aşılma olasılığı %2 olan depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kiriş verileri	87
Tablo 4.21. DBYBHY 2007'ye göre aşılma olasılığı %10 olan depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kiriş verileri	87
Tablo 4.22. TBDY 2018'de DD-1 deprem düzeyi için yapılan analiz sonucu kolonların ve perdelerin verileri.....	88
Tablo 4.23. TBDY 2018'de DD-3 deprem düzeyi için yapılan analiz sonucunda kolonların ve perdelerin hasar durumları.....	89
Tablo 4.24. TBDY 2018'e göre DD-1 deprem düzeyi depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kiriş verileri.....	90
Tablo 4.25. TBDY 2018'e göre DD-3 deprem düzeyi depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kiriş verileri.....	90
Tablo 4.26. DBYBHY 2007'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için mevcut okul binasının deprem performansı	91
Tablo 4.27. DBYBHY 2007'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için mevcut okul binasının deprem performansı	91
Tablo 4.28. TBDY 2018'de DD-1 deprem düzeyi için mevcut okul binasının performans düzeyi	92
Tablo 4.29. TBDY 2018'de DD-3 deprem düzeyi için mevcut okul binasının performans düzeyi	92
EK 1 - Tablo 4.1. Kirişlerin DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler	98
EK 1 - Tablo 4.2. Kirişlerin TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	99

EK 1 - Tablo 4.3. Kirişlerin TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler (devamı). 100	100
EK 2 - Tablo 4.4. C1 tipi perdelerin DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler..... 101	101
EK 2 - Tablo 4.5. C1 tipi perdelerin TBDY 2018'e göre 1. kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler 102	102
EK 2 - Tablo 4.6. C1 tipi perdelerin TBDY 2018'e göre 2. kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler 103	103
EK 2 - Tablo 4.7. C1 tipi perdelerin TBDY 2018'e göre 3. kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler 104	104
EK 2 - Tablo 4.8. C1 tipi perdelerin TBDY 2018'e göre 4. kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler 105	105
EK 2 - Tablo 4.9. C3 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler 106	106
EK 2 - Tablo 4.10. C3 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler..... 107	107
EK 2 - Tablo 4.11. C4 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler..... 108	108
EK 2 - Tablo 4.12. C4 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler..... 109	109
EK 2 - Tablo 4.13. C5 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler..... 110	110
EK 2 - Tablo 4.14. C5 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler..... 111	111
EK 2 - Tablo 4.15. C6 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler..... 112	112
EK 2 - Tablo 4.16. C6 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler..... 113	113

EK 2 - Tablo 4.17.	C7 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	114
EK 2 - Tablo 4.18.	C7 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	115
EK 2 - Tablo 4.19.	C8 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	116
EK 2 - Tablo 4.20.	C8 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	117
EK 2 - Tablo 4.21.	C9 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	118
EK 2 - Tablo 4.22.	C9 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	119
EK 2 - Tablo 4.23.	C10 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	120
EK 2 - Tablo 4.24.	C10 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	121
EK 2 - Tablo 4.25.	C11 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	122
EK 2 - Tablo 4.26.	C11 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	123
EK 2 - Tablo 4.27.	C12 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	124
EK 2 - Tablo 4.28.	C12 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.....	125

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
a_i	: Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklık
a_1^i	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
a_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
b_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_i^{(p)}$	: Modal yerdeğiştirme istemi
DBYBHY	: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik
G	: Ölü yük
g_i	: Binada (i)'inci katın sabit (ölü) yük ağırlığı
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
$E_d^{(Z)}$	: Binada düşey deprem etkisi
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımı
GB	: Göçme bölgesi
GÇ	: Göçme hasar sınırı

GD	: Göçme durumu performans düzeyi
GÖ	: Göçme öncesi performans düzeyi (DBYBHY 2007)
GÖ	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi (TBDY 2018)
GV	: Güvenli hasar sınırı
h_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
(I)	: Bina önem katsayısı
İHB	: İleri hasar bölgesi
k_e	: Sargılama etkinlik katsayısı
KHB	: Kontrollü hasar bölgesi
L_p	: Plastik mafsalsal boyu
M_{x1}	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle
MHB	: Minimum hasar bölgesi
MN	: Minimum hasar sınırı
m_n	: Binanın vektörel olarak kat kütlesi
n	: Hareketli yük azaltma katsayısı
N_D	: Kolon veya perdede oluşan eksenel kuvvet
R_{y1}	: Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
SHB	: Sınırlı hasar bölgesi
S_{ae1}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elde edilen elastik spektral ivme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
S_{de1}	: Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme
S_{ds}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S₁	: 1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
T₁	: Birinci moda ait doğal titreşim periyodu
TBDY	: Türkiye bina deprem yönetmeliği
V_{x1}⁽ⁱ⁾	: x doğrultusu (i)'inci itme adımında elde edilen birinci moda ait taban kesme kuvveti

$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(p)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
Q	: Hareketli yük
q_i	: Binada (i)'inci katın hareketli yük ağırlığı
W	: Bina ağırlığı
w_i	: Binada (i)'inci kata ait kat ağırlığı
ϵ_c	: Beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
θ_p	: Plastik dönme istemi
η_{bi}	: (i)'inci katın burulma düzensizliği katsayısı
$(\Delta i)_{ort}$	: Binanın (i)'inci katında hesaplanan görelî kat yerdeğiştirmelerinin ortalama değeri
$(\Delta i)_{max}$	: Binanın (i)'inci katında hesaplanan görelî kat yerdeğiştirmelerinin en büyük değeri
$(\Delta i)_{min}$	: Binanın (i)'inci katında hesaplanan görelî kat yerdeğiştirmelerinin en küçük değeri
Φ_{xN1}	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
ϕ_p	: Plastik eğrilik istemi
ϕ_y	: Toplam eğrilik istemi
ϕ_t	: Eşdeğer akma eğriliği
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Mevcut Bir Okul Binasının Deprem Performansının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Değerlendirilmesi

Mehmet YALIN

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Hakan ULUTAŞ

Ekim, 2020

Bu çalışmada, boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmiş, perdeli çerçeveli taşıyıcı sisteme sahip mevcut okul türü bir binanın DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 deprem yönetmeliklerinin her ikisine göre de deprem performansı belirlenmiş iki yönetmeliğe göre elde edilen bu sonuçlar kıyaslanmıştır. Seçilen okul binasının boyuna donatılarının nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmiş olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Çünkü TBDY 2018 yönetmeliğine göre betonarme elemanların boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmişse, donatı çeliği birim şekildeğiştirme talebi ve plastik dönme talebi 1,5 ile çarpılarak artırılması gerekmektedir. DBYBHY 2007’de bu koşul bulunmadığından iki yönetmeliği kıyaslamak için nervürsüz donatıya sahip mevcut okul türü bir binanın seçilmesi yönetmelikleri kıyaslamak adına daha uygun olacağı düşünülmüştür. Analizler doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak yapılmıştır. DBYBHY 2007’e göre yapılan çözümler artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle, TBDY 2018’e göre yapılan çözümler ise artımsal eşdeğer deprem yükünün TBDY 2018’de karşılığı olan tek modlu itme yöntemi ile yapılmıştır. Kesitlerin moment eğrilik analizleri ve plastik mafsallık özellikleri ile binanın itme analizleri için SAP 2000 programından faydalanılmıştır.

İki yönetmeliğin performans sonuçları kıyaslandığında yönetmelikler arasındaki uyumsuzluğun 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için olduğu tespit edilmiştir. 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için binanın Y doğrultusu DBYBHY 2007’e göre hedef performans seviyesini sağlarken, TBDY 2018’e göre hedef performans seviyesini sağlayamadığı belirlenmiştir. Her iki aşılma olasılığı ve iki doğrultusunun en elverişsiz olanı dikkate alındığında bina her iki yönetmeliğe göre de hedef performans seviyesini sağlayamamıştır.

Anahtar Kelimeler: deprem, performans analizi, doğrusal elastik olmayan yöntem, DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerinin kıyaslanması

SUMMARY

M. Sc. Thesis

An Evaluation on Earthquake Performance of an Existing School Building According to the 2007 and 2018 Earthquake Regulations

Mehmet YALIN

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Department**

Supervisor: Asst. Prof. Hakan ULUTAŞ

October, 2020

In this study, the earthquake performance of an existing school-type building with a curtain-framed structural system with longitudinal reinforcements arranged with non-ribbed reinforcement steel was determined according to both DBYBHY 2007 and TBDY 2018 earthquake regulations, and the two regulations were compared based on the results. Particular attention was paid to the longitudinal reinforcements of the selected school building to be arranged with non-ribbed reinforcement steel, because according to the TBDY 2018 regulation, if the longitudinal reinforcement of the reinforced concrete elements is arranged with non-ribbed reinforcement steel, this steel should be multiplied by the strain request and the plastic rotation request by 1.5 needs to be increased. Since there was no such requirement in DBYBHY 2007, it was thought that it would be more appropriate to choose an existing school-type building with non-ribbed reinforcement to compare the two regulations. Analyses were carried out using the non-linear elastic evaluation method. The solutions that were made according to DBYBHY 2007 were prepared through the incremental equivalent earthquake load method, and the solutions that were made according to TBDY 2018 were prepared by using the single mode pushover method, which corresponds to the incremental equivalent earthquake load method in TBDY 2018. SAP 2000 program was used for moment curvature analysis of sections and plastic hinge properties and pushover analysis of the building.

The comparison between the performance results of the two regulations illustrated that the incompatibility between the regulations is for earthquakes with a 2% probability of exceeding in 50 years. It has been determined that while the Y direction of the building has achieved the target performance level according to DBYBHY 2007 for earthquakes with a probability of exceeding 2% in 50 years, it cannot achieve the target performance level according to TBDY 2018. Considering the possibility of exceedance and the most unfavorable of both directions, the building could not achieve the target performance level according to both regulations.

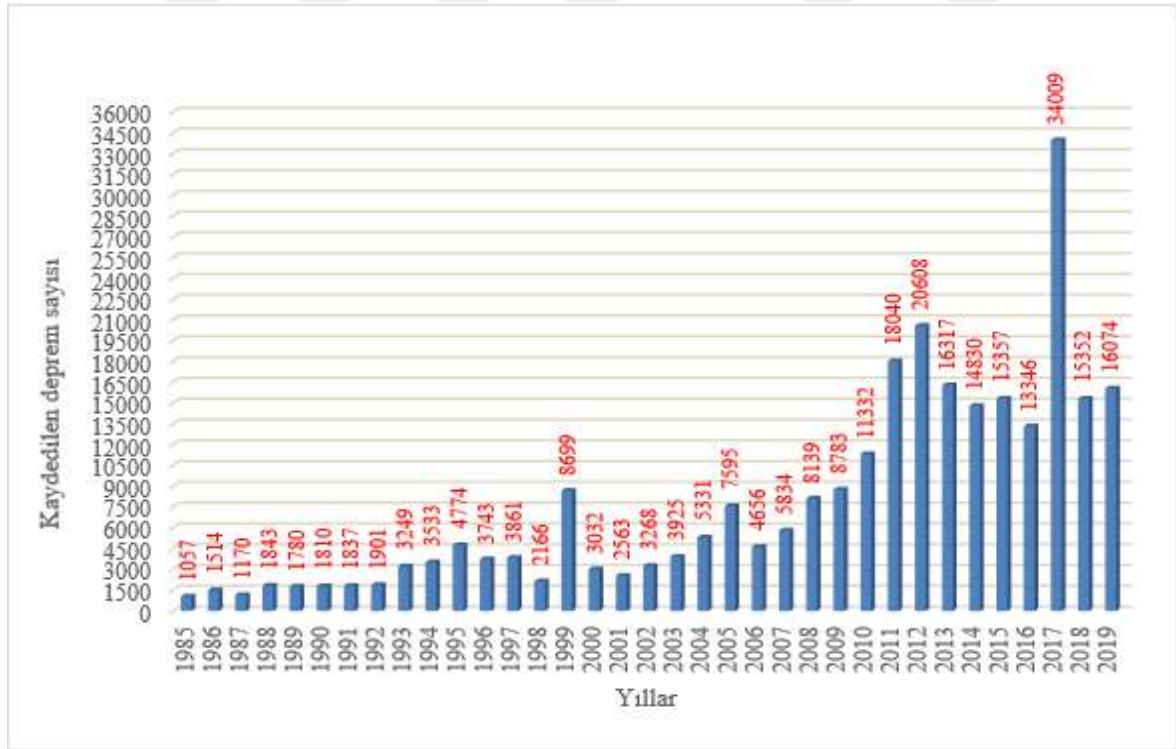
Keywords: earthquake, performance analysis, nonlinear method, comparison of DBYBHY 2007 and TBDY 2018 regulations

1. GİRİŞ

Yerkürede doğal afetler sonucunda canlı ve cansız varlıklar olumsuz etkilenmektedir. Doğal afetlerin olumsuz etkilerinin oluşmasında büyük pay sahibi olan depremler, yer kabuğunun alt katmanlarında meydana gelen hareketlerin ortaya çıkardığı sarsıntı dalgaları sebebi ile oluşmaktadır (Coza, 2003).

Deprem, hissedilemeyecek kadar düşük büyüklüklerle ya da yıkıcı bir etkiye sahip olan büyüklüklerle gerçekleşebilmektedir. Depremın büyüklüğünün yeryüzünde hissedilmesi ise depremin şiddeti ile alakalı olduğu bilinmektedir. Birçok doğal afet gibi depremlerde engellenememektedir fakat önlem alınabilmektedir.

Ülkemizin, aktif bir deprem kuşağı olan Alp-Himalaya deprem kuşağında bulunması ve jeolojik oluşumunu geç tamamlamış genç bir ana karaya sahip olması sebebi ile deprem hareketleri sıklıkla meydana gelmektedir. Ülkemizde ve yakın çevresinde Kandilli Rasathanesi tarafından 1985-2019 yılları arasında 271328 adet deprem hareketi kaydedilmiş, bu kayıtlar Şekil 1.1’de grafik ile gösterilmiştir (Anonim, 2020).



Şekil 1.1. Ülkemizde ve yakın çevresinde oluşan depremler 1985-2019 (Anonim, 2020)

Ülkemizin jeolojik ve topografik yapısı, deprem etkileri açısından olumsuz sonuçlar ortaya koymaktadır. Ülkemizde son 60 yıl içinde meydana gelen doğal afetlerin yol açtığı yapı hasarlarının %62'sinin sebebi depremlerdir (Erdoğan, 2007). Bu yüzden mevcut ve yeni yapıların deprem güvenliğinin sağlanması için deprem yönetmelikleri ilgili kurumlar tarafından hazırlanıp yayınlanmıştır. Deprem yönetmelikleri teknoloji ile paralel olarak gelişip daha kapsamlı hale getirilmektedir.

Deprem yönetmelikleri, binaların hangi amaçla kullanıldığı dikkate alınarak ilgili hesaplar ve gerektirdiği kurallara uyularak tatbik edilmesini istemektedir. Çünkü binaların niteliği, insanların binalarda bulunma sürelerini ve bulunma amaçlarını doğrudan etkilemektedir. İçinde insanların bulunduğu mevcut yapıların güncel yönetmeliklere göre deprem güvenliğinin belirlenmesi önem teşkil etmektedir.

Türkiye'de mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi konusu, ilk olarak DBYBHY 2007 deprem yönetmeliğinin 7. Bölümünde yer almıştır. TBDY 2018'de ise mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi konusu ile ilgili esaslar 15. Bölümde yer almaktadır. Mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi, yeni yapılacak olan binalar kadar önemlidir. Çünkü mevcut yapıların depreme karşı olası davranışının belirlenmesi, depremde can ve mal kaybının önüne geçmek açısından oldukça önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında, kullanım amacı okul olan 4 katlı mevcut betonarme bir yapının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre deprem güvenlikleri belirlenmiş, her iki yönetmeliğe göre elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Performans analizleri, doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak yapılmıştır. DBYBHY 2007'e göre yapılan çözümler artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle, TBDY 2018'e göre yapılan çözümler ise artımsal eşdeğer deprem yükünün TBDY 2018'de karşılığı olan tek modlu itme yöntemi ile yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Literatür Taraması

Literatürde okul binalarının deprem güvenliği ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Binaların deprem güvenliğinin belirlendiği çalışmalar incelenip aşağıda içerikleri verilmiştir.

Dalyan ve Şahin (2019) çalışmalarında DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre 5 katlı mevcut bir betonarme binayı doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemine göre ETABS programının kullanarak deprem yükü etkisinde taşıyıcı elamanların performans analizi yapılmıştır. TBDY 2018'de spektrum değişikliği ve yapı periyodunun uzun olması daha az deprem etkisi oluşmasına rağmen kesit hasar sınırlarının DBYBHY 2007'ye göre daha küçük değerler alması sebebiyle iki yönetmelikte performans seviyelerinin yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Dinçer ve Mert (2014) Doğrusal olmayan analiz yöntemiyle DBYBHY 2007 esaslarına göre 4 katlı okul türü bir binanın deprem performansını belirlemişlerdir. Okul türü binalar için yönetmelikte istenen performans düzeyleri ve bu performans düzeyini etkileyen kriterlerden bahsedilmiştir. SAP 2000 programı ile binanın doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Binanın dayanım ve şekildeğiştirme kapasiteleri belirlenerek yönetmelikte istenen ilgili performans düzeyi ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak analiz edilen okul türü bina DBYBHY 2007'ye göre ilgili performans düzeyini sağlayamamıştır.

Eldemir (2019) yaptığı çalışmada DBYBHY 2007'ye göre tasarımı yapılmış 4-5-6 katlı 5 adet mevcut betonarme binanın sismik davranışlarını hem DBYBHY 2007'ye göre hem TBDY 2018'e göre incelenmiştir. Plastik mafsallı davranışını taşıyıcı sistem elemanlarına tanımlayarak kesit hasar sınırlarına göre değerlendirmiştir. İki yönetmelikte kesit hasar sınırlarının ve çatlamış kesit rijitliği değerlerinin farklı olması sebebiyle binaların sismik etkiler altındaki davranışları kıyaslanmıştır. İki yönetmelikte ivme değerlerinin farklı olmasından dolayı dinamik analizler sonucunda; binaların çatı katı ötelenme oranları, deplasman profilleri ve görelî kat ötelenme oranları değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir.

Hava, (2019) tez çalışmasında betonarme model binalar kullanarak DBYBHY 2007-TBDY 2018 yönetmelikleri dahilinde deprem etkisi altında yapıların doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü metodunu kullanarak iki yönetmelik farkını ve benzerliklerini sayısal olarak karşılaştırmıştır. Sonuç olarak TBDY 2018'de DBYBHY 2007'ye göre kat deplasmanlarında artış gözlenirken kat kesme kuvvetlerinde genellikle bir azalma olduğu sonucuna varılmıştır.

Severcan ve Sinani (2019) yaptıkları çalışmada 8 katlı mevcut betonarme bir binayı DBYBHY 2007 ve Eurocode 8 deprem yönetmeliklerini karşılaştırmak için doğrusal olmayan elastik artımsal itme yöntemini kullanarak SAP 2000 programıyla deprem performanslarını belirlemişlerdir. Model DBYBHY 2007'ye göre oluşturulmuştur. Analiz sonucunda DBYBHY 2007'ye göre X ve Y doğrultusunda kritik katta tüm kolonlar göçme bölgesinde bulunmaktadır. Eurocode 8'de ise X yönü %60, Y yönü %75 oranında göçme bölgesinde kaldığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak DBYBHY 2007'nin Eurocode 8'e göre kesit hasar sınırlarının daha güvenli tarafta kaldığı gözlemlenmiştir.

Sucuoğlu (2019) yaptığı çalışmada DBYBHY 2007 ile TBDY 2018'de değişen ve yeni eklenen başlıkları incelemiştir. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin deprem etkilerini daha gerçekçi yansıttığını dile getirmiştir. Bina performans analizinin önemini dile getirmiştir.

Ulutaş (2019) yaptığı çalışmada bir kolon, bir perde ve bir kiriş kesitini betonarme olarak iyi (C25-S420-Etriye Sıklaştırma aralığı 10 cm) ve kötü malzemeli (C10-S200-Etriye Sıklaştırma aralığı 25 cm) olacak şekilde modellemiştir. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 deprem yönetmeliklerine göre doğrusal olmayan analiz yöntemiyle mevcut yapıların kesit hasar durumlarının belirlenmesine uygun olarak 3 eksenel yük seviyesinde analiz yapılarak kesit hasar sınırlarına göre kesitlerin hasarları belirlenmiştir. Kesitlerin hasar durumları 2 yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. TBDY 2018'in, DBYBHY 2007'e göre daha güvenli tarafta aldığı gözlemlenmiştir.

Zolmaz (2019) yüksek lisans tez çalışmasında mevcut betonarme bir binaya perde ekleyerek TBDY 2018'e göre bina performans seviyesinde oluşan değişimleri gözlemlemiştir. Perdeli modelin mevcut duruma göre performans seviyesi arttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda perde duvar eklenmesi sonucu mevcut binanın diğer taşıyıcı elemanlarının kesit hasarlarının azaldığı görülmüştür. Bu sonuçlara dayanarak mevcut binalara uygun perde duvar eklenerek pratik ve etkili bir şekilde güçlendirme uygulaması yapılabileceği vurgulanmıştır.

Tekdemir (2020) yüksek lisans tez çalışmasında farklı özellik ve boyutlara sahip model binalar üzerinde TBDY 2018'e göre doğrusal hesap yöntemleri ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri üzerine SAP 2000 programında analizler yapmıştır. Bu analizler sonucunda taban kesme kuvvetleri, göreceli kat ötelemeleri plastik mafsallı oluşum düzenleri incelenip kıyaslanmıştır. Deprem etkisi altında plastik mafsalların kiriş elemanlarda daha önce oluşması göz önünde bulundurularak boyutlandırma ve kesit hesabı yapılması gerektiği gösterilmiştir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu başlık altında mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için deprem yönetmeliklerinin ilgili bölümleri incelenecektir. Binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’de doğrusal elastik değerlendirme yöntemi ve doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi olmak üzere iki tip yöntemden bahsedilmektedir. Belirtilen bu iki yöntemden doğrusal olan değerlendirme yönteminde dayanım esaslı yaklaşım ile çözümleme yapılırken, doğrusal olmayan değerlendirme yönteminde, şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme esaslı yaklaşım ile çözümleme yapılmaktadır. Tablo 3.1’de her iki yönetmeliğe ait değerlendirme yöntemleri verilmiştir.

Tablo 3.1. Bina performans değerlendirme yöntemleri

DBYBHY 2007		TBDY 2018	
Doğrusal Elastik Yöntemler	Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler	Doğrusal Yöntemler	Doğrusal Olmayan Yöntemler
❖ Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	❖ Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	❖ Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	❖ Tek Modlu İtme Yöntemleri
❖ Mod Birleştirme Yöntemi	❖ Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi	❖ Mod Birleştirme Yöntemi	❖ Çok Modlu İtme Yöntemleri
	❖ Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi		❖ Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Bu tez çalışması kapsamında; DBYBHY 2007’ye göre performans değerlendirmesinde artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi, TBDY 2018’e göre performans değerlendirmesinde ise tek modlu itme analizi yöntemi kullanılmıştır.

3.1. DBYBHY 2007’ye Göre Bina Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi

DBYBHY 2007 7. Bölüm’de deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının belirlenmesinde izlenecek hesap kuralları verilmiştir. Çalışma kapsamında doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden artımsal eşdeğer

deprem yükü yöntemi kullanıldığından bu yöntemin hesap kuralları DBYBHY 2007 7. Bölüm’de verilen kurallar çerçevesinde özetlenmiştir.

3.1.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü ile İtme Analizi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük hesabını izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır (DBYBHY, 2007).

Artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme analizi yönteminin kullanılabilmesi için DBYBHY 2007’de birtakım koşullar belirtilmiş olup bu koşullar aşağıda verilmiştir.

- ❖ Binanın kat adedinin bodrum hariç 8 kattan fazla olmaması, binanın herhangi bir katında ek dışmerkezlik dikkate alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir.
- ❖ Ayrıca binada göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) birbirine dik olan iki deprem doğrultusunun herhangi birinin etkisiyle oluşan herhangi bir kattaki en büyük göreceli kat yerdeğiştirmenin o katta aynı yönde olan ortalama göreceli kat yerdeğiştirmesine oranlanmasıyla elde edilir (Denklem (3.1), Denklem (3.2)).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} \quad (3.1)$$

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = \frac{1}{2} [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] \quad (3.2)$$

Burada, $(\Delta_i)_{\max}$ binanın i. katında hesaplanan göreceli kat yerdeğiştirmelerinin en büyük değerini, $(\Delta_i)_{\min}$ binanın i. katında hesaplanan göreceli kat yerdeğiştirmelerinin en küçük değerini göstermektedir.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilmektedir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanmalıdır (DBYBHY, 2007).

3.1.2. Bina Bilgi Düzeyi

DBYBHY 2007’de binaların mevcut durumlarının bilgi düzeyleri yeterliliğine göre; sınırlı, orta ve kapsamlı olmak üzere 3 farklı bilgi düzeyi belirtilmiştir. Bu bilgi düzeylerine göre bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmaktadır (Tablo 3.2). Bilgi düzeyi katsayıları taşıyıcı elemanların kapasitelerine uygulanmaktadır.

Tablo 3.2. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (DBYBHY, 2007)

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.9
Kapsamlı	1

3.1.3. Deprem Hesabına İlişkin Genel Kurallar

DBYBHY 2007’ye göre binaların doğrusal elastik olmayan yöntemler ile deprem güvenliğinin belirlenmesinde deprem hesabı yapılırken uyulması gereken genel kurallar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- ❖ Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri yeterli doğrulukta hesaplayacak şekilde hazırlanmalıdır.
- ❖ Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilmelidir.
- ❖ Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri DBYBHY 2007 Bölüm 6’ya göre belirlenmelidir.
- ❖ Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları $w_i = g_i + nq_i$ olarak hesaplanmalı, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanmalıdır.

- ❖ Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınmalıdır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanmalı, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmamalıdır.
- ❖ Deprem etkisinin tanımında DBYBHY 2007’de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılmalı, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde Tablo 3.3’te verilen etki katsayıları hesaplarda göz önüne alınmalıdır. Tablo 3.3’te görüldüğü üzere, 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun değeri elastik (azaltılmamış) ivme spektrumunun değerinin yaklaşık yarısı, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun değeri ise elastik (azaltılmamış) ivme spektrumunun değerinin yaklaşık 1.5 katı kadardır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı (I) uygulanmamalıdır.

Tablo 3.3. Farklı aşılma olasılıkları için deprem etkileri (DBYBHY, 2007)

Deprem Tipi	Deprem Etki Katsayısı	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Geri Dönüş Süresi (yıl)
Kullanım Depremi	0.5	%50	72
Tasarım Depremi	1	%10	474
En Büyük Deprem	1.5	%2	2475

- ❖ Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılmalıdır. Daha kesin bir hesap yapılmadığı sürece etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ bina taşıyıcı elemanları için aşağıda hesaplandığı şekilde kullanılmalıdır.

Kirişlerde: $(EI)_e = 0.4(EI)_o$

Kolon ve perdelerde:

$N_D / (A_c \cdot f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.4(EI)_o$

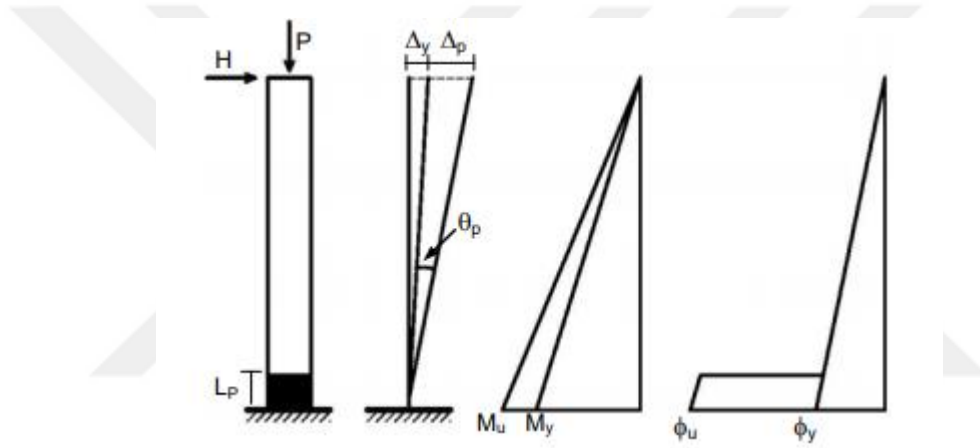
$N_D / (A_c \cdot f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.8(EI)_o$

Eksenel basınç kuvveti N_D ’nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenmelidir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılmalıdır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılmalıdır.

3.1.4. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış birçok model bulunmaktadır. Mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile DBYBHY 2007’de doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış hipotezine göre idealleştirme yapılmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallara karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır (DBYBHY, 2007). Şekil 3.1’de konsol kolon (perde) elemanın yığılı plastik mafsallara davranışının idealize edilmiş hali gösterilmiştir.



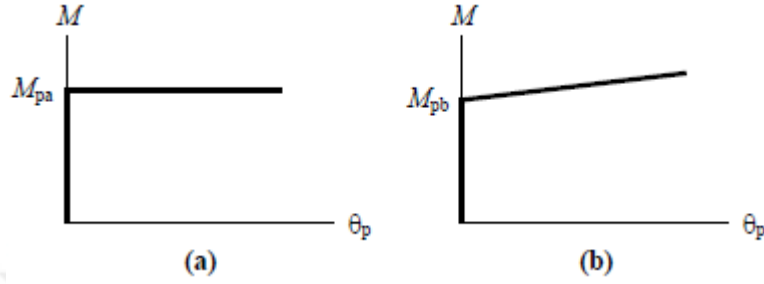
Şekil 3.1. Yığılı plastik mafsallara davranışının idealize edilmesi (Özmen vd., 2007)

DBYBHY 2007’de plastik mafsallara boyu olarak belirtilen plastik şekil değiştirmenin oluştuğu kabul edilen bölgenin uzunluğu (L_p) kesitin çalışan doğrultusu ‘h’ ise yarısına eşit olarak alınmaktadır ($L_p=0.5h$).

Teoride; yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik kesit, yığılı plastik mafsallara bölgesinin orta noktasına yerleştirilmelidir. Pratikte; DBYBHY 2007 kolon ve kirişlerde plastik kesitin kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına yani kolon ve kirişlerin net açıklığının her iki ucuna, Perdelerde ise her katta perde kesitinin alt ucuna koyulmaktadır.

İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) ihmal edilebilmektedir (Şekil 3.2.a). Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu göz önüne

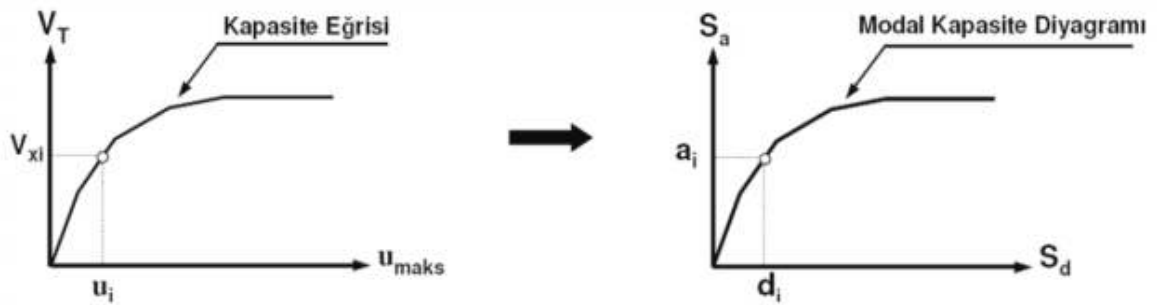
alınmalıdır. Pekleşme etkisinin dikkate alınması durumunda (Şekil 3.2.b), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanmalıdır (DBYBHY, 2007).



Şekil 3.2. Kesitte pekleşmeli ve pekleşmesiz durum için moment-plastik dönme ilişkisi (DBYBHY, 2007)

3.1.5. Kapasite Eğrisinin Koordinat Dönüşümünün Yapılması

Doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak ilgili yöndeki hakim mod özellikleri dikkate alınarak hesap edilen eşdeğer deprem yükü dağılımı artımsal olarak her katın kütle merkezine etki ettirilir. Düşey yükler ve adım adım arttırılan yatay yükler altında yatay yük kapasitesine ulaştığında tahmin edilen tepe deplasmana ulaşincaya kadar her yerdeğiştirme adımına karşılık gelen taban kesme kuvveti ile beraber oluşturulan bir kapasite eğrisi elde edilir. Buradan elde edilen tepe deplasmanı – taban kesmesi kuvveti eğrisi (kapasite eğrisi), spektral ivme-spektral yerdeğiştirme eğrisine dönüştürülür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kapasite eğrisi ve modal kapasite eğrisi (Kasap vd., 2019)

Kapasite eğrisi DBYBHY 2007’de modal kapasite eğrisine aşağıdaki denklemler ile dönüştürülmektedir.

(i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme a_1^i , Denklem (3.3) ile hesaplanmaktadır.

$$a_1^i = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.3)$$

Burada; $V_{x1}^{(i)}$, x deprem doğrultusunda (i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hâkim moda) ait taban kesme kuvvetini; M_{x1} , x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hâkim) moda ait etkin kütle temsil etmektedir.

(i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme $d_1^{(i)}$, Denklem (3.4) ile hesaplanmaktadır.

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1}\Gamma_{xN1}} \quad (3.4)$$

Burada; $u_{xN1}^{(i)}$, binanın tepesinde (N’inci katında) x deprem doğrultusunda (i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirmeyi; Φ_{xN1} , binanın tepesinde (N’inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliğini; Γ_{xN1} , x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanını temsil etmektedir.

Γ_{x1} ifadesi Denklem (3.5) ile hesaplanmaktadır.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.5)$$

Burada, verilen L_{x1} Denklem (3.6) ve M_{x1} Denklem (3.7) ile hesaplanmaktadır.

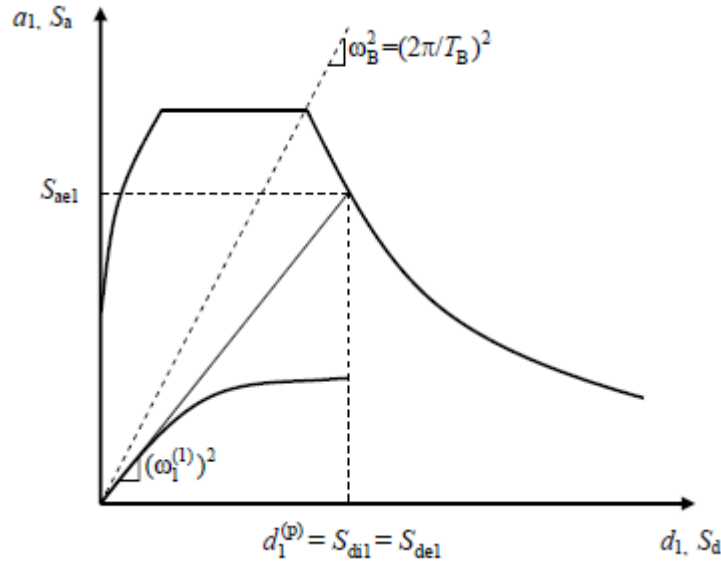
$$L_{x1} = \frac{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1}}{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1}^2} \quad (3.6)$$

$$M_{x1} = \frac{[\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1}]^2}{[\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1}^2]} \quad (3.7)$$

Verilen, m_n binanın vektörel olarak kat kütlelerini, ϕ_{n1} binanın vektörel olarak birinci moddaki kat yerdeğiştirmesini temsil etmektedir.

3.1.6. Tepe Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi

DBYBHY 2007’de modal kapasite eğrisi (yerdeğiştirme- d_1 , modal ivme a_1) ile farklı aşılma olasılıkları için verilen davranış spektrumu (yerdeğiştirme- S_d , spektral ivme- S_a) Şekil 3.4’te olduğu gibi aynı grafik üzerinde konumlandırılarak binanın tepe yerdeğiştirme istemi belirlenmektedir.



Şekil 3.4. Modal kapasite eğrisi ve davranış spektrumunun aynı grafikte gösterilmesi
(DBYBHY, 2007)

DBYBHY 2007’de binanın tepe yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi için hesap basamakları aşağıda verilmiştir.

1) Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme (S_{d1}), itme analizinin ilk adımında doğrusal elastik davranış altında hesaplanan birinci hakim moda ait başlangıç periyodu ($T_1^{(1)}$)’e karşılık gelen spektral yerdeğiştirme (S_{de1}) kullanılarak hesap edilir. Denklem (3.8)’de spektral yerdeğiştirme (S_{de1}), spektral ivme (S_{ae1}) yardımıyla bulunarak Denklem (3.9)’da doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme (S_{d1}) elde edilir.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (3.8)$$

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.9)$$

2) C_{R1} ; spektral yerdeğiştirme oranını göstermektedir. Başlangıç periyodu ($T_1^{(1)}$) ve karakteristik periyod (T_B)'nin sahip olduğu değerlere göre değişiklik göstererek hesaplanmaktadır.

2.1) Başlangıç periyodu ($T_1^{(1)}$), karakteristik periyod (T_B)'ye eşit veya karakteristik periyot (T_B)'den daha uzun ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(w_1^{(1)})^2 \leq w_B^2$) ise eşit yerdeğiştirme kuralı göz önüne alınarak Denklem (3.10)'da olduğu gibi değer almaktadır.

$$C_{R1} = 1 \quad (3.10)$$

2.2) Başlangıç periyodu ($T_1^{(1)}$), karakteristik periyod (T_B)'den daha kısa ($T_1^{(1)} < T_B$ veya $(w_1^{(1)})^2 > w_B^2$) ise spektral yerdeğiştirme oranı (C_{R1}) ardışık yaklaşım ile aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

2.2.a) İtme analizinin sonucunda elde edilen kapasite eğrisi, koordinat dönüşümü yapılarak modal kapasite eğrisine çevrildikten sonra yaklaşık olarak 2 doğrudan (bi-lineer) oluşan bir diyagrama dönüştürülür (Şekil 3.5.a). Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğer $(w_1^{(1)})^2$ 'e eşit alınır ($T_1^{(1)} = 2\pi/w_1^{(1)}$).

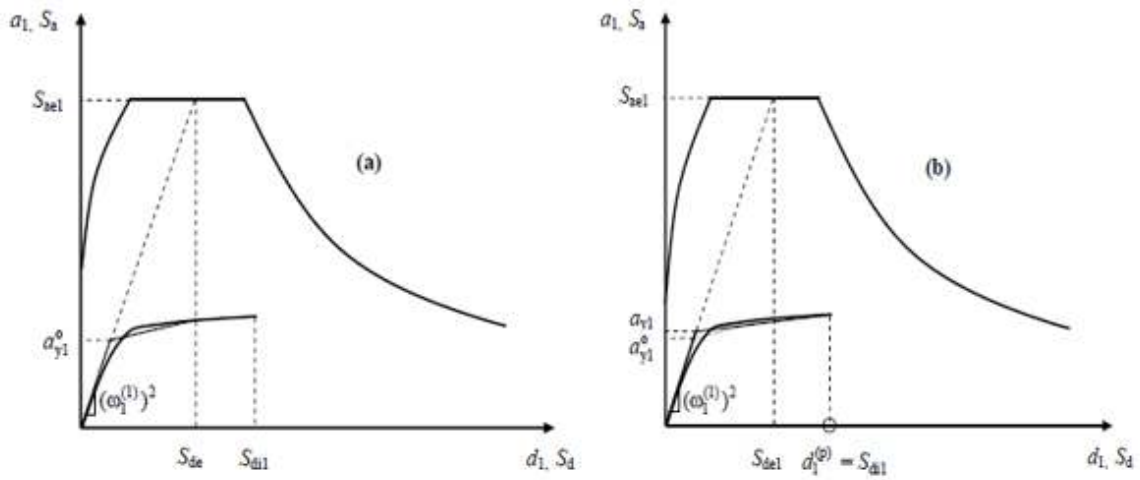
2.2.b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1} = 1$ kabulüyle, eşdeğer akma noktasının koordinatları eşit alanlar kuralıyla belirlenir. Birinci modun dayanım azaltma katsayısı (R_{y1}), birinci moda ait akma ivmesi (a_{y1}) kullanılarak Denklem (3.11) ile bulunur. Birinci moda ait akma ivmesi (a_{y1}) ilk adımda Şekil 4.5a'da görülen akma ivmesine (a_{y1}^0) eşit alınır ($a_{y1} = a_{y1}^0$).

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.11)$$

Dayanım azaltma katsayısı (R_{y1})'in bulunmasıyla Denklem (4.12)'de yerine yazılarak C_{R1} elde edilir.

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)^{T_B / T_1^{(1)}}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.12)$$

2.2.c) Denklem 4.12’de bulunan C_{R1} kullanılarak Denklem 4.9’a göre hesaplanan S_{di1} esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 3.5’te gösterildiği gibi, eşit alanlar kuralı ile tekrar belirlenir ve eşdeğer akma noktasının koordinatlarına göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımın sonuçları kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştığında ardışık yaklaşım işlemine son verilir (DBYBHY, 2007).



Şekil 3.5. Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmenin belirlenmesi (DBYBHY, 2007)

3) İtme analizinin sonucunda elde edilen modal kapasite eğrisi kullanılarak modal yerdeğiştirme istemi ($d_i^{(p)}$) hesaplanır. Modal yerdeğiştirme istemi ($d_i^{(p)}$), Denklem 3.9’daki doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmeye (S_{di1}) eşittir Denklem (3.13).

$$d_i^{(p)} = S_{di1} \quad (3.13)$$

4) Son itme adımında elde edilen modal yerdeğiştirme istemi ($d_i^{(p)}$) Denklem (3.14)’te yerine koyularak son itme adımı $i = p$ için x yönü deprem doğrultusunun tepe yerdeğiştirme istemi ($u_{xN1}^{(p)}$) bulunur.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_i^{(p)} \quad (3.14)$$

3.1.7. Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Belirlenmesi

Binanın tepe yerdeğiştirme istemine kadar artımsal yanal yük ile itilmesi sonucunda herhangi bir kesitte oluşan plastik eğrilik istemi (ϕ_p), Denklem (3.15) ile plastik dönme istemine (θ_p) bağlı olarak bulunur.

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.15)$$

Eksenel kuvvet istemi altında yapılan analiz sonucu elde edilen iki doğrulu (bi-linear) moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan eşdeğer akma eğrilğine (ϕ_y) plastik akma eğrilği isteminin (ϕ_p) eklenmesiyle Denklem (3.16)'da binanın taşıyıcı sistem elemanlarındaki kesitlerin toplam eğrilik istemi (ϕ_t) elde edilir.

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (3.16)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denklem (3.16) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine (ϕ_t) göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanmalıdır.

3.1.8. Beton ve Donatı Çeliği İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağlılıları

DBYBHY 2007'de doğrusal elastik olmayan analizlerde bina taşıyıcı sisteminin kesit hesaplarında Mander sargılı ve sargısız beton modellerinin kullanılarak hesap yapılması önerilmektedir.

3.1.8.1. Mander Sargılı Beton Modeli

Mander sargılı beton modelinin kesitte oluşan gerilme-şekildeğiştirme bağılılıları DBYBHY 2007'de aşağıda verildiği gibidir.

Sargılı betonda beton basınç gerilmesi (f_c), basınç birim şekildeğiştirmesi (ϵ_c)'nin fonksiyonu olarak Denklem (3.17) ile hesaplanmaktadır.

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r-1+x^r} \quad (3.17)$$

Denklem (3.17)'de f_c 'nin şekildeğiştirmeye bağlı olarak elde edilmesi aşağıdaki işlem basamakları uygulanarak bulunur (DBYBHY, 2007).

1) Sargılama etkinlik katsayısı (k_e) Denklem (3.18) kullanılarak elde edilir.

$$k_e = \left(\frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (3.18)$$

Burada a_i kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s düşey doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir.

2) Etkin sargılama basıncı (f_e), Denklem (3.18)'de bulunan etkinlik katsayısı kullanılarak Denklem (3.19) kullanılarak elde edilir. Dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için aşağıda elde edilen değerlerin ortalaması alınır ($f_e = (f_{ex} + f_{ey})/2$).

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (3.19)$$

Burada, f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını ifade etmektedir.

3) Sargısız betonun basınç dayanımı (f_{co}) kullanılarak Denklem (3.20) ile λ_c katsayısı elde edilir.

$$\lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (3.20)$$

4) Sargılı beton dayanımı (f_{cc}) Denklem (3.21) ile elde edilir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (3.21)$$

5) Denklem (3.17)'de normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi olan (x) değişkeni (ϵ_c)'ye bağlı olarak Denklem (3.22) ile bulunur.

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}; \quad \epsilon_{cc} = \epsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)]; \quad \epsilon_{co} \cong 0.002 \quad (3.22)$$

6) Denklem (3.17)'de normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi olan (r) değişkeni (E_c)'ye bağlı olarak Denklem (3.23) ile bulunur.

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}; \quad E_c = 5000\sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]}; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (3.23)$$

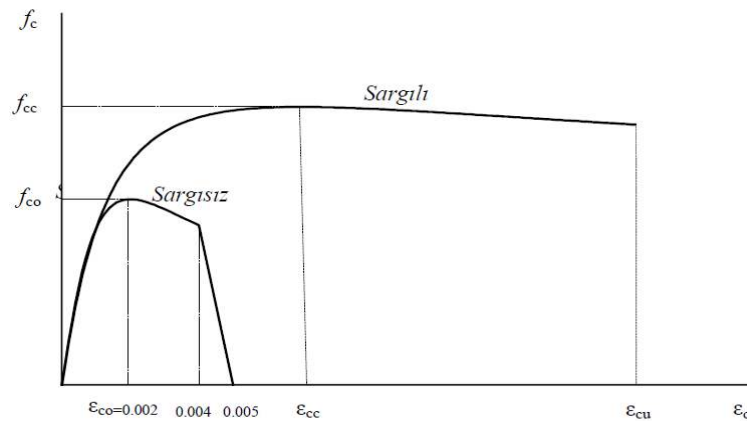
7) Sargılı betonda ki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi (ϵ_{cu}) Denklem (3.24) kullanılarak bulunur.

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\rho_s f_{yw} \epsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (3.24)$$

Burada ρ_s toplam enine donatının hacimsel oranını (dikdörtgen kesitlerde ($\rho_s = \rho_x + \rho_y$), ϵ_{su} enine donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim uzama şekildeğiştirmesini ifade etmektedir.

3.1.8.2. Mander Sargısız Beton Modeli

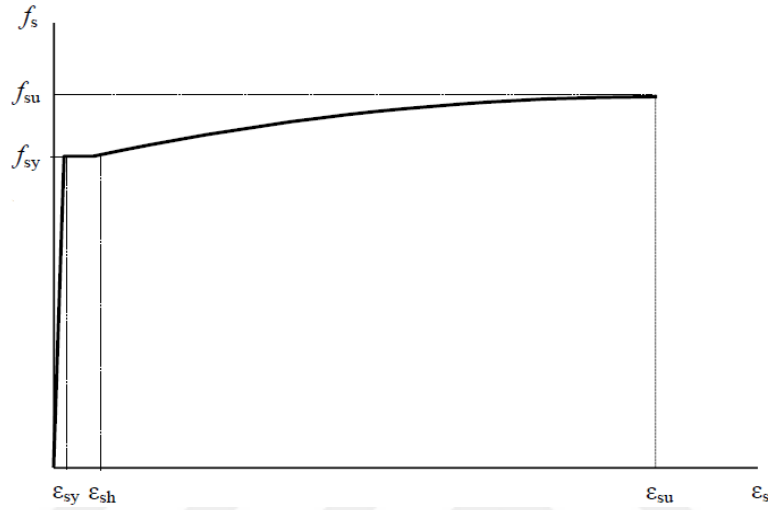
Şekil 3.6' da sargılı ve sargısız betona ait gerilme-şekildeğiştirme grafiği verilmiştir. Bu grafiğe göre Denklem 4.17'de sargılı beton için verilen gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı, $\epsilon_c = 0.004$ 'e kadar olan bölge için sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı $f_e = 0$ ve buna bağlı olarak Denklem 4.20'den görüldüğü gibi $\lambda_c = 1$ olacağından Denklem 4.21 ve Denklem 4.22'de $f_{cc} = f_{co}$ ve $\epsilon_{cc} = \epsilon_{co}$ alınır. $\epsilon_c = 0.005$ 'de $f_c = 0$ olarak tanımlanır. $0.004 < \epsilon_c \leq 0.005$ aralığında gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi doğrusaldır (DBYBHY, 2007).



Şekil 3.6. Mander sargılı ve sargısız betonun gerilme-şekildeğiştirme grafiği (DBYBHY, 2007)

3.1.8.3. Donatı Çeliği Modeli

DBYBHY 2007’de doğrusal elastik olmayan yöntemler ile performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, Denklem (3.25-3.26-3.27)’de donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları aşağıda verilmiştir. Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği (DBYBHY, 2007)

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}) \quad (3.25)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\varepsilon_{sy} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \quad (3.26)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} \quad (\varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}) \quad (3.27)$$

Yukarıda verilen denklemlerde donatı çeliğinin elastisite modülü (E_s)= $2 \cdot 10^5$ MPa olarak değer alır. S220 ve S420 sınıfı donatı çeliklerinin dayanımları ve şekildeğiştirme sınırları Tablo 3.4’te verilmiştir.

Tablo 3.4. Donatı çeliğinin mekanik özellikleri (DBYBHY, 2007)

Donatı Sınıfı	f_{sy} (MPa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.1	550

3.1.9. Betonarme Elemanlarda Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

DBYBHY 2007’de sünek elemanların kesit hasar sınırları; Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olarak belirlenmiştir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek davranış göstererek hasar alan elemanlar bu sınıflandırmaya dahil edilmez (DBYBHY, 2007).

