

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİNALARIN BURULMA
DÜZENSİZLİĞİ DİKKATE ALINARAK DOĞRUSAL
OLMAYAN DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hümevra BALTA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR

Temmuz 2020

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Hümevra BALTA

13.07.2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmam süresince, örnek aldığım bilgi ve tecrübesiyle sürekli olarak yol gösterici olan, yardımlarını esirgemeyen ve lisansüstü eğitimime yönlendirmesiyle mesleğim adına gelişimimde öncülük eden tez danışmanım sayın Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince değerli vakitlerini ve bilgilerini benimle paylaşan, yardımlarını esirgemeyen, bilgi eksikliklerimi gidermemde büyük katkıları olan sayın Dr. Öğr. Üyesi Aydın DEMİR ve Arş. Gör. Gökhan DOK'a teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam süresince fikir alışverişinde bulunduğum ve desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım İnş. Müh. Sema KURT, Mimar Rümeysa ÖĞÜTCÜ'ye teşekkür ederim.

Hayatım boyunca varlığını her zaman hissettiğim ve mesleğimi seçmemde en önemli faktör olan, eğitim hayatım süresince aldığım kararlara destek vererek yanımda olduğundan dolayı babama teşekkürü bir borç bilirim. Desteklerini esirgemeyen ve her alanda yanımda olan aileme sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLOLAR LİSTESİ	xiv
ÖZET	xvi
SUMMARY	xvii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı	3

BÖLÜM 2.

2019 TBDY'YE GÖRE BİNALARIN TASARIMI VE BİNA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	5
2.1. Deprem Yer Hareketi	5
2.1.1. Deprem yer hareketi düzeyleri	6
2.1.2. Harita ve spektral ivme katsayıları	6
2.1.3. Yerel zemin sınıfları	8
2.2. Bina Tasarımına İlişkin Hususlar	8
2.2.1. Bina kullanım sınıfı	8
2.2.2. Deprem tasarım ve bina yükseklik sınıfları	9
2.3. Binalarda Düzensizlik Durumları	10
2.3.1. Plandan kaynaklı düzensizlik durumları	10
2.3.1.1. A1-Burulma düzensizliği	10
2.3.1.2. A2- Döşeme süreksizlikleri	11

2.3.1.3. A3 -Planda çıkıntılar bulunması	11
2.3.2. Düşeyde düzensizlik durumları	12
2.3.2.1. B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)	12
2.3.2.2. B2 – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	13
2.3.2.3. B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği	13
2.4. Deprem Etkisi Altında Bina Performans Düzeyleri	14
2.4.1. Kesintisiz kullanım (kk) performans düzeyi	14
2.4.2. Sınırlı hasar (sh) performans düzeyi	15
2.4.3. Kontrollü hasar (kh) performans düzeyi	15
2.4.4. Göçmenin önlenmesi (gö) performans düzeyi	15
2.5. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Kapsamı	15
2.5.1. Bilgi düzeyleri ve bilgi düzeyi katsayıları	16
2.5.1.1. Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi	17
2.5.1.2. Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi	18
2.6. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	19
2.6.1. Kesit hasar durumları ve bölgeleri	19
2.6.2. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	20
2.7. Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımları	21
2.7.1. Dayanıma göre tasarım yaklaşımı (DGT)	21
2.7.2. Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı (ŞGDT)	21
2.7.2.1. Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi	22
2.7.2.2. Doğrusal olmayan davranış modelleri	23
2.7.2.3. Doğrusal olmayan hesap için taşıyıcı sistemin modellenmesine ilişkin kurallar	24
2.7.2.4. Betonarme malzeme modelleri	27
2.8. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı	28
2.8.1. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile deprem hesabı	29

2.8.1.1. Deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi	29
2.8.1.2. Şekildeğiştirme ve iç kuvvet talepleri değerlendirilmesi	30
2.8.2. Şekildeğiştirme ve dönme sınırları	31
2.9. Mevcut Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi	35
2.9.1. Mevcut binaların deprem hesabına ilişkin esaslar	35
2.9.2. Mevcut binaların deprem performans düzeyleri	37
2.9.2.1. Mevcut binalarda sınırlı hasar performans düzeyi	38
2.9.2.2. Mevcut binalarda kontrollü hasar performans düzeyi	38
2.9.2.3. Mevcut binalarda göçmenin önlenmesi performans düzeyi	39
2.9.2.4. Göçme durumu	39
BÖLÜM 3.	
BURULMA DÜZENSİZLİĞİ	40
3.1. Burulma Düzensizliği Hesabı (η_{bi})	40
3.2. Burulma Düzensizliğinin Oluşumunda Etkenler ve Dikkat Edilmesinde Gerekenler	41
3.3. Burulma Düzensizliği Hasar Örnekleri	43
BÖLÜM 4.	
SAYISAL ÇALIŞMA	46
4.1. Bina Hakkında Bilgiler	47
4.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Analiz Edilecek Yapı Modellerinin Oluşturulması	51
4.2.1. Malzeme modellerinin oluşturulması ve özelliklerinin programa tanıtılması	54
4.2.2. Eleman kesitlerinin SAP2000 programında oluşturulması	57

4.2.2.1. Kirişlerin moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi	57
4.2.2.2. Kolonların akma yüzeylelerinin ve moment-eğrilik bağıntılarının elde edilmesi	59
4.2.2.3. Perdelerin akma yüzeylelerinin ve moment-eğrilik bağıntılarının elde edilmesi	61
4.2.3. Kesitlere plastik mafsal özelliğinin tanımlanması	63
4.2.3.1. Kirişlere plastik mafsal tanımlanması ve atanması	64
4.2.3.2. Kolon ve perde duvarlara plastik mafsal tanımlanması ve atanması	66
4.3. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi	69
4.3.1. Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi	70
4.3.2. Deprem kayıtlarının SAP2000 programında tanımlanması	70
4.3.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz verilerinin SAP2000 programına tanıtılması	72
4.4. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	76
4.4.1. Kesit ve eleman hasar durumunun belirlenmesi	76
4.4.2. Analiz sonucunda yapılarda oluşan yerdeğıştirmelerin incelenmesi	77
4.4.3. Analiz sonucunda yapılarda burulma düzensizliğı katsayısı	82
4.4.4. Yapı elemanlarında hasar durumunun İncelenmesi	88
4.4.4.1. Kirişlerde kesit ve eleman hasar durumunun incelenmesi	88
4.4.4.2. Kolonlarda kesit ve eleman hasar durumunun incelenmesi	91
4.4.4.3. Perdelerde kesit ve eleman hasar durumunun incelenmesi	94

BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR	98
KAYNAKLAR	101
EKLER	103
ÖZGEÇMİŞ	135

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BH	: Belirgin Hasar Bölgesi
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareket düzeyi
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
d_b	: Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
d_i	: Binanın i 'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme.
$E_d^{(H)}$: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$: (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi (düşey deprem etkisi)
(EI) _e	: Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
F_S	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı

F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
GB	: Göçme Bölgesi
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
G	: Yerçekimi ivmesi [$g = 9.81 \text{ m/s}^2$]
H	: Kesit yüksekliği [m]
H_N	: Bina Toplam Yüksekliği [m]
İH	: İleri Hasar Bölgesi
I	: Bina Önem Katsayısı
KH	: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
KK	: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
L_p	: Plastik mafsal boyu [m]
L_s	: Kesme açıklığı [m]
N	: Hareketli yük katılım katsayısı
Q	: Hareketli yük etkisi
Q_e	: Etkin hareketli yük etkisi
$S_{ae}(T)$: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
SH	: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
ŞGDT	: Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_p	: Binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
$(\Delta i^{(X)})_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
$(\Delta i^{(X)})_{min}$: Binanın i'inci katındaki minimum azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
$(\Delta i^{(X)})_{max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

- ϵ_c : Beton basınç birim şekildeğiştirmesi
- ϵ_{sy} : Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
- ϵ_s : Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi
- ϵ_{su} : Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
- ϕ_y : Akma eğriliğii [m⁻¹]
- ϕ_u : Göçme öncesi eğrilik [m⁻¹]
- θ_p : Plastik dönme talebi
- $\theta_p^{(KH)}$: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
- $\theta_p^{(GÖ)}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
- $\theta_p^{(SH)}$: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. 2019 Türkiye deprem tehlike haritası	5
Şekil 2.2. Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY, 2019)	7
Şekil 2.3. Döşeme süreksizlikleri düzensizliği (A2)	11
Şekil 2.4. Planda çıkıntılar bulunmasından kaynaklı düzensizlik (A3) (TBDY, 2019)	12
Şekil 2.5. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) (TBDY, 2019)	14
Şekil 2.6. Yapılar için performans düzeyleri (TBDY, 2019)	20
Şekil 2.7. Sargılı- sargısız betonun gerilme-şekil değiştirme grafiği (TBDY, 2019)	27
Şekil 2.8. Donatı çeliğinin gerilme şekil değiştirme grafiği (TBDY, 2019)	28
Şekil 3.1. Görelî ötelemeler (2019, TBDY)	41
Şekil 3.2. Burulma düzensizliği sebebiyle dışmerkez oluşumu (Özkul, B.)	43
Şekil 3.3. Burulma etkisinde kolonlarda hasar durumu (Kurt, C.)	44
Şekil 3.4. 2011 Van Depremi, Burulma Hasarı (Gürer, C.)	44
Şekil 3.5. Burulmadan dolayı bina köşelerinde ağır hasar, Yalova, 1999 (Kurt, C.)	45
Şekil 4.1. Perdeli-çerçeveîi düzenli yapı kalıp aplikasyon planı	49
Şekil 4.2. Perdeli-çerçeveîi düzenli yapı üç boyutlu görüntüsü	49
Şekil 4.3. Perdeli-çerçeveîi düzensiz yapı kalıp aplikasyon planı	50
Şekil 4.4. Perdeli-çerçeveîi düzensiz yapı üç boyutlu görüntüsü	50
Şekil 4.5. Perde duvar elemanının eşdeğer matematik modeli (Bağcı, M., Atımtay, E.)	52
Şekil 4.6. C18 Beton sınıfı malzeme özellikleri	55
Şekil 4.7. Sargısız beton için gerilme-birim şekil değiştirme grafiği	55
Şekil 4.8. S220 donatı çeliği sınıfı malzeme özellikleri	56

Şekil 4.9. Donatı çeliği gerilme-birim şekil değiştirme grafiği	56
Şekil 4.10. 25x50 cm kiriş eleman kesitinin Section Designer ile oluşturulması	58
Şekil 4.11. 25x50 cm kiriş elemanının moment-eğrilik bağıntısı	58
Şekil 4.12. 25x50 cm kiriş elemanının Mander Sargılı beton modeli	59
Şekil 4.13. 40x40 cm kolon eleman kesitinin Section Designer ile oluşturulması	59
Şekil 4.14. 40x40 cm kolon elemanının akma yüzeylerinin elde edilmesi	60
Şekil 4.15. 40x40 cm kolon elemanının moment-eğrilik bağıntısı	60
Şekil 4.16. 40x40 cm kolon elemanının Mander Sargılı beton modeli	61
Şekil 4.17. 30x210 cm perde duvar kesitinin Section Designer ile oluşturulması	61
Şekil 4.18. 30x210 cm perde duvar elemanının akma yüzeylerinin elde edilmesi	62
Şekil 4.19. 30x210 cm perde duvar elemanının moment-eğrilik bağıntısı	62
Şekil 4.20. 30x210 cm perde duvar elemanının Mander Sargılı beton modeli	63
Şekil 4.21. 25x50 cm kiriş elemanı için M3 plastik mafsal tanımı	64
Şekil 4.22. 25x50 cm kiriş elemanı için plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması	65
Şekil 4.23. 25x50 cm kiriş elemanı için plastik mafsal atanması	65
Şekil 4.24. 40x40 cm kolon elemanı için P-M2-M3 plastik mafsal tanımı	66
Şekil 4.25. 40x40 cm kolon elemanı için plastik mafsal özelliği tanımlanması ...	67
Şekil 4.26. Plastik mafsal akma yüzeyi etkileşimi tanımlanması	67
Şekil 4.27. 40x40 cm kolon elemanı için plastik mafsal özelliği tanımlanması ...	68
Şekil 4.28. 40x40 cm kiriş elemanı için plastik mafsal atanması	69
Şekil 4.29. Tasarım spektrumu ve ortalama spektrum	71
Şekil 4.30. Deprem yer ivme kayıtlarının SAP2000 programına tanımlanması ...	72
Şekil 4.31. Nonlineer statik başlangıç koşulunun tanımlanması	73
Şekil 4.32. Nonlineer statik başlangıç koşulunun yükleme verisinin tanımlanması	73
Şekil 4.33. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi veri girişi	75

Şekil 4.34. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi için sönüm katsayılarının belirlenmesi	75
Şekil 4.35. Kesit hasar bölgeleri ve eleman performans düzeyleri (TBDY,2019) ..	77
Şekil 4.36. Kocaeli Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	78
Şekil 4.37. Kocaeli Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	78
Şekil 4.38. Düzce Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	79
Şekil 4.39. Düzce Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	79
Şekil 4.40. Northridge, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	80
Şekil 4.41. Northridge, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	80
Şekil 4.42. Imperial Valley Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	81
Şekil 4.43. Imperial Valley Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	81
Şekil 4.44. Coalinga Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	82
Şekil 4.45. Coalinga Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği	82
Şekil 4.46. Kocaeli Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	85
Şekil 4.47. Kocaeli Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	85
Şekil 4.48. Düzce Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	85
Şekil 4.49. Düzce Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	86

Şekil 4.50. Northridge Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	86
Şekil 4.51. Northridge Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	86
Şekil 4.52. Imperial Valley, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	87
Şekil 4.53. Imperial Valley, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	87
Şekil 4.54. Coalinga Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	87
Şekil 4.55. Coalinga Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları	88
Şekil 4.56. Kiriş kesitlerinde plastik dönme değerlerinin okunması	88
Şekil 4.57. Düzenli yapı kiriş hasar dağılımı (%)	90
Şekil 4.58. Düzensiz yapı kiriş hasar dağılımı (%)	91
Şekil 4.59. Kolon kesitlerinde plastik dönme değerlerinin okunması	92
Şekil 4.60. Düzenli yapı kolon hasar dağılımı (%)	93
Şekil 4.61. Düzensiz yapı kolon hasar dağılımı (%)	94
Şekil 4.62. Yapıların katlara göre kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (KN)	97

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Deprem yer hareketi düzeyleri	6
Tablo 2.2. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY, 2019)	8
Tablo 2.3. Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY,2019)	9
Tablo 2.4. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (TBDY,2019)	16
Tablo 2.5. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları .	26
Tablo 2.6. Donatı çeliklerine ait bilgiler (TBDY,2019)	27
Tablo 2.7. Mevcut binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme /tasarım yaklaşımları (TBDY,2019)	35
Tablo 2.8. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları (TBDY,2019)	37
Tablo 4.1. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemlerde kesit boyutları, donatı oranı ve seçilen donatılar	51
Tablo 4.2. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları .	53
Tablo 4.3. Perdeli-çerçeve düzenli yapı periyot ve kütle katılım oranları	53
Tablo 4.4. Perdeli-çerçeve Düzensiz Yapı Periyot ve Kütle Katılım Oranları ...	54
Tablo 4.5. Kullanılan deprem kayıtları için genel bilgiler	71
Tablo 4.6. Deprem etkisi altında X doğrultusuna göre burulma düzensizliği katsayısı	83
Tablo 4.7. Deprem etkisi altında Y doğrultusuna göre burulma düzensizliği katsayısı	84
Tablo 4.8. Düzenli yapı giriş hasar dağılımı	90
Tablo 4.9. Düzensiz yapı giriş hasar dağılımı	91
Tablo 4.10. Düzenli yapı kolon hasar dağılımı	93
Tablo 4.11. Düzensiz yapı kolon hasar dağılımı	94
Tablo 4.12. Düzenli yapı perde hasar dağılımı	96
Tablo 4.13. Düzensiz yapı perde hasar dağılımı	96

Tablo 4.14. Düzenli yapı düşey eleman kesme kuvveti oranı	97
Tablo 4.15. Düzensiz yapı düşey eleman kesme kuvveti oranı	97

ÖZET

Anahtar kelimeler: Betonarme mevcut bina, zaman tanım alanında hesap, doğrusal olmayan analiz, performans analizi, burulma düzensizliği, perdeli-çerçeve yapı

Ülkemiz etkin bir deprem kuşağı olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerindedir ve kısa zaman aralıkları ile depremi en zorlu halleriyle yaşamıştır. Depremlerin bu kadar etkin olması belirli bir yönetmeliğin gerekli olduğunu göstermiştir. İlk deprem yönetmeliği 1940 yılında yürürlüğe girmiştir ve farklı zaman aralıkları ile yenilenmiştir. Ancak zaman geçtikçe bilgi ve teknolojinin gelişmesiyle deprem yönetmelikleri farklı zaman aralıkları ile geliştirilerek güncellenmiştir.

Ülkemizde son deprem yönetmeliği 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Tez kapsamında mevcut binaların deprem performanslarının araştırılmasında yeni yönetmelik kuralları dikkate alınmıştır. Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı kullanılmıştır. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi seçilmiştir.

Bu çalışmada mevcut bina stoğunu temsilen 1998 yılı öncesini kapsayan iki bina tasarlanmıştır. Binalar 2019 TBDY dikkate alınarak SAP2000 programında modellenmiştir. Betonarme perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip 5 katlı binaların perde duvar konumları dışında tüm özellikleri aynıdır. Perde duvarlar deprem etkisinde yatay kuvvete karşı en büyük direnci sağlayıp yerdeğiştirmeleri sınırlandıran ve burulmaları engelleyen taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Ancak düzensiz yerleşimleri binalarda burulma düzensizliği oluşturmaktadır. Betonarme perde duvarların burulma düzensizliğine etkisi incelenmiştir. Düzenli ve düzensiz olmak üzere tasarlanan binaların deprem performansları karşılaştırılmıştır. Eleman kesit hasarları incelenerek hedef deprem performans seviyesinin sağlanıp sağlanmadığı araştırılmıştır.

Yapılan analiz sonuçlarının değerlendirilmesiyle perde duvarların düzensiz yerleştirilmesi yapılarda deprem performansını azalttığı, burulma düzensizliği oluşturduğu ve bu durumda deplasmanları arttırdığı sonucuna varılmıştır.

INVESTIGATION OF NONLINEAR BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS CONSIDERING TORSIONAL

SUMMARY

Keywords: Reinforced concrete existing building, time history analysis, nonlinear analysis, performance analysis, torsional irregularity, shear wall-framed structure

Our country is located on the Alpine-Himalayan earthquake zone, which is an effective earthquake zone, it has experienced the earthquake in its most difficult situations with short time intervals. The fact that earthquakes were so effective showed that a certain regulation was required. The first earthquake regulation came into force in 1940 and was renewed at different time intervals. However, with the development of information and technology over time, earthquake regulations have been developed and updated with different time intervals.

The last earthquake regulation in Turkey came into force on January 1, 2019. Within the scope of this thesis, new regulation rules were taken into consideration in the search of the earthquake performances of the existing buildings. Depending on the deformation, evaluation and design approach has been used. "Nonlinear Time History Analysis" was selected.

In this study, two buildings covering the pre-1998 period were designed to represent the existing building stock. The buildings are modeled in the SAP2000 program using the 2019 TBDY regulation. All properties of the 5-storey buildings with reinforced concrete shear wall-framed carrier system are the same except for the shear wall locations. Shear walls are bearing system elements that provide the greatest resistance against horizontal force under the effect of earthquake, limit displacements and prevent torsions. However, irregular settlements create torsional irregularity in buildings. The effect of shear walls on torsional irregularity was investigated. The earthquake performances of the buildings designed to be regular and irregular have been compared. It has been investigated whether the target earthquake performance level has been achieved by examining the sectional damage.

By evaluating the results of the analysis, it was concluded that the irregular placement of the shear walls reduces the earthquake performance in the buildings, creates the torsional irregularity and in this case increases the displacements.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünya oluşumundan bu yana sismik yönden aktif olan bölgelerde meydana gelen depremler oldukça fazla can ve mal kaybına sebep olmuştur. Dünyada depremselliği en yüksek olan ülkelerden birisi de kendi ülkemizdir. Ülkemiz etkin bir deprem kuşağı olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerindedir. Geçmişten günümüze yaşanan depremler oldukça zorlu haller yaşatmıştır. Bu durum yapıların tasarımının ve inşasının oldukça önem arz ettiğini açıkça ifade etmiştir. Her ülke kendi depremsellik durumuna göre farklı deprem yönetmeliğine sahiptir.

Ülkemiz de geçerli son deprem yönetmeliği 2019 TBDY, 1 Ocak 2019 yılında yürürlüğe girmiştir. Yapıların tasarımı, yapı elemanlarının boyutlandırılması, modellenmesi, uygun hesap yöntemi ile deprem performansı belirlenmesi, hesap sonuçlarının yorumlanması ve tüm bu işlemlerin sonucunda mevcut deprem yönetmeliğine uygun olarak projelerin hazırlanması, yine uygun olarak sahaya uyarlanması konusunda, sırasıyla her aşamanın yönetmelik ve şartnamelere uygun olmasına dikkat edilmelidir. Bunun yanında yapıların inşasında oluşabilecek işçilik hatalarının önüne geçilebilmesi için yeterli ve sıkı denetim gerekmektedir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2019)'ne göre deprem performansının belirlenmesinde doğrusal elastik hesap yöntemi ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılmaktadır. Doğrusal hesap yöntemi 'Dayanıma göre tasarım' yaklaşımına dayanmaktadır ve kuvvet esaslıdır. Doğrusal olmayan hesap yöntemi 'Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım' yaklaşımına dayanmakta olup, şekildeğiştirme esaslıdır. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri sonucunda; yerdeğiştirmeler, iç kuvvetler ve plastik mafsallar belirlenir.

Yapılarda bulunan her elemanın, yapıya etkiyen yükleri taşımak, zemine iletmek ve deprem performansına katkı sağlamak gibi belli bir işlevi vardır. Betonarme yapılarda

kiriş ve döşemeler eğilme etkilerine maruz yapı elemanlarıdır. Döşemeler düşey yüklerin doğrudan etki ettiği elemanlardır. Kendi yüklerini ve taşıdıkları diğer sabit ve hareketli yükleri kendilerine mesnetlik yapan kirişlere aktarırlar. Yapı, deprem yükü gibi yatay yüklere maruz kaldığında yapının yanal stabilitesine katkı sağlarlar.

Kirişler, döşemelere mesnet oluşturan, döşemelerden aktarılan yükleri kolonlara ileten ve kolonlarla birlikte bir taşıyıcı sistem oluşturan yapı elemanlarıdır. Kiriş açıklıklarında pozitif, mesnetlerinde ise negatif eğilme momenti oluşmaktadır. Bu yüzden çekme gerilmelerini karşılayan çelik donatılar, açıklıklarda kirişin alt kısmın mesnetlerde ise üst kısma yerleştirilmektedir. Kolonlar diğer yapı elemanları ile temel arasındaki bağlantıyı sağlayan düşey taşıyıcı elemanlardır. Eksenel yük ve eğilme momentin maruz kalırlar. Kolonların temel fonksiyonları; yapıya etki eden deprem, rüzgar yüklerini taşımak, burulma, oturma ve kesme kuvveti gibi etkileri temele iletmektir. Yapının deprem esnasında ayakta kalabilmesi için en önemli taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Bir diğer düşey taşıyıcı elaman olan perdeler ise yatay kuvvetlere karşı en büyük direnci sağlayan taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Yapının deprem performansına kolonlara nazaran daha fazla katkıda bulunurlar. Yapıda yer değiştirmelerin küçük kalmasını sağlayıp, yapının burulmasını engellerler. Temeller ise, zeminlerin yapı elemanlarına göre davranışları daha belirsiz olmasından dolayı, düzenlenmesi büyük önem taşıyan yapı elemanıdır.

Her bir yapı elemanının kendi görevini süreklilik içinde yerine getirmesi için yapıların olabildiğince planda ve düşeyde düzenli olması gerekmektedir. Düzensiz binalarda yapı elemanları arasındaki bağlantı tam olarak sağlanmamaktadır. Ayrıca malzeme kalitesine dikkat edilmeli, donatılar yeterli ve doğru şekilde yerleştirilmelidir. Elemanların boyutlandırılmasında taşıyıcı sistem hesap kuralları kullanılmalıdır. Aksi durumda tüm bunları etkileyen olumsuzluklar yapıların taşıma kapasitesinin azalmasına sebep olur. Deprem sırasında olması gereken performans gösterilemez.

Deprem anında ilk tercih edilen yapıların ayakta kalması, şiddetli depremlerde dahi öngörülen hasarla can güvenliğini sağlamasıdır. Yapıların statik ve mimari olarak projelendirilmesi büyük önem gerektirmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte

programlar vasıtasıyla mevcut binaların deprem performansı belirlenebilmektedir. Özellikle 1998 yılı öncesi binalarla ilgili son zamanlarda yaşanan olaylar, bu mevcut binaların durumu hakkında bir önsezi oluşturmuştur. Bu olayların devam etmemesi için olabildiğince kısa sürede mevcut binaların yapı performanslarının belirlenip gerektiği takdirde güçlendirme tekniklerinin uygulanması gerekmektedir.

Binaların performanslarını belirlemede kullanılan programlardan biri de SAP2000 (Structural Analysis Program) sonu elemanlar programıdır. Program yapı sistemlerinin tasarımı ve analizi için kullanılan oldukça kapsamlı bir programdır. Yapısal Analiz Programı olan SAP2000 programında iki boyutludan üç boyutluya, basitten kompleks geometrilere kadar pek çok yapı modellenilebilir, analiz yapılabilir. Çalışma kapsamında taşıyıcı istemin daha kolay çözülebilmesi ve plastik mafsalları için tüm yapı elemanlarının çubuk eleman olarak modellenmesi uygun görülmüştür.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasının amacı planda düzensizlik türlerinden biri olan burulma düzensizliğinin mevcut bir binanın deprem performansını ne şekilde etkilediğini incelemektir. Çalışma kapsamında mevcut binaları temsilen tasarlanmış binalar üzerinden analiz yapılmıştır. Perdeli-çerçeveli taşıyıcı sistem türünde iki binanın doğrusal olmayan hesap yöntemi ile deprem performansı değerlendirilmiştir. Binalardan birinde perdeler düzensiz yerleştirilmiş olup, bu durum bina planının hem X hem Y doğrultuna göre simetrisini bozmaktadır. Yapıda burulma düzensizliği oluşturmaktadır. Diğer perdelerde ise perdeler daha düzenli yerleştirilmiş olup bina planı simetriktir. Bu durumda iki binada analiz yapılmış ve kesit hasar düzeyleri belirlenmiştir. Burulma düzensizliğinin yapı elemanlarının kesit hasar düzeyine ve binanın deprem performans düzeyine etkileri görülmüş ve binalar karşılaştırılmıştır.

Bu tez çalışması için en son yürürlüğe giren deprem yönetmeliği ‘2019 TBDY’ dikkate alınmıştır. Yeni bir tasarım yaklaşımı olan ‘Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı’ uygulanmıştır. Deprem hesabı için doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden biri olan Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi

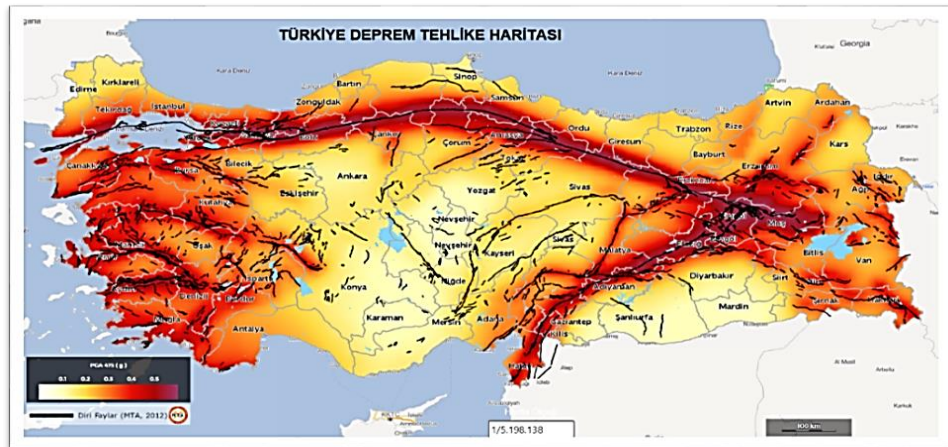
seçilmiştir. Hesaba yöntemine esas olarak gerçek deprem ivme kayıtları SeismoMATCH programında ölçeklendirilerek SAP2000 programında deprem kayıtları olarak tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında hesap yöntemine ve tasarım yaklaşımına karar verildikten sonra 2019 TBDY'ye uygun şekilde, mevcut binalar SAP2000 programında modellenmiştir. Malzeme ve kesit tanımlanmasında 1998 yılı öncesi binalar göz önünde bulundurulmuştur. Tüm yapı elemanları çubuk eleman olarak modellenmiş olup doğrusal olmayan davranışı inceleyebilmek için eleman uç bölgelerine plastik mafsallık ataması yapılmıştır. Ölçeklendirilen deprem ivme kayıtları doğrusal olmayan hesap yöntemi ile binalara etki ettirilmiştir. Bu çalışmada hedeflenen performans düzeyinin sağlanıp sağlanmadığı tanımlanan plastik mafsallarda plastik dönmeler yönetmelik sınırları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Can güvenliğini sağlamak üzere onarılabılır hasarlara izin veren Kontrollü Hasar performans düzeyi hedeflenmiştir.

Çalışma sonunda modellenen binaların analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemlerde perde duvar elemanların konumundan kaynaklı burulma düzensizliğinin deprem performansına etkileri yorumlanmıştır. Her iki bina için deprem performansına karar verilmiştir.

BÖLÜM 2. 2019 TBDY'YE GÖRE BİNALARIN TASARIMI VE BİNA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Deprem Yer Hareketi

Binaların deprem etkisi altında tasarımında esas alınacak deprem yer hareketleri aşağıdaki bilgiler doğrultusunda tanımlanmaktadır. Deprem yönetmeliğinin değişimiyle birlikte deprem tehlike haritası da değişmiştir. Dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için deprem verileri, güncellenen ve farklı konumlara ait özelleştirilmiş verileri kapsayan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları'ndan elde edilebilmektedir (Şekil 2.1.). Yeni haritalar oldukça ayrıntılı veriyle hazırlanmıştır. Yeni haritada bir önceki haritadan farklı özelliklere sahiptir. Deprem bölgeleri yerine en büyük yer ivmesi değerlerine yer vermektedir. Böylece 'deprem bölgesi' kavramına son verilmiştir. Deprem tehlikesinin tanımlanmasında 'Bölgeleme Haritası' yerine Kontur Haritası'na geçiş yapılmıştır. Böylece daha güvenilir sismolojik verilerin elde edilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 2.1. 2019 Türkiye deprem tehlike haritası

2.1.1. Deprem yer hareketi düzeyleri

Dört farklı deprem yer hareketi düzeyi bulunmaktadır. Tablo 2.1.'de detaylı bilgi görülmektedir.

Tablo 2.1. Deprem yer hareketi düzeyleri

Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	Aşılma Olasılığı (50 yılda)	Tekrarlanma Periyodu	Deprem Yer Hareketi Niteliği
DD-1	%2	2475 yıl	Çok seyrek
DD-2	%10	475 yıl	Seyrek
DD-3	%50	72 yıl	Sık
DD-4	%68 (30 yılda aşılma olasılığı %50)	43 yıl	Çok sık

Bu deprem yer hareketi düzeyleri 2019 TBDY'ye göre DD-1; en büyük, DD-2; standart tasarım, DD-4 ise servis deprem yer hareketi olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışma kapsamında mevcut yapının TBDY 2019'a göre modellenmesinde DD-2 deprem yer hareketi düzeyi göz önüne alınmıştır. Ayrıca yeni deprem tehlike haritasına göre, yerel zemin sınıfı ve deprem yer hareketi düzeyi seçilmektedir. Böylece harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak deprem yer hareketi spektrumları elde edilmektedir.

2.1.2. Harita ve spektral ivme katsayıları

“Boyutsuz harita spektral ivme katsayıları, 2.2’de belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları kapsamında tanımlanmıştır (TBDY, 2019).” Bu katsayılar harita spektral ivmelerinin yer çekimi ivmesine bölünerek elde edilmiş olup boyutsuzdurlar. Yerel zemin etki katsayıları ile işleme alınarak asarım ivme spektral ivme katsayılarına (S_{DS} ve S_{D1}) dönüştürülmektedirler. $S_{DS} = S_s F_s$ ve $S_{D1} = S_1 F_1$ şeklinde hesaplanmaktadır.

- S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısını ifade etmektedir.
- S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısını ifade etmektedir.

Yerel zemin etki katsayıları olarak adlandırılan F_s ve F_1 yerel zemin sınıflarına ve harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Ancak Deprem Tehlike Haritaları bu değerleri otomatik olarak sunmaktadır. AFAD'ın sağlamış olduğu interaktif web sitesinde oluşturulan sismik tehlike raporlarından ulaşılmaktadır. Bu şekilde yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları elde edilmektedir. DD-2 yer hareketi düzeyi ve diğer veriler için elde edilen yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 2.2.'de gösterilmektedir. Deprem etkisinin tanımında yatay elastik tasarım spektrum ivme katsayıları kullanılacaktır.

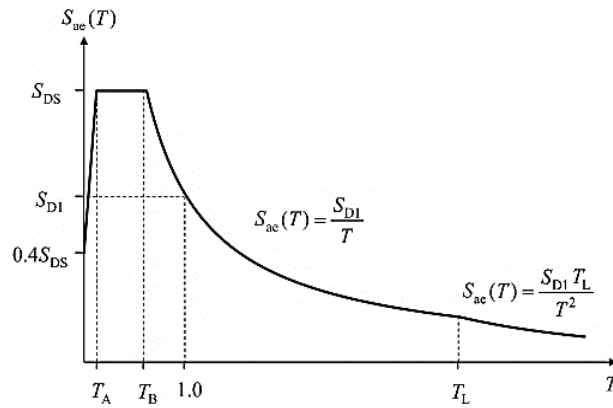
$$S_{ac}(T) = \left\{ 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right\} S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.1a)$$

$$S_{ac}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.1b)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad T_L = 6 \text{ s} \quad (2.1c)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (2.1d)$$

Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ac}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi cinsinden yukarıdaki gibi tanımlanmıştır. Yatay elastik tasarım spektrumunu için köşe periyotları olarak adlandırılan T_A ve T_B değerleri elde edilmiştir. T_L sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodudur.



Şekil 2.2. Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY, 2019)

2.1.3. Yerel zemin sınıfları

2019 TBDY’de belirtildiği üzere zemin cinsleri ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olarak tanımlanmaktadır. Bu sıralama sağlam zeminden çok daha zayıf zemine doğru sıralanmaktadır. Özellikle ZF zemini dikkat edilmesi gereken, inşaat alanına özel zemin incelemesi yapılması istenen yerel zemin cinsidir.

2.2. Bina Tasarımına İlişkin Hususlar

2.2.1. Bina kullanım sınıfı

TDBY kapsamında deprem yönetmeliğine yeni kavramlar dahil edilmiştir. Bunlardan birkaçı deprem tasarım sınıfı (DTS) ve bina kullanım sınıfı (BKS) kavramlarıdır. “Deprem Tasarım Sınıfları’nın belirlenmesine esas olmak üzere Bina Kullanım Sınıfları (BKS), binaların kullanım amaçlarına bağlı olarak Tablo 2.2.’de tanımlanmıştır (TBDY.2019).”

Tablo 2.2. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY, 2019)

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 kıışlalar, 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 Aalışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1,2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1,0

Bu çalışma kapsamında ele alınan mevcut yapı konut tipindedir. Tablo 2.2.'ye göre Bina Kullanım Sınıfının 3 olduğu görülmektedir. Ancak mevcut bir yapının ele alınmasından dolayı bina önem katsayısının 1 olması gerektiği yönetmelik kapsamında ifade edilmektedir. BKS=3 ve I=1 (mevcut binalar için) olarak belirlenmiştir.

2.2.2. Deprem tasarım ve bina yükseklik sınıfları

Bina tasarımında bina kullanım sınıfına karar verildikten sonra DD-2 deprem yer hareketi düzeyine ve S_{DS} değerine bağlı olarak deprem tasarım sınıfının belirlenmesi gerekmektedir. S_{DS} değeri AFAD'm oluşturduğu interaktif web uygulamasından sahaya ait verilerin girilmesiyle elde edilen sismik tehlike haritası raporunda ulaşılmaktadır.

Tablo 2.3. Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY,2019)

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

Mevcut binanın DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre S_{DS} 'nin 1,998 olduğu sismik tehlike haritası detay raporunda gösterilmektedir. Tablo 2.3.'te görüldüğü üzere $0,75 \leq S_{DS}$ olduğunda deprem tasarım sınıfının DTS=1 olduğu sonucuna varılmaktadır.

Bina yükseklik sınıfı bina yükseliğine ve deprem tasarım sınıfına bağlı olarak belirlenmektedir. 2019 TBDY kapsamında 8 bina yükseklik sınıfı bulunmaktadır. H_N bina yüksekliğini ifade etmektedir. Bina tabanından itibaren ölçülmektedir. Çalışma kapsamında yapı toplam 5 katlıdır ve her kat yüksekliği 2,8 m'dir. Toplamda bina yüksekliği 14 m'dir.

Bina yüksekliği: 14 m ve aralığı 2019 TBDY'ye göre $10,5 < H_N \leq 17,5$ olduğundan $BYS = 6$ olduğu sonucunda varılmıştır.