Binanın eşdeğer artımsal itme analizinde tepe yerdeğiştirme istemine kadar itilmesiyle betonarme elaman kesitlerinde meydana gelen iç kuvvetlerin ve/veya şekildeğiştirmelerin aşağıda verilen denklemlerde birim şekildeğiştirme sınır değerleriyle mukayese edilerek, kesitlerin hangi hasar bölgesinde kaldığı belirlenir. Elemanın en fazla hasar gören kesiti eleman hasarı olarak tanımlanır (DBYBHY, 2007).

1) Minimum Hasar Sınırı İçin Beton ve Donatı Çeliği Şekildeğiştirme Üst Sınırları:

$$(\varepsilon_{cu})^{(MN)} = 0.0035 \quad (3.28a)$$

$$(\varepsilon_{su})^{(MN)} = 0.01 \quad (3.28b)$$

2) Güvenlik Sınırı İçin Beton ve Donatı Çeliği Şekildeğiştirme Üst Sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})^{(GV)} = 0.0035 + 0.01(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad (3.29a)$$

$$(\varepsilon_s)^{(GV)} = 0.04 \quad (3.29b)$$

3) Göçme Sınırı İçin Beton ve Donatı Çeliği Şekildeğiştirme Üst Sınırları:

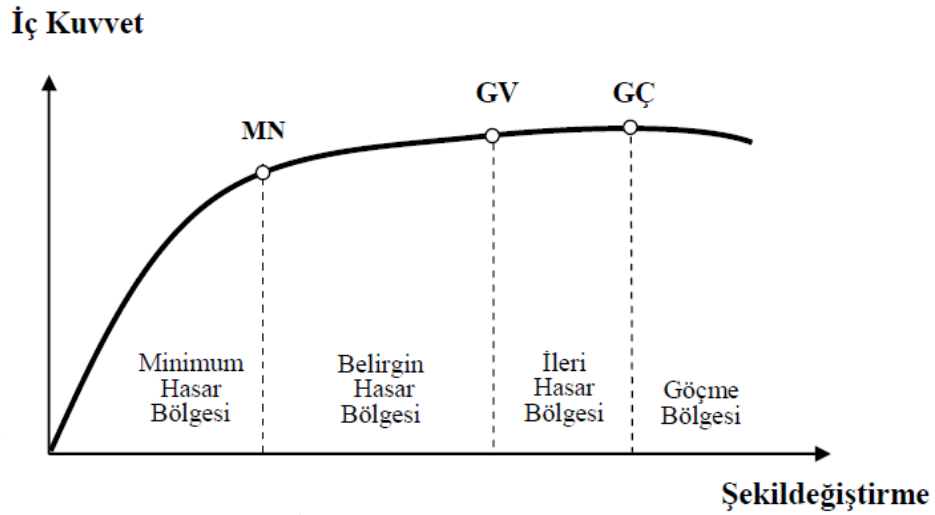
$$(\varepsilon_{cg})^{(GÇ)} = 0.004 + 0.014(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.018 \quad (3.30a)$$

$$(\varepsilon_s)^{(GÇ)} = 0.06 \quad (3.30b)$$

Denklemlerde geçen (ε_{cu}) kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesini, (ε_{cg}) etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim

şekildeğiştirmesini, (ϵ_s) donatı çeliği birim şekildeğiştirmesini, (ρ_s) kesitte mevcut bulunan ve DBYBHY (2007) Bölüm 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş enine donatının hacimsel oranını, (ρ_{sm}) DBYBHY (2007) Bölüm 3.3.4, 3.4.4 veya 3.6.5.2'ye göre tanımlanan kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranını ifade etmektedir.

Binanın hedef yerdeğiştirme istemine kadar itilmesiyle taşıyıcı elemanlarında meydana gelen şekildeğiştirme değerleri elde edilir. Elde edilen değerler hasar seviyelerinin şekildeğiştirme üst sınırlarıyla karşılaştırılarak taşıyıcı elemanların hasar durumları belirlenir. Şekil 3.8'de görüldüğü gibi taşıyıcı elaman kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (DBYBHY, 2007).



Şekil 3.8. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri (DBYBHY, 2007)

3.1.10. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

DBYBHY 2007'de Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG), Göçme Öncesi (GÖ) ve Göçme Durumu (GD) olmak üzere dört farklı deprem performans seviyesi vardır. Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir. Binada bir katın deprem performansı o katta bulunan taşıyıcı elemanların hasar durumlarının belirlenerek kat içerisindeki oransal dağılımına göre katın deprem performans seviyesi belirlenmektedir. Bina deprem performans seviyesi ise kritik katın deprem performans seviyesine göre belirlenmektedir.

3.1.10.1. Hemen Kullanım Performans Düzeyi

DBYBHY 2007’de binanın Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde olması için aşağıdaki koşulları sağlaması gerekmektedir.

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir.

3.1.10.2. Can Güvenliği Performans Düzeyi

DBYBHY 2007’de gevrek olarak hasar gören elamanların güçlendirilmesi şartı ile binanın Can Güvenliği Performans Düzeyi’nde olması için aşağıdaki koşulları sağlaması gerekir.

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30’u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi’ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi’ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi’ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30’u aşmaması gerekir.

3.1.10.3. Göçme Öncesi Performans Düzeyi

DBYBHY 2007’de gevrek olarak hasar gören tüm elamanların Göçme Bölgesi’nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile binanın Göçme Öncesi Performans Düzeyi’nde olması için aşağıdaki koşulları sağlaması gerekir.

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20’si Göçme Bölgesi’ne geçebilir.

- (b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.
- (c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.1.10.4. Göçme Durumu

DBYBHY 2007'de bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.1.11. Bina İçin Hedeflene Performans Düzeyinin Belirlenmesi

DBYBHY 2007'de mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde dikkat alınacak deprem düzeyleri ve binaların sağlaması gereken minimum performans düzeyleri Tablo 3.5'te belirtilmiştir.

Tablo 3.5. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (DBYBHY, 2007)

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

3.2. TBDY 2018'e Göre Bina Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi

TBDY 2018 15. Bölüm'de deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının belirlenmesinde izlenecek hesap kuralları verilmiştir. Çalışma kapsamında doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden tek modlu itme yöntemi kullanıldığından, bu yöntemin hesap kuralları TBDY 2018 15. Bölüm'de verilen kurallar çerçevesinde özetlenmiştir.

3.2.1. Tek Modlu İtme Analizi Yöntemi

Tek Modlu İtme Yöntemlerinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda hakim titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde deprem yerdeğiştirme talebi sınırına kadar monotonik olarak adım adım uygulanan deprem yükü artımlarının etkisi altında, taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönme, uzama, vb) ve iç kuvvet artımları ile bunların birikimli (kümülatif) değerleri hesaplanır. Son adımda, deprem talebine karşı gelen birikimli değerler, şekildeğiştirmeye değerlendirmeye esas büyüklükler olarak elde edilir (TBDY, 2018).

Tek Modlu İtme Yöntemleri, her katta döşemeler için rijit diyafram varsayımının yapıldığı ve serbestlik derecelerinin kat kütle merkezinde birbirine dik iki doğrultudaki yatay yerdeğiştirme bileşenleri ile düşey eksen etrafındaki dönme olarak tanımlandığı durum için açıklanmıştır. Kat döşemelerinde düzlem içi şekildeğiştirmelere karşı gelen serbestlik derecelerinin göz önüne alınması durumunda da tek modlu itme yöntemleri aynı esaslar çerçevesinde uyarlanabilir (TBDY, 2018).

Tek Modlu İtme Yöntemi'nin kullanılabilmesi için TBDY 2018'de birtakım koşullar belirtilmiş olup bu koşullar aşağıda verilmiştir.

- ❖ Bina yükseklik sınıfı $BYS \geq 5$ olmalı ve binanın herhangi bir katında ek dışmerkezlik dikkate alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Denklem (3.1) ve Denklem (3.2) ile hesaplanarak kontrol edilir.
- ❖ Ayrıca binada göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

3.2.2. Bina Bilgi Düzeyi

TBDY 2018’de binaların mevcut durumlarının bilgi düzeyleri yeterliliğine göre; sınırlı ve kapsamlı olmak üzere 2 farklı bilgi düzeyi belirtilmiştir. Bu bilgi düzeylerine göre bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmaktadır (Tablo 3.6). Bilgi düzeyi katsayıları taşıyıcı elemanların kapasitelerine uygulanmaktadır.

Tablo 3.6. Bina bilgi düzeyi katsayıları (TBDY, 2018)

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1

3.2.3. Deprem Hesabına İlişkin Genel Kurallar

TBDY 2018’e göre binaların doğrusal olmayan yöntemler ile deprem güvenliğinin belirlenmesinde deprem hesabı yapılırken uyulması gereken genel kurallar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- ❖ Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.
- ❖ Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.
- ❖ Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.
- ❖ Binaların deprem performansı, binaya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları $w_i = g_i + nq_i$ olarak hesaplanmalı, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanmalıdır.
- ❖ Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılacaktır. Etkin kesit rijitlikleri Tablo 3.7’de gösterildiği gibi kullanılacaktır.
- ❖ Deprem etkisinin tanımında, belirlenen deprem yer hareketi düzeyleri için yatay elastik tasarım spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında ‘Bina Önem Katsayısı’ uygulanmayacaktır ($I = 1$).

- ❖ Zemindeki şekildeğişikliklerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.

Tablo 3.7. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları (TBDY, 2018)

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde – Döşeme (Düzlemiçi)		
Perde	0.50	0.50
Bodrum Perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem dışı)	Eksenel	Kayma
Perde	0.25	1.00
Bodrum Perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eksenel	Kayma
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

3.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

TBDY 2018’de 4 farklı deprem yer hareket düzeyi tanımlanmıştır.

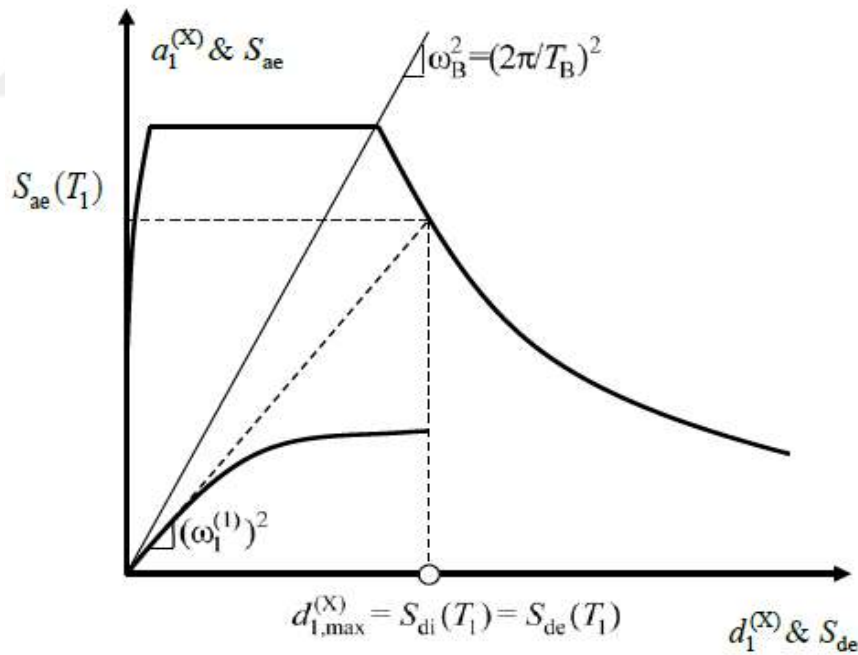
- 1) Deprem Yer Hareket Düzeyi-1 (DD-1): DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
- 2) Deprem Yer Hareket Düzeyi-2 (DD-2): DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3) Deprem Yer Hareket Düzeyi-3 (DD-3): DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

4) Deprem Yer Hareket Düzeyi-4 (DD-4): DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır (TBDY, 2018).

3.2.5. Tepe Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi

TBDY 2018'e göre bina tepe yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi için, DBYBHY 2007'de olduğu gibi modal kapasite eğrisi ile talep spektrumu aynı grafikte kesiştirilmesi gerekmektedir. Kapasite eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi bölüm 3.1.5'te olduğu gibi elde edildiği için bu bölümde anlatılmamıştır. Modal kapasite eğrisi ve birinci (hakim) titreşim periyodunun aynı grafik üzerinde çizilmesi Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Modal kapasite eğrisi ve hakim titreşim modunun aynı grafikte gösterilmesi (TBDY, 2018)

TBDY 2018’de binanın tepe yerdeğiştirme istemi belirlenirken uygulanan adımlar aşağıda verilmiştir.

1) Denklem (3.31)’de modal tek serbestlik dereceli sistemde en büyük yerdeğiştirme, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme olarak tanımlanır. Burada $d_{1,max}^{(X)}$ modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yerdeğiştirmesini, $S_{di}(T_1)$ ise taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyodu T_1 ’e karşı gelen ve Denklem (3.32) ile tanımlanan doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmeyi göstermektedir.

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (3.31)$$

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (3.32)$$

2) Denklem (3.32)’de yer alan spektral yerdeğiştirme oranı C_R Denklem (3.33) ile başlangıç periyodu (T_1) ve karakteristik periyodun (T_B) aldığı değerlere göre depremin süneklik talebi göz önüne alınarak hesaplanır.

$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \quad (3.33)$$

Burada akma dayanımı azaltma katsayısını gösteren R_y , itme hesabından doğrudan elde edilen akma dayanımına bağlı bir büyüklüğü ifade etmektedir. Denklem (3.34) ile akma dayanımı azaltma katsayısı hesaplanır.

$$R_{y1} = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae} T_1}{a_{y1}} \quad (3.34)$$

Burada f_e ve $S_{ae}(T_1)$ elastik dayanım talebini ve ona karşı gelen elastik spektral ivmeyi f_y ve a_{y1} ise akma dayanımını ve ona karşı gelen akma ivmesini göstermektedir.

2.1.a.) Depremin süneklik talebi $\mu(R_y, T_1)$, eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca rijitliği fazla olmayan taşıyıcı sistemler için akma dayanımı azaltma katsayısı Denklem (3.35)’de (R_y)’ye eşit alınır.

$$\mu(R_y, T_1) = R_y \quad ; \quad T_1 > T_B \quad (3.35)$$

2.1.b.) Rijitliği fazla taşıyıcı sistemler için ise Denklem (3.36)'daki bağıntı kullanılır.

$$\mu(R_y, T_1) = 1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1} \quad ; \quad T_1 \leq T_B \quad (3.36)$$

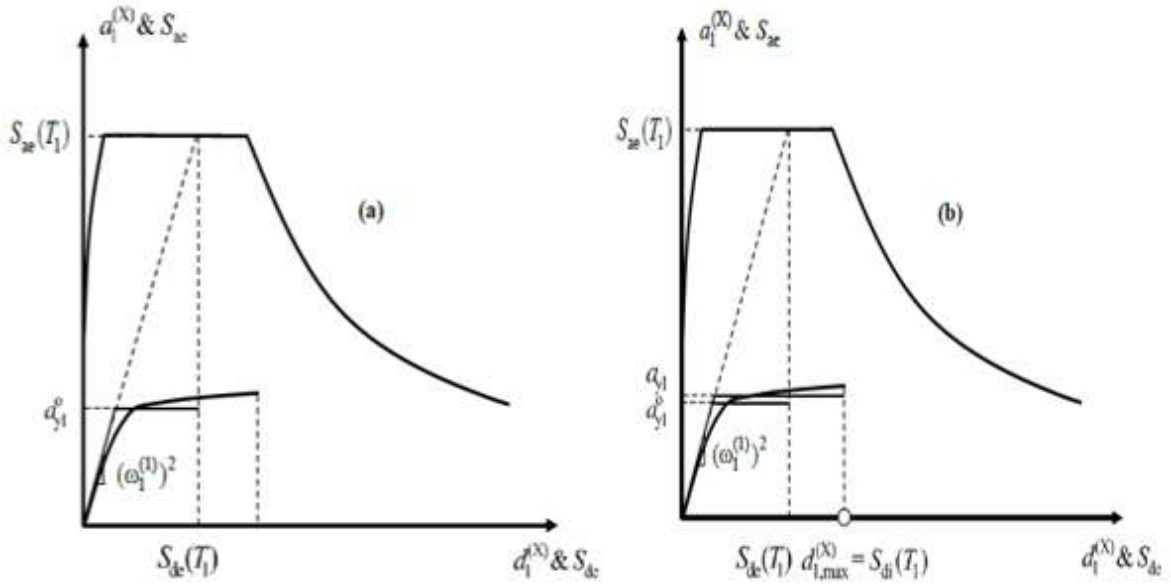
2.2.) $T_1 > T_B$ ve $T_1 \leq T_B$ durumları için spektral yerdeğiştirme oranı C_R Denklem (3.37) ve Denklem (3.38) ile elde edilir.

$$C_{R1} = 1 \quad ; \quad T_1 > T_B \quad (3.37)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) \frac{T_B}{T_1}}{R_{y1}} \geq 1 \quad ; \quad T_1 \leq T_B \quad (3.38)$$

Denklem (3.38)'deki durum oluştuğu zaman $C_{R1} = 1$ spektral yerdeğiştirme oranı C_R , ardışık yaklaşımla hesaplanacaktır. Bu amaçla modal kapasite diyagramı, Şekil 3.10.a'da gösterildiği üzere, önce $C_{R1} = 1$ alınarak iki doğrulu elasto-plastik bir diyagrama dönüştürölür. Dönüşüm işleminde diyagramların altında kalan alanların eşitliği esas alınır. Bu şekilde bulunan yaklaşık akma ivmesi a_{y1}^0 kullanılarak Denklem (3.34)'ten R_y ve buna bağlı olarak Denklem (3.38)'den C_R ve Denklem (3.32)'den $S_{di}(T_1)$ hesaplanır. Buna göre elasto-plastik diyagram Şekil 4.19.b'de olduğu gibi tekrar oluşturulur ve yeniden bulunan a_{y1} esas alınarak aynı işlemler tekrarlanır. Sonuçların yeterince yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir. Elde edilen sonuçlar Denklem (3.39)'da yerine yazılarak binanın tepe yerdeğiştirme istemi belirlenmektedir.

$$u_{Nx1}^{(X)} = \Phi_{Nx1} \Gamma_1^{(X)} d_{1,max}^{(X)} \quad (3.39)$$



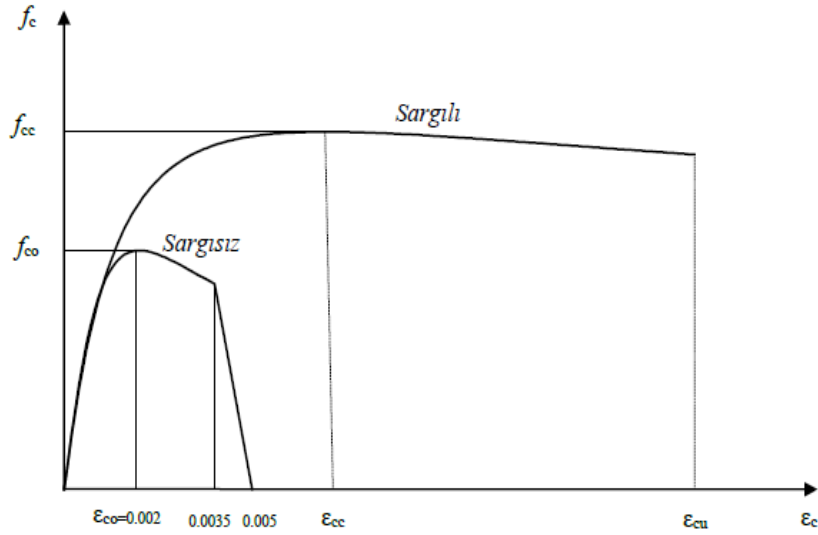
Şekil 3.10. TBDY 2018’de doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmenin bulunması (TBDY, 2018)

3.2.6. Beton ve Donatı Çeliği İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağlılıları

TBDY 2018’de doğrusal olmayan analizlerde bina taşıyıcı sisteminin kesit hesaplarında Mander sargılı ve sargısız beton modellerinin kullanılarak hesap yapılması önerilmektedir.

3.2.6.1. Mander Sargılı ve Sargısız Beton Modeli

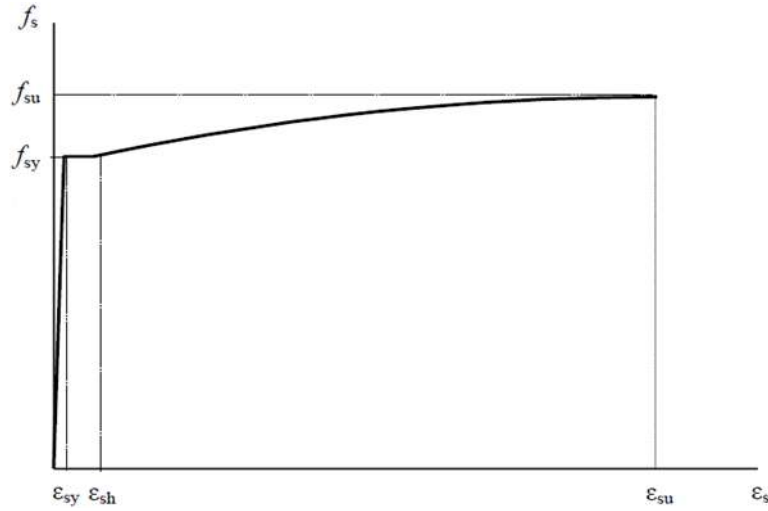
TBDY 2018’de sargılı ve sargısız beton modeli için DBYBHY 2007’de olduğu gibi Mander gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları önerilmektedir. Mander gerilme şekildeğiştirme bağıntıları bölüm 3.1.8.1.’de verilmiştir. DBYBHY 2007’den farklı olarak TBDY 2018’de, sargısız beton modeli için parabolik eğri ile doğrusal eğrinin kesiştiği noktanın 0.004 yerine 0,0035 alınması önerilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Mander sargılı ve sargısız betonun gerilme-şekildeğiştirme grafiği

3.2.6.2. Donatı Çeliği Modeli

TBDY 2018’de doğrusal olmayan yöntemler ile performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, Denklem (3.40-3.41-3.42)’de donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları aşağıda verilmiştir. Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TBDY, 2018)

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}) \quad (3.40)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\varepsilon_{sy} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \quad (3.41)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{sh})^2} \quad (\epsilon_{sh} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{su}) \quad (3.42)$$

Yukarıda verilen denklemlerde donatı çeliğinin elastisite modülü (E_s)= $2 \cdot 10^5$ MPa olarak değer alır. Betonarme binalarda kullanılan donatı çeliklerinin dayanımları ve şekildeğiştirme sınırları Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Donatı çeliğinin mekanik özellikleri (TBDY, 2018)

Donatı Sınıfı	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} / f_{sy}
S220	220	0.0011	0.011	0.12	1.20
S420	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 - 1.35
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 - 1.35
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	1.15 - 1.35

3.2.7. Mevcut Betonarme Yapı Elemanları İçin İzin Verilen Hasar Sınırları

TBDY 2018’de yığılı plastik davranış modeline göre hesaplanan plastik dönmeler için izin verilen hasar sınırları aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

1) Göçmenin Önlenmesi Hasar Sınırı (GÖ) için plastik dönme kapasite sınırı:

$$\theta_p^{(GÖ)} = \left[\frac{2}{3} (\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (3.43)$$

Burada ϕ_u , beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri ile bölüm 3.2.6’da bulunan beton ve donatı çeliği modellerinden yararlanılarak ve kesite etkiyen eksenel kuvvet dikkate alınarak yapılan analizden elde edilen göçme öncesi toplam eğriliğini göstermektedir. Son terim, akma sonrası (göçme öncesine kadar) durum için akma uzaması penetrasyonuna bağlı donatı sıyrılması dönmesine karşı gelmektedir.

2) Kontollü Hasar Sınırı (KH) için plastik dönme kapasite sınırı:

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (3.44)$$

3) Sınırlı Hasar Sınırı (SH) için plastik dönme kapasite sınırı:

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (3.45)$$

TBDY 2018’de yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan beton ve donatı çeliği toplam birim şekildeğiştirmeleri için izin verilen sınırlar aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

1) Göçmenin Önlenmesi Sınırı İçin Beton ve Donatı Çeliği Şekildeğiştirme Üst Sınırları:

$$(\varepsilon_c)^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad ; \text{ (Dikdörtgen kesitler için)} \quad (3.46.a)$$

$$\omega_{we} = \alpha_{se} * \rho_{sh,min} * \frac{f_{ywe}}{f_{ce}}$$

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum \alpha_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right)$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s}$$

$$(\varepsilon_s)^{(G\ddot{O})} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (3.46.b)$$

Yukarıda Denklem (3.46.a)’da ω_{we} etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını, α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısını, $\rho_{sh,min}$ dikdörtgen kesitte iki yatay doğruftuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanını, f_{ywe} enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımını, A_{sh} ve ρ_{sh} göz önüne alınan doğruftuda enine donatının alanını ve hacimsel oranını, b_k dik doğruftudaki çekirdek boyutunu, s enine donatı aralığını, b_o ve h_o sargı donatısı eksenlerinden ölçülen sargılı beton boyutlarını, a_i bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı göstermektedir. Denklem (3.46.b)’de ε_{su} değeri Tablo 3.8’den faydalanılarak yerine yazılır.

2) Kontrollü Hasar Sınırı İçin Beton ve Donatı Çeliği Şekildeğiştirme Üst Sınırları:

$$(\varepsilon_c)^{(KH)} = 0.75(\varepsilon_c)^{(G\ddot{O})} \quad (3.47.a)$$

$$(\varepsilon_s)^{(KH)} = 0.75(\varepsilon_s)^{(G\ddot{O})} \quad (3.47.b)$$

3) Göçme Sınırı İçin Beton ve Donatı Çeliği Şekildeğiştirme Üst Sınırları:

$$(\epsilon_c)^{(SH)} = 0.0025 \quad (3.48.a)$$

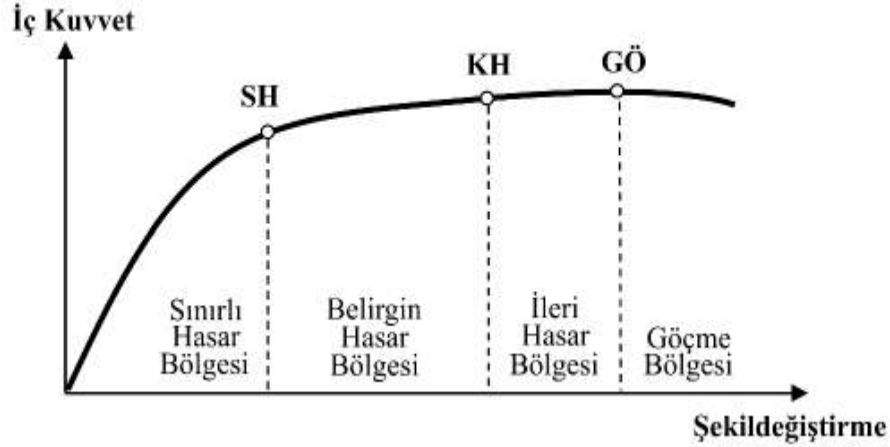
$$(\epsilon_s)^{(SH)} = 0.0075 \quad (3.48.b)$$

3.2.8. Betonarme Elemanlarda Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

TBDY 2018’de sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç hasar durumu ve hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ) durumları ve bunların sınır değerleridir. Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı, göçme öncesi hasar durumu ise kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir (TBDY, 2018).

Binanın doğrusal olmayan tek modlu itme yöntemi ile yapılan analizinde betonarme eleman kesitlerinde meydana gelen hasarlar elemanın plastik dönmesinin yukarıda verilen plastik dönme kapasite sınırıyla mukayese edilerek, kesitlerin hangi hasar bölgesinde kaldığı belirlenir. Elemanın en fazla hasar gören kesiti eleman hasarı olarak tanımlanır.

Binanın hedef yerdeğiştirme istemi üzerine taşıyıcı elemanların plastik dönme değerleri elde edilir. Elde edilen değerler hasar seviyelerinin plastik dönme sınırlarıyla karşılaştırılarak taşıyıcı elemanların hasar durumları belirlenir. Şekil 3.12’de görüldüğü gibi taşıyıcı eleman kritik kesitlerinin hasarı SH’ye ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi’nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi’nde, KH ve GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi’nde, GÖ’yü aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi’nde yer alırlar



Şekil 3.12. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri (TBDY, 2018)

3.2.9. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

TBDY 2018’de Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH), Göçme Öncesi (GÖ) ve Göçme Durumu (GD) olmak üzere dört farklı deprem performans seviyesi vardır. Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir. Binada bir katın deprem performansı o katta bulunan taşıyıcı elemanların hasar durumlarının belirlenerek kat içerisindeki oransal dağılımına göre katın deprem performans seviyesi belirlenmektedir. Bina deprem performans seviyesi ise kritik katın deprem performans seviyesine göre belirlenmektedir.

3.2.9.1. Sınırlı Hasar Performans Düzeyi

Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20’si Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Sınırlı Hasar Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir.

3.2.9.2. Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Kontrollü Hasar Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir:

- (a) Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç

olmak üzere, kirişlerin en fazla %35'i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

3.2.9.3. Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

(a) Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.2.9.4. Göçme Durumu

Bina Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.2.10. Bina İçin Hedeflenen Performans Düzeyinin Belirlenmesi

TBDY 2018'de hedef performans seviyesi öncelikle Tablo 3.9 kullanılarak bina kullanım sınıfı (BKS) belirlenir.

Tablo 3.9. Bina kullanım sınıfı (TBDY, 2018)

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

Daha sonra AFAD Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulaması'nda binanın koordinatları girilerek DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS}) elde edilir. Tablo 3.10'da Bina Kullanım Sınıfı'na göre Deprem Tasarım Sınıfı belirlenir.

Tablo 3.10. Deprem tasarım sınıfları (TBDY, 2018)

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

Son olarak DTS'ye karşılık gelen bina performans hedefi ve performans hedefi belirlenirken binaya etki ettirilecek deprem yer düzeyleri Tablo 3.11 kullanılarak bulunur.

Tablo 3.11. Mevcut yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefleri ve deprem yer hareket düzeyleri (TBDY, 2018)

Deprem Yer Hareket Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	-	-
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

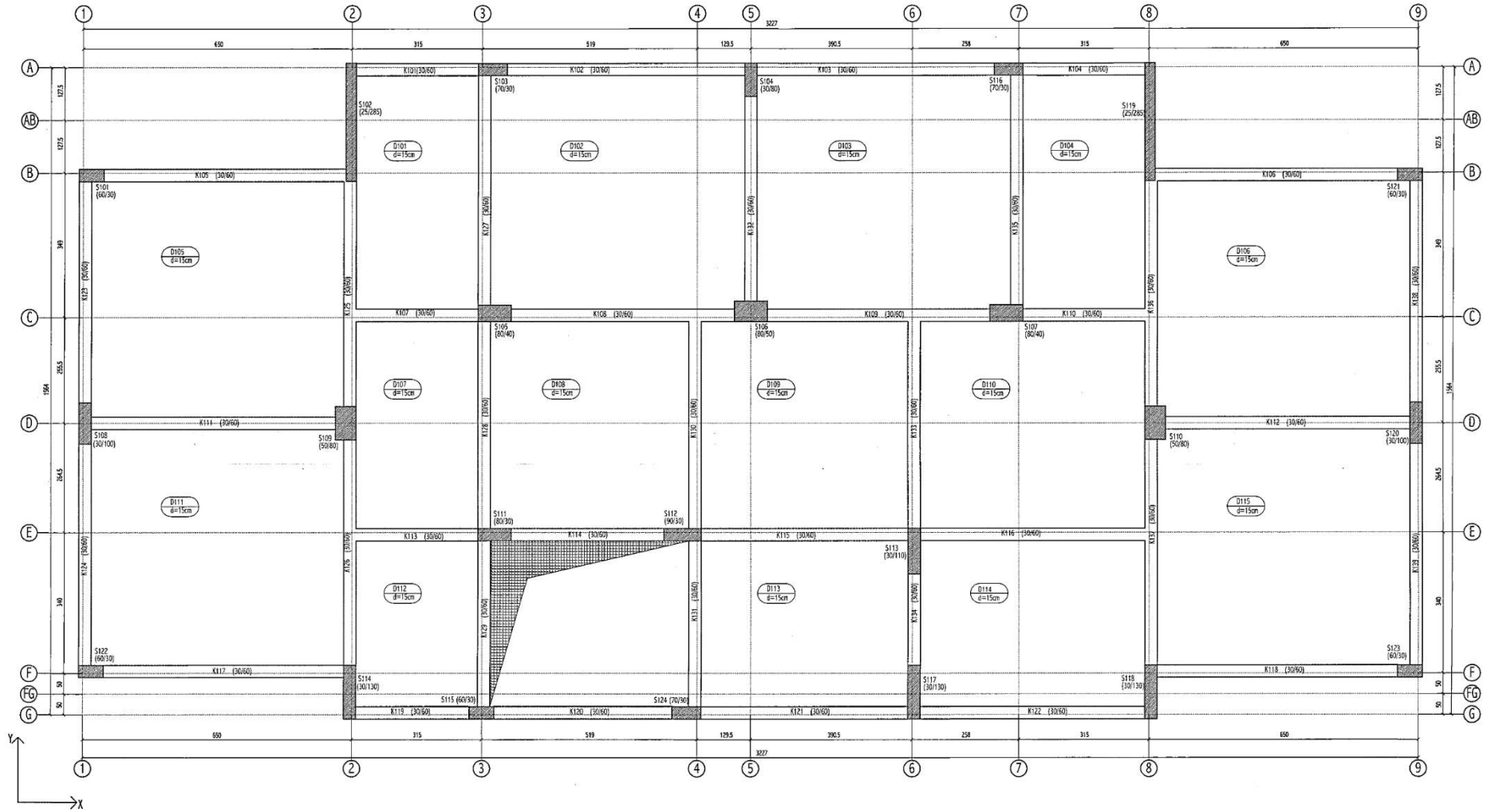
4. ARAşTIRMA BULGULARI VE TARTIşMA

4.1. Mevcut Yapı Bilgileri

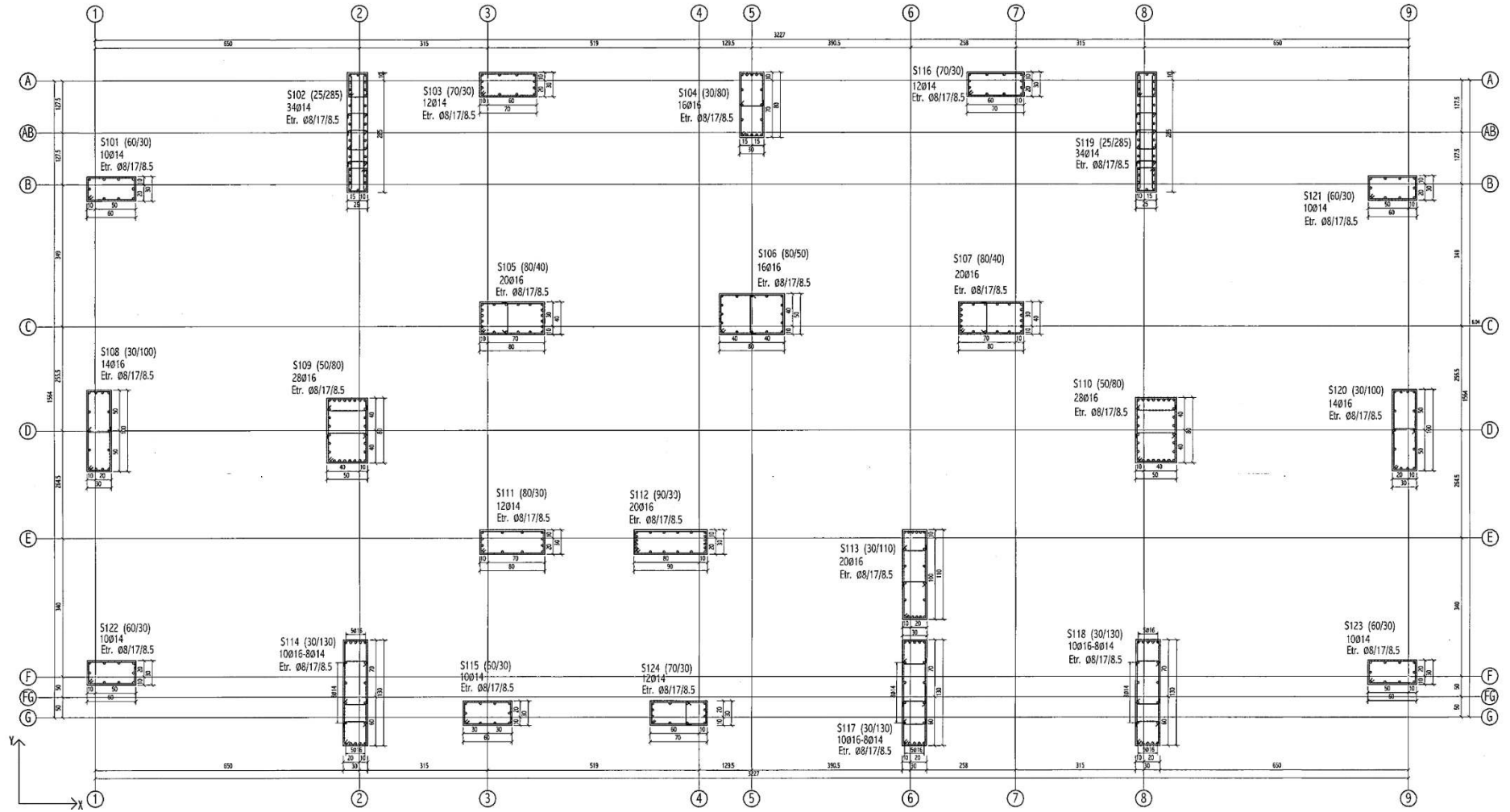
Bu bölümde, 1986 yılında inşa edilen mevcut okul türü bir binanın DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 deprem yönetmeliklerine göre deprem güvenliği belirlenmiş, her iki yönetmeliğe göre elde edilen performans sonuçları birbiriyle kıyaslanmıştır. Analizler doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

4 kattan oluşan okul binasının tüm katların kalıp planları aynı olup şekil 4.1’de verilmiştir. Binanın düşey taşıyıcı elemanlarının her birinin; kesit boyutları ve donatı özellikleri temelden son kata kadar aynıdır. Binanın bir katında 22 adet kolon ve 2 adet perde duvar bulunmaktadır. Binanın kolon aplikasyon planı şekil 4.2’te verilmiştir





Şekil 4.1. Mevcut okul binasının zemin kat kalıp planı



Şekil 4.2. Mevcut okul binasının kolon aplikasyon planı

24 adet düşey taşıyıcı elemandan bazıları kesit ve donatı özellikleri bakımından aynıdır. Bu yüzden kesit ve donatı özellikleri bakımından aynı olan düşey taşıyıcılara bir Tip Kesit ismi verilmiş, bu şekilde 12 adet kolon-perde tip kesiti oluşturulmuştur. Tablo 4.1’de binaya ait düşey taşıyıcıların tip kesit bilgileri verilmiştir.

Tablo 4.1. Bina kolon-perde tip kesit bilgileri

KOLON-PERDE TİP KESİT TABLOSU					
Kolon Tip Kesiti Adı	Boyut (cm) (X/Y)	Kolon Adı	Düşey Donatı		Sıklaştırma Bölgesi Enine Donatı
			Başlık	Gövde	
C1	25/285	S102-S119	2*3Ø14	2*14Ø14	Ø8/8.5
C2	30/80	S104	2*5Ø16	2*3Ø16	Ø8/8.5
C3	30/100	S108-S120	2*4Ø16	2*3Ø16	Ø8/8.5
C4	30/110	S113	2*6Ø16	2*4Ø16	Ø8/8.5
C5	30/130	S114-S117-S118	2*5Ø16	2*4Ø16	Ø8/8.5
C6	50/80	S109-S110	2*8Ø16	2*6Ø16	Ø8/8.5
C7	60/30	S101-S115-S121-S122-S123	2*3Ø14	2*2Ø14	Ø8/8.5
C8	70/30	S103-S116-S124	2*4Ø14	2*2Ø14	Ø8/8.5
C9	80/30	S111	2*4Ø14	2*2Ø14	Ø8/8.5
C10	80/40	S105-S107	2*6Ø16	2*4Ø16	Ø8/8.5
C11	80/50	S106	2*5Ø16	2*3Ø16	Ø8/8.5
C12	90/30	S112	2*6Ø16	2*4Ø16	Ø8/8.5

Mevcut okul binasının bir katında toplam 39 adet kiriş vardır. Düşey taşıyıcı elemanlar için yapılan tip kesit isimlendirmesi kirişlere de uygulanmıştır. Böylece 22 adet tip kiriş kesiti oluşturulmuştur. Kiriş tip kesit isimlendirmesinde kesit boyutları, enine ve boyuna donatı özellikleri ile birlikte kiriş açıklık mesafesi de dikkate alınmıştır. Kiriş açıklık mesafesinin dikkate alınmasının sebebi, TBDY 2018’e göre performans değerlendirmesinde kiriş plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması kısmında kesme açıklığı olarak adlandırılan L_s ’nin kiriş açıklık mesafesine göre değişmesidir. İncelenen binada bulunan kirişlerin bilgileri Tablo 4.2’de verilmiştir 2, 3 ve 4. katlarda bulunan kirişlerin donatıları 1. kattakiler ile aynı olduğundan tabloda yalnızca 1. Kat kirişlerinin bilgileri yazılmıştır.

Tablo 4.2. Bina kiriş tip kesit bilgileri

Kiriş Tip Kesiti Adı	Boyut (cm) (b/h)	Kiriş Adı	Donatı Bilgileri		
			Alt Donatı	Üst Donatı	Sıklaştırma Bölgesi Enine Donatı
B1	30/60	K101-K104	3Ø16	2Ø12-3Ø16	Ø8/20
B2	30/60	K102-K103	3Ø16	2Ø12-2Ø14	Ø8/20
B3	30/60	K105-K106-K117-K118	3Ø16	2Ø12-3Ø16	Ø8/20
B4	30/60	K107-K110	3Ø16	2Ø12-3Ø16	Ø8/20
B5	30/60	K108-K109	3Ø16	2Ø12-4Ø16	Ø8/10
B6	30/60	K111-K112	4Ø16	2Ø12-5Ø16	Ø8/10
B7	30/60	K113-K119	3Ø16	2Ø12-3Ø14	Ø8/20
B8	30/60	K114	3Ø16	2Ø12-2Ø14	Ø8/20
B9	30/60	K115	3Ø16	2Ø12-3Ø14	Ø8/20
B10	30/60	K116	3Ø16	2Ø12-4Ø14	Ø8/20
B11	30/60	K120	3Ø16	2Ø12-2Ø16	Ø8/20
B12	30/60	K121	3Ø16	2Ø12-2Ø16	Ø8/20
B13	30/60	K122	3Ø16	2Ø12-2Ø16	Ø8/20
B14	30/60	K123-K124-K138-K139	3Ø16	3Ø12	Ø8/20
B15	30/60	K125-K126-K136-K137	4Ø16	2Ø12-5Ø16	Ø8/10
B16	30/60	K127-K135	4Ø16	2Ø12-4Ø16	Ø8/10
B17	30/60	K128	4Ø16	2Ø12-2Ø14	Ø8/20
B18	30/60	K129	4Ø16	2Ø12-2Ø14	Ø8/20
B19	30/60	K130-K133	3Ø16	2Ø12-3Ø14	Ø8/20
B20	30/60	K131	3Ø16	2Ø12-2Ø16	Ø8/20
B21	30/60	K132	4Ø16	2Ø12-2Ø16	Ø8/10
B22	30/60	K134	3Ø16	2Ø12-3Ø14	Ø8/20

Okul binası konum olarak DBYBHY 2007’de ki deprem bölgelerinden 2. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. TBDY 2018’de ise AFAD’ın ‘Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması’ kullanılarak okul binasının koordinatlarının gösterdiği konumun deprem parametreleri elde edilmiştir. Bina genel bilgileri aşağıda verilmiştir.

❖ **Bina yüksekliği ve kat adedi:**

Bina yüksekliği (H_N): 13.2 m (3.3*4)

Kat adedi: Zemin kat ve 3 normal kat

❖ **Bina malzeme bilgileri:**

Beton sınıfı: C14

Donatı sınıfı: S220 (nervürlü)

❖ **Zemin parametreleri:**

DBYBHY 2007 Yerel zemin sınıfı: Z3

TBDY 2018 Yerel zemin sınıfı: ZD

❖ **Yapısal parametreler:**

DBYBHY 2007'ye göre Süneklik düzeyi: Yüksek

TBDY 2018'e göre Süneklik düzeyi: Yüksek

DBYBHY 2007'ye göre Taşıyıcı Sistem Davranış katsayısı (R): (X) Yönü 8, (Y) Yönü 7

TBDY 2018'e göre Taşıyıcı Sistem Davranış katsayısı (R): (X) Yönü 8, (Y) Yönü 7

DBYBHY 2007'ye göre Bina önem katsayısı (I): 1.4

TBDY 2018'e göre Bina önem katsayısı (I): 1.5

Hareketli yük katılım katsayısı: 0.6

Bina bilgi düzeyi: 1

Bina kullanım amacı: Okul

❖ **Bina deprem parametreleri:**

DBYBHY 2007'ye göre Deprem bölgesi: 2, Etkin yer ivmesi A_0 :0.30

TBDY 2018'e göre

DD-1 için Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} : 1.138; S_{D1} :0.567

DD-2 için Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} : 0.726 S_{D1} :0.327

DD-3 için Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı: S_{DS} : 0.338; S_{D1} :0.134

❖ **Bina deprem performans hedefleri:**

DBYBHY 2007'e göre 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için Bina performans hedefi: Can Güvenliği (CG)

DBYBHY 2007'e göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için bina performans hedefi: Hemen Kullanım (HK)

TBDY 2018'e göre 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için Bina performans hedefi: Kontrollü Hasar (KH)

TBDY 2018'e göre 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem için Bina performans hedefi: Sınırlı Hasar (SH)

❖ Bina düşey yükleri

Döşeme Sıva+kaplama yükü: 1.5 kN/m^2

Beton birim hacim ağırlığı(γ): 25 kN/m^3

Döşeme kalınlığı(h_f): 0.15 m

Döşeme ölü yükü= $\gamma \cdot h_f = 25 \cdot 0.15 = 3.75 \text{ kN/m}^2$

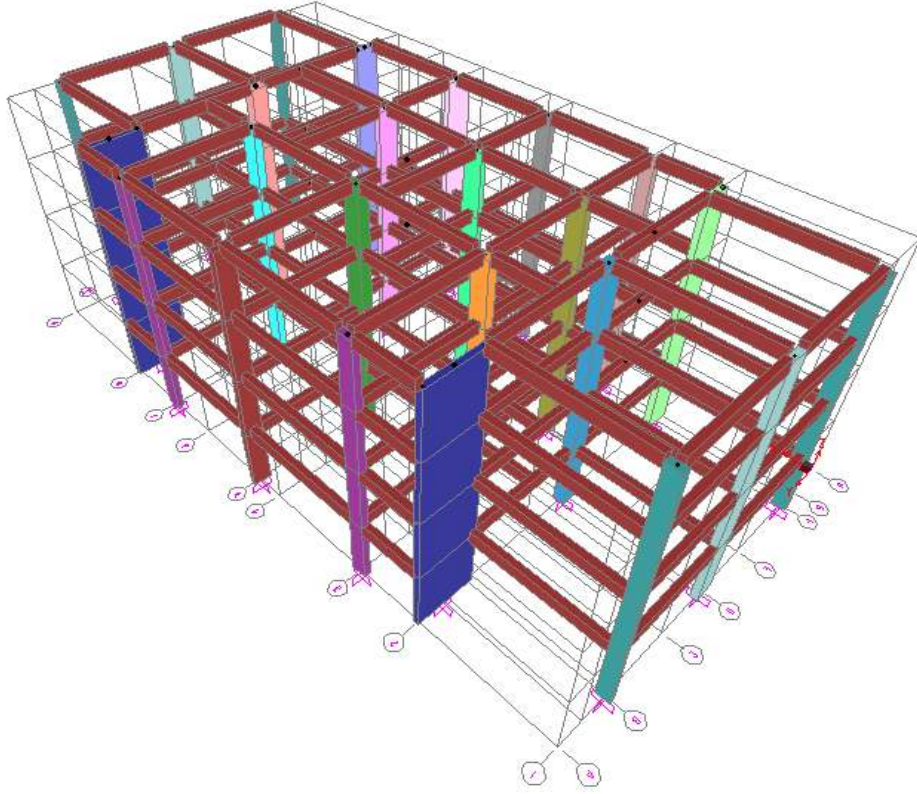
İç ve dış duvar yükleri (sıva dahil): 5 kN/m^2

Döşeme hareketli yükü Normal döşemelerde: 3.5 kN/m^2

Döşeme hareketli yükü koridorlarda: 5 kN/m^2

4.2. Bina Taşıyıcı Sisteminin Modellenmesi

Bina taşıyıcı sistemi SAP 2000 v20 programı kullanılarak modellenmiştir. Bina taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu modeli Şekil 4.3'te verilmiştir.

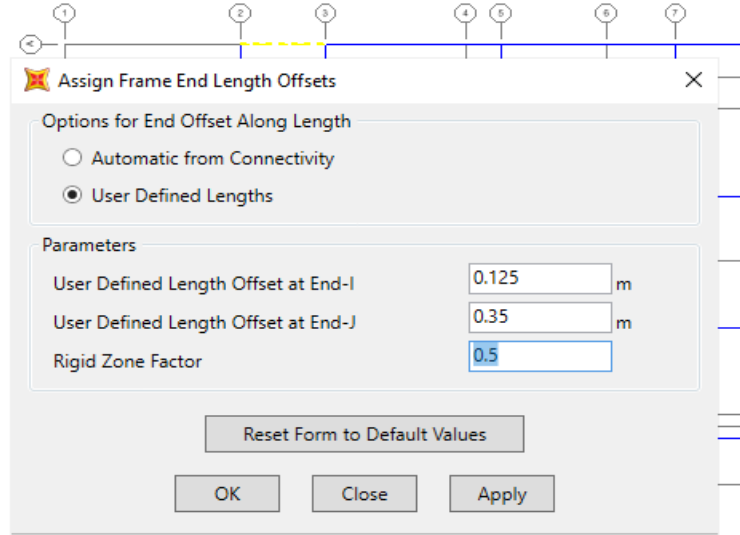


Şekil 4.3. Binanın 3 boyutlu taşıyıcı sistemi

Bina modellenirken yapılan kabuller aşağıda verilmiştir.

- ❖ Döşemelerden kirişlere yük aktarımı döşemenin tek yönlü ya da iki yönlü çalışmasına bağlı olarak trapez, üçgen veya yayılı yük olarak aktarılmıştır.
- ❖ Kiriş, kolon ve perde duvarlar çubuk eleman olarak modellenmiştir.

- ❖ Kolonlar temele birleşimi ankastre mesnetlenmiştir.
- ❖ Kolon kiriş birleşim noktalarında rijitlik çarpanı 0.5 olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. M1 tip kiriş kesitinin rijitlik çarpanının girilmesi

- ❖ Her katta döşemeler kendi düzlemi boyunca rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiştir.

4.2.1. Etkin Kesit Rijitliklerinin Belirlenmesi

Binanın betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitlik çarpanı kullanılarak taşıyıcı sistem özellikleri tanımlanmıştır. Etkin kesit rijitlik çarpanları DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre değişiklik gösterildiğinden iki farklı SAP2000 dosyası oluşturulmuştur. Bu dosyalar Okul Model_2007 ve Okul Model_2018 olmak üzere adlandırılmıştır. Okul Model_2007; DBYBHY 2007 esaslarına göre modellenen binayı, Okul Model_2018; TBDY 2018 esaslarına göre modellenen binayı ifade etmektedir. Kirişlerin etkin kesit rijitliği çarpanı ilgili yönetmelikteki değer esas alınarak Okul Model_2007’de 0.4, Okul Model_2018’de 0.35 olarak girilmiştir

DBYBHY 2007’ye göre düşey taşıyıcıların etkin kesit rijitlik çarpanı, kesite etkiyen eksenel yük miktarına göre değişiklik gösterdiği için Okul Model_2007 dosyası düşey yükler altında analiz yapıp düşey taşıyıcı elemanlara etkiyen eksenel yükler belirlenmiştir. Elde edilen bu eksenel yükler kullanılarak düşey taşıyıcı elemanların etkin kesit çarpanları bulunmuştur.

TBDY 2018’göre ise Tablo 3.7’de verildiği üzere çubuk eleman olarak modellenen kolonların etkin kesit rijitliği 0.7, perde duvarların etkin kesit rijitliği ise 0.5 alınması gerekmektedir. Tüm kolonların etkin kesit rijitlik çarpanları ve ilgili parametreler Tablo 4.3’te verilmiştir.

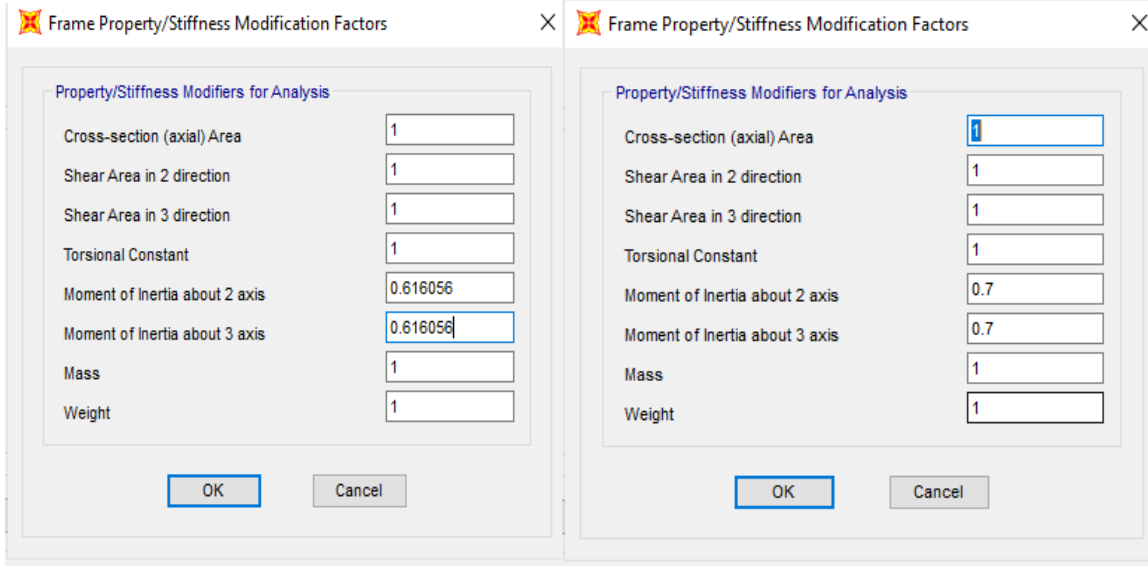
Tablo 4.3. Kolonların ve perdelerin etkin kesit rijitlik çarpanları

Kolon Adı	Okul Model_2007					Okul Model_2018	
	$N_D(N)$	$A_c(mm^2)$	$f_{cm}(Mpa)$	$N_D/(A_c*f_{cm})$	Etkin Kesit Rijitlik Çarpanı	Etkin Kesit Çarpanı	2018'e göre 2007'nin artma azalma yüzdeleri
S101	479.865	180000	14	0.190423	0.520563	0.7	-%25.63
S102	1012.352	712500	14	0.101489	0.401985	0.5	-%19.60
S103	557.373	210000	14	0.189583	0.519444	0.7	-%25.79
S104	880.46	240000	14	0.262042	0.616056	0.7	-%11.99
S105	1154.276	320000	14	0.257651	0.610201	0.7	-%12.83
S106	1370.143	400000	14	0.244668	0.592891	0.7	-%15.30
S107	1063.255	320000	14	0.237334	0.583112	0.7	-%16.70
S108	912.143	300000	14	0.217177	0.556236	0.7	-%20.54
S109	1138.743	400000	14	0.203347	0.537796	0.7	-%23.17
S110	1268.591	400000	14	0.226534	0.568712	0.7	-%18.76
S111	706.722	240000	14	0.210334	0.547112	0.7	-%21.84
S112	843.367	270000	14	0.223113	0.564151	0.7	-%19.41
S113	1135.544	330000	14	0.245789	0.594385	0.7	-%15.09
S114	807.874	390000	14	0.147962	0.46395	0.7	-%33.72
S115	277.692	180000	14	0.110195	0.413594	0.7	-%40.92
S116	391.563	210000	14	0.133185	0.444246	0.7	-%36.54
S117	682.78	390000	14	0.125051	0.433402	0.7	-%38.09
S118	989.324	390000	14	0.181195	0.50826	0.7	-%27.39
S119	1012.35	712500	14	0.101489	0.401985	0.5	-%19.60
S120	912.143	300000	14	0.217177	0.556236	0.7	-%20.54
S121	479.865	180000	14	0.190423	0.520563	0.7	-%25.63
S122	479.865	180000	14	0.190423	0.520563	0.7	-%25.63
S123	479.865	180000	14	0.190423	0.520563	0.7	-%25.63
S124	557.373	210000	14	0.189583	0.519444	0.7	-%25.79
S201	349.111	180000	14	0.138536	0.451381	0.7	-%35.52
S202	751.495	712500	14	0.075338	0.4	0.5	-%20.00
S203	404.386	210000	14	0.137546	0.450062	0.7	-%35.71
S204	655.388	240000	14	0.195056	0.526741	0.7	-%24.75
S205	873.447	320000	14	0.194966	0.526621	0.7	-%24.77
S206	1048.472	400000	14	0.187227	0.516303	0.7	-%26.24
S207	806.556	320000	14	0.180035	0.506713	0.7	-%27.61

Okul Model_2007						Okul Model_2018	
Kolon Adı	$N_D(N)$	$A_c(mm^2)$	$f_{cm}(Mpa)$	$N_D/(A_c*f_{cm})$	Etkin Kesit Rijitlik Çarpanı	Etkin Kesit Çarpanı	2018'e göre 2007'nin artma azalma yüzdeleri
S208	678.106	300000	14	0.161454	0.481938	0.7	-%31.15
S209	874.935	400000	14	0.156238	0.474985	0.7	-%32.15
S210	971.899	400000	14	0.173553	0.498071	0.7	-%28.85
S211	524.93	240000	14	0.156229	0.474972	0.7	-%32.15
S212	626.071	270000	14	0.165627	0.487503	0.7	-%30.36
S213	841.239	300000	14	0.200295	0.533727	0.7	-%23.75
S214	598.256	390000	14	0.109571	0.412761	0.7	-%41.03
S215	203.02	180000	14	0.080563	0.4	0.7	-%42.86
S216	283.178	210000	14	0.096319	0.4	0.7	-%42.86
S217	501.619	390000	14	0.091872	0.4	0.7	-%42.86
S218	733.83	390000	14	0.134401	0.445868	0.7	-%36.30
S219	751.495	712500	14	0.075338	0.4	0.5	-%20.00
S220	678.106	300000	14	0.161454	0.481938	0.7	-%31.15
S221	349.111	180000	14	0.138536	0.451381	0.7	-%35.52
S222	349.111	180000	14	0.138536	0.451381	0.7	-%35.52
S223	349.111	180000	14	0.138536	0.451381	0.7	-%35.52
S224	404.386	210000	14	0.137546	0.450062	0.7	-%35.71
S301	216.938	180000	14	0.086087	0.4	0.7	-%42.86
S302	472.038	712500	14	0.047322	0.4	0.5	-%20.00
S303	253.396	210000	14	0.086189	0.4	0.7	-%42.86
S304	419.724	240000	14	0.124918	0.433224	0.7	-%38.11
S305	573.593	320000	14	0.128034	0.437379	0.7	-%37.52
S306	689.337	400000	14	0.123096	0.430795	0.7	-%38.46
S307	528.759	320000	14	0.118027	0.424035	0.7	-%39.42
S308	433.372	300000	14	0.103184	0.404245	0.7	-%42.25
S309	573.242	400000	14	0.102365	0.403153	0.7	-%42.41
S310	637.487	400000	14	0.113837	0.418449	0.7	-%40.22
S311	342.59	240000	14	0.101961	0.402615	0.7	-%42.48
S312	409.405	270000	14	0.108308	0.411078	0.7	-%41.27
S313	550.627	300000	14	0.131102	0.441469	0.7	-%36.93
S314	379.243	390000	14	0.069458	0.4	0.7	-%42.86
S315	123.18	180000	14	0.048881	0.4	0.7	-%42.86
S316	173.649	210000	14	0.059064	0.4	0.7	-%42.86
S317	316.069	390000	14	0.057888	0.4	0.7	-%42.86
S318	467.121	390000	14	0.085553	0.4	0.7	-%42.86
S319	472.038	712500	14	0.047322	0.4	0.5	-%20.00
S320	433.372	300000	14	0.103184	0.404245	0.7	-%42.25
S321	216.938	180000	14	0.086087	0.4	0.7	-%42.86
S322	216.938	180000	14	0.086087	0.4	0.7	-%42.86

Okul Model_2007						Okul Model_2018	
Kolon Adı	$N_D(N)$	$A_c(mm^2)$	$f_{cm}(Mpa)$	$N_D/(A_c*f_{cm})$	Etkin Kesit Rijitlik Çarpanı	Etkin Kesit Çarpanı	2018'e göre 2007'nin artma azalma yüzdeleri
S323	216.938	180000	14	0.086087	0.4	0.7	-%42.86
S324	253.396	210000	14	0.086189	0.4	0.7	-%42.86
S401	84.261	180000	14	0.033437	0.4	0.7	-%42.86
S402	188.197	712500	14	0.018867	0.4	0.5	-%20.00
S403	104.441	210000	14	0.035524	0.4	0.7	-%42.86
S404	185.085	240000	14	0.055085	0.4	0.7	-%42.86
S405	276.068	320000	14	0.061622	0.4	0.7	-%42.86
S406	330.846	400000	14	0.05908	0.4	0.7	-%42.86
S407	251.826	320000	14	0.056211	0.4	0.7	-%42.86
S408	188.798	300000	14	0.044952	0.4	0.7	-%42.86
S409	272.355	400000	14	0.048635	0.4	0.7	-%42.86
S410	304.484	400000	14	0.054372	0.4	0.7	-%42.86
S411	160.77	240000	14	0.047848	0.4	0.7	-%42.86
S412	192.968	270000	14	0.05105	0.4	0.7	-%42.86
S413	263.315	300000	14	0.062694	0.4	0.7	-%42.86
S414	161.277	390000	14	0.029538	0.4	0.7	-%42.86
S415	40.196	180000	14	0.015951	0.4	0.7	-%42.86
S416	63.414	210000	14	0.021569	0.4	0.7	-%42.86
S417	127.085	390000	14	0.023276	0.4	0.7	-%42.86
S419	188.197	712500	14	0.018867	0.4	0.5	-%20.00
S420	188.798	300000	14	0.044952	0.4	0.7	-%42.86
S421	84.261	180000	14	0.033437	0.4	0.7	-%42.86
S422	84.261	180000	14	0.033437	0.4	0.7	-%42.86
S423	84.261	180000	14	0.033437	0.4	0.7	-%42.86
S424	104.441	210000	14	0.035524	0.4	0.7	-%42.86

Elde edilen bu etkin kesit rijitlik çarpanları SAP 2000 modelinde kesit özellikleri kısmına girilmiştir. Örnek olması için S104 kolonunun etkin kesit rijitliği çarpanının DBYBHY 2007'ye ait Okul Model_2007 dosyasında 0.616056, TBDY 2018'e ait Okul Model_2018 dosyasında 0.70 olarak girilmesi Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. C2 tip kolon kesitinin etkin kesit rijitlik çarpanlarının girilmesi

4.3. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

Bu çalışmada, DBYBHY 2007'e göre yapılan performans değerlendirmelerinde doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü metodu kullanılmıştır. TBDY 2018'e göre yapılan performans değerlendirmelerinde ise doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden tek modlu itme analizi kullanılmıştır. Her iki yönetmelikte kullanılan bu yöntemler göz önüne alınan deprem doğrultusunda hakim titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde yük artımı prensibine dayanan sabit tek modlu itme analizleridir. Çalışma kapsamında tek modlu itme analizlerinde yapılan kabuller aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- ❖ Bina bilgi düzeyi katsayısı kapsamlı '1' olarak alınmıştır.
- ❖ Çerçeve (çubuk) sonlu elemanları olarak modellenen kolon, kiriş ve betonarme perdelerde, doğrusal olmayan davranış modeli olarak 'Yığılı Plastik Davranış (Plastik Mafsal) Modeli' kullanılmıştır.
- ❖ Plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı olarak gerçekleştiği kabul edilmiştir.
- ❖ Plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınmıştır.
- ❖ Kolon ve kirişlerde plastik mafsallar net açıklıklarının iki ucuna, kolon kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına konulmuştur. Perdelerde plastik mafsallar alt uçlara konulmuştur.

- ❖ Kolon ve perdelerde plastikleşmenin eksenel kuvvet ve iki eksenli eğilme momenti (P-M2-M3) etkisinde gerçekleştiği, kirişlerde tek eksenli (M3) gerçekleştiği kabul edilmiştir.
- ❖ TBDY 2018’de kesme açıklığı (L_s), kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı, perdelerde ise her katın tabanından son katta bulunan perdenin tepesine olan uzaklığın yarısı olarak hesaplanmıştır.

4.3.1. Tek Modlu İtme Analizinin Kullanılabilirliği

Tek modlu itme analizinde binaya yalnız hakim titreşim mod şekli ile kuvvet uygulandığından, tutarlı sonuçlar elde edebilmek için binanın taşıyıcı sisteminin düzensizliğin ve kat sayısının belli sınırlar içerisinde olması gerekir. Bu yüzden DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’de tek modlu itme analizinin uygulanabilirliği konusunda bazı koşullar mevcuttur. Yönetmeliklerde bulunan koşullar ve incelenen binanın bu koşulları için kontrolleri aşağıda sıralanmıştır.

1) Bina yüksekliği (H_N) ile ilgili koşul:

- ❖ DBYBHY 2007 bina yükseklik koşulu: Bina bodrum katlar hariç en fazla 8 katlı olabilir.
- ✓ Bina 4 katlı olduğu için DBYBHY 2007 bina yükseklik koşulunu sağlamaktadır.
- ❖ TBDY 2018’de tek modlu itme yöntemi ‘Bina Yükseklik Sınıfı’ $BYS \geq 5$ olan binalarda uygulanabilir.
- ✓ Bu koşulun kontrolü için TBDY 2018’de Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) kullanılarak Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) belirlenmelidir. İlk olarak Tablo 4.4 kullanılarak Bina Kullanım Sınıfı Belirlenir. Burada binamızın kullanım amacı okul olduğu için $BKS=1$ olarak belirlenir.

Tablo 4.4. Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı (TBDY, 2018)

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

- ✓ Daha sonra BKS=1 ve DD-2 için elde edilen $SDS=0.726$ değerlerinin Tablo 4.5’de kullanılmasıyla Deprem Tasarım Sınıfı DTS=2a olarak bulunur.

Tablo 4.5. Deprem tasarım sınıfları (TBDY, 2018)

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

- ✓ Son olarak Tablo 4.6 aracılığı ile Bina yüksekliği 13.2 m ve DTS=2a değerleri kullanılarak Bina Yükseklik Sınıfı BYS=6 olarak bulunur. TBDY 2018’de tek modlu itme analizi için BYS koşulu sağlanmaktadır.

Tablo 4.6. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018)

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

2) Modal Kütle Katılım Oranları:

- ❖ DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’de göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması gerekmektedir.
- ✓ DBYBHY 2007’de modal kütle katılım oranları Okul Model_2007 dosyasında elamanların etkin kesit rijitlik çarpanları 1 ($EI_e=1$) alınarak modal analiz yapılmıştır. Analiz sonrasında elde edilen sonuçlar Tablo 4.7’de verilmiştir. Yapılan modal analiz sonucu X hesap doğrultusu için modal kütle katılım oranı (U_X) 0.841, Y hesap doğrultusu için modal kütle katılım oranı (U_Y) 0.779 olarak elde edilmiştir. Her iki doğrultudaki modal kütle katılım oranları 0.7’den büyük olduğundan bu koşul sağlanmıştır.

Tablo 4.7. DBYBHY 2007'ye göre elde edilen kütle katılım oranları

Mod	Period	X Yönü Kütle Katılım Oranı	Y Yönü Kütle Katılım Oranı	X Yönü Toplam Kütle Katılım Oranı	Y Yönü Toplam Kütle Katılım Oranı
1	0.574	0.841	0.000	0.841	0.000
2	0.481	0.000	0.779	0.841	0.779
3	0.416	0.000	0.000	0.841	0.779
4	0.177	0.106	0.000	0.948	0.779
5	0.127	0.000	0.150	0.948	0.929
6	0.116	0.000	0.001	0.948	0.930
7	0.095	0.039	0.000	0.987	0.930
8	0.086	0.000	0.000	0.987	0.930
9	0.083	0.000	0.000	0.987	0.930
10	0.080	0.000	0.000	0.987	0.930

- ✓ TBDY 2018'de modal kütle katılım oranları Okul Model_2018 dosyasında elamanların etkin kesit rijitlik çarpanları dikkate alınarak modal analiz yapılmıştır. Analiz sonrasında elde edilen sonuçlar Tablo 4.8'de verilmiştir. Yapılan modal analiz sonucu X hesap doğrultusu için modal kütle katılım oranı (UX) 0.823, Y hesap doğrultusu için modal kütle katılım oranı (UY) 0.769 olarak elde edilmiştir. Her iki doğrultudaki modal kütle katılım oranları 0.7'den büyük olduğundan bu koşul sağlanmıştır.

Tablo 4.8. TBDY 2018'e göre elde edilen kütle katılım oranları

Mod	Period	X Yönü Kütle Katılım Oranı	Y Yönü Kütle Katılım Oranı	X Yönü Toplam Kütle Katılım Oranı	Y Yönü Toplam Kütle Katılım Oranı
1	0.818	0.823	0.000	0.823	0.000
2	0.691	0.000	0.769	0.823	0.769
3	0.596	0.000	0.000	0.823	0.769
4	0.242	0.115	0.000	0.938	0.769
5	0.174	0.000	0.155	0.938	0.925
6	0.159	0.000	0.001	0.938	0.926
7	0.127	0.001	0.000	0.940	0.926
8	0.123	0.001	0.000	0.941	0.926
9	0.122	0.021	0.000	0.962	0.926
10	0.122	0.004	0.000	0.966	0.926

3) Burulma düzensizliği koşulu:

- ❖ DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’de; Herhangi bir katta ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı’nın (η_{bi}) <1.4 koşulunu sağlaması gereklidir.
- ✓ DBYBHY 2007’e göre yapılan kontrolde, X ve Y doğrultuları için etkin kesit rijitlikleri ve ek dışmerkezlik dikkate alınmadan binanın analizi yapılmış, analiz sonucu elde edilen burulma düzensizliği katsayıları (η_{bi}) Tablo 4.9’da verilmiştir. Burada, X ve Y doğrultuları için elde edilen burulma düzensizliği katsayılarından büyük olanı o katın burulma düzensizliği katsayısı olarak belirlenmiş, tabloya belirlenen bu değer yazılmıştır. Tablo 4.9’a bakıldığında binanın burulma düzensizliği katsayıların tamamı 1.4’den küçük olduğundan DBYBHY 2007’e göre bu koşul sağlamaktadır.

Tablo 4.9. DBYBHY 2007’ye göre elde edilen burulma düzensizliği katsayıları

Kat	$(\Delta_i)_{max}(mm)$	$(\Delta_i)_{min}(mm)$	$(\Delta_i)_{ort}(mm)$	η_{bi}
1	2.081	2.034	2.0575	1.01142
2	5.467	5.414	5.4405	1.00487
3	3.977	3.924	3.9505	1.00671
4	3.437	3.361	3.399	1.01118

- ✓ TBDY 2018’e göre yapılan kontrolde, X ve Y doğrultuları için ek dışmerkezlik dikkate alınmadan binanın analizi yapılmış, analiz sonucu elde edilen burulma düzensizliği katsayıları (η_{bi}) Tablo 4.10’da verilmiştir. Burada, X ve Y doğrultuları için elde edilen burulma düzensizliği katsayılarından büyük olanı o katın burulma düzensizliği katsayısı olarak belirlenmiş, tabloya belirlenen bu değer yazılmıştır. Tablo 4.10’a bakıldığında binanın burulma düzensizliği katsayılarının tamamı 1.4’den küçük olduğundan TBDY 2018’e göre bu koşul sağlamaktadır.

Tablo 4.10. DBYBHY 2007’ye göre elde edilen burulma düzensizliği katsayıları

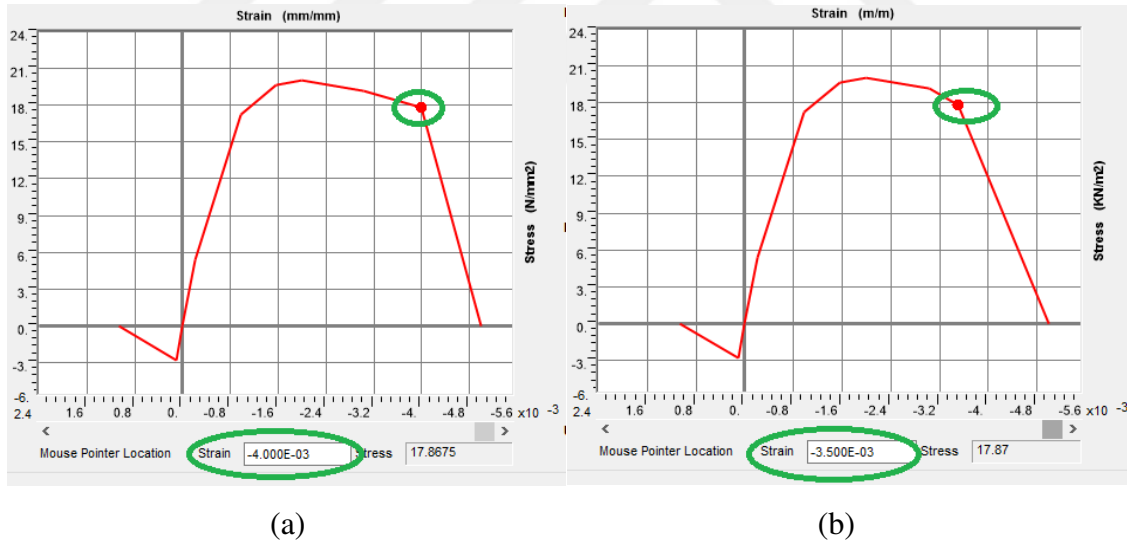
Kat	$(\Delta_i)_{max}(mm)$	$(\Delta_i)_{min}(mm)$	$(\Delta_i)_{ort}(mm)$	η_{bi}
1	2.744	2.682	2.713	1.011426465
2	5.216	5.188	5.202	1.002691273
3	5.701	5.569	5.635	1.011712511
4	5.109	4.914	5.0115	1.019455253

4.3.2. Kesitlerin Plastik Mafsal Özelliklerinin Tanımlanması

Binanın taşıyıcı eleman kesitlerinde oluşacak hasarların belirlenebilmesi için elemanların uçlarına atanacak plastik mafsalın özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Taşıyıcı elemanların plastik mafsal özelliklerinin tanımlanabilmesi için ise kesitlerin karşılıklı etkileşim diyagramlarının (akma yüzeyleri) ve moment eğrilik bağıntılarının elde edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kesitlerin akma yüzeyleri ve moment-eğrilik bağıntıları SAP 2000 v20 programının Section Designer bölümü kullanılarak elde edilmiştir.

4.3.2.1. Nonlineer Malzemelerin Modellenmesi

Binanın taşıyıcı sistem kesitlerinin SAP2000 programının Section Designer bölümünde modellenmesi için öncelikle kesitlerde kullanılan malzemeler modellenmelidir. İncelenen yapının beton sınıfı C14'tür. Okul Model_2007 dosyasında modellenen sargısız beton modelinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği Şekil 4.6.a'da, Okul Model_2018 dosyasında modellenen sargısız beton modelinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği ise Şekil 4.6.b'de verilmiştir.

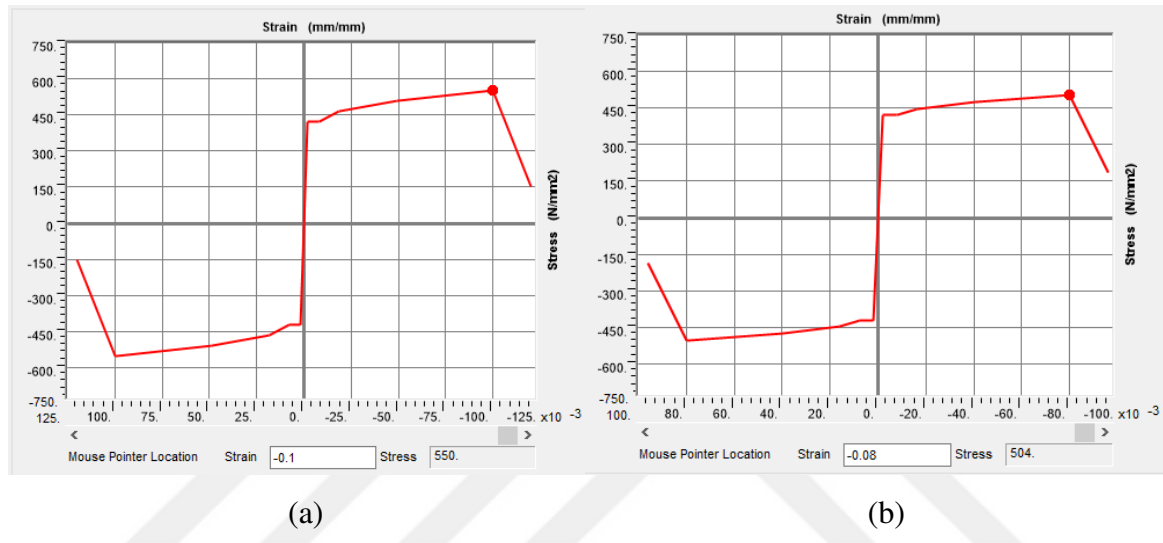


Şekil 4.6. SAP2000'de sargısız beton modelleri gerilme-şekildeğiştirme grafikleri

Şekil 4.6'da verilen grafiklerden yeşil daire içine alınan değerlerden anlaşılacağı üzere sargısız betonda DBYBHY 2007'de gerilme şekildeğiştirme grafiği 0.004 değerinden sonra doğrusal davranış gösterirken, TBDY 2018'de 0.0035 değerinden sonra doğrusal davranış göstermektedir. Sargılı beton modellerinde gerilme-şekildeğiştirme grafiği; kesitin

boyutlarına, kesitte bulunan enine ve boyuna donatı özelliklerine göre değiştiği için her kesitin sargılı beton modeli farklı olmaktadır.

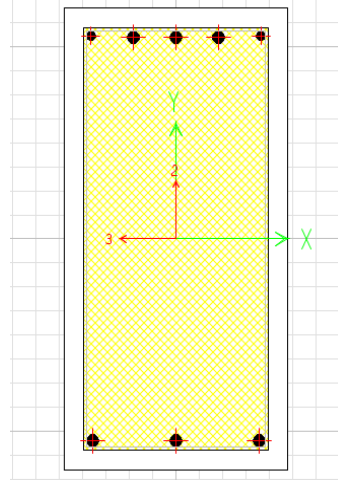
Binada S220 nervürsüz donatı sınıfı kullanılmıştır. Okul Model_2007 SAP2000 dosyasında modellenen donatının gerilme-şekildeğiştirme grafiği Şekil 4.9.a'da, Okul Model_2018 SAP 2000 dosyasında modellenen donatının grafiği Şekil 4.9.b'de gösterilmiştir. Şekil 4.9.a'da verilen grafiğin bilgileri Tablo 3.4'den, Şekil 4.9.b'de verilen grafiğin bilgileri ise Tablo 3.8'den alınmıştır. Şekillerden anlaşılacağı üzere donatının pekleşme davranışı dikkate alınmıştır.



Şekil 4.7. SAP 2000’de S220 donatı çeliğinin modellenmesi

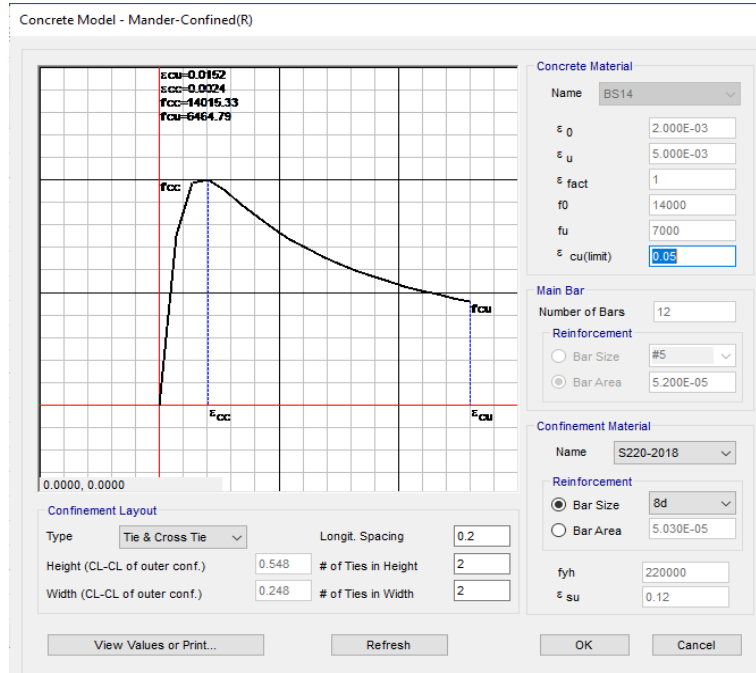
4.3.2.2. Binanın Kiriş Kesitlerinin Plastik Mafsal Özelliklerinin Elde Edilmesi

Kiriş kesitlerinin plastik mafsal özelliklerinin oluşturulabilmesi için öncelikle her bir kesitin ‘Section Designer’ bölümünde modellenmesi gerekmektedir. Örnek olması için İncelenen binada bulunan B1 tip kiriş kesitinin Section Designer’da modellenmesi Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



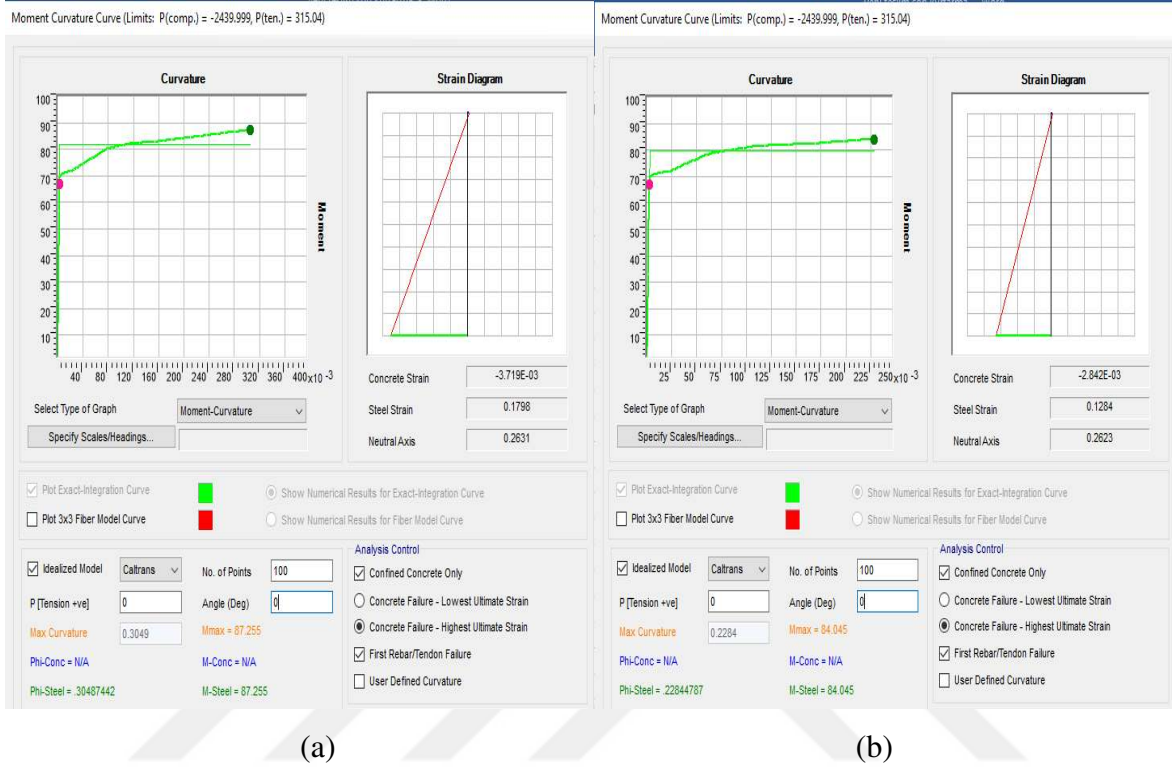
Şekil 4.8. B1 tip kiriş kesitinin Section Designer’da modellenmesi

SAP 2000 programının Section Designer bölümüne girilen C14 beton sınıfının sargısız gerilme şekil değiştirme bağıntıları ve S220 donatı sınıfının gerilme-şekil değiştirme bağıntıları DBYBHY 2007 ile TBDY 2018 yönetmeliklerine göre farklılık göstermektedir. Bu yüzden iki yönetmeliğe göre elde edilecek olan sargılı beton gerilme şekil değiştirme diyagramları ve moment eğrilik analizi sonuçları da birbirinden farklı olacaktır. Örnek olarak alınan B1 tip kiriş kesitinin TBDY 2018’e göre sargılı beton gerilme-şekil değiştirme grafiği Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. B1 tip kirişin TBDY 2018’e göre sargılı beton modeli gerilme-şekil değiştirme grafiği

Her iki yönetmeliğe göre modellenen kiriş kesitlerinin moment-eğrilik analizleri yapılmıştır. B1 tip kiriş kesitinin SAP2000’de oluşturulan moment-eğrilik bağıntısı DBYBHY 2007 için Şekil 4.10.a’da, TBDY 2018 için Şekil 4.10.b’de verilmiştir.



Şekil 4.10. B1 tip kiriş kesitinin iki yönetmeliğe göre moment-eğrilik grafikleri

Moment-eğrilik analizi sonucu kiriş kesitlerinin akma eğrilikleri (ϕ_y), akma momentleri (M_y), göçme öncesi eğrilikleri (ϕ_u), göçme öncesi momentleri (M_u) tespit edilmiştir. Ayrıca eğrilik analizi verileri excel formatında bir dosyaya aktarılmış burada yapılan bazı düzenlemeler ile DBYBHY 2007’e göre kesit hasar sınır eğrilikleri (ϕ_{MN} , ϕ_{GV} , $\phi_{GÇ}$) elde edilmiştir. Bu excel dosyası yardımıyla, beton ve donatıdan birim şekildeğiştirme sınırına ilk ulaşan birim şekildeğiştirme değeri ve basınç bloğu derinliğinin kullanılması ile kesitlerin DBYBHY 2007’e göre hasar sınır eğriliklerinin elde edilmiştir. B1 tip kiriş kesitinin DBYBHY 2007’ye göre elde edilen eğrilik analizi değerleri ve eğrilik hasar sınırları Tablo 4.11’de, TBDY 2018’e göre yapılan eğrilik analizi değerleri Tablo 4.12’de verilmiştir. 22 farklı kiriş kesitinin dönme ve eğrilik sınır değerleri EK 1’de verilmiştir.

Tablo 4.11. B1 tip kiriş kesitinin DBYBHY 2007'ye göre eğrilik analizi değerleri ve eğrilik sınırları

Kiriş Tipi	Akma Yüzeyi	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	$\phi_{GÇ}$ (m ⁻¹)
B1	0°	0.00312	81.60	0.3049	87.26	0.0211	0.0769	0.1179
	180°	0.00328	111.53	0.3165	118.6485	0.0203	0.0799	0.1185

Tablo 4.12. B1 tip kiriş kesitinin TBDY 2018'e göre eğrilik analizi değerleri

Kiriş Tipi	Akma Yüzeyi	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
B1	0°	0.00303	79.5592	0.2284	84.0452	0	0.03778	0.05037
	180°	0.00328	108.833	0.2324	114.3881	0	-0.18797	-0.25062

SAP 2000 programında kesitlere plastik mafsallık özellikleri tanımlanırken kesit için elde edilen toplam eğrilik değerleri değil toplam dönme değerleri kullanılmalıdır. Bu yüzden DBYBHY 2007 esaslarınca elde edilen toplam eğriliklerin plastik dönmeye çevrilmesi gerekmektedir. B1 tip kiriş için elde edilen toplam eğriliklerin DBYBHY 2007 esaslarınca 0° akma yüzeyine göre plastik dönmeye dönüştürülmesi aşağıda verilmiştir.

$$\theta_{MN} = (\phi_{MN} - \phi_y) \cdot L_p$$

$$\theta_{MN} = (0.0211 - 0.00312) \cdot 0.3 = 0.005394$$

$$\theta_{GV} = (\phi_{GV} - \phi_y) \cdot L_p$$

$$\theta_{GV} = (0.0769 - 0.00312) \cdot 0.3 = 0.022134$$

$$\theta_{GÇ} = (\phi_{GÇ} - \phi_y) \cdot L_p$$

$$\theta_{GÇ} = (0.1179 - 0.00312) \cdot 0.3 = 0.034434$$

Tablo 4.12'deki verilerin Denklem (3.43)'te yerine koyulması ile kesitlerin TBDY 2018'e göre plastik dönme değerleri elde edilmiştir. TBDY 2018'e göre B1 tip kirişinin 0° akma yüzeyinin plastik dönme sınır değerinin elde edilmesi aşağıda verilmiştir.

$$\theta_p^{(G0)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right]$$

$$B1 \text{ tipi kirişin uzunluğu } 3.15 \text{ m olduğundan } L_s = 3.15/2 = 1.575 \text{ m}$$

$$L_p = h/2 = 0.6/2 = 0.3 \text{ m}$$

$$d_b = 0.014 \text{ m}$$

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[(0.2284 - 0.00303) 0.3 \left(1 - 0.5 \frac{0.3}{1.575} \right) + 4.5 * 0.2284 * 0.014 \right] = 0.050374943$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 * \theta_p^{(G\ddot{O})}$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 * 0.050374943 = 0.03778121$$

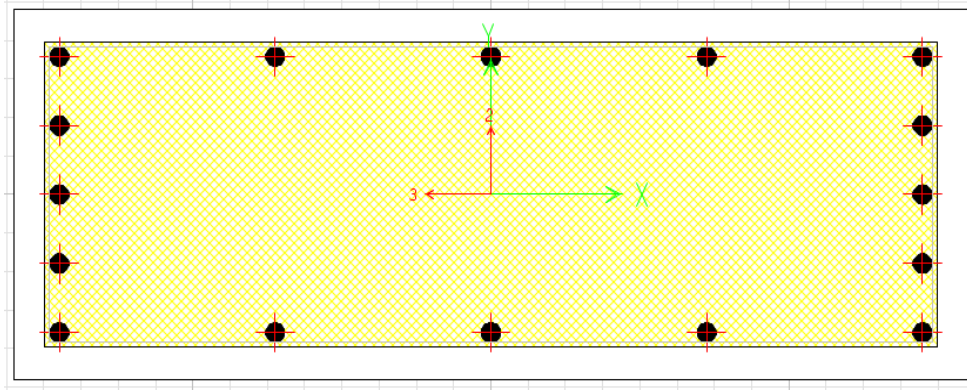
$$\theta_p^{(SH)} = 0$$

Tüm kirişlerin eğrilik analizi sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler EK 2’de verilmiştir.

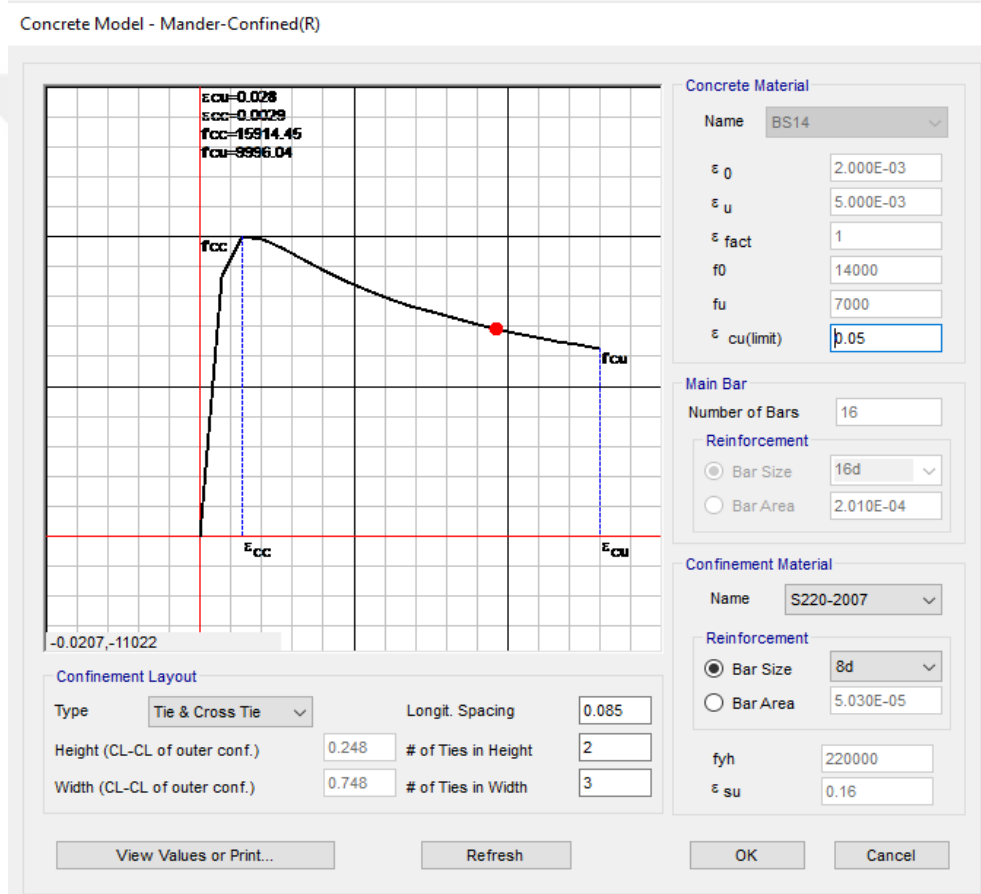
4.3.2.3. Binanın Düşey Taşıyıcı Eleman Kesitlerinin Plastik Mafsal Özelliklerinin Elde Edilmesi

Binanın kolon ve perde kesitlerinin plastik mafsal özellikleri kiriş kesitlerinde anlatıldığı gibi SAP2000’in Section Designer bölümü kullanılarak oluşturulmuştur. Kesitlerin moment-eğrilik analizleri eksenel kuvvet etkisi altında yapılmıştır. Bu çalışmada her düşey taşıyıcı eleman kesiti için 9 adet eksenel yük seviyesi belirlenmiştir. Seçilen eksenel yükler, Section Designer’ın kesit karşılıklı etki diyagramları oluştururken kullandığı normal kuvvet değerleridir. Kesitlerin moment-eğrilik analizleri 0o ve 90o olmak üzere 2 doğrultu için yapılmıştır. Çalışma kapsamında; M2 eğilme doğrultusu için 0o’dan elde edilen moment-eğrilik değerleri, M3 eğilme doğrultusu için 90o’dan elde edilen moment-eğrilik değerleri kullanılmıştır.