2.3. Binalarda Düzensizlik Durumları

Deprem yönetmeliklerinde üzerinde durulan en önemli konulardan biri yapı planlarının simetrik olması ve düzenli taşıyıcı sistemlerin modellenmesidir. Çünkü yapıların deprem performansını olumsuz yönde etkileyen faktörlerden biri yapının tasarımında oluşturulan düzensizliklerdir. Bu düzensizliklerin taşıyıcı sistemin kesit tesirlerine etkisi düzensizlik içermeyen yapılara göre çok daha fazla olmaktadır. Bu şekildeki yapılar deprem esnasında bölgesel zorlanmalara maruz kalmaktadır. Düzensizlik içeren yapılar depremlerden daha çok etkilenmektedir. Yönetmelikler yapıda düzensizlik oluşturacak durumlardan kaçınılması gerektiğine dikkat çekmektedir. Ancak bunun yanında bazı özel durumlar karşısında bu olumsuzlukları sınırlandırmak için belli koşullar sunmaktadır. Bunlardan birkaçı ek dış merkezlik artışı, ek boyutlama esasları ve kontraktif kuralların uygulanmasıdır. 2019 TBDY'ye göre yapılarda düzensizlik durumları aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır. Yapıların deprem performanslarını ve deprem sırasındaki davranışlarını olumsuz etkilemeyen ve düzensiz binalar olarak adlandırılan bu binaların düzensizlik sebepleri planda ve düşeyde düzensizlik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

-Planda düzensizlik durumları	-Düşeyde düzensizlik durumları
A1-Burulma düzensizliği	B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği
A2-Döşeme süreksizlikleri	B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği
A3-Planda çıkıntılar bulunması	B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

2.3.1. Plandan kaynaklı düzensizlik durumları

2.3.1.1. A1-Burulma düzensizliği

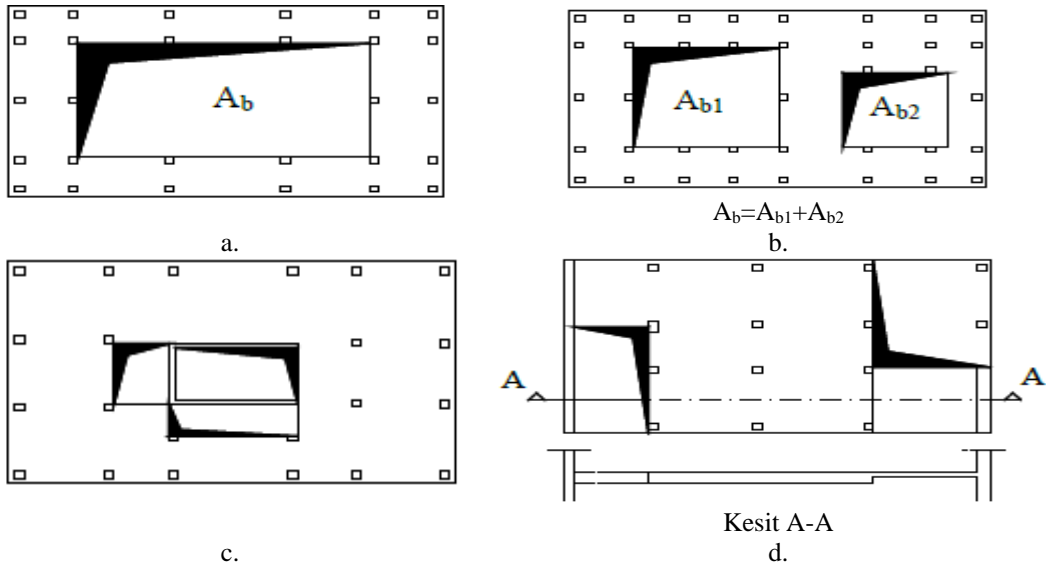
Yatayda birbirine dik deprem doğrultularının herhangi biri için, herhangi bir katta hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesinin, yine o katta hesaplanan ortalama görelî kat ötelemesine oranının (η_{bi}) 1,2'yi aşması durumunda burulma düzensizliği söz konusudur Detaylı açıklama Bölüm 3.'te bulunmaktadır.

2.3.1.2. A2- Döşeme süreksizlikleri

“Herhangi bir kattaki döşemede;”

- “Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması durumu (TBDY, 2019),” (Şekil 2.3.’te a,b).
- “Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu (TBDY, 2019),” (Şekil 2.3.’te c,d).
- “Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu (TBDY, 2019).” (Şekil 2.3.’te d).

Şekil 2.3.’te a,b A kat brüt alanı, A_b ise boşluk alanların toplamını ifade etmektedir. $A_b/A > 1/3$ olması halinde döşeme süreksizliği düzensizliği söz konusudur.

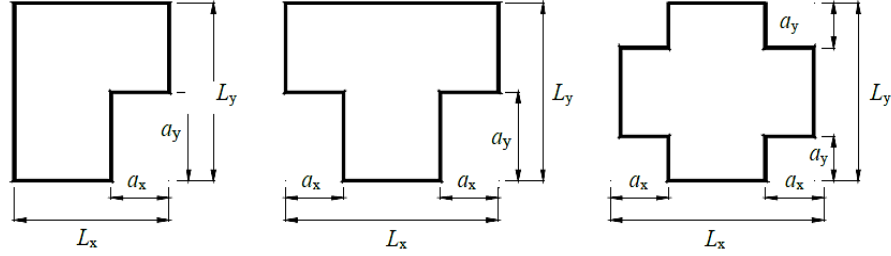


Şekil 2.3. Döşeme süreksizlikleri düzensizliği (A2)

2.3.1.3. A3 -Planda çıkıntılar bulunması

“Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan

boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (TBDY.2019).” Şelik 2.4. bu düzensizlik durumunu ifade etmektedir.



Şelik 2.4. Planda çıkıntılar bulunmasından kaynaklı düzensizlik (A3) (TBDY, 2019)

2.3.2. Düşeyde düzensizlik durumları

2.3.2.1. B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

“Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu (TBDY, 2019).” Aşağıda bu durum sayısal olarak (Denklem 2.2a) ifade edilmiştir.

$$\eta = (\sum Ae)_i / (\sum Ae)_{i+1} < 0,80 \quad (2.2a)$$

$$\text{Etkili kesme alanının tanımı: } (\sum Ae)_i = (\sum Aw)_i + (\sum Ag)_{i+} + (0,15\sum Ak)_i \quad (2.2b)$$

Dolgu duvarlar yapı yük analizinde sabit yük olarak hesaba katılmakta olup yatay yük taşımadığı kabul edilmektedir. Ancak yatay deprem yükleri etkisinde şekil değiştiren taşıyıcı sisteme uygun olarak deprem yüklerinin taşınmasında katkı sağlamaktadır. Dolgu duvarların eğil asal çekme ve eğik asal basınç kuvvetlerine karşı dayanımı düşük olduğundan B1 düzensizliği kontrolü yapılırken, hesaplarda dolgu duvarların etkili kesme alanının %15'i dikkate alınmaktadır.

2.3.2.2. B2 – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

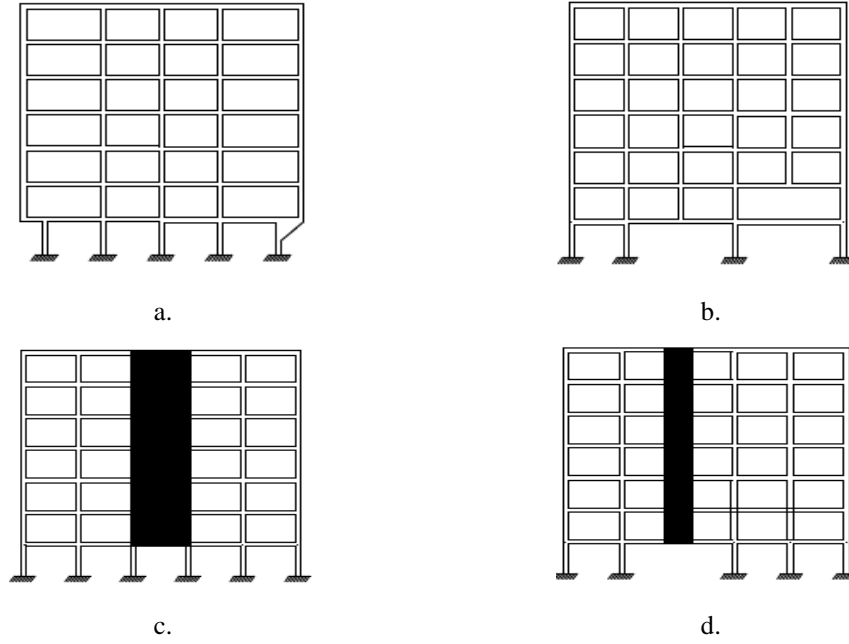
“Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ’nin 2,0’den fazla olması durumu (TBDY, 2019).” B2 düzensizliği katsayısı aşağıda (Denklem 2.3) ifade edilmiştir.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(X)}/h_{i+1})_{ort} > 2,0 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(X)}/h_{i-1})_{ort} > 2,0 \quad (2.3)$$

2.3.2.3. B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

“Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (TBDY, 2019).” Şekil 2.5.’te bu durum görülmektedir. Bu düzensizlik türüne ait esaslar aşağıdaki gibidir. Açıklamalar aşağıdaki şekillerde ilişkilidir.

- a. “Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (TBDY, 2019).”
- b. “Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, TBDY 4.4.3’e göre düşey deprem hesabı yapılması yeterlidir (TBDY, 2019).”
- c. “Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (TBDY, 2019).”
- d. “Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (TBDY, 2019).”



Şekil 2.5. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) (TBDY, 2019)

2.4. Deprem Etkisi Altında Bina Performans Düzeyleri

Deprem performansı, yapı ve zemin özelliklerine göre tanımlanan, belirli veya önceden belirlenmiş deprem etkilerinin binaya etkilmesi halinde hasar durumlarına bağlı olarak binanın yapı güvenlik seviyesidir. Yapıya etki ettirilecek deprem enerjisinin, yapı taşıyıcı sisteminde, taşıyıcı sistem elemanlarından zemine kadar ki aktarım sürecinin sürekliliği ve güvenliği sağlanmalıdır. Yapıda istenilen dayanım ve kullanılabilirlik limitlerinin kaybedilmeden plastik şekil değiştirme yapabilen yapısal elemanların ve deprem enerjisinin tüketilmesinde etkili sünek taşıyıcı sistemlerin tasarlanması deprem performansında etkili faktörlerdir.

2019 TBDY kapsamında bina performans hedeflerinin tanımlanabilmesi için bina taşıyıcı sistemlerinin performans düzeyleri aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

2.4.1. Kesintisiz kullanım (kk) performans düzeyi

“Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir

(TBDY, 2019).”

2.4.2. Sınırlı hasar (sh) performans düzeyi

“Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir (TBDY, 2019).”

2.4.3. Kontrollü hasar (kh) performans düzeyi

“Bu performans düzeyi, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelmektedir (TBDY, 2019).”

2.4.4. Göçmenin önlenmesi (gö) performans düzeyi

“Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir (TBDY, 2019).”

Öngörülen bina performans düzeyi Kontrollü Hasar performans seviyesidir. Seçilen yöntemle ilgili olarak yapılan analizler kapsamında yapı elemanlarında şekil değiştirme ve dönme değerleri incelenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda değerlendirmesi yapılacak mevcut bina hakkında bilgi toplanması gerekmektedir.

2.5. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Kapsamı

“Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları ile taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden,

binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir (TBDY, 2019).”

“Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür (TBDY, 2019).”

Binalar hakkında incelemeler yapılarak (inceleme, veri toplama, malzeme örneği, deneyler) bilgi toplanması ve bu sayede modellenmesi sağlanmaktadır.

2.5.1. Bilgi düzeyleri ve bilgi düzeyi katsayıları

“Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı ve kapsamlı olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır (TBDY, 2019).” “Sınırlı bilgi düzeyinde taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir (TBDY, 2019).” Kapsamlı bilgi düzeyinde sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır (TBDY, 2019).”

Mevcut binalarda taşıyıcı sistem elemanlarının kapasiteleri hesaplanırken hesaba katılan malzeme dayanımları mevcut malzeme dayanımıdır.

Yapılan inceleme ve ölçümler sonucunda elde edilen bilgiler dahilinde bilgi düzeyine karar verilmektedir. Bunun sonucunda eleman kapasitelerine uygulanacak katsayılar Tablo 2.4.’teki gibidir.

Tablo 2.4. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (TBDY,2019)

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0,75
Kapsamlı	1,00

2.5.1.1. Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

“Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi elde edilecektir. Mimari projeler mevcut ise röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarlarının her kattaki yerini ve malzemesini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir (TBDY, 2019).”

“Eleman Detayları: Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %5’inin beton örtüsü sıyrılarak donatı tespiti yapılacaktır. Donatı tespiti amacıyla her kattan bir adet kirişin beton örtüsü sıyrılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca beton örtüsü sıyrılmayan perde ve kolonların %20’sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme perde ve kolonlarda bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı belirlenecektir. Perde ve kolon kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1’den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm perde ve kolonlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir. Kirişler için yalnızca düşey tasarım yükleri altında gerekli olan donatı kullanılacaktır (TBDY, 2019).”

“Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS EN 12504-1’de belirtilen koşullara uygun şekilde en az üç adet beton örneği alınarak deney yapılacaktır. Uzunluğu ve anma çapı birbirine eşit ve 100 mm olan karotların deneye tabi tutulmasıyla bulunan dayanım değerleri, herhangi bir katsayı uygulanmaksızın mevcut beton dayanımının tayininde kullanılabilir. Farklı uzunluk/çap oranlarına sahip

karotlardan elde edilen deney sonuçlarının dönüştürülmesinde, uygun dönüştürme katsayıları esas alınmalıdır (TBDY, 2019).” Donatı sınıfı görsel inceleme ile belirlenecektir. “Bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma gerilmesi mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır (TBDY, 2019).”

2.5.1.2. Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

“Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılır. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi elde edilecektir. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini, boyutlarını ve malzemesini içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir (TBDY, 2019).”

“Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcut ise donatının projeye uygunluğunun kontrolü için yukarıda belirtilen işlemler aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca beton örtüsü sıyrılmayan perde ve kolonların %20’sinde ve çerçeve kirişlerinin %10’unda enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleştirme katsayısı perdeler, kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1’den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir. Betonarme projeler veya inşaat (uygulama) çizimleri mevcut değil ise, her katta en az ikişer adet olmak

üzere kolonların ve perdelerin %10'unun beton örtüsü sıyrılarak donatı tespiti yapılacaktır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca beton örtüsü sıyrılmayan kolon ve perdelerin %30'unda ve kirişlerin %15'inde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir (TBDY, 2019).”

“Malzeme Özellikleri: Kolonlardan veya perdelerden TS EN 12504-1’de belirtilen koşullara uygun şekilde zemin katta üç, diğer katlarda iki adetten az olmamak üzere ve binada toplam dokuz adetten az olmamak üzere, her 400 m²’den bir adet beton örneği alınarak deney yapılacaktır. Uzunluğu ve anma çapı birbirine eşit ve 100 mm olan karotların deneye tabi tutulmasıyla bulunan dayanım değerleri, herhangi bir katsayı uygulanmaksızın mevcut beton dayanımının tayininde kullanılabilir. Farklı uzunluk/çap oranlarına sahip karotlardan elde edilen deney sonuçlarının dönüştürülmesinde, uygun dönüştürme katsayıları esas alınmalıdır (TBDY, 2019).”

Donatı sınıfı, yüzeylerin sıyrılarak incelenmesiyle tespit edilecektir. “Her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma gerilmesi, kopma dayanımı ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma gerilmesi mevcut çelik akma gerilmesi olarak alınacaktır. Uygun değil ise en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz akma gerilmesi eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik akma gerilmesi olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır. (TBDY, 2019).”

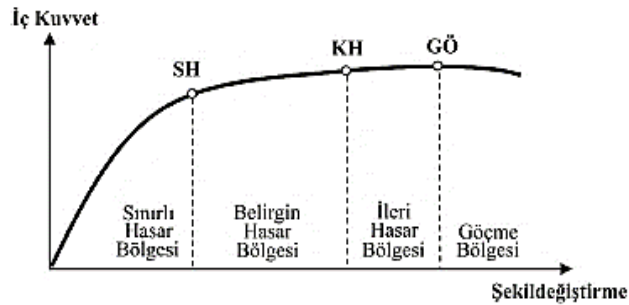
2.6. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

2.6.1. Kesit hasar durumları ve bölgeleri

“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, 2019).”

“Kritik kesitlerinin hasarı SH’ye ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi’nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi’nde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi’nde, GÖ’yü aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi’nde yer alırlar (Şekil 2.6.), (TBDY, 2019).”



Şekil 2.6. Yapılar için performans düzeyleri (TBDY, 2019)

2.6.2. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

Deprem hesabında uygulanacak analiz yöntemine göre elde edilen iç kuvvet veya şekil değiştirme değerleri yönetmelik belirlenen sayısal değerler ile karşılaştırılacaktır. Bunun sonucunda kesitlerin Şekil 2.6.’da görülen hasar bölgelerinden hangisinde olduğu belirlenecektir. En fazla hasar gören kesite göre elemanın hasar durumuna karar verilecektir (TBDY,2019).

Verilen bilgiler doğrultusunda seçilen hesap yöntemi kapsamında öncelikle analizler yapılmıştır. Binanın modellenmesi sırasında yapı elemanlarının uç bölgelerine doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin ve dönme miktarlarının okunabilmesi için plastik mafsalları ataması yapılmıştır. Analiz sonucunda her elemanın plastik mafsalları bulunan uçlarında okunan değerlere göre hasar değerlendirilmesi yapılmıştır. 2019 TBDY’de verilen dönme sınır değerlerine göre her eleman için Şekil 2.6.’da görülen

grafikten bölge seçilmiştir. Yapı elemanlarının iki ucuna da bakılmış olup en olumsuz durum o elemanın hasar durumu olarak seçilmiştir. Daha sonra elemanların hasar durumlarından yapı performans düzeyi tanımlanmıştır.

2.7. Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımları

2.7.1. Dayanıma göre tasarım yaklaşımı (DGT)

Dayanıma göre tasarım yaklaşımı kapsamında belirlenen hesap yöntemleri doğrusal analiz yöntemleridir. Doğrusal analiz yöntemlerinde hesaplar azaltılmış deprem kuvvetlerine dayandırılarak süneklik kapasitesine göre yapılmaktadır. Bu tasarım yaklaşımına göre yapılan deprem hesaplarında, yapı elemanlarının elastik sınır yükünden sonraki taşıma gücünden yararlanılamaz.

Mevcut binaların deprem performansının hesabında Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi olmak üzere iki tür doğrusal analiz yöntemi uygulanmaktadır.

2.7.2. Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı (ŞGDT)

Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı kapsamında belirlenen hesap yöntemleri doğrusal olmayan analiz yöntemleridir. Tez çalışmasında sayısal çalışma kapsamında bu yaklaşıma ait yöntemlerden biri uygulanacaktır. Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımında deprem performansı değerlendirmesi şekil değiştirme ve plastik dönmelere dayandırılarak yapılmaktadır. Bu yaklaşıma ait doğrusal olmayan analiz yöntemleri; malzemenin doğrusal olmayan davranışı ve şekil değişimleri bakımından doğrusal olmayan davranış dikkate alınmaktadır.

Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımında hesap adımları aşağıdaki şekildedir:

“Mevcut veya daha önce ön tasarımı yapılmış taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları ile uyumlu iç kuvvet – şekil değiştirme bağıntıları belirlenir (TBDY, 2019).”

“Öngörülen performans hedef(ler)i ile uyumlu olarak seçilen deprem yer hareket(ler)i altında, taşıyıcı sistemin statik veya zaman tanım alanında dinamik artımsal yöntemlerle hesabı yapılır, doğrusal olmayan sünek davranışa ilişkin şekil değiştirme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir (TBDY, 2019).”

“Elde edilen şekil değiştirme ve iç kuvvet talepleri, öngörülen performans hedef(ler)i ile uyumlu olarak tanımlanan şekil değiştirme ve dayanım kapasiteleri ile karşılaştırılır (TBDY, 2019).”

“Mevcut binalar için, şekil değiştirme ve dayanım taleplerinin bunlara karşı gelen şekil değiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında olduğu veya onları aştığı gösterilerek şekil değiştirmeye göre değerlendirme tamamlanır (TBDY, 2019).”

Çalışma kapsamında betonarme yapıların modellenmesinde Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı uygulanmıştır.

2.7.2.1. Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi

TBDY 2019’a göre taşıyıcı sistem elemanlarının değerlendirilmesinde esas alınmak üzere, deprem etkisi, düşey deprem yükü ile birleştirilmiş ve aşağıdaki gibi sayısal olarak ifade Denklem 2.4’te edilmiştir.

$$G+Q_e +0,2S+E_d^{(H)}+0,3E_d^{(Z)} \quad (2.4)$$

$$Q_e = nQ \quad \text{ve} \quad E_d^{(Z)} = (2/3)S_{DS}G \quad (2.5)$$

Burada G sabit yükü etkisini, Q_e etkin hareketli yük etkisini, S kar yükü etkisini, $E_d^{(H)}$ yatay deprem etkisini ve $E_d^{(Z)}$ ise düşey deprem etkisini ifade etmektedir. ‘n’ ise

hareketli yük katılım katsayısını göstermekte olup onular için 3'tür. Düşey deprem etkisi tasarım spektral ivme katsayısına (S_{DS}) bağlı olarak hesaplanmaktadır.

“Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapılacak deprem hesabından önce, Denk.(2.4)'te $E_d^{(H)}$ dışındaki statik düşey yüklerin taşıyıcı sisteme artımsal olarak uygulandığı doğrusal olmayan statik hesap yapılacaktır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler yatay deprem hesabında başlangıç değerleri olarak göz önüne alınacaktır. Yeni yapılan ve güçlendirilen binalarda bu aşamada doğrusal olmayan şekildeğiştirmelere izin verilmez. Ancak mevcut binaların değerlendirilmesinde, (eğer varsa) doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler de başlangıç değerleri olarak göz önüne alınacaktır (TBDY, 2019).”

$E_d^{(H)}$ yatay deprem yükü hesabında aşağıdaki koşullar göz önünde bulundurulmaktadır:

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden İtme Yöntemi uygulanması durumunda $E_d^{(H)}$ yatay deprem hesabı, X ve Y deprem doğrultularında ayrı ayrı hesaplanan etkilerin aşağıdaki gibi Denklem 2.6 ve 2.7'deki gibi birleştirilmesiyle hesaplanacaktır.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (2.6)$$

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (2.7)$$

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi uygulanması durumunda $E_d^{(H)}$ yatay deprem hesabı, yatayda birbirine dik X ve Y deprem doğrultularındaki deprem yatay bileşenleri eş zamanlı birlikte tanımlanarak, birleştirilmiş yatay deprem yükü bu hesap yöntemi sonucunda doğrudan elde edilmiş olacaktır.

2.7.2.2. Doğrusal olmayan davranış modelleri

Yığılı Plastik Davranış Modeli, çerçeve (çubuk) sonlu elemanları olarak modellenebilen kiriş, kolon ve perde taşıyıcı elemanlarında doğrusal olmayan

davranışı modellemek amacıyla kullanılabilir. Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışlarının belirlenebilmesi için uç bölgelerine plastik mafsalları tanımlaması yapılmaktadır. Üç plastik mafsallar yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil etmektedir. “Yığılı Plastik Davranış Modeli’nde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsalları boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0,5h$) (TBDY, 2019).”

Yayıllı Plastik Davranış Modeli, kolon, kiriş ve betonarme perdelerde doğrusal olmayan davranış modeli modellemek amacıyla kullanılan bir diğer doğrusal olmayan davranış modelidir. Bu davranış modeline göre akmanın eleman boyunca meydana geldiği varsayılmaktadır. “Yayıllı plastik davranış modelleri, sonlu uzunluktaki uç bölgeleri (plastik şekil değiştirme bölgeleri) veya elemanın tüm uzunluğu boyunca doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri sürekli (yayıllı) biçimde göz önüne almak üzere kullanılabilir (TBDY, 2019).”

Çalışma kapsamında modellenen taşıyıcı sistem elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir. Doğrusal olmayan davranışın belirlenebilmesi için sayısal çalışmada yığılı plastik davranış modeli uygulanmıştır.

2.7.2.3. Doğrusal olmayan hesap için taşıyıcı sistemin modellenmesine ilişkin kurallar

- “Bina taşıyıcı sistemleri daima üç boyutlu olarak modellenecektir.”
- “Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkisi daima gözönüne alınacaktır.”
- “Doğrusal sönüm oranı, aksi belirtilmedikçe, %5 alınacaktır.”
- “Eksenel kuvvetlerin şekil değiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertebe etkileri gözönüne alınacaktır (TBDY, 2019).”

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde taşıyıcı sistem elemanlarından kolon ve kirişlerin modellenmesinde uygulanması gereken hususlar aşağıdaki gibidir.

- “Kiriş ve kolonlar, çerçeve (çubuk) sonlu elemanları olarak modelleneceklerdir. Doğrusal olmayan davranış, elemanların uçlarında tanımlanan sonlu plastik şekildeğiştirme bölgelerinde yığılı plastik davranış modeli ile veya yayılı plastik davranış modelleri ile modellenebilir. Uygulamada yığılı plastik mafsallı modelinin kullanımı genel olarak yeterli kabul edilebilir (TBDY, 2019).”

Çalışma kapsamında tüm yapı elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir. Yapı elemanlarının uç bölgelerine plastik mafsallı tanımlanmıştır. Yığılı plastik mafsallı modeli uygulanmıştır.

- “Kolon ve kirişlerde plastik mafsallar, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği göz önüne alınmalıdır (TBDY, 2019).”

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde taşıyıcı sistem elemanlarından perdelerin modellenmesinde uygulanması gereken hususlar aşağıdaki gibidir.

- “Enkesit şekli dikdörtgen, I, T, L, U veya C olan perdeler, plandaki en büyük perde kolu uzunluğunun toplam perde yüksekliğine oranının $1/2$ 'yi aşmadığı durumlarda, ekseni enkesit ağırlık merkezinden geçen eşdeğer çubuk sonlu eleman olarak modellenebilirler (TBDY, 2019).”

Çalışma kapsamında perde yapı elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir. Doğrusal olmayan davranış modeli olarak Yığılı Plastik Davranış (Plastik Mafsallı) Modeli kullanılmıştır. Her katta perde alt uçlarına plastik mafsallı ataması yapılmıştır. Program kapsamında yapılan bilgi girişlerinde, Shell (kabul) olarak modellenen elemanlara plastik mafsallı ataması yapılamamaktadır. Bu yüzden perde elemanları,

kolon elemanlar gibi çubuk eleman olarak modellenmiştir. Bu çubuk elemanlar perde elemanlarının ağırlık merkezlerine yerleştirilmiştir. Perde elemanlar orta dikme çubuk tekniğiyle modellenmiştir. Diğer yapı elemanlarıyla bağlantısı büyük eğilme rijitliğine sahip kirişlerle sağlanmıştır.

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde taşıyıcı sistem elemanlarına etkin kesit rijitliklerinin uygulanması hususu aşağıdaki gibidir. Yığılı plastik davranış modeline göre modellenen yapı elemanlarının etkin kesit rijitlikle aşağıdaki Denklem 2.8 ile belirlenmesi gerekmektedir.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y 3} \quad (2.8)$$

“Burada M_y ve θ_y çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momentleri ile akma dönmelerinin ortalamalarını göstermektedir. L_s ise kesme açıklığı (kesitteki moment/kesme kuvveti oranı)’dır; kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın yarısı olarak alınabilir (TBDY, 2019).”

Ancak mevcut binaların deprem hesabına ilişkin genel esaslarına bakıldığında etkin kesit rijitliği için doğrusal hesap yöntemindeki değerlerin kullanılabilceği görülmektedir. 2019 TBDY’de bu değerlerin mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi hesaplarında; doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin her ikinde de kullanabileceği belirtilmiştir. Bu yüzden Tablo 2.5.’teki değerler göz önüne alınmıştır.

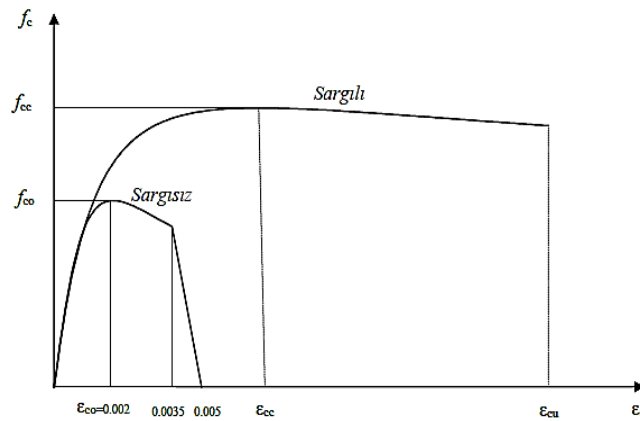
Tablo 2.5. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eğilme	Kesme
Çubuk Eleman		
Çerçeve kirişi	0,35	1,00
Çerçeve kolonu	0,70	1,00
Perde (eşdeğer çubuk)	0,50	0,50

2.7.2.4. Betonarme malzeme modelleri

- Sargılı ve sargısız beton modelleri

“Doğrusal Olmayan Yöntemler ile şekildeğiştirmeye göre değerlendirmede, başkaca bir modelin seçilmediği durumlarda kullanılmak üzere, sargılı ve sargısız beton için aşağıdaki gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları tanımlanmıştır (TBDY, 2019).” Şekil 2.7.’de sargılı-sargısız beton gerilme-değiştirme grafiği görülmektedir.



Şekil 2.7. Sargılı- sargısız betonun gerilme-şekil değiştirme grafiği (TBDY, 2019)

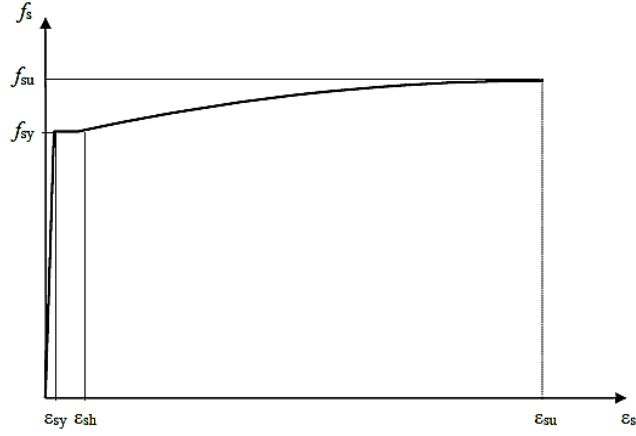
- Donatı çeliği modeli

“Doğrusal Olmayan Yöntemler ile şekildeğiştirmeye göre değerlendirmede kullanılmak üzere, donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları tanımlanmıştır (Şekil 2.10.) (TBDY, 2019).” “Donatı çeliğinin elastiklik modülü $E_s = 2 \times 10^5$ MPa’dır. Donatı çeliklerine ait diğer bilgiler Tablo 2.6.’da verilmiştir (TBDY, 2019).”

Tablo 2.6. Donatı çeliklerine ait bilgiler (TBDY,2019)

Kalite	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

Aşağıdaki gerilme-şekil değiştirme grafiğinde görüldüğü üzere üç kısım vardır (Şekil 2.8.). Bunlarda ilki donatı çeliği için doğrusal davranışı ifade eden elastik bölgedir. Bu bölgenin bitiminde, akma dayanımına ulaşıldığında donatı akmaya başlar. Son kısımda donatı çeliğinin pekleştiği bölümdür. Bu bölüm donatı çeliğinin kopana kadar, aktığı halde akma dayanımından biraz daha fazla gerilmeye karşı şekil değişikliği gösterdiğini ifade eder.



Şekil 2.8. Donatı çeliğinin gerilme şekil değiştirme grafiği (TBDY, 2019)

2.8. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı

“Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem etkisi altında yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme ve plastik dönme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu talep büyüklükleri, şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılacaktır (TBDY, 2019).”

Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı kapsamında kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri:

- İtme Yöntemleri
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Çalışma kapsamında mevcut binanın analizi Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan hesap yöntemi ile yapılmıştır.

2.8.1. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile deprem hesabı

Çalışma kapsamında zaman tanım alanında deprem hesabı yapılmasına karar verilmiştir. Bu yöntem ile daha önce yaşanmış depremlerin ivme kayıtları modellenen yapıya etki ettirilmektedir. Yapıda ne derece hasar oluşacağı bu sayede önden tespit edilebilmektedir.

“Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden diferansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonu’na karşı gelir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi göz önüne alınır (TBDY, 2019).”

“Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda en az onbir deprem yer hareketi takımı kullanılacaktır. Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı sistemin (X) ve (Y) asal eksenleri doğrultusunda aynı anda birlikte etki ettirilecektir. Daha sonra ivme kayıtlarının eksenleri 90° döndürülerek hesap tekrarlanacaktır (TBDY, 2019).”

2.8.1.1. Deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi

“Bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır. Binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarının mevcut olması durumunda öncelikle bu kayıtlar kullanılacaktır. Yeterli sayı veya nitelikte deprem kaydı seçiminin yapılamadığı durumlarda, zaman tanım alanında benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir (TBDY, 2019).” Bu kayıtlar için aynı şekilde burada belirtilen

hususların dikkate alınması gerekmektedir.

“Zaman tanım alanında hesapta kullanılacak deprem yer hareketleri, seçilen deprem kayıtlarından basit ölçeklendirme yöntemi ile aşağıdaki şekilde elde edilebilir:”

“Bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması kuralına göre, deprem yer hareketlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir (TBDY, 2019).”

“Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının $1,3$ 'ten daha küçük olmaması kuralına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir. Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının $1,3$ 'ten daha küçük olmaması kuralına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir (TBDY, 2019).”

2.8.1.2. Şekildeğiştirme ve iç kuvvet talepleri değerlendirilmesi

Sünek davranışa sahip elemanlarda değerlendirmeye esas şekildeğiştirme talepleri ile sünek davranışa sahip olmayan elemanlarda değerlendirmeye esas iç kuvvet talepleri, yapılan analizlerin (en az $2 \times 11 = 22$ analiz) her birinden elde edilen sonuçların enbüyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak hesaplanacaktır.

Bu çalışma kapsamında Zaman Tanım Alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile mevcut binaların deprem performansı değerlendirilmiştir. İki boyutlu analiz

yapılmıştır. Elde edilen tüm deprem kayıtları Peer Berkeley, ngawest2 veri tabanından ulaşılmıştır. Veri tabanı üzerinden her deprem kaydının yatay doğrultuda birbirine dik bileşenleri ve düşey bileşeni elde edilmiştir. Deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi için SeismoMATCH programı kullanılmıştır. Toplamda 5 deprem olmak üzere H1 ve H2 bileşenleri ile birlikte 10 deprem kaydı ölçeklendirilmiştir. Basit ölçeklendirmede olduğu gibi $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ (0,1s ve 1,4s) arasında tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının aynı şekilde bu aralıktaki genliklerden daha küçük olmayacağı şekilde uyumu sağlanmıştır.

Taşıyıcı sistem elemanlarında analiz sonucunda elde edilen plastik dönme değerlerinin yönetmelik sınır değerince karşılaştırılması ile hasar durum belirlenmiştir. Yapılan analizlerin her birinden elde edilen sonuçların mutlak değerce büyük olan dikkate alınmış olup, tüm analiz sonuçlarının ortalaması ile performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

2.8.2. Şekildeğiştirme ve dönme sınırları

Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı ile uygulanan doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucunda kolon, kiriş ve perde uç bölgelerinde doğrusal olmayan davranışlar meydana gelmektedir. Eleman kesitlerinde oluşabilecek plastik şekil değiştirme ve dönmelerin üst sınırları deprem yönetmeliğinde açıklanmaktadır. Bu izin verilen kesit hasar sınırlarına göre betonarme bina elemanlarının performans düzeyi belirlenmektedir.

Bu çalışma kapsamında yapı elemanlarının doğrusal olmayan davranış modeli yığılı plastik davranış modeli ile modellenmiştir. Yapı elemanlarının kesit ve eleman hasar durumları yönetmelikte belirtilen dönme sınır değerlerine göre belirlenmesine karar verilmiştir. Eleman uçlarına atanan plastik mafsallarda meydana gelen doğrusal olmayan davranış değerleri arttırılarak kesit elemanı performans düzeyi belirlenmiştir. Ayrıca sayısal çalışmada yapı elemanları için donatı çeliği nervürsüz S220 seçilmiştir. Nervürsüz donatı çeliği kullanılması durumunda mevcut yapıların deprem performansı belirlenmesi konusunda 2019 TBDY aşağıdaki ifadeyi belirtmektedir.

“Şekildeğiştirme hesabı yapılan betonarme elemanların boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmişse, donatı çeliği birim şekildeğiştirme talebi ve plastik dönme talebi 1,5 ile çarpılarak arttırılacaktır (TBDY, 2019).”

Betonarme bina elemanları şekildeğiştirme sınırları:

2019 TBDY’ye belirlenen şekildeğiştirme ve plastik dönme sınırları ayrıntılı olarak aşağıda belirtilmiştir.

“Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, TBDY Bölüm 13’te verilen Yüksek Binalar da dahil olmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu Bölüm’de verilen yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan beton ve donatı çeliği toplam birim şekildeğiştirmeleri $\varepsilon_c^{(GÖ)}$ ve $\varepsilon_s^{(GÖ)}$ için izin verilen sınırlar aşağıda tanımlanmıştır (TBDY, 2019):”

- Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için beton birim kısalması Denklem 2.9a’daki gibidir.

Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde: Dairesel kesitlerde:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0,0035 + 0,04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0,018 \quad \varepsilon_s^{(GÖ)} = 0,0035 + 0,07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0,018 \quad (2.9a)$$

ε_c : Beton basınç birim şekil değıştirmesi.

ω_{we} : Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (2.9b)$$

α_{se} : Sargı donatısının etkinlik katsayısı.

$\rho_{sh,min}$: Dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük

alanı.

f_{ywe} : Enine donatı oranının ortalama (beklenen) akma dayanımını .

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k S} \quad (2.9c)$$

A_{sh} ve ρ_{sh} : Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının alanını ve hacimsel oranı.

b_k : Dik doğrultudaki 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 uzaklık.

Dairesel sargı donatısının etkinlik katsayısı (Denklem 2.9d) verilmiştir.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{s}{2D}\right)^n ; \quad \rho_{sh} = \frac{2A_{os}}{D_s} \quad (2.910d)$$

A_{os} : Spiral/sargı donatısının alanı.

s :Enine donatı aralığı veya spiralin adımı.

D : Spiral/sargı donatısı eksenleri arasındaki uzaklık.

Dairesel etriye için $n = 2$

Spiral donatı için $n = 1$

- Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi Denklem 2.10'daki gibidir.

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0,4\varepsilon_{su} \quad (2.10)$$

ε_s :Çekme dayanımına karşı gelen birim uzama

ε_{su} : Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi

Betonarme bina elemanları plastik dönme sınırları:

“Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, TBDY Bölüm 13’te verilen Yüksek Binalar da dahil olmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu Bölüm’de verilen yığılı plastik davranış modeline göre hesaplanan plastik dönmeler için izin verilen sınır, kesite etkiyen eksenel kuvvet ve TBDY EK 5A’da verilen beton ve donatı çeliği modelleri dikkate alınarak yapılacak eğrilik analizi sonucunda Denk.(2.11) ile hesaplanacaktır (TBDY, 2019):”

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s}\right) + 4,5 \phi_u d_b \right] \quad (2.11)$$

“Burada ϕ_u , beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri ile TBDY EK 5A’da verilen beton ve donatı çeliği modellerinden yararlanılarak ve kesite etkiyen eksenel kuvvet dikkate alınarak yapılan analizden elde edilen göçme öncesi toplam eğriliği’ni göstermektedir (TBDY, 2019).”