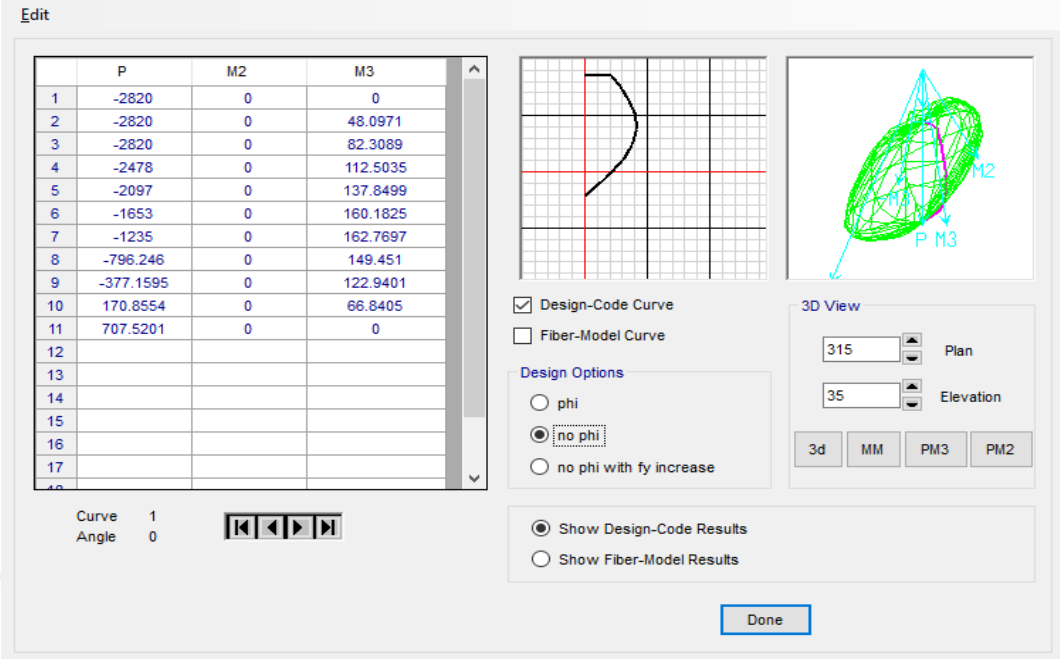
C2 tip kesit kolonun Section Designer bölümünde modellenmesi Şekil 4.11’de, oluşturulan sargılı beton modeli ise Şekil 4.12’de verilmiştir. Bu kolona ait karşılık etki diyagramı ve eksenel yük değerleri Şekil 4.13’te, moment-eğrilik bağıntısı ise Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.11. C2 tip kolon kesitinin Section Designer modeli

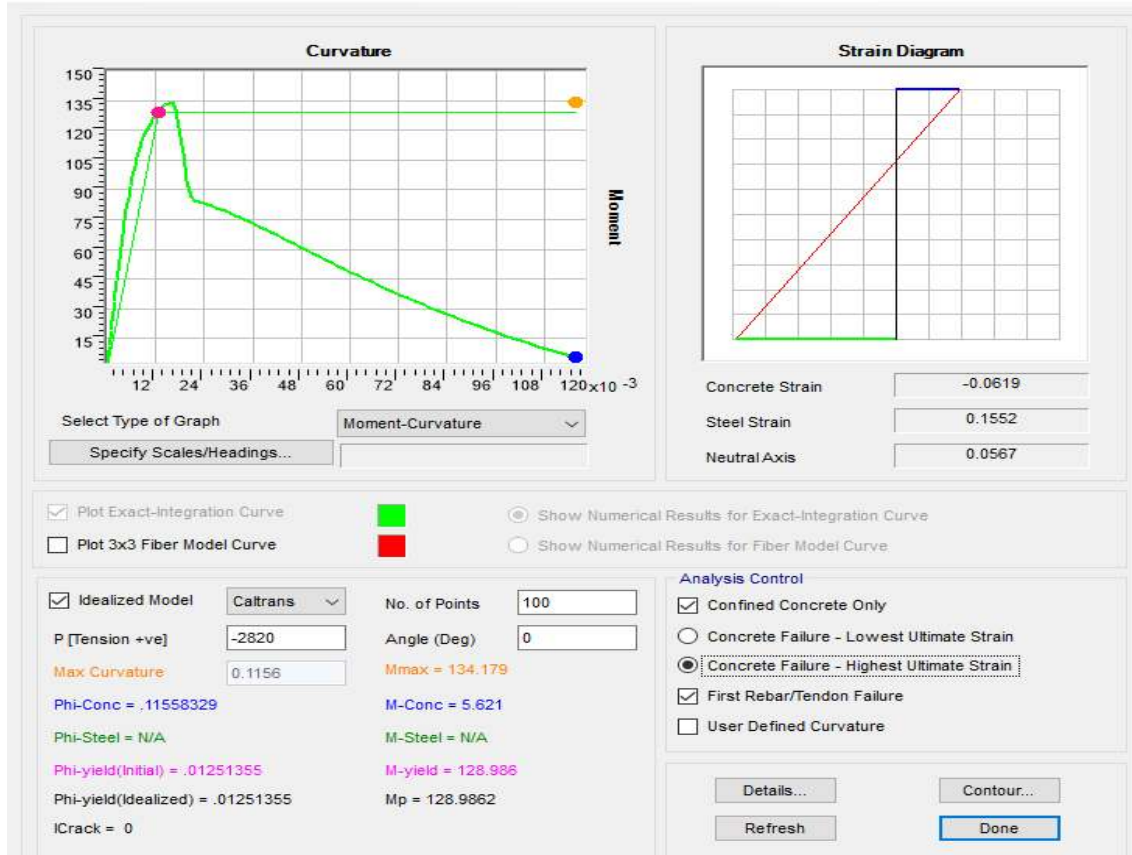


Şekil 4.12. C2 tip kolon kesitinin DBYBHY 2007 mander sargılı beton modeli



Şekil 4.13. C2 tip kolon kesitinin karşılıklı etki diyagramının oluşturulması

Moment Curvature Curve (Limits: P(comp.) = -3525.25, P(ten.) = 707.52)



Şekil 4.14. C2 tip kolon kesitinin Section Designer'da moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi

C2 tip kolon kesitinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre yapılan analizler sonucu moment-eğrilik değerleri elde edilmiştir. Excel formatında oluşturulan dosyada yönetmeliklerin esaslarına göre formüller eklenip düzenlemeler yapılarak moment-eğrilik değerleri kullanılarak her bir eksenel yük seviyesine karşılık gelen plastik dönme sınırları hesaplanmıştır. Moment-eğrilik analizi sonucunda kesitlerin akma eğrilikleri (ϕ_y), Akma momentleri (M_y), göçme öncesi eğrilikleri (ϕ_u), göçme öncesi momentleri (M_u) ve excel dosyasında hesaplanan sınır değerler DBYBHY 2007'ye göre Tablo 4.13'te TBDY 2018'e göre Tablo 4.14'te gösterilmiştir. Diğer kolon tip kesitleri her iki yönetmeliğe göre kritik kata göre, tip perde kesiti ise her katta olacak şekilde dönme ve eğrilik sınır değerleri EK 2'de verilmiştir



Tablo 4.13. C2 tip kolon kesitinin DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	$\phi_{GÇ}$ (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
30/80	-2820	0 ⁰	0.0125	128.99	0.1156	5.62	0.15	0.0152	0.0433	0.0569	0.00041	0.00462	0.00666
		90 ⁰	0.0043	368.18	0.0378	21.62	0.40	0.0053	0.0146	0.0186	0.00039	0.00413	0.00573
	-2478	0 ⁰	0.0141	150.67	0.1211	45.04	0.15	0.0177	0.0468	0.0613	0.00054	0.00491	0.00708
		90 ⁰	0.0048	433.90	0.0395	149.95	0.40	0.0058	0.0163	0.0211	0.00041	0.00461	0.00653
	-2097	0 ⁰	0.0163	170.15	0.1404	84.98	0.15	0.0195	0.0543	0.0710	0.00048	0.00570	0.00821
		90 ⁰	0.0054	494.26	0.0466	275.41	0.40	0.0068	0.0186	0.0242	0.00056	0.00527	0.00751
	-1653	0 ⁰	0.0148	175.18	0.1632	114.02	0.15	0.0252	0.0672	0.0849	0.00156	0.00786	0.01052
		90 ⁰	0.0046	491.55	0.0555	359.91	0.40	0.0081	0.0236	0.0297	0.00142	0.00760	0.01004
	-1235	0 ⁰	0.0118	161.47	0.2186	127.36	0.15	0.0320	0.0845	0.1075	0.00303	0.01091	0.01436
		90 ⁰	0.0038	449.92	0.0730	399.55	0.40	0.0107	0.0282	0.0369	0.00277	0.00977	0.01325
	-796.25	0 ⁰	0.0096	134.66	0.2806	127.84	0.15	0.0455	0.1155	0.1501	0.00538	0.01588	0.02107
		90 ⁰	0.0035	419.30	0.0948	401.73	0.40	0.0146	0.0403	0.0521	0.00445	0.01473	0.01945
	-377.16	0 ⁰	0.0091	114.28	0.4146	112.91	0.15	0.0546	0.1603	0.2040	0.00683	0.02268	0.02924
		90 ⁰	0.0032	354.44	0.1450	356.10	0.40	0.0181	0.0561	0.0713	0.00595	0.02115	0.02723
	170.86	0 ⁰	0.0087	72.21	0.7305	77.99	0.15	0.0469	0.1843	0.2734	0.00572	0.02633	0.03970
		90 ⁰	0.0031	227.05	0.2316	246.98	0.40	0.0161	0.0584	0.0867	0.00520	0.02212	0.03344
	707.52	0 ⁰	0.4609	7.81	0.4609	7.81	0.15	0.0430	0.1584	0.2433	-0.06269	-0.04538	-0.03264
		90 ⁰	0.1521	26.95	0.1521	26.95	0.40	0.0133	0.0551	0.0827	-0.05552	-0.03880	-0.02776

Tablo 4.14. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre yapılan moment eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
30/80	-2820	0 ⁰	0.0129	132.21	0.0863	25.89	1.65	0	0.00836	0.01115
		90 ⁰	0.0044	378.70	0.0283	90.00	1.65	0	0.00522	0.00696
	-2478	0 ⁰	0.0145	153.95	0.0908	64.62	1.65	0	0.00873	0.01164
		90 ⁰	0.0049	444.45	0.0307	213.69	1.65	0	0.00564	0.00752
	-2097	0 ⁰	0.0167	173.42	0.1059	99.59	1.65	0	0.01020	0.01360
		90 ⁰	0.0055	504.63	0.0360	312.64	1.65	0	0.00665	0.00887
	-1653	0 ⁰	0.0142	175.85	0.1268	123.86	1.65	0	0.01263	0.01683
		90 ⁰	0.0044	493.51	0.0429	391.16	1.65	0	0.00831	0.01107
	-1235	0 ⁰	0.0114	161.63	0.1627	132.46	1.65	0	0.01669	0.02225
		90 ⁰	0.0037	452.76	0.0546	415.19	1.65	0	0.01092	0.01456
	-796.25	0 ⁰	0.0094	137.03	0.2196	130.34	1.65	0	0.02295	0.03060
		90 ⁰	0.0033	423.07	0.0741	409.23	1.65	0	0.01511	0.02014
	-377.16	0 ⁰	0.0089	114.67	0.3097	112.82	1.65	0	0.03269	0.04358
		90 ⁰	0.0031	355.71	0.1083	354.62	1.65	0	0.02238	0.02984
	170.86	0 ⁰	0.0084	70.89	0.5458	74.80	1.65	0	0.05812	0.07750
		90 ⁰	0.0029	220.15	0.1732	237.04	1.65	0	0.03617	0.04823
	707.52	0 ⁰	0.3247	5.51	0.3247	5.51	1.65	0	0.01169	0.01559
		90 ⁰	0.1141	20.21	0.1141	20.21	1.65	0	0.00411	0.00548

4.3.2.4. Taşıyıcı Sistem Kesitlerine Plastik Mafsal Özelliklerinin Tanımlanması ve Atanması

Kolon, perde ve kirişlerin moment-eğrilik analiz sonuçlarıyla belirlediğimiz plastik mafsal özellikleri Okul Model_2007 ve Okul Model_2018 dosyalarına SAP2000 kullanılarak aktarılmalıdır. SAP2000 programında plastik mafsal özellikleri Hinge Properties arayüzünde modellenmektedir. Kolon ve perde duvar kesitlerine eksenel kuvvet ve eğilme mometi birlikte etki ettiği için P-M2-M3 plastik mafsal özelliği kullanılmıştır. C2 tipi kolon kesitinin TBDY 2018 esaslarına göre elde edilen plastik mafsal özelliklerinin SAP2000’de veri girişi Şekil 4.15’te gösterilmiştir

Moment Rotation Data for 30x80 - Interacting P-M2-M3

Units: KN, m, C

Select Curve: Axial Force: -796.246, Angle: 0, Curve #11

Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0.	0.
B	1.	0.
C	0.9673	0.0283
D	0.2	0.0283
E	0.2	0.0425

Copy Curve Data, Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

- Immediate Occupancy: 0.
- Life Safety: 0.0151
- Collapse Prevention: 0.0201

☐ Show Acceptance Points on Current Curve

3D View: Plan: 315, Elevation: 35, Aperture: 0, Axial Force: -796.246

3D, RR, MR3, MR2, ☒ Highlight Current Curve

Moment Rotation Information: Symmetry Condition: Double, Number of Axial Force Values: 8, Number of Angles: 2, Total Number of Curves: 16

Angle Is Moment About: 0 degrees = About Positive M2 Axis, 90 degrees = About Positive M3 Axis, 180 degrees = About Negative M2 Axis, 270 degrees = About Negative M3 Axis

OK, Cancel

Şekil 4.15. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018’e göre plastik mafsal özelliklerinin oluşturulması

Şekil 4.15'te IO (Immediate Occupancy) DBYBHY 2007'de 'Hemen Kullanım' performans seviyesi sınırını, TBDY 2018'de 'Sınırlı Hasar' performans seviyesi sınırını belirtir. LS (Life Safety) DBYBHY 2007'de 'Can Güvenliği' performans seviyesi sınırını, TBDY 2018'de 'Kontrollü Hasar' performans seviyesi sınırını belirtir. CP (Collapse Prevention) DBYBHY 2007'de 'Göçme Öncesi' performans seviyesi sınırını, TBDY 2018'de 'Göçmenin Önlenmesi' performans seviyesi sınırını belirtir. Ayrıca A noktası (0,0) orijini, B noktası akma noktasını, C noktası göçme noktasını ifade etmektedir.

P-M2-M3 plastik mafsal özelliğine sahip kesitler için ayrıca akma yüzeylerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu tanımlanma 0° , 45° ve 90° açılara sahip üç adet eğri ile yapılmıştır. Her akma eğrisi için 10 adet P, M2, M3 noktası tanımlanmıştır. Akma eğrisi verileri için Section Designer ara yüzünden faydalanılmıştır. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018 esaslarına göre belirlenen akma yüzeyinin SAP 2000 de tanımlanması Şekil 4.16'da verilmiştir.

P-M2-M3 Interaction Surface Definition for 30x80

Edit

User Interaction Surface Options

☐ Circular Symmetry
☒ Doubly Symmetric about M2 and M3
☐ No Symmetry

Number of Curves: 3
Number of Points on Each Curve: 11

Scale Factors (Same for All Curves)

P: 1, M2: 1, M3: 1
☐ Include Scale Factors in Plots
KN, m, C

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-2820.	0	0
11	707.5201	0	0

Interaction Surface Requirements - Doubly Symmetric

1. A minimum of 3 P-M2-M3 curves are specified.
2. P (tension positive) increases monotonically.
3. $M2 = M3 = 0$ at the first and last points.
4. First curve has all $M3 = 0$ and all $M2 \geq 0$.
5. Then one or more curves has all $M2 > 0$ and all $M3 > 0$.
6. Last curve has all $M2 = 0$ and all $M3 > 0$.
7. As the curve number increases, a specific point number should have an increasing $M3$ and a decreasing $M2$.
8. Each curve must be convex and the interaction surface as a whole must be convex (no dimples in surface).

Interaction Curve Data

Current Curve: 3

Point	P	M2	M3
1	-2820.	0.	0.
2	-2820.	0.	48.0971
3	-2820.	0.	82.3089
4	-2478.	0.	112.5035
5	-2097.	0.	137.8499
6	-1653.	0.	160.1825
7	-1235.	0.	162.7697
8	-796.246	0.	149.451
9	-377.1595	0.	122.9401
10	170.8554	0.	66.8405
11	707.5201	0.	0.

3D Plot

Plan: 315
Elevation: 25
Aperture: 0

☒ Show All Lines
☐ Hide P Direction Lines
☐ Hide M2-M3 Lines
☒ Highlight Current Curve

3D MM PM3 PM2

OK Cancel

Şekil 4.16. C2 tip kolon kesitinin akma yüzeyinin SAP 2000'de tanımlanması

Çalışma kapsamında kiriş kesitlerine etkiyen eksenel kuvvet ihmal edildiğinden bu kesitlerde M3 plastik mafsallık özelliği kullanılmıştır. B1 tip kiriş kesitinin TBDY 2018 esaslarına göre belirlenen akma yüzeyinin SAP 2000 de tanımlanması Şekil 4.17’de verilmiştir.

Frame Hinge Property Data for k201-204/3.15 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.1031
D-	-0.2	-0.0687
C-	-1.051	-0.0687
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.0564	0.0676
D	0.2	0.0676
E	0.2	0.1014

☐ Symmetric

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type: Isotropic

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Positive: 79.5592 (Moment SF), 1. (Rotation SF)

Negative: 108.833 (Moment SF), 1. (Rotation SF)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy

☒ Life Safety

☒ Collapse Prevention

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

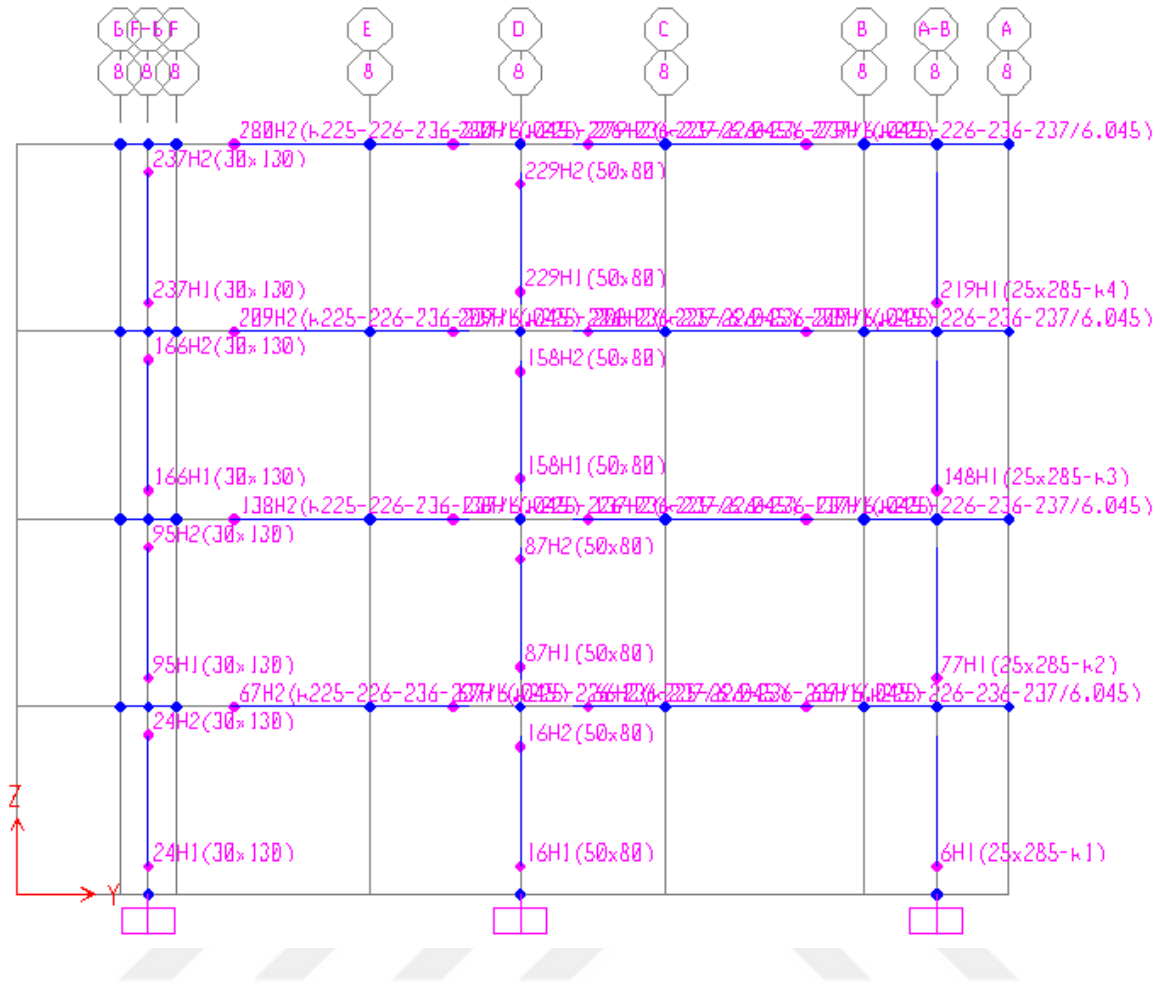
Positive: 0. (Immediate Occupancy), 0.0378 (Life Safety), 0.0504 (Collapse Prevention)

Negative: 0. (Immediate Occupancy), -0.188 (Life Safety), -0.2506 (Collapse Prevention)

OK Cancel

Şekil 4.17. B1 tip kiriş kesitinin SAP 2000’de plastik mafsallık özelliklerinin oluşturulması

Kesitlerin plastik mafsallık özelliklerini oluşturduktan sonra SAP 2000’de kesitlere ataması yapılacaktır. Kolon ve kirişlerde plastik mafsallar elemanın iki ucuna, perdelerde ise sadece alt uçlara atanmıştır. İncelenen binanın 8 nolu aksında bulunan kolon, kiriş ve perdeler atanmış plastik mafsallar Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

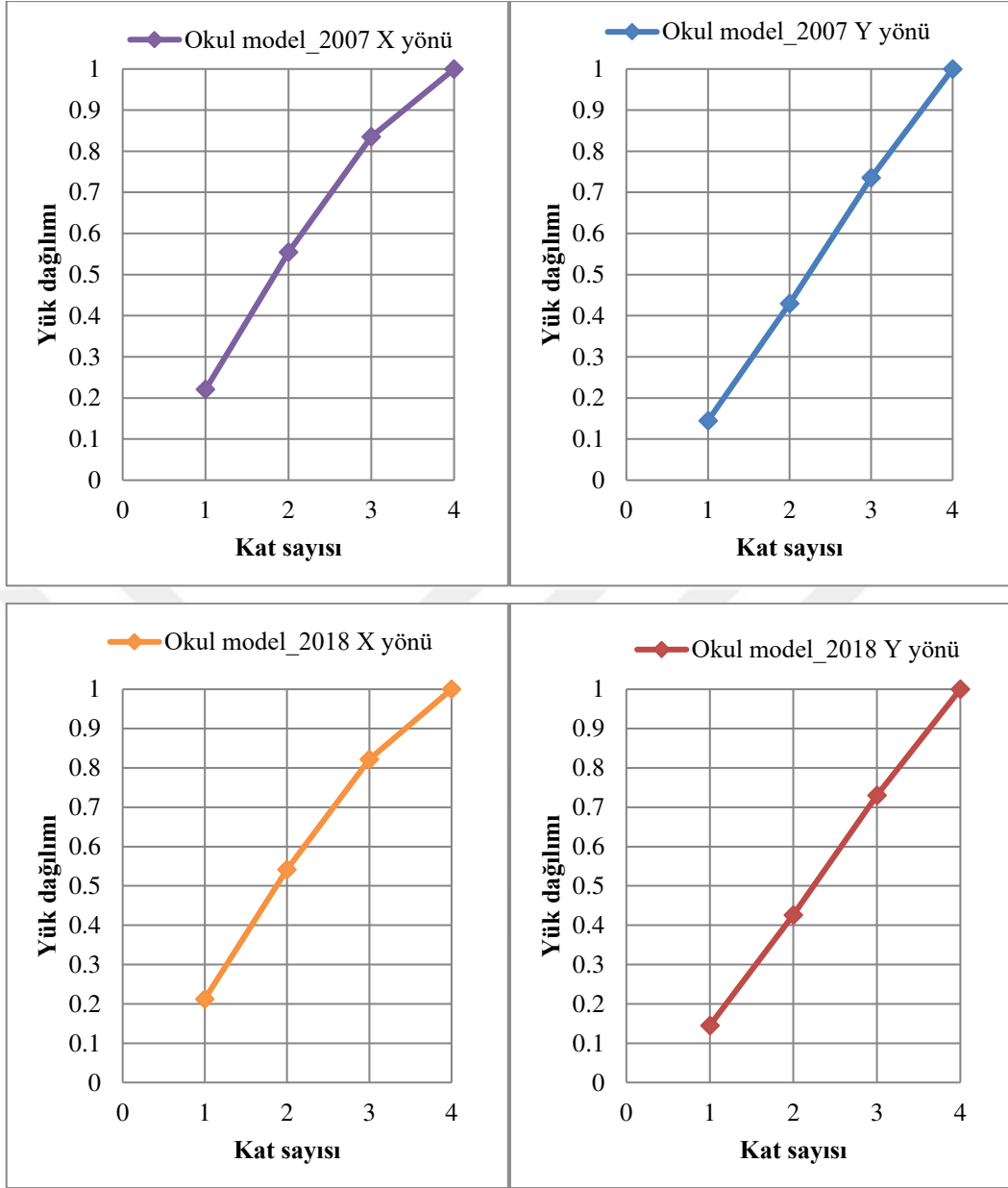


Şekil 4.18. Kesitlere plastik mafsalları atanması

4.3.3. Tek Modlu İtme Analizinin Tanımlanması

Her bir kesite plastik mafsallar atandıktan sonra Okul model_2007 ve Okul model_2018 SAP 2000 dosyaları her iki doğrultuda sabit tek modlu itme analizine tabi tutulacaktır. Sabit tek modlu itme analizi, deprem doğrultusunda hakim titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde yük artımı prensibine dayandığından katlara uygulanacak yük dağılımının belirlenmesi gerekmektedir. Katlara uygulanacak yük dağılımı, ilgili doğrultunun mod şekli genliği ile katlara ait kütlelerin çarpımıyla elde edilen değerlere göre yapılır.

Katlara uygulanacak yük dağılımının belirlenmesi için Okul Model_2007 ve Okul Model_2018 SAP 2000 dosyaları modal analize tabi tutulmuştur. Modal analiz sonucu elde edilen mod şekli genlikleri kat kütleleri ile çarpılarak ilgili doğrultu için katlara uygulanacak yük dağılımları belirlenmiştir (Şekil 4.19). Elde edilen yükler kat kütle merkezine uygulanmıştır.



Şekil 4.19. Kat hizalarına etkiyen yatay yük dağılım oranları

TBDY 2018'e göre itme analizinden önce, Denklem 4.1 ile hesaplanan statik düşey yüklerin taşıyıcı sisteme artımsal olarak uygulandığı doğrusal olmayan statik hesap yapılması gerekmektedir. Doğrusal olmayan statik hesap ile bulunan iç kuvvet ve şekildeğiştirmeler yatay deprem hesabının başlangıç değerleri olarak göz önüne alınmalıdır.

$$G + nQ + 0.3E_d^{(Z)} \quad (4.1)$$

Burada G sabit yük etkisini, Q hareketli yük etkisini, n hareketli yük azaltma katsayısını, $E_d^{(Z)}$ ise Denklem 4.2 ile elde edilen düşey deprem etkisini ifade etmektedir.

$$E_d^{(Z)} = 2/3 * S_{DS} * G \quad (4.2)$$

Denklem (4.2) ile hesaplanan düşey deprem etkisi, TBDY 2018'e göre yapılacak olan tek modlu itme analizinin başlangıç adımının doğrusal olmayan statik analiz Denklem (4.1)'de yerine yazılarak Denklem (4.3) elde edilmektedir.

$$G + nQ + 0.3 * 2/3 * S_{DS} * G \quad (4.3)$$

Denklem (4.3) düzenlenerek Denklem (4.4) elde edilir.

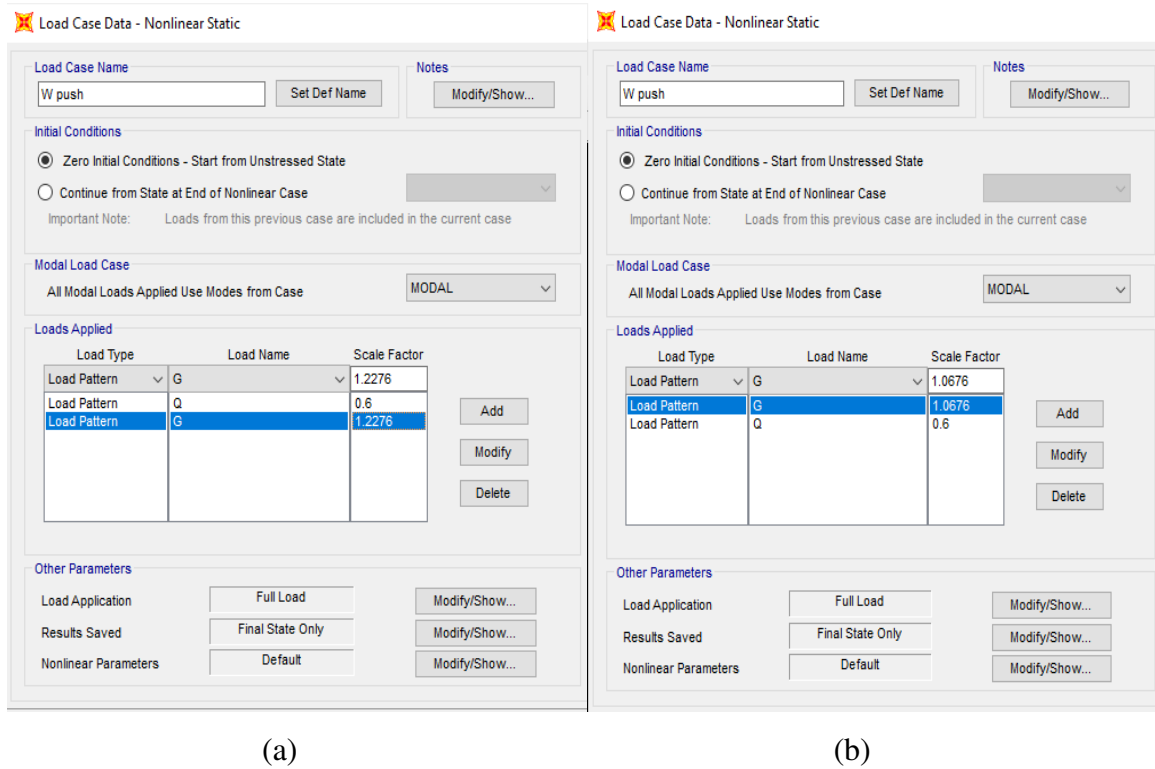
$$G(1 + 0.2 * S_{DS}) + nQ \quad (4.4)$$

TBDY 2018'e göre mevcut okul türü binaların, DD1 deprem düzeyi için Kontrollü Hasar (KH) ve DD3 deprem düzeyi için Sınırlı Hasar (SH) hedef performans seviyelerini sağlamaları gerekmektedir. Bu yüzden 2 farklı deprem düzeyine göre itme analizi gerçekleştirmek gereklidir. Denklem (4.4)'de yer alan S_{DS} katsayısı da Deprem düzeyine bağlı olarak değiştiğinden Okul Model_2018 SAP 2000 dosyası Okul Model_2018_DD1 ve Okul Model_2018_DD3 olmak üzere iki farklı dosya halinde kaydedilmiştir. Okul Model_2018_DD1; DD1 deprem düzeyine göre oluşturulan SAP 2000 dosyasını, Okul Model_2018_DD3; DD3 deprem düzeyine göre oluşturulan SAP 2000 dosyasını ifade etmektedir. S_{DS} katsayısı DD1 deprem düzeyi için daha önce 1.138 olarak, DD3 deprem düzeyi için 0.338 olarak edilmişti. Bu S_{DS} değerleri Denklem (4.4)'de yerine koyulmuş ve itme analizlerinin başlangıç adımı olan yükleme (W_{push}) elde edilmiştir. Okul Model_2018_DD1 SAP 2000 dosyası için (W_{push}) Denklem (4.5) ile Okul Model_2018_DD3 sap 2000 dosyası için W_{push} Denklem (4.6) ile edilmiştir. İncelenen bina okul türü olduğundan Denklem (4.5) ve Denklem (4.6)'da n katsayısı 0.6 alınmıştır.

$$G(1 + 0.2 * 1.138) + 0.6Q \text{ düzenlenirse; } 1.2276G + 0.6Q \quad (4.5)$$

$$G(1 + 0.2 * 0.338) + 0.6Q \text{ düzenlenirse; } 1.0676G + 0.6Q \quad (4.6)$$

Elde edilen Denklem (4.5) ve Denklem (4.6)'da bulunan G ve Q yüklerinin önündeki katsayılar, ilgili SAP 2000 dosyasının Wpush yüklemesine 'Scale Factor' olarak yansıtılmıştır (Şekil 4.20).



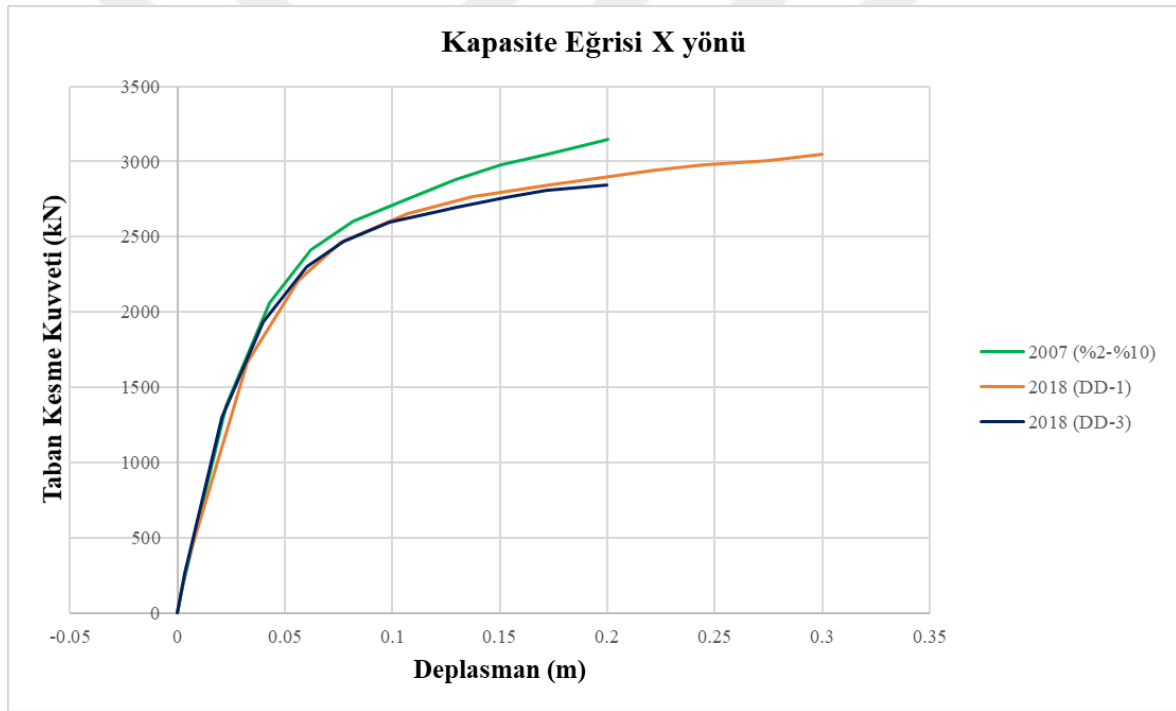
Şekil 4.20. (a) İtme analizinin başlangıç adımının Okul model_2018_DD1 ve (b) Okul model_2018_DD3 SAP 2000'de girilmesi

DBYBHY 2007'de itme analizinden önce kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı doğrusal olmayan statik analizde Denklem (4.1)'de yer alan düşey deprem etkisi dikkate alınmamaktadır. DBYBHY 2007'e göre yapılacak olan itme analizlerinin başlangıç adımı olan doğrusal olmayan statik analiz bağıntısı Denklem (4.7)'de verilmiştir.

$$G + 0.6Q \quad (4.7)$$

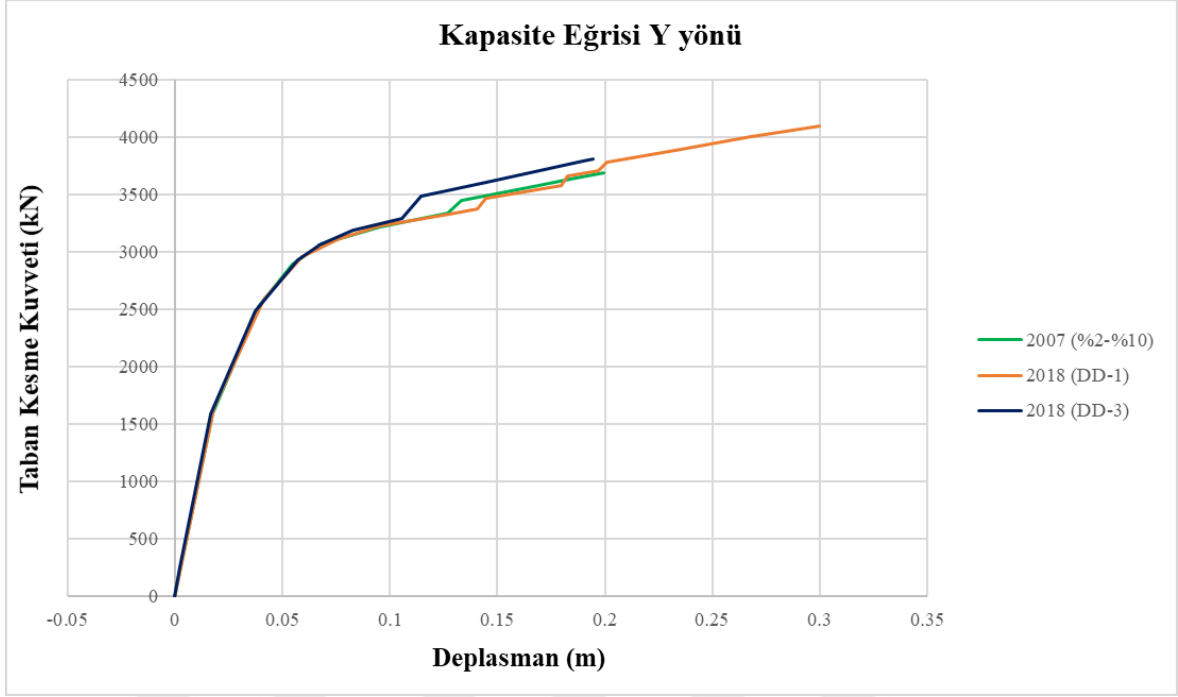
DBYBHY 2007'e göre mevcut okul türü binaların, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için Hemen Kullanım (HK) ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için Can Güvenliği (CG) hedef performans seviyelerini sağlamaları gerekmektedir. Bu yüzden 2 aşılma olasılığın göre itme analizi gerçekleştirmek gereklidir. Bunun için Okul Model_2007 SAP 2000 dosyası 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için Okul Model_2007_%2 olarak, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için ise Okul Model_2007_%10 olmak üzere iki farklı dosya halinde kaydedilmiştir.

Tüm modellerin statik itme analizi verileri tanımlandıktan sonra bu modellerin her birinin iki doğrultuda ayrı ayrı itme analizi yapılmıştır. Analizlerin sonucunda X ve Y doğrultusuna ait 6 adet kapasite eğrisi elde edilmiştir. X yönü için yapılan statik itme analizi sonucu elde edilen kapasite eğrileri Şekil 4.21'de verilmiştir



Şekil 4.21. Okul Model_2007_%2, Okul Model_2007_%10, Okul Model_2018_DD1, Okul Model_2018_DD3 dosyaları X yönü kapasite eğrileri

Y yönü için yapılan statik itme analizi sonucu elde edilen kapasite diyagramları ise Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.22. Okul Model_2007_%2, Okul Model_2007_%10, Okul Model_2018_DD1, Okul Model_2018_DD3 dosyaları Y yönü kapasite eğrileri

4.3.4. Binanın Hedef Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi

DBYBHY 2007'e göre mevcut okul türü binaların, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için Hemen Kullanım (HK) ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için Can Güvenliği (CG) hedef performans seviyelerini sağlamaları gerekmektedir. Bu yüzden 2 aşılma olasılığın göre hedef yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi gereklidir. Bunun için Bu aşamada Okul Model_2007 SAP 2000 dosyası 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için Okul Model_2007_%2, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için ise Okul Model_2007_%10 olmak üzere iki farklı dosya halinde kaydedilmiştir.

Statik itme yöntemiyle deprem performansı belirlenecek olan binaların hedef yerdeğiştirme istemi X ve Y yönü için ayrı ayrı belirlenmelidir. Hedef yerdeğiştirme belirlenirken modal kapasite eğrisi ile talep spektrumu aynı grafikte kesiştirilmelidir. Statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinin eksen takımının koordinatlarının dönüştürülmesi ile modal kapasite eğrisi oluşturulur. Eksen takımı dönüştürme işlemi, talep spektrum eğrisi ile kapasite eğrisini aynı grafik üzerine taşımak için yapılmaktadır. Eksen takımının dönüştürülmesi ile spektral ivme (S_a) ve spektral yerdeğiştirme (S_d) eksenleri elde edilir. Eksen dönüştürme işlemi hakkında detaylı bilgilendirme bu tezin 3.1.5. Bölüm'ünde

verilmiştir. Eksen takımının dönüştürülmesi için gerekli parametreler Tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4.15. Eksen dönüşümü için gerekli parametreler

Model adı	Doğrultu	Kat no	Kat kütlesi kNs ² /m	Mod şekli genliği (m)	M ₁ (kNs ² m)	L _{x1} (kNs ²)	Γ _{x1} (1/m)	M _{x1} (kNs ² /m)
Okul model_2007	X	1	573.6317	0.0067	1.032	43.556	42.197	1837.975
		2	573.6317	0.0169				
		3	573.6314	0.0255				
		4	502.9323	0.0305				
	Y	1	573.6317	0.0045	0.937	39.796	42.441	1689.018
		2	573.6317	0.0136				
		3	573.6314	0.0233				
		4	502.9323	0.0317				
Okul model_2018	X	1	573.6317	0.0065	1.030	43.370	42.093	1825.620
		2	573.6317	0.0167				
		3	573.6314	0.0253				
		4	502.9323	0.0308				
	Y	1	573.6317	0.0046	0.937	39.781	42.417	1687.423
		2	573.6317	0.0135				
		3	573.6314	0.0232				
		4	502.9323	0.0318				

Tablo 4.15 kullanılarak iki yönetmelik için deprem düzeylerine göre ve X-Y doğrultusunun kapasite eğrileri, modal kapasite eğrisine dönüştürülmüştür. Talep spektrumu ile modal kapasite eğrisi aynı grafikte çizilmiştir. Modal kapasite eğrisinden başlangıç teğeti çizilerek talep spektrumu ile kesiştiği nokta bulunmuştur. Bu nokta DBYBHY 2007'de doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme (S_{de1}), TBDY 2018'de ise elastik tasarım spektral yerdeğiştirme $S_{de}(T_1)$ olarak ifade edilmektedir.

Tüm bina modellerinde modal kapasite eğrisinin başlangıcından çizilen teğet talep spektrumunun doğrusal olmayan azalan kısmına denk gelmektedir. Bunun sebebi bina hakim titreşim periyodu T_1 'in T_B 'den büyük çıkmasıdır. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 bu durumun ortaya çıkması halinde C_R dönüştürme katsayısının $C_R=1$ alınacağı belirtilmiştir. Bu yüzden modal kapasite eğrisinin talep spektrumunda kestiği nokta doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmeye eşittir. Yani DBYBHY 2007 esaslarına göre yapılan tüm çözümlerde $d_1^{(p)} = S_{di1}$, TBDY 2018 esaslarına göre yapılan tüm hesaplarda $d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1)$ eşit alınmaktadır.

DBYBHY 2007'ye göre yapılan hesaplarda $d_1^{(p)}$ Denklem (4.8)'de yerine koyularak, TBDY 2018'e göre yapılan hesaplarda $d_{1,max}^{(X)}$ Denklem (4.9)'da yerine koyularak binanın her iki yönetmeliğe göre gerekli olan hedef yerdeğiştirme istemi elde edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (4.8)$$

$$u_{Nx1}^{(X)} = \phi_{Nx1} \Gamma_1^{(X)} d_{1,max}^{(X)} \quad (4.9)$$

Tüm modellerin hedef yerdeğiştirme istemleri ile bu istemlerin elde edilmesi için gerekli yardımcı parametreler Tablo 4.16 ve Tablo 4.17'de verilmiştir.

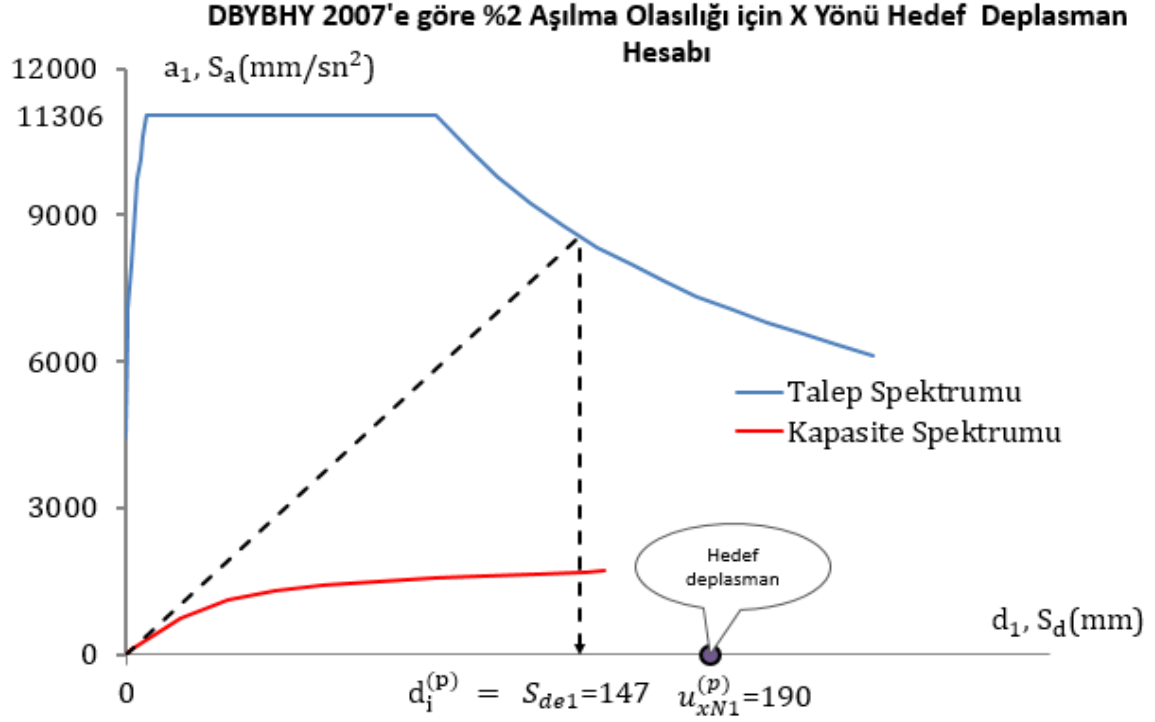
Tablo 4.16. DBYBHY 2007'ye göre bina hedef yerdeğiştirme istemleri

Model adı	Doğrultu	$d_1^{(p)}$	ϕ_{xN1}	Γ_{x1}	$u_{xN1}^{(p)}$
Okul Model_2007_%2	X	147.358	0.0305	42.197	190
	Y	134.221	0.0317	42.441	181
Okul Model_2007_%10	X	98.239	0.0305	42.197	127
	Y	89.481	0.0317	42.441	120

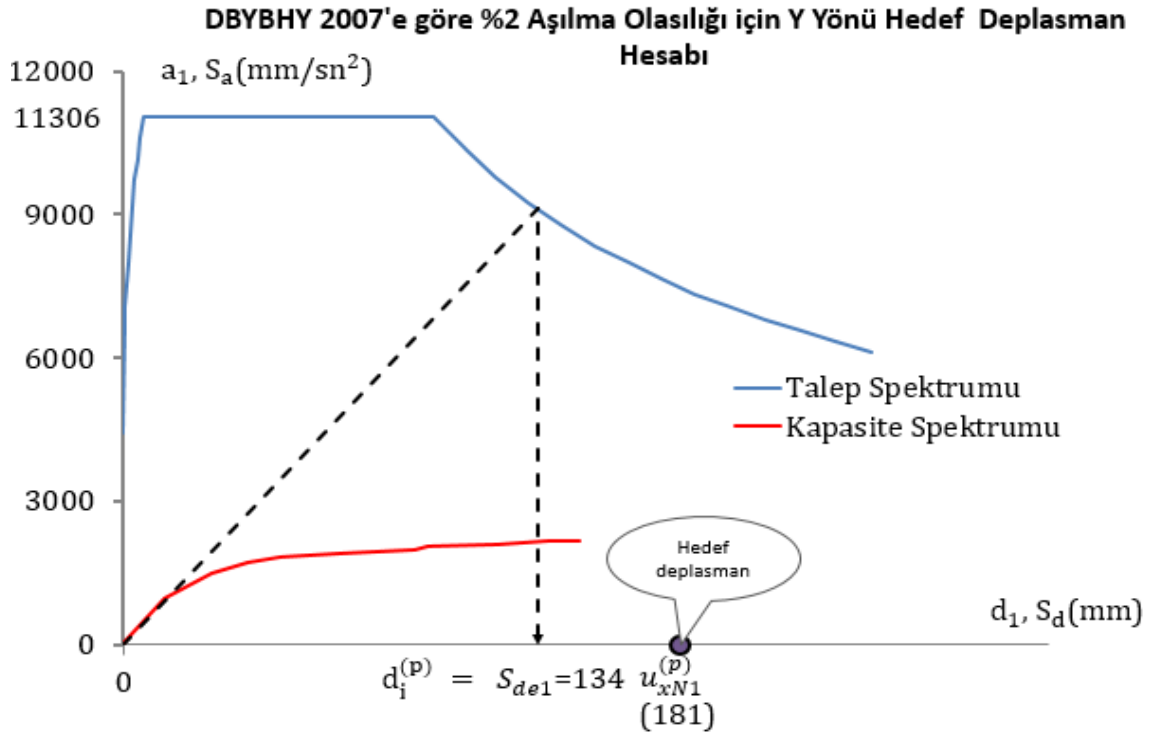
Tablo 4.17. TBDY 2018'e göre bina hedef yerdeğiştirme istemleri

Model adı	Doğrultu	$d_{1,max}^{(X)}$	ϕ_{Nx1}	$\Gamma_1^{(X)}$	$u_{Nx1}^{(X)}$
Okul Model_2018_DD1	X	115.426	0.0308	42.093	150
	Y	107.412	0.0318	42.418	145
Okul Model_2007_DD3	X	27.279	0.0308	42.093	35
	Y	25.385	0.0318	42.418	35

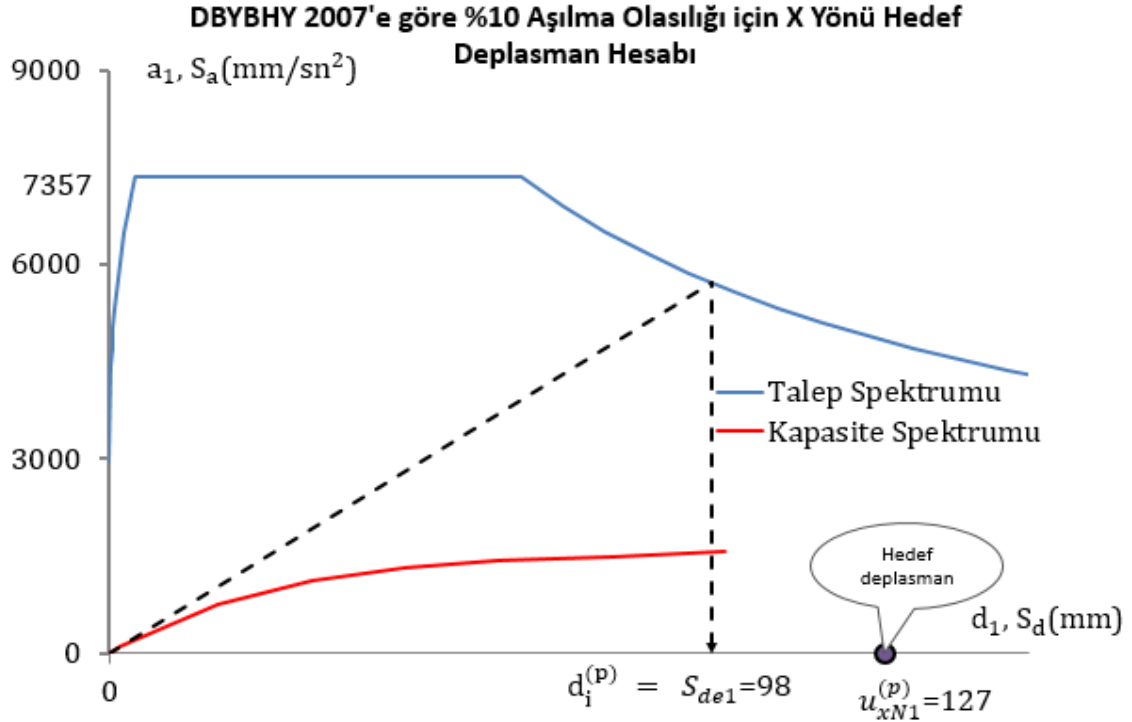
Binanın tüm modellerinin hedef yerdeğiştirme istemlerinin belirlenmesinde kullanılan grafikler Şekil 4.23-4.30 arasında gösterilmiştir.