Kontrollü hasar performans düzeyi için yapılan analizlerde elde edilen sonuçların karşılaştırılmak üzere yönetmelik esaslarınca belirlenen beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekildeğiştirme ve plastik dönme sınırları aşağıdaki gibidir.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0,75 \varepsilon_c^{(KH)} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0,75 \varepsilon_s^{(KH)} \quad (2.12a)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0,75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (2.12b)$$

Sınırlı hasar performans düzeyi için yapılan analizlerde elde edilen sonuçların karşılaştırılmak üzere yönetmelik esaslarınca belirlenen beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekildeğiştirme ve plastik dönme sınırları aşağıdaki gibidir.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0,0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0,0075 \quad (2.12c)$$

“Etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta SH performans düzeyi için taşıyıcı sistemde plastik mafsal oluşumuna izin verilmeyecektir (TBDY, 2019):” $\theta_p^{(SH)} = 0$

2.9. Mevcut Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi

Yönetmelik kapsamında deprem tasarım sınıfları için tanımlanan iki farklı performans hedefi vardır. Bunlar Normal Performans Hedefi ve İleri Hasar Performans Hedefi'dir. Deprem yer hareketi ve deprem tasarım sınıfına bağlı olarak binalara uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları seçilmektedir. Mevcut binalar için esas alınan deprem yer hareketi düzeyine göre performans hedefleri ve değerlendirme/tasarım yaklaşımı aşağıdaki Tablo 2.7.'de görülmektedir.

Tablo 2.7. Mevcut binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları (TBDY,2019)

Deprem Yer H. 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

Bu çalışma kapsamında DD-2 deprem yer hareketi düzeyi göz önüne alınmaktadır. Tasarım esaslarına bağlı olarak Deprem Tasarım Sınıfının '1' olduğu görülmüştür. Bu yüzden çalışma kapsamında değerlendirilen mevcut bina için öngörülen performans hedefi 'KH' iken, değerlendirme/tasarım yaklaşımı Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT)'dir.

2.9.1. Mevcut binaların deprem hesabına ilişkin esaslar

“Deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir (TBDY, 2019).”

Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin her ikisi için de geçerlidir.

1. “Deprem etkisinin tanımında, belirlenen deprem yer hareketi düzeyleri için yatay elastik tasarım spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I = 1,0$) (TBDY, 2019).”
2. “Binaların deprem performansı, binaya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Deprem hesabında kütleler TBDY 4.5.9’a göre tanımlanacaktır (TBDY, 2019).”
3. “Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir (TBDY, 2019).”
4. “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 (TBDY, 2019).”
5. “Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır (TBDY, 2019).”
6. “Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.
7. Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir (TBDY, 2019).”

“Deprem hesabında beton ve donatı çeliğinin TBDY 15.2’de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır (TBDY, 2019).”

“Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0,0035, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0,01 alınabilir (TBDY, 2019).” “Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir (TBDY, 2019).”

8. “Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir (TBDY, 2019).”

9. “Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılacaktır. Etkin kesit rijitlikleri TBDY 4.5.8’e göre hesaplanacaktır (TBDY, 2019).”
10. “Zemindeki şekildeğişirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır (TBDY, 2019).”

2019 TBDY’de ifade edildiği üzere mevcut betonarme binaların doğrusal ve doğrusal olmayan, her iki türde hesap yöntemleri ile analizi yapılması durumunda; etkin kesit rijitliği çarpanları Tablo 2.8.’den ortak olarak kullanılabilir. Çalışma kapsamın kolon, kiriş ve perde elemanlar çubuk eleman olarak modellenmiştir. Etkin kesit rijitliği çarpanları Tablo 2.8.’den alınmıştır.

Tablo 2.8. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları (TBDY,2019)

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)		
Perde	0,50	0,50
Bodrum perdesi	0,80	0,50
Döşeme	0,25	0,25
Perde-Döşeme (Düzlem dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0,25	1,00
Bodrum perdesi	0,50	1,00
Döşeme	0,25	1,00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
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

2.9.2. Mevcut binaların deprem performans düzeyleri

“Mevcut binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkili olup dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır (TBDY, 2019).”

Eleman kesitlerinin hasar durumları belirlenmesi en olumsuz duruma göre her katın elemanlarının performans düzeyi yüzdeler olarak hesaplanır. Aşağıdaki koşullar dikkate alınarak bina performans düzeyi belirlenir.

2.9.2.1. Mevcut binalarda 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. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir (TBDY, 2019).”

2.9.2.2. Mevcut binalarda 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 (TBDY, 2019):”

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 kadar İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir (TBDY, 2019).”

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 (TBDY, 2019).”

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 (TBDY, 2019).”

2.9.2.3. Mevcut binalarda göçmenin önlenmesi performans düzeyi

“Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi’nde olduğunun gözönüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir (TBDY, 2019):”

- 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. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir (TBDY, 2019).”
- 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 (TBDY, 2019).”
- c. “Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TBDY, 2019).”

2.9.2.4. Göçme durumu

“Bina Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi’ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu’ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TBDY, 2019).”

BÖLÜM 3. BURULMA DÜZENSİZLİĞİ

3.1. Burulma Düzensizliği Hesabı (η_{bi})

Yapı tasarımında dikkat edilmesi gereken başlıca ilkeler, taşıyıcı sistemin ve yapı elemanlarının yatay ve düşey yük bileşenlerini yapı zeminine kadar güvenli bir şekilde iletilmesini sağlamaktır. Bunun yanında yeterli rijitlik, dayanım ve dengeli yük dağılımının sağlanmasına dikkat edilmesidir. Düzenli ve simetrik plan geometrisine sahip binalar depreme karşı performansları tahmin edilebilir binalardır. Ancak düzensiz binaların deprem davranışı kesin olarak öngörebilmek oldukça zor ve karmaşık bir problemdir.

Planda düzensizlik durumlarından biri olan burulma düzensizliği, yapılarda herhangi bir katta düşey taşıyıcı elemanlarının hesaplanan maksimum görelî yer değiştirmesinin yine bu düşey taşıyıcı elemanlarının ortalama görelî yer değiştirmesine oranı olarak hesaplanır. Bu düzensizliğin varlığından, hesaplanan oranın 1,2'den büyük olduğu (Denklem 3.4d) hallerde söz edilmektedir.

Burulma Düzensizliği oluşması durumunda bina katlarında ötelenme hareketiyle birlikte dönme hareketi de meydana gelmektedir. Teorik olarak burulma durumunun ortaya çıkmasının engellemek için ilk koşul rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakışmasını sağlamaktır. Bu koşulun sağlanması ile burulma halinde oluşan burulma momentlerinin yapıda oluşturacağı ek kesme kuvvetlerinin önüne geçilebilmektedir.

Burulma düzensizliğinin oluşmasına sebep olan düzensiz kütle, rijitlik ve dayanım dağılımı gibi etkenler deprem etkisiyle binalarda oldukça fazla hasar oluşturmaktadır. Bu hasar kimi zaman binaların yıkılmasına sebep olabilmektedir.

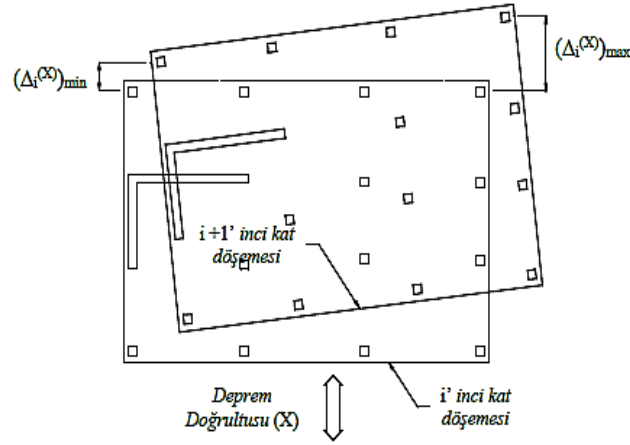
$$(\Delta i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max} \quad (3.1a)$$

$$(\Delta i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min} \quad (3.2b)$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = ((\Delta i)_{\max} + (\Delta i)_{\min}) / 2 \quad (3.3c)$$

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{\text{ort}} > 1,2 \quad (3.4d)$$

η_{bi} burulma düzensizliği katsayısını ifade etmektedir. d_i deprem etkisi altında yerdeğiştirmeleri, Δi ise görel kat ötelemesini ifade etmektedir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Görelî ötelemeler (2019, TBDY)

3.2. Burulma Düzensizliğinin Oluşumunda Etkenler ve Dikkat Edilmesinde Gerekenler

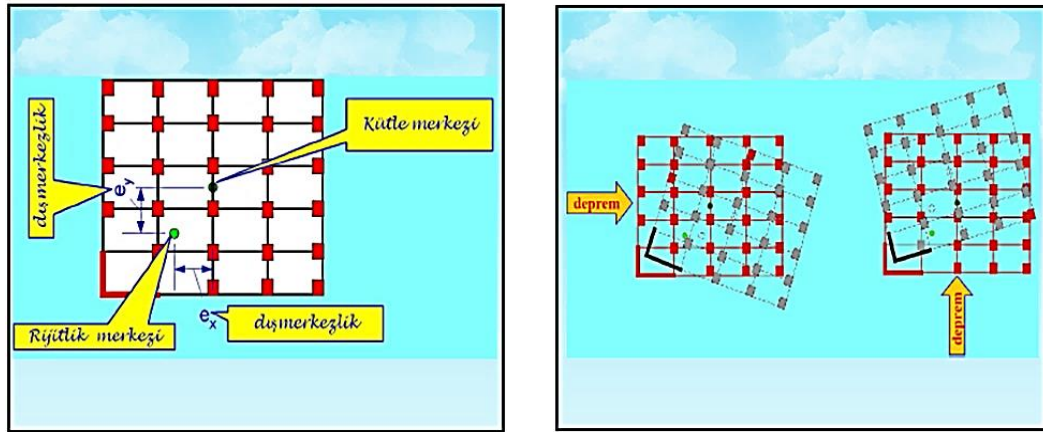
Burulma düzensizliğinin oluşumunda başlıca etkenler;

- Simetrik olmayan yapıların plan geometrileri,
- Perdelerin plandaki konumu,
- Kat sayısı,
- Herhangi bir katta kütle ile rijitlik merkezinin düzensiz dağılımdan dolayı uzaklaşması,
- Plan ve rijitlik dağılımının simetrik olması durumunda ise kenar akslarda rijitliğin düşük olması,
- Faklı geometrik formlardaki yapılarda deprem derzi bırakılmaması.

Yatay ve düşeyde yük aktarımını sağlayan yapı elamanlarında süreksizlikler, rijitlik ve dayanım süreksizlikleri, döşemelerde boşluklar ve yapı elemanlarının kesit boyutlarının gerekenden çok daha fazla veya çok daha az olması düzensiz bir plan geometrisi oluşturur. Bu sebepler planda kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafenin artmasına sebep olur.

Kat döşemelerinin, kolonların, kirişlerin, bölme duvarların ağırlıkları ve yayılı yük olarak kabul edilen kat düzlemi içerisinde sabit ve hareketli yükler dikkate alınarak sistemin kütle merkezi hesaplanır. Deprem kuvvetlerinin bu merkeze etkidikleri kabul edilmektedir. Rijitlik merkezi ise deprem kuvvetlerinin düşey taşıyıcılarda oluşturduğu kesme kuvvetlerinin bileşkesinin geçtiği noktadır. Bu iki merkez arasındaki mesafeye kaçıklık denmektedir. Kaçıklık ise dışmerkezlik olarak ifade edilir. Taşıyıcı elemanlar rijitlikleri ile orantılı olarak kuvvet almaktadır. Burulma etkisi halinde rijitlik merkezine olan uzaklıklarına göre burulma momentinden kaynaklı ek kuvvet alırlar. Dış merkezliğin oluşması halinde burulma etkileri dikkatli bir Şekil 3.2.'de göz önünü alınmalıdır.

Düşey taşıyıcı elamanlardan olan perdeler yatay kuvvetlere karşı en büyük direnci sağlayan taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Yapının deprem performansına kolonlara nazaran daha fazla katkıda bulunurlar. Yapıda yer değiştirmelerin küçük kalmasını sağlayıp, yapının burulmasını engellerler. Ancak perdelerin bu avantajları sağlayabilmesi için yapı plan geometrisine uygun yerleştirilmeleri gerekmektedir. Perde ve kolonların simetrik yerleştirilmemesi kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmasını engeller. Böylece x yönünden gelen deprem e_y dışmerkezliği, y yönünden gelen deprem e_x dışmerkezliği oluşturur. Yapı deprem yönüne bağlı olarak ötelenirken, burulma momenti sebebiyle rijitlik merkezi etrafında döndürülür. Aşağıdaki Şekil 3.2.'de bu durum görülmektedir.



Şekil 3.2. Burulma düzensizliği sebebiyle dışmerkez oluşumu (Özkul, B.)

Bu durumun oluşmaması için dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlar;

- Kolonlar ve perdeler olabildiğince planda her iki yöne göre simetrik yerleştirilmelidir.
- Perdeler yapı dış kenarlarına yakın olacak şekilde ve yapı ortalarında da bir iki perde olacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Perdeler olabildiğince planda her iki yöne göre yapı rijitliğini eşitleyecek şekilde yerleştirilmelidir.
- Karmaşık formda plan geometrisine (L,H, T) sahip yapılar deprem derzleri ile ayrılması gerekmektedir.
- Yapıdaki esnek bölgelerin güçlendirilmesi (yapı için uygun olmayan zemin koşullarında rijitliği artırarak deformasyonları önlemek amacıyla stabilite duvar eklenmesi gibi)

Perde duvarların yapı dış kısmına yakın ve simetrik yerleştirilmesi halinde, yapının tüm plan kesitinin burulma rijitliğini artırarak burulma düzensizliği önlenmektedir. Ayrıca bu durum deprem etkilerinin daha düşük düzeyde kalmasını sağlar.

3.3. Burulma Düzensizliği Hasar Örnekleri

Deprem etkisi altında yapılarda burulma hasarlarının sonucunda kolon alt uçlarında donatıların dışa doğru bükülmesi ve kabuk betonun patlaması görülmektedir.

Kolonlarda oluşan boy kısılmaları Şekil 3.3.'te görülmekte olup bu hasar yapının düşey stabilitesinin riske düşüren bir durumdur.



Şekil 3.3. Burulma etkisinde kolonlarda hasar durumu (Kurt, C.)

Aşağıda 2011 Van depreminde burulmadan dolayı ağır hasar alan bir yapı rneği verilmiştir. Köşeye yerleştirilmiş perde nedeniyle ağır burulma hasarları oluşmuştur (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. 2011 Van Depremi, Burulma Hasarı (Gürer, C.)

Katlarda rijitlik merkezinin ağırlık merkezinden uzaklaşması sonucunda düşey bir eksen etrafında oluşacak burulma köşe kolonlarda ağır hasara sebep olabilmektedir. Şekil 3.5.'te bu durum görülmektedir.



Şekil 3.5. Burulmadan dolayı bina köşelerinde ağır hasar, Yalova, 1999 (Kurt, C.)

Çalışma kapsamında değerlendirilen binalarda perdelerin plan geometrisinde konumları farklıdır. Bir binada perdeler simetrik yerleşmişken diğer binada böyle değildir. Yapıların deprem performansı değerlendirilirken burulma düzensizliği göz önünde bulundurulmuştur. Ancak ek dış merkezlik uygulanmamıştır.

BÖLÜM 4. SAYISAL ÇALIŞMA

Bu çalışma kapsamında mevcut binaların planlarından yola çıkılarak tasarlanmış betonarme yapıların burulma düzensizlikleri dikkate alınarak, doğrusal olmayan analiz yöntemiyle deprem performansını belirlenmiştir. İki farklı perdeli-çerçevesiz taşıyıcı sisteme sahip betonarme yapı modeli oluşturulmuştur. Yapılardan birinde perde duvar elemanlar dört cephede simetrik olarak bulunmaktadır. Diğer modelde ise perde duvarlar yapının bir bölümünde toplanmış olarak yerleştirilmiştir. Burulma düzensizliği katsayısı ve planları haricinde aynı özellikte olan yapıların deprem etkisi altında davranışları incelenmiştir.

Yapıların üç boyutlu modellenmesi SAP2000 programında oluşturulmuştur. Kullanım amacı konut olan mevcut yapıların 2019 TB DY'ye göre hedeflenen performans düzeyi 50 yıllık periyotta aşılma olasılığı %10 olan Kontrollü Hasar Performans seviyesidir.

Deprem performansı zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile değerlendirilecektir. İki boyutlu hesap için seçilecek deprem takımlarının sayısının en az on bir olması gerekmektedir. Ancak tez çalışması kapsamında 5 deprem ivme takımı kullanılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemleri esaslarında belirtildiği üzere devrem ivme takımları eş zamanlı etki ettirilmiştir. Deprem ivme takımları 90° döndürülerek tekrar etki ettirilmesiyle analiz tekrarlanmıştır.

Yapılar ZC zemini üzerinde bulunduğu kabul edilmiştir. ZC zeminine ve yapıların konumuna ait harita spektral ivme katsayıları kullanılarak, deprem kayıtları SEISMOMATCH programında ölçeklendirilmiştir. Deprem kayıtları ZC zemin sınıfına ait kayma dalga hızı aralığı dikkate alınarak seçilmiştir. Ölçeklenen deprem kayıtları SAP2000 programında Define-Functions-Time History sekmesi kullanılarak programa tanımlanmıştır.

4.1. Bina Hakkında Bilgiler

Modellenen yapılar betonarme çerçeve ve betonarme perdelerden oluşmaktadır. Toplamda 5 katlı olup, X ve Y yönünde 16 m uzunluğundadır. Yapılarda her kat birbirinin aynısıdır ve kat yükseklikleri 2,8 m'dir. Toplam bina yükseklikleri 14 m'dir. Planlarda, 25 cm x 50 cm boyutunda tek tip kiriş, 40 cm x 40 cm boyutunda tek tip kolon, 210 cm x 30 cm boyutunda perde duvar bulunmaktadır. Perde duvarlar konumlarına göre yönleri değiştirilerek yerleştirilmiştir. Döşeme kalınlığı 12 cm'dir. Ancak serbestlik derecesini arttırması sebebiyle döşemeler modellenmemiştir. Döşemelerden aktarılan yayılı yüklerin üçgen ve trapez formda olduğu kabul edilmektedir. Bu yükler üniform yayılı yüklere dönüştürülerek kirişlere tanımlanmıştır. Aynı zamanda oluşturulan modellerde, her kata kendi içerisinde rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Yapının ZC zemini üzerinde bulunduğu kabul edilmiştir. Yapıların zemin üzerine ankastre bağlı olduğu kabul edildiğinden temel hesabı yapılmamış ve modellenmemiştir. Modellemede tanımlanacak yapı malzemelerinin; C18 özelliğinde beton, S220 tipinde donatı çeliği olmasına karar verilmiştir. Şekil 4.1. ve 4.3.'te yapı planları görülmektedir. Yapıların üç boyutlu görünümü Şekil 4.2. ve Şekil 4.4.'teki gibidir.

Modellenen binalar hakkında özet bilgi:

- Kat yüksekliği: 2,8 m
- Kat sayısı: 5
- Bina yüksekliği: 14 m
- Taşıyıcı sistem türü: Perdeli-çerçevesi
- Bina türü: Konut
- X doğrultusu toplam bina uzunluğu: 16 m
- Y doğrultusu toplam bina uzunluğu: 16 m
- Toplam bina alanı: 256 m²

Malzeme bilgisi:

- Donatı çeliği sınıfı: S220 (Nervürsüz)
- Beton sınıfı: C18

Bina tasarım parametreleri:

- Deprem yer hareketi düzeyi: DD-2
- Bina önem katsayısı: 1
- Bina kullanım sınıfı (BKS): 3
- Deprem tasarım sınıfı (DTS): 1
- Bina yükseklik sınıfı (BYS): 6
- Hareketli yük katılım katsayısı: 0.3
- Bina bilgi düzeyi: Kapsamlı bilgi düzeyi (1)
- Değerlendirme/tasarım yaklaşımı: ŞGDT
- Hedeflenen performans seviyesi: 'Kontrollü Hasar performans' seviyesi

Zemin parametreleri:

- Yerel zemin sınıfı: ZC
- $(V_s)_{30}$: 360-760 m/s
- T_A : 0,07 T_B : 0,34
- S_s : 1,665 S_1 : 0,455 S_{DS} : 1,998 S_{D1} : 0,6825

Yük analizi:

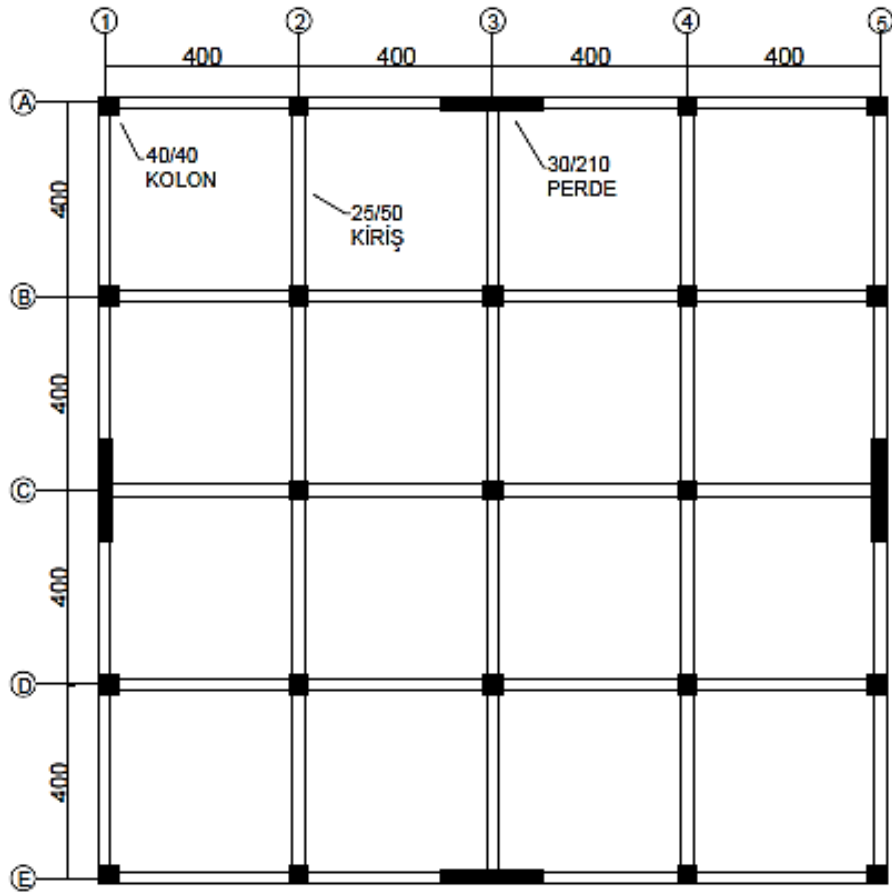
Sabit Yükler:

- Döşeme yükü: 4,64 KN/m²
- Dış duvar yükü: 5,34 KN/m²
- İç duvar yükü: 3,21 KN/m²

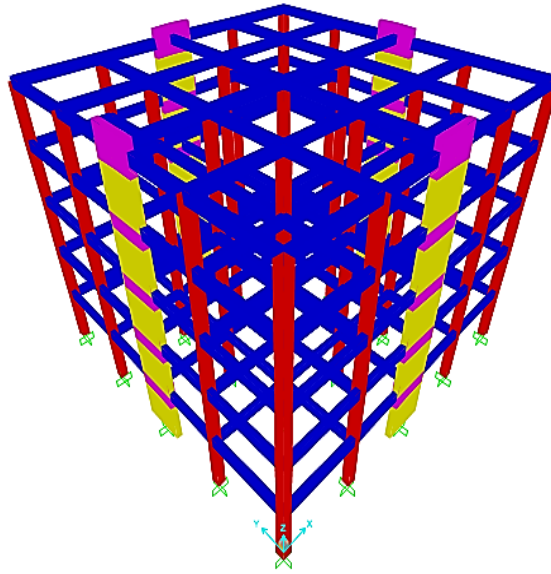
Hareketli yükler:

- Konut içi döşemelerde: 2 KN/m²
- Kar yükü: 0,75 KN/m²

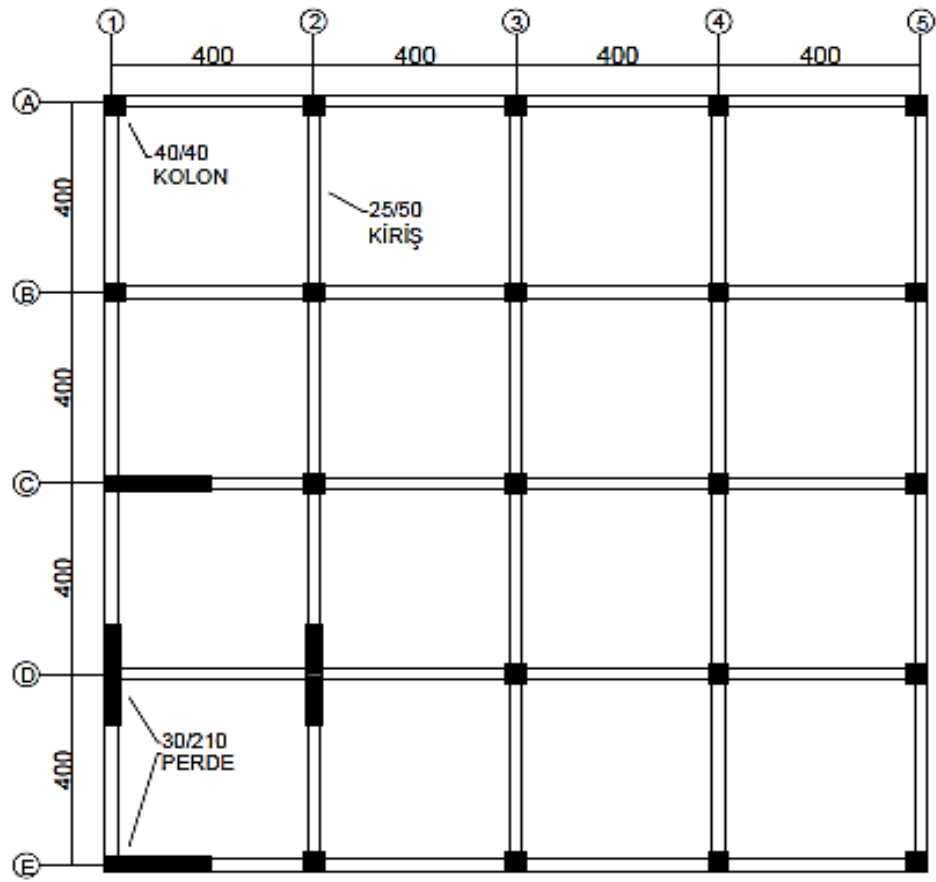
Kütle dağılımının simetrik olması istendiğinden dolayı merdiven yükü ihmal edilmiştir.



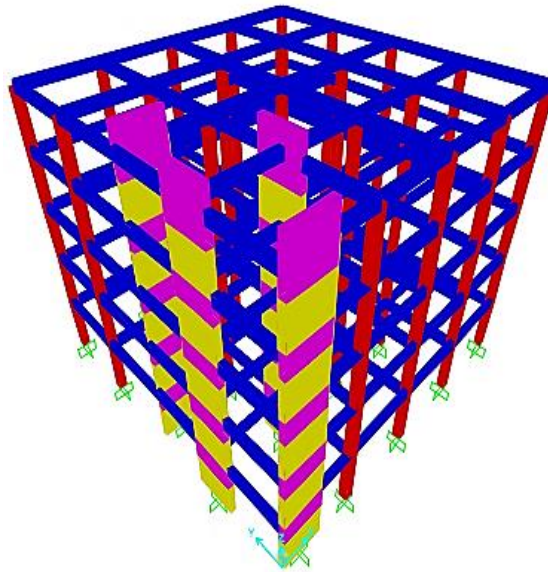
Şekil 4.1. Perdeli-çerçevesel düzenli yapı kalıp aplikasyon planı



Şekil 4.2. Perdeli-çerçevesel düzenli yapı üç boyutlu görüntüsü



Şekil 4.3. Perdeli-çerçevesel düzensiz yapı kalıp aplikasyon planı



Şekil 4.4. Perdeli-çerçevesel düzensiz yapı üç boyutlu görüntüsü

Taşıyıcı sistem elemanları yönetmeliklerde verilen minimum donatı oranı ile donatılandırılmıştır. Tablo 4.1.'de taşıyıcı sistem eleman kesitleri, minimum donatı oranı ve seçilen donatılar verilmiştir.

Tablo 4.1. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemlerde kesit boyutları, donatı oranı ve seçilen donatılar

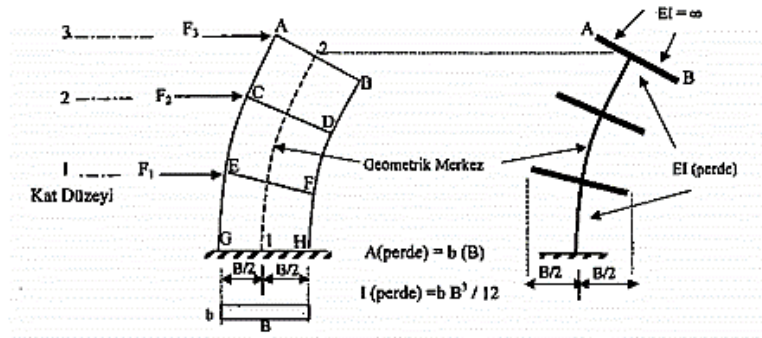
Kesit (cm)		Minimum donatı oranı	Seçilen donatı	Seçilen başlık donatısı	Seçilen gövde donası	
Kolon	40x40	0,010	8φ16	-	-	
Kiriş	25x50	0,00419	10φ12	-	-	
Perde	210x30	Gövde: 90x30	0,0025	-	-	10φ14/15
		Başlık: 60x30	0,0020	-	10φ16	-

4.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Analiz Edilecek Yapı Modellerinin Oluşturulması

Yapıların doğrusal olmayan analiz yöntemi ile değerlendirilebilmesi için SAP2000 V21.1.0 yapısal analiz programı kullanılmıştır. Yapıların modellenmesinde bazı idealleştirilmeler yapılmıştır. Döşemeler, serbestlik derecesini arttırdığından dolayı modellenmemiştir. Bunun yerine döşeme yükleri yayılı yüklere dönüştürülerek kirişlere tanımlanmıştır. Ayrıca her katın kendi içerisinde rijit diyafram davranışı göstermesi için rijit diyafram ataması yapılmıştır. Yapılarda temel modellenmesi yapılmamış olup, perde ve kolon alt uçlarına ankastre mesnet ataması yapılmıştır.

Çalışma kapsamında tüm yapı elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir. Doğrusal olmayan davranış modeli olarak 2019 TB DY'de tanımlanan Yığılı Plastik Davranış Modeli uygulanmıştır. Bu modele göre iç kuvvetlerin elastik davranış sınırını aştığı bölgede, doğrusal olmayan davranış sonucu oluşan plastik şekil değiştirme ve dönmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu kabul edilmektedir. Plastik şekil değiştirme bölgesi plastik mafsallık boyu olarak adlandırılır. Sap2000 programında Frame olarak modellenen yapı elemanlarının uç kısımlarına, yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik mafsallar atanmıştır. Kiriş ve kolon elemanlarında net açıklığın her iki ucuna, perde duvar elemanlarında ise sadece alt ucuna plastik mafsallık ataması yapılmıştır. Bu tanımlama yapılırken kirişler için eğilme momenti, kolon ve perdeler

için ise eğilme momenti ve aksenal kuvvetler dikkate alınmıştır. Plastik mafsallarda kalan uzunluk boyunca elemanların doğrusal davrandığı kabul edilmektedir. Program kapsamında yapılan bilgi girişlerinde, Shell (kabuk) olarak modellenen elemanlara plastik mafsalları ataması yapılamamaktadır. Bu yüzden perde elemanları, kolon elemanları gibi çubuk eleman olarak modellenmiştir. Perde duvar elemanının tüm özellikleri bu çubuk elemana tanımlanmıştır. Bu çubuk elemanlar perde elemanlarının ağırlık merkezlerine yerleştirilmiştir. Bu modelleme tekniği orta-dikme çubuk modeli, bir diğer deyişle geniş kolon analogisi olarak adlandırılmaktadır. Perde duvarların diğer elemanlarla bağlantısının sağlanması için ağırlığı olmayan yatay çubuk elemanları (rijit kirişler) kullanılmıştır. Çok büyük eğilme rijitliğine sahip bu rijit kirişler, perde duvar kesitinin düzlem kaldığı durumu yansıtmaktadır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Perde duvar elemanının eşdeğer matematik modeli (Bağcı, M., Atımtay, E.)

Modellenen yapı elemanlarına etkin kesit rijitlikleri tanımlanmıştır. Yapı elemanları rijitlikleri orantısında yük almaktadır. Ancak deprem etkisi altında yapı elemanlarının rijitlik değerlerini, tasarım aşamasında öngörülen gibi olmadığı belirlenmiştir. Bu yüzden betonarme yapıların deprem performansı araştırılırken çatlama kesite ait rijitlikler dikkate alınmalıdır.

2019 TBDY'ye göre 15.4 sayılı bölümünde, mevcut binaların deprem hesabına ilişkin kurallarda belirtildiği gibi doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde farketmeksizin, çatlama kesite ait etkin kesit rijitlik değerlerinin TBDY 4.5.8'e göre kullanılabilmesi belirtilmiştir. Çalışma kapsamında ilgili etkin kesit rijitlik çarpanları Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eğilme	Kesme
Çubuk Elaman		
Çerçeve kirişi	0,35	1,00
Çerçeve kolonu	0,70	1,00
Perde (eşdeğer çubuk)	0,50	0,50

TBDY 2019 gereğince bina periyodunun bulunması modal analiz yöntemi kapsamındadır. Modal analiz yöntemlerinde yeterli titreşim modu sayısına göre her iki deprem doğrultusu (X ve Y) için toplam kütle katılım oranının %95'ten az olmaması (Denklem 4.1) gerekmektedir (TBDY,2019).

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.95m_t \quad ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(Y)} \geq 0.95m_t \quad (4.1)$$

Çatlamış eğilme rijitlikleri (etkin eğilme rijitlik çarpanları) yapı elemanlarına atanmasıyla yapı periyodunda artış gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yapı düzensizliği arttıkça kütle katılım oranlarının değiştiği görülmüştür. Tablo 4.3. ve Tablo 4.4.'te yapı periyotları ve kütle katılım oranları verilmiştir.

Tablo 4.3. Perdeli-çerçevesel düzenli yapı periyot ve kütle katılım oranları

Mod Sayısı	Periyot(s)	U _x	U _y	R _z	ΣU _x	ΣU _y	ΣR _z
1	0,67	0,00	0,77	0,00	0,00	0,77	0,00
2	0,67	0,77	0,00	0,00	0,77	0,77	0,00
3	0,50	0,00	0,00	0,76	0,77	0,77	0,76
4	0,19	0,01	0,13	0,00	0,78	0,90	0,76
5	0,19	0,13	0,01	0,00	0,91	0,91	0,76
6	0,14	0,00	0,00	0,15	0,91	0,91	0,91
7	0,09	0,04	0,01	0,00	0,96	0,92	0,91
8	0,09	0,01	0,04	0,00	0,97	0,97	0,91
9	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,91
10	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,91
11	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,91
12	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,91
13	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,91
14	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,91
15	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,91
16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,91
17	0,07	0,00	0,00	0,06	0,97	0,97	0,97
18	0,06	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,97

Tablo 4.4. Perdeli-çerçeve Düzensiz Yapı Periyot ve Kütle Katılım Oranları

Mod Sayısı	Periyot(s)	U _x	U _y	R _z	ΣU _x	ΣU _y	ΣR _z
1	0,80	0,16	0,39	0,26	0,16	0,39	0,26
2	0,67	0,53	0,24	0,00	0,69	0,63	0,26
3	0,52	0,08	0,15	0,53	0,77	0,78	0,78
4	0,25	0,02	0,06	0,03	0,80	0,84	0,82
5	0,19	0,10	0,04	0,00	0,90	0,88	0,82
6	0,14	0,01	0,03	0,11	0,91	0,91	0,93
7	0,13	0,01	0,03	0,01	0,92	0,94	0,93
8	0,09	0,04	0,02	0,00	0,96	0,95	0,93
9	0,09	0,00	0,01	0,01	0,97	0,96	0,94
10	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,96	0,94
11	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,94
12	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,94
13	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,94
14	0,07	0,01	0,01	0,04	0,97	0,98	0,98
15	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,98	0,98
16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,98	0,98
17	0,07	0,00	0,00	0,00	0,97	0,98	0,98
18	0,06	0,00	0,00	0,00	0,97	0,98	0,98

Her iki yapı modelinde deprem yönetmeliğinde belirtildiği üzere %95 oranında toplam kütle katılımına ulaşılmıştır.

4.2.1. Malzeme modellerinin oluşturulması ve özelliklerinin programa tanıtılması

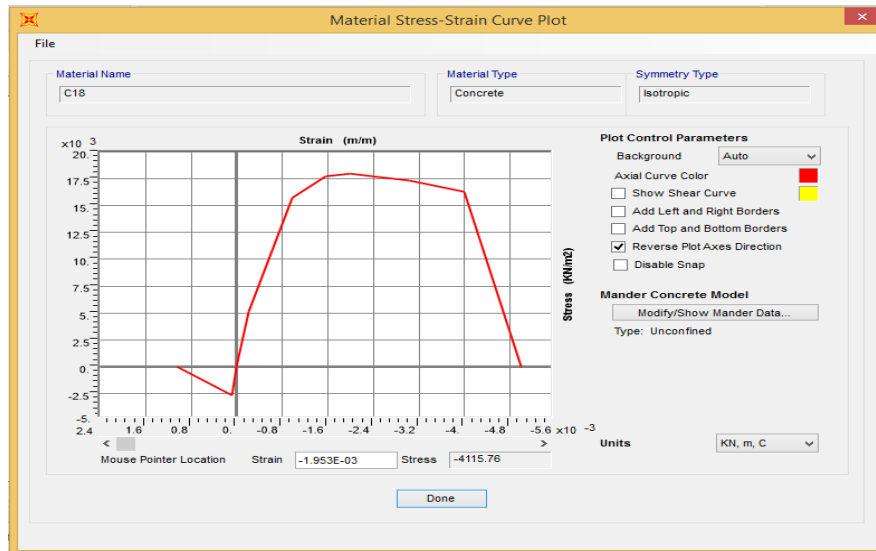
Yapı elemanlarında kullanılmak üzere beton sınıfı için C18, donatı çeliği sınıfı için S220 kabul edilmiştir. Malzemelerin birim hacim ağırlığı, elastisite modülü, ısı genleşme katsayısı ve dayanım gibi özellikleri Define-Material sekmesinde tanımlanmıştır.

Doğrusal olmayan yöntemler ile şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımında kullanılmak üzere 2019 TBDY EK 5A'ya bağlı kalınarak malzeme modelleri oluşturulmuştur. Birim şekil değiştirme sınır değerleri programa tanımlanarak gerilme-şekil değiştirme bağıntıları elde edilmiştir.

Program kapsamında sargılı ve sargısız olmak üzere iki ayrı beton malzeme modeli elde edilmiştir. Sargısız beton modeli için çekme ve basınç gerilmeleri altında oluşacak birim şekil değiştirme sınırları Şekil 4.6.'da ki gibi programa tanımlanarak gerilme-birim şekil değiştirme bağıntısı elde edilmiştir (Şekil 4.7.). Modelin oluşturulması ve sınır değerlerin tanımlanması için Define- Material- Nonlinear Material Data sekmesi kullanılmıştır.

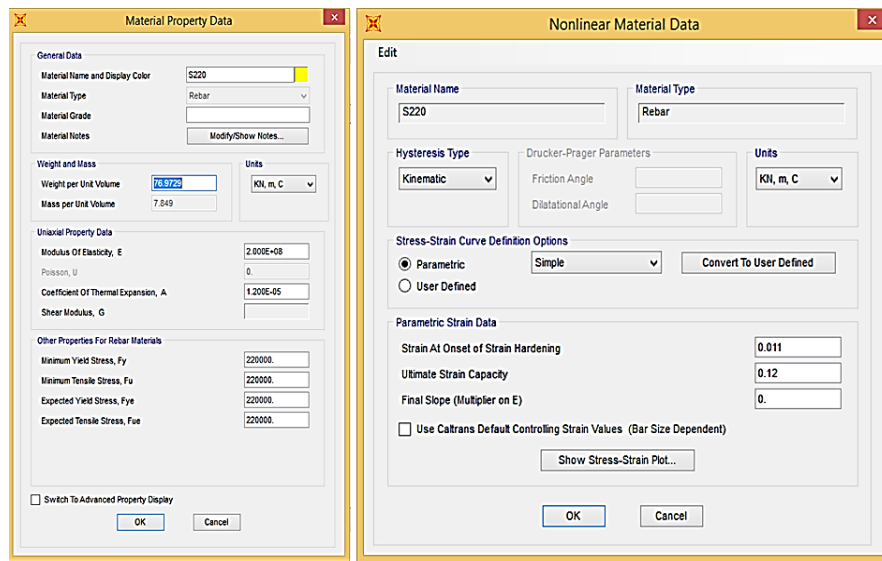
The image shows two side-by-side dialog boxes from a software application. The left dialog, titled 'Material Property Data', contains fields for 'General Data' (Material Name: C18, Material Type: Concrete), 'Weight and Mass' (Weight per Unit Volume: 25, Mass per Unit Volume: 2.5493), 'Isotropic Property Data' (Modulus of Elasticity: 27500000, Poisson's ratio: 0.2, etc.), and 'Other Properties For Concrete Materials' (Characteristic Concrete Cylinder Strength: 18000). The right dialog, titled 'Nonlinear Material Data', contains fields for 'Material Name' (C18), 'Material Type' (Concrete), 'Hysteresis Type' (Takeda), 'Drucker-Prager Parameters' (Friction Angle: 0, Dilatational Angle: 0), 'Stress-Strain Curve Definition Options' (Parametric selected), and 'Parametric Strain Data' (Strain At Unconfined Compressive Strength, f_c : 2.000E-03, Ultimate Unconfined Strain Capacity: 5.000E-03, Final Compression Slope: -0.1).

Şekil 4.6. C18 Beton sınıfı malzeme özellikleri

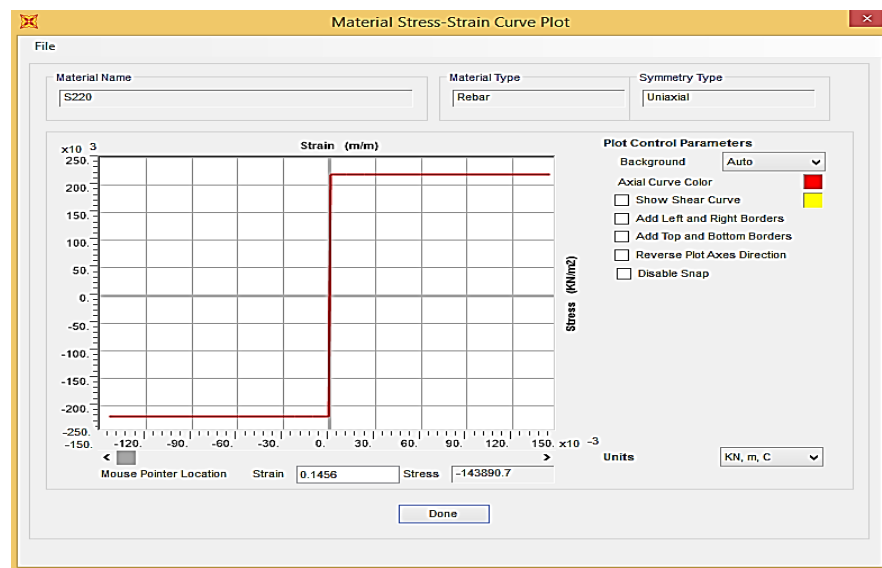


Şekil 4.7. Sargısız beton için gerilme-birim şekil değiştirme grafiği

Donatı çeliği modeli aynı şekilde TBDY 2019 EK 5A'ya bağlı kalınarak oluşturulmuştur. S220 donatı çeliği için gerilmeler altında oluşan birim şekildeğiştirme sınırları yönetmelikte belirtildiği üzere Şekil 4.8.'deki tanımlanmıştır. Ancak ideal elasto plastik malzeme özelliği kullanıldığından donatı çeliğinin analiz sırasında pekleşme dayanımı hesaba katılmamıştır. Şekil 4.9.'da görüldüğü gibi kopma dayanımı ile akma dayanımı 220 MPa olarak tanımlanmıştır. Ayrıca Nonlinear Material Data sekmesinde donatı çeliği için 'final slope' değerinin '0' alınmasının sebebi malzemenin olabildiğince fazla akmasını sağlamaktır (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. S220 donatı çeliği sınıfı malzeme özellikleri



Şekil 4.9. Donatı çeliği gerilme-birim şekil değiştirme grafiği

4.2.2. Eleman kesitlerinin SAP2000 programında oluşturulması

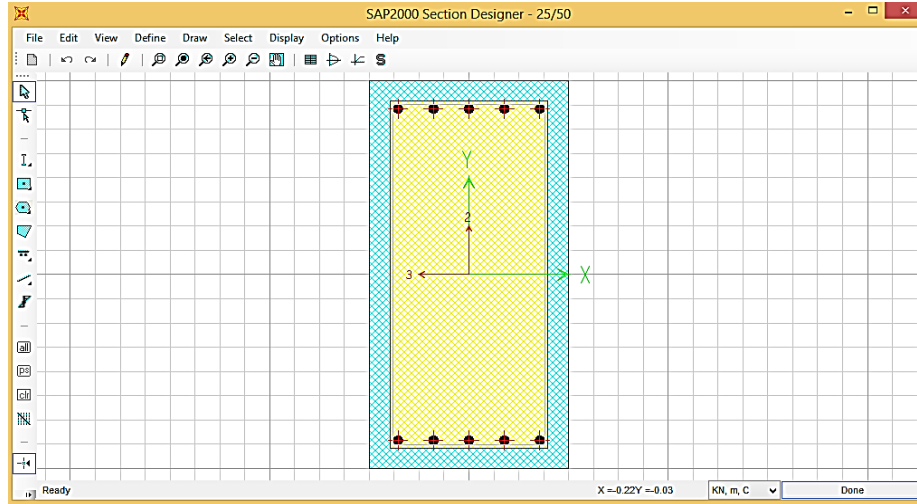
Modellenen yapılara ait eleman kesitlerinin geometrik özellikleri Define menüsünden Frame Section- Section Designer arayüzü kullanılarak programa tanıtılmıştır. Bu arayüz kullanılarak perde, kolon ve kiriş kesitlerinin kesit boyutuna ve donatı miktarına göre moment-eğrilik bağıntıları ve akma yüzeyleri elde edilebilmektedir. Eleman kesitlerinin donatı miktarı minimum olacak şekilde hesaplanmış ve seçilerek tanımlanmıştır. Ayrıca Mander sargılı beton modeline yine bu arayüzden ulaşılmaktadır. Donatı modeli olarak ideal elastoplastik donatı çeliği malzeme modeli uygulanmıştır. Program malzeme modelindeki şekil değiştirme sınırlarına göre hesap yapmakta olup kesite ait moment değişiminin eğrilik ile bağıntısını grafik halinde otomatik olarak kullanıcıya sunabilmektedir. Böylece malzemelerin elastik davranışlarının sonlanıp, doğrusal olmayan davranışa geçtikleri andaki, eğrilik ve şekil değiştirme değerlerine ulaşılabilmektedir.

Yapı elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir. Kiriş kesit elemanı için eksenel kuvvetin oluşmadığı kabul edilmektedir. Bu yüzden kiriş kesiti için moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi yeterli görülmektedir. Kolon ve perde eleman kesitlerinde eksenel kuvvet olduğundan dolayı hem akma yüzeylerinin hem moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi gerekmektedir. SAP2000 programında Section Designer – Display – Show Moment Interaction Surface sekmesinden akma yüzeylerine; Section Designer – Display – Show Moment-Curvature Curve sekmesinden ise moment – eğrilik ilişkilerine ulaşılmaktadır. Yapı modellerinde döşemelerden aktarılan üçgen ve trapez yükler yayılı yüklere dönüştürülerek kirişlere tanımlanmıştır. Bu yüzden döşeme eleman kesiti Section Designer arayüzünde tanımlanmamıştır.

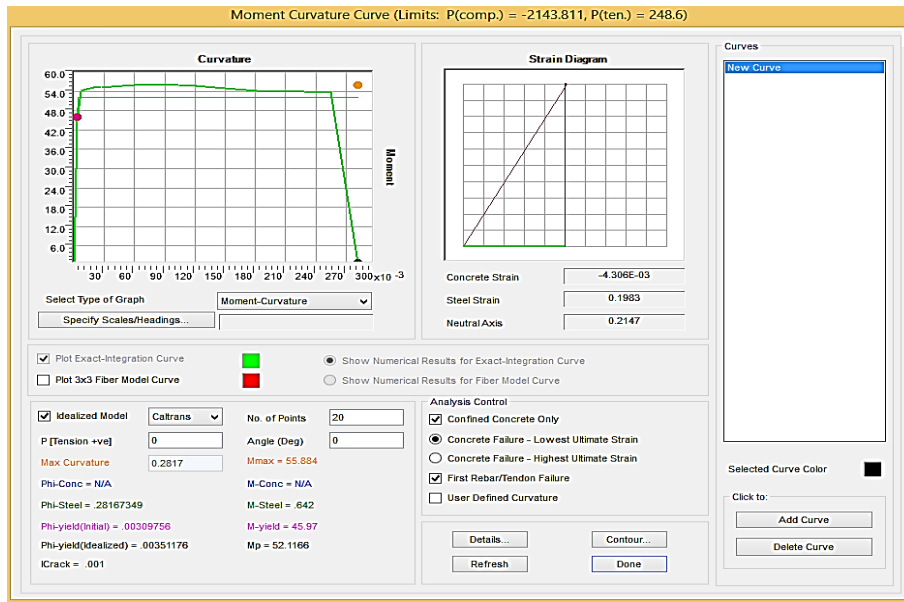
4.2.2.1. Kirişlerin moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi

25 cm x 50 cm boyutunda kiriş eleman kesiti Section Designer'da tanımlanmıştır (Şekil 4.10.). Donatı miktarı minimum donatı oranına bağlı olarak hesaplanmış ve seçilmiştir. Basınç ve çekme bölgelerine eşit miktarda donatılar yerleştirilmiştir. Kirişlere ait moment-eğrilik diyagramları idealize edilerek elde edilmiştir (Şekil

4.11.). Bunun sebebi kiriş eleman kesitinin rijit plastik davranması istenmesidir. Eleman kesitinde mander sargılı beton modeli uygulanmıştır.



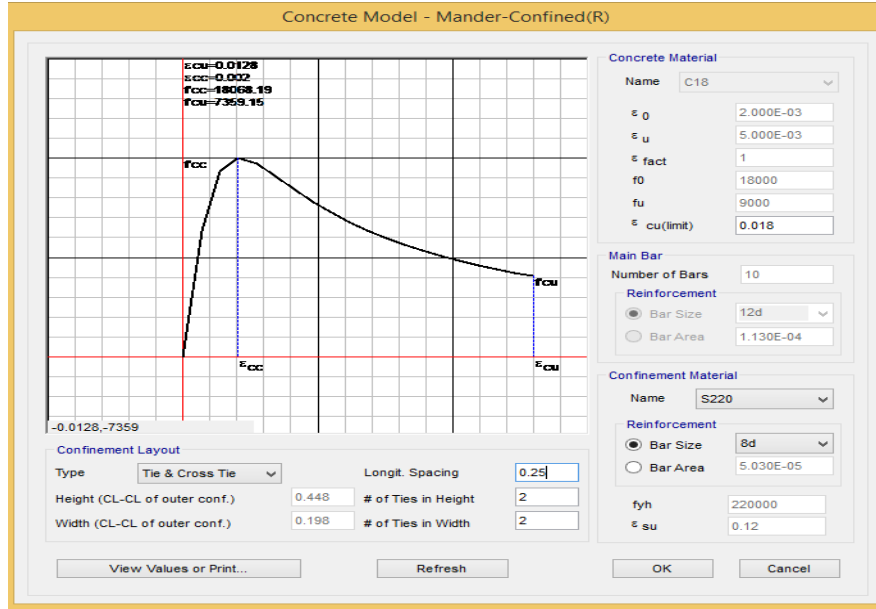
Şekil 4.10. 25x50 cm kiriş eleman kesitinin Section Designer ile oluşturulması



Şekil 4.11. 25x50 cm kiriş elemanın moment-eğrilik bağıntısı

Kesite ait sargı etkisinin oluşturulabilmesi için programa 2019 TBDY yönetmeliğinde kabul görmüş Mander Sargılı Beton Modeli tanımlanmıştır. Sargılı beton gerilme-şekil değiştirme bağıntısı, Şekil 4.12.'deki gibi Define – Section Designer- C Model-Mander Confined sekmesi ile elde edilmiştir. Sargılı beton için maksimum birim şekil değiştirme sınırı (ϵ_{cu}) tanımlanmıştır. Yapı elemanlarının uç bölgelerinde sargı

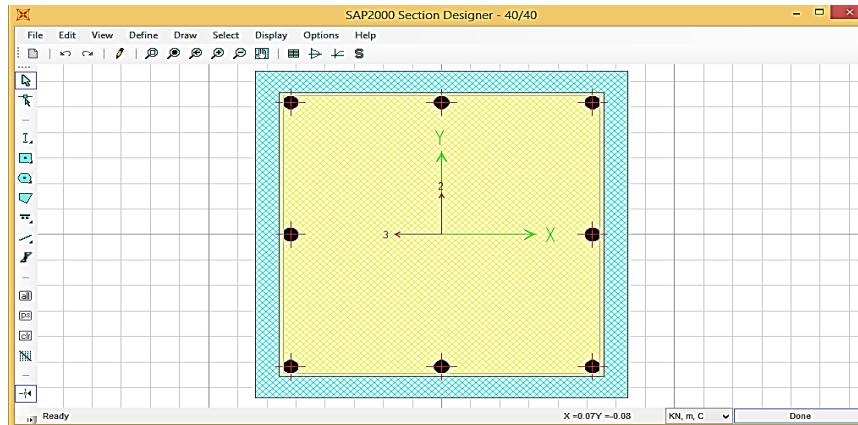
donatısı ile sıklaştırma yapılmamıştır. Sargı donatısı yapı elemanı uzunluğu boyunca aynı aralıklarla yerleştirilmiştir.



Şekil 4.12. 25x50 cm kiriş elemanının Mander Sargılı beton modeli

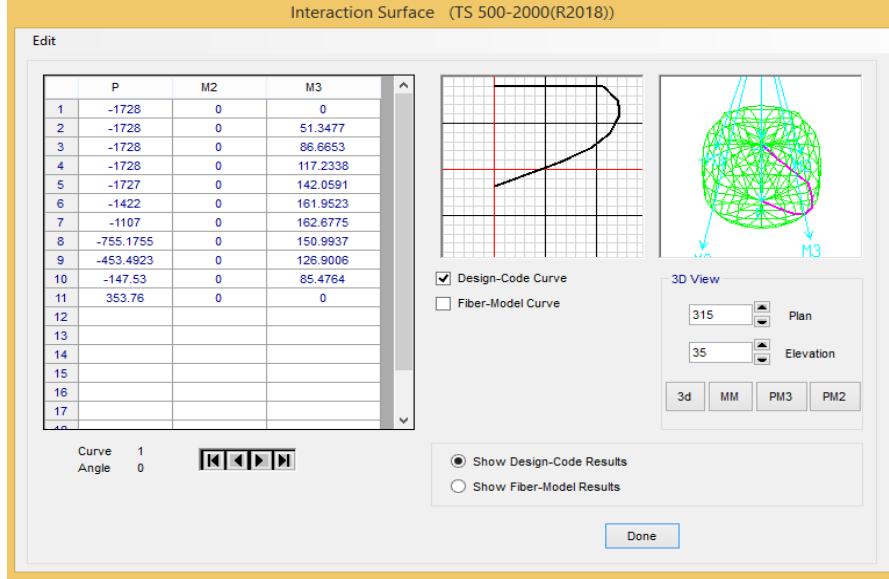
4.2.2.2. Kolonların akma yüzeylerinin ve moment-eğrilik bağıntılarının elde edilmesi

40 cm x 40 cm boyutunda tek tipte kolon eleman kesiti Section Designer'da tanımlanmıştır (Şekil 4.13.). Donatı miktarı minimum donatı oranına bağlı olarak hesaplanmış ve seçilmiştir.

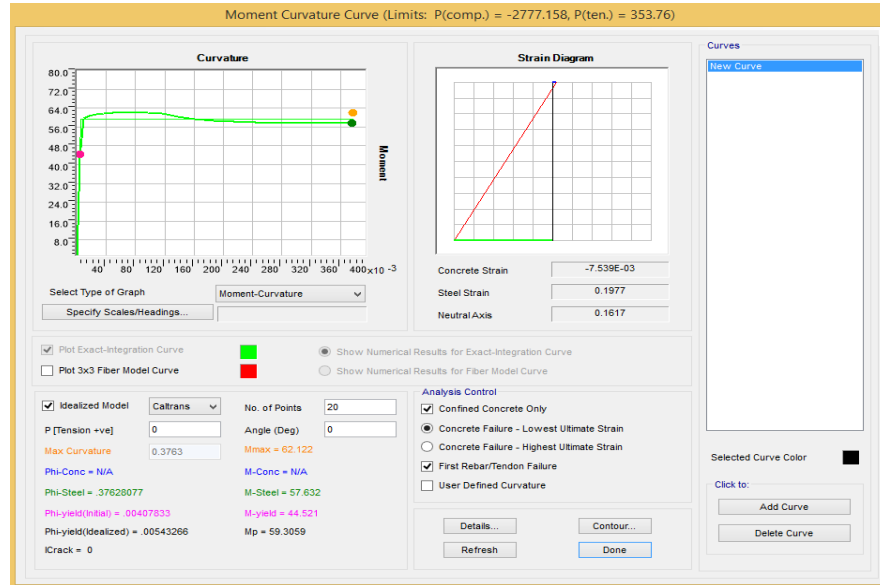


Şekil 4.13. 40x40 cm kolon eleman kesitinin Section Designer ile oluşturulması

Sonuçlar idealize edilerek ulaşılan akma yüzeyleri ve moment-eğrilik grafikleri aşağıdaki gibidir (Şekil 4.14., 4.15.).

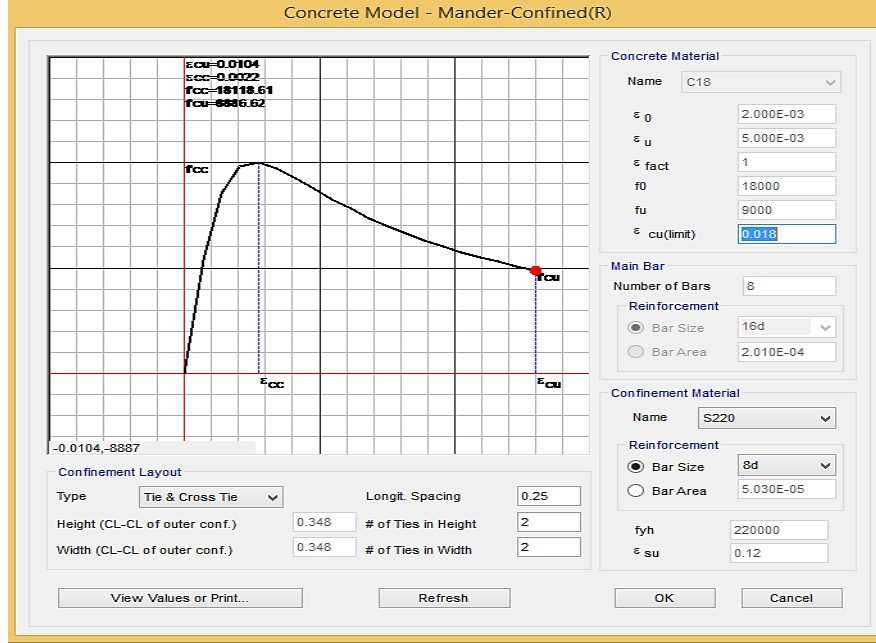


Şekil 4.14. 40x40 cm kolon elemanının akma yüzeylerinin elde edilmesi



Şekil 4.15. 40x40 cm kolon elemanının moment-eğrilik bağıntısı

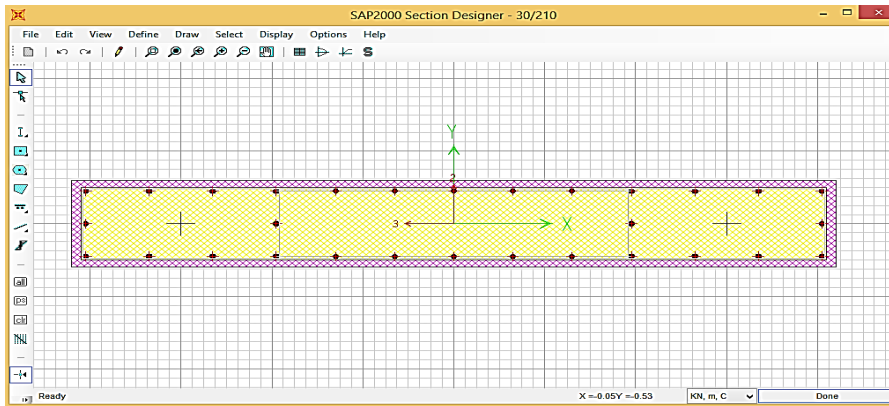
Eleman kesitinde mander sargılı beton modeli uygulanmıştır (Şekil 4.16.). Sargı donatıları eleman uzunluğu boyunca eşit aralıktadır. Sıklaştırma bölgeleri bulunmamaktadır.



Şekil 4.16. 40x40 cm kolon elemanın Mander Sargılı beton modeli

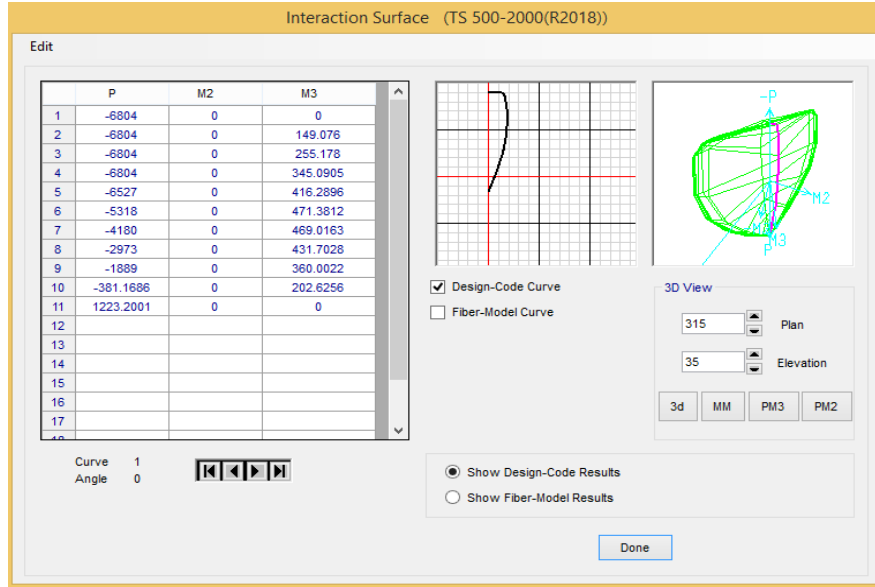
4.2.2.3. Perdelerin akma yüzeylerinin ve moment-eğrilik bağıntılarının elde edilmesi

30 cm x 210 cm boyutunda perdeler yapı planlarında dikey ve yatay olmak üzere iki farklı şekilde yerleştirilmiştir. Aynı zamanda perdeler, kiriş ve kolonlardan farklı olarak başlık ve gövde bölgelerine sahiptirler. Bu yüzden perde eleman kesitinde donatılar Section Designer- Draw Reinforcing Shape sekmesi kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 4.17.).

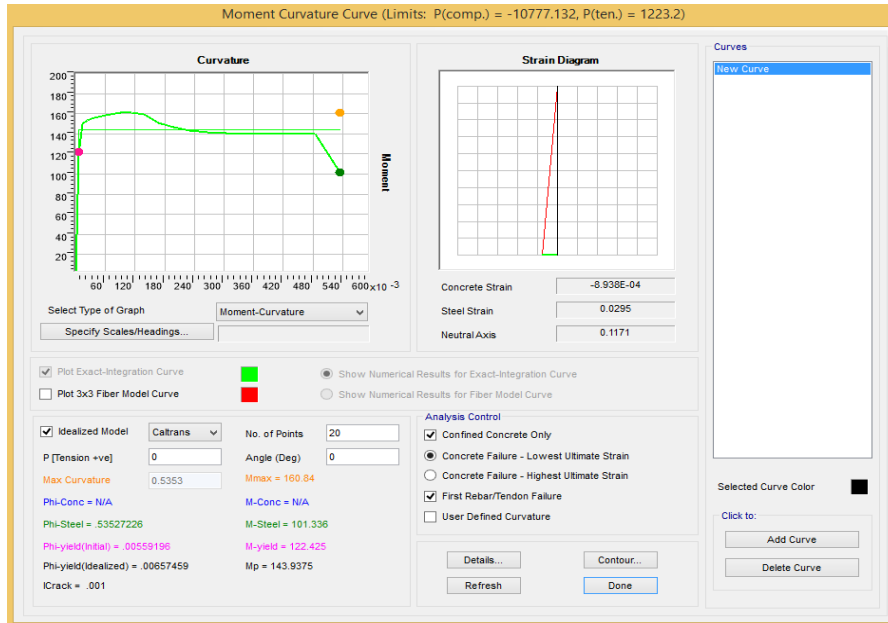


Şekil 4.17. 30x210 cm perde duvar kesitinin Section Designer ile oluşturulması

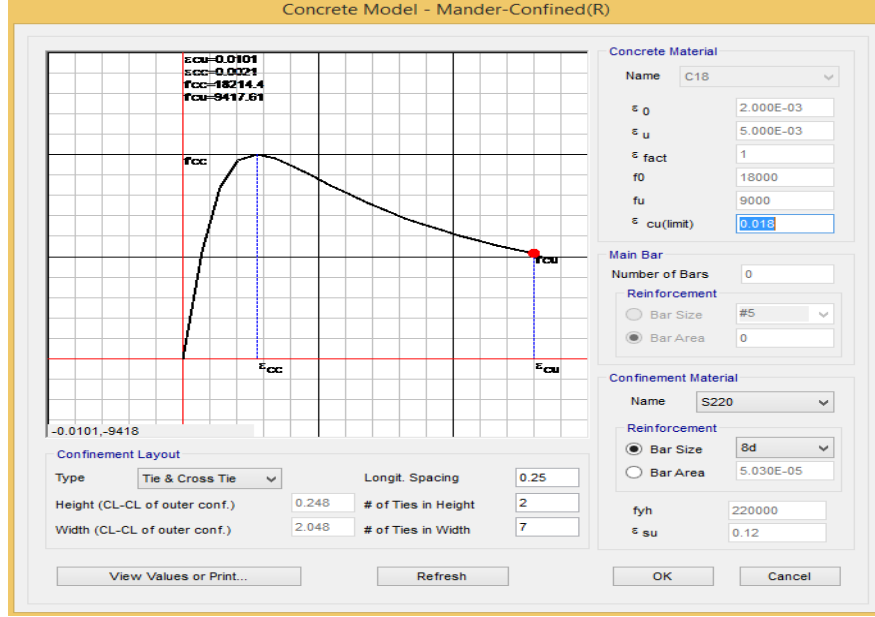
Başlık bölgesi için 0,002, gövde bölgesi için 0,0025 donatı oranı yönetmeliğe uygun minimum donatı oranları kullanılmıştır. Perde eleman kesiti idealize edilerek akma yüzeylerine ve moment- eğrilik diyagramları (Şekil 4.18.-4.19.) elde edilmiş ve mander sargılı beton modeli (Şekil 4.20.) uygulanmıştır.



Şekil 4.18. 30x210 cm perde duvar elemanının akma yüzeylerinin elde edilmesi



Şekil 4.19. 30x210 cm perde duvar elemanının moment-eğrilik bağıntısı



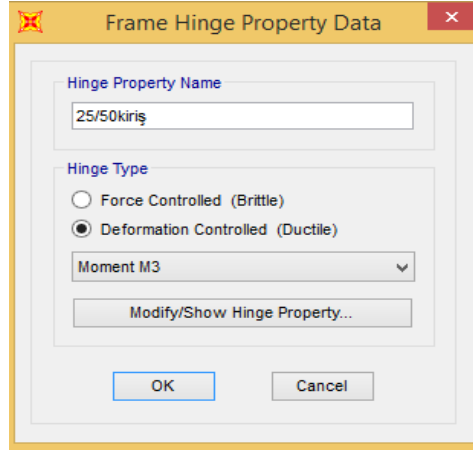
Şekil 4.20. 30x210 cm perde duvar elemanının Mander Sargılı beton modeli

4.2.3. Kesitlere plastik mafsal özelliğinin tanımlanması

SAP2000 programında kiriş, kolon ve perde eleman kesitlerine kullanıcı tanımlı (User Defined) olarak plastik mafsal özellikleri tanımlanmıştır. Define menüsünden Section Properties- Hinge Properties sekmesi kullanılmıştır. Perde ve kolonlarda aksel kuvvetten dolayı 'İnteracting P-M2-M3' özelliği seçilmiştir. Aksel kuvvetin olmadığı kabul edildiğinden Kiriş elemanlarında 'Moment M3' mafsal özelliği seçilmiştir. Yönetmeliğe göre doğrusal olmayan davranış, eleman uçlarında plastik şekil değiştirme bölgelerinde meydana gelmektedir ve çubuk eleman modellerinde yığılı plastik mafsal modelinin kullanımı kabul görmektedir. Bu yüzden plastik mafsallar elemanların uç bölgelerine tanımlanması gerekir. Kiriş ve kolonlarda boylarının 0,05'ine ve 0,95'ine denk gelen kesit bölgelerine plastik mafsal ataması yapılmıştır. Perdelerde ise yönetmeliğe göre plastik mafsal ataması sadece alt uçlarına yapılması gerekmektedir. Perde duvar yüksekliğinin 0,05'ine plastik mafsal ataması yapılmıştır. Eleman kesit uçlarına plastik mafsal atamaları Assign menüsünden Frame-Hinge sekmesi kullanılarak yapılmaktadır.

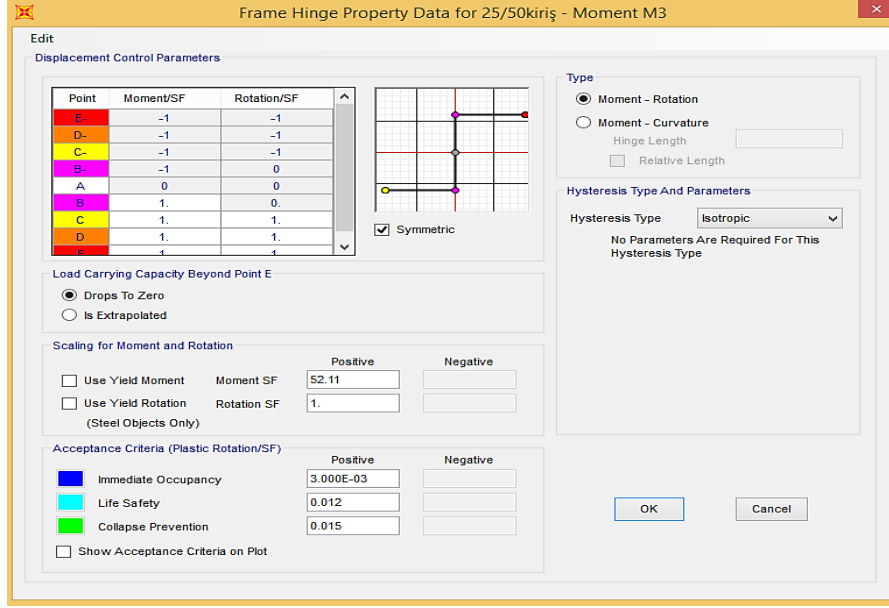
4.2.3.1. Kirişlere plastik mafsalsal tanımlanması ve atanması

Kiriş elemanlarda aksenal kuvvetlerin göz ardı edilmesinden ve bu elemanların sadece eğilme etkisi altında olduklarından dolayı, Şekil 4.21.'deki gibi plastik mafsalsal atanması M3 seçeneğinin seçilmesiyle oluşturulmuştur.



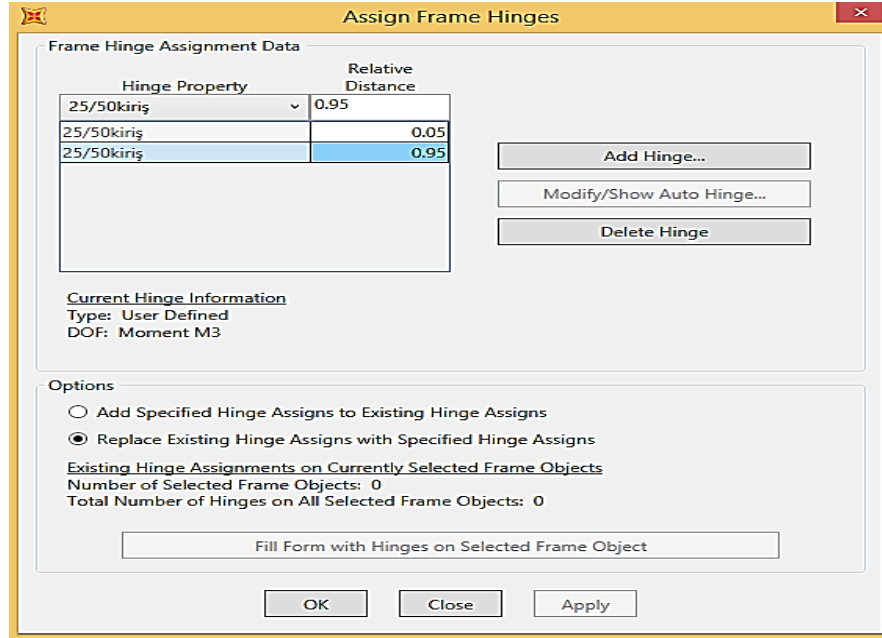
Şekil 4.21. 25x50 cm kiriş elemanı için M3 plastik mafsalsal tanımı

Kiriş eleman kesiti ve donatıları simetrik olduğundan plastik mafsalsal tanımlaması yapmak için öncelikle Şekil 4.22.'de görüldüğü gibi Frame Hinge Property Data arayüzünde kabuller yapılmıştır. Kirişlerin alt ve üst donatı simetrik olduğundan 'Symmetric' seçeneği işaretlenmiştir. Section Designer arayüzünde tasarlanan kiriş elemanının moment-eğrilik bağıntısı idealize edilmiş haldeyken, elde edilen akma momenti (M_p) değeri Moment SF değeri olarak girilmiştir. Ayrıca Rotation SF değeri için idealize haldeki akma katsayısı tanımlanması gerekirken, bu değer 1 kabul edilmiştir. Bunun sebebi elemanda akma değerlerinin maksimum seviyelere ulaşmasını sağlamaktır. Eleman kesitinde rijit plastik davranışının sağlanabilmesi için 'Moment/SF' değerleri 1 olarak girilmiştir. Bu değer B (akma) değerinden itibaren bu şekilde tanımlanmıştır. Ayrıca hasar miktarının daha iyi anlaşılabilmesi ve döneme miktarlarının olabildiğince maksimum seviyeye ulaşabilmesini sağlamak için Rotation/SF değeri 1 olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.22. 25x50 cm kiriş elemanı için plastik mafsals özelliklerinin tanımlanması

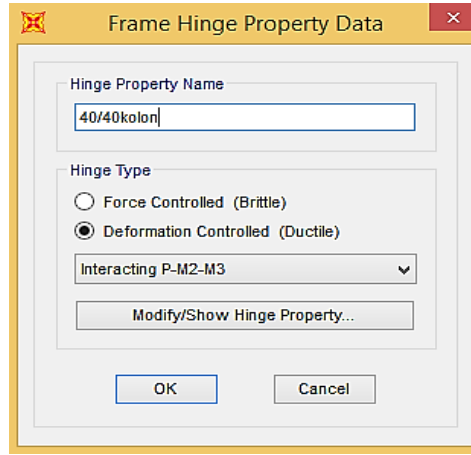
Şekil 4.23.'teki gibi Assign-Frame-Hinge sekmesi ile açılan arayüzde Hinge Property butonundan '25/50kiriş' tanımlı plastik mafsals seçilmiştir. Manuel olarak 0,05 ve 0,95 sayıları yazılarak seçilen tüm kiriş elemanlarının her iki ucuna plastik mafsals ataması yapılmıştır.