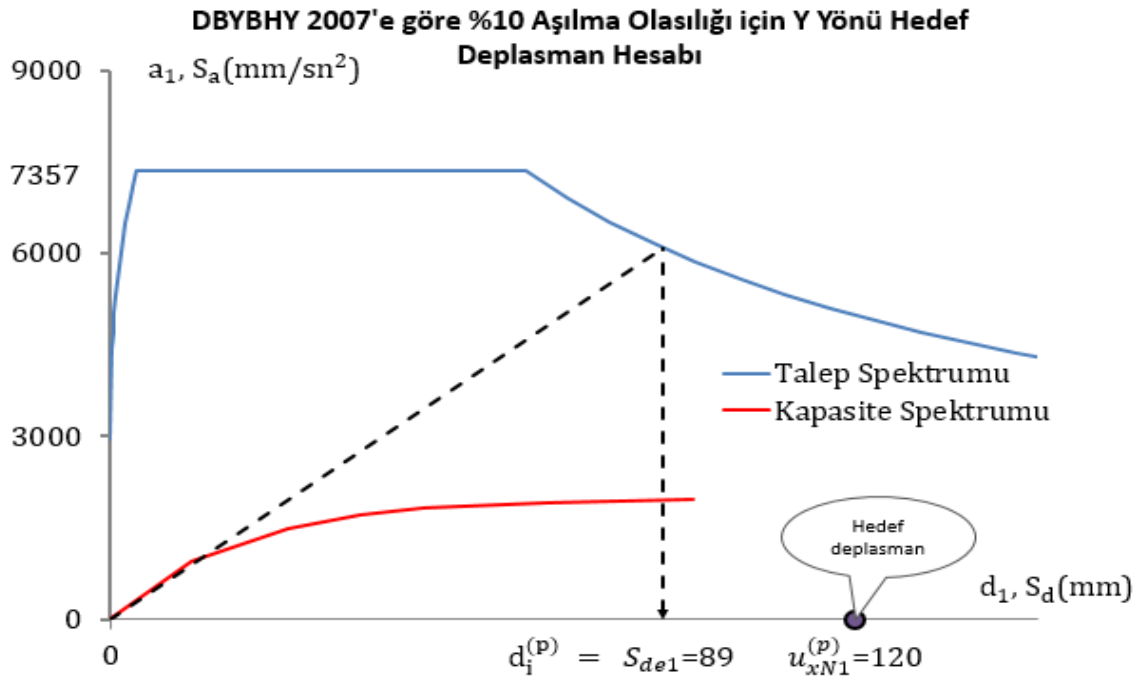
Şekil 4.23. DBYBHY 2007'e göre %2 Aşılma Olasılığı için X Yönü Hedef Deplasman Hesabı



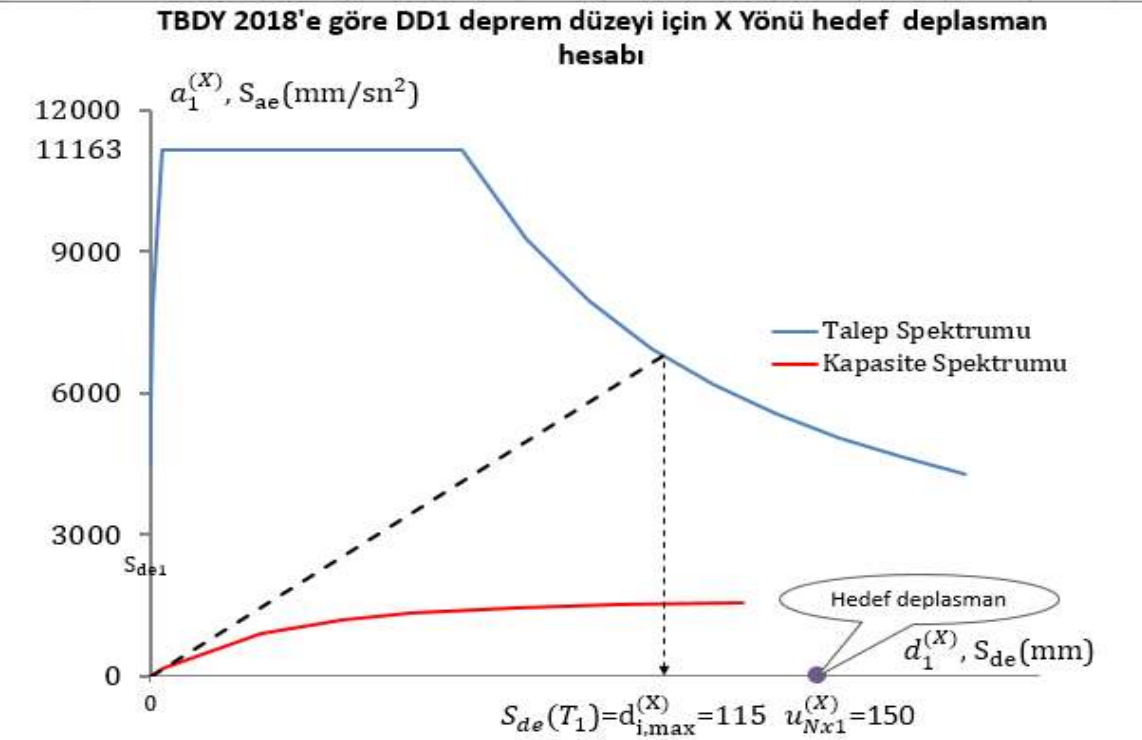
Şekil 4.24. DBYBHY 2007'e göre %2 Aşılma Olasılığı için Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı



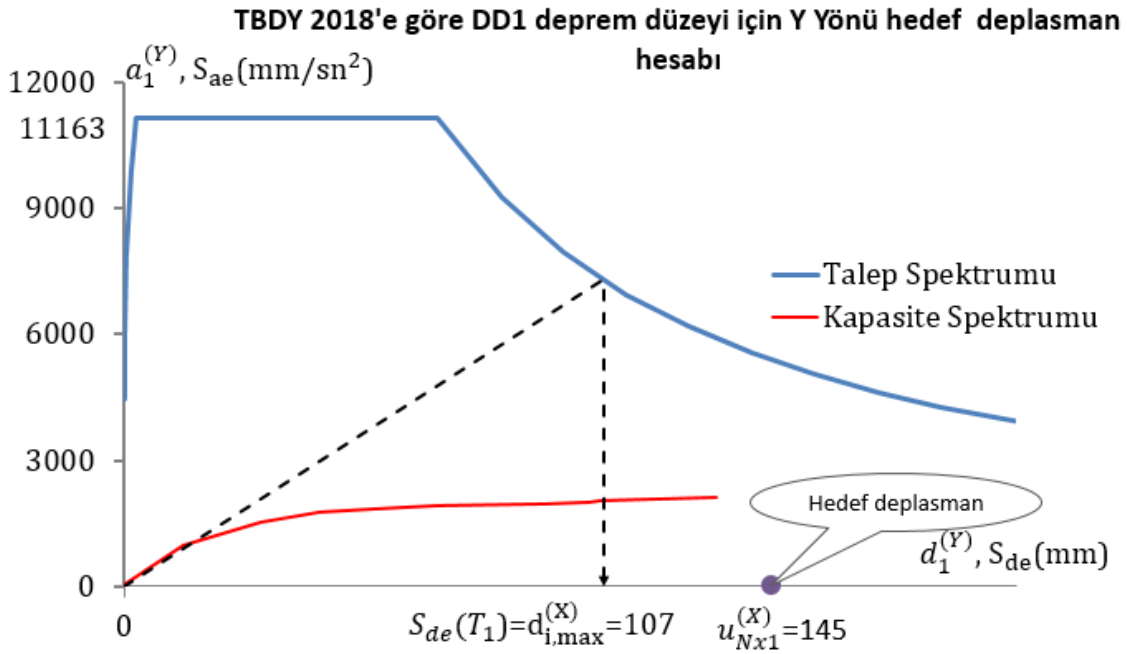
Şekil 4.25. DBYBHY 2007'e göre %10 Aşılma Olasılığı için X Yönü Hedef Deplasman Hesabı



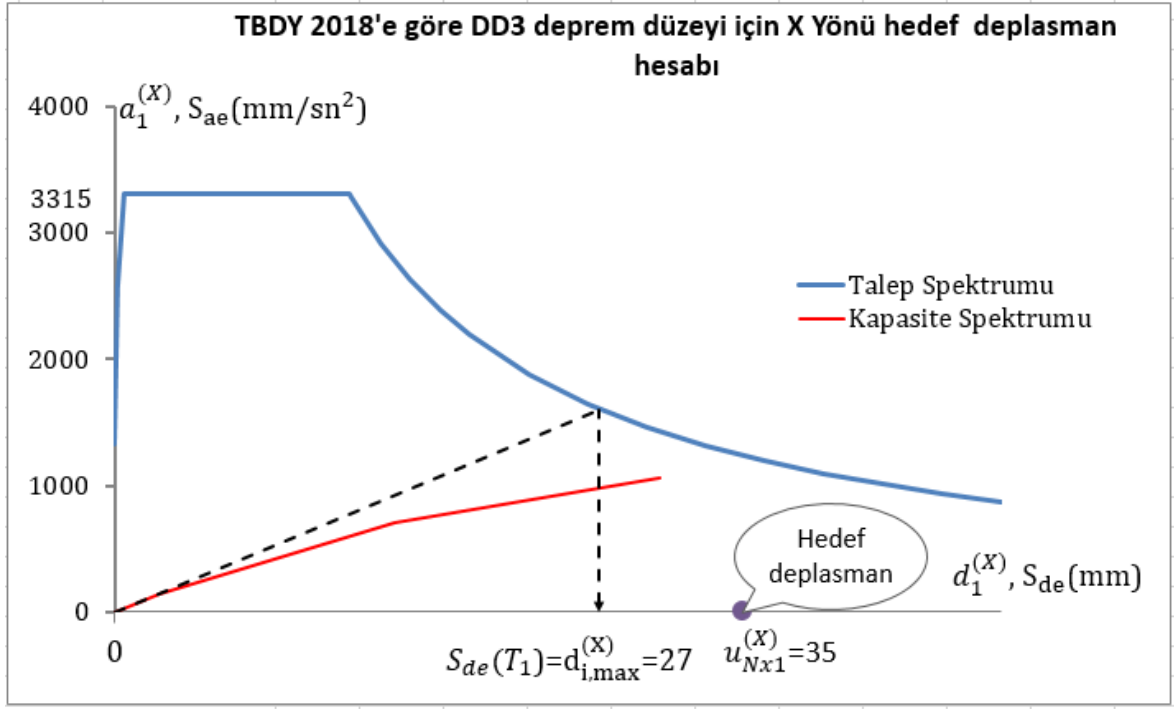
Şekil 4.26. DBYBHY 2007'e göre %10 Aşılma Olasılığı için Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı



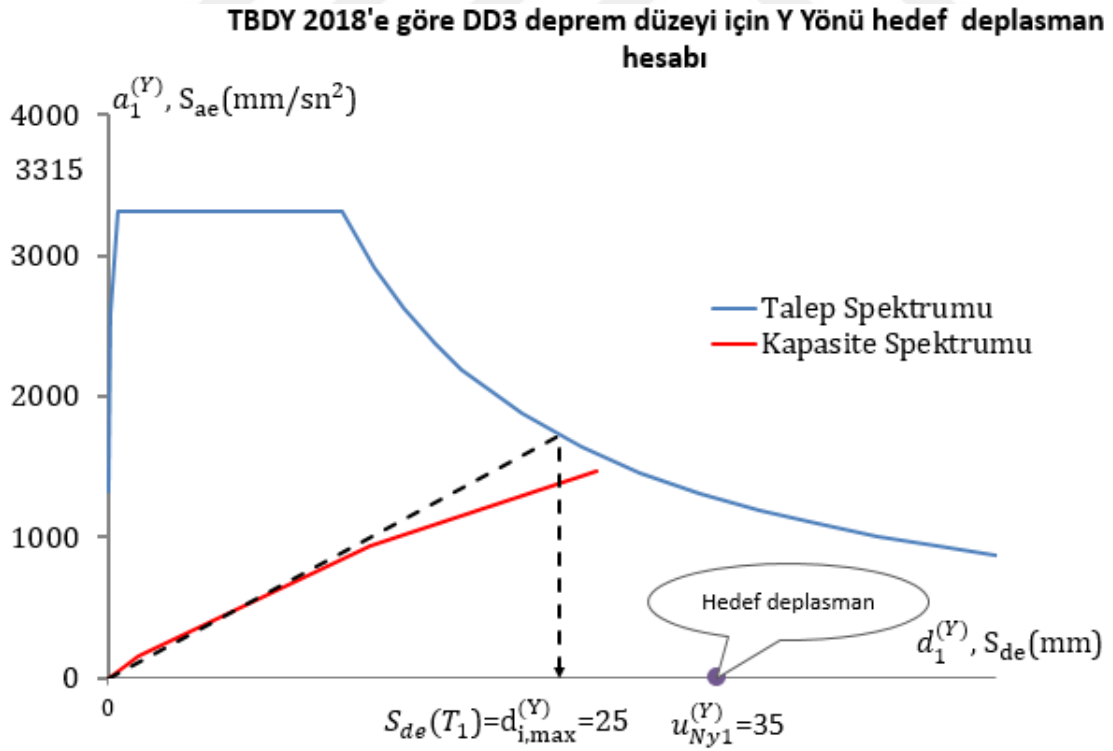
Şekil 4.27. TBDY 2018'e göre DD1 deprem düzeyine göre X Yönü Hedef Deplasman Hesabı



Şekil 4.28. TBDY 2018'e göre DD1 deprem düzeyine göre Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı



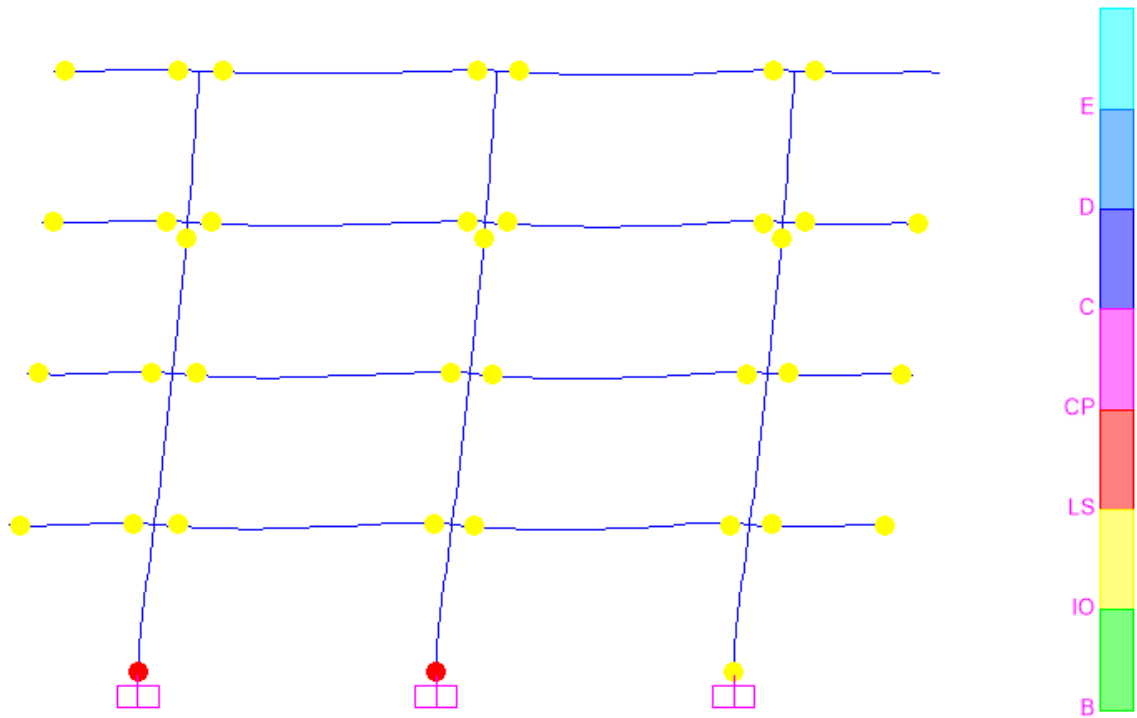
Şekil 4.29. TBDY 2018'e göre DD3 deprem düzeyine göre X Yönü Hedef Deplasman Hesabı



Şekil 4.30. TBDY 2018'e göre DD3 deprem düzeyine göre Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı

4.3.5. Doğrusal Olmayan Analizin Yapılması ve Sonuçların Elde Edilmesi

İncelenen bina, her iki deprem yönetmeliğinin iki deprem düzeyi ve iki doğrultusunun her biri için ayrı ayrı olarak yerdeğiştirme istemine kadar statik itme analizine tabi tutulmuştur. Deprem yönetmeliği, deprem düzeyi ve deprem doğrultusu dikkate alındığında toplamda sekiz farklı statik itme analizi sonucu elde edilmiştir. Yapılan statik itme analizleri ile her bir taşıyıcı elemanda meydana gelen hasarlar belirlenmiştir. Örnek olarak Okul Model_2018_DD1 sap 2000 dosyasının X doğrultusu için C-C aksından elde edilen hasarlar Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



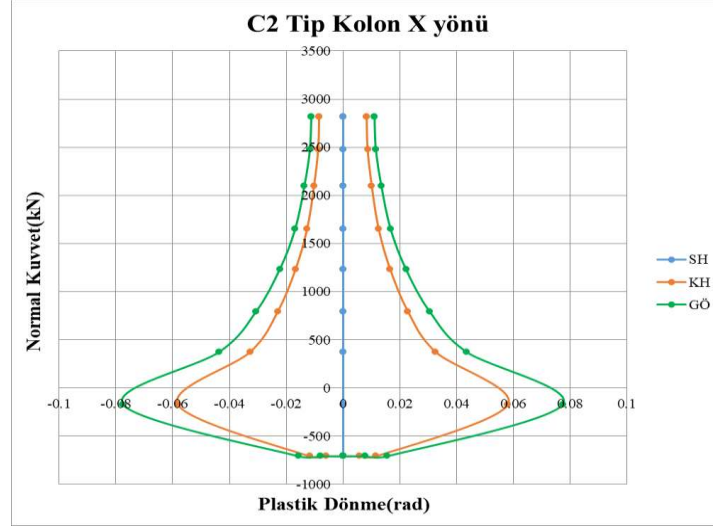
Şekil 4.31. Okul Model_2018_DD1 X yönü C-C aksı eleman hasarları

DBYBHY 2007’ye göre yapılan çözümlerde her bir elemanın SAP2000 programından elde edilen hasarları, bina performans seviyesini belirlemek için doğrudan kullanılmıştır. TBDY 2018’e göre yapılan çözümlerde ise her bir elemanın SAP2000 programından elde edilen hasarları bina performans seviyesini belirlemek için doğrudan kullanılamamıştır. Çünkü TBDY 2018 madde 15.7.1.2’ye göre eğer betonarme elemanların boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmişse, donatı çeliği birim şekildeğiştirme talebi ve plastik dönme talebi 1.5 ile çarpılarak artırılması gerekmektedir.

İncelenen yapıda boyuna donatılar nervürlü donatı çeliği olduğundan SAP 2000 programında yapılan analiz sonucu elde edilen plastik dönmeler %50 artırılarak her bir elemanın hasarı yeniden belirlenmiştir. Bu işlem tüm kolon ve perde kesitlerinde Şekil 4.32’de gösterildiği gibi hazırlanan bir excel dosyasında yapılmıştır.

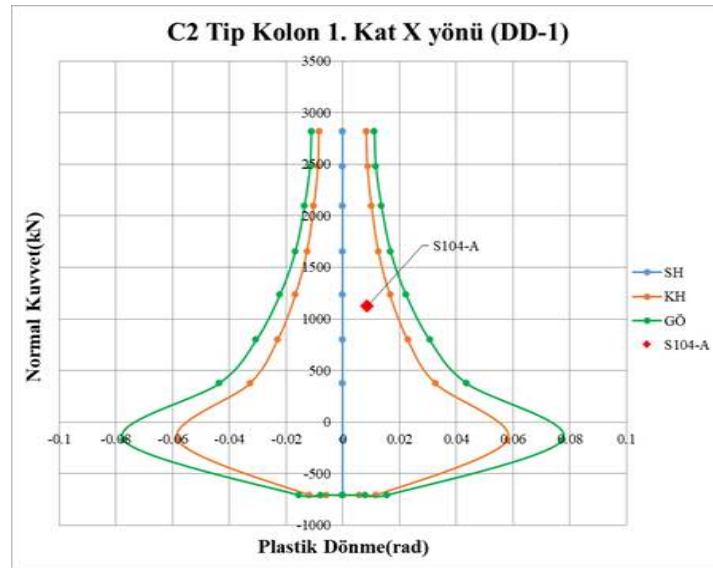
Şekil 4.32. Donatıların dönme değerinin %50 arttırılması için hazırlanan excel dosyası

Düşey elemanların hasarı kesite etkiyen normal kuvvet değerine bağlı olarak değiştiğinden bu excel dosyası ile öncelikle her bir kesitin Normal kuvvet-Plastik dönme kapasitesi grafikleri oluşturulmuştur. Bölüm 4.1’de bahsedildiği üzere kesit ve donatı düzeni bakımından aynı olan elemanlara bir tip kesit ismi verilmişti. Tip kesitlerin Normal kuvvet-Plastik dönme kapasitesi grafikleri de aynı olmaktadır. Her bir düşey eleman kesitinin Normal kuvvet-Plastik dönme kapasitesi grafikleri için Section Designer’de yapılan moment eğrilik analizlerinden faydalanmıştır. Örnek olması için C2 tipi kolonların excel dosyasında hazırlanan Normal kuvvet-Plastik dönme grafiği Şekil 4.33’te verilmiştir. Grafikte; en içteki Y eksenini boyunca devam eden mavi eğri sınırlı hasar (SH) sınırını, ortadaki turuncu eğri Kontrollü Hasar (KH) sınırını ve en dıştaki yeşil eğri Göçme Öncesi (GÖ) hasar sınırını, göstermektedir.



Şekil 4.33. C2 tip kolon kesitinin Normal kuvvet-Plastik dönme grafiği

Yapılan analiz sonucu düşey elemanlarda meydana gelen plastik dönmeler 1.5 ile çarpılmış, her bir kesit için elde edilen bu artırılmış plastik dönme ile normal kuvvet çifti ilgili kesitin normal kuvvet - plastik dönme grafiği üzerinde gösterilmiştir. Eğri üzerindeki hasar sınır eğrilikleri dikkate alınarak ilgili kesitin hasarı belirlenmiştir. Bu işlem kolonların alt ve üst uç kesitleri için perde duvarların ise alt uç kesitleri için yapılmıştır. S104 kolonunun alt ucunun, DD1 deprem düzeyine bağlı olarak X hesap doğrultusu için bahsedilen excel dosyası ile hasarının belirlenmesi Şekil 4.34'te verilmiştir. Diğer hasar alan kolonların normal kuvvet plastik dönme grafikleri EK3'te verilmiştir. Kolonların alt ucu 'A', üst ucu 'Ü' ibaresi ile belirtilmiştir örnek olarak 'S104-A' kolonun alt uç hasarını göstermektedir.



Şekil 4.34. C2 tip kolon kesitine ait kolonların hasar durumunun belirlenmesi

Şekil 4.34 incelendiğinde S104 kolonunun alt ucu SH ile KH arasında kalmaktadır. Bu durumda bu kolonun alt ucu belirgin hasar bölgesinde kalmaktadır. Kolonun üst ucunda plastik dönme meydana gelmediğinden grafik üzerinde gösterilmemiştir. Diğer kolon ve perdelerin grafikleri EK 3’te verilmiştir.

Kiriş kesitlerine normal kuvvet etki etmediği kabul edildiğinden bu kesitler için normal kuvvet-plastik dönme grafiklerini kullanmaya gerek kalmamıştır. Analiz sonucu elde edilen plastik dönmeler %50 artırılmış, elde edilen artırılmış plastik dönmeler ile plastik dönme hasar sınır değerleri kıyaslanarak kiriş kesitlerinin hasarları tespit edilmiştir.

Kiriş, kolon ve perde duvar kesitlerinin hasarları belirlendikten sonra her iki deprem yönetmeliğinin iki deprem düzeyi ve iki doğrultusunun performans seviyesi belirlenmiştir. Bunun için analiz sonucu elde edilen hasarlar ve elemanlarda meydana gelen kesme kuvvetleri yönetmelikte verilen ilgili koşullarla kıyaslanmıştır. Bina performans seviyesinin belirlenmesi için kullanılan veriler Tablo 4.18-Tablo 4.25 arasında verilmiştir.

Tablo 4.18. DBYBHY 2007’ye göre aşıma olasılığı %2 olan depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kolon ve perde verileri

Kat	Hasar Bölgesi	Hasar Bölgesinde Kalan Kolon Sayısı		Kat Kesme Kuvveti (kN)		Madde 7.7.3.b'ye göre Kesme Kuvveti(kN)		Madde 7.7.3.b'ye göre Oran (%)		Madde 7.7.3.c'ye göre Kesme Kuvveti(kN)		Madde 7.7.3.c'ye göre Oran (%)	
		Doğrultu											
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	MHB ^a	0	0	3112.965	3656.876	951.258	0	30.56	0	256.389	0	8.24	0
	BHB ^b	18	24										
	İHB ^c	6	0										
	GB ^d	0	0										
2	MHB ^a	23	24	2836.847	3415.24	0	0	0	0	0	0	0	0
	BHB ^b	1	0										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
3	MHB ^a	22	24	2142.878	2697.225	0	0	0	0	0	0	0	0
	BHB ^b	2	0										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
4	MHB ^a	18	21	1119.13	1530.397	0	0	0	0	0	0	0	0
	BHB ^b	6	3										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										

^aMinimum hasar bölgesi; ^bBelirgin hasar bölgesi; ^cİleri hasar bölgesi; ^dGöçme bölgesi

Tablo 4.19. DBYBHY 2007'ye göre aşıma olasılığı %10 olan depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kolon ve perde verileri

Kat	Hasar Bölgesi	Hasar Bölgesinde Kalan Kolon Sayısı		Kat Kesme Kuvveti (kN)		Madde 7.7.3.b'ye göre Kesme Kuvveti (kN)		Madde 7.7.3.b'ye göre Oran (%)		Madde 7.7.3.c'ye göre Kesme Kuvveti (kN)		Madde 7.7.3.c'ye göre Oran (%)	
		Doğrultu											
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	MHB ^a	5	11	2864.52	3318.115	0	0	0	0	0	0	0	0
	BHB ^b	19	13										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
2	MHB ^a	24	24	2610.437	3098.874	0	0	0	0	0	0	0	0
	BHB ^b	0	0										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
3	MHB ^a	24	24	1971.858	2447.361	0	0	0	0	0	0	0	0
	BHB ^b	0	0										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
4	MHB ^a	23	24	1025.675	1469.583	0	0	0	0	0	0	0	0
	BHB ^b	1	0										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										

^aMinimum hasar bölgesi; ^bBelirgin hasar bölgesi; ^cİleri hasar bölgesi; ^dGöçme bölgesi

Tablo 4.20. DBYBHY 2007’ye göre aşıma olasılığı %2 olan depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kiriş verileri

Kat	Hasar Bölgesi	Hasar Bölgesinde Kalan Kiriş Sayısı		Toplam Kiriş Sayısı		Hasar Bölgesinde Kalan Kiriş yüzdesi	
		Doğrultu		Doğrultu			
		X	Y	X	Y	X	Y
1	MHB ^a	0	0	22	17	0	0
	BHB ^b	22	17			100	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
2	MHB ^a	0	0	22	17	0	0
	BHB ^b	22	15			100	88.24
	İHB ^c	0	2			0	11.76
	GB ^d	0	0			0	0
3	MHB ^a	0	0	22	17	0	0
	BHB ^b	22	15			100	88.24
	İHB ^c	0	2			0	11.76
	GB ^d	0	0			0	0
4	MHB ^a	17	1	22	17	77	6
	BHB ^b	5	16			23	94
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0

^aMinimum hasar bölgesi; ^bBelirgin hasar bölgesi; ^cİleri hasar bölgesi; ^dGöçme bölgesi

Tablo 4.21. DBYBHY 2007’ye göre aşıma olasılığı %10 olan depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kiriş verileri

Kat	Hasar Bölgesi	Hasar Bölgesinde Kalan Kiriş Sayısı		Toplam Kiriş Sayısı		Hasar Bölgesinde Kalan Kiriş yüzdesi	
		Doğrultu		Doğrultu			
		X	Y	X	Y	X	Y
1	MHB ^a	0	0	22	17	0	0
	BHB ^b	22	17			100	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
2	MHB ^a	0	0	22	17	0	0
	BHB ^b	22	17			100	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
3	MHB ^a	2	0	22	17	9.09	0
	BHB ^b	20	17			90.91	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
4	MHB ^a	22	5	22	17	100	29.41
	BHB ^b	0	12			0	70.59
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0

^aMinimum hasar bölgesi; ^bBelirgin hasar bölgesi; ^cİleri hasar bölgesi; ^dGöçme bölgesi

Tablo 4.22. TBDY 2018’de DD-1 deprem düzeyi için yapılan analiz sonucu kolonların ve perdelerin verileri

Kat	Hasar Bölgesi	Hasar Bölgesinde Kalan Kolon Sayısı		Kat Kesme Kuvveti (kN)		Madde 15.8.4.b'ye göre Kesme Kuvveti (kN)		Madde 15.8.4.b'ye göre Oran (%)		Madde 15.8.4.c'ye göre Kesme Kuvveti (kN)		Madde 15.8.4. c'ye göre Oran (%)	
		Doğrultu											
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	SHB ^a	0	0	2794.421	3463.906	661.37	965.565	23.67	27.88	0	20.766	0	0.59
	KHB ^b	20	19										
	İHB ^c	4	5										
	GB ^d	0	0										
2	SHB ^a	22	20	2552.151	3233.091	0	0	0	0	76.541	119.588	2.99	3.70
	KHB ^b	2	4										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
3	SHB ^a	12	22	1934.669	2556.089	0	0	0	0	0	109.748	0	4.29
	KHB ^b	12	2										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
4	SHB ^a	9	10	1044.052	1435.389	0	0	0	0	51.651	97.31	4.95	6.78
	KHB ^b	15	14										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										

^aSınırlı hasar bölgesi; ^bKontrollü hasar bölgesi; ^cİleri hasar bölgesi; ^dGöçme bölgesi

Tablo 4.23. TBDY 2018’de DD-3 deprem düzeyi için yapılan analiz sonucunda kolonların ve perdelerin hasar durumları

Kat	Hasar Bölgesi	Hasar Bölgesinde Kalan Kolon Sayısı		Kat Kesme Kuvveti (kN)		Madde 15.8.4.b'ye göre Kesme Kuvveti (kN)		Madde 15.8.4.b'ye göre Oran (%)		Madde 15.8.4.c'ye göre Kesme Kuvveti (kN)		Madde 15.8.4.c'ye göre Oran (%)	
		Doğrultu											
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	SHB ^a	17	15	1821.782	2386.81	0	0	0	0	0	0	0	0
	KHB ^b	7	9										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
2	SHB ^a	23	22	1673.121	2227.767	0	0	0	0	0	0	0	0
	KHB ^b	1	2										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
3	SHB ^a	22	24	1270.481	1761.278	0	0	0	0	0	0	0	0
	KHB ^b	2	0										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										
4	SHB ^a	18	19	891.344	1092.436	0	0	0	0	53.96	0	6.05	0
	KHB ^b	6	5										
	İHB ^c	0	0										
	GB ^d	0	0										

^aSınırlı hasar bölgesi; ^bKontrollü hasar bölgesi; ^cİleri hasar bölgesi; ^dGöçme bölgesi

Tablo 4.24. TBDY 2018’e göre DD-1 deprem düzeyi depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kiriş verileri

Kat	Hasar Bölgesi	Hasar Bölgesinde Kalan Kiriş Sayısı		Toplam Kiriş Sayısı		Hasar Bölgesinde Kalan Kiriş yüzdesi	
		Doğrultu		Doğrultu			
		X	Y	X	Y	X	Y
1	SHB ^a	0	0	22	17	0	0
	KHB ^b	22	17			100	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
2	SHB ^a	0	0	22	17	0	0
	KHB ^b	22	17			100	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
3	SHB ^a	0	0	22	17	0	0
	KHB ^b	22	17			100	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
4	SHB ^a	4	0	22	17	18.18	0
	KHB ^b	18	17			81.82	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0

^aSınırlı hasar bölgesi; ^bKontrollü hasar bölgesi; ^cİleri hasar bölgesi; ^dGöçme bölgesi

Tablo 4.25. TBDY 2018’e göre DD-3 deprem düzeyi depremler için yapılan analiz sonucu elde edilen kiriş verileri

Kat	Hasar Bölgesi	Hasar Bölgesinde Kalan Kiriş Sayısı		Toplam Kiriş Sayısı		Hasar Bölgesinde Kalan Kiriş yüzdesi	
		Doğrultu		Doğrultu			
		X	Y	X	Y	X	Y
1	SHB ^a	0	1	22	17	0	6
	KHB ^b	22	16			100	94
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
2	SHB ^a	0	0	22	17	0	0
	KHB ^b	22	17			100	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
3	SHB ^a	1	0	22	17	4.76	0
	KHB ^b	21	17			95.24	100
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0
4	SHB ^a	10	4	22	17	45.45	23.53
	KHB ^b	12	13			55.55	76.47
	İHB ^c	0	0			0	0
	GB ^d	0	0			0	0

^aSınırlı hasar bölgesi; ^bKontrollü hasar bölgesi; ^cİleri hasar bölgesi; ^dGöçme bölgesi

DBYBHY 2007'ye ait Tablo 4.18, Tablo 4.19, Tablo 4.20, Tablo 4.21'den faydalanılarak 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için mevcut okul binasının deprem performansı Tablo 4.26'de, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için mevcut okul binasının deprem performansı Tablo 4.27'de gösterilmiştir. TBDY 2018'e ait Tablo 4.22, Tablo 4.23, Tablo 4.24, Tablo 4.25'den faydalanılarak DD-1 deprem düzeyi için mevcut okul binasının performans düzeyi Tablo 4.28'de, DD-3 deprem düzeyi için mevcut okul binasının performans düzeyi Tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4.26. DBYBHY 2007'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için mevcut okul binasının deprem performansı

DBYBHY 2007-50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 Depreme Göre Bina Deprem Performansı								
Yalnızca kirişlerin dikkate alınması ile performans değerlendirmesi					Bina performans seviyesi			
Kat	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu	X	Y		
1	CG	CG	CG	CG	GÖ	CG		
2	CG	CG						
3	CG	CG						
4	CG	CG						
Yalnızca düşey taşıyıcı elemanların dikkate alınması ile performans değerlendirmesi								
Kat	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu				
1	GÖ	CG	GÖ	CG				
2	CG	HK						
3	CG	HK						
4	CG	CG						

Tablo 4.27. DBYBHY 2007'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için mevcut okul binasının deprem performansı

DBYBHY 2007-50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 Depreme Göre Bina Deprem Performansı								
Yalnızca kirişlerin dikkate alınması ile performans değerlendirmesi					Bina performans seviyesi			
Kat	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu		
1	CG	CG	CG	CG	CG	CG		
2	CG	CG						
3	CG	CG						
4	HK	CG						
Yalnızca düşey taşıyıcı elemanların dikkate alınması ile performans değerlendirmesi							CG	CG
Kat	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu				
1	CG	CG	CG	CG				
2	HK	HK						
3	CG	HK						
4	HK	HK						

Tablo 4.28. TBDY 2018’de DD-1 deprem düzeyi için mevcut okul binasının performans düzeyi

TBDY 2018 DD-1 Deprem Düzeyine Göre Bina Deprem Performansı								
Yalnızca kirişlerin dikkate alınması ile performans değerlendirmesi					Bina performans seviyesi			
Kat	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu		
1	KH	KH	KH	KH	GÖ	GÖ		
2	KH	KH						
3	KH	KH						
4	KH	KH						
Yalnızca düşey taşıyıcı elemanların dikkate alınması ile performans değerlendirmesi							GÖ	GÖ
Kat	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu				
1	GÖ	GÖ	GÖ	GÖ				
2	KH	KH						
3	KH	KH						
4	KH	KH						

Tablo 4.29. TBDY 2018’de DD-3 deprem düzeyi için mevcut okul binasının performans düzeyi

TBDY 2018 DD-3 Deprem Düzeyine Göre Bina Deprem Performansı								
Yalnızca kirişlerin dikkate alınması ile performans değerlendirmesi					Bina performans seviyesi			
Kat	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu		
1	KH	KH	KH	KH	KH	KH		
2	KH	KH						
3	KH	KH						
4	KH	KH						
Yalnızca düşey taşıyıcı elemanların dikkate alınması ile performans değerlendirmesi							KH	KH
Kat	X doğrultusu	Y doğrultusu	X doğrultusu	Y doğrultusu				
1	KH	KH	KH	KH				
2	KH	KH						
3	KH	SH						
4	KH	KH						

5. SONUÇ

Bu çalışmada, boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmiş mevcut okul türü bir binanın DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 deprem yönetmeliklerinin her ikisine göre de deprem performansı belirlenmiş iki yönetmeliğe göre elde edilen bu sonuçlar kıyaslanmıştır. Yapılan performans değerlendirmelerinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Binanın DBYBHY 2007'ye göre performans değerlendirmesinde;
 - a) DBYBHY 2007'ye göre mevcut okul türü bir binanın 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için hedef performans seviyesi Can Güvenliği (CG)'dir. Tablo 4.26'da görüldüğü üzere 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için binanın X Doğrultusu performans seviyesi Göçme Öncesi (GÖ), Y Doğrultusu performans seviyesi Can Güvenliği (CG) olarak elde edilmiştir. Dolayısı ile Y doğrultusu hedef performans seviyesini sağlıyor iken X doğrultusu hedef performans seviyesini sağlayamamaktadır. Binanın X doğrultusu 1. Kattaki kolon hasarlarından dolayı performans seviyesini sağlayamamaktadır.
 - b) DBYBHY 2007 e göre mevcut okul türü bir binanın 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için hedef performans seviyesi Hemen Kullanım (HK)'dır. Tablo 4.27'de görüldüğü üzere 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için binanın X ve Y doğrultularının performans seviyesi Can Güvenliği (CG) olarak elde edilmiştir. Dolayısı ile X ve Y doğrultularının her ikisinde hedef performans seviyesini sağlayamamaktadır.
2. Binanın TBDY 2018'e göre performans değerlendirmesinde;
 - a) TBDY 2018'e göre mevcut okul türü bir binanın 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler (DD-1) için hedef performans seviyesi Kontrollü Hasar (KH)'dır. Tablo 4.28'de görüldüğü üzere 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için binanın X ve Y doğrultularının performans seviyesi Göçmenin Önlenmesi (GÖ) olarak elde edilmiştir. Dolayısı ile X ve Y doğrultularının her ikisinde hedef performans seviyesini sağlayamamaktadır. Binanın X ve Y doğrultularının ikisinde 1. kattaki kolon hasarlarından dolayı performans seviyesini sağlayamamaktadır.
 - b) TBDY 2018'e göre mevcut okul türü bir binanın 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremler (DD-3) için hedef performans seviyesi Sınırlı Hasar (SH)'dır. Tablo 4.29'da görüldüğü üzere 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremler için binanın X ve Y Doğrultularının performans seviyesi Kontrollü Hasar (KH) olarak elde

- edilmiştir. Dolayısı ile X ve Y doğrultularının her ikisinde hedef performans seviyesini sağlayamamaktadır.
3. İki yönetmeliğin performans sonuçları kıyaslandığında yönetmelikler arasındaki uyumsuzluğun 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için olduğu görülmektedir. 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için binanın Y doğrultusu DBYBHY 2007'e göre hedef performans seviyesini sağlıyor iken, TBDY 2018'e göre hedef performans seviyesini sağlayamamaktadır.
 4. Her iki aşılma olasılığı ve iki doğrultunun en elverişsiz olanı dikkate alındığında bina her iki yönetmeliğe göre de hedef performans seviyesini sağlamamıştır.
 5. DBYBHY 2007'e göre yapılan çözümlerde 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için X doğrultusunun hedef yerdeğiştirme istemi 190 mm, Y doğrultusunun hedef yerdeğiştirme istemi 181 mm olarak elde edilmiştir. TBDY 2018'e göre yapılan çözümlerde ise aynı deprem düzeyi için X doğrultusunun hedef yerdeğiştirme istemi 127 mm, Y doğrultusunun hedef yerdeğiştirme istemi 120 mm olarak elde edilmiştir. Buradan anlaşılabileceği üzere binanın 2018 deprem yönetmeliğine göre elde edilen hedef yerdeğiştirme istemleri, 2007 deprem yönetmeliğine göre elde edilen değerden yaklaşık %32 daha küçük çıkmıştır.
 6. Bu çalışmada; donatı sınıfı S220, beton sınıfı C14 ve yeterli enine donatıya sahip olmayan mevcut okul türü bir yapının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 deprem yönetmeliklerine göre deprem performans sonuçları kıyaslanmıştır. İlerleyen çalışmalarda, boyuna donatıları nervürlü donatı çeliği ile düzenlenmiş, beton sınıfı daha yüksek, yeterli enine donatıya sahip olan ve kullanım amacı okul dışı olan binalar türleri için de benzer çalışmaların yapılması iki yönetmeliğin deprem performansını değerlendirmesi açısından kıyaslanması için faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2020. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi. Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/yillik-deprem-haritalari/2019-yili-deprem-harita-grafik-ve-tabloları/> (Erişim Tarihi: 17.05.2020)
- Coza, H., 2003. Betonarme Yapılarda Gözlenen Deprem Hasarları ve Nedenleri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Dalyan, İ., Şahin, B., 2019. Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükleri. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 135-146.
- DBYBHY, 2007. *Resmî Gazete*, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3-1.pdf> (Erişim Tarihi: 16.04.2020)
- Diğer, F., Mert, N., 2014. Betonarme Okul Binasının TDY 2007'ye Göre Nonlineer Statik Analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1-8.
- Eldemir, O., 2019. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerinin Mevcut Yapıların Sismik Davranış Özellikleri Açısından Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye.
- Erdoğan, E., 2007. Ankara'daki Mevcut Yapıların Depremselliği. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.
- Hava, Ş., 2019. Betonarme Bir Binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile TDY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Kasap, H., Çam, M. F., Mert, N., Sümer, Y., 2019. Betonarme Yapıların Taşıyıcı Sistemlerindeki Değişikliklerin Yapının Sünekliğine ve Deprem Davranışına Etkisinin İncelenmesi. *Academic platform journal of engineering and science*, 272-283.
- Özmen, H. B., İnel, M., Bilgin, H., 2007. Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul 207-216.

- Severcan, M. H., & Sinani, B., 2019. Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Performansının Analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 936-946.
- Sucuoğlu, H., 2019. 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde Başlıca Yenilikler. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 64-74.
- TBDY, 2018. *Resmî Gazete*, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1.pdf> (Erişim Tarihi: 09.04.2020)
- Tekdemir, H., 2020. Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye.
- Ulutaş, H., 2019. DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) Deprem Yönetmeliklerinin Kesit Hasar Sınırları Açısından Kıyaslanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 351-358.
- Zolmaz, Y., 2019. Mevcut Betonarme Bir Binanın Perdelerle Güçlendirilmesi ve Yapısal Performansının TBDY-2018'e Göre Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

EKLER

EK 1 Kirişlerin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre yapılan moment eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.

EK 2 Düşey taşıyıcı elemanların DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre yapılan moment eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler.

EK 3 TBDY 2018'e göre düşey taşıyıcı elemanların S220 donatı çeliği için plastik dönme değerlerinin %50 arttırılmış değerlerinin plastik dönme değerlerinin hasar sınırlarına göre çizilen grafikte hasar durumunun saptanması.