Şekil 4.23. 25x50 cm kiriş elemanı için plastik mafsals atanması

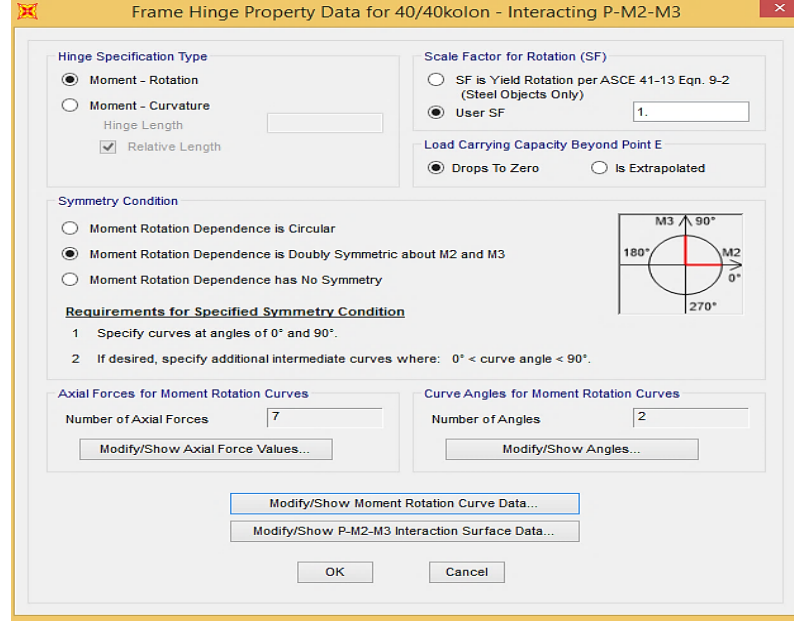
4.2.3.2. Kolon ve perde duvarlara plastik mafsal tanımlanması ve atanması

Kolon ve perde duvarlar eğilmeyle birlikte aksenal yük etkisi altında olan elemanlar olduğundan plastik mafsal tanımlaması Şekil 4.24.’teki gibi SAP2000 programında ‘Interacting P-M2-M3’ seçeneği ile sağlanmıştır. Aksenal kuvvet P ile, moment değerleri ise M2 ve M3 ile ifade edilmektedir. Perde duvar elemanları diğer elemanlar gibi ‘çubuk (frame) eleman’ olarak modellendiğinden plastik mafsal özellikleri kolonlar ile aynı şekilde tanımlanmıştır.



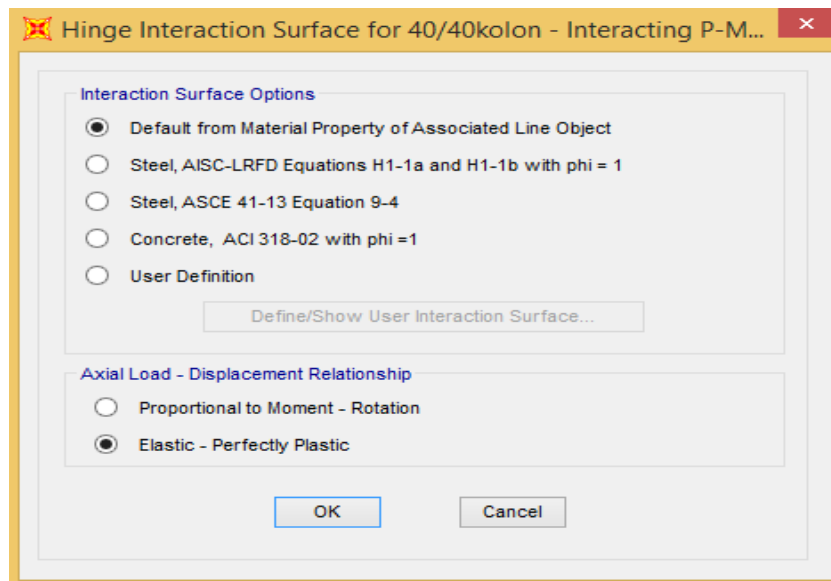
Şekil 4.24. 40x40 cm kolon elemanı için P-M2-M3 plastik mafsal tanımı

Düşey elemanlara gelen aksenal kuvvetler yukarılara çıkıldıkça azalış göstermekte olup, her katın düşey elemanına göre farklı değerler oluşmaktadır. Kullanıcı bu değerleri manuel olarak kendisi girebilmektedir. Aynı zamanda programın kendisinin de hesaplaması ve varsayılan olarak alması da mümkündür. Şekil 4.25.’teki gibi elemanların hasar miktarlarının daha iyi görülebilmesi ve dönme seviyelerinin olabildiğince maksimum olabilmesi için limit bir değer yerine Scale Factor (SF) değeri 1 olarak kabul edilmiştir. Eleman kesitlerinin geometrik kesit özellikleri simetrik olduğundan Symmetric Condition-Doubly Symmetric seçeneği seçilerek çift simetri özelliği tanımlanmıştır. Bu özellik sebebiyle 0° ve 90° olmak üzere iki açı kullanılmıştır.



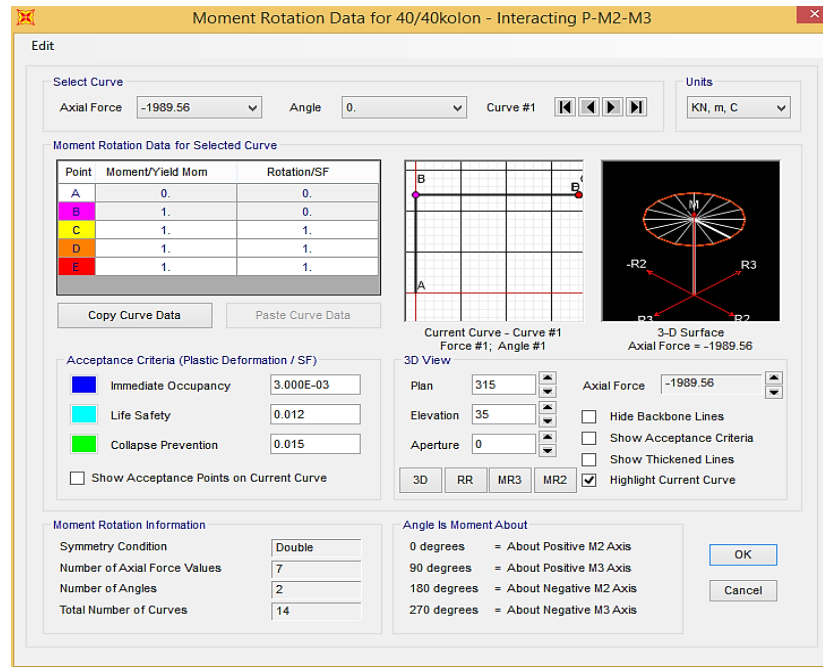
Şekil 4.25. 40x40 cm kolon elemanı için plastik mafsallı özelliği tanımlanması

Ayrıca akma momentleri de aksel kuvvetlere göre varsayılan olarak alınmaktadır. Program kapsamında değerlerin varsayılan olarak alınmasını sağlamak için Şekil 4.26.'daki gibi malzeme özelliklerine göre varsayılan değerler anlamına gelen 'Default from Material Property of Associated Line Object' seçeneği seçilmiştir. Akma yüzeyleri etkileşimi malzeme özelliklerine göre program kapsamında varsayılan olarak bu şekilde tanımlanmıştır.



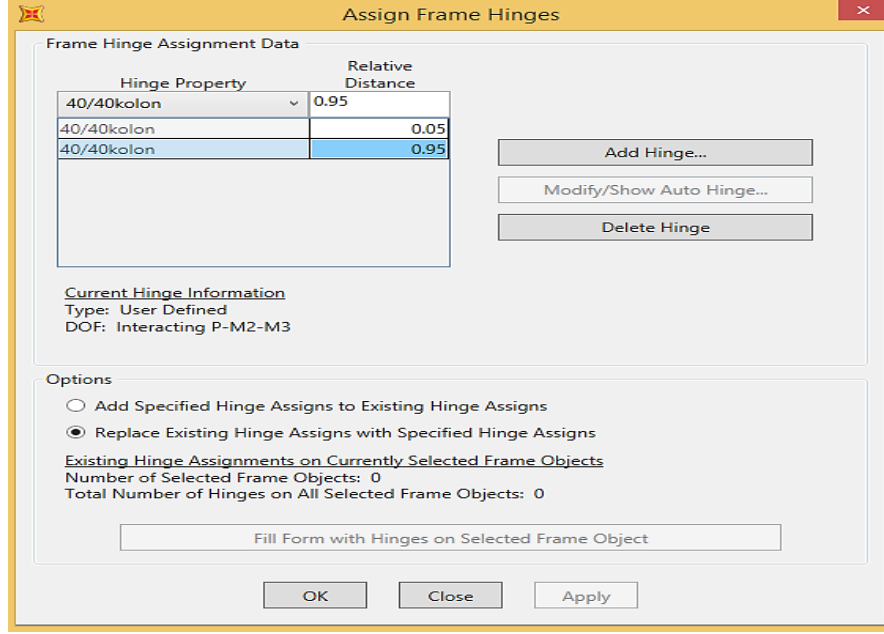
Şekil 4.26. Plastik mafsallı akma yüzeyi etkileşimi tanımlanması

Kirişlerde plastik mafsal tanımlamasında olduğu gibi düşey elemanlarda da B(akma) değerinden itibaren Şekil 4.27.'de görüldüğü gibi Moment/Yield Moment ve Rotation/SF değerleri 1 olarak girilmiştir. Malzeme modeli seçiminde ideal elasto plastik malzeme davranış modeli kabul edilmişti. Bu malzeme davranış modeline göre gerilmeler altında elastik davranış ile birlikte plastik davranışta meydana gelmektedir. Ancak gerilmeler kaldırıldığında plastik davranış sabit bir şekilde kalıcı olarak kalmaktadır. Bu davranış modelinde olduğu gibi çalışma kapsamında plastik moment değerine ulaşıldığında eğrilik oluşması istenmemektedir. Bu davranışı yansıtabilmek Moment/Yield Moment değerleri B noktasından itibaren 1 olarak kabul edilmesiyle bu davranış özelliği aktarılmıştır.



Şekil 4.27. 40x40 cm kolon elemanı için plastik mafsal özelliği tanımlanması

Kolon eleman uç bölgelerine plastik mafsal ataması Şekil 4.28.'deki gibi Assign-Frame-Hinge sekmesi ile açılan arayüzde Hinge Property butonundan '40/40kolon' tanımlı plastik mafsal seçilerek yapılmıştır. Manuel olarak 0,05 ve 0,95 sayıları yazılarak seçilen tüm kolon elemanlarının her iki ucuna plastik mafsal ataması yapılmıştır. Ancak perde duvar elemanlarında plastik mafsal ataması yönetmeliğe uyularak sadece alt uç bölgesine (0,05) yapılmıştır.



Şekil 4.28. 40x40 cm kiriş elemanı için plastik mafsals atanması

4.3. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi

Çalışma kapsamında TBDY 2019 yönetmeliği dikkate alınarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile, tasarlanan yapıların deprem etkisinde davranışları incelenmiştir. Yapı planları mevcut yapı stokundan yola çıkılarak hazırlanmıştır. İki farklı planda yapı modellenmiş ve analizleri yapılmıştır. Deprem performansı analizi için SAP2000 programı kullanılmıştır. Yapıların modellenmesinde ve analizinde bazı kabullerde bulunulmuştur.

- Perde duvarlar, kolonlar gibi çubuk eleman olarak modellenmiştir. Böylece yığılı plastik davranış modelince plastik mafsals atanması yapılabilmektedir.
- Yapı temeli modellenmemiştir, düşey taşıyıcı elemanların alt uç bölgesine ankastre mesnet atanması yapılmıştır.
- Yapılarda döşemeler modellenmemiştir. Her kata kendi içerisinde rijit diyafram atanması yapılmıştır.
- Plastik mafsals tanımlaması her elemana atanmıştır.
- Şekil değiştirmeye dayalı değerlendirme ve tasarım yaklaşımı esasları dikkate alınmıştır.

- Doğrusal olmayan hesap için program kapsamında ikinci merteye etkileri dikkate alınmıştır.

Bu doğrusal olmayan analiz yöntemi ile daha önce yaşanmış depremlerin ivme kayıtları modellenen yapıya etki ettirilmektedir. Yapıda ne derece hasar oluşacağı bu sayede önceden tespit edilebilmektedir.

4.3.1. Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi

Çalışma kapsamında iki boyutlu deprem hesabı yapılmıştır. Seçilen deprem ivme kayıtları basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirilmiştir. Basit ölçeklendirme yöntemi ile $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ ($0,12s$ - $1,5s$) aralığında ölçeklendirme yapılmıştır. Tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının aynı şekilde bu aralıktaki genliklerden daha küçük olmamasına dikkat edilmiştir. Deprem ivme kayıtları seçilen zemine ait kayma dalga hızı aralığına dikkat edilerek deprem ivme kayıtları seçilmiştir. Seçilen analiz yöntemine uygun olarak yatayda birbirine dik deprem bileşenleri binalara eş zamanlı olarak etki ettirilmiştir. 2019 TBDY’de belirtildiği üzere yapılan analizlerin her birinden elde edilen şekil değiştirme taleplerinin en büyük mutlak değerlerinin ortalaması ile kesit ve eleman hasar düzeyi belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 5 deprem ivme takımı kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucu deprem performansı düzeyi belirlenmiştir.

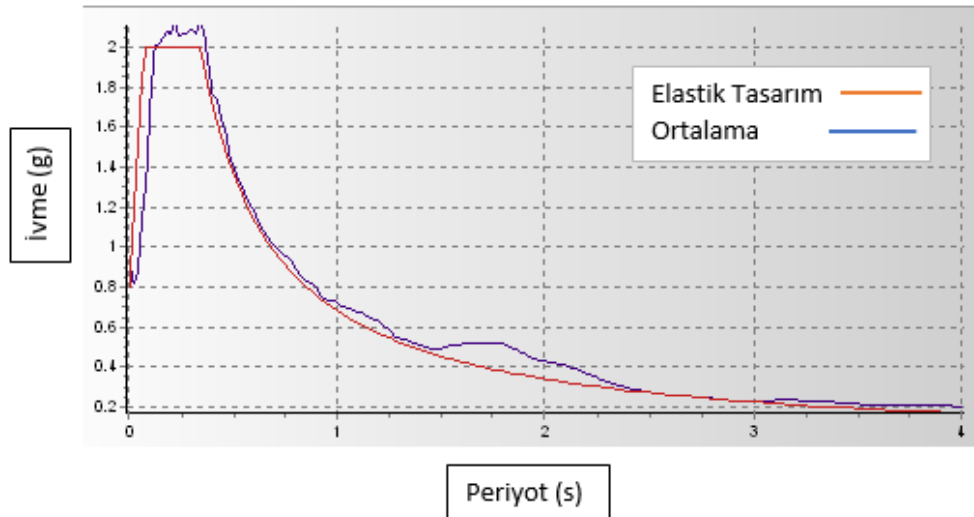
4.3.2. Deprem kayıtlarının SAP2000 programında tanımlanması

Bu çalışmada Kocaeli, Düzce, Northridge, Coalinga ve Imperial Valley olmak üzere 5 farklı gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz esaslarına uyularak deprem yatay bileşenleri eş zamanlı etki ettirilmiştir. Tablo 4.5.’te deprem kayıtlarını özellikleri verilmiştir. 5 deprem kaydı takımının iki yatay bileşenin analize dahil edilmesi sonucunda her bina için 10 analiz yapılmıştır. Her deprem kaydı takımı için yapılan ilk analiz 1 ile ikinci analiz 2 ile numaralandırılmıştır.

Tablo 4.5. Kullanılan deprem kayıtları için genel bilgiler

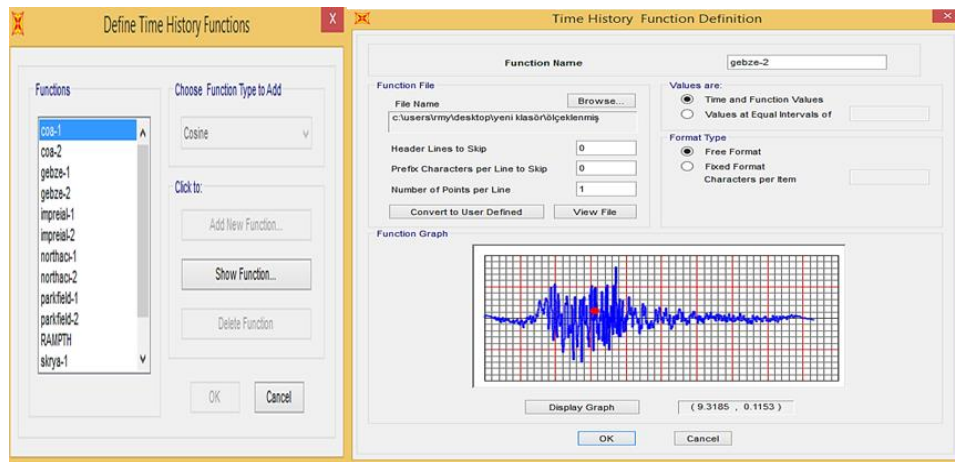
Deprem	Yıl	İstasyon	Büyükölçölük	Vs30	Süre(s)	Adım aralığı	Kayıt açısı	
							H1	H2
Kocaeli, Turkey	1999	Gebze	7,51	792	27,99	0,005	0°	270°
Duzce, Turkey	1999	Sakarya	7,14	411,91	59,98	0,010	90°	180°
Northridge-01	1994	Anacapa Island	6,69	501,75	39,96	0,020	0°	270°
Imperial Valley-06	1976	Superstition Mtn Camera	6,53	362,38	28,31	0,005	45°	135°
Coalinga-01	1983	Slack Canyon	6,36	648,09	59,97	0,010	45°	315°

Tablo 4.5.'te verilen deprem ivme kayıtları TBDY 2019 yönetmeliği kapsamında yerel zemin kayma dalga hızı aralığı dikkate alınarak seçilmiştir. Elde edilen tüm deprem kayıtları Peer Berkeley, ngawest2 veri tabanından ulaşılmıştır. Veri tabanı üzerinden her deprem kaydının yatay doğrultuda birbirine dik bileşenleri ve düşey bileşeni elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında iki boyutlu deprem hesabı yapıldığından yatay bileşenler kullanılmıştır. Deprem yer ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi için SEISMOMATCH programı kullanılmıştır. Basit ölçeklendirme yöntemi ile $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ (0,12s -1,5s) aralığında ölçeklendirme yapılmıştır. Tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının Şekil 4.29.'daki aynı aralıktaki genliklerden daha küçük olmamasına dikkat edilmiştir.



Şekil 4.29. Tasarım spektrumu ve ortalama spektrum

Ölçeklenen deprem ivme kayıtları ivme-zaman değerleri olarak metin belgesi halinde SAP2000 programına tanımlanmıştır. Bunun için Define-Functions-Time History sekmesi kullanılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz kapsamında ölçeklendirilmiş deprem kayıtları From File seçeneği ile programa aktarılmıştır. Program bu değerleri otomatik olarak Şekil 4.30.'daki gibi grafik haline getirmiştir. Her deprem kaydının iki yatay bileşeni tanımlanmıştır. Bileşenler 1 ve 2 numaraları ile numaralandırılmıştır.



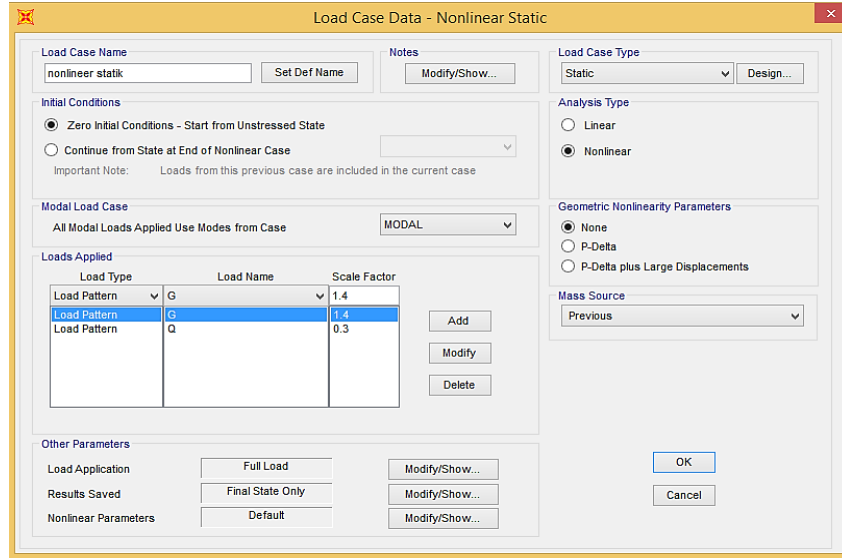
Şekil 4.30. Deprem yer ivme kayıtlarının SAP2000 programına tanımlanması

4.3.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz verilerinin SAP2000 programına tanıtılması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizin yapılabilmesi için öncelikle başlangıç koşulunun programa tanımlanması gerekmektedir. Başlangıç koşulu olarak ifade edilen $G+Q_e+0,3E_d^{(Z)}$ denklemdeki düşey yükler Define-Load Case sekmesi ile doğrusal olmayan statik hesap tanımlaması yapılmıştır. Böylece statik yükler altında doğrusal olmayan hesabın programa tanımlanması yapılmıştır. Başlangıç koşulu ile elde edilen iç kuvvet ve şekildeğiştirmeler, mevcut binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile değerlendirilmesinde başlangıç değeri olarak göz önüne alınmaktadır.

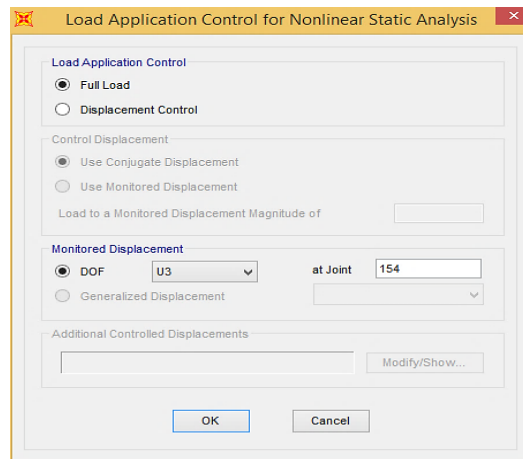
Başlangıç koşulu $G+Q_e+0,3E_d^{(Z)}$ hesap değeri ile ifade edilmektedir. Burada G sabit yükü etkisini, Q_e etkin hareketli yük etkisini ve $E_d^{(Z)}$ ise düşey deprem etkisini ifade

etmektedir. Şekil 4.31.'de görülen $n=0,3$, hareketli yük katılım katsayısıdır. Programa girilen 1,4 katsayısı ise sabit yük ve düşey deprem etkisi toplamının katsayısını ifade etmektedir. Bu tanımlama, Şekil 4.31.'deki gibi Load Case Data arayüzünde Load Case Type penceresinden 'static' seçeneğinin seçilmesi ve Analysis Type olarak ise 'nonlinear' seçeneğinin işaretlenmesi ile yapılmıştır.



. 4.31. Nonlineer statik başlangıç koşulunun tanımlanması

Şekil 4.32.'de görüldüğü gibi düşey yüklerin tanımlanarak başlangıç koşulu oluşturulmuştur. Bu düşey yükler altında yerdeğiştirmelerin U3 olarak yönü seçilmiştir. Bu şekilde düşey yönde gözlemlenebilir yapılabilmektedir.



Şekil 4.32. Nonlineer statik başlangıç koşulunun yükleme verisinin tanımlanması

Başlangıç koşulu için nonlinear statik yüklemesi yapıldıktan sonra yine Load Case Data penceresinde Şekil 4.33.'teki gibi ayrı ayrı deprem yüklemeleri tanımlanmıştır. Load Case Type açılır penceresinde yükleme durumu tipi olarak 'Time History' seçeneği seçilmiştir. Analysis Type kısmından 'Nonlinear' seçeneği, Solution Type kısmında ise 'Direct Integration' seçeneği işaretlenmiştir. Direct Integration çözüm yöntemi, kullanılan analiz yönteminin bir başlangıç koşulunun oluşunu ifade etmektedir.

Yatay deprem hesabının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile hesaplanması durumunda $E_d^{(H)}$ yatay deprem hesabı, yatayda birbirine dik X ve Y deprem doğrultularındaki deprem yatay bileşenleri eş zamanlı birlikte tanımlanarak, birleştirilmiş yatay deprem yükü bu hesap yöntemi sonucunda doğrudan elde edilmiş olacaktır. Belirtildiği üzere doğrusal olmayan deprem hesabının zaman tanım alanında yapılmasından dolayı, TBDY 2019 kapsamında ölçeklenen deprem ivme kayıtlarının birbirine dik iki yatay bileşeni, eş zamanlı olarak tanımlanmıştır. Sonrasında yatay bileşenler 90° döndürülerek analiz tekrarlanmıştır. Yatay deprem etkisi bu şekilde ifade edilmiştir. Doğrusal olmayan yatay deprem hesabında P-Delta ikinci mertebe etkileride dikkate alınmıştır. Ayrıca ivme kayıtları yerçekiminin (g) katı olduğundan programa 9,81 katsayısı ile tanımlanmıştır. Loan Applied kısmında sırasıyla yükleme tipi, yükleme yönü, deprem kaydı, ölçek katsayısı ile yatay deprem etkisi tanımlaması tamamlanmıştır. Ayrıca ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması için P-Delta seçeneği işaretlenmiştir.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	gebze-1	9.81
Accel	U2	gebze-2	9.81

Şekil 4.33. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi veri girişi

Şekil 4.34.'te görülen arayüzde Other Parameters-Damping sekmesi kullanılarak periyot girişi yapılmıştır. Böylece sönüm katsayıları belirlenmesi sağlanmıştır.

Period	Frequency	Damping
First: 0.8015 sec		0.05
Second: 0.6657 sec		0.05

Şekil 4.34. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi için sönüm katsayılarının belirlenmesi

Yukarıda sözü edilen işlemler her iki yapı modeli için aynı şekilde tekrarlanmıştır. Her yapı modeli için veri girişleri, her deprem ivme kaydı için yapılmıştır.

4.4. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.4.1. Kesit ve eleman hasar durumunun belirlenmesi

Çalışma kapsamında 2019 TBDY'ye uygun olacak şekilde zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile her iki yapı modeli için 10 adet analiz yapılmıştır. Yapılarda analiz sonuçlarının mutlak değerce büyük olanı dikkat alınıp 10 analizin ortalama değerine bakılarak eleman hasar seviyesi belirlenmiştir. İki farklı yapı arasında deprem etkileri incelenerek, yapı performans düzeyleri karşılaştırılmıştır.

Yapı modellerine ait elemanlar Yığılı Plastik davranış modeline göre modellendiğinden plastik dönmeler için yönetmelikte belirlenen sınırlar doğrultusunda hasar seviyesi belirlenmiştir. Bu sınırlar 2019 TBDY dikkate alınarak, Göçmenin Önlenmesi (GÖ), Kontrollü Hasar (KH), ve Sınırlı Hasar (SH) eleman performans düzeyleri için hesaplanmıştır. Performans düzeyinin belirlenmesi, yapı elemanlarında oluşan plastik dönme değerleri ile 2019 TBDY'de verilen plastik dönmeler için izin verilen sınırların karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir. Kesit hasar durumunun belirlenmesi için izin verilen plastik dönmelerin maksimum değerleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için;

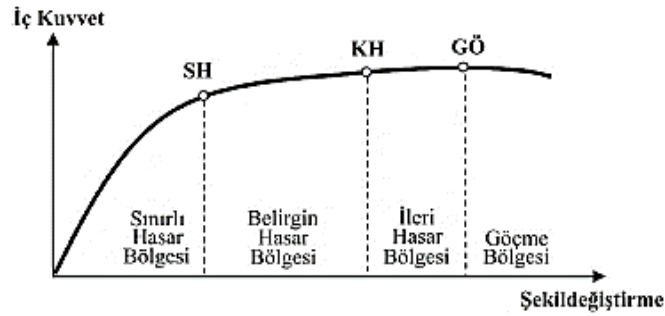
$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[\left(\phi_u - \phi_y \right) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_g} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (4.2)$$

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi için;

$$\theta_p^{(KH)} = 0,75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (4.3)$$

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyinde ise $\theta_p^{(SH)} = 0$ olarak plastik dönmeye izin verilmemektedir. Eleman performans düzeyinin belirlenmesi için ilk olarak kesir hasar seviyesi belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için performans düzeyleri arasındaki bölgelere göre kesit hasarları tespit edilmiştir. Kesit hasarlarının belirlenmesinde Şekil

4.35.'teki gibi SH'ya kadar olan bölge Sınırlı Hasar, SH ile KH arasında kalan bölge Belirgin Hasar, KH ile GÖ arasında kalan bölge İleri Hasar, GÖ'ni aşılması durumunda ise kesitin Göçme Bölgesi'nde olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 4.35. Kesit hasar bölgeleri ve eleman performans düzeyleri (TBDY,2019)

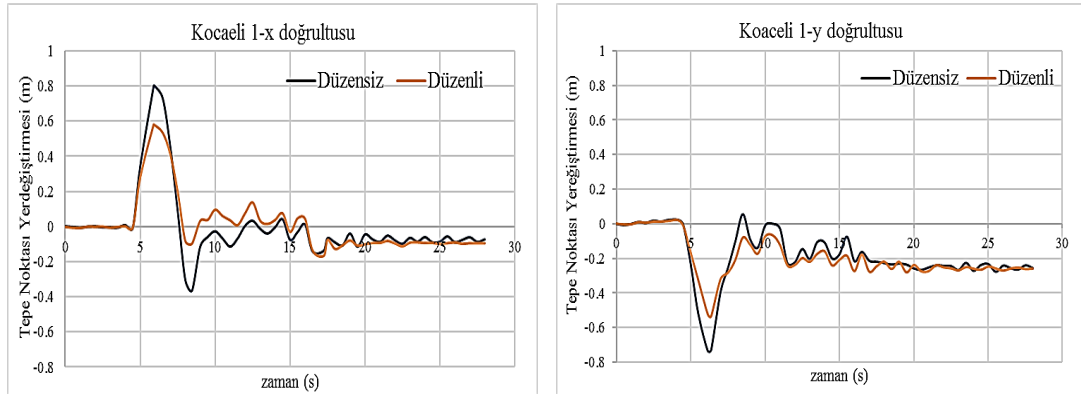
Modellenen yapı elemanlarının uç bölgeleri için tanımlanan plastik mafsal bölgelerinde, plastik dönme değerleri belirlenebilmektedir. Plastik dönme değerleri, θ_p , Sap2000 programında Display>Show Tables-Element Output-Frame Hinge States sekmesi ile tablo halinde ulaşılmaktadır. Çalışma kapsamında donatı çeliği olarak nervürsüz S220 donatı çeliği kullanılmıştır. Şekil değiştirmeye göre hesap yaklaşımında mevcut binaların tasarımında kullanılan boyuna donatıların nervürsüz seçilmesi halinde; yönetmelik gereğince donatılarda gözlenen birim şekil değiştirm ve dönme değerlerinin 1,5 ile çarpılarak artırılması gerekmektedir (TBDY,2019). Bu şekilde elde edilen plastik dönme değerleri sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanın performans düzeyi belirlenmiştir.

4.4.2. Analiz sonucunda yapılarda oluşan yer değiştirmelerin incelenmesi

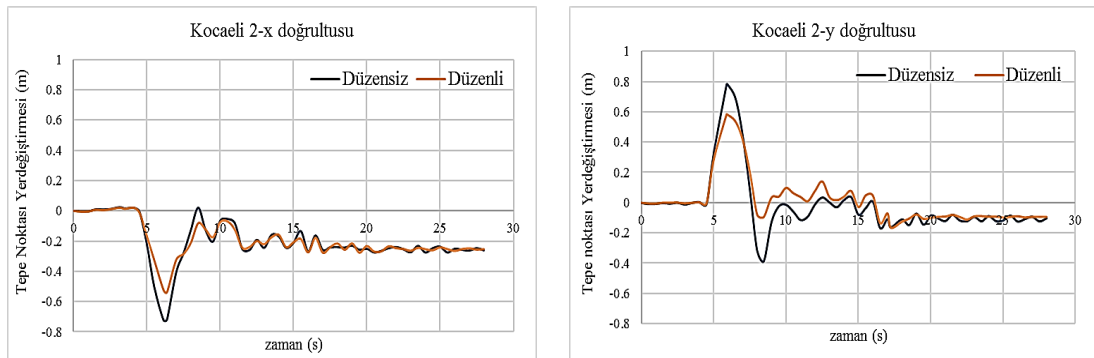
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile farklı deprem kayıtlarına bağlı olarak her bir yapı için 10 analiz sonucunda yer değiştirmeler elde edilmiştir. Bu yer değiştirmelerin deprem süresi boyunca zamana bağlı değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Tepe noktası yer değiştirmesi x ve y doğrultuları olmak üzere ayrı ayrı irdelenmiştir. Betonarme perdeli-çerçevesiz taşıyıcı sisteme sahip düzenli ve düzensiz yapıların yer değiştirmeleri karşılaştırılmıştır. Deprem sürelerine bağlı tepe noktası

yerdeşiftirmeleri Şekil 4.36. ve Şekil 4.45. arasında grafiksel olarak verilmiştir. Her iki doğrultuya göre yapıların yerdeşiftirme miktarları karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.36. ve Şekil 4.37.'de görüldüğü gibi Kocaeli depremi etkisi altında 1 No'lu analizde; Düzenli Yapı modelinde maksimum tepe noktası yerdeşiftirmesi, x doğrultusunda 53 cm iken deprem bileşenleri döndürülerek yapılan 2 No'lu analiz sonucunda ise y doğrultusunda yine 53 cm yerdeşiftirme grlmştir. Düzenli Yapı simetrik bir plana sahip olduğundan deprem bileşenlerini doğrultusu değiştirildiğinde maksimum yerdeşiftirme aynı kalarak yalnızca yn değişirmiştir. Ancak Düzensiz Yapı modelinde ise ilk analiz sonucunda maksimum yerdeşiftirme x doğrultusunda 80 cm, 2 No'lu analiz sonucunda y doğrultusunda 78 cm olduğu grlmştir. Düzensiz Yapı'da tepe noktası yerdeşiftirmesi artmıştır. Plastik mafsalların yaklaşık olarak düzenli yapı modelinde 9. saniyede, düzensiz yapı modelinde ise 8. saniyede belirginleşmektedir.

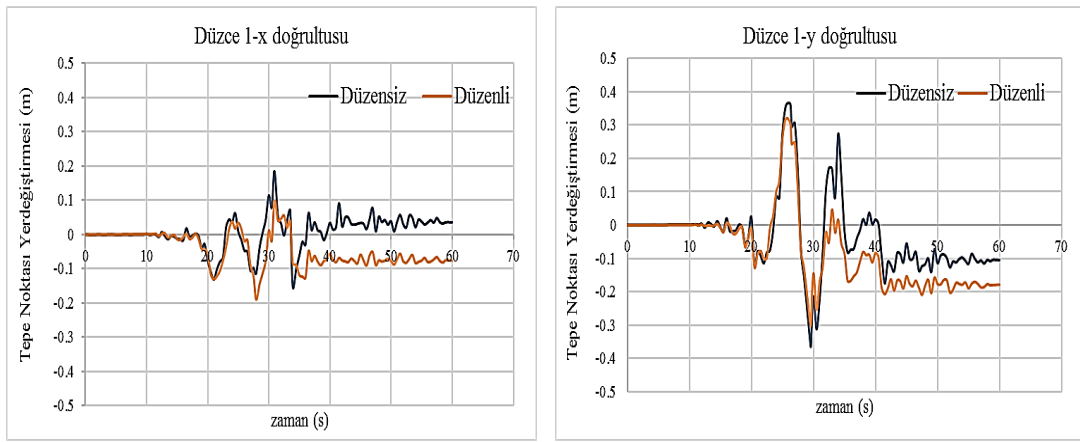


Şekil 4.36. Kocaeli Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeşiftirme-zaman grafiği

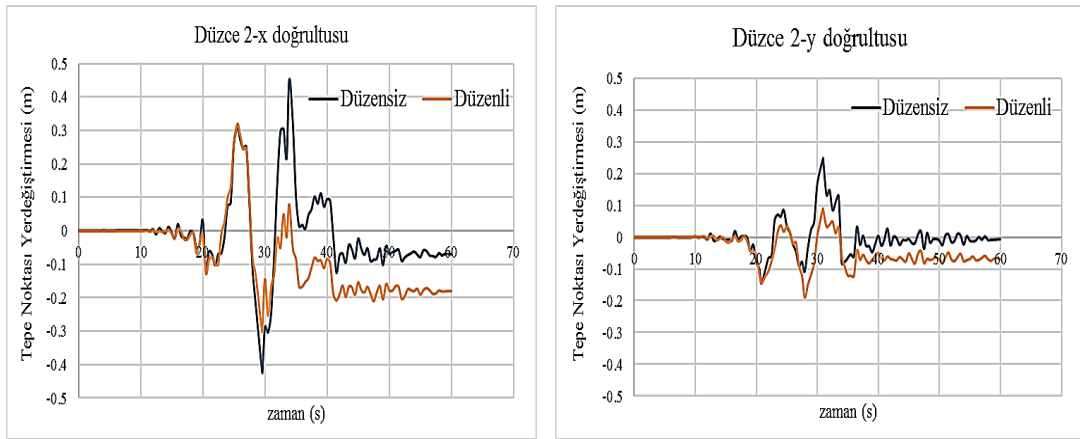


Şekil 4.37. Kocaeli Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeşiftirme-zaman grafiği

Şekil 4.38. ve Şekil 4.39. Düzce depremi altında tepe noktası yerdeğiştirmeleri Düzenli Yapı için 1 ve 2 No'lu analizler sonucunda farklı yönlerde ve 31 cm olarak aynı yerdeğiştirme meydana geldiği görölmüştür. Düzensiz Yapı için ise 1 No'lu analizin sonucunda maksimum yerdeğiştirme yönü y doğrultusudur ve 36 cm'dir. 2 No'lu analiz sonucunda ise maksimum yerdeğiştirme x doğrultusunda 45 cm oluşmuştur. Düzenli Yapı'ya göre her iki durumda da artış görölmüştür. Plastik mafsalların yaklaşık olarak düzenli yapı modelinde 17. saniyede, düzensiz yapı modelinde ise 14. saniyede belirginleşmektedir.



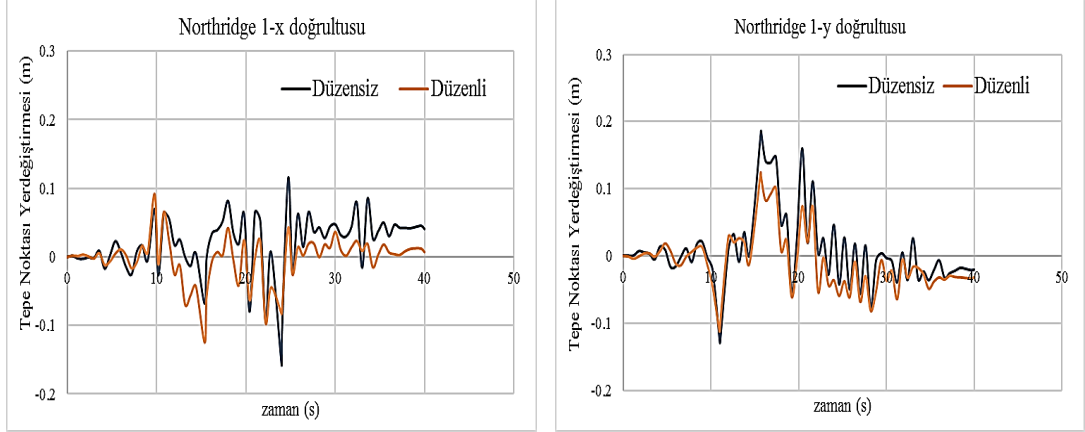
Şekil 4.38. Düzce Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği



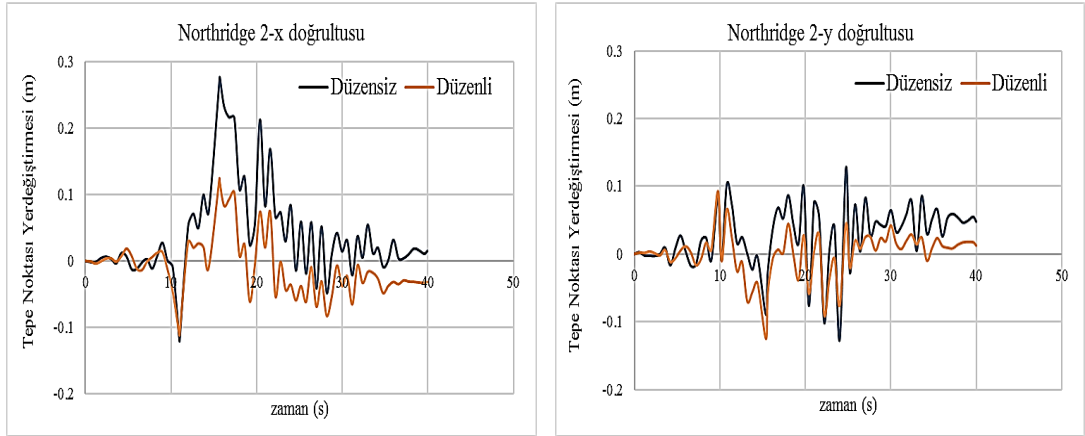
Şekil 4.39. Düzce Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

Northridge depremi altında en büyük tepe noktası yerdeğiştirmeleri Düzenli Yapı için 1 ve 2 No'lu analizler sonucunda farklı yönlerde ve 15 cm olarak aynı yerdeğiştirme meydana geldiği görölmüştür. Düzensiz Yapı için ise 1 No'lu analizin sonucunda y

doğrultusunda 18 cm, 2 No'lu analizin sonucunda ise x doğrultusunda 27 cm oluşmuştur. Her iki analiz sonucunda Düzenli Yapı'ya göre artış görülmektedir. Plastik mafsalların yaklaşık olarak düzenli yapı modelinde 6. saniyede, düzensiz yapı modelinde ise 4. saniyede belirginleşmektedir (Şekil 4.40. ve Şekil 4.41.)



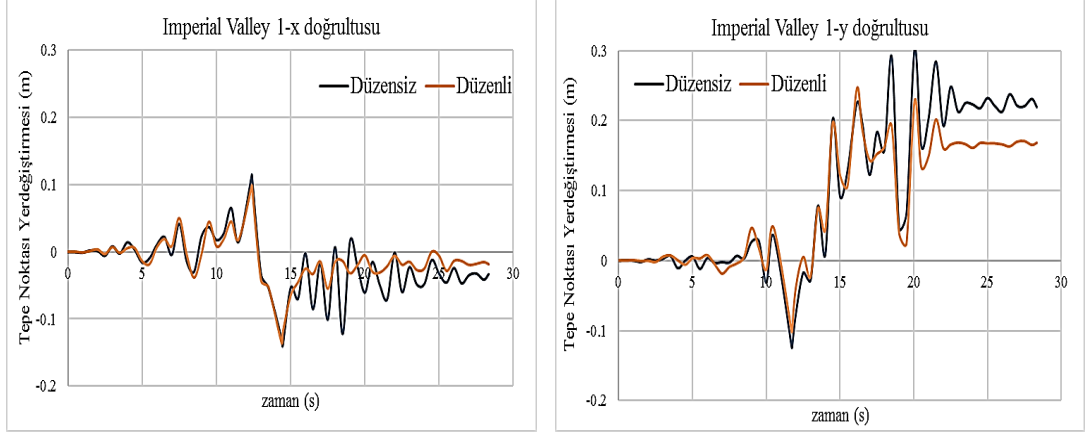
Şekil 4.40. Northridge, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği



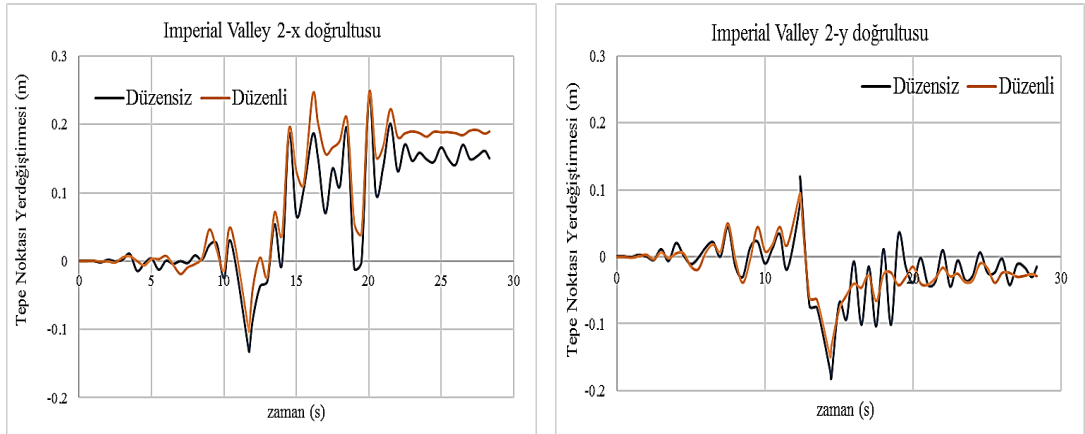
Şekil 4.41. Northridge, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

Impreial Valley depremi altında tepe noktası yerdeğiştirmeleri Düzenli Yapı için 1 ve 2 No'lu analizler sonucunda farklı yönlerde ve 24 cm olarak aynı yerdeğiştirme meydana geldiği görülmüştür. Düzensiz Yapı için ise 1 No'lu analizin sonucunun maksimum yerdeğiştirmesi y doğrultusunda ve 30 cm, 2 No'lu analizin maksimum yerdeğiştirmesi ise x doğrultusunda 24 cm oluşmuştur. 1.No'lu analiz sonucunda Düzenli Yapı'ya göre artmış durumadır. Plastik mafsalların yaklaşık olarak düzenli

yapı modelinde 6. saniyede, düzensiz yapı modelinde ise 3. saniyede belirginleşmektedir (Şekil 4.42. ve Şekil 4.43.).

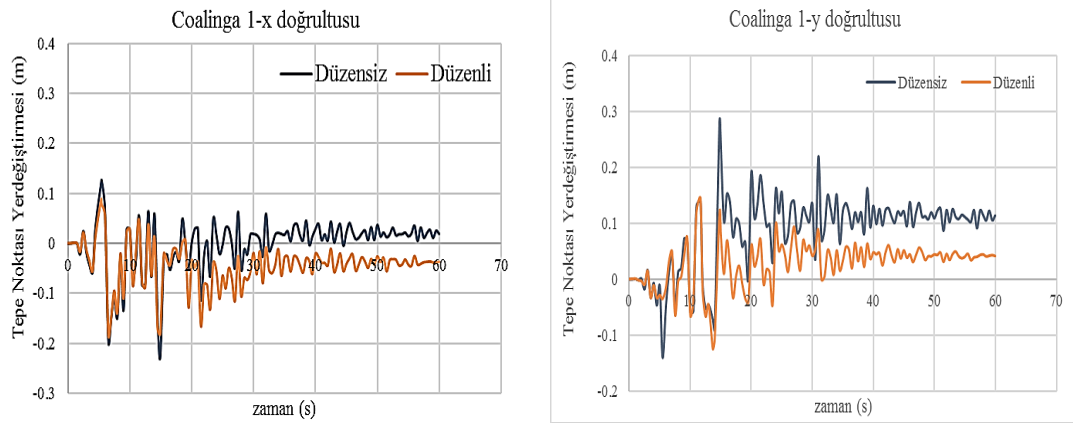


Şekil 4.42. Imperial Valley Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

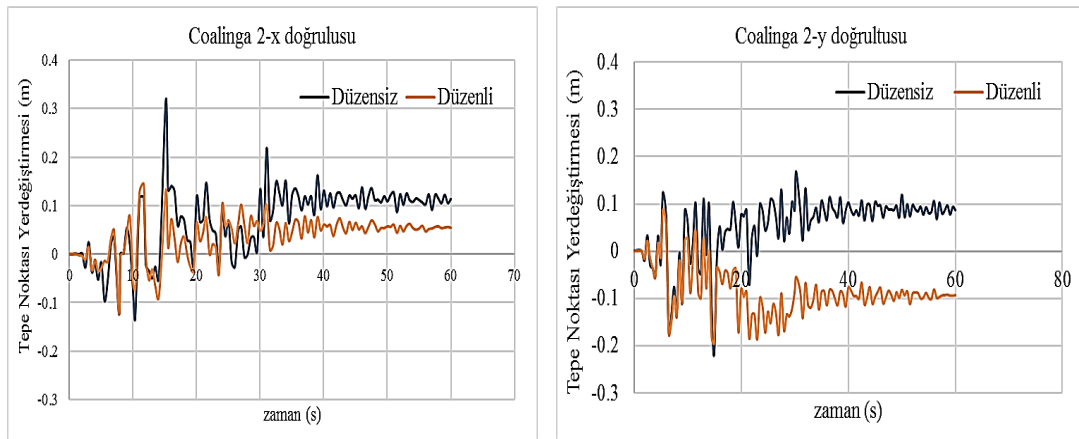


Şekil 4.43. Imperial Valley Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

Coalingo deprem etkisi altında Şekil 4.44. ve Şekil 4.45.'te görüldüğü gibi en büyük tepe noktası yerdeğiştirmeleri Düzenli Yapı için 1 ve 2 No'lu analizler sonucunda farklı yönlerde ve 18 cm olarak aynı yerdeğiştirme meydana geldiği görülmüştür. Düzensiz Yapı için ise 1 No'lu analizin sonucunda y doğrultusunda 28 cm, 2 No'lu analizin sonucunda ise x doğrultusunda 32 cm olmuştur. Her iki analiz sonucunda Düzenli Yapı'ya göre artış görülmektedir. Plastik mafsalların yaklaşık olarak her iki yapıda da 8. saniyeden sonra belirin hal gelmektedir.



Şekil 4.44. Coalinga Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği



Şekil 4.45. Coalinga Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

4.4.3. Analiz sonucunda yapılar da burulma düzensizliği katsayısı

Çalışma kapsamında deprem performansı araştırılan yapı modellerinden Düzenli Yapı olarak adlandırılan yapı modelinde, yapı elemanları düzenli ve simetrik yerleştirilmiş durumdadır. Perde duvarlar dış cephelerde simetrik olarak yerleştirilmiştir. Düzensiz Yapı'da ise perde duvar yerleşimi simetrik değildir. Rijitlik dağımı düzensiz durumdadır. Bu durum bu yapı modelinde x ve y doğrultularında burulma düzensizliği oluşturmuştur.

Tablo 4.6. ve Tablo 4.7.'de farklı deprem etkileri altında elde edilen katlara ait burulma düzensizliği katsayıları, x ve y doğrultusuna göre sayısal olarak görölmektedir. 2019

TBDY'ye göre maksimum görelî kat ötelemesinin ortalama görelî kat ötelemesine oranı 1,2'yi aşmasında durumunda burulma düzensizliği söz konusudur. Düzensiz Yapı modelinde yapı analizi sonucunda deprem etkisi altında en az bir katta, en fazla tüm katlarda burulma düzensizliği katsayısı 1,2 sınırını aşmaktadır. Yapıda burulma düzensizliği hakimdir.

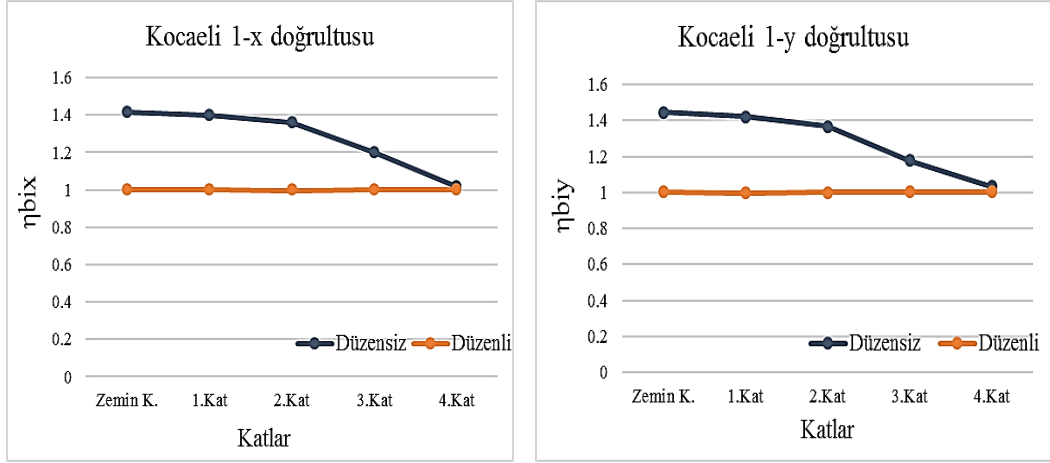
Tablo 4.6. Deprem etkisi altında X doğrultusuna göre burulma düzensizliği katsayısı

Kocaeli -1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,002	1,002	1,001	1,002	1,002
Düzensiz	1,416	1,399	1,360	1,202	1,017
Kocaeli -2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,003	1,001	1,001	1,002	1,002
Düzensiz	1,443	1,414	1,364	1,201	1,025
Düzce-1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,033	1,026	1,030	1,037	1,042
Düzensiz	1,323	1,148	1,201	1,201	1,171
Düzce-2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,039	1,027	1,017	1,014	1,013
Düzensiz	1,259	1,173	1,108	1,050	1,012
Northridge-1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,161	1,052	1,047	1,035	1,043
Düzensiz	2,545	2,231	2,036	1,898	1,623
Northridge-2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,037	1,105	1,032	1,006	1,011
Düzensiz	1,082	1,073	1,153	1,197	1,193
Imperial Valley-1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,051	1,045	1,025	1,028	1,030
Düzensiz	1,379	1,593	1,552	1,367	1,069
Imperial Valley-2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,001	1,015	1,026	1,023	1,022
Düzensiz	1,118	1,134	1,136	1,124	1,101
Coalingo-1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,086	1,054	1,040	1,032	1,026
Düzensiz	2,091	2,355	2,228	1,933	1,581
Coalingo-2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,033	1,025	1,007	1,001	1,006
Düzensiz	1,368	1,296	1,308	1,281	1,155

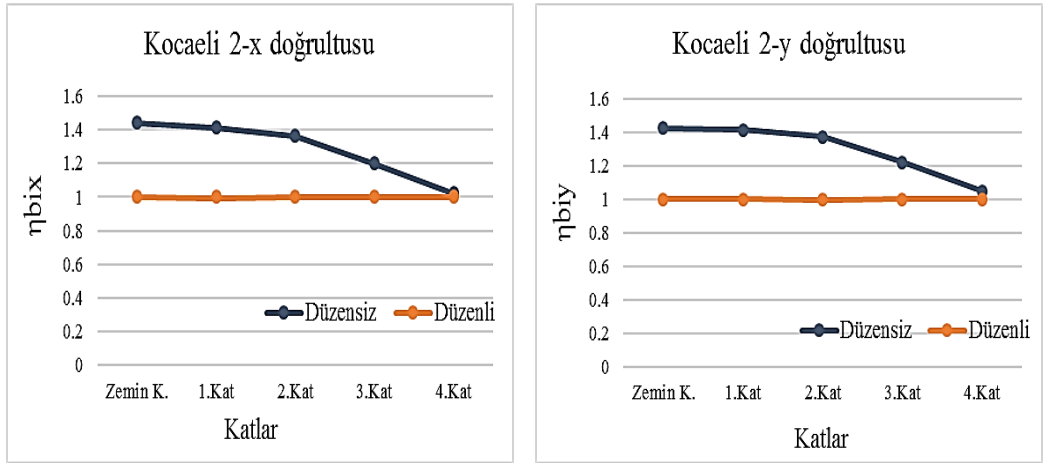
Tablo 4.7. Deprem etkisi altında Y doğrultusuna göre burulma düzensizliği katsayısı

Kocaeli -1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,003	1,001	1,001	1,002	1,002
Düzensiz	1,446	1,421	1,368	1,178	1,035
Kocaeli -2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,002	1,002	1,001	1,002	1,002
Düzensiz	1,427	1,417	1,377	1,223	1,050
Düzce-1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,037	1,026	1,017	1,015	1,014
Düzensiz	1,126	1,128	1,110	1,048	1,010
Düzce-2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,033	1,026	1,030	1,037	1,042
Düzensiz	1,781	1,585	1,500	1,400	1,311
Northridge-1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,038	1,105	1,032	1,006	1,011
Düzensiz	1,148	1,017	1,186	1,245	1,223
Northridge-2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,161	1,052	1,047	1,035	1,043
Düzensiz	1,314	1,540	1,476	1,421	1,280
Imperial Valley-1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,001	1,015	1,026	1,023	1,022
Düzensiz	1,050	1,142	1,151	1,126	1,079
Imperial Valley-2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,051	1,045	1,025	1,028	1,030
Düzensiz	1,629	1,692	1,658	1,562	1,348
Coalingo-1	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,033	1,025	1,007	1,001	1,006
Düzensiz	1,591	1,868	1,808	1,700	1,529
Coalingo-2	ZEMİN KAT	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
Düzenli	1,086	1,054	1,040	1,032	1,026
Düzensiz	1,613	1,584	1,523	1,405	1,187

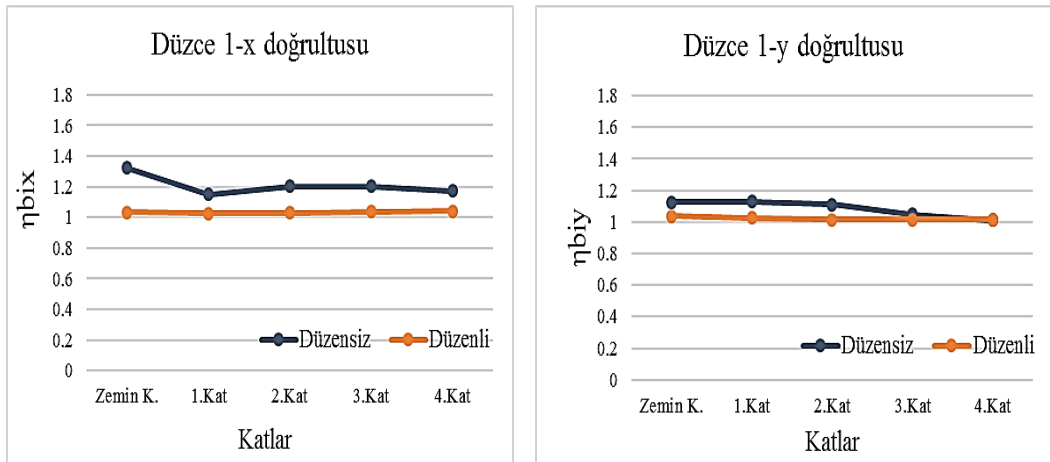
Perde duvarların plana düzensiz yerleştirilmesi kütle merkezi ve rijitlik merkezinin çakışmasını engellemektedir. Bu iki merkez arasında oluşan dışmerkezlilik etkisiyle, yapı deprem yönüne bağlı olarak ötelenirken, burulma momenti sebebiyle rijitlik merkezi etrafında dönme hareketinde bulunur. Bu durum yapıda burulma diğer bir deyişle burulma düzensizliği oluşumuna yol açmaktadır. Deprem etkisiyle yapıda oluşan yerdeğiştirmeler sonucunda hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı, yönetmelikte belirlenen sınır değer ile karşılaştırılmıştır. Katlara ait burulma düzensizliği katsayıları farklı depremler için grafiksel olarak Şekil 4.46- Şekil 4.55. dahil ve arası şekillerde gösterilmiştir. Betonarme perdeli-çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip düzenli ve düzensiz yapıların burulma katsayıları karşılaştırılmıştır.



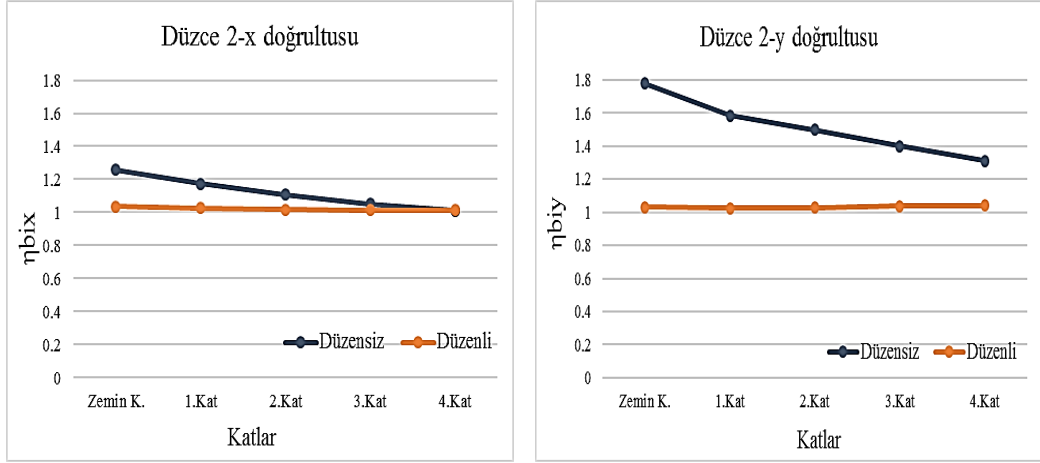
Şekil 4.46. Kocaeli Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yüklemesi altında burulma düzensizliği katsayıları



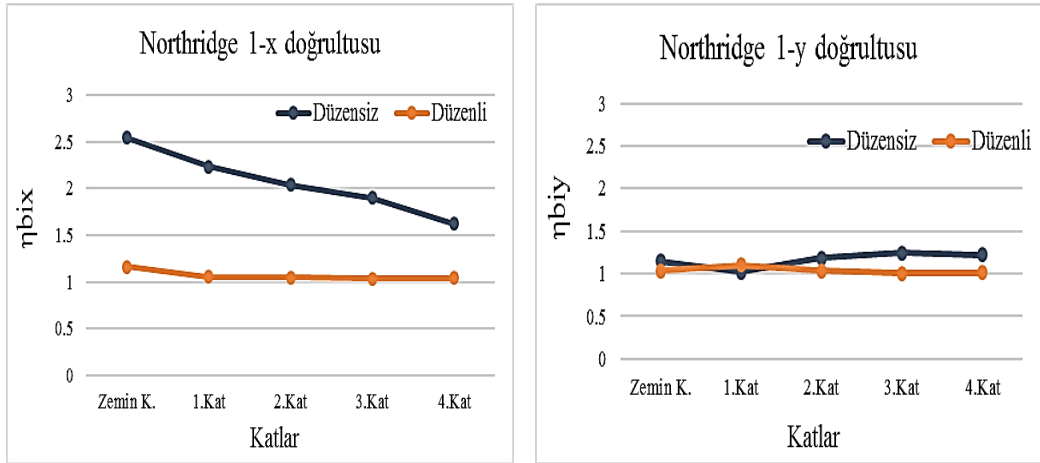
Şekil 4.47. Kocaeli Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yüklemesi altında burulma düzensizliği katsayıları



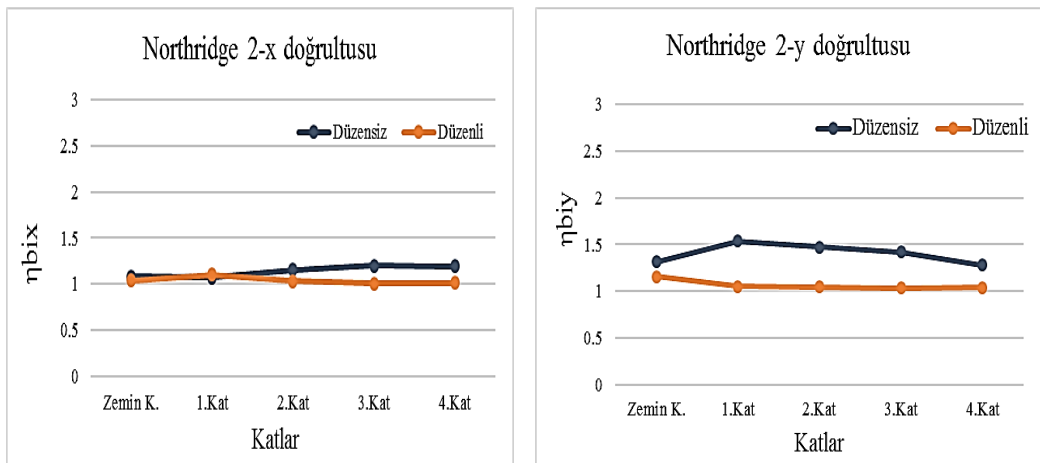
Şekil 4.48. Düzce Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yüklemesi altında burulma düzensizliği katsayıları



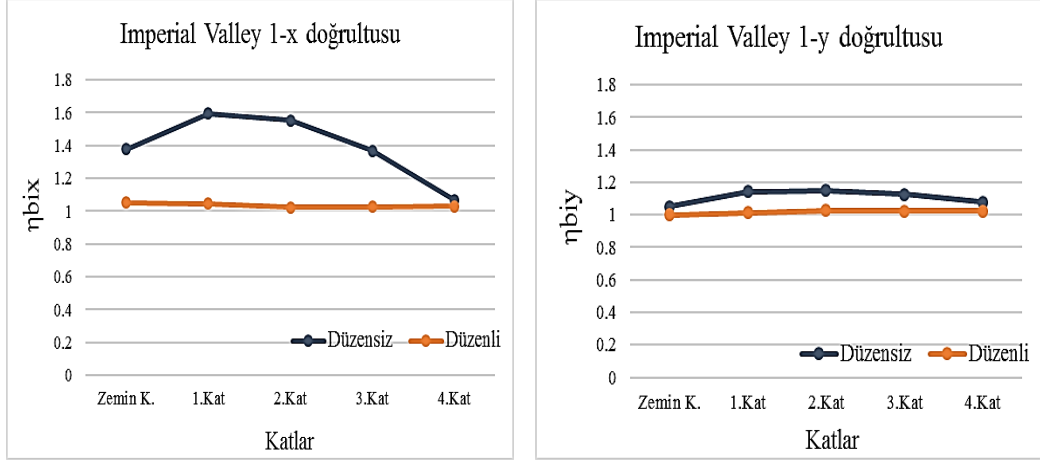
Şekil 4.49. Düzce Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



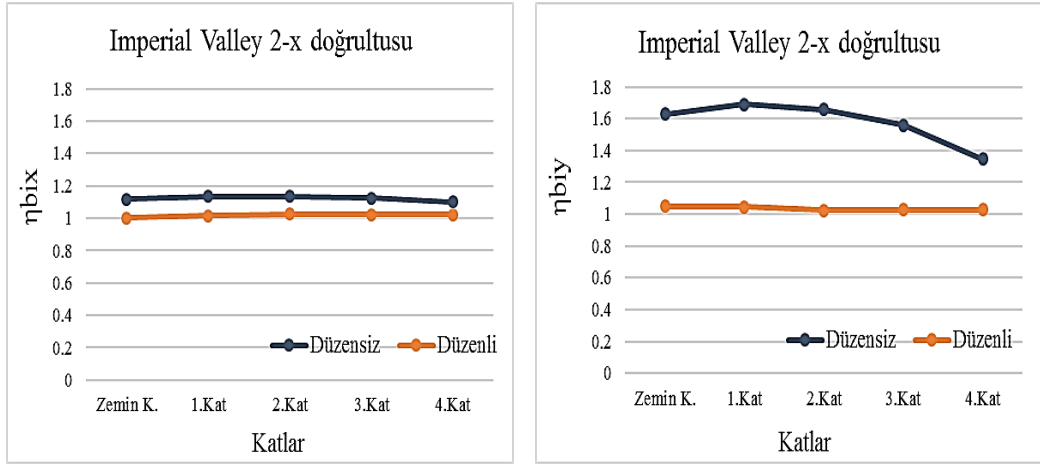
Şekil 4.50. Northridge Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



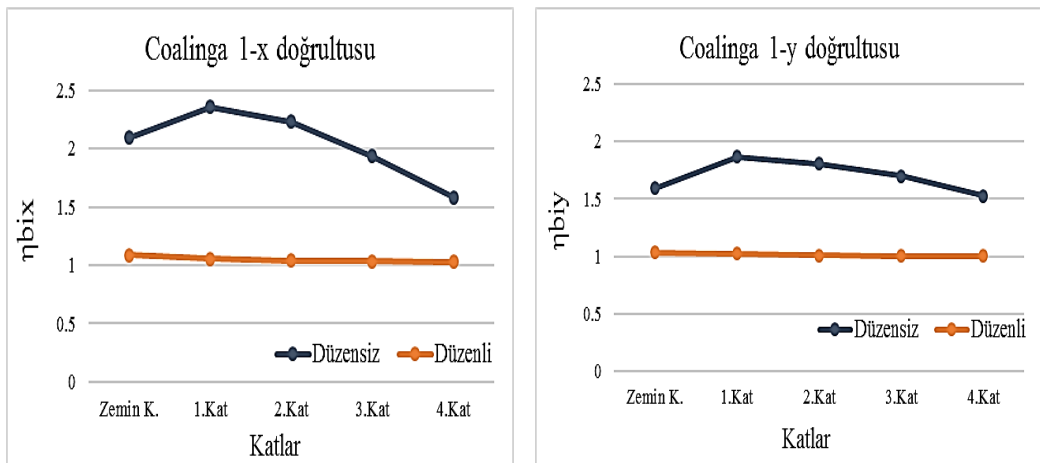
Şekil 4.51. Northridge Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



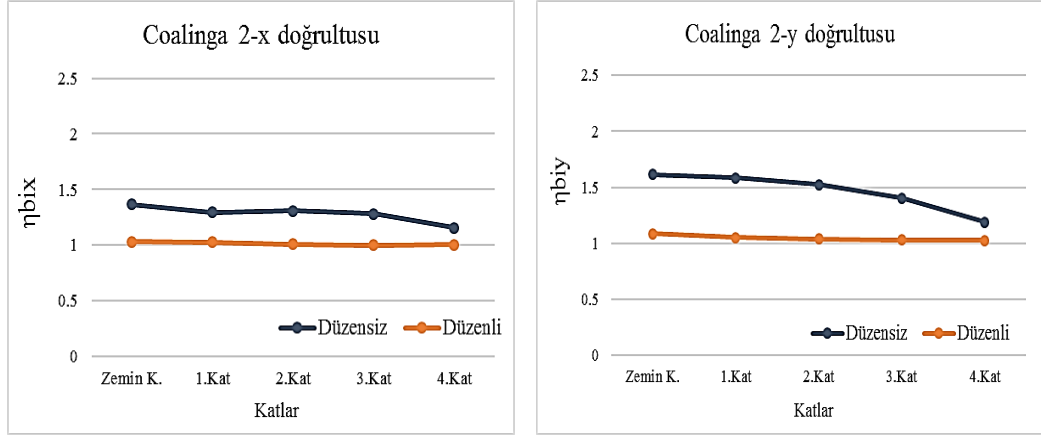
Şekil 4.52. Imperial Valley, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



Şekil 4.53. Imperial Valley, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



Şekil 4.54. Coalinga Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları

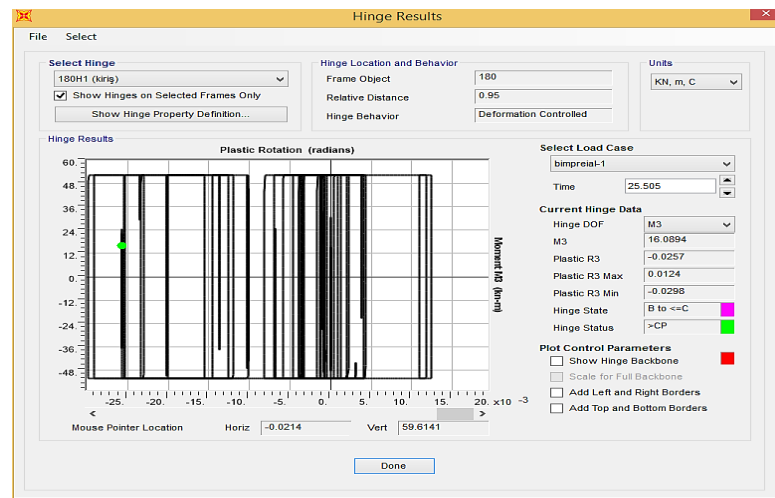


Şekil 4.55. Coalinga Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları

4.4.4. Yapı elemanlarında hasar durumunun İncelenmesi

4.4.4.1. Kirişlerde kesit ve eleman hasar durumunun incelenmesi

Aşağıda bir kiriş kesitine ait örnek bir hesap gösterilmiştir. Öncelikle kiriş uç bölgelerinde plastik dönme θ_p değeri belirlenmiştir. Sonrasında bu değer 1,5 ile çarpılarak artırılmıştır. Tüm analiz sonucunda aynı hesap işlemi tekrarlanmıştır. Analizlerin bitiminde sonuçların ortalamaa değerine göre hasar bölgesi belirlenmiştir. Plastik dönme değerleri Display>Show Tables-Element Output-Frame Hinge States sekmesi ile tablo halinde elde edilebildiği gibi her bir analiz sonucu için Display>Show Hinge Result ile açılır bir penceresinde ulaşabilmektedir (Şekil 4.56.).



Şekil 4.56. Kiriş kesitlerinde plastik dönme değerlerinin okunması

180 No'lu 25 cm x50 cm boyutlu kiriş için tüm analizlerin sonucunda ortalama değere göre hasar düzeyinin belirlenmesi:

$$\theta_{p180H1} = 0.02718 \text{ (Tüm analizlerin ortalama dönme değeri)}$$

$$\theta_{p180H2} = 0.02580 \text{ (Tüm analizlerin ortalama dönme değeri)}$$

$$\theta_{p180H1} = 0.02718 \times 1,5 = 0,04077 \text{ (Arttırılmış ortalama dönme değeri)}$$

$$\theta_{p180H2} = 0,02580 \times 1,5 = 0,0387 \text{ (Arttırılmış ortalama dönme değeri)}$$

Sınırlı Hasar Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

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

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

$$\theta_p^{(KH)} = 0,040$$

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

$$\theta_p^{(GÖ)} = 0,053$$

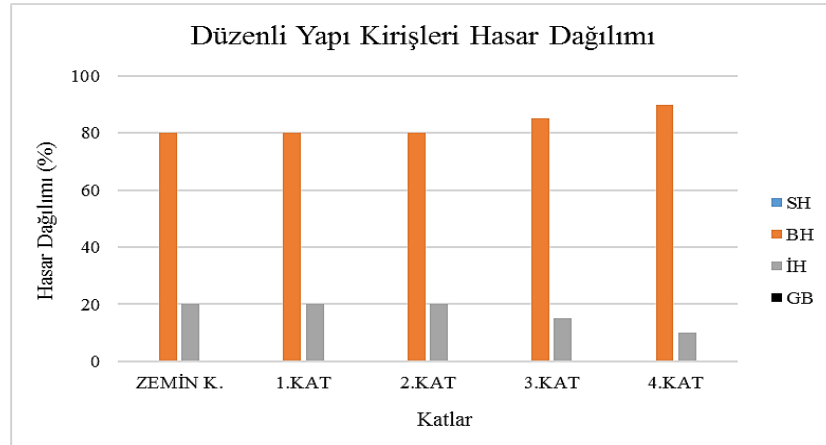
Örnek olarak detaylı hesabı gösterilen 180 No'lu kirişin H1 kesiti için ortalama ve arttırılmış plastik dönme değeri 0,040 ile 0,53 arasında olduğundan İleri Hasar Bölgesi'ndedir. H2 kesitinin ortalama ve arttırılmış plastik dönme değeri 0,0 ile 0,040 arasında olduğundan bu kesitin Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu kabul edilmiştir. Ancak en olumsuz durum dikkate alınacağı için elemanın "İleri Hasar Bölgesi"nde olduğu sonucuna varılmıştır. Her iki yapı modeli için tüm kirişlerde bu hesap işlemi tekrarlanmış ve kiriş elemanlarının performans düzeyi belirlenmiştir.

Tablo 4.8.'de Düzenli ve Düzensiz yapı planına sahip yapı modellerinin kiriş hasar dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.8. Düzenli yapı kiriş hasar dağılımı

Düzenli Yapı	SH	BH	İH	GB
Zemin Kat		32- 80%	8- 20%	
1.Kat		32- 80%	8- 20%	
2.Kat		32- 80%	8- 20%	
3.Kat		34- 85%	6- 15%	
4.Kat		36- 85%	4- 10%	

Yapının her katında 40 adet kiriş olmak üzere toplamda 200 adet kiriş bulunmaktadır. Eleman bazında incelendiğinde kirişlerin 34'ü İleri Hasar Bölgesi'nde, 166'sı Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Şekil 4.57.'de yüzdeler olarak ifade edilmiştir.

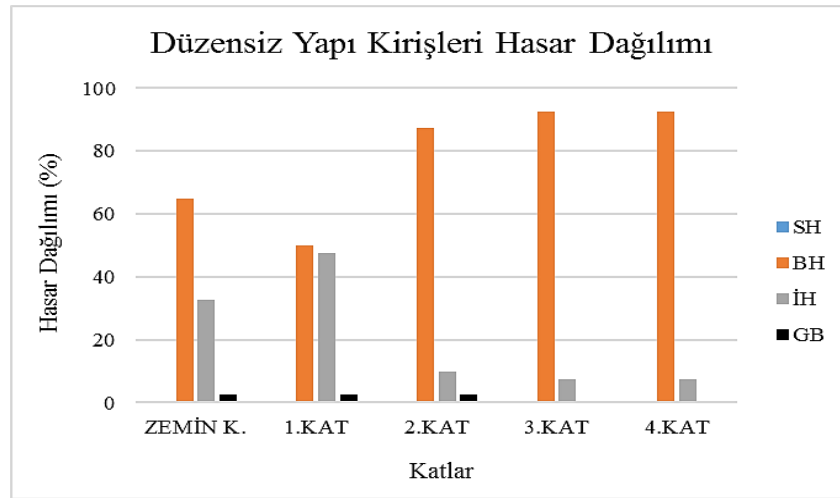


Şekil 4.57. Düzenli yapı kiriş hasar dağılımı (%)

Bina genelinde bakılacak olursa üst katlara doğru çıkıldıkça ileri hasar bölgesine geçen kiriş sayısında azalma görülmüştür. Hasarın üst katlara doğru azaldığı görülmektedir. Düzensiz plana sahip yapıda düzensizlik oluşumundan ve bundan kaynaklı burulma meydana gelmesi hasar seviyesinin arttırmıştır. Tablo 4.9.'da görüldüğü gibi Göçme Bölgesi'ne geçen kirişler bulunmaktadır. Şekil 4.58.'de yüzdeler olarak ifade edilmiştir.