EK 1 - Tablo 4.1. Kirişlerin DBYBHY 2007’ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kiriş Tipi	Akma Yüzeyi	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	$\phi_{GÇ}$ (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
B1,B3,B4	0 ⁰	0.0031	81.60	0.3049	87.26	0.3	0.0211	0.0769	0.1179	0.00540	0.02214	0.03444
	180 ⁰	0.0033	111.53	0.3165	118.65	0.3	0.0203	0.0799	0.1185	-0.00511	-0.02299	-0.03457
B2,B8	0 ⁰	0.0032	81.69	0.3075	87.28	0.3	0.0197	0.0776	0.1151	0.00496	0.02233	0.03358
	180 ⁰	0.0031	72.68	0.3041	77.39	0.3	0.0211	0.0767	0.1176	-0.00540	-0.02208	-0.03435
B5	0 ⁰	0.0031	81.84	0.3050	87.34	0.3	0.0211	0.077	0.1179	0.00540	0.02217	0.03444
	180 ⁰	0.0036	136.44	0.3337	144.81	0.3	0.0214	0.0809	0.1209	-0.00534	-0.02319	-0.03519
B6,B15	0 ⁰	0.0032	108.24	0.3051	116.25	0.3	0.0063	0.0063	0.00093	0.00093	0.00093	0.0063
	180 ⁰	0.0037	163.28	0.3384	172.85	0.3	0.0788	0.1226	0.00539	-0.02252	-0.03566	-0.0788
B7,B9,B19,B22	0 ⁰	0.0031	81.78	0.3045	87.35	0.3	0.0211	0.0768	0.1177	0.00539	0.02210	0.03437
	180 ⁰	0.0032	92.91	0.3079	99.50	0.3	0.0198	0.0777	0.1153	-0.00499	-0.02236	-0.03364
B10	0 ⁰	0.0031	81.78	0.3045	87.35	0.3	0.0211	0.0768	0.1177	0.00539	0.02210	0.03437
	180 ⁰	0.0032	92.91	0.3079	99.50	0.3	0.0198	0.0777	0.1153	-0.00499	-0.02236	-0.03364
B11,B12,B13,B20	0 ⁰	0.0031	81.67	0.3048	87.16	0.3	0.0211	0.0769	0.1178	0.00539	0.02213	0.03440
	180 ⁰	0.0031	84.77	0.3042	90.81	0.3	0.0211	0.0768	0.1176	-0.00539	-0.02210	-0.03434
B14	0 ⁰	0.0032	81.57	0.3163	86.427	0.3	0.0203	0.0767	0.1184	0.00512	0.02204	0.03455
	180 ⁰	0.0030	46.18	0.3039	0.5031	0.3	0.0195	0.0767	0.1138	-0.00496	-0.02212	-0.03325
B16	0 ⁰	0.00319	108.24	0.3051	116.25	0.3	0.0211	0.0770	0.1180	0.00537	0.02214	0.03444
	180 ⁰	0.00373	163.28	0.3384	172.85	0.3	0.0217	0.0788	0.1226	-0.00539	-0.02252	-0.03566
B17,B18	0 ⁰	0.0033	107.85	0.3175	114.69	0.3	0.0204	0.0801	0.1189	0.00514	0.02305	0.03469
	180 ⁰	0.0031	72.60	0.3041	77.39	0.3	0.0195	0.0767	0.1176	-0.00492	-0.02208	-0.03435
B21	0 ⁰	0.0031	81.74	0.3048	87.18	0.3	0.0211	0.0769	0.1178	0.00539	0.02213	0.03440
	180 ⁰	0.0032	84.94	0.3042	90.83	0.3	0.0211	0.0768	0.1176	-0.00537	-0.02208	-0.03432

EK 1 - Tablo 4.2. Kirişlerin TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kiriş Tipi	Akma Yüzeyi	ϕ_y (m^{-1})	M_y (kNm)	ϕ_u (m^{-1})	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
B1	0 ⁰	0.0030	79.56	0.2284	84.05	1.575	0	0.03778	0.05037
	180 ⁰	0.0033	108.83	0.2324	114.39	1.575	0	-0.18797	-0.25062
B2	0 ⁰	0.0031	79.72	0.2281	84.04	3.2425	0	0.03937	0.05250
	180 ⁰	0.0030	70.96	0.2278	74.57	3.2425	0	-0.18593	-0.24790
B3	0 ⁰	0.0030	79.56	0.2284	84.05	3.25	0	0.03944	0.05259
	180 ⁰	0.0033	108.83	0.2324	114.39	3.25	0	-0.18965	-0.25287
B4	0 ⁰	0.0030	79.56	0.2284	84.05	1.575	0	0.03778	0.05037
	180 ⁰	0.0033	108.83	0.2324	114.39	1.575	0	-0.18797	-0.25062
B5	0 ⁰	0.0030	79.65	0.2285	84.12	3.2425	0	0.03945	0.05261
	180 ⁰	0.0035	133.58	0.2437	140.32	3.2425	0	-0.19886	-0.26515
B6	0 ⁰	0.0031	104.49	0.2300	0.86	3.25	0	0.03970	0.05294
	180 ⁰	0.0036	159.50	0.2442	167.40	3.25	0	-0.19926	-0.26568
B7	0 ⁰	0.0031	79.86	0.2281	84.11	1.575	0	0.03772	0.05030
	180 ⁰	0.0032	90.77	0.228	95.81	1.575	0	-0.18441	-0.24589
B8	0 ⁰	0.0031	79.72	0.2281	84.04	2.595	0	0.03898	0.05198
	180 ⁰	0.0030	70.96	0.2278	74.57	2.595	0	-0.18554	-0.24738
B9	0 ⁰	0.0031	79.86	0.2281	84.11	2.60	0	0.03899	0.05199
	180 ⁰	0.0032	90.77	0.228	95.81	2.60	0	-0.18568	-0.24757
B10	0 ⁰	0.0030	79.65	0.2282	84.15	2.865	0	0.03920	0.05226
	180 ⁰	0.0033	110.62	0.2325	116.25	2.865	0	-0.18952	-0.25269
B11	0 ⁰	0.0031	79.82	0.2301	84.02	2.595	0	0.03933	0.05244
	180 ⁰	0.0031	82.89	0.2279	87.38	2.595	0	-0.18560	-0.24747
B12	0 ⁰	0.0031	79.82	0.2301	84.02	2.60	0	0.03934	0.05245
	180 ⁰	0.0031	82.89	0.2279	87.38	2.60	0	-0.18561	-0.24748
B13	0 ⁰	0.0031	79.82	0.2301	84.02	2.865	0	0.03952	0.05269
	180 ⁰	0.0031	82.89	0.2279	87.38	2.865	0	-0.18579	-0.24772

EK 1 - Tablo 4.3. Kirişlerin TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler (devamı)

Kiriş Tipi	Akma Yüzeyi	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
B14	0 ⁰	0.0031	79.52	0.2323	83.33	3.0225	0	0.03999	0.05331
	180 ⁰	0.0028	45.78	0.2276	47.75	3.0225	0	-0.18567	-0.24757
B15	0 ⁰	0.0031	104.49	0.2300	0.86	3.0225	0	0.03959	0.05278
	180 ⁰	0.0036	159.50	0.2442	167.40	3.0225	0	-0.19914	-0.26552
B16	0 ⁰	0.0032	105.42	0.2286	111.80	3.02	0	0.03933	0.05244
	180 ⁰	0.0034	134.52	0.2368	142.09	3.02	0	-0.19311	-0.25747
B17	0 ⁰	0.0033	105.61	0.2371	110.89	2.60	0	0.04052	0.05403
	180 ⁰	0.0029	70.87	0.2279	74.66	2.60	0	-0.18563	-0.24751
B18	0 ⁰	0.0033	105.61	0.2371	110.89	2.20	0	0.04015	0.05353
	180 ⁰	0.0029	70.87	0.2279	74.66	2.20	0	-0.18528	-0.24703
B19	0 ⁰	0.0031	79.86	0.2281	84.11	2.60	0	0.03899	0.05199
	180 ⁰	0.0032	90.77	0.228	95.81	2.60	0	-0.18568	-0.24757
B20	0 ⁰	0.0031	79.82	0.2301	84.02	2.20	0	0.03898	0.05197
	180 ⁰	0.0031	82.89	0.2279	87.38	2.20	0	-0.18525	-0.24700
B21	0 ⁰	0.0031	79.74	0.2301	84.03	3.02	0	0.03960	0.05280
	180 ⁰	0.0032	82.81	0.228	87.36	3.02	0	-0.18595	-0.24793
B22	0 ⁰	0.0031	79.86	0.2281	84.11	2.20	0	0.03864	0.05152
	180 ⁰	0.0032	90.77	0.2280	95.81	2.20	0	-0.18533	-0.24710

EK 2 - Tablo 4.4. C1 tipi perdelerin DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
25/285	-7655	0 ⁰	0.0147	280.38	0.0147	280.38	0.125	0.0194	0.0681	0.0828	-0.00059	-0.00668	-0.00851
		90 ⁰	0.0012	3245.28	0.0012	3245.28	1.425	0.0015	0.0053	0.0063	-0.00047	-0.00584	-0.00730
	-7621	0 ⁰	0.0147	282.45	0.0147	282.45	0.125	0.0194	0.0681	0.0828	-0.00059	-0.00668	-0.00851
		90 ⁰	0.0012	3267.10	0.0012	3267.10	1.425	0.0015	0.0053	0.0063	-0.00046	-0.00583	-0.00729
	-6651	0 ⁰	0.0169	333.34	0.1804	14.20	0.125	0.0212	0.0697	0.0888	-0.00054	-0.00660	-0.00899
		90 ⁰	0.0013	3793.73	0.0129	127.84	1.425	0.0016	0.0055	0.0069	-0.00041	-0.00593	-0.00795
	-5620	0 ⁰	0.0198	373.58	0.1891	80.83	0.125	0.0249	0.0779	0.1011	-0.00064	-0.00726	-0.01016
		90 ⁰	0.0014	4087.57	0.0148	1219.96	1.425	0.0019	0.0063	0.0081	-0.00077	-0.00695	-0.00958
	-4496	0 ⁰	0.0194	388.25	0.2277	176.09	0.125	0.0317	0.0967	0.1251	-0.00154	-0.00966	-0.01321
		90 ⁰	0.0012	3864.72	0.0179	2200.36	1.425	0.0024	0.0076	0.0098	-0.00169	-0.00916	-0.01234
	-3564	0 ⁰	0.0159	357.32	0.2844	220.76	0.125	0.0395	0.1208	0.1563	-0.00295	-0.01311	-0.01755
		90 ⁰	0.0010	3440.83	0.0216	2658.24	1.425	0.0028	0.0092	0.0116	-0.00259	-0.01161	-0.01507
	-2604	0 ⁰	0.0131	307.41	0.3745	234.18	0.125	0.0549	0.1590	0.2058	-0.00523	-0.01824	-0.02409
		90 ⁰	0.0010	3236.21	0.0270	2816.36	1.425	0.0036	0.0115	0.0148	-0.00364	-0.01496	-0.01966
	-1700	0 ⁰	0.0109	246.84	0.5540	223.57	0.125	0.0690	0.2352	0.3044	-0.00726	-0.02804	-0.03669
		90 ⁰	0.0010	2877.82	0.0361	2679.06	1.425	0.0048	0.0153	0.0193	-0.00539	-0.02041	-0.02611
	-12.15	0 ⁰	0.0085	122.90	0.9123	10.34	0.125	0.0585	0.2302	0.3527	-0.00625	-0.02771	-0.04302
		90 ⁰	0.0010	1620.42	0.0661	1683.83	1.425	0.0042	0.0167	0.0247	-0.00466	-0.02241	-0.03381

EK 2 - Tablo 4.5. C1 tipi perdelerin TBDY 2018'e göre 1. kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
25/285	-7655	0°	0.0156	296.14	0.1211	56.02	6.6	0	0.01035	0.01379
		90°	0.0012	3428.14	0.0088	699.03	6.6	0	0.00508	0.00678
	-7621	0°	0.0156	297.27	0.0156	297.27	6.6	0	0.00049	0.00066
		90°	0.0012	3448.80	0.0088	649.01	6.6	0	0.00511	0.00681
	-6651	0°	0.0179	346.85	0.1304	43.15	6.6	0	0.01107	0.01476
		90°	0.0014	3947.93	0.0097	768.68	6.6	0	0.00562	0.00750
	-5620	0°	0.0208	386.85	0.1424	117.60	6.6	0	0.01201	0.01602
		90°	0.0013	4122.99	0.0114	1845.12	6.6	0	0.00676	0.00901
	-4496	0°	0.0179	389.47	0.1732	212.87	6.6	0	0.01507	0.02009
		90°	0.0011	3904.86	0.0136	2649.64	6.6	0	0.00837	0.01116
	-3564	0°	0.0146	360.59	0.2215	241.45	6.6	0	0.01979	0.02638
		90°	0.0010	3564.22	0.0164	2971.70	6.6	0	0.01033	0.01377
	-2604	0°	0.0122	309.61	0.2866	246.44	6.6	0	0.02602	0.03469
		90°	0.0009	3366.60	0.0210	3006.13	6.6	0	0.01341	0.01787
	-1700	0°	0.0105	246.20	0.4200	227.68	6.6	0	0.03858	0.05144
		90°	0.0009	2953.62	0.0270	2772.17	6.6	0	0.01742	0.02323
	-12.15	0°	0.0081	122.01	0.6816	124.65	6.6	0	0.06316	0.08422
		90°	0.0009	1593.36	0.0492	1652.40	6.6	0	0.03224	0.04298

EK 2 - Tablo 4.6. C1 tipi perdelerin TBDY 2018'e göre 2. kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
25/285	-7655	0°	0.0156	296.14	0.1211	56.02	4.95	0	0.01033	0.01377
		90°	0.0012	3428.14	0.0088	699.03	4.95	0	0.00489	0.00652
	-7621	0°	0.0156	297.27	0.0156	297.27	4.95	0	0.00049	0.00066
		90°	0.0012	3448.80	0.0088	649.01	4.95	0	0.00491	0.00655
	-6651	0°	0.0179	346.85	0.1304	43.15	4.95	0	0.01105	0.01473
		90°	0.0014	3947.93	0.0097	768.68	4.95	0	0.00541	0.00721
	-5620	0°	0.0208	386.85	0.1424	117.60	4.95	0	0.01199	0.01599
		90°	0.0013	4122.99	0.0114	1845.12	4.95	0	0.00650	0.00867
	-4496	0°	0.0179	389.47	0.1732	212.87	4.95	0	0.01504	0.02005
		90°	0.0011	3904.86	0.0136	2649.64	4.95	0	0.00805	0.01073
	-3564	0°	0.0146	360.59	0.2215	241.45	4.95	0	0.01975	0.02633
		90°	0.0010	3564.22	0.0164	2971.70	4.95	0	0.00993	0.01324
	-2604	0°	0.0122	309.61	0.2866	246.44	4.95	0	0.02596	0.03462
		90°	0.0009	3366.60	0.0210	3006.13	4.95	0	0.01289	0.01719
	-1700	0°	0.0105	246.20	0.4200	227.68	4.95	0	0.03850	0.05133
		90°	0.0009	2953.62	0.0270	2772.17	4.95	0	0.01675	0.02233
	-12.15	0°	0.0081	122.01	0.6816	124.65	4.95	0	0.06303	0.08404
		90°	0.0009	1593.36	0.0492	1652.40	4.95	0	0.03100	0.04133

EK 2 - Tablo 4.7. C1 tipi perdelerin TBDY 2018'e göre 3. kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
25/285	-7655	0°	0.0156	296.14	0.1211	56.02	3.3	0	0.01028	0.01371
		90°	0.0012	3428.14	0.0088	699.03	3.3	0	0.00450	0.00600
	-7621	0°	0.0156	297.27	0.0156	297.27	3.3	0	0.00049	0.00066
		90°	0.0012	3448.80	0.0088	649.01	3.3	0	0.00452	0.00603
	-6651	0°	0.0179	346.85	0.1304	43.15	3.3	0	0.01101	0.01467
		90°	0.0014	3947.93	0.0097	768.68	3.3	0	0.00498	0.00664
	-5620	0°	0.0208	386.85	0.1424	117.60	3.3	0	0.01194	0.01592
		90°	0.0013	4122.99	0.0114	1845.12	3.3	0	0.00599	0.00798
	-4496	0°	0.0179	389.47	0.1732	212.87	3.3	0	0.01498	0.01997
		90°	0.0011	3904.86	0.0136	2649.64	3.3	0	0.00741	0.00988
	-3564	0°	0.0146	360.59	0.2215	241.45	3.3	0	0.01966	0.02622
		90°	0.0010	3564.22	0.0164	2971.70	3.3	0	0.00914	0.01219
	-2604	0°	0.0122	309.61	0.2866	246.44	3.3	0	0.02585	0.03447
		90°	0.0009	3366.60	0.0210	3006.13	3.3	0	0.01186	0.01582
	-1700	0°	0.0105	246.20	0.4200	227.68	3.3	0	0.03834	0.05112
		90°	0.0009	2953.62	0.0270	2772.17	3.3	0	0.01541	0.02055
	-12.15	0°	0.0081	122.01	0.6816	124.65	3.3	0	0.06276	0.08369
		90°	0.0009	1593.36	0.0492	1652.40	3.3	0	0.02852	0.03803

EK 2 - Tablo 4.8. C1 tipi perdelerin TBDY 2018'e göre 4. kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	$\theta_{GÇ}$ (rad)
25/285	-7655	0°	0.0156	296.14	0.1211	56.02	1.65	0	0.01016	0.01354
		90°	0.0012	3428.14	0.0088	699.03	1.65	0	0.00334	0.00445
	-7621	0°	0.0156	297.27	0.0156	297.27	1.65	0	0.00049	0.00066
		90°	0.0012	3448.80	0.0088	649.01	1.65	0	0.00336	0.00447
	-6651	0°	0.0179	346.85	0.1304	43.15	1.65	0	0.01087	0.01450
		90°	0.0014	3947.93	0.0097	768.68	1.65	0	0.00369	0.00492
	-5620	0°	0.0208	386.85	0.1424	117.60	1.65	0	0.01180	0.01573
		90°	0.0013	4122.99	0.0114	1845.12	1.65	0	0.00444	0.00592
	-4496	0°	0.0179	389.47	0.1732	212.87	1.65	0	0.01479	0.01973
		90°	0.0011	3904.86	0.0136	2649.64	1.65	0	0.00549	0.00732
	-3564	0°	0.0146	360.59	0.2215	241.45	1.65	0	0.01942	0.02589
		90°	0.0010	3564.22	0.0164	2971.70	1.65	0	0.00676	0.00902
	-2604	0°	0.0122	309.61	0.2866	246.44	1.65	0	0.02553	0.03404
		90°	0.0009	3366.60	0.0210	3006.13	1.65	0	0.00878	0.01171
	-1700	0°	0.0105	246.20	0.4200	227.68	1.65	0	0.03785	0.05047
		90°	0.0009	2953.62	0.0270	2772.17	1.65	0	0.01140	0.01521
	-12.15	0°	0.0081	122.01	0.6816	124.65	1.65	0	0.06197	0.08262
		90°	0.0009	1593.36	0.0492	1652.40	1.65	0	0.02110	0.02813

EK 2 - Tablo 4.9. C3 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre kat için yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
30/100	-3278	0 ⁰	0.0123	145.48	0.0123	145.48	0.15	0.0151	0.0426	0.0530	0.00042	0.00455	0.00611
		90 ⁰	0.0033	509.13	0.0033	509.13	0.5	0.0045	0.0117	0.0143	0.00056	0.00418	0.00548
	-2908	0 ⁰	0.0138	167.94	0.1267	10.66	0.15	0.0176	0.0444	0.0571	0.00057	0.00459	0.00650
		90 ⁰	0.0037	594.68	0.0327	35.21	0.5	0.0045	0.0122	0.0156	0.00041	0.00423	0.00593
	-2482	0 ⁰	0.0160	188.00	0.1341	39.98	0.15	0.0197	0.0518	0.0660	0.00056	0.00537	0.00750
		90 ⁰	0.0043	670.54	0.0363	174.09	0.5	0.0053	0.0140	0.0179	0.00053	0.00487	0.00682
	-2027	0 ⁰	0.0152	194.89	0.1666	86.14	0.15	0.0244	0.0604	0.0797	0.00138	0.00678	0.00968
		90 ⁰	0.0037	670.14	0.0436	339.64	0.5	0.0064	0.0169	0.0215	0.00134	0.00659	0.00889
	-1554	0 ⁰	0.0122	178.57	0.1983	111.25	0.15	0.0306	0.0767	0.0976	0.00276	0.00968	0.01281
		90 ⁰	0.0031	609.84	0.0540	452.46	0.5	0.0083	0.0209	0.0266	0.00263	0.00891	0.01176
	-1075	0 ⁰	0.0100	149.73	0.2780	122.49	0.15	0.0429	0.1075	0.1368	0.00494	0.01463	0.01902
		90 ⁰	0.0027	535.53	0.0712	477.29	0.5	0.0110	0.0284	0.0360	0.00414	0.01284	0.01664
	-591.39	0 ⁰	0.0086	117.31	0.3867	110.75	0.15	0.0538	0.1495	0.1902	0.00678	0.02114	0.02724
		90 ⁰	0.0025	453.97	0.1175	442.93	0.5	0.0146	0.0426	0.0546	0.00603	0.02003	0.02603
	-36.05	0 ⁰	0.0081	76.73	0.7583	79.97	0.15	0.0487	0.1838	0.2839	0.00609	0.02636	0.04137
		90 ⁰	0.0024	300.86	0.1908	316.23	0.5	0.0122	0.0463	0.0714	0.00492	0.02197	0.03452
	557.04	0 ⁰	0.1660	12.04	0.1660	12.04	0.15	0.0426	0.1570	0.2412	-0.01851	-0.00135	0.01128
		90 ⁰	0.0264	38.60	0.0264	38.60	0.5	0.0104	0.0431	0.0648	-0.00800	0.00835	0.01920

EK 2 - Tablo 4.10. C3 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
30/100	-3278	0 ⁰	0.0128	151.06	0.0877	24.34	1.65	0	0.00812	0.01083
		90 ⁰	0.0035	532.99	0.0229	85.68	1.65	0	0.00484	0.00645
	-2908	0 ⁰	0.0144	173.30	0.0932	20.82	1.65	0	0.00858	0.01144
		90 ⁰	0.0039	616.18	0.0243	97.63	1.65	0	0.00510	0.00680
	-2482	0 ⁰	0.0166	193.34	0.1042	68.72	1.65	0	0.00955	0.01274
		90 ⁰	0.0043	686.67	0.0276	296.10	1.65	0	0.00581	0.00774
	-2027	0 ⁰	0.0143	195.12	0.1257	106.23	1.65	0	0.01193	0.01591
		90 ⁰	0.0035	670.14	0.0329	416.43	1.65	0	0.00727	0.00969
	-1554	0 ⁰	0.0115	179.64	0.1508	125.22	1.65	0	0.01472	0.01963
		90 ⁰	0.0029	617.51	0.0423	497.65	1.65	0	0.00968	0.01291
	-1075	0 ⁰	0.0095	151.19	0.2177	128.26	1.65	0	0.02176	0.02902
		90 ⁰	0.0026	550.78	0.0557	503.48	1.65	0	0.01302	0.01736
	-591.39	0 ⁰	0.0084	119.29	0.3012	113.22	1.65	0	0.03045	0.04060
		90 ⁰	0.0024	458.84	0.0886	446.42	1.65	0	0.02107	0.02809
	-36.05	0 ⁰	0.0077	75.73	0.5558	77.79	1.65	0	0.05675	0.07567
		90 ⁰	0.0023	295.44	0.1397	307.89	1.65	0	0.03355	0.04473
	557.04	0 ⁰	0.1500	9.69	0.1500	9.69	1.65	0	0.00473	0.00630
		90 ⁰	0.0232	30.82	0.0232	30.82	1.65	0	0.00073	0.00097

EK 2 - Tablo 4.11. C4 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
30/110	-3811	0 ⁰	0.0127	178.75	0.1116	29.51	0.15	0.0155	0.0445	0.0581	0.00042	0.00477	0.00681
		90 ⁰	0.0031	707.01	0.0260	144.09	0.55	0.0038	0.0107	0.0135	0.00039	0.00418	0.00572
	-3358	0 ⁰	0.0143	205.88	0.1178	81.32	0.15	0.0182	0.0485	0.0630	0.00059	0.00513	0.00731
		90 ⁰	0.0035	821.63	0.0288	372.66	0.55	0.0042	0.0119	0.0154	0.00042	0.00464	0.00657
	-2845	0 ⁰	0.0164	230.88	0.1374	126.74	0.15	0.0201	0.0566	0.0715	0.00056	0.00603	0.00827
		90 ⁰	0.0039	930.00	0.0327	564.62	0.55	0.0048	0.0139	0.0175	0.00048	0.00549	0.00747
	-2270	0 ⁰	0.0147	234.17	0.1685	160.87	0.15	0.0247	0.0672	0.0877	0.00150	0.00788	0.01095
		90 ⁰	0.0032	907.32	0.0408	709.47	0.55	0.0060	0.0168	0.0212	0.00151	0.00746	0.00988
	-1693	0 ⁰	0.0117	214.09	0.2051	175.35	0.15	0.0316	0.0871	0.1127	0.00299	0.01131	0.01515
		90 ⁰	0.0027	841.81	0.0500	773.00	0.55	0.0077	0.0212	0.0275	0.00276	0.01017	0.01364
	-1125	0 ⁰	0.0097	180.14	0.2695	170.67	0.15	0.0459	0.1110	0.1441	0.00543	0.01520	0.02016
		90 ⁰	0.0025	782.85	0.0651	752.81	0.55	0.0106	0.0285	0.0358	0.00445	0.01430	0.01831
	-554.23	0 ⁰	0.0090	151.58	0.4434	151.37	0.15	0.0552	0.1770	0.2244	0.00694	0.02521	0.03232
		90 ⁰	0.0024	662.11	0.1069	670.28	0.55	0.0126	0.0440	0.0572	0.00564	0.02291	0.03017
	186.11	0 ⁰	0.0087	94.17	0.7436	100.58	0.15	0.0477	0.1876	0.2784	0.00585	0.02683	0.04045
		90 ⁰	0.0022	412.03	0.1673	447.89	0.55	0.0107	0.0406	0.0626	0.00467	0.02111	0.03321
	884.40	0 ⁰	0.1732	18.41	0.1732	18.41	0.15	0.0430	0.1584	0.2433	-0.01953	-0.00222	0.01052
		90 ⁰	0.0317	70.40	0.0317	70.40	0.55	0.0094	0.0389	0.0585	-0.01226	0.00396	0.01474

EK 2 - Tablo 4.12. C4 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
30/110	-3811	0°	0.0131	182.26	0.0838	56.50	1.65	0	0.00808	0.01077
		90°	0.0032	722.62	0.0197	271.61	1.65	0	0.00449	0.00599
	-3358	0°	0.0147	209.42	0.0895	106.51	1.65	0	0.00858	0.01144
		90°	0.0035	837.72	0.0218	483.61	1.65	0	0.00497	0.00663
	-2845	0°	0.0168	234.67	0.1051	143.79	1.65	0	0.01011	0.01347
		90°	0.0039	937.85	0.0250	646.73	1.65	0	0.00574	0.00765
	-2270	0°	0.0141	235.10	0.1268	172.10	1.65	0	0.01263	0.01684
		90°	0.0031	907.31	0.0309	757.07	1.65	0	0.00748	0.00997
	-1693	0°	0.0113	214.25	0.1583	182.35	1.65	0	0.01622	0.02163
		90°	0.0027	860.56	0.0388	803.20	1.65	0	0.00967	0.01290
	-1125	0°	0.0094	183.09	0.2053	174.24	1.65	0	0.02142	0.02855
		90°	0.0024	792.54	0.0504	767.52	1.65	0	0.01281	0.01708
	-554.23	0°	0.0088	152.48	0.3324	150.56	1.65	0	0.03513	0.04685
		90°	0.0023	663.16	0.0849	668.06	1.65	0	0.02199	0.02932
	186.11	0°	0.0083	91.58	0.5469	96.45	1.65	0	0.05825	0.07766
		90°	0.0021	402.12	0.1228	429.64	1.65	0	0.03208	0.04278
	884.40	0°	0.3346	9.09	0.3346	9.09	1.65	0	0.01205	0.01606
		90°	0.0845	47.98	0.0845	47.98	1.65	0	0.00304	0.00406

EK 2 - Tablo 4.13. C5 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
30/130	-4253	0 ⁰	0.0130	207.47	0.1101	55.33	0.15	0.0161	0.0468	0.0605	0.00047	0.00507	0.00713
		90 ⁰	0.0027	960.94	0.0218	317.31	0.65	0.0034	0.0098	0.0126	0.00045	0.00465	0.00645
	-3782	0 ⁰	0.0146	233.46	0.1220	104.80	0.15	0.0179	0.0518	0.0688	0.00050	0.00558	0.00813
		90 ⁰	0.0030	1088.35	0.0243	571.40	0.65	0.0037	0.0106	0.0137	0.00051	0.00496	0.00698
	-3240	0 ⁰	0.0167	256.10	0.1393	146.60	0.15	0.0204	0.0592	0.0765	0.00056	0.00638	0.00897
		90 ⁰	0.0033	1194.51	0.0277	779.27	0.65	0.0043	0.0125	0.0160	0.00066	0.00601	0.00828
	-2634	0 ⁰	0.0144	253.57	0.1672	176.48	0.15	0.0258	0.0732	0.0943	0.00171	0.00882	0.01199
		90 ⁰	0.0027	1144.04	0.0341	918.10	0.65	0.0050	0.0149	0.0192	0.00150	0.00794	0.01073
	-2020	0 ⁰	0.0117	231.13	0.2087	186.01	0.15	0.0339	0.0886	0.1147	0.00333	0.01154	0.01545
		90 ⁰	0.0023	1064.36	0.0426	978.99	0.65	0.0066	0.0192	0.0247	0.00278	0.01099	0.01456
	-1386	0 ⁰	0.0097	192.39	0.2791	180.36	0.15	0.0453	0.1222	0.1617	0.00535	0.01688	0.02281
		90 ⁰	0.0021	974.21	0.0562	935.97	0.65	0.0091	0.0253	0.0326	0.00455	0.01507	0.01982
	-769.77	0 ⁰	0.0087	156.52	0.3947	153.03	0.15	0.0549	0.1728	0.2227	0.00692	0.02461	0.03209
		90 ⁰	0.0020	806.01	0.0901	807.28	0.65	0.0106	0.0394	0.0508	0.00562	0.02434	0.03175
	-34.079	0 ⁰	0.0082	97.45	0.7476	101.84	0.15	0.0480	0.1886	0.2799	0.00597	0.02706	0.04076
		90 ⁰	0.0018	504.54	0.1405	534.80	0.65	0.0097	0.0355	0.0543	0.00518	0.02192	0.03414
	713.24	0 ⁰	0.0956	14.49	0.0956	14.49	0.15	0.0426	0.1570	0.2412	-0.00795	0.00921	0.02184
		90 ⁰	0.0355	70.16	0.0355	70.16	0.65	0.0079	0.0326	0.0489	-0.01796	-0.00189	0.00871

EK 2 - Tablo 4.14. C5 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
30/130	-4253	0°	0.0133	211.05	0.0837	86.37	1.65	0	0.00768	0.01024
		90°	0.0027	980.15	0.0170	481.98	1.65	0	0.00426	0.00568
	-3782	0°	0.0149	237.08	0.0925	131.31	1.65	0	0.00847	0.01129
		90°	0.0030	1107.51	0.0188	694.74	1.65	0	0.00471	0.00628
	-3240	0°	0.0171	259.71	0.1063	165.06	1.65	0	0.00973	0.01298
		90°	0.0032	1192.86	0.0218	874.75	1.65	0	0.00555	0.00741
	-2634	0°	0.0139	254.11	0.1264	190.12	1.65	0	0.01204	0.01605
		90°	0.0026	1145.43	0.0260	985.62	1.65	0	0.00693	0.00923
	-2020	0°	0.0113	230.75	0.1581	194.17	1.65	0	0.01549	0.02065
		90°	0.0023	1088.50	0.0334	1017.65	1.65	0	0.00917	0.01223
	-1386	0°	0.0093	193.31	0.2180	183.73	1.65	0	0.02181	0.02908
		90°	0.0020	985.97	0.0439	955.17	1.65	0	0.01231	0.01641
	-769.77	0°	0.0086	157.57	0.3046	153.82	1.65	0	0.03079	0.04105
		90°	0.0019	803.79	0.0703	806.47	1.65	0	0.02006	0.02675
	-34.079	0°	0.0077	95.60	0.5541	98.73	1.65	0	0.05657	0.07543
		90°	0.0017	493.43	0.1051	518.72	1.65	0	0.03029	0.04038
	713.24	0°	0.1118	11.64	0.1118	11.64	1.65	0	0.00352	0.00470
		90°	0.0152	49.87	0.0152	49.87	1.65	0	0.00048	0.00064

EK 2 - Tablo 4.15. C6 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
50/80	-4745	0°	0.0073	397.88	0.0514	202.66	0.15	0.0092	0.0253	0.0330	0.00047	0.00450	0.00643
		90°	0.0044	653.52	0.0311	347.37	0.65	0.0056	0.0153	0.0200	0.00046	0.00436	0.00624
	-4229	0°	0.0081	455.40	0.0568	292.08	0.15	0.0101	0.0279	0.0364	0.00051	0.00496	0.00709
		90°	0.0048	749.49	0.0340	498.12	0.65	0.0061	0.0172	0.0218	0.00049	0.00494	0.00678
	-3625	0°	0.0091	512.96	0.0652	371.72	0.15	0.0111	0.0321	0.0418	0.00051	0.00576	0.00818
		90°	0.0054	846.29	0.0386	632.70	0.65	0.0066	0.0195	0.0254	0.00045	0.00562	0.00798
	-2952	0°	0.0080	519.82	0.0772	428.59	0.15	0.0131	0.0380	0.0495	0.00128	0.00750	0.01038
		90°	0.0047	845.31	0.0465	725.16	0.65	0.0079	0.0229	0.0298	0.00130	0.00729	0.01005
	-2217	0°	0.0065	480.19	0.0953	451.40	0.15	0.0170	0.0482	0.0627	0.00264	0.01044	0.01406
		90°	0.0039	808.99	0.0584	761.69	0.65	0.0104	0.0287	0.0375	0.00258	0.00990	0.01342
	-1467	0°	0.0057	446.63	0.1288	434.71	0.15	0.0241	0.0652	0.0826	0.00460	0.01488	0.01923
		90°	0.0035	751.88	0.0774	735.12	0.65	0.0138	0.0392	0.0509	0.00412	0.01428	0.01896
	-739.11	0°	0.0054	381.63	0.1840	382.45	0.15	0.0298	0.0957	0.1210	0.00610	0.02258	0.02890
		90°	0.0033	642.30	0.1118	646.84	0.65	0.0181	0.0582	0.0735	0.00593	0.02197	0.02809
	2.72	0°	0.0050	281.71	0.3230	295.43	0.15	0.0278	0.1057	0.1589	0.00569	0.02517	0.03847
		90°	0.0031	476.80	0.1963	500.93	0.65	0.0157	0.0642	0.0939	0.00505	0.02445	0.03633
	1238.2	0°	0.1739	48.81	0.1739	48.81	0.15	0.0227	0.0940	0.1348	-0.03780	-0.01998	-0.00978
		90°	0.0968	79.26	0.0968	79.26	0.65	0.0133	0.0551	0.0827	-0.03340	-0.01668	-0.00564

EK 2 - Tablo 4.16. C6 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
50/80	-4745	0°	0.0074	403.30	0.0400	251.82	1.65	0	0.00521	0.00694
		90°	0.0045	662.76	0.0239	433.25	1.65	0	0.00428	0.00570
	-4229	0°	0.0082	460.81	0.0439	332.89	1.65	0	0.00571	0.00761
		90°	0.0049	758.65	0.0267	564.65	1.65	0	0.00479	0.00639
	-3625	0°	0.0092	518.62	0.0503	401.90	1.65	0	0.00656	0.00875
		90°	0.0055	855.83	0.0305	680.08	1.65	0	0.00549	0.00732
	-2952	0°	0.0078	520.30	0.0596	448.63	1.65	0	0.00813	0.01084
		90°	0.0046	847.51	0.0366	756.29	1.65	0	0.00694	0.00926
	-2217	0°	0.0064	488.00	0.0751	463.11	1.65	0	0.01064	0.01418
		90°	0.0039	820.11	0.0462	781.55	1.65	0	0.00909	0.01213
	-1467	0°	0.0056	450.58	0.1013	439.67	1.65	0	0.01470	0.01960
		90°	0.0034	758.42	0.0609	743.43	1.65	0	0.01229	0.01639
	-739.11	0°	0.0052	380.71	0.1461	381.65	1.65	0	0.02153	0.02871
		90°	0.0032	639.74	0.0888	645.49	1.65	0	0.01824	0.02432
	2.72	0°	0.0049	278.43	0.2609	289.62	1.65	0	0.03896	0.05195
		90°	0.0030	467.97	0.1587	490.99	1.65	0	0.03308	0.04411
	1238.2	0°	0.1963	32.86	0.1963	32.86	1.65	0	0.00707	0.00942
		90°	0.1230	60.02	0.1230	60.02	1.65	0	0.00443	0.00590

EK 2 - Tablo 4.17. C7 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
60/30	-1919	0 ⁰	0.0054	159.90	0.0054	159.90	0.30	0.0078	0.0183	0.0228	0.00074	0.00389	0.00524
		90 ⁰	0.0114	76.60	0.0114	76.60	0.15	0.0006	0.0040	0.0062	0.00056	0.00398	0.00624
	-1749	0 ⁰	0.0059	183.82	0.0059	183.82	0.30	0.0078	0.0205	0.0252	0.00059	0.00439	0.00580
		90 ⁰	0.0125	89.07	0.0125	89.07	0.15	0.0009	0.0045	0.0061	0.00086	0.00452	0.00608
	-1534	0 ⁰	0.0066	209.33	0.0066	209.33	0.30	0.0093	0.0205	0.0277	0.00079	0.00416	0.00632
		90 ⁰	0.0143	100.23	0.0143	100.23	0.15	0.0006	0.0050	0.0066	0.00059	0.00501	0.00665
	-1291	0 ⁰	0.0075	228.15	0.0746	5.79	0.30	0.0098	0.0244	0.0307	0.00068	0.00506	0.00695
		90 ⁰	0.0168	109.60	0.1674	3.15	0.15	0.0006	0.0054	0.0072	0.00062	0.00542	0.00719
	-1011	0 ⁰	0.0062	213.14	0.0897	74.90	0.30	0.0125	0.0314	0.0393	0.00190	0.00757	0.00994
		90 ⁰	0.0142	104.74	0.1970	31.06	0.15	0.0020	0.0079	0.0104	0.00198	0.00788	0.01043
	-704.99	0 ⁰	0.0050	178.73	0.1305	122.28	0.30	0.0163	0.0398	0.0489	0.00339	0.01044	0.01317
		90 ⁰	0.0112	88.41	0.2842	53.40	0.15	0.0039	0.0108	0.0143	0.00393	0.01085	0.01428
	-426.73	0 ⁰	0.0042	146.91	0.1671	128.47	0.30	0.0258	0.0605	0.0754	0.00648	0.01689	0.02136
		90 ⁰	0.0089	68.84	0.3666	56.23	0.15	0.0072	0.0179	0.0227	0.00716	0.01793	0.02274
	-176.74	0 ⁰	0.0040	116.66	0.3166	115.25	0.30	0.0219	0.0897	0.1344	0.00537	0.02571	0.03912
		90 ⁰	0.0079	51.79	0.6789	50.48	0.15	0.0064	0.0298	0.0434	0.00642	0.02985	0.04339
	271.04	0 ⁰	0.0831	12.38	0.0831	12.38	0.30	0.0183	0.0758	0.1087	-0.01944	-0.00219	0.00768
		90 ⁰	0.2301	6.33	0.2301	6.33	0.15	-0.0281	-0.011	0.0017	-0.02813	-0.01097	0.00167

EK 2 - Tablo 4.18. C7 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
60/30	-1919	0 ⁰	0.0058	174.76	0.0058	174.76	1.65	0	0.00018	0.00024
		90 ⁰	0.0124	83.83	0.0124	83.83	1.65	0	0.00020	0.00027
	-1749	0 ⁰	0.0063	197.99	0.0063	197.99	1.65	0	0.00744	0.00991
		90 ⁰	0.0137	95.21	0.0137	95.21	1.65	0	0.00821	0.01095
	-1534	0 ⁰	0.0071	222.25	0.0501	26.96	1.65	0	0.01108	0.01477
		90 ⁰	0.0156	106.17	0.1116	12.78	1.65	0	0.01581	0.02108
	-1291	0 ⁰	0.0069	231.48	0.0545	44.29	1.65	0	0.02162	0.02882
		90 ⁰	0.0162	112.57	0.1190	17.04	1.65	0	0.04102	0.05470
	-1011	0 ⁰	0.0056	218.28	0.0705	107.52	1.65	0	0.00322	0.00429
		90 ⁰	0.0127	107.27	0.1488	47.61	1.65	0	0.00039	0.00052
	-704.99	0 ⁰	0.0046	184.53	0.0979	134.88	1.65	0	0.00043	0.00058
		90 ⁰	0.0102	90.46	0.2146	59.40	1.65	0	0.01039	0.01385
	-426.73	0 ⁰	0.0041	151.87	0.1321	136.64	1.65	0	0.01111	0.01481
		90 ⁰	0.0084	69.21	0.2851	60.14	1.65	0	0.01443	0.01924
	-176.74	0 ⁰	0.0038	117.05	0.2475	115.93	1.65	0	0.02139	0.02852
		90 ⁰	0.0077	52.07	0.5377	50.83	1.65	0	0.02879	0.03838
	271.04	0 ⁰	0.1022	10.76	0.1022	10.76	1.65	0	0.05488	0.07318
		90 ⁰	0.2859	5.56	0.2859	5.56	1.65	0	0.00901	0.01201

EK 2 - Tablo 4.19. C8 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
70/30	-2307	0°	0.0050	270.02	0.0440	32.93	0.35	0.0064	0.0176	0.0223	0.00049	0.00440	0.00604
		90°	0.0128	110.20	0.1157	11.14	0.15	0.0161	0.0447	0.0585	0.00050	0.00479	0.00686
	-2096	0°	0.0055	301.63	0.0458	103.74	0.35	0.0067	0.0194	0.0245	0.00043	0.00487	0.00665
		90°	0.0140	122.42	0.1205	35.51	0.15	0.0177	0.0481	0.0627	0.00056	0.00512	0.00731
	-1825	0°	0.0062	335.17	0.0535	173.52	0.35	0.0078	0.0220	0.0286	0.00059	0.00554	0.00785
		90°	0.0159	135.17	0.1351	64.25	0.15	0.0198	0.0556	0.0722	0.00059	0.00596	0.00845
	-1540	0°	0.0057	339.57	0.0634	221.32	0.35	0.0088	0.0253	0.0321	0.00110	0.00687	0.00925
		90°	0.0158	140.55	0.1651	82.39	0.15	0.0230	0.0638	0.0812	0.00108	0.00720	0.00981
	-1203	0°	0.0047	315.98	0.0752	257.26	0.35	0.0116	0.0310	0.0402	0.00242	0.00921	0.01243
		90°	0.0127	131.60	0.1896	96.01	0.15	0.0293	0.0781	0.1014	0.00249	0.00981	0.01331
	-833.25	0°	0.0040	279.48	0.1052	263.55	0.35	0.0154	0.0433	0.0563	0.00398	0.01374	0.01829
		90°	0.0103	112.10	0.2717	97.99	0.15	0.0419	0.1084	0.1414	0.00474	0.01472	0.01967
	-464.55	0°	0.0037	237.16	0.1453	231.98	0.35	0.0213	0.0617	0.0777	0.00614	0.02028	0.02588
		90°	0.0089	89.31	0.3726	86.38	0.15	0.0546	0.1534	0.1993	0.00685	0.02167	0.02856
	-151.55	0°	0.0036	181.01	0.2684	186.44	0.35	0.0186	0.0732	0.1105	0.00526	0.02437	0.03743
		90°	0.0084	67.47	0.6854	68.92	0.15	0.0475	0.2015	0.3000	0.00587	0.02897	0.04374
	406.56	0°	0.0534	20.70	0.0534	20.70	0.35	0.0154	0.0637	0.0957	-0.01330	0.00361	0.01481
		90°	0.1797	9.08	0.1797	9.08	0.15	0.0426	0.1570	0.2412	-0.02057	-0.00341	0.00923

EK 2 - Tablo 4.20. C8 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
70/30	-2307	0 ⁰	0.0052	276.64	0.0332	82.54	1.65	0	0.00543	0.00724
		90 ⁰	0.0132	112.55	0.0868	28.55	1.65	0	0.00800	0.01067
	-2096	0 ⁰	0.0056	308.16	0.0357	146.34	1.65	0	0.00583	0.00777
		90 ⁰	0.0144	124.78	0.0920	51.85	1.65	0	0.00845	0.01127
	-1825	0 ⁰	0.0063	341.79	0.0404	208.70	1.65	0	0.00660	0.00881
		90 ⁰	0.0163	137.58	0.1049	75.93	1.65	0	0.00965	0.01286
	-1540	0 ⁰	0.0055	340.60	0.0479	243.97	1.65	0	0.00815	0.01086
		90 ⁰	0.0152	141.12	0.1242	90.59	1.65	0	0.01172	0.01562
	-1203	0 ⁰	0.0045	315.70	0.0580	273.44	1.65	0	0.01019	0.01359
		90 ⁰	0.0122	131.51	0.1484	101.64	1.65	0	0.01443	0.01923
	-833.25	0 ⁰	0.0039	283.43	0.0822	270.04	1.65	0	0.01485	0.01979
		90 ⁰	0.0098	112.75	0.2090	100.56	1.65	0	0.02085	0.02779
	-464.55	0 ⁰	0.0036	238.10	0.1130	234.00	1.65	0	0.02067	0.02756
		90 ⁰	0.0087	90.31	0.2901	87.16	1.65	0	0.02928	0.03904
	-151.55	0 ⁰	0.0034	178.59	0.2124	183.62	1.65	0	0.03938	0.05251
		90 ⁰	0.0081	67.01	0.5397	67.92	1.65	0	0.05506	0.07341
	406.56	0 ⁰	0.0417	16.15	0.0417	16.15	1.65	0	0.00131	0.00175
		90 ⁰	0.1396	7.05	0.1396	7.05	1.65	0	0.00440	0.00586

EK 2 - Tablo 4.21. C9 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
80/30	-2695	0 ⁰	0.0043	346.90	0.0382	4.49	0.40	0.0053	0.0152	0.0193	0.00039	0.00434	0.00598
		90 ⁰	0.0125	126.05	0.1161	2.56	0.15	0.0153	0.0435	0.0555	0.00042	0.00465	0.00645
	-2471	0 ⁰	0.0047	385.78	0.0398	79.93	0.40	0.0058	0.0164	0.0207	0.00045	0.00468	0.00640
		90 ⁰	0.0136	140.39	0.1197	23.98	0.15	0.0166	0.0463	0.0589	0.00045	0.00491	0.00680
	-2157	0 ⁰	0.0043	316.03	0.0043	316.03	0.40	0.0057	0.0148	0.0182	0.00054	0.00419	0.00555
		90 ⁰	0.0153	157.37	0.1262	61.23	0.15	0.0185	0.0520	0.0657	0.00048	0.00551	0.00756
	-1820	0 ⁰	0.0050	444.28	0.0519	265.06	0.40	0.0076	0.0214	0.0270	0.00105	0.00656	0.00880
		90 ⁰	0.0169	170.61	0.1492	92.06	0.15	0.0219	0.0595	0.0776	0.00075	0.00639	0.00911
	-1379	0 ⁰	0.0040	412.45	0.0647	325.28	0.40	0.0095	0.0266	0.0337	0.00218	0.00903	0.01187
		90 ⁰	0.0129	161.34	0.1872	112.39	0.15	0.0289	0.0747	0.0974	0.00240	0.00927	0.01268
	-941.82	0 ⁰	0.0035	369.12	0.0903	342.62	0.40	0.0132	0.0349	0.0444	0.00387	0.01255	0.01635
		90 ⁰	0.0103	137.08	0.2656	119.11	0.15	0.0410	0.1094	0.1382	0.00461	0.01487	0.01919
	-497.34	0 ⁰	0.0033	316.91	0.1299	310.25	0.40	0.0181	0.0569	0.0714	0.00590	0.02142	0.02722
		90 ⁰	0.0088	109.55	0.3869	106.61	0.15	0.0538	0.1593	0.2013	0.00674	0.02257	0.02887
	-60.43	0 ⁰	0.0032	224.96	0.2235	233.34	0.40	0.0167	0.0633	0.0949	0.00540	0.02404	0.03668
		90 ⁰	0.0081	77.61	0.7599	80.94	0.15	0.0488	0.1917	0.2845	0.00610	0.02753	0.04145
	542.08	0 ⁰	0.0640	31.54	0.0640	31.54	0.40	0.0133	0.0549	0.0825	-0.02028	-0.00364	0.00740
		90 ⁰	0.1824	12.14	0.1824	12.14	0.15	0.0426	0.1570	0.2412	-0.02097	-0.00381	0.00882

EK 2 - Tablo 4.22. C9 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
80/30	-2695	0°	0.0045	356.51	0.0287	67.87	1.65	0	0.00514	0.00686
		90°	0.0129	129.36	0.0861	19.07	1.65	0	0.00794	0.01059
	-2471	0°	0.0048	395.19	0.0307	149.11	1.65	0	0.00549	0.00732
		90°	0.0140	143.72	0.0892	45.03	1.65	0	0.00819	0.01091
	-2157	0°	0.0054	440.70	0.0346	234.56	1.65	0	0.00620	0.00826
		90°	0.0158	160.79	0.0984	78.67	1.65	0	0.00900	0.01201
	-1820	0°	0.0048	446.00	0.0395	307.12	1.65	0	0.00732	0.00976
		90°	0.0161	171.39	0.1180	103.43	1.65	0	0.01100	0.01467
	-1379	0°	0.0039	413.41	0.0491	350.47	1.65	0	0.00946	0.01261
		90°	0.0123	161.06	0.1422	121.05	1.65	0	0.01377	0.01835
	-941.82	0°	0.0034	376.64	0.0678	352.29	1.65	0	0.01341	0.01787
		90°	0.0098	138.41	0.2081	122.34	1.65	0	0.02073	0.02764
	-497.34	0°	0.0032	319.38	0.1018	313.27	1.65	0	0.02045	0.02727
		90°	0.0086	110.53	0.3011	107.40	1.65	0	0.03040	0.04053
	-60.43	0°	0.0031	223.81	0.1771	230.15	1.65	0	0.03603	0.04804
		90°	0.0078	76.26	0.5681	78.78	1.65	0	0.05794	0.07726
	542.08	0°	0.0856	27.98	0.0856	27.98	1.65	0	0.00270	0.00360
		90°	0.1993	10.07	0.1993	10.07	1.65	0	0.00628	0.00837

EK 2 - Tablo 4.23. C10 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
80/40	-3716	0 ⁰	0.0044	500.38	0.0313	151.45	0.40	0.0053	0.0150	0.0191	0.00038	0.00425	0.00589
		90 ⁰	0.0093	240.30	0.0680	65.16	0.20	0.0116	0.0325	0.0415	0.00046	0.00464	0.00644
	-3351	0 ⁰	0.0048	568.12	0.0336	283.63	0.40	0.0060	0.0165	0.0216	0.00049	0.00469	0.00673
		90 ⁰	0.0102	271.83	0.0713	125.95	0.20	0.0127	0.0351	0.0446	0.00050	0.00498	0.00688
	-2902	0 ⁰	0.0054	639.81	0.0382	397.80	0.40	0.0065	0.0188	0.0239	0.00046	0.00538	0.00742
		90 ⁰	0.0115	304.81	0.0818	179.85	0.20	0.0139	0.0391	0.0512	0.00048	0.00552	0.00794
	-2415	0 ⁰	0.0048	653.03	0.0451	492.85	0.40	0.0077	0.0222	0.0282	0.00113	0.00694	0.00934
		90 ⁰	0.0109	317.46	0.0969	222.74	0.20	0.0165	0.0463	0.0606	0.00112	0.00708	0.00994
	-1830	0 ⁰	0.0039	608.89	0.0554	544.88	0.40	0.0099	0.0273	0.0355	0.00239	0.00935	0.01263
		90 ⁰	0.0086	296.53	0.1174	248.02	0.20	0.0210	0.0578	0.0735	0.00248	0.00984	0.01298
	-1251	0 ⁰	0.0035	567.96	0.0747	540.95	0.40	0.0133	0.0357	0.0456	0.00393	0.01289	0.01685
		90 ⁰	0.0072	260.56	0.1588	246.43	0.20	0.0297	0.0759	0.0969	0.00451	0.01375	0.01795
	-661.32	0 ⁰	0.0033	489.88	0.1139	488.89	0.40	0.0185	0.0576	0.0731	0.00609	0.02173	0.02793
		90 ⁰	0.0067	224.03	0.2402	222.42	0.20	0.0390	0.1182	0.1541	0.00645	0.02229	0.02947
	-83.04	0 ⁰	0.0031	366.82	0.1923	382.04	0.40	0.0165	0.0629	0.0946	0.00536	0.02392	0.03660
		90 ⁰	0.0064	167.07	0.4071	173.30	0.20	0.0350	0.1426	0.2118	0.00572	0.02724	0.04108
	884.40	0 ⁰	0.0461	51.17	0.0461	51.17	0.40	0.0133	0.0551	0.0827	-0.01312	0.00360	0.01464
		90 ⁰	0.1124	24.97	0.1124	24.97	0.20	0.0297	0.1162	0.1764	-0.01654	0.00076	0.01280

EK 2 - Tablo 4.24. C10 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
80/40	-3716	0 ⁰	0.0045	508.00	0.0241	234.66	1.65	0	0.00432	0.00576
		90 ⁰	0.0094	243.71	0.0520	101.88	1.65	0	0.00587	0.00783
	-3351	0 ⁰	0.0049	575.95	0.0267	346.96	1.65	0	0.00480	0.00640
		90 ⁰	0.0104	275.35	0.0561	156.39	1.65	0	0.00631	0.00842
	-2902	0 ⁰	0.0054	648.01	0.0296	451.90	1.65	0	0.00531	0.00708
		90 ⁰	0.0116	308.52	0.0637	203.08	1.65	0	0.00719	0.00958
	-2415	0 ⁰	0.0047	653.60	0.0349	529.98	1.65	0	0.00656	0.00874
		90 ⁰	0.0106	317.40	0.0736	241.61	1.65	0	0.00857	0.01142
	-1830	0 ⁰	0.0039	616.06	0.0438	568.32	1.65	0	0.00859	0.01146
		90 ⁰	0.0084	296.60	0.0925	258.75	1.65	0	0.01123	0.01497
	-1251	0 ⁰	0.0034	575.81	0.0574	551.89	1.65	0	0.01155	0.01540
		90 ⁰	0.0071	264.78	0.1216	251.52	1.65	0	0.01514	0.02018
	-661.32	0 ⁰	0.0032	490.17	0.0905	489.48	1.65	0	0.01860	0.02480
		90 ⁰	0.0065	225.05	0.1908	222.75	1.65	0	0.02418	0.03224
	-83.04	0 ⁰	0.0030	361.23	0.1542	375.67	1.65	0	0.03212	0.04283
		90 ⁰	0.0062	165.52	0.3250	170.39	1.65	0	0.04164	0.05553
	884.40	0 ⁰	0.1188	33.58	0.1188	33.58	1.65	0	0.00428	0.00570
		90 ⁰	0.2478	14.02	0.2478	14.02	1.65	0	0.00892	0.01189

EK 2 - Tablo 4.25. C11 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
80/50	-4343	0 ⁰	0.0045	590.30	0.0288	207.16	0.40	0.0056	0.0142	0.0185	0.00046	0.00388	0.00560
		90 ⁰	0.0074	361.81	0.0483	117.49	0.25	0.0090	0.0238	0.0302	0.00040	0.00409	0.00569
	-3968	0 ⁰	0.0049	654.27	0.0312	331.77	0.40	0.0061	0.0153	0.0200	0.00049	0.00417	0.00605
		90 ⁰	0.0081	400.43	0.0525	190.55	0.25	0.0098	0.0258	0.0328	0.00044	0.00443	0.00618
	-3483	0 ⁰	0.0054	721.11	0.0356	441.73	0.40	0.0067	0.0175	0.0223	0.00049	0.00482	0.00674
		90 ⁰	0.0091	440.54	0.0588	261.78	0.25	0.0110	0.0289	0.0368	0.00049	0.00496	0.00694
	-2945	0 ⁰	0.0048	723.80	0.0409	535.59	0.40	0.0080	0.0201	0.0262	0.00129	0.00612	0.00856
		90 ⁰	0.0082	446.56	0.0667	318.59	0.25	0.0131	0.0338	0.0428	0.00123	0.00640	0.00865
	-2279	0 ⁰	0.0039	669.28	0.0521	585.60	0.40	0.0102	0.0249	0.0326	0.00251	0.00839	0.01147
		90 ⁰	0.0066	413.31	0.0865	347.30	0.25	0.0169	0.0414	0.0528	0.00257	0.00869	0.01154
	-1623	0 ⁰	0.0035	614.42	0.0682	578.21	0.40	0.0134	0.0336	0.0427	0.00398	0.01206	0.01570
		90 ⁰	0.0056	366.50	0.1111	343.51	0.25	0.0228	0.0562	0.0713	0.00430	0.01265	0.01643
	-943.36	0 ⁰	0.0032	510.97	0.1032	502.45	0.40	0.0184	0.0493	0.0630	0.00609	0.01845	0.02393
		90 ⁰	0.0051	304.77	0.1694	297.83	0.25	0.0303	0.0810	0.1033	0.00629	0.01897	0.02454
	-286.65	0 ⁰	0.0030	367.83	0.1877	378.59	0.40	0.0161	0.0636	0.0950	0.00524	0.02424	0.03680
		90 ⁰	0.0049	219.26	0.3066	223.86	0.25	0.0264	0.1074	0.1595	0.00539	0.02564	0.03866
	707.52	0 ⁰	0.0371	40.15	0.0371	40.15	0.40	0.0133	0.0551	0.0827	-0.00952	0.00720	0.01824
		90 ⁰	0.0662	24.56	0.0662	24.56	0.25	0.0227	0.0888	0.1348	-0.01088	0.00565	0.01715

EK 2 - Tablo 4.26. C11 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

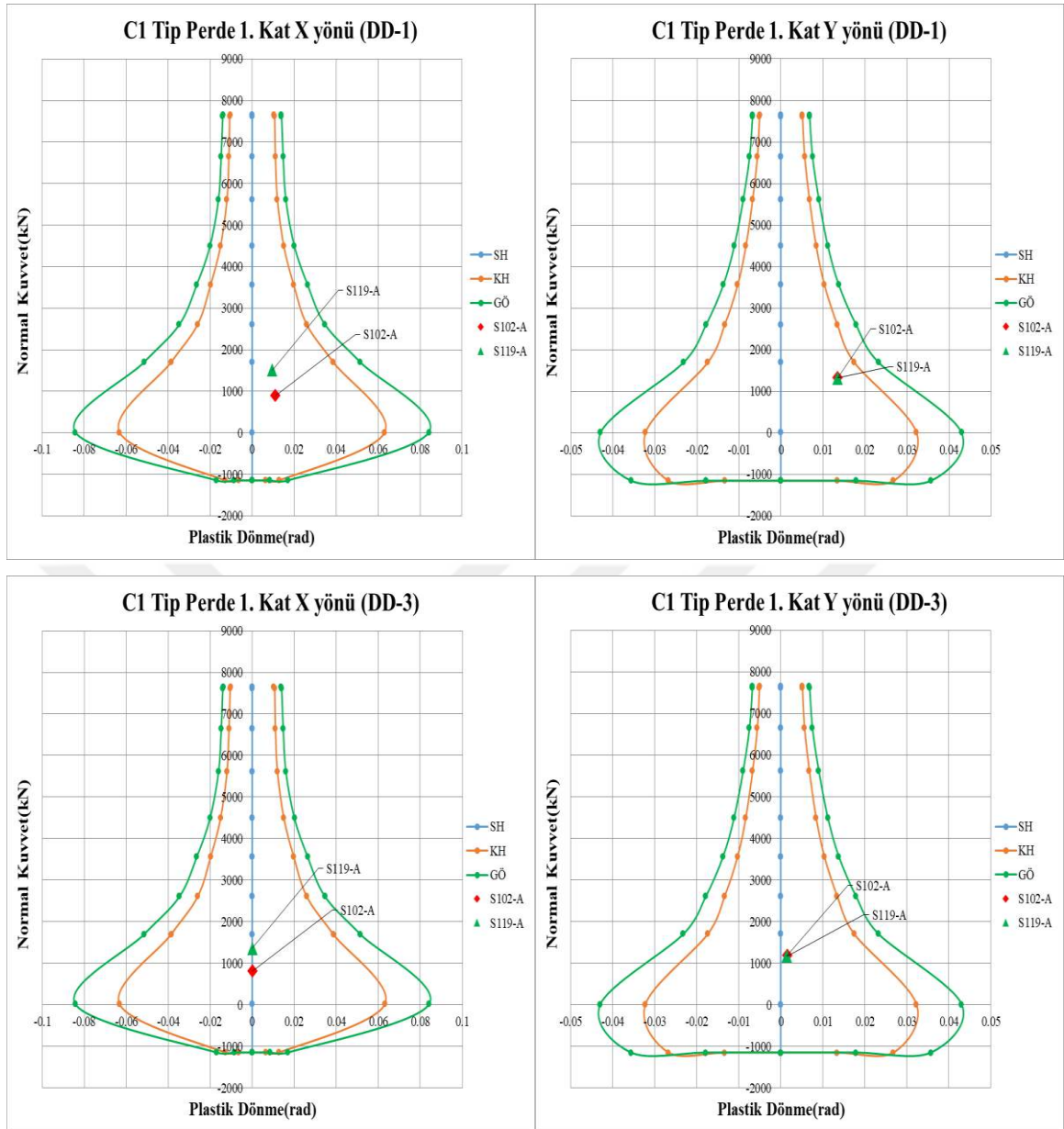
Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
80/50	-4343	0 ⁰	0.0046	597.59	0.0230	300.41	1.65	0	0.00407	0.00542
		90 ⁰	0.0075	366.08	0.0374	177.39	1.65	0	0.00480	0.00639
	-3968	0 ⁰	0.0050	661.50	0.0249	407.94	1.65	0	0.00440	0.00587
		90 ⁰	0.0082	404.69	0.0402	242.89	1.65	0	0.00514	0.00686
	-3483	0 ⁰	0.0055	727.92	0.0278	504.60	1.65	0	0.00492	0.00656
		90 ⁰	0.0092	444.63	0.0457	298.63	1.65	0	0.00586	0.00782
	-2945	0 ⁰	0.0047	722.01	0.0326	581.11	1.65	0	0.00608	0.00810
		90 ⁰	0.0080	446.36	0.0528	345.63	1.65	0	0.00707	0.00943
	-2279	0 ⁰	0.0038	669.87	0.0407	612.93	1.65	0	0.00794	0.01059
		90 ⁰	0.0065	413.93	0.0673	363.45	1.65	0	0.00945	0.01260
	-1623	0 ⁰	0.0034	623.06	0.0539	593.44	1.65	0	0.01081	0.01441
		90 ⁰	0.0056	372.46	0.0877	352.36	1.65	0	0.01264	0.01686
	-943.36	0 ⁰	0.0031	513.98	0.0801	505.51	1.65	0	0.01642	0.02189
		90 ⁰	0.0050	306.78	0.1318	299.66	1.65	0	0.01939	0.02586
	-286.65	0 ⁰	0.0029	365.74	0.1501	373.73	1.65	0	0.03127	0.04170
		90 ⁰	0.0047	217.13	0.2479	221.15	1.65	0	0.03702	0.04936
	707.52	0 ⁰	0.0287	31.03	0.0287	31.03	1.65	0	0.00103	0.00138
		90 ⁰	0.0515	19.11	0.0515	19.11	1.65	0	0.00185	0.00247

EK 2 - Tablo 4.27. C12 tipi kolonların DBYBHY 2007'ye göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

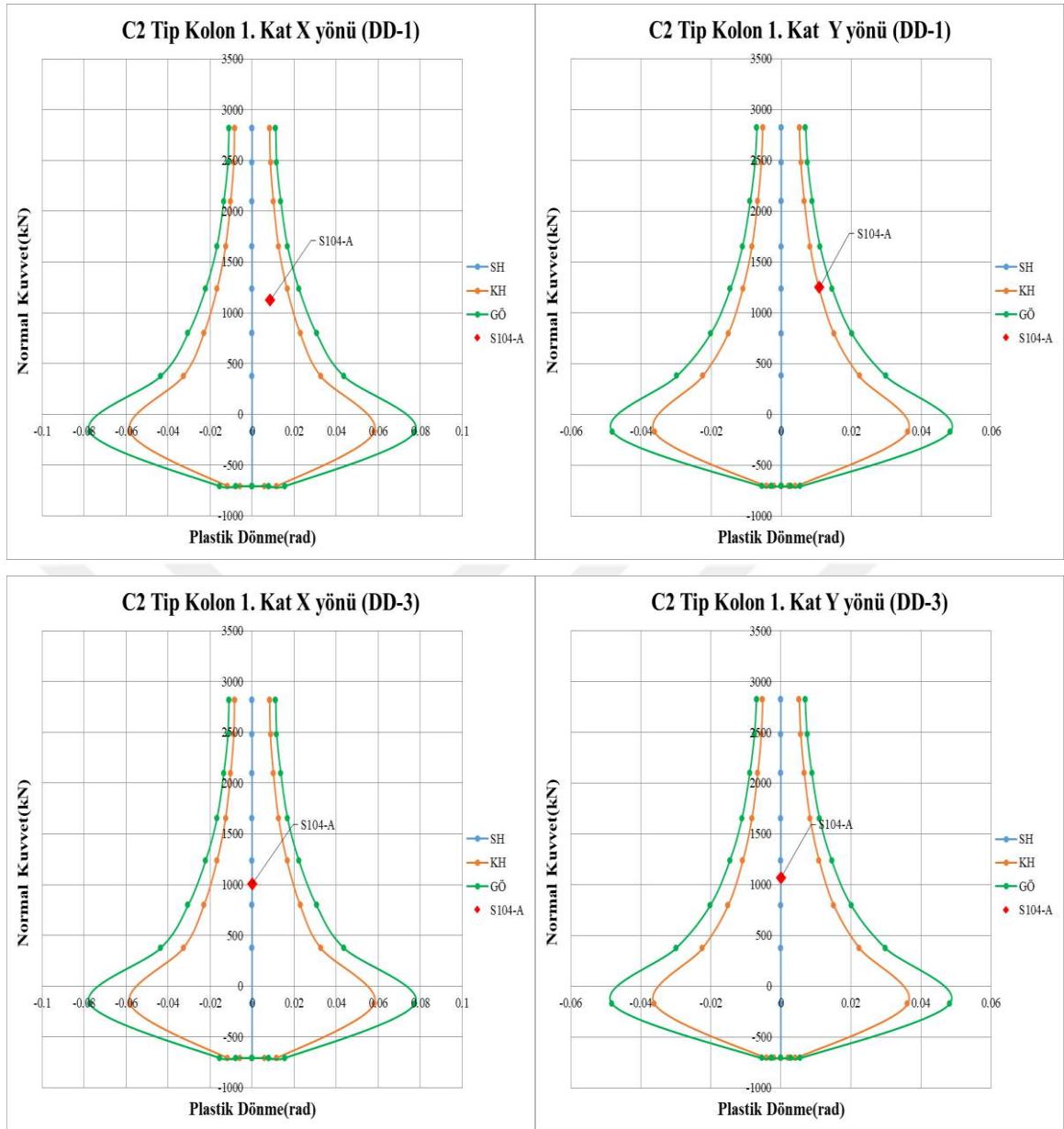
Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M _y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M _u (kNm)	L _p (m)	ϕ_{MN} (m ⁻¹)	ϕ_{GV} (m ⁻¹)	ϕ_{GC} (m ⁻¹)	θ_{MN} (rad)	θ_{GV} (rad)	θ_{GC} (rad)
90/30	-3240	0°	0.0037	464.16	0.0339	39.55	0.45	0.0047	0.0123	0.0157	0.00045	0.00386	0.00539
		90°	0.0123	143.51	0.1185	12.56	0.15	0.0156	0.0415	0.0534	0.00050	0.00438	0.00617
	-2905	0°	0.0041	539.34	0.0352	104.67	0.45	0.0052	0.0132	0.0168	0.00048	0.00410	0.00572
		90°	0.0137	165.56	0.1230	26.82	0.15	0.0171	0.0446	0.0571	0.00051	0.00464	0.00651
	-2508	0°	0.0046	616.73	0.0387	276.29	0.45	0.0057	0.0150	0.0190	0.00050	0.00469	0.00649
		90°	0.0155	187.53	0.1315	72.52	0.15	0.0193	0.0492	0.0647	0.00057	0.00506	0.00738
	-2074	0°	0.0045	655.14	0.0447	400.12	0.45	0.0066	0.0178	0.0226	0.00095	0.00601	0.00817
		90°	0.0166	204.55	0.1527	110.73	0.15	0.0224	0.0572	0.0751	0.00087	0.00609	0.00878
	-1559	0°	0.0036	615.43	0.0572	495.30	0.45	0.0084	0.0221	0.0273	0.00217	0.00834	0.01068
		90°	0.0128	193.83	0.1947	138.36	0.15	0.0285	0.0705	0.0904	0.00236	0.00866	0.01164
	-1048	0°	0.0031	564.48	0.0780	531.59	0.45	0.0114	0.0292	0.0373	0.00372	0.01173	0.01538
		90°	0.0103	166.44	0.2618	148.20	0.15	0.0404	0.0948	0.1252	0.00452	0.01268	0.01724
	-528.36	0°	0.0030	503.68	0.1111	497.81	0.45	0.0163	0.0457	0.0578	0.00600	0.01923	0.02467
		90°	0.0093	141.76	0.3700	138.86	0.15	0.0571	0.1524	0.1925	0.00717	0.02146	0.02748
	-14.65	0°	0.0028	388.19	0.1834	404.51	0.45	0.0147	0.0559	0.0852	0.00537	0.02391	0.03709
		90°	0.0087	109.28	0.6091	112.26	0.15	0.0489	0.2063	0.3082	0.00603	0.02964	0.04493
	884.40	0°	0.0395	56.36	0.0395	56.36	0.45	0.0117	0.0484	0.0727	-0.01251	0.00401	0.01494
		90°	0.1703	17.98	0.1703	17.98	0.15	0.0430	0.1584	0.2433	-0.01910	-0.00179	0.01095

EK 2 - Tablo 4.28. C12 tipi kolonların TBDY 2018'e göre yapılan moment-eğrilik analiz sonuçları ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen plastik dönmeler

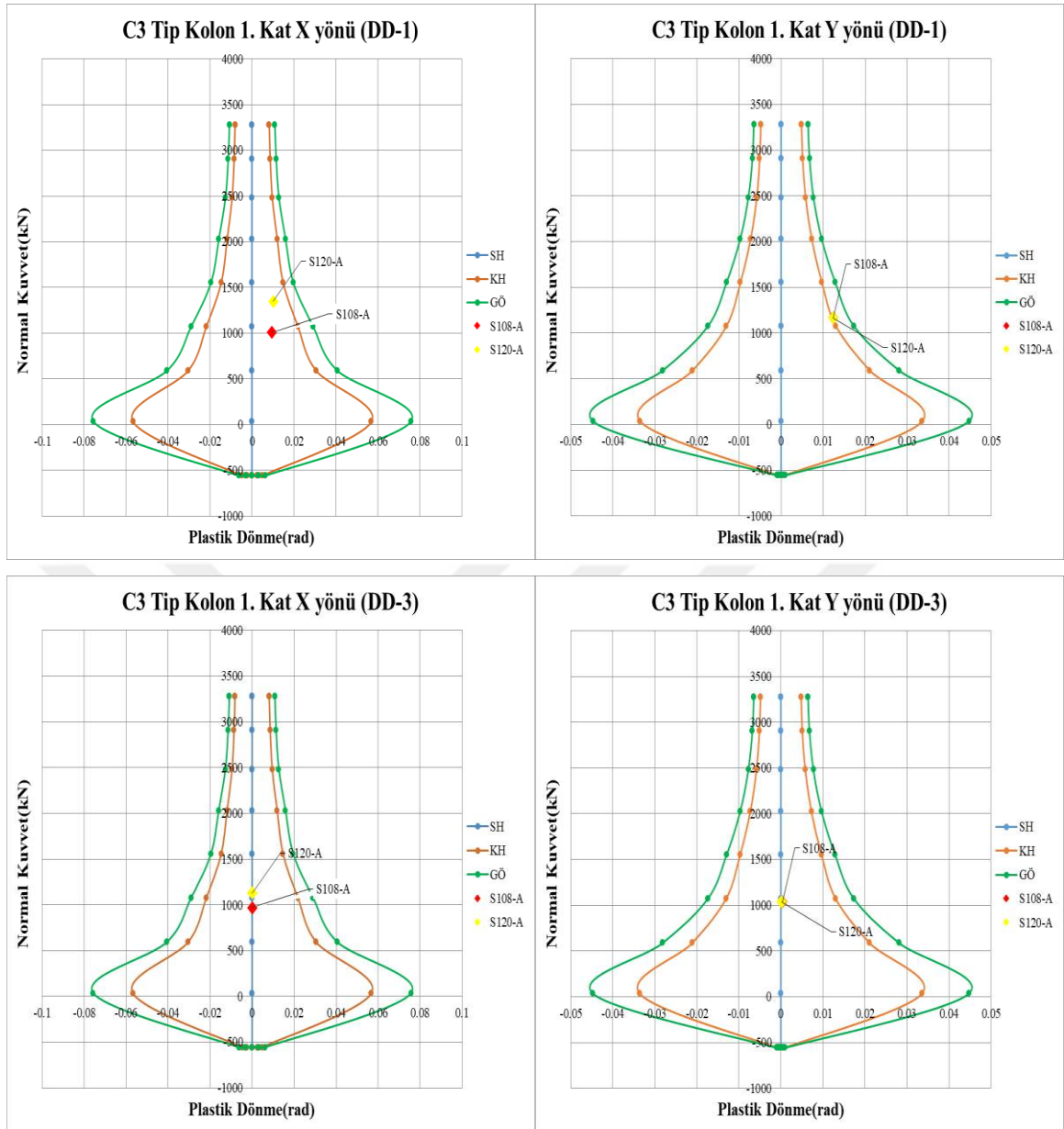
Kolon Boyutu	P (kN)	Açı	ϕ_y (m ⁻¹)	M_y (kNm)	ϕ_u (m ⁻¹)	M_u (kNm)	L_s (m)	θ_{SH} (rad)	θ_{KH} (rad)	$\theta_{GÖ}$ (rad)
90/30	-3240	0°	0.0037	464.15	0.0340	38.59	1.65	0	0.00708	0.00944
		90°	0.0123	143.51	0.1185	12.10	1.65	0	0.01186	0.01581
	-2905	0°	0.0041	539.34	0.0352	106.44	1.65	0	0.00728	0.00971
		90°	0.0137	165.56	0.1227	27.46	1.65	0	0.01221	0.01628
	-2508	0°	0.0046	616.75	0.0388	277.29	1.65	0	0.00802	0.01069
		90°	0.0155	187.51	0.1297	74.17	1.65	0	0.01283	0.01711
	-2074	0°	0.0045	655.34	0.0448	401.16	1.65	0	0.00941	0.01255
		90°	0.0166	204.52	0.1530	110.96	1.65	0	0.01526	0.02034
	-1559	0°	0.0036	615.31	0.0573	496.29	1.65	0	0.01245	0.01660
		90°	0.0128	193.84	0.1948	138.63	1.65	0	0.02002	0.02670
	-1048	0°	0.0031	564.62	0.0781	532.31	1.65	0	0.01731	0.02308
		90°	0.0103	166.46	0.2606	148.66	1.65	0	0.02727	0.03637
	-528.36	0°	0.0030	503.88	0.1119	496.84	1.65	0	0.02509	0.03345
		90°	0.0094	142.25	0.3754	138.56	1.65	0	0.03968	0.05291
	-14.65	0°	0.0028	384.69	0.1734	400.80	1.65	0	0.03924	0.05232
		90°	0.0087	108.61	0.6211	111.57	1.65	0	0.06614	0.08819
	884.40	0°	0.1048	37.49	0.1048	37.49	1.65	0	0.00377	0.00503
		90°	0.3633	9.60	0.3633	9.60	1.65	0	0.01308	0.01744



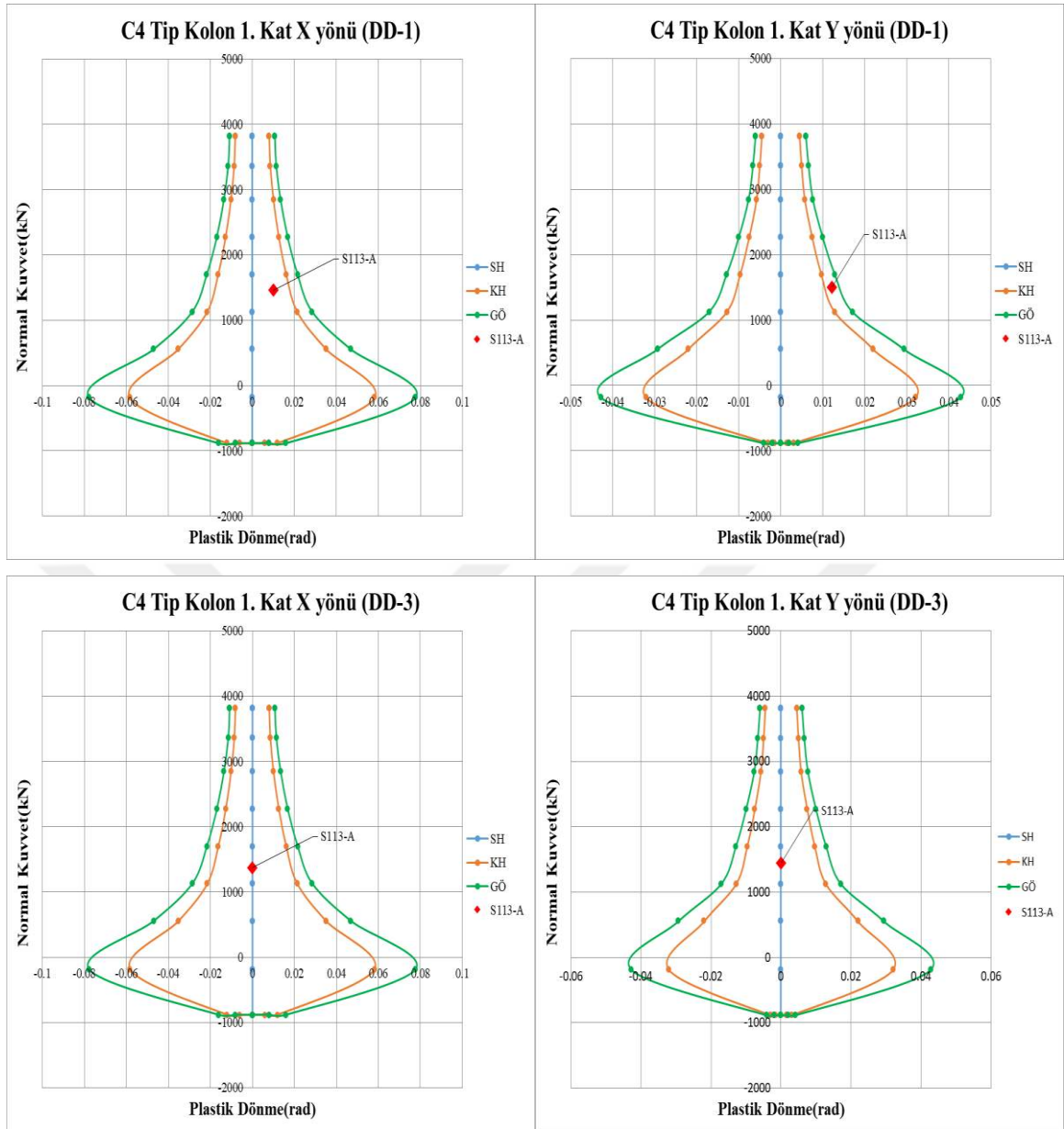
EK 3 - Şekil 4.1. C1 tip perde kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



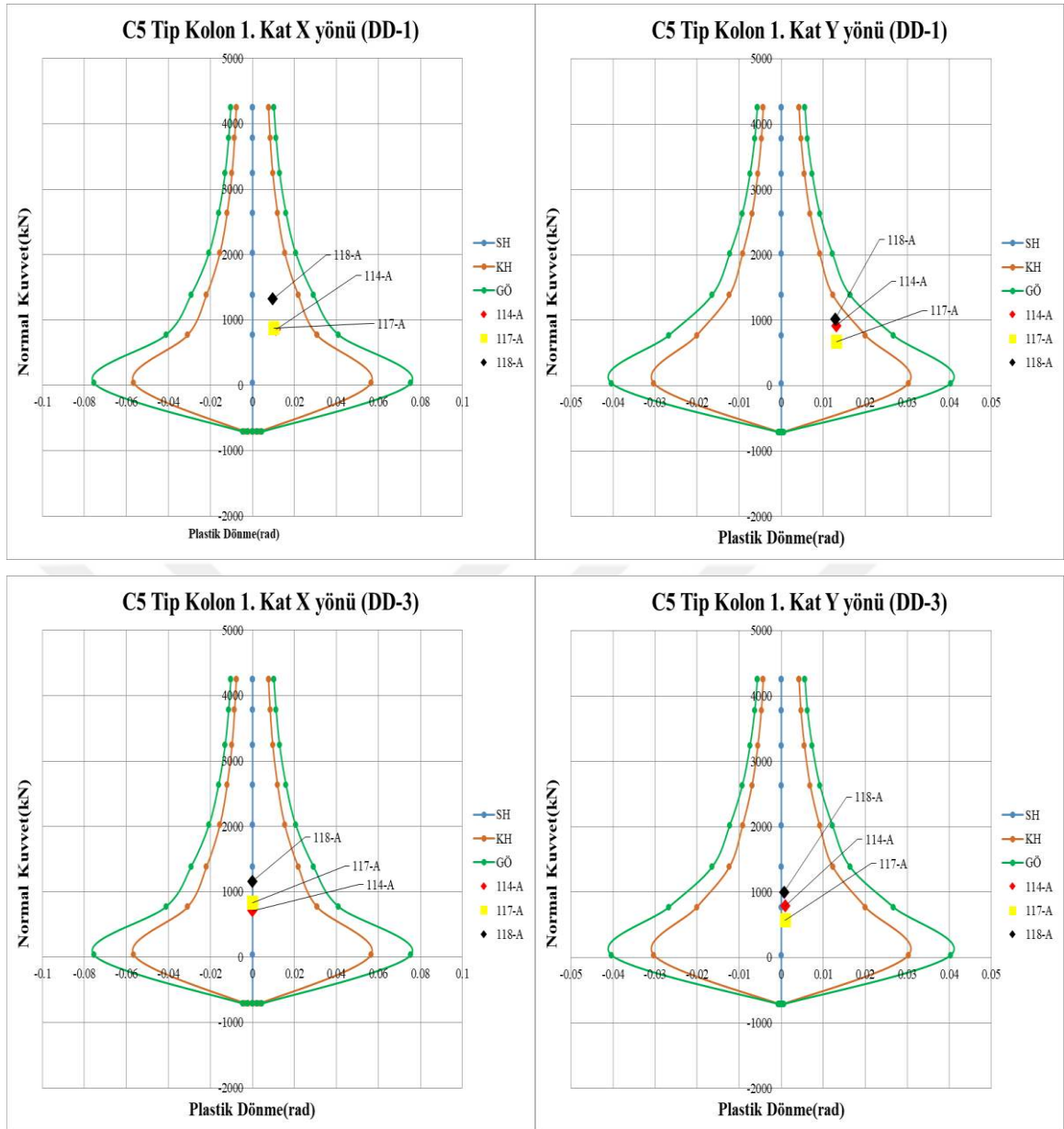
EK 3 - Şekil 4.2. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



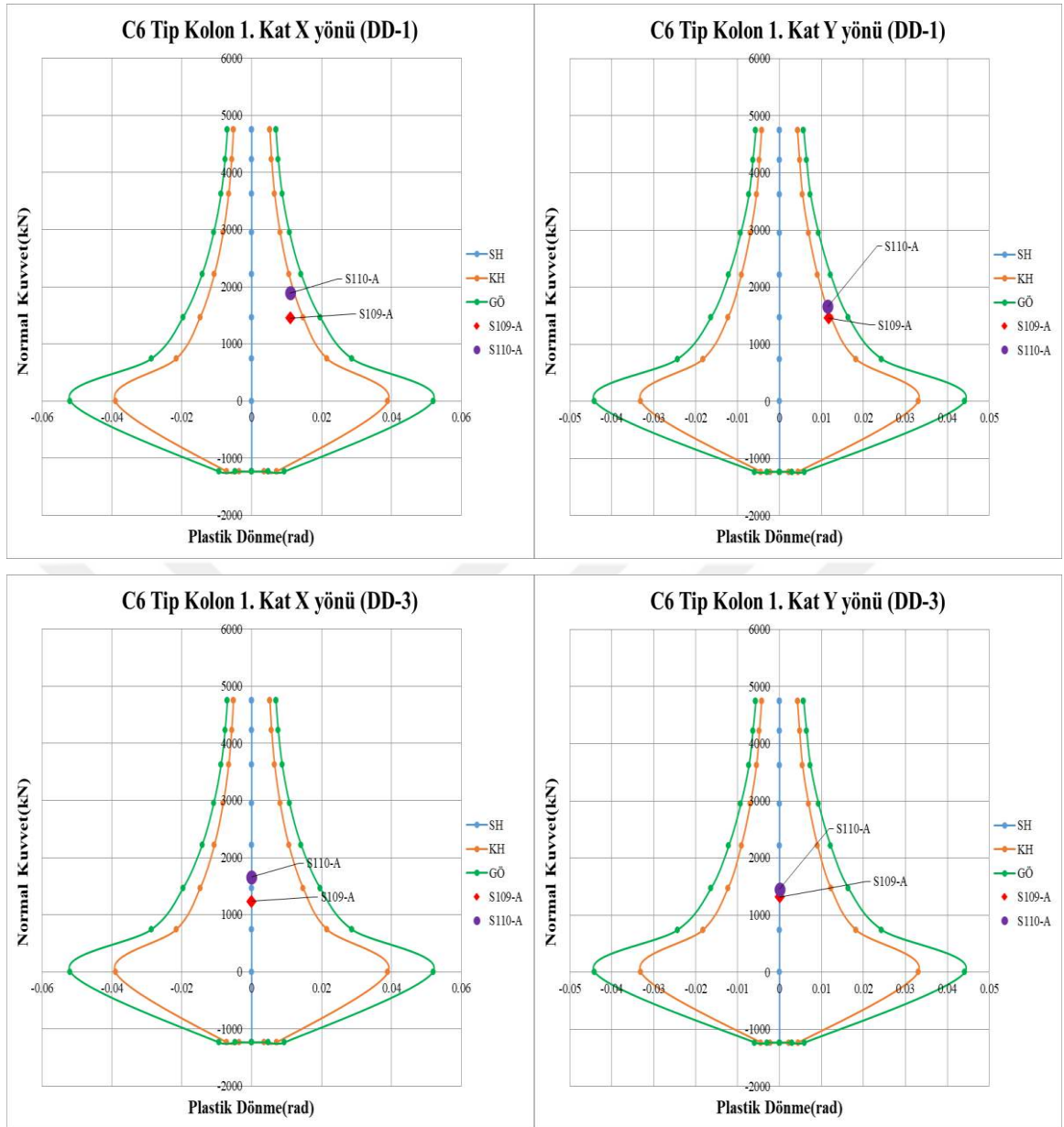
EK 3 - Şekil 4.3. C3 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



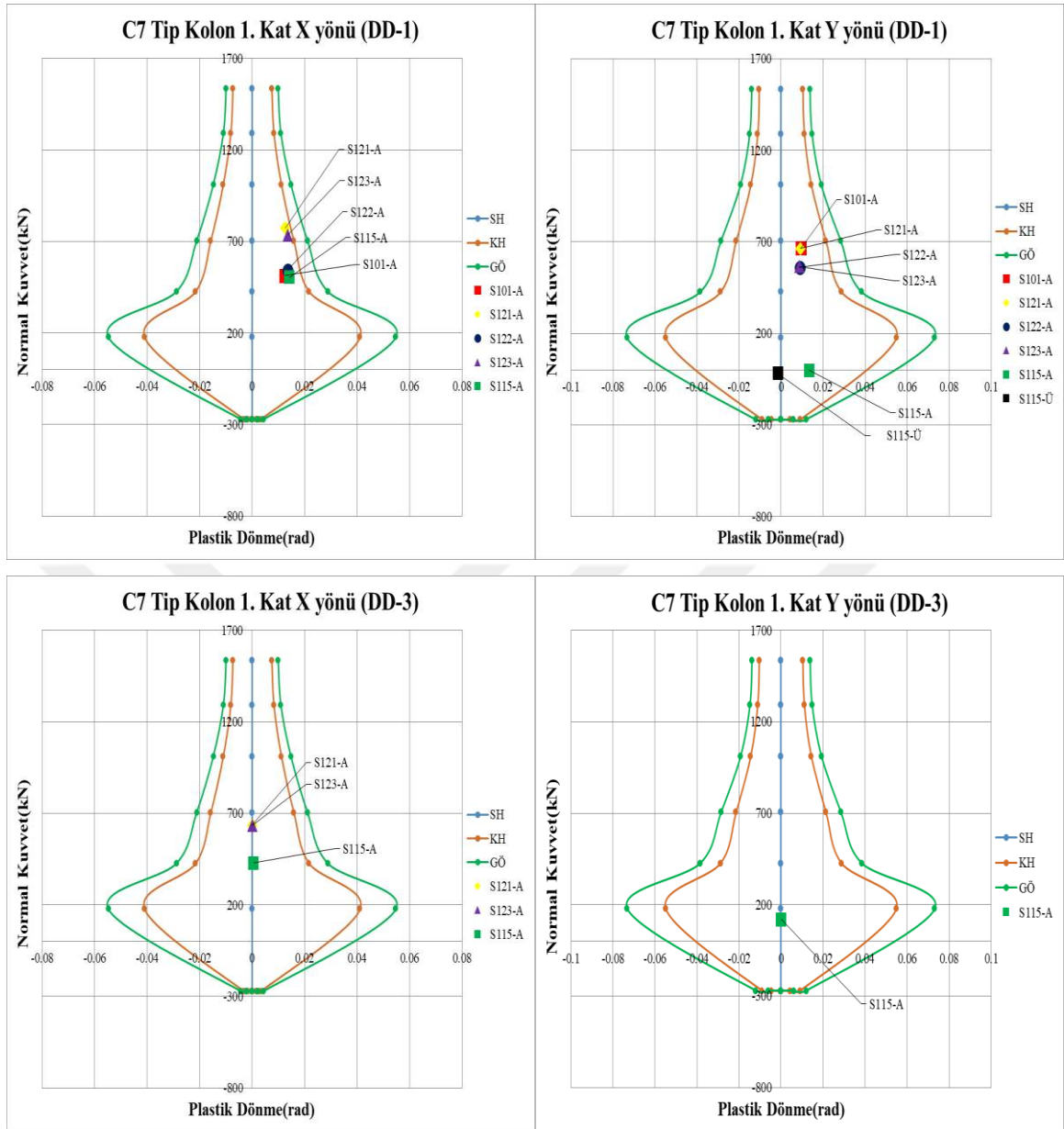
EK 3 - Şekil 4.4. C4 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



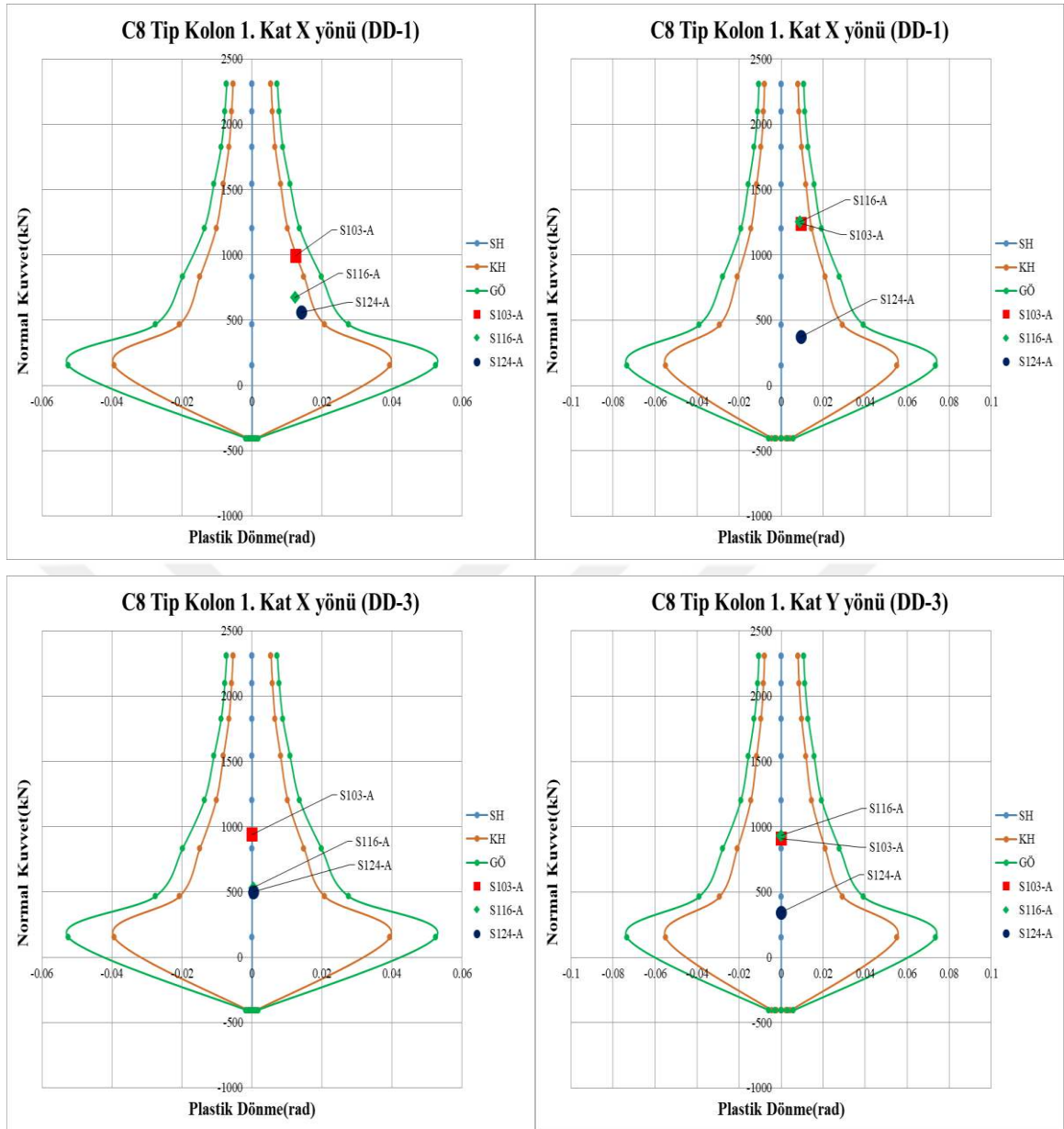
EK 3 - Şekil 4.5. C5 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



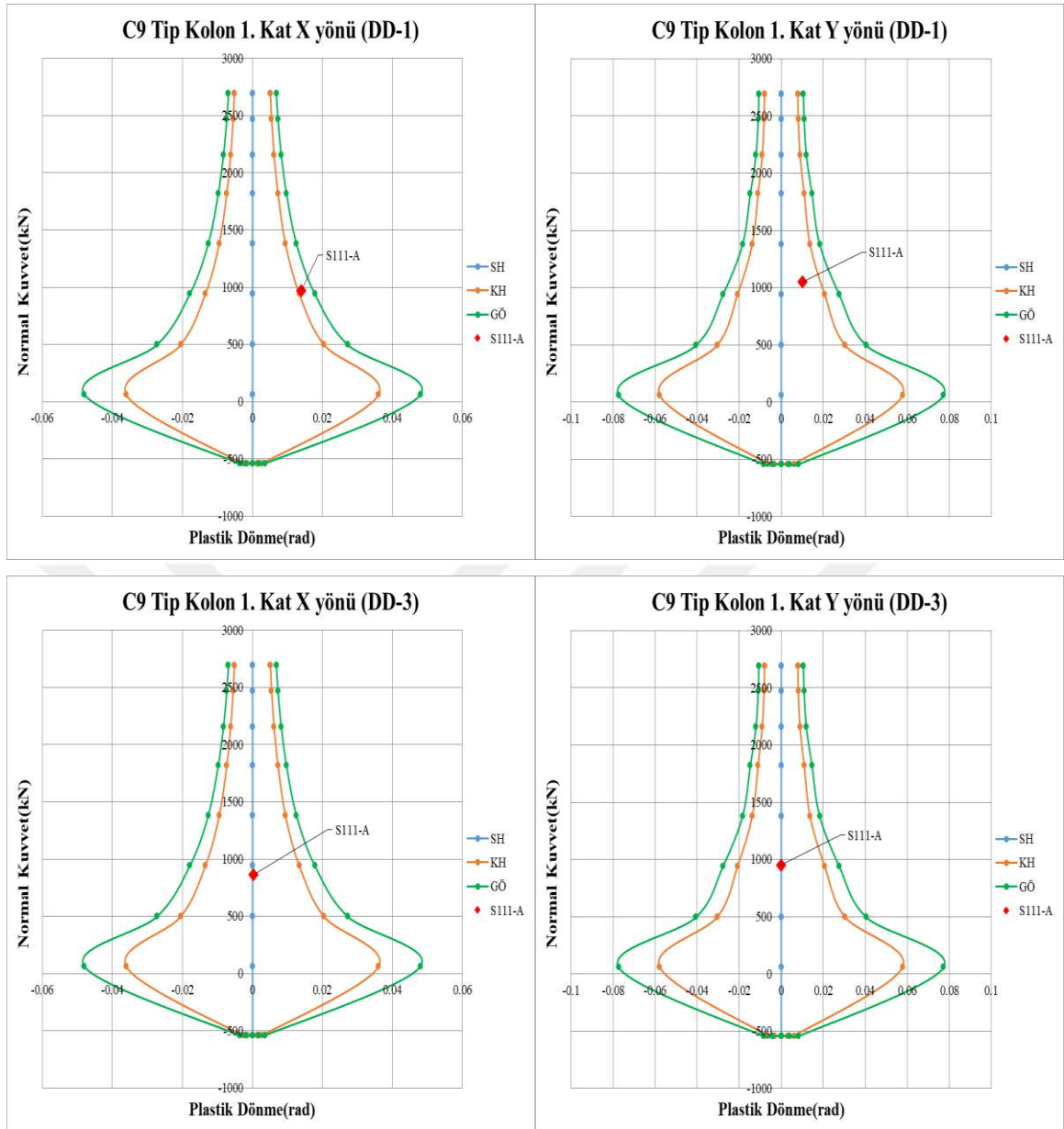
EK 3 - Şekil 4.6. C6 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



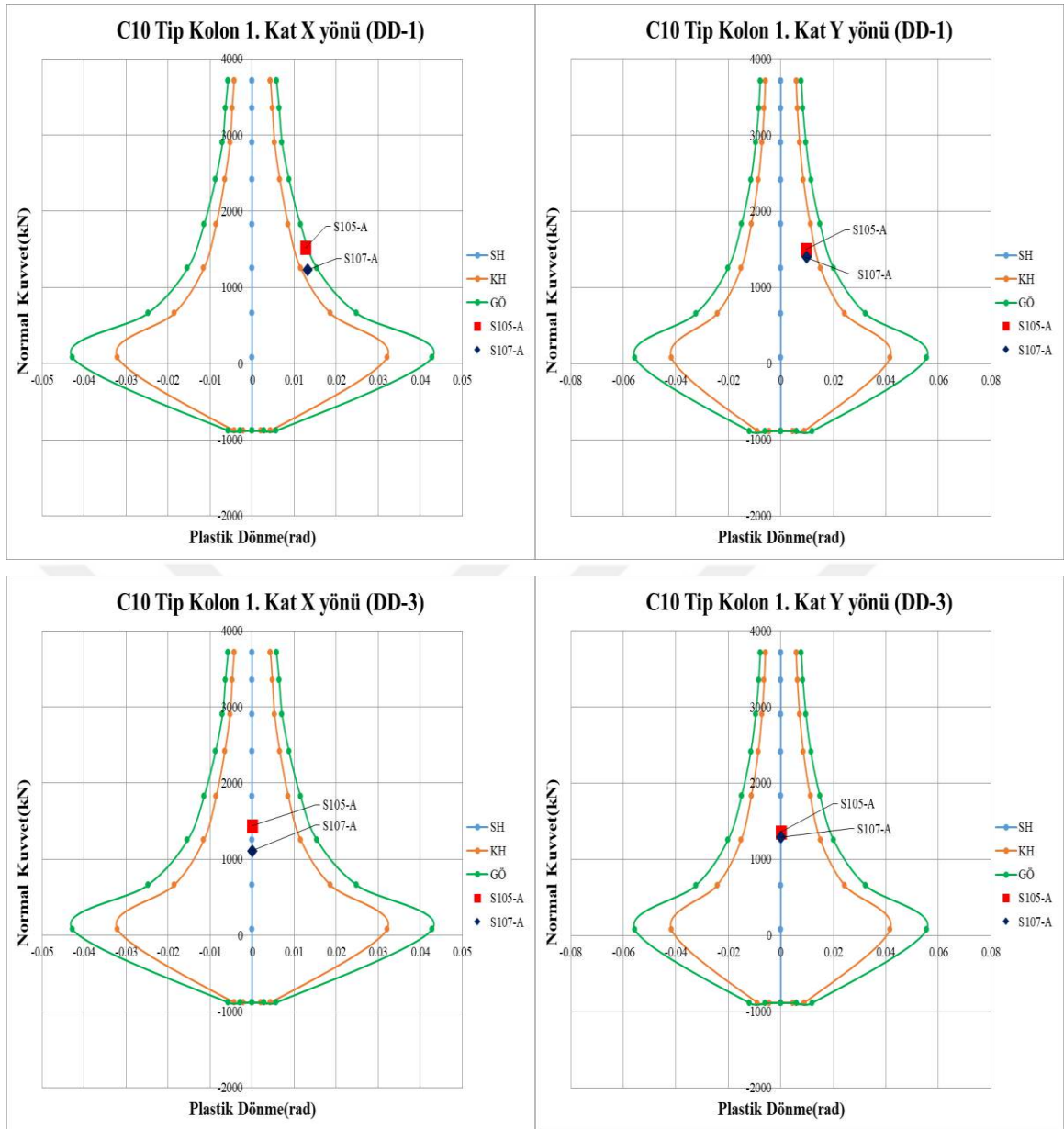
EK 3 - Şekil 4.7. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