Tablo 4.9. Düzensiz yapı kiriş hasar dağılımı

Düzensiz Yapı	SH	BH	İH	GB
Zemin Kat		26- 65%	13- 32,5%	1- 2,5%
1.Kat		20- 50%	19- 47,5%	1- 2,5%
2.Kat		35- 88%	4- 10%	1- 2,5%
3.Kat		37- 92,5%	3- 7,5%	
4.Kat		37- 92,5%	3- 7,5%	

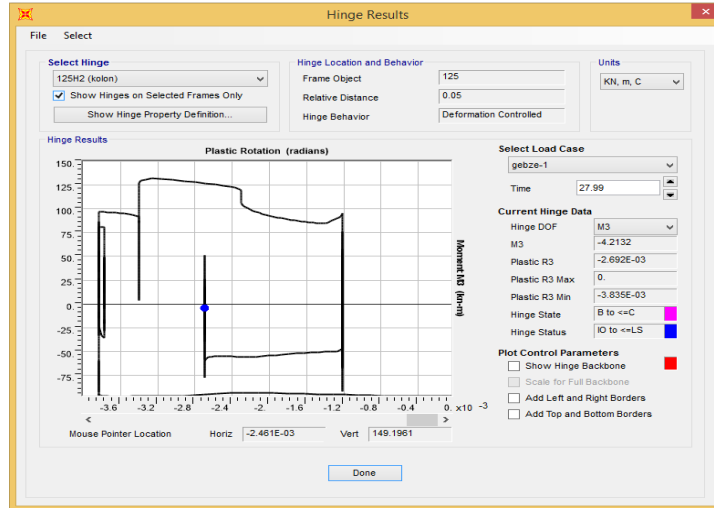


Şekil 4.58. Düzensiz yapı kiriş hasar dağılımı (%)

Düzensiz plana sahip perdeli-çerçevesiz betonarme yapıda hasar seviyesinin arttığı gözlemlenmiştir.

4.4.4.2. Kolonlarda kesit ve eleman hasar durumunun incelenmesi

Kolon kesitinde hasar seviyesinin belirlenmesi için kiriş elemanlarda olduğu gibi aynı hesap işlemleri uygulanmıştır. Plastik dönme değerleri Display-Show Tables-Element Output-Frame Hinge States sekmesi ile tablo halinde elde edilmiştir. Bu plastik dönme değerlerine Şekil 4.59.'daki gibi Display-Show Hinge Result açılır penceresinde ulaşılabilmektedir.



Şekil 4.59. Kolon kesitlerinde plastik dönme değerlerinin okunması

125 No'lu 40 cm x 40 cm boyutlu kolon için tüm analizlerin sonucunda ortalama değere göre hasar düzeyinin belirlenmesi:

$$\theta_{p125H1} = 0 \text{ (Tüm analizlerin ortalama dönme değeri)}$$

$$\theta_{p125H2} = 0.00291 \text{ (Tüm analizlerin ortalama dönme değeri)}$$

$$\theta_{p125H1} = 0 \text{ (Arttırılmış ortalama dönme değeri)}$$

$$\theta_{p125H2} = 0,00291 \times 1,5 = 0,00437 \text{ (Arttırılmış ortalama dönme değeri)}$$

Sınırlı Hasar Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

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

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

$$\theta_p^{(KH)} = 0,047$$

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

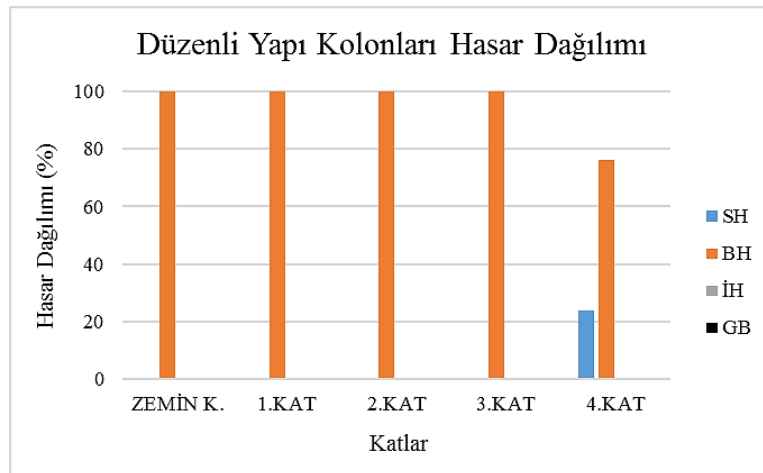
$$\theta_p^{(GÖ)} = 0,063$$

Örnek olarak detaylı hesabı gösterilen 125 No'lu kolonun H1 kesiti için plastik dönme değerinin 0 olduğunda bu kesit Sınırlı Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak H2 kesitinin ortalama ve arttırılmış plastik dönme değeri 0.00437 olup, 0,0 ile 0,047 arasında olduğundan bu kesitin Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmüştür. Ancak en olumsuz durum dikkate alınacağı için elemanın 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu sonucuna varılmıştır. Her iki yapı modeli için tüm kolonlarda bu hesap işlemi tekrarlanmış ve kolon elemanlarının performans düzeyi belirlenmiştir. Aşağıda Düzenli ve Düzensiz yapı planına sahip yapı modellerinin kolon hasar dağılımı verilmiştir.

Yapıların her katında 21 adet kolon olmak üzere toplamda 105 adet kolon bulunmaktadır. Tablo 4.10.'daki gibi Düzenli Yapı modelinde kolonların %23,8'i Sınırlı Hasar Bögesi'nde, geri kalanı ise Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Kolonlarda dönme değerleri kirişlere nazaran oldukça küçük sifıra yakın değerlerdedir. Şekil 4.60.'ta yüzdeler olarak ifade edilmiştir.

Tablo 4.10. Düzenli yapı kolon hasar dağılımı

Düzenli Yapı	SH	BH	İH	GB
Zemin Kat		100%		
1.Kat		100%		
2.Kat		100%		
3.Kat		100%		
4.Kat	23,8%	76,2%		

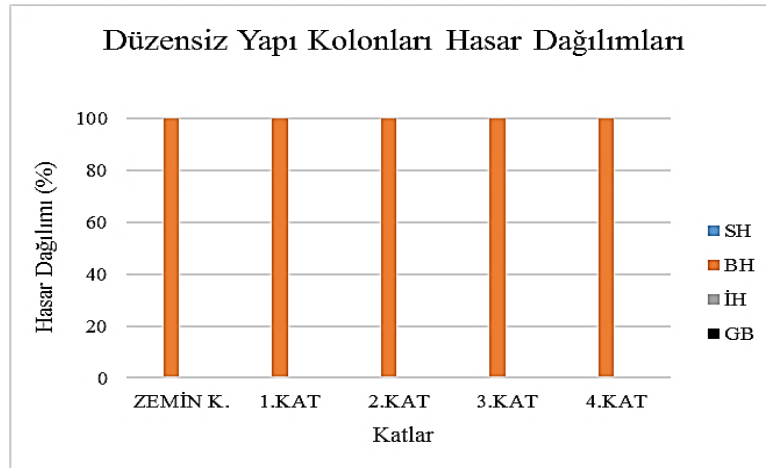


Şekil 4.60. Düzenli yapı kolon hasar dağılımı (%)

Tablo 4.11.'deki Düzensiz Yapı modelinde kolonların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmektedir. Planda düzensizlik bulunmasından dolayı aynı özellikte yapı elemanlarının sahip olmalarına rağmen yapılar arasında hasar farklılıkları bulunmaktadır. Şekil 4.61.'de hasar dağılımı yüzdelerle ifade edilmiştir.

Tablo 4.11. Düzensiz yapı kolon hasar dağılımı

Düzensiz Yapı	SH	BH	İH	GB
Zemin Kat		100%		
1.Kat		100%		
2.Kat		100%		
3.Kat		100%		
4.Kat		100%		



Şekil 4.61. Düzensiz yapı kolon hasar dağılımı (%)

4.4.4.3. Perdelerde kesit ve eleman hasar durumunun incelenmesi

Analizde kullanılan 5 farklı deprem ivme kayıtlarının birbirine dik yatay bileşenlerinin eş zamanlı etki ettirilmesiyle mutlak değerce maksimum sonuçların ortalaması ile performans seviyesi belirlenmiştir. Hasar durumlarının bulunabilmesi için her perde elemanının alt uç bölgesindeki plastik dönme değerlerine bakılmıştır. Plastik mafsallar perdelerin alt ucunda olduğu için plastik dönme değerleri için bu uç bölgesi baz alınmıştır. Perde duvar elemanlarında Göçme Önlenmesi performans düzeyi için

verilen plastik dönme sınır değeri denkleminde geçen L_s değeri, her kat için değiştiğinden performans düzeyi izin verilen plastik dönme sınırları her kat için değişmektedir.

360 No'lu 30 cm x 210 cm boyutlu perde duvar için tüm analizlerin sonucunda ortalama değere göre hasar düzeyinin belirlenmesi;

$$\theta_{p360H1} = 0,00041 \text{ (Tüm analizlerin ortalama dönme değeri)}$$

$$\theta_{p360H1} = 0,00041 \times 1,5 = 0,00062 \text{ (Arttırılmış ortalama dönme değeri)}$$

Sınırlı Hasar Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

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

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

$$\theta_p^{(KH)} = 0,19 \text{ (kuvvetli eksen sınırı)} \quad \theta_p^{(KH)} = 0,054 \text{ (zayıf eksen sınırı)}$$

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı:

$$\theta_p^{(GÖ)} = 0,25 \text{ (kuvvetli eksen sınırı)} \quad \theta_p^{(KH)} = 0,072 \text{ (zayıf eksen sınırı)}$$

Örnek olarak detaylı hesabı gösterilen 360 No'lu perde duvarın H1 kesiti için ortalama ve arttırılmış plastik dönme değeri 0.00062'dir. Bu değer kuvvetli ve zayıf olmak üzere her iki eksen için SH ve KH performans düzeyleri sınırları arasında olduğundan Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Plastik dönme değerleri perde duvarlarda oldukça küçük ve 0'a yakın değerlerdedir. Ancak perde duvarlar yığılı plastik davranış modeli ile modellendiğinden ve bu kapsama plastik dönme sınır değerleri ile performans düzeyi araştırılmaktadır. SH performans düzeyi sınır değeri 0 olduğundan, bu değerden çok küçük sapmalar dahi elemanı Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçirmektedir.

Her iki yapı modeli için tüm perde duvarlarda bu hesap işlemi tekrarlanmış ve perde duvar elemanlarının performans düzeyi belirlenmiştir. Aşağıda Tablo 4.12. ve Tablo 4.13.'te Düzenli ve Düzensiz yapı planına sahip yapı modellerinin perde duvar hasar dağılımı verilmiştir.

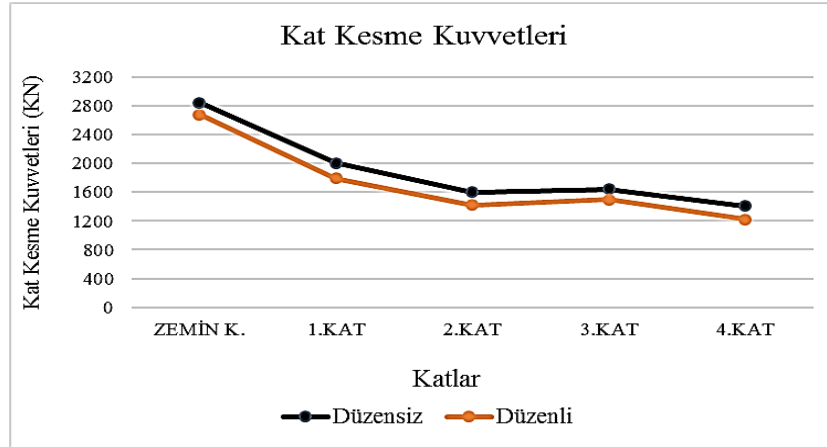
Tablo 4.12. Düzenli yapı perde hasar dağılımı

Düzenli Yapı	SH	BH	İH	GB
Zemin Kat		100%		
1.Kat		100%		
2.Kat		100%		
3.Kat		100%		
4.Kat		100%		

Tablo 4.13. Düzensiz yapı perde hasar dağılımı

Düzensiz Yapı	SH	BH	İH	GB
Zemin Kat		100%		
1.Kat		100%		
2.Kat		100%		
3.Kat		100%		
4.Kat		100%		

Kat bazında düşey elemanlarda görülen hasar seviyesine bağlı olarak, düşey elemanların toplam kat kesme kuvvetine katkısının oranı Tablo 4.14. ve Tablo 4.15.'te verilmiştir. Düzensiz plana sahip yapıda Şekil 4.62.'de görüldüğü gibi toplam kat kesme kuvvetlerinde artış olmuştur. Bunun sebebi burulma momentlerinin düşey taşıyıcı elemanlarda ek kesme kuvveti oluşturmasıdır. Düşey taşıyıcı elemanlar rijitlik merkezine olan uzaklıklarına bağlı olarak, burulma momentinin oluşturduğu ek kesme kuvvetleri alırlar.



Şekil 4.62. Yapıların katlara göre kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (KN)

Tablo 4.14. Düzenli yapı düşey eleman kesme kuvveti oranı

Düzenli Yapı Düşey Elemanları				
Düşey Elemanların Hasar Durumuna Bağlı Olarak Toplam Kesme Kuvvetine Katkılarının Oranı				
	$\Sigma V_{sh}/\Sigma V$ (%)	$\Sigma V_{bh}/\Sigma V$ (%)	$\Sigma V_{ih}/\Sigma V$ (%)	$\Sigma V_{gb}/\Sigma V$ (%)
ZEMİN K.		100%		
1.KAT		100%		
2.KAT		100%		
3.KAT		100%		
4.KAT	15,50%	84,5%		

Tablo 4.15. Düzensiz yapı düşey eleman kesme Kuvveti oranı

Düzensiz Yapı Düşey Elemanları				
Düşey Elemanların Hasar Durumuna Bağlı Olarak Toplam Kesme Kuvvetine Katkılarının Oranı				
	$\Sigma V_{sh}/\Sigma V$ (%)	$\Sigma V_{bh}/\Sigma V$ (%)	$\Sigma V_{ih}/\Sigma V$ (%)	$\Sigma V_{gb}/\Sigma V$ (%)
ZEMİN K.		100%		
1.KAT		100%		
2.KAT		100%		
3.KAT		100%		
4.KAT		100%		

Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda Düzenli Yapı'nın "Kontrollü Hasar" performans düzeyini sağlarken, Düzensiz Yapı'nın ise "Göçmenin Önlenmesi" performans düzeyinde olduğu görülmektedir. Bu yapı modeli hedeflenen performans düzeyi olan "Kontrollü Hasar" performans düzeyini sağlamamaktadır.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Ülkemiz aktif bir deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Ülkemizin depremsellik açısından tehlikeli konumunun yanında yapıların tasarım ve uygulama safhalarında yapılan hatalarda depremin olumsuz sonuçlarını arttırmaktadır. Ülkemizde bu durumun en çarpıcı örnekleri; son zamanlarda dışarıdan bir yüke maruz kalmaksızın kendiliğinden göçen eski banalar olmuştur. Deprem sonrası veya deprem etkisi olmaksızın göçen binalarda hasar sebepleri araştırıldığında; binaların yönetmeliklere uygun olmadan projelendirilmesi ve uygulama hataları içermesi çoğu zaman karşılaşılan bir durum haline gelmiştir. Yaşanılan örnekler sebebiyle mevcut binaların performans analizinin yapılması ve güçlendirilmeleri oldukça fazla önem arz etmektedir.

Çalışma kapsamında 2019 yılında yürürlüğe giren güncel deprem yönetmeliği TBDY esasları uygulanmıştır. TBDY yeni bir hesap yaklaşımı içermektedir. Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı olarak adlandırılan bu yaklaşım sayesinde yapılarda iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları belirlenebilmektedir. Doğrusal olmayan analizler ile taşıyıcı sistem elemanların doğrusal olmayan davranışları incelenebilmektedir. Öngörülen performans hedefi ile uyumlu olarak seçilen deprem yer hareketi altında deprem hesabı yapılarak sünek davranışa ilişkin şekildeğiştirme talepleri elde edilebilmektedir. Elde edilen şekil değiştirme ve iç kuvvet talepleri ile yönetmeliği sınır değerleri karşılaştırılarak yapıların deprem performansı belirlenebilmektedir.

Teze konu olan mevcut binalardan yola çıkılarak modellenen betonarme perdeli-çerçevesel binalar 2019 TBDY'nin belirlediği ilkeler ile doğrultusunda doğrusal olmayan analizi yapılarak deprem performansı belirlenmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi uygulanmıştır. Yapıya 5 farklı deprem kaydı ölçeklenerek birbirine dik yatay bileşenleri eş zamanlı etki ettirilmiştir. Bu deprem

takımları yönetmeliğin esaslarına uyularak 90° döndürülerek analiz tekrarlanmıştır. Yapılar SAP2000 programında modellenmiştir. Perde yerleşiminin farklı olması dışında diğer tüm özellikler yapılar için aynıdır. Burulma düzensizliği dikkate alınarak perde yerleşiminin deprem performansına etkileri incelenmiştir. Sap2000 programın taşıyıcı sistem eleman uç bölgelerine tanımlanan plastik mafsallarda analiz sonucu meydana gelen dönme talepleri elde edilmiştir. Bu dönme talepleri nervürsüz donatı kullanıldığında yönetmelik gereğince 1.5 ile çarpılarak arttırılmıştır. Yönetmelik sınır değerleri hesaplanarak, elde edilen plastik dönme taleplerinin mutlak değerce büyük olan seçilere analizlerin ortalama değeri ile karşılaştırılmıştır. Kesit hasar seviyesi ile eleman hasar seviyesi yorumlanarak mevcut yapı deprem performans düzeyi belirlenmiştir.

Yapıların hasar durumları için hedeflenen performans seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde “Kontrollü Hasar” performans seviyesidir. Düzenli Yapı özelliğinde olan betonarme perdeli-çerçevesel yapı hedef performans seviyesini sağlamıştır. Ancak Düzenli Yapı'nın aksine perdelerin farklı yerleşiminin yapı simetrisini ve rijitlik dağılımını bozduğu Düzensiz Yapı'da burulma düzensizliği oluşumundan kaynaklı deprem performansı azalmıştır. Düzensiz Yapı hedef performans seviyesini sağlayamamış olup “Göçmenin Önlenmesi” performans düzeyindedir.

Betonarme perdelerin yapı planında düzensiz yerleştirilmesi yapılarda düzensiz rijitlik dağılımı oluşturmaktadır. Kütle merkezi ve rijitlik merkezi arasındaki mesafenin artışı dışmerkezlik oluşturur. Deprem etkisi altında yapıda ötelenmelerle birlikte rijitlik merkezi etrafında dönme hareketine yol açmaktadır. Oluşacak burulma düzensizliği taşıyıcı elemanlarda hasar miktarını arttırırken yapının deprem performansını düşürmektedir. Çalışma kapsamında her iki yapı aynı sayıda giriş, kolon ve perdeye, aynı malzeme özellikleri ve donatı miktarı ile modellenmiştir. Ancak perdelerin yerleşim farklılıklarından dolayı Düzensiz Yapı olarak adlandırılan yapı modelinde burulma düzensizliği katsayısı 1,2 sınırını aşmıştır. Yapılan her analiz sonucunda görelî kat ötelemeleri incelenmiş, burulma düzensizliği katsayısı hesaplanmıştır. Görülmüştür çalışma kapsamında etki ettirilen farklı büyüklüklerde depremlerin etkisi

altında herhangi bir katında veya daha fazlasında burulma düzensizliği katsayısı 1,2'yi aşmıştır. Bu durum yapıda burulmaya yol açmıştır. Düzenli Yapı'da ise perdeler simetrik yerleştirilmiş olup ve yapının her kenarında bulunmaktadır. Burulma düzensizliği söz konusu değildir. Deprem kayıtlarının yatay bileşenleri x ve y doğrultusundan eş zamanlı etki ettirilmiştir. Deprem bileşenlerinin doğrultuları değiştirilerek analiz tekrarlanmıştır. Düzenli Yapı modelinde simetrik bir plan ile kütle ve rijitlik dağılımının düzenli olmasından kaynaklı olarak aynı deprem kaydının 1 No'lu analiz sonucunun x doğrultusu ile 2 No'lu analiz sonucunun y doğrultusu burulma düzensizliği katsayıları eşit çıktığı sonucuna varılmıştır.

Deprem kuvvetleri yapıların kütle merkezine etki etmektedir. Kütle merkezi ve rijitlik merkezi çakışmamasından dolayı dışmerkezlik oluştuğundan deprem etkisiyle yapı rijitlik merkezi etrafında dönme hareketine maruz kalır. Oluşan burulma momenti kolon ve perdelerde ek kesme kuvvetine sebep olur. Düzensiz Yapı'da oluşan kat kesme kuvvetlerinin Düzenli Yapı'ya göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Ayrıca Düzensiz Yapı modelinde tepe noktası yerdeğiştirme miktarlarının arttığı, ve yapı modelinde plastik mafsall oluşum saniyesinin Düzenli Yapı modeline göre düzensizlikten kaynaklı olarak daha erken meydana geldiği görülmüştür.

Perde duvarların düzensiz yerleştirilmesi yapılarda deprem performansını azalttığı, burulma düzensizliği oluşturduğu ve bu durumda deplasmanları arttırdığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- AUTOCAD V2019, 1982. Computer Aided Design, AutoDesk, California, USA.
- Bağcı, M., Atımtay, E. Depreme Maruz Karma Sistemlerin Bilgisayar Modeli.
- Döndüren, M. S. 2003. Planda değişik geometriye sahip çok katlı betonarme yapıların zaman tanım aralığında dinamik analizi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Düzgün, M., Bozdağ, Ö. 2013 Betonarme Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi Semineri, İMO Manisa Şubesi.
- Fahjan, Y. M., Başak, K., Kubin, J., Tan, M. T. Perdeli Betonarme Yapılar için Doğrusal Olmayan Analiz Metotları, Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran 2011, İstanbul.
- Gürer, C. 2012. Deprem Nedeniyle Betonarme Yapılarda Oluşan Hasarlar. Afyon Kocatepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ders Notları, Afyon.
- Kaya, Y. 2018. Etkin Kesit Rijitliği Nedir, Hangi Durumlarda Kullanacağız, insaport.com.
- Kurt, C. 2010. Çerçevesiz ve perdeli çerçevesiz binalarda A1 türü düzensizliklerin araştırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özkul, B. Yapı Elamanlarının Davranışı, Kolon Türleri ve Eksenel Yük Etkisi Altında Kolon Davranışı. Balıkesir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ders Notları, Balıkesir.
- Öztürk, A. 2017. Zaman tanım alanı hesap yöntemi ile 30 katlı betonarme bir yapının deprem performansının belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- PEER, 2010. Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER), Peer Ground Motion, Peer NGA-West2 Database, <https://ngawest2.berkeley.edu/>.
- SAP2000 V21.1.0, 2012. Integrated Software for Structural Analysis and Design Program, Computers and Structures, California, USA.
- SEISMOMATCH v2018. 2010, Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Messina, Italy.
- Şahin, Y. 2019. Mevcut bir betonarme binanın 2019 türkiye bina deprem yönetmeliği'ne göre zaman tanım alanında analizinin yapılarak belirlenmesi ve çelik güçlendirme önerileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2019. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İçişleri Bakanlığı, Ankara.
- Uçar, T., Merter, O. 2009. Planda Perde Yerleşiminin Betonarme Perde-Çerçevesi Binaların Deprem Davranışına Etkisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11 (2), 11-18.

EKLER

EK A: Analizler Sonucu Ortalama Değerlere Göre Yapı Elemanları Hasar Durumları

Tablo A. 1. Düzenli Yapı, Katlara Göre Kiriş Elemanlarının Hasar Durumları

KİRİŞ ELEMANI ANALİZ SONUÇLARI						
ZEMİN KAT KİRİŞLERİ						
Elem.an No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
1	25x50	1H1	0,0199615	0,02994225	BH	BH
	25X50	1H2	0,0205866	0,0308799	BH	
2	25x50	2H1	0,0277596	0,0416394	İH	İH
	25x50	2H2	0,0279584	0,0419376	İH	
3	25x50	3H1	0,0280448	0,0420672	İH	İH
	25x50	3H2	0,0277648	0,0416472	İH	
4	25x50	4H1	0,0205702	0,0308553	BH	BH
	25x50	4H2	0,0200164	0,0300246	BH	
5	25x50	5H1	0,0202348	0,0303522	BH	BH
	25x50	5H2	0,0207312	0,0310968	BH	
6	25x50	6H1	0,0202854	0,0304281	BH	BH
	25x50	6H2	0,0202988	0,0304482	BH	
7	25x50	7H1	0,0202932	0,0304398	BH	BH
	25x50	7H2	0,0202659	0,03039885	BH	
8	25x50	8H1	0,0207715	0,03115725	BH	BH
	25x50	8H2	0,0202678	0,0304017	BH	
9	25x50	9H1	0,0202128	0,0303192	BH	BH
	25x50	9H2	0,0207374	0,0311061	BH	
10	25x50	10H1	0,0202877	0,03043155	BH	BH
	25x50	10H2	0,0203252	0,0304878	BH	
11	25x50	11H1	0,0202838	0,0304257	BH	BH
	25x50	11H2	0,0203286	0,0304929	BH	
12	25x50	12H1	0,0209469	0,03142035	BH	BH
	25x50	12H2	0,020299	0,0304485	BH	
13	25x50	13H1	0,0203085	0,03046275	BH	BH
	25x50	13H2	0,020889	0,0313335	BH	
14	25x50	14H1	0,0203515	0,03052725	BH	BH
	25x50	14H2	0,0204928	0,0307392	BH	
15	25x50	15H1	0,0203732	0,0305598	BH	BH
	25x50	15H2	0,0204918	0,0307377	BH	
16	25x50	16H1	0,0207183	0,03107745	BH	BH
	25x50	16H2	0,0204328	0,0306492	BH	
17	25x50	17H1	0,0203208	0,0304812	BH	BH
	25x50	17H2	0,0209931	0,03148965	BH	

Tablo A.1. (Devamı)

18	25x50	18H1	0,0282076	0,0423114	İH	İH
	25x50	18H2	0,0286016	0,0429024	İH	
19	25x50	19H1	0,0282293	0,04234395	İH	İH
	25x50	19H2	0,0284912	0,0427368	İH	
20	25x50	20H1	0,0207155	0,03107325	BH	BH
	25x50	20H2	0,020447	0,0306705	BH	
21	25x50	21H1	0,0207351	0,03110265	BH	BH
	25x50	21H2	0,0214792	0,0322188	BH	
22	25x50	22H1	0,0288086	0,0432129	İH	İH
	25x50	22H2	0,0291626	0,0437439	İH	
23	25x50	23H1	0,028966	0,043449	İH	İH
	25x50	23H2	0,028952	0,043428	İH	
24	25x50	24H1	0,0211016	0,0316524	BH	BH
	25x50	24H2	0,0208671	0,03130065	BH	
25	25x50	25H1	0,0206891	0,03103365	BH	BH
	25x50	25H2	0,0213645	0,03204675	BH	
26	25x50	26H1	0,0206862	0,0310293	BH	BH
	25x50	26H2	0,0208933	0,03133995	BH	
27	25x50	27H1	0,0207201	0,03108015	BH	BH
	25x50	27H2	0,0208775	0,03131625	BH	
28	25x50	28H1	0,0211517	0,03172755	BH	BH
	25x50	28H2	0,0208495	0,03127425	BH	
29	25x50	29H1	0,0205949	0,03089235	BH	BH
	25x50	29H2	0,021224	0,031836	BH	
30	25x50	30H1	0,0206052	0,0309078	BH	BH
	25x50	30H2	0,0206004	0,0309006	BH	
31	25x50	31H1	0,0206494	0,0309741	BH	BH
	25x50	31H2	0,0205869	0,03088035	BH	
32	25x50	32H1	0,0213145	0,03197175	BH	BH
	25x50	32H2	0,0205885	0,03088275	BH	
33	25x50	33H1	0,0205241	0,03078615	BH	BH
	25x50	33H2	0,0210178	0,0315267	BH	
34	25x50	34H1	0,0205387	0,03080805	BH	BH
	25x50	34H2	0,02047	0,030705	BH	
35	25x50	35H1	0,0205551	0,03083265	BH	BH
	25x50	35H2	0,0204416	0,0306624	BH	
36	25x50	36H1	0,0210399	0,03155985	BH	BH
	25x50	36H2	0,0204803	0,03072045	BH	
37	25x50	37H1	0,0202292	0,0303438	BH	BH
	25x50	37H2	0,0208228	0,0312342	BH	
38	25x50	38H1	0,0280973	0,04214595	İH	İH
	25x50	38H2	0,0282842	0,0424263	İH	
39	25x50	39H1	0,0284667	0,04270005	İH	İH
	25x50	39H2	0,0281042	0,0421563	İH	
40	25x50	40H1	0,0209065	0,03135975	BH	BH
	25x50	40H2	0,0203811	0,03057165	BH	

Tablo A.1. (Devamı)

1. KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
80	25x50	80H1	0,0215709	0,03235635	BH	
	25x50	80H2	0,0219039	0,03285585	BH	BH
81	25x50	81H1	0,0306628	0,0459942	İH	
	25x50	81H2	0,0299692	0,0449538	İH	İH
82	25x50	82H1	0,0301816	0,0452724	İH	
	25x50	82H2	0,0304225	0,04563375	İH	İH
83	25x50	83H1	0,021964	0,032946	BH	
	25x50	83H2	0,0214577	0,03218655	BH	BH
84	25x50	84H1	0,0217432	0,0326148	BH	
	25x50	84H2	0,0221459	0,03321885	BH	BH
85	25x50	85H1	0,0218321	0,03274815	BH	
	25x50	85H2	0,0218377	0,03275655	BH	BH
86	25x50	86H1	0,0218303	0,03274545	BH	
	25x50	86H2	0,0218395	0,03275925	BH	BH
87	25x50	87H1	0,0221289	0,03319335	BH	
	25x50	87H2	0,021762	0,032643	BH	BH
88	25x50	88H1	0,0216843	0,03252645	BH	
	25x50	88H2	0,0224873	0,03373095	BH	BH
89	25x50	89H1	0,0217704	0,0326556	BH	
	25x50	89H2	0,0219102	0,0328653	BH	BH
90	25x50	90H1	0,0217818	0,0326727	BH	
	25x50	90H2	0,0218964	0,0328446	BH	BH
91	25x50	91H1	0,0222496	0,0333744	BH	
	25x50	91H2	0,0217969	0,03269535	BH	BH
92	25x50	92H1	0,0216537	0,03248055	BH	
	25x50	92H2	0,0223623	0,03354345	BH	BH
93	25x50	93H1	0,0217398	0,0326097	BH	
	25x50	93H2	0,0220194	0,0330291	BH	BH
94	25x50	94H1	0,0217468	0,0326202	BH	
	25x50	94H2	0,0220136	0,0330204	BH	BH
95	25x50	95H1	0,0220684	0,0331026	BH	
	25x50	95H2	0,0219322	0,0328983	BH	BH
96	25x50	96H1	0,0214445	0,03216675	BH	
	25x50	96H2	0,0222766	0,0334149	BH	BH
97	25x50	97H1	0,0302583	0,04538745	İH	
	25x50	97H2	0,0302028	0,0453042	İH	İH
98	25x50	98H1	0,0299033	0,04485495	İH	
	25x50	98H2	0,0305928	0,0458892	İH	İH

Tablo A.1. (Devamı)

	25x50	99H1	0,0218607	0,03279105	BH	
99	25x50	99H2	0,0218793	0,03281895	BH	BH
	25x50	100H1	0,0218848	0,0328272	BH	
100	25x50	100H2	0,0226761	0,03401415	BH	BH
	25x50	103H1	0,0309539	0,04643085	İH	
103	25x50	103H2	0,0307737	0,04616055	İH	İH
	25x50	104H1	0,0305573	0,04583595	İH	
104	25x50	104H2	0,0311698	0,0467547	İH	İH
	25x50	105H1	0,0222872	0,0334308	BH	
105	25x50	105H2	0,0222681	0,03340215	BH	BH
	25x50	106H1	0,022014	0,033021	BH	
106	25x50	106H2	0,022732	0,034098	BH	BH
	25x50	107H1	0,0220934	0,0331401	BH	
107	25x50	107H2	0,0223694	0,0335541	BH	BH
	25x50	108H1	0,0220965	0,03314475	BH	
108	25x50	108H2	0,0223651	0,03354765	BH	BH
	25x50	109H1	0,0224067	0,03361005	BH	
109	25x50	109H2	0,0222687	0,03340305	BH	BH
	25x50	110H1	0,0220182	0,0330273	BH	
110	25x50	110H2	0,0228483	0,03427245	BH	BH
	25x50	111H1	0,0220726	0,0331089	BH	
111	25x50	111H2	0,0222336	0,0333504	BH	BH
	25x50	112H1	0,0220828	0,0331242	BH	
112	25x50	112H2	0,0222245	0,03333675	BH	BH
	25x50	113H1	0,0225785	0,03386775	BH	
113	25x50	113H2	0,022126	0,033189	BH	BH
	25x50	114H1	0,0221101	0,03316515	BH	
114	25x50	114H2	0,0224243	0,03363645	BH	BH
	25x50	115H1	0,0221812	0,0332718	BH	
115	25x50	115H2	0,0221126	0,0331689	BH	BH
	25x50	116H1	0,0221806	0,0332709	BH	
116	25x50	116H2	0,0221162	0,0331743	BH	BH
	25x50	117H1	0,022485	0,0337275	BH	
117	25x50	117H2	0,0220454	0,0330681	BH	BH
	25x50	118H1	0,0220726	0,0331089	BH	
118	25x50	118H2	0,0222336	0,0333504	BH	BH
	25x50	119H1	0,0313699	0,04705485	İH	
119	25x50	119H2	0,0306519	0,04597785	İH	İH
	25x50	120H1	0,03096	0,04644	İH	
120	25x50	120H2	0,0311532	0,0467298	İH	İH
	25x50	121H1	0,0224774	0,0337161	BH	
121	25x50	121H2	0,0218622	0,0327933	BH	BH

Tablo A.1. (Devamı)

2. KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
53	25x50	53H1	0,021181	0,0317715	BH	
	25x50	53H2	0,0215182	0,0322773	BH	BH
63	25x50	63H1	0,0309674	0,0464511	İH	
	25x50	63H2	0,0296767	0,04451505	İH	İH
68	25x50	68H1	0,029867	0,0448005	İH	
	25x50	68H2	0,0307396	0,0461094	İH	İH
69	25x50	69H1	0,0218892	0,0328338	BH	
	25x50	69H2	0,0209188	0,0313782	BH	BH
74	25x50	74H1	0,0214862	0,0322293	BH	
	25x50	74H2	0,0218599	0,03278985	BH	BH
75	25x50	75H1	0,0217444	0,0326166	BH	
	25x50	75H2	0,0213448	0,0320172	BH	BH
101	25x50	101H1	0,0216097	0,03241455	BH	
	25x50	101H2	0,0214783	0,03221745	BH	BH
102	25x50	102H1	0,0221362	0,0332043	BH	
	25x50	102H2	0,0212342	0,0318513	BH	BH
145	25x50	145H1	0,021554	0,032331	BH	
	25x50	145H2	0,0223366	0,0335049	BH	BH
146	25x50	146H1	0,0217678	0,0326517	BH	
	25x50	146H2	0,0215069	0,03226035	BH	BH
153	25x50	153H1	0,021698	0,032547	BH	
	25x50	153H2	0,0215776	0,0323664	BH	BH
154	25x50	154H1	0,0225137	0,03377055	BH	
	25x50	154H2	0,0213562	0,0320343	BH	BH
159	25x50	159H1	0,0216286	0,0324429	BH	
	25x50	159H2	0,0221641	0,03324615	BH	BH
160	25x50	160H1	0,0218834	0,0328251	BH	
	25x50	160H2	0,0216448	0,0324672	BH	BH
161	25x50	161H1	0,0217616	0,0326424	BH	
	25x50	161H2	0,0217786	0,0326679	BH	BH
162	25x50	162H1	0,0222654	0,0333981	BH	
	25x50	162H2	0,021519	0,0322785	BH	BH
163	25x50	163H1	0,0215247	0,03228705	BH	
	25x50	163H2	0,0221008	0,0331512	BH	BH
164	25x50	164H1	0,0311755	0,04676325	İH	
	25x50	164H2	0,0301849	0,04527735	İH	İH
165	25x50	165H1	0,0301589	0,04523835	İH	
	25x50	165H2	0,0312048	0,0468072	İH	İH

Tablo A.1. (Devamı)

	25x50	166H1	0,0221435	0,03321525	BH	
166	25x50	166H2	0,0214499	0,03217485	BH	BH
	25x50	167H1	0,021876	0,032814	BH	
167	25x50	167H2	0,0224774	0,0337161	BH	BH
	25x50	168H1	0,0318225	0,04773375	İH	
168	25x50	168H2	0,0308561	0,04628415	İH	İH
	25x50	169H1	0,0308186	0,0462279	İH	
169	25x50	169H2	0,0317616	0,0476424	İH	İH
	25x50	170H1	0,0225	0,03375	BH	
170	25x50	170H2	0,0218411	0,03276165	BH	BH
	25x50	171H1	0,0219587	0,03293805	BH	
171	25x50	171H2	0,0225325	0,03379875	BH	BH
	25x50	172H1	0,0221967	0,03329505	BH	
172	25x50	172H2	0,0220016	0,0330024	BH	BH
	25x50	173H1	0,0220744	0,0331116	BH	
173	25x50	173H2	0,0221275	0,03319125	BH	BH
	25x50	174H1	0,0225653	0,03384795	BH	
174	25x50	174H2	0,021855	0,0327825	BH	BH
	25x50	175H1	0,021847	0,0327705	BH	
175	25x50	175H2	0,0226634	0,0339951	BH	BH
	25x50	176H1	0,0220592	0,0330888	BH	
176	25x50	176H2	0,0218323	0,03274845	BH	BH
	25x50	177H1	0,0219904	0,0329856	BH	
177	25x50	177H2	0,0218951	0,03284265	BH	BH
	25x50	178H1	0,0228053	0,03420795	BH	
178	25x50	178H2	0,0216778	0,0325167	BH	BH
	25x50	179H1	0,0217681	0,03265215	BH	
179	25x50	179H2	0,0221253	0,03318795	BH	BH
	25x50	180H1	0,0220362	0,0330543	BH	
180	25x50	180H2	0,0216347	0,03245205	BH	BH
	25x50	181H1	0,0219064	0,0328596	BH	
181	25x50	181H2	0,0217605	0,03264075	BH	BH
	25x50	182H1	0,0224338	0,0336507	BH	
182	25x50	182H2	0,0215335	0,03230025	BH	BH
	25x50	183H1	0,0214457	0,03216855	BH	
183	25x50	183H2	0,0218271	0,03274065	BH	BH
	25x50	184H1	0,028988917	0,043483375	İH	
184	25x50	184H2	0,027694417	0,041541625	İH	İH
	25x50	185H1	0,0278995	0,04184925	İH	
185	25x50	185H2	0,028783417	0,043175125	İH	İH
	25x50	186H1	0,022159	0,0332385	BH	
186	25x50	186H2	0,0212026	0,0318039	BH	BH