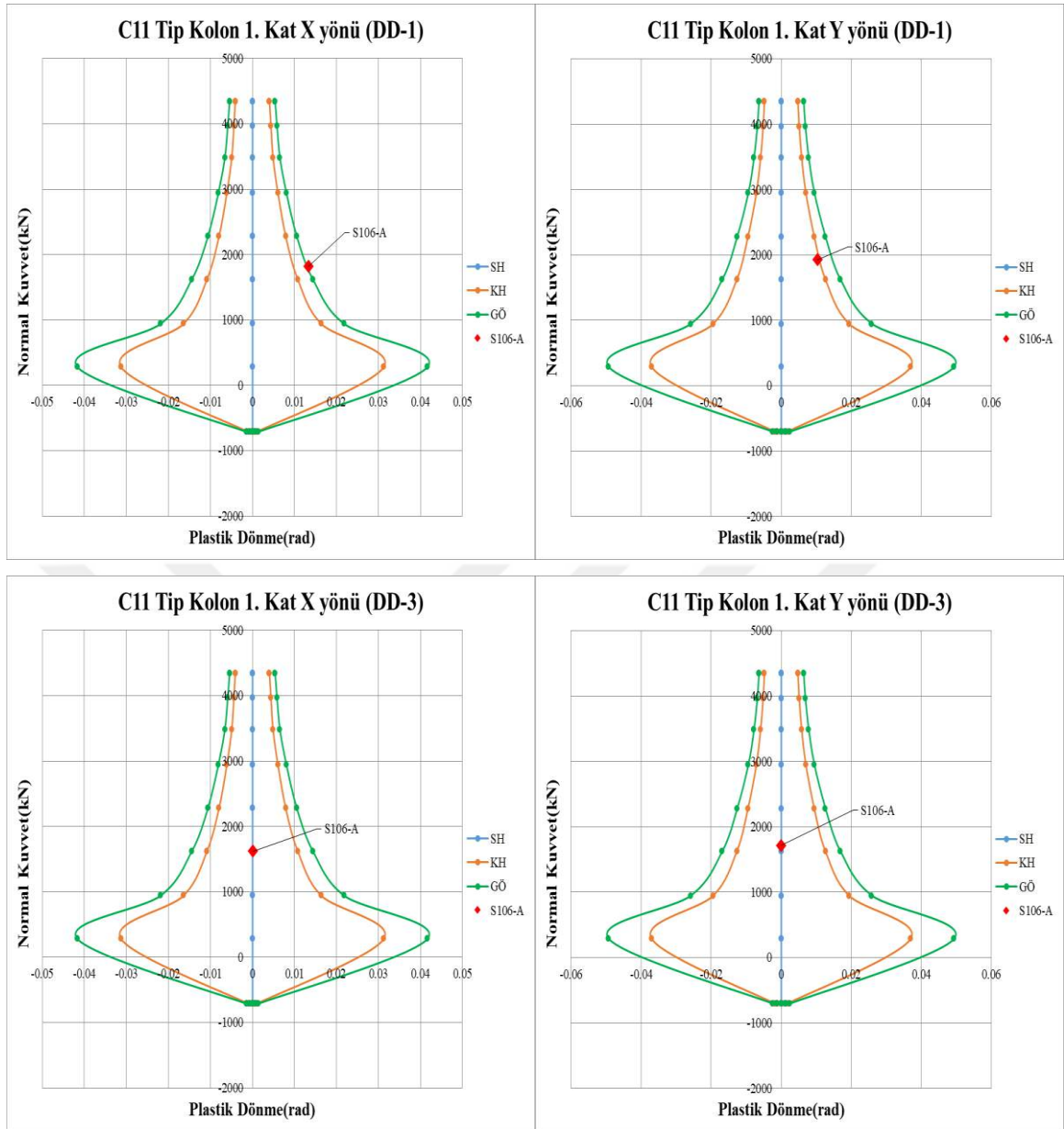
EK 3 - Şekil 4.8. C8 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



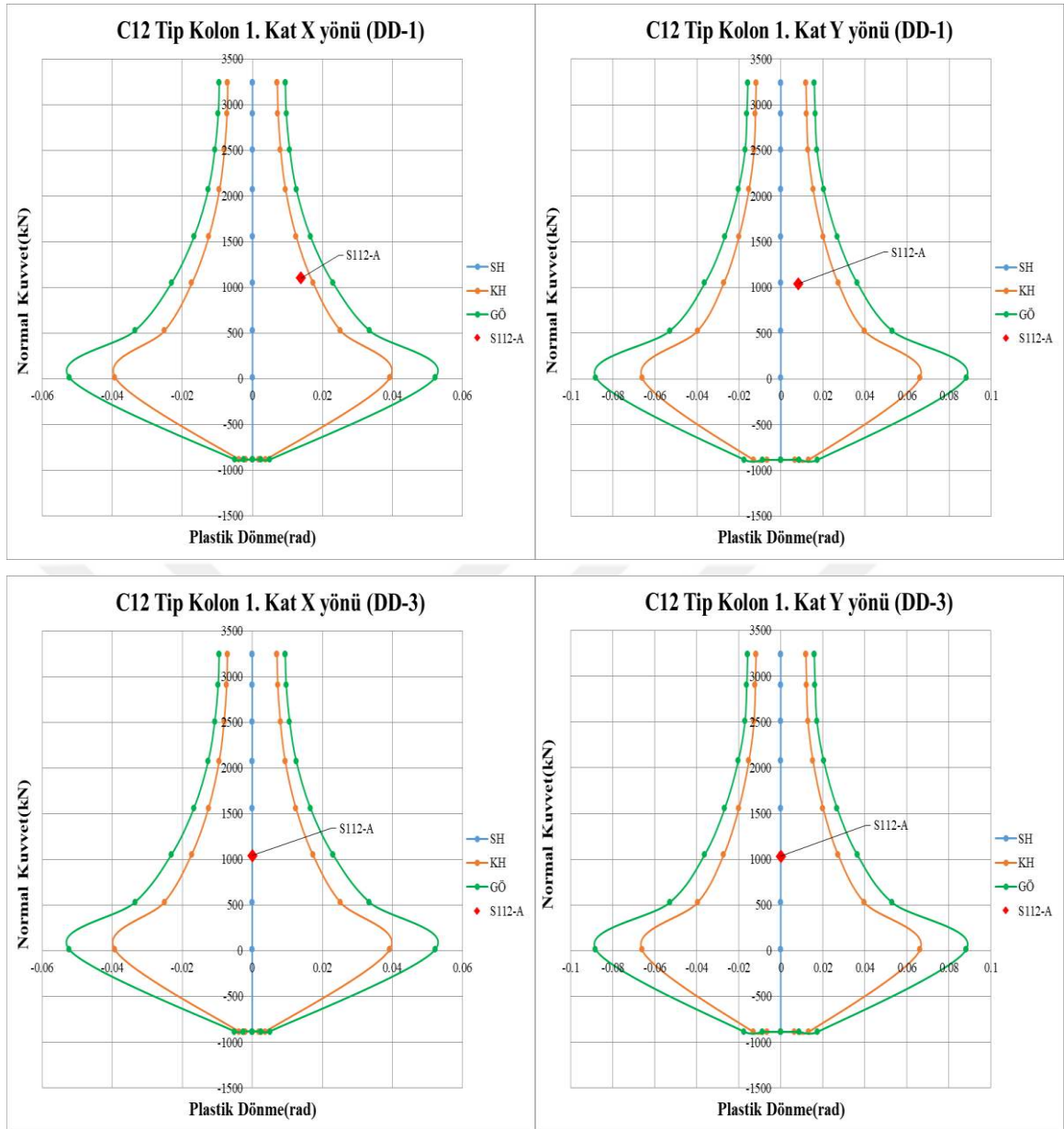
EK 3 - Şekil 4.9. C9 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



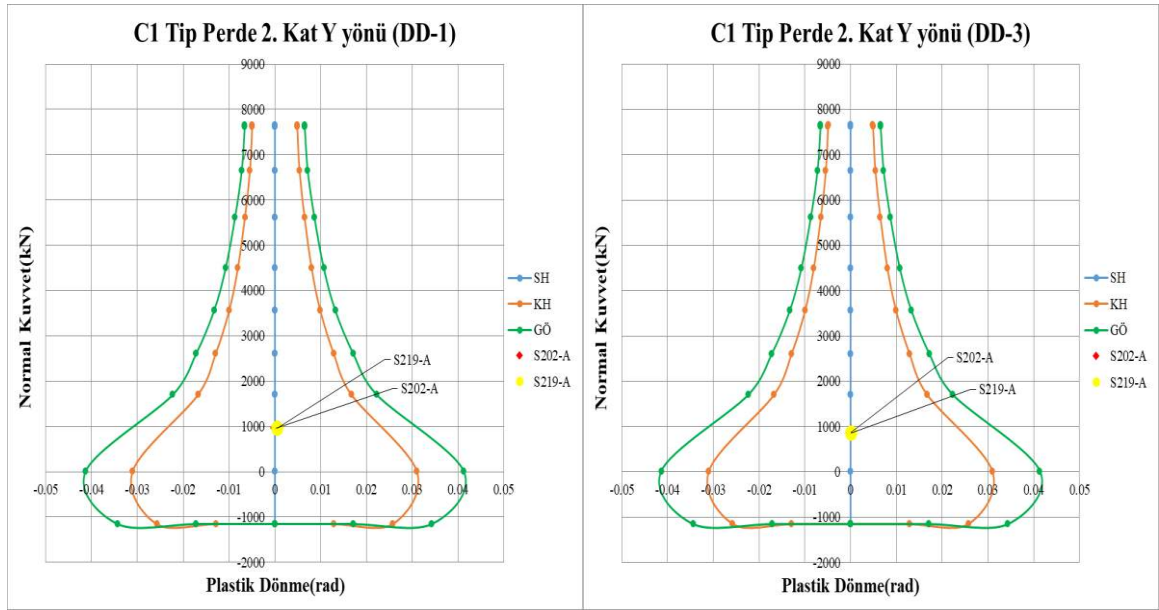
EK 3 - Şekil 4.10. C10 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



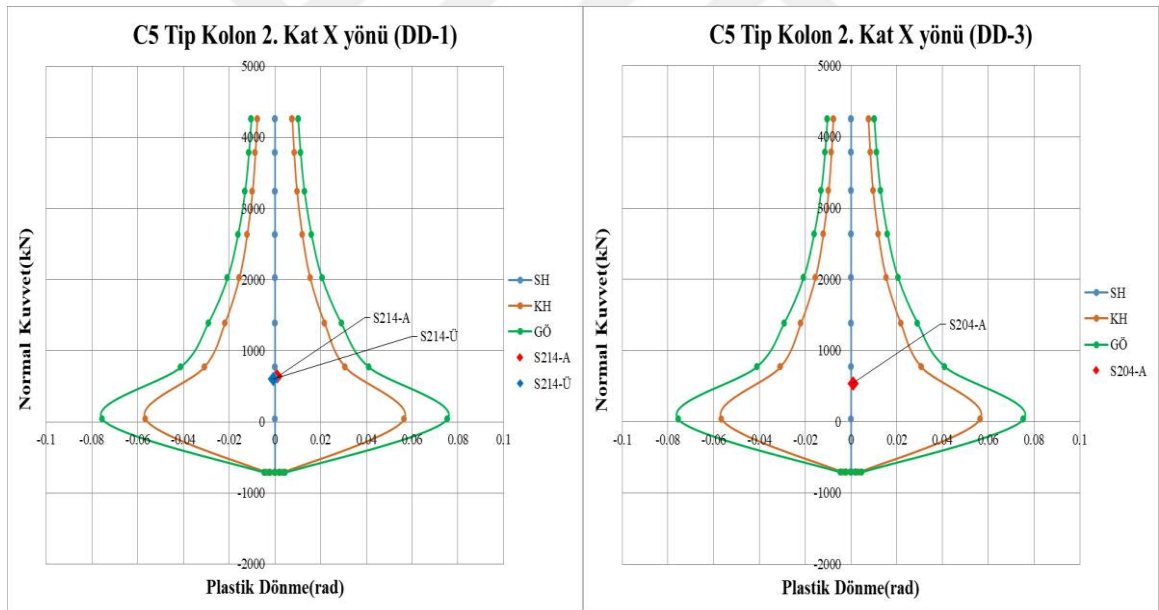
EK 3 - Şekil 4.11. C11 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



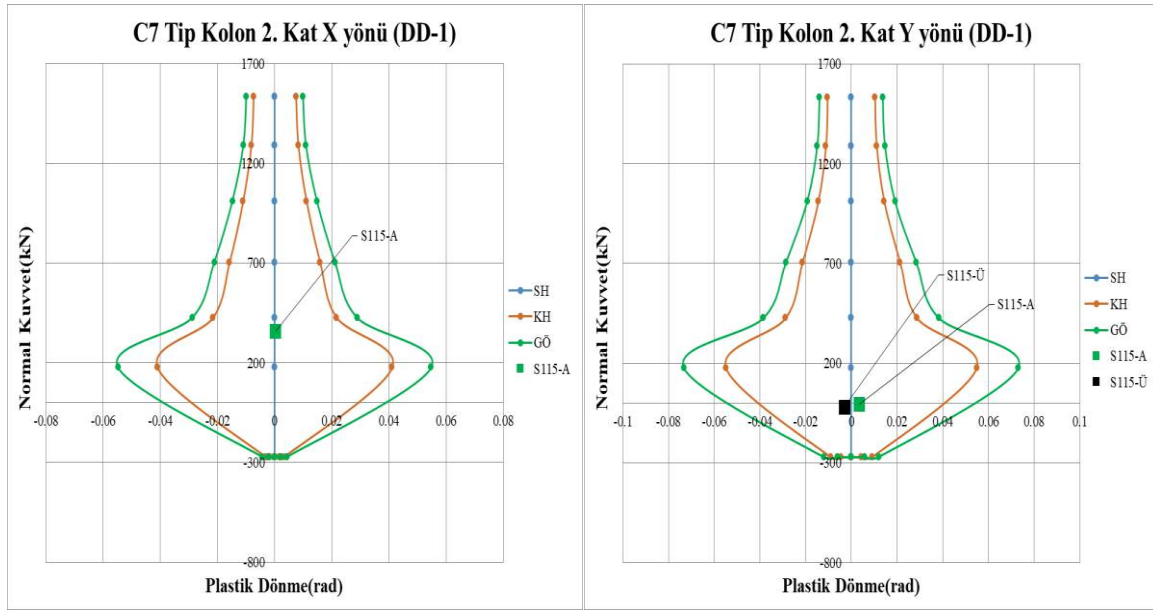
EK 3 - Şekil 4.12. C12 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 1. Kat hasar durumunun belirlenmesi



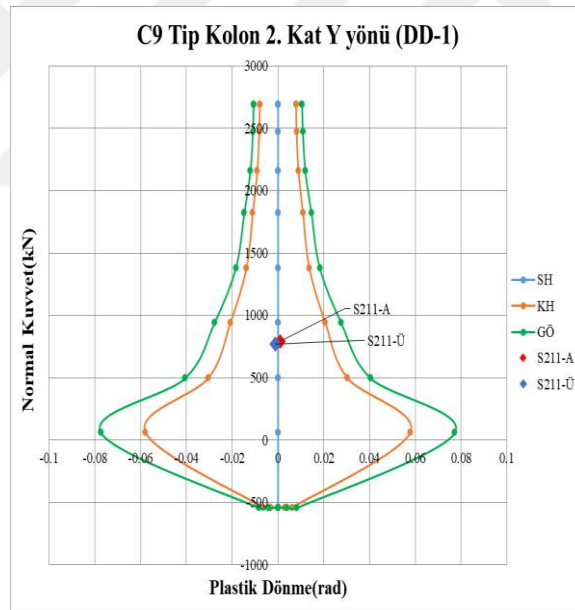
EK 3 - Şekil 4.47. C1 tip perde kesitinin TBDY 2018'e göre 2. Kat hasar durumunun belirlenmesi



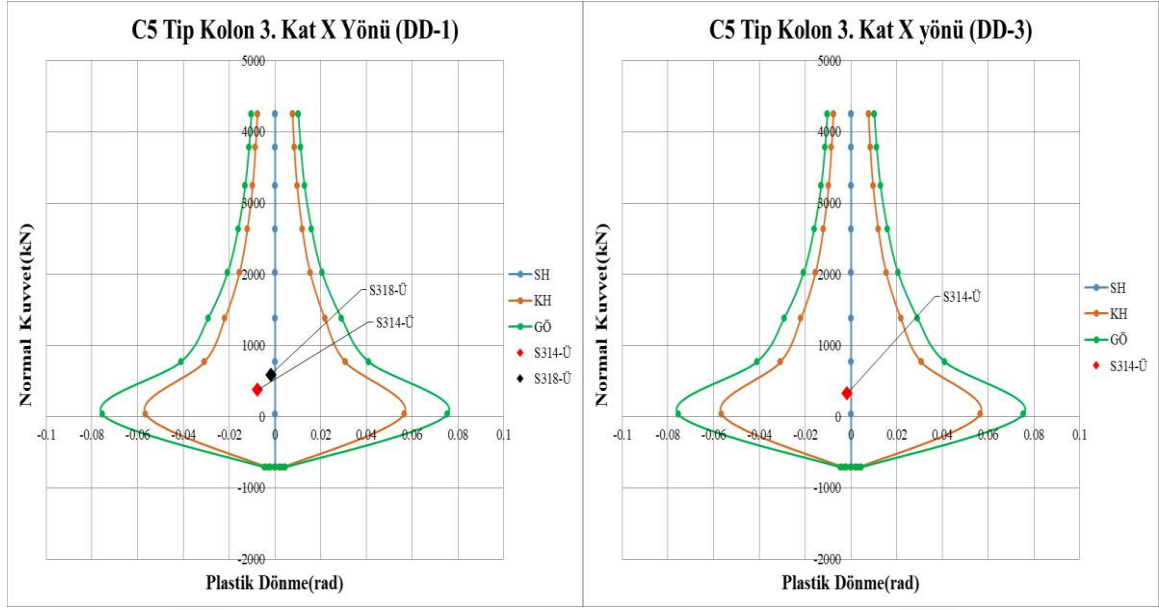
EK 3 - Şekil 4.13. C5 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 2. Kat hasar durumunun belirlenmesi



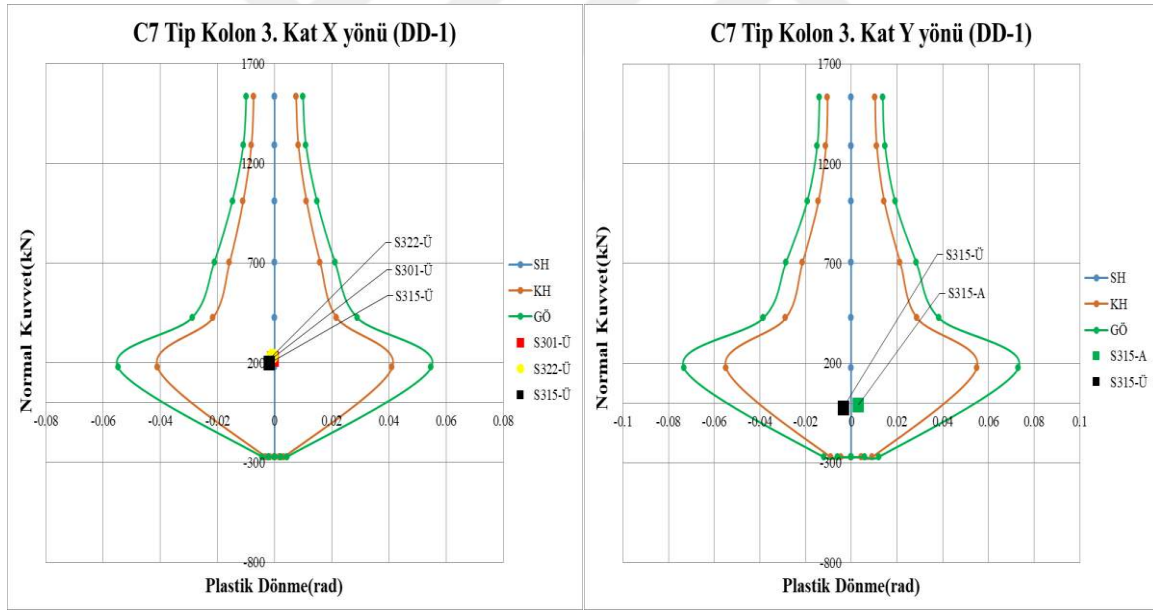
EK 3 - Şekil 4.49. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 2. Kat hasar durumunun belirlenmesi



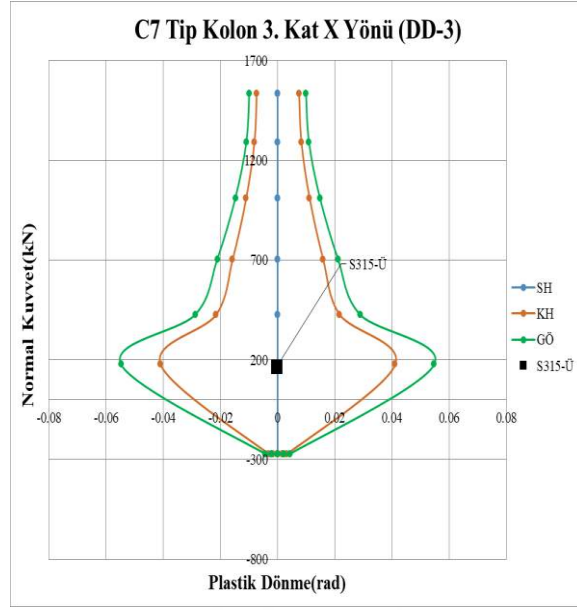
EK 3 - Şekil 4.14. C9 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 2. Kat hasar durumunun belirlenmesi



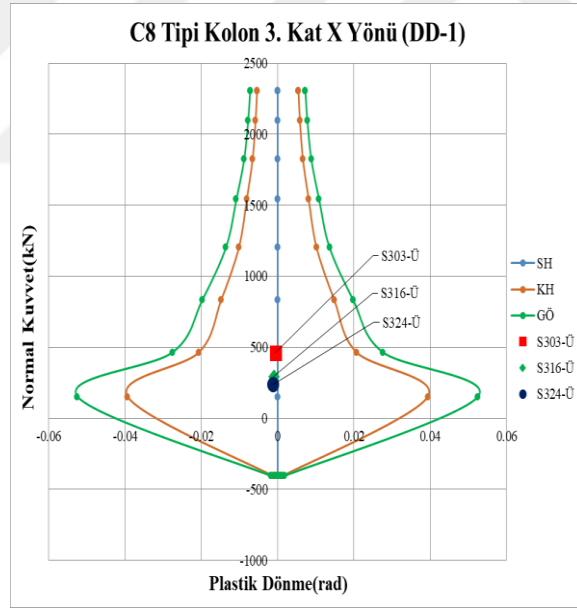
EK 3 - Şekil 4.15. C5 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi



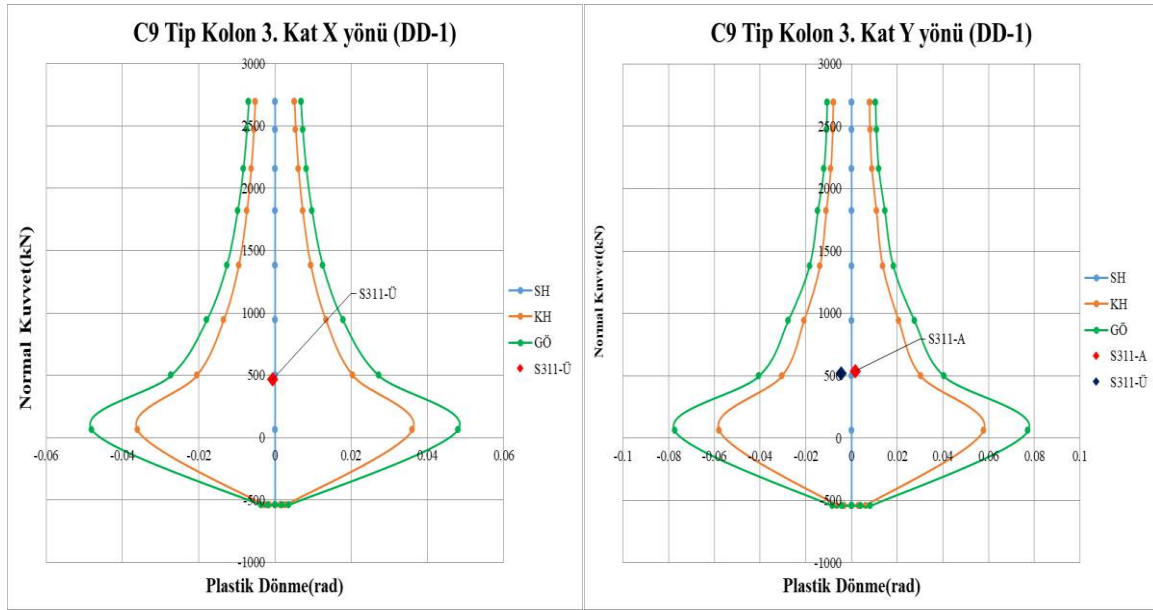
EK 3 - Şekil 4.16. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi



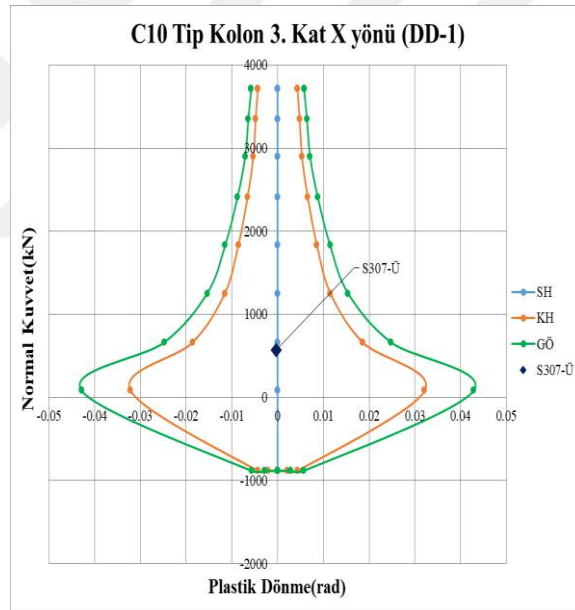
EK 3 - Şekil 4.17. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi (devamı)



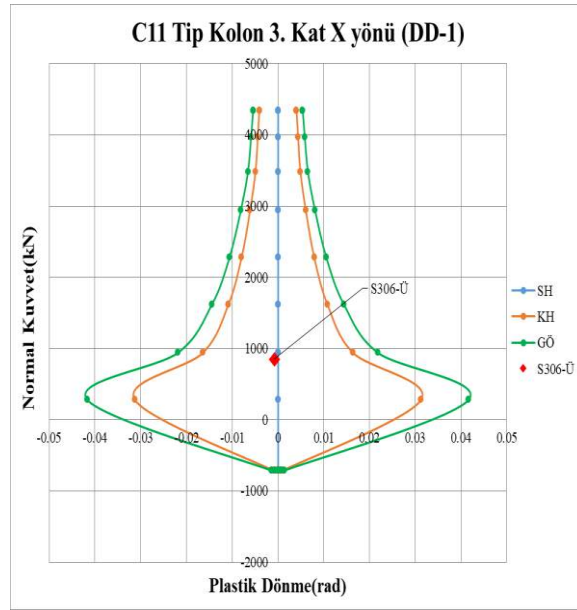
EK 3 - Şekil 4.18. C8 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi



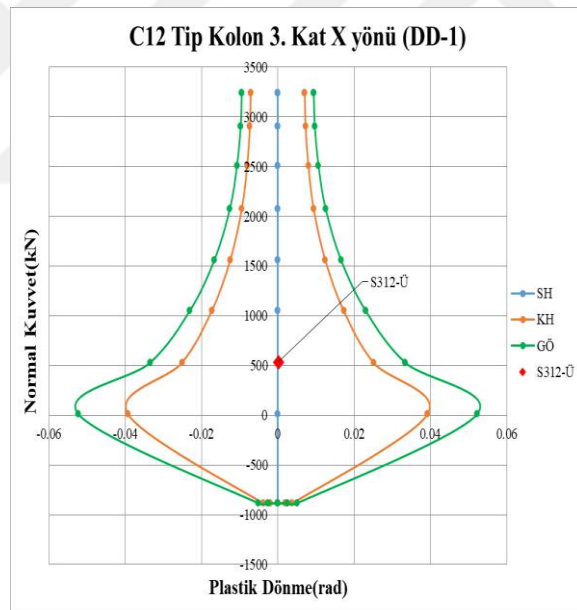
EK 3 - Şekil 4.19. C9 tip kolon kesitinin 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi



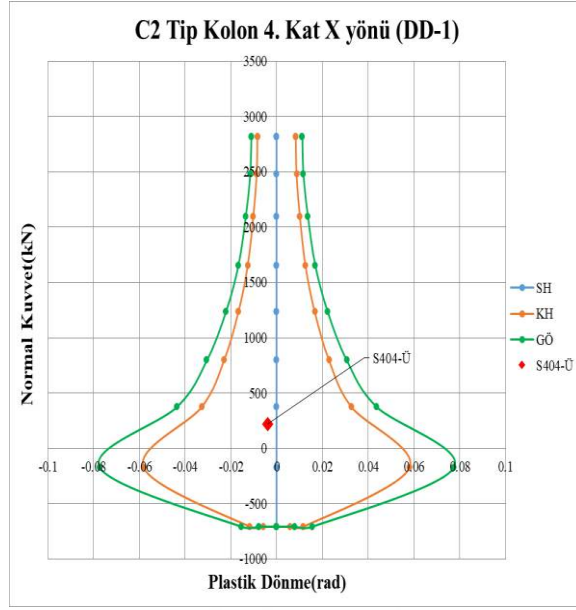
EK 3 - Şekil 4.20. C10 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi



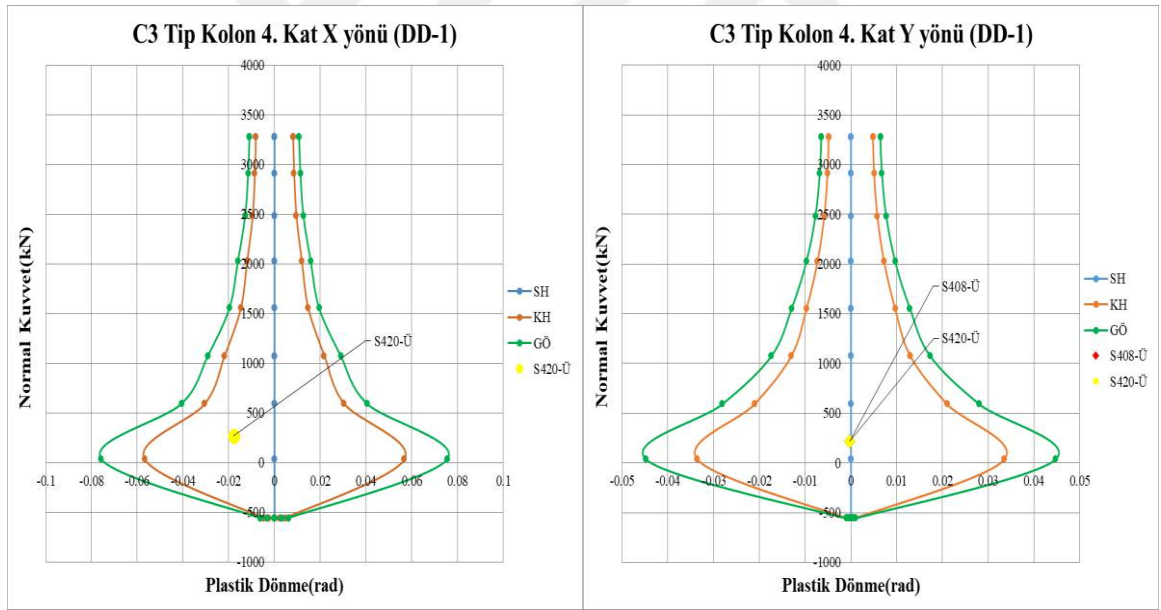
EK 3 - Şekil 4.21. C11 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi



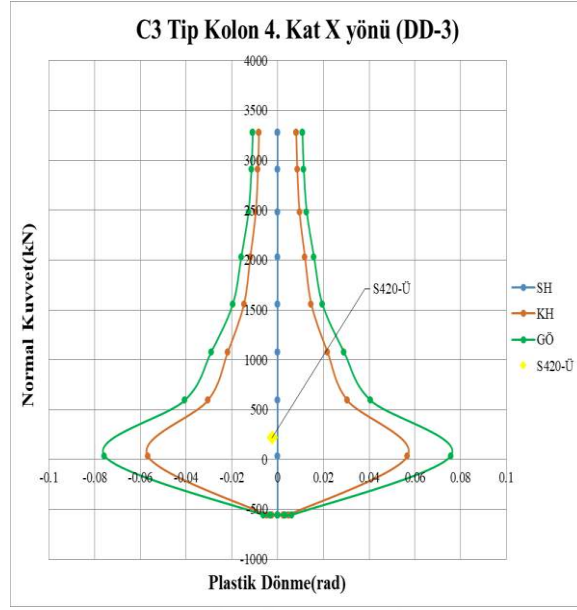
EK 3 - Şekil 4.22. C12 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 3. Kat hasar durumunun belirlenmesi



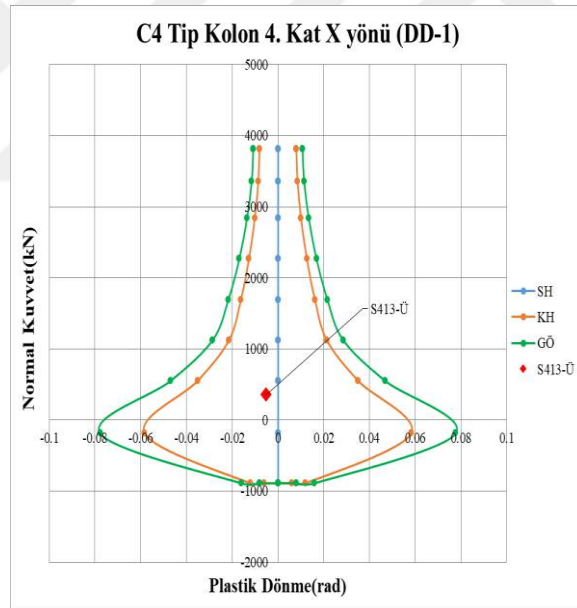
EK 3 - Şekil 4.23. C2 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



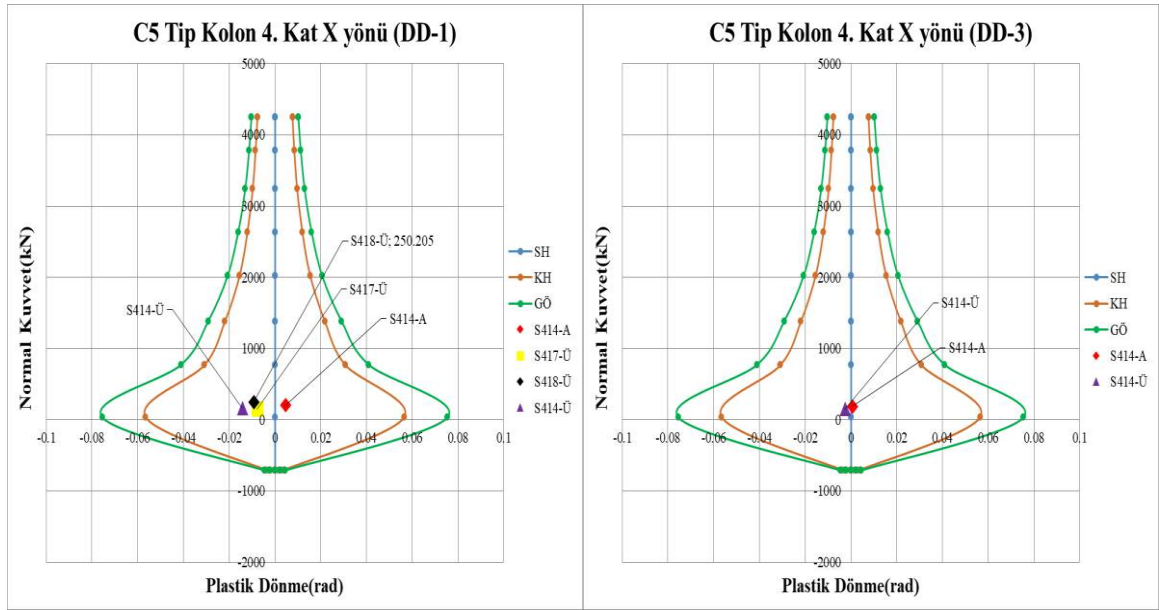
EK 3 - Şekil 4.24. C3 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



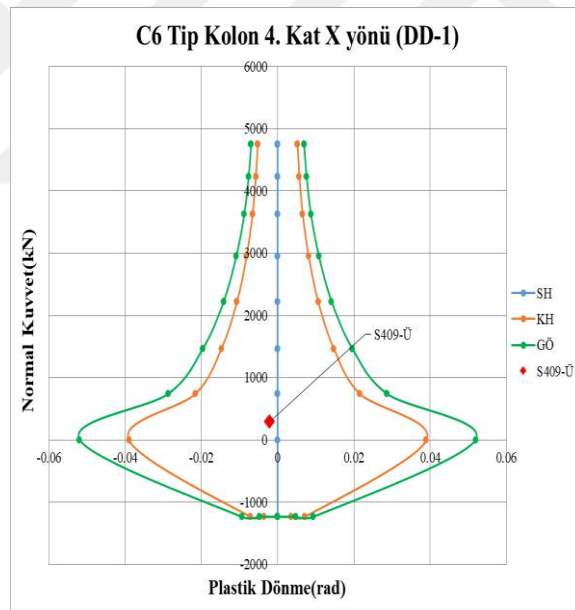
EK 3 - Şekil 4.25. C3 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi (devamı)



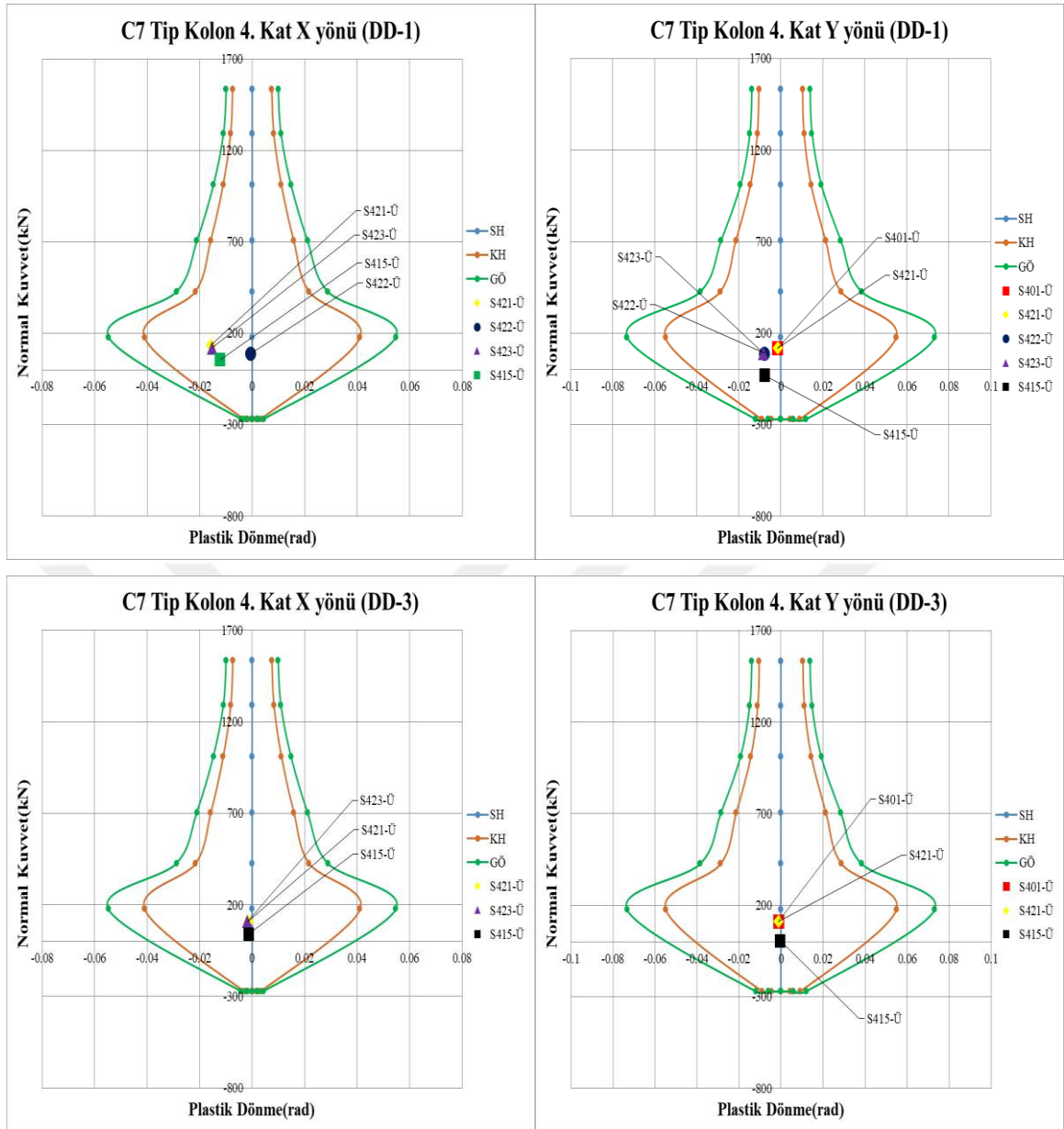
EK 3 - Şekil 4.26. C4 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



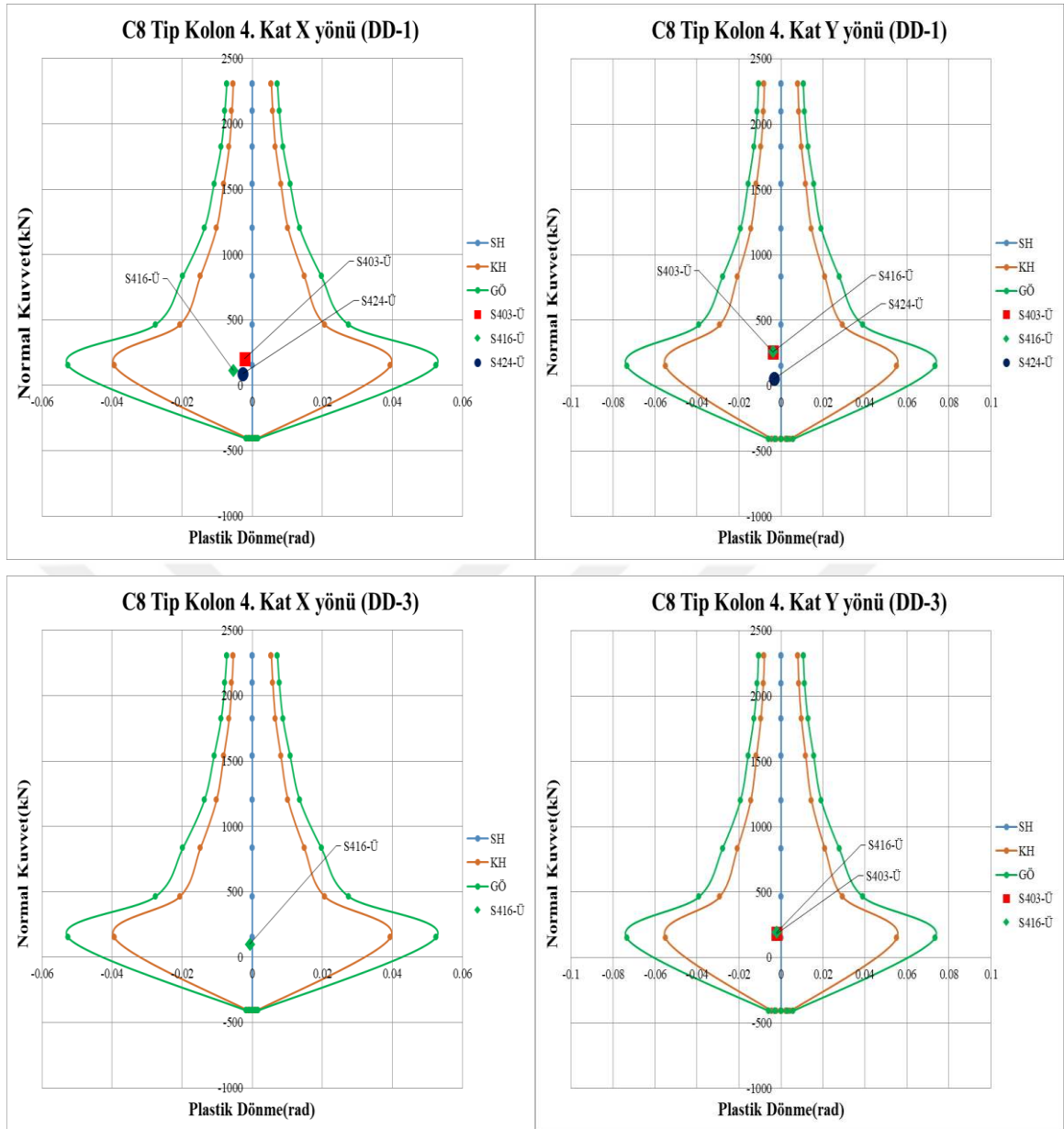
EK 3 - Şekil 4.27. C5 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



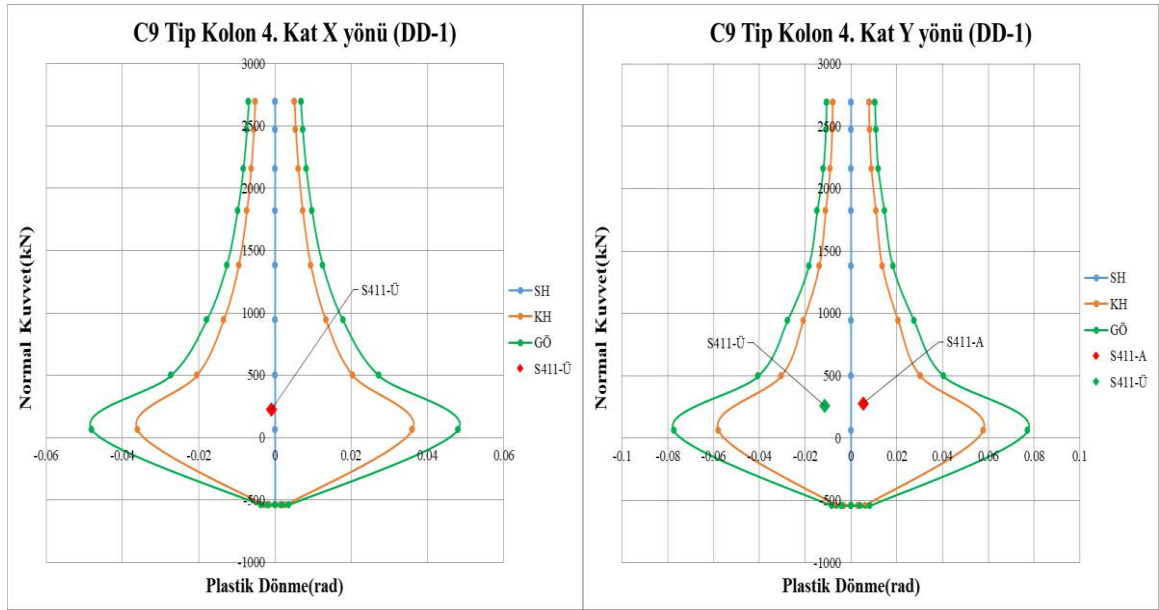
EK 3 - Şekil 4.28. C6 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



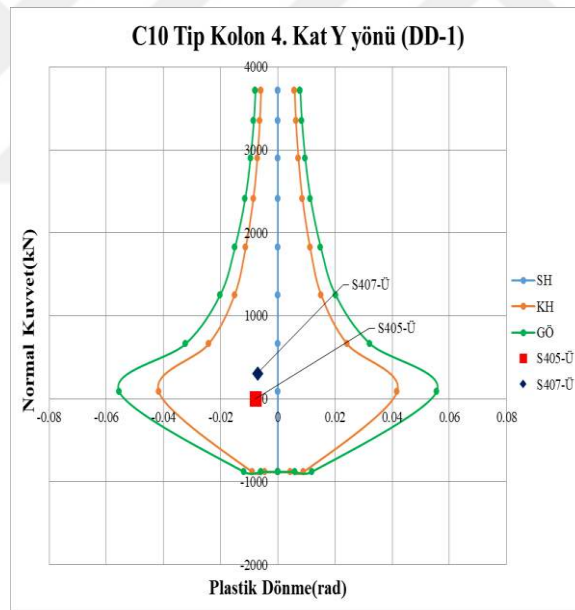
EK 3 - Şekil 4.29. C7 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



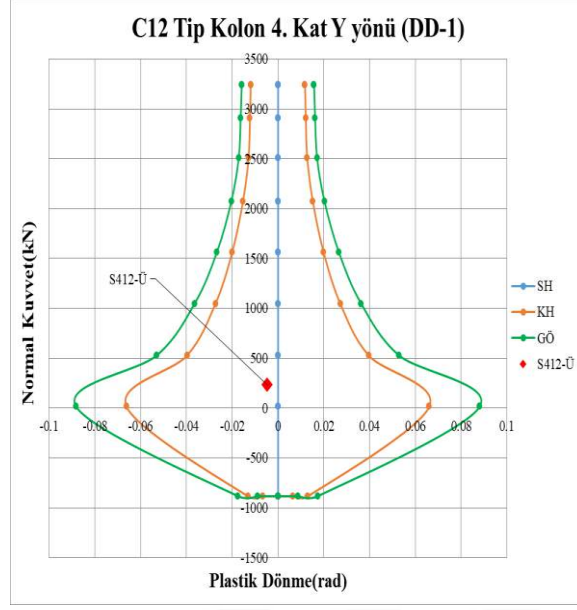
EK 3 - Şekil 4.30. C8 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



EK 3 - Şekil 4.31. C9 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



EK 3 - Şekil 4.32. C10 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi



EK 3 - Şekil 4.33. C12 tip kolon kesitinin TBDY 2018'e göre 4. Kat hasar durumunun belirlenmesi