Tablo A.1. (Devamı)

3. KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
220	25x50	220H1	0,0213082	0,0319623	BH	
	25x50	220H2	0,0211103	0,03166545	BH	BH
221	25x50	221H1	0,0298712	0,0448068	İH	
	25x50	221H2	0,0296732	0,0445098	İH	İH
222	25x50	222H1	0,0297311	0,04459665	İH	
	25x50	222H2	0,029862	0,044793	İH	İH
223	25x50	223H1	0,0214085	0,03211275	BH	
	25x50	223H2	0,0211176	0,0316764	BH	BH
224	25x50	224H1	0,0217059	0,03255885	BH	
	25x50	224H2	0,0213068	0,0319602	BH	BH
225	25x50	225H1	0,0215573	0,03233595	BH	
	25x50	225H2	0,0214177	0,03212655	BH	BH
226	25x50	226H1	0,0218706	0,0328059	BH	
	25x50	226H2	0,0211092	0,0316638	BH	BH
227	25x50	227H1	0,0217761	0,03266415	BH	
	25x50	227H2	0,0213263	0,03198945	BH	BH
228	25x50	228H1	0,0217191	0,03257865	BH	
	25x50	228H2	0,0217421	0,03261315	BH	BH
229	25x50	229H1	0,0216933	0,03253995	BH	
	25x50	229H2	0,0215318	0,0322977	BH	BH
230	25x50	230H1	0,0219396	0,0329094	BH	
	25x50	230H2	0,0212947	0,03194205	BH	BH
231	25x50	231H1	0,022145	0,0332175	BH	
	25x50	231H2	0,0214499	0,03217485	BH	BH
232	25x50	232H1	0,0218921	0,03283815	BH	
	25x50	232H2	0,0215879	0,03238185	BH	BH
233	25x50	233H1	0,0217214	0,0325821	BH	
	25x50	233H2	0,0217019	0,03255285	BH	BH
234	25x50	234H1	0,022019	0,0330285	BH	
	25x50	234H2	0,0213856	0,0320784	BH	BH
235	25x50	235H1	0,021915	0,0328725	BH	
	25x50	235H2	0,0215716	0,0323574	BH	BH
236	25x50	236H1	0,0217607	0,03264105	BH	
	25x50	236H2	0,0215533	0,03232995	BH	BH
237	25x50	237H1	0,0304667	0,04570005	İH	
	25x50	237H2	0,0302818	0,0454227	İH	İH
238	25x50	238H1	0,0302008	0,0453012	İH	
	25x50	238H2	0,0303405	0,04551075	İH	İH
239	25x50	239H1	0,0217314	0,0325971	BH	
	25x50	239H2	0,0215664	0,0323496	BH	BH

Tablo A.1. (Devamı)

	25x50	240H1	0,0220698	0,0331047	BH	
240	25x50	240H2	0,0219255	0,03288825	BH	BH
	25x50	241H1	0,0309664	0,0464496	İH	
241	25x50	241H2	0,0308697	0,04630455	İH	İH
	25x50	242H1	0,025459727	0,038189591	BH	
242	25x50	242H2	0,026732333	0,0400985	BH	BH
	25x50	243H1	0,0220104	0,0330156	BH	
243	25x50	243H2	0,0219436	0,0329154	BH	BH
	25x50	244H1	0,0221342	0,0332013	BH	
244	25x50	244H2	0,0219276	0,0328914	BH	BH
	25x50	245H1	0,0219663	0,03294945	BH	
245	25x50	245H2	0,02203	0,033045	BH	BH
	25x50	246H1	0,0222618	0,0333927	BH	
246	25x50	246H2	0,0217239	0,03258585	BH	BH
	25x50	247H1	0,0221673	0,03325095	BH	
247	25x50	247H2	0,0219134	0,0328701	BH	BH
	25x50	248H1	0,0219704	0,0329556	BH	
248	25x50	248H2	0,0220525	0,03307875	BH	BH
	25x50	249H1	0,0219478	0,0329217	BH	
249	25x50	249H2	0,0218431	0,03276465	BH	BH
	25x50	250H1	0,0222008	0,0333012	BH	
250	25x50	250H2	0,0216176	0,0324264	BH	BH
	25x50	251H1	0,0224058	0,0336087	BH	
251	25x50	251H2	0,0217733	0,03265995	BH	BH
	25x50	252H1	0,0219373	0,03290595	BH	
252	25x50	252H2	0,0215938	0,0323907	BH	BH
	25x50	253H1	0,0218008	0,0327012	BH	
253	25x50	253H2	0,0216876	0,0325314	BH	BH
	25x50	254H1	0,0221078	0,0331617	BH	
254	25x50	254H2	0,0214006	0,0321009	BH	BH
	25x50	255H1	0,0220403	0,03306045	BH	
255	25x50	255H2	0,0216138	0,0324207	BH	BH
	25x50	256H1	0,0215442	0,0323163	BH	
256	25x50	256H2	0,0213632	0,0320448	BH	BH
	25x50	257H1	0,028974125	0,043461188	İH	
257	25x50	257H2	0,028768375	0,043152563	İH	İH
	25x50	258H1	0,0261015	0,03915225	BH	
258	25x50	258H2	0,0262823	0,03942345	BH	BH
	25x50	259H1	0,0216607	0,03249105	BH	
259	25x50	259H2	0,0213661	0,03204915	BH	BH

Tablo A.1. (Devamı)

4. KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
293	25x50	293H1	0,0076844	0,0115266	BH	
	25x50	293H2	0,0167507	0,02512605	BH	BH
294	25x50	294H1	0,0279668	0,0419502	İH	
	25x50	294H2	0,0136198	0,0204297	BH	İH
295	25x50	295H1	0,0138888	0,0208332	BH	
	25x50	295H2	0,0279529	0,04192935	İH	İH
296	25x50	296H1	0,0163825	0,02457375	BH	
	25x50	296H2	0,0074996	0,0112494	BH	BH
297	25x50	297H1	0,0089612	0,0134418	BH	
	25x50	297H2	0,0169915	0,02548725	BH	BH
298	25x50	298H1	0,0128728	0,0193092	BH	
	25x50	298H2	0,0101035	0,01515525	BH	BH
299	25x50	299H1	0,0097352	0,0146028	BH	
	25x50	299H2	0,0123739	0,01856085	BH	BH
300	25x50	300H1	0,0170433	0,02556495	BH	
	25x50	300H2	0,007904	0,011856	BH	BH
301	25x50	301H1	0,0086592	0,0129888	BH	
	25x50	301H2	0,0190283	0,02854245	BH	BH
302	25x50	302H1	0,011062	0,016593	BH	
	25x50	302H2	0,0095619	0,01434285	BH	BH
303	25x50	303H1	0,0082231	0,01233465	BH	
	25x50	303H2	0,0109488	0,0164232	BH	BH
304	25x50	304H1	0,0194512	0,0291768	BH	
	25x50	304H2	0,0082909	0,01243635	BH	BH
305	25x50	305H1	0,0076216	0,0114324	BH	
	25x50	305H2	0,0167531	0,02512965	BH	BH
306	25x50	306H1	0,0131837	0,01977555	BH	
	25x50	306H2	0,0097172	0,0145758	BH	BH
307	25x50	307H1	0,0088055	0,01320825	BH	
	25x50	307H2	0,0130168	0,0195252	BH	BH
308	25x50	308H1	0,0178561	0,02678415	BH	
	25x50	308H2	0,0082229	0,01233435	BH	BH
309	25x50	309H1	0,0069517	0,01042755	BH	
	25x50	309H2	0,0168587	0,02528805	BH	BH
310	25x50	310H1	0,0284077	0,04261155	İH	
	25x50	310H2	0,012499	0,0187485	BH	İH
311	25x50	311H1	0,0129193	0,01937895	BH	
	25x50	311H2	0,0283978	0,0425967	İH	İH
312	25x50	312H1	0,0178323	0,02674845	BH	
	25x50	312H2	0,006429	0,0096435	BH	BH

Tablo A.1. (Devamı)

	25x50	313H1	0,0061725	0,00925875	BH	
313	25x50	313H2	0,0171532	0,0257298	BH	BH
	25x50	314H1	0,026559583	0,039839375	BH	
314	25x50	314H2	0,0121172	0,0181758	BH	BH
	25x50	315H1	0,0122981	0,01844715	BH	
315	25x50	315H2	0,02632975	0,039494625	BH	BH
	25x50	316H1	0,0181423	0,02721345	BH	
316	25x50	316H2	0,0048316	0,0072474	BH	BH
	25x50	317H1	0,0085769	0,01286535	BH	
317	25x50	317H2	0,0171336	0,0257004	BH	BH
	25x50	318H1	0,0133587	0,02003805	BH	
318	25x50	318H2	0,0103519	0,01552785	BH	BH
	25x50	319H1	0,0090596	0,0135894	BH	
319	25x50	319H2	0,0131733	0,01975995	BH	BH
	25x50	320H1	0,0178478	0,0267717	BH	
320	25x50	320H2	0,0089062	0,0133593	BH	BH
	25x50	321H1	0,0087203	0,01308045	BH	
321	25x50	321H2	0,0193514	0,0290271	BH	BH
	25x50	322H1	0,0117277	0,01759155	BH	
322	25x50	322H2	0,0098662	0,0147993	BH	BH
	25x50	323H1	0,0084281	0,01264215	BH	
323	25x50	323H2	0,0113982	0,0170973	BH	BH
	25x50	324H1	0,019726	0,029589	BH	
324	25x50	324H2	0,0085004	0,0127506	BH	BH
	25x50	325H1	0,0088552	0,0132828	BH	
325	25x50	325H2	0,0172907	0,02593605	BH	BH
	25x50	326H1	0,0132609	0,01989135	BH	
326	25x50	326H2	0,0101626	0,0152439	BH	BH
	25x50	327H1	0,0095567	0,01433505	BH	
327	25x50	327H2	0,0126739	0,01901085	BH	BH
	25x50	328H1	0,0174521	0,02617815	BH	
328	25x50	328H2	0,0082935	0,01244025	BH	BH
	25x50	329H1	0,0072465	0,01086975	BH	
329	25x50	329H2	0,0171283	0,02569245	BH	BH
	25x50	330H1	0,026079417	0,039119125	BH	
330	25x50	330H2	0,012472917	0,018709375	BH	BH
	25x50	331H1	0,013164167	0,01974625	BH	
331	25x50	331H2	0,0258205	0,03873075	BH	BH
	25x50	332H1	0,0166768	0,0250152	BH	
332	25x50	332H2	0,007442	0,011163	BH	BH

Tablo A. 2. Düzenli Yapı, Katlara Göre Kolon Elemanlarının Hasar Durumları

ZEMİN KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
41	40X40	41H1	0,0002085	0,00031275	BH	
	40X40	41H2	0,0169276	0,0253914	BH	BH
42	40X40	42H1	0,0001557	0,00023355	BH	
	40X40	42H2	0,0169576	0,0254364	BH	BH
43	40X40	43H1	0,0002926	0,0004389	BH	
	40X40	43H2	0,0172084	0,0258126	BH	BH
44	40X40	44H1	0,0002466	0,0003699	BH	
	40X40	44H2	0,01672	0,02508	BH	BH
45	40X40	45H1	0,0001104	0,0001656	BH	
	40X40	45H2	0,0165234	0,0247851	BH	BH
46	40X40	46H1	0,0000522	0,0000783	BH	
	40X40	46H2	0,0162228	0,0243342	BH	BH
47	40X40	47H1	0,0000538	0,0000807	BH	
	40X40	47H2	0,0166114	0,0249171	BH	BH
48	40X40	48H1	0,0000595	0,00008925	BH	
	40X40	48H2	0,0163947	0,02459205	BH	BH
49	40X40	49H1	0,0001999	0,00029985	BH	
	40X40	49H2	0,0164477	0,02467155	BH	BH
50	40X40	50H1	0,0000556	0,0000834	BH	
	40X40	50H2	0,0161825	0,02427375	BH	BH
51	40X40	51H1	0,0000646	0,0000969	BH	
	40X40	51H2	0,0160737	0,02411055	BH	BH
52	40X40	52H1	0,0000576	0,0000864	BH	
	40X40	52H2	0,0161574	0,0242361	BH	BH
54	40X40	54H1	0,0000953	0,00014295	BH	
	40X40	54H2	0,0161078	0,0241617	BH	BH
55	40X40	55H1	0,0000623	0,00009345	BH	
	40X40	55H2	0,0159662	0,0239493	BH	BH
56	40X40	56H1	0,0000588	0,0000882	BH	
	40X40	56H2	0,0161326	0,0241989	BH	BH
57	40X40	57H1	0,0000757	0,00011355	BH	
	40X40	57H2	0,0161253	0,02418795	BH	BH
58	40X40	58H1	0,0001169	0,00017535	BH	
	40X40	58H2	0,0162954	0,0244431	BH	BH
59	40X40	59H1	0,0001151	0,00017265	BH	
	40X40	59H2	0,0162061	0,02430915	BH	BH
60	40X40	60H1	0,0002285	0,00034275	BH	
	40X40	60H2	0,0162273	0,02434095	BH	BH
61	40X40	61H1	0,0002207	0,00033105	BH	
	40X40	61H2	0,0163862	0,0245793	BH	BH
62	40X40	62H1	0,0000544	0,0000816	BH	
	40X40	62H2	0,016077	0,0241155	BH	BH

Tablo A.2. (devamı)

1. KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
122	40X40	122H1	0,0000235	0,00003525	BH	BH
	40X40	122H2	0,0027677	0,00415155	BH	
123	40X40	123H1	0,0000245	0,00003675	BH	BH
	40X40	123H2	0,0021544	0,0032316	BH	
124	40X40	124H1	0,0000186	0,0000279	BH	BH
	40X40	124H2	0,0021586	0,0032379	BH	
125	40X40	125H1	0	0	SH	BH
	40X40	125H2	0,0029154	0,0043731	BH	
126	40X40	126H1	0	0	SH	BH
	40X40	126H2	0,0029364	0,0044046	BH	
127	40X40	127H1	2,9441E-06	4,41615E-06	BH	BH
	40X40	127H2	0,0024968	0,0037452	BH	
128	40X40	128H1	7,187E-07	1,07805E-06	BH	BH
	40X40	128H2	0,0023372	0,0035058	BH	
129	40X40	129H1	0	0	SH	BH
	40X40	129H2	0,0028585	0,00428775	BH	
130	40X40	130H1	0,0000558	0,0000837	BH	BH
	40X40	130H2	0,0031707	0,00475605	BH	
131	40X40	131H1	0	0	SH	BH
	40X40	131H2	0,0021415	0,00321225	BH	
132	40X40	132H1	0	0	SH	BH
	40X40	132H2	0,0021586	0,0032379	BH	
133	40X40	133H1	0	0	SH	BH
	40X40	133H2	0,0023571	0,00353565	BH	
134	40X40	134H1	0,0000624	0,0000936	BH	BH
	40X40	134H2	0,0029355	0,00440325	BH	
135	40X40	135H1	0	0	SH	BH
	40X40	135H2	0,0020809	0,00312135	BH	
136	40X40	136H1	0	0	SH	BH
	40X40	136H2	0,0020798	0,0031197	BH	
137	40X40	137H1	0	0	SH	BH
	40X40	137H2	0,0022137	0,00332055	BH	
138	40X40	138H1	0,0000016	0,0000024	BH	BH
	40X40	138H2	0,0029437	0,00441555	BH	
139	40X40	139H1	0	0	SH	BH
	40X40	139H2	0,0021121	0,00316815	BH	
140	40X40	140H1	0	0	SH	BH
	40X40	140H2	0,0020267	0,00304005	BH	
141	40X40	141H1	0	0	SH	BH
	40X40	141H2	0,0021672	0,0032508	BH	
142	40X40	142H1	0,0000837	0,00012555	BH	BH
	40X40	142H2	0,0029225	0,00438375	BH	

Tablo A.2. (Devamı)

2. KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
187	40X40	187H1	3,78227E-05	5,67341E-05	BH	
	40X40	187H2	0,0000098	0,0000147	BH	BH
188	40X40	188H1	0,0001631	0,00024465	BH	
	40X40	188H2	0,0000478	0,0000717	BH	BH
189	40X40	189H1	0,0001207	0,00018105	BH	
	40X40	189H2	0,0000272	0,0000408	BH	BH
190	40X40	190H1	0,0000085	0,00001275	BH	
	40X40	190H2	0,0000189	0,00002835	BH	BH
191	40X40	191H1	0,0000281	0,00004215	BH	
	40X40	191H2	0	0	SH	BH
192	40X40	192H1	0,0001758	0,0002637	BH	
	40X40	192H2	0,0000093	0,00001395	BH	BH
193	40X40	193H1	0,0001523	0,00022845	BH	
	40X40	193H2	0,000018	0,000027	BH	BH
194	40X40	194H1	7,23183E-05	0,000108477	BH	
	40X40	194H2	0,0000235	0,00003525	BH	BH
195	40X40	195H1	0,0003872	0,0005808	BH	
	40X40	195H2	0,0000207	0,00003105	BH	BH
196	40X40	196H1	0,0001142	0,0001713	BH	
	40X40	196H2	0	0	SH	BH
197	40X40	197H1	0,000085	0,0001275	BH	
	40X40	197H2	0	0	SH	BH
198	40X40	198H1	0,0001128	0,0001692	BH	
	40X40	198H2	0	0	SH	BH
199	40X40	199H1	0,0004655	0,00069825	BH	
	40X40	199H2	0,0000532	0,0000798	BH	BH
200	40X40	200H1	0,0000756	0,0001134	BH	
	40X40	200H2	0	0	SH	BH
201	40X40	201H1	0,0000774	0,0001161	BH	
	40X40	201H2	0	0	SH	BH
202	40X40	202H1	0,0000734	0,0001101	BH	
	40X40	202H2	0	0	SH	BH
203	40X40	203H1	0,000347	0,0005205	BH	
	40X40	203H2	0,0000422	0,0000633	BH	BH
204	40X40	204H1	0,0001107	0,00016605	BH	
	40X40	204H2	0	0	SH	BH
205	40X40	205H1	0,0000836	0,0001254	BH	
	40X40	205H2	0	0	SH	BH
206	40X40	206H1	0,0001098	0,0001647	BH	
	40X40	206H2	0	0	SH	BH
207	40X40	207H1	0,0004084	0,0006126	BH	
	40X40	207H2	0,0000575	0,00008625	BH	BH

Tablo A.2. (Devamı)

3. KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
260	40X40	260H1	0,0039858	0,0059787	BH	BH
	40X40	260H2	0	0	SH	
261	40X40	261H1	0,0043586	0,0065379	BH	BH
	40X40	261H2	0,00002	0,00003	BH	
262	40X40	262H1	0,0057677	0,00865155	BH	BH
	40X40	262H2	2,00346E-05	3,00519E-05	BH	
263	40X40	263H1	0,003385	0,0050775	BH	BH
	40X40	263H2	0	0	SH	
264	40X40	264H1	0,0034791	0,00521865	BH	BH
	40X40	264H2	0	0	SH	
265	40X40	265H1	0,0049996	0,0074994	BH	BH
	40X40	265H2	2,20413E-05	3,3062E-05	BH	
266	40X40	266H1	0,0044685	0,00670275	BH	BH
	40X40	266H2	3,50075E-05	5,25113E-05	BH	
267	40X40	267H1	0,0030091	0,00451365	BH	BH
	40X40	267H2	0	0	SH	
268	40X40	268H1	0,0212158	0,0318237	BH	BH
	40X40	268H2	0,0001652	0,0002478	BH	
269	40X40	269H1	0,0196299	0,02944485	BH	BH
	40X40	269H2	1,31486E-05	1,97229E-05	BH	
270	40X40	270H1	0,0192603	0,02889045	BH	BH
	40X40	270H2	0,0000223	0,00003345	BH	
271	40X40	271H1	0,0193476	0,0290214	BH	BH
	40X40	271H2	0,0000205	0,00003075	BH	
272	40X40	272H1	0,0218911	0,03283665	BH	BH
	40X40	272H2	0,0001533	0,00022995	BH	
273	40X40	273H1	0,0119868	0,0179802	BH	BH
	40X40	273H2	0,0000263	0,00003945	BH	
274	40X40	274H1	0,0133206	0,0199809	BH	BH
	40X40	274H2	0,0000294	0,0000441	BH	
275	40X40	275H1	0,0112296	0,0168444	BH	BH
	40X40	275H2	1,89986E-05	2,84979E-05	BH	
276	40X40	276H1	0,0242226	0,0363339	BH	BH
	40X40	276H2	0,0003001	0,00045015	BH	
277	40X40	277H1	0,0196237	0,02943555	BH	BH
	40X40	277H2	0,0000237	0,00003555	BH	
278	40X40	278H1	0,018497	0,0277455	BH	BH
	40X40	278H2	0,0000171	0,00002565	BH	
279	40X40	279H1	0,0190672	0,0286008	BH	BH
	40X40	279H2	0,0000241	0,00003615	BH	
280	40X40	280H1	0,02172	0,03258	BH	BH
	40X40	280H2	0,0003008	0,0004512	BH	

Tablo A.2. (Devamı)

4. KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
333	40X40	333H1	0	0	SH	
	40X40	333H2	0	0	SH	SH
334	40X40	334H1	0,0000985	0,00014775	BH	
	40X40	334H2	0,0000204	0,0000306	BH	BH
335	40X40	335H1	6,11564E-05	9,17346E-05	BH	
	40X40	335H2	0,0000023	0,00000345	BH	BH
336	40X40	336H1	0	0	SH	
	40X40	336H2	0	0	SH	SH
337	40X40	337H1	0	0	SH	
	40X40	337H2	0	0	SH	SH
338	40X40	338H1	6,36179E-05	9,54269E-05	BH	
	40X40	338H2	0,0000175	0,00002625	BH	BH
339	40X40	339H1	7,10413E-05	0,000106562	BH	
	40X40	339H2	0,0000173	0,00002595	BH	BH
340	40X40	340H1	0	0	SH	
	40X40	340H2	0	0	SH	SH
341	40X40	341H1	0,0004255	0,00063825	BH	
	40X40	341H2	0,0000533	0,00007995	BH	BH
342	40X40	342H1	0,0000924	0,0001386	BH	
	40X40	342H2	0	0	SH	BH
343	40X40	343H1	0,0000096	0,0000144	BH	
	40X40	343H2	0	0	SH	BH
344	40X40	344H1	0,0000673	0,00010095	BH	
	40X40	344H2	0	0	SH	BH
345	40X40	345H1	0,0004598	0,0006897	BH	
	40X40	345H2	0,0000937	0,00014055	BH	BH
346	40X40	346H1	0,0000125	0,00001875	BH	
	40X40	346H2	0	0	SH	BH
347	40X40	347H1	0	0	SH	
	40X40	347H2	0	0	SH	SH
348	40X40	348H1	0,0000081	0,00001215	BH	
	40X40	348H2	0	0	SH	BH
349	40X40	349H1	0,0003795	0,00056925	BH	
	40X40	349H2	0,0000947	0,00014205	BH	BH
350	40X40	350H1	0,0000753	0,00011295	BH	
	40X40	350H2	0	0	SH	BH
351	40X40	351H1	0,0000089	0,00001335	BH	
	40X40	351H2	0	0	SH	BH
352	40X40	352H1	0,0000582	0,0000873	BH	
	40X40	352H2	0	0	SH	BH
353	40X40	353H1	0,000397	0,0005955	BH	
	40X40	353H2	0,0000244	0,0000366	BH	BH

Tablo A. 3. Düzenli Yapı, Katlara Göre Perde Elemanlarının Hasar Durumları

ZEMİN KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
64	210x30	64H1	0,0182933	0,02743995	BH	BH	BH
65	210x30	65H1	0,0184293	0,02764395	BH	BH	BH
66	30x210	66H1	0,0181907	0,02728605	BH	BH	BH
67	30x210	67H1	0,0180632	0,0270948	BH	BH	BH
1. KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
143	210x30	143H1	0,0046032	0,0069048	BH	BH	BH
144	30x210	144H1	0,0052106	0,0078159	BH	BH	BH
151	210x30	151H1	0,0053985	0,00809775	BH	BH	BH
152	210x30	152H1	0,0049844	0,0074766	BH	BH	BH
2. KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
208	210x30	208H1	0,0020879	0,00313185	BH	BH	BH
209	30x210	209H1	0,0018588	0,0027882	BH	BH	BH
214	210x30	214H1	0,0018346	0,0027519	BH	BH	BH
215	210x30	215H1	0,0020475	0,00307125	BH	BH	BH
3. KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
281	210x30	281H1	0,0010118	0,0015177	BH	BH	BH
282	30x210	282H1	0,0008841	0,00132615	BH	BH	BH
287	210x30	287H1	0,0009	0,00135	BH	BH	BH
288	210x30	288H1	0,0009924	0,0014886	BH	BH	BH
4. KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
354	210x30	354H1	0,0004567	0,00068505	BH	BH	BH
355	30x210	355H1	0,0004312	0,0006468	BH	BH	BH
360	210x30	360H1	0,000419457	0,000629185	BH	BH	BH
361	210x30	361H1	0,0004525	0,00067875	BH	BH	BH

Tablo A. 4. Düzensiz Yapı, Katlara Göre Kiriş Elemanlarının Hasar Durumları

KİRİŞ ELEMANI ANALİZ SONUÇLARI						
ZEMİN KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
1	25x50	1H1	0,0297967	0,04469505	İH	
	25x50	1H2	0,0302673	0,04540095	İH	İH
2	25x50	2H1	0,0297103	0,04456545	İH	
	25x50	2H2	0,0298949	0,04484235	İH	İH
3	25x50	3H1	0,029615	0,0444225	İH	
	25x50	3H2	0,0297162	0,0445743	İH	İH
4	25x50	4H1	0,0297764	0,0446646	İH	
	25x50	4H2	0,0297636	0,0446454	İH	İH
5	25x50	5H1	0,0263449	0,03951735	BH	
	25x50	5H2	0,0259865	0,03897975	BH	BH
6	25x50	6H1	0,0262792	0,0394188	BH	
	25x50	6H2	0,0255831	0,03837465	BH	BH
7	25x50	7H1	0,0261882	0,0392823	BH	
	25x50	7H2	0,0255231	0,03828465	BH	BH
8	25x50	8H1	0,0265353	0,03980295	BH	
	25x50	8H2	0,0254851	0,03822765	BH	BH
9	25x50	9H1	0,0355281	0,05329215	GB	
	25x50	9H2	0,0348837	0,05232555	İH	GB
10	25x50	10H1	0,0227406	0,0341109	BH	
	25x50	10H2	0,0218094	0,0327141	BH	BH
11	25x50	11H1	0,0226761	0,03401415	BH	
	25x50	11H2	0,0217751	0,03266265	BH	BH
12	25x50	12H1	0,0230536	0,0345804	BH	
	25x50	12H2	0,0217341	0,03260115	BH	BH
13	25x50	13H1	0,0200017	0,03000255	BH	
	25x50	13H2	0,0187605	0,02814075	BH	BH
14	25x50	14H1	0,0196606	0,0294909	BH	
	25x50	14H2	0,0186966	0,0280449	BH	BH
15	25x50	15H1	0,0196573	0,02948595	BH	
	25x50	15H2	0,0184938	0,0277407	BH	BH
16	25x50	16H1	0,0200369	0,03005535	BH	
	25x50	16H2	0,0184774	0,0277161	BH	BH
17	25x50	17H1	0,027506	0,041259	İH	
	25x50	17H2	0,0260341	0,03905115	BH	İH
18	25x50	18H1	0,0171547	0,02573205	BH	
	25x50	18H2	0,0165911	0,02488665	BH	BH

Tablo A.4. (Devamı)

	25x50	19H1	0,0170323	0,02554845	BH	
19	25x50	19H2	0,0159379	0,02390685	BH	BH
	25x50	20H1	0,017419	0,0261285	BH	
20	25x50	20H2	0,0158981	0,02384715	BH	BH
	25x50	21H1	0,0249997	0,03749955	BH	
21	25x50	21H2	0,0255582	0,0383373	BH	BH
	25x50	22H1	0,021722	0,032583	BH	
22	25x50	22H2	0,0223662	0,0335493	BH	BH
	25x50	23H1	0,0192389	0,02885835	BH	
23	25x50	23H2	0,018796	0,028194	BH	BH
	25x50	24H1	0,016936	0,025404	BH	
24	25x50	24H2	0,0157905	0,02368575	BH	BH
	25x50	25H1	0,0255499	0,03832485	BH	
25	25x50	25H2	0,025809	0,0387135	BH	BH
	25x50	26H1	0,0255331	0,03829965	BH	
26	25x50	26H2	0,0251164	0,0376746	BH	BH
	25x50	27H1	0,0189178	0,0283767	BH	
27	25x50	27H2	0,0182387	0,02735805	BH	BH
	25x50	28H1	0,0193143	0,02897145	BH	
28	25x50	28H2	0,0182999	0,02744985	BH	BH
	25x50	29H1	0,0221693	0,03325395	BH	
29	25x50	29H2	0,0223746	0,0335619	BH	BH
	25x50	30H1	0,0221575	0,03323625	BH	
30	25x50	30H2	0,0218628	0,0327942	BH	BH
	25x50	31H1	0,0221462	0,0332193	BH	
31	25x50	31H2	0,0218486	0,0327729	BH	BH
	25x50	32H1	0,0225107	0,03376605	BH	
32	25x50	32H2	0,0218154	0,0327231	BH	BH
	25x50	33H1	0,0267157	0,04007355	İH	
33	25x50	33H2	0,0269428	0,0404142	İH	İH
	25x50	34H1	0,0267381	0,04010715	İH	
34	25x50	34H2	0,026429	0,0396435	BH	İH
	25x50	35H1	0,0266927	0,04003905	İH	
35	25x50	35H2	0,0263418	0,0395127	BH	İH
	25x50	36H1	0,0270599	0,04058985	İH	
36	25x50	36H2	0,0261975	0,03929625	BH	İH
	25x50	37H1	0,0312548	0,0468822	İH	
37	25x50	37H2	0,0315105	0,04726575	İH	İH
	25x50	38H1	0,0312752	0,0469128	İH	
38	25x50	38H2	0,0307879	0,04618185	İH	İH
	25x50	39H1	0,0312739	0,04691085	İH	
39	25x50	39H2	0,0306816	0,0460224	İH	İH
	25x50	40H1	0,0317503	0,04762545	İH	
40	25x50	40H2	0,0306741	0,04601115	İH	İH

Tablo A.4. (Devamı)

1. KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
41	25x50	41H1	0,0316292	0,0474438	İH	İH
	25x50	41H2	0,0312558	0,0468837	İH	
42	25x50	42H1	0,0315551	0,04733265	İH	İH
	25x50	42H2	0,0308897	0,04633455	İH	
43	25x50	43H1	0,0313659	0,04704885	İH	İH
	25x50	43H2	0,0307545	0,04613175	İH	
44	25x50	44H1	0,031703	0,0475545	İH	İH
	25x50	44H2	0,0306475	0,04597125	İH	
45	25x50	45H1	0,0281164	0,0421746	İH	İH
	25x50	45H2	0,0272262	0,0408393	İH	
46	25x50	46H1	0,0281222	0,0421833	İH	İH
	25x50	46H2	0,0269102	0,0403653	İH	
47	25x50	47H1	0,0279582	0,0419373	İH	İH
	25x50	47H2	0,0267659	0,04014885	İH	
48	25x50	48H1	0,0283284	0,0424926	İH	İH
	25x50	48H2	0,026603	0,0399045	BH	
49	25x50	49H1	0,0387987	0,05819805	GB	GB
	25x50	49H2	0,039327	0,0589905	GB	
50	25x50	50H1	0,0249352	0,0374028	BH	BH
	25x50	50H2	0,0236167	0,03542505	BH	
51	25x50	51H1	0,02478	0,03717	BH	BH
	25x50	51H2	0,0235246	0,0352869	BH	
52	25x50	52H1	0,0251378	0,0377067	BH	BH
	25x50	52H2	0,0233532	0,0350298	BH	
53	25x50	53H1	0,0227219	0,03408285	BH	BH
	25x50	53H2	0,0210227	0,03153405	BH	
54	25x50	54H1	0,0222851	0,03342765	BH	BH
	25x50	54H2	0,0208015	0,03120225	BH	
55	25x50	55H1	0,0223806	0,0335709	BH	BH
	25x50	55H2	0,0205205	0,03078075	BH	
56	25x50	56H1	0,0226891	0,03403365	BH	BH
	25x50	56H2	0,0203684	0,0305526	BH	
57	25x50	57H1	0,0332478	0,0498717	İH	İH
	25x50	57H2	0,0314536	0,0471804	İH	
58	25x50	58H1	0,0205204	0,0307806	BH	BH
	25x50	58H2	0,0200806	0,0301209	BH	
59	25x50	59H1	0,0203537	0,03053055	BH	BH
	25x50	59H2	0,0182006	0,0273009	BH	
60	25x50	60H1	0,0207407	0,03111105	BH	BH
	25x50	60H2	0,0181834	0,0272751	BH	

Tablo A.4. (Devamı)

	25x50	61H1	0,027415	0,0411225	İH	
61	25x50	61H2	0,0273473	0,04102095	İH	İH
	25x50	62H1	0,0235044	0,0352566	BH	
62	25x50	62H2	0,0239221	0,03588315	BH	BH
	25x50	63H1	0,0203986	0,0305979	BH	
63	25x50	63H2	0,0205946	0,0308919	BH	BH
	25x50	64H1	0,0176092	0,0264138	BH	
64	25x50	64H2	0,0164218	0,0246327	BH	BH
	25x50	65H1	0,0273076	0,0409614	İH	
65	25x50	65H2	0,0268795	0,04031925	İH	İH
	25x50	66H1	0,0266619	0,03999285	BH	
66	25x50	66H2	0,027146	0,040719	İH	İH
	25x50	67H1	0,0196712	0,0295068	BH	
67	25x50	67H2	0,0188194	0,0282291	BH	BH
	25x50	68H1	0,020091	0,0301365	BH	
68	25x50	68H2	0,018833	0,0282495	BH	BH
	25x50	69H1	0,022688	0,034032	BH	
69	25x50	69H2	0,022578	0,033867	BH	BH
	25x50	70H1	0,0226532	0,0339798	BH	
70	25x50	70H2	0,0222501	0,03337515	BH	BH
	25x50	71H1	0,0225704	0,0338556	BH	
71	25x50	71H2	0,0220997	0,03314955	BH	BH
	25x50	72H1	0,0229045	0,03435675	BH	
72	25x50	72H2	0,0219327	0,03289905	BH	BH
	25x50	73H1	0,0268451	0,04026765	İH	
73	25x50	73H2	0,0269012	0,0403518	İH	İH
	25x50	74H1	0,0267737	0,04016055	İH	
74	25x50	74H2	0,0264615	0,03969225	BH	İH
	25x50	75H1	0,0266337	0,03995055	BH	
75	25x50	75H2	0,0263193	0,03947895	BH	BH
	25x50	76H1	0,026886	0,040329	İH	
76	25x50	76H2	0,0261649	0,03924735	BH	İH
	25x50	77H1	0,0310807	0,04662105	İH	
77	25x50	77H2	0,0310696	0,0466044	İH	İH
	25x50	78H1	0,0310654	0,0465981	İH	
78	25x50	78H2	0,0308127	0,04621905	İH	İH
	25x50	79H1	0,0308642	0,0462963	İH	
79	25x50	79H2	0,0307458	0,0461187	İH	İH
	25x50	80H1	0,0310191	0,04652865	İH	
80	25x50	80H2	0,0305434	0,0458151	İH	İH

Tablo A.4. (Devamı)

2. KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
156	25x50	156H1	0,0257842	0,0386763	BH	
	25x50	156H2	0,0254198	0,0381297	BH	BH
157	25x50	157H1	0,0258147	0,03872205	BH	
	25x50	157H2	0,025081	0,0376215	BH	BH
158	25x50	158H1	0,0256128	0,0384192	BH	
	25x50	158H2	0,0249786	0,0374679	BH	BH
159	25x50	159H1	0,0262514	0,0393771	BH	
	25x50	159H2	0,0247573	0,03713595	BH	BH
160	25x50	160H1	0,0240953	0,03614295	BH	
	25x50	160H2	0,0236595	0,03548925	BH	BH
161	25x50	161H1	0,0241585	0,03623775	BH	
	25x50	161H2	0,0227335	0,03410025	BH	BH
162	25x50	162H1	0,023973	0,0359595	BH	
	25x50	162H2	0,0226236	0,0339354	BH	BH
163	25x50	163H1	0,0245326	0,0367989	BH	
	25x50	163H2	0,0223908	0,0335862	BH	BH
164	25x50	164H1	0,0365275	0,05479125	GB	
	25x50	164H2	0,0387886	0,0581829	GB	GB
165	25x50	165H1	0,0224325	0,03364875	BH	
	25x50	165H2	0,0209847	0,03147705	BH	BH
166	25x50	166H1	0,0222223	0,03333345	BH	
	25x50	166H2	0,0206765	0,03101475	BH	BH
167	25x50	167H1	0,0227458	0,0341187	BH	
	25x50	167H2	0,0204462	0,0306693	BH	BH
168	25x50	168H1	0,0223682	0,0335523	BH	
	25x50	168H2	0,0203209	0,03048135	BH	BH
169	25x50	169H1	0,020897	0,0313455	BH	
	25x50	169H2	0,0199217	0,02988255	BH	BH
170	25x50	170H1	0,020913	0,0313695	BH	
	25x50	170H2	0,0188847	0,02832705	BH	BH
171	25x50	171H1	0,0214202	0,0321303	BH	
	25x50	171H2	0,0186806	0,0280209	BH	BH
172	25x50	172H1	0,0338189	0,05072835	İH	
	25x50	172H2	0,0327545	0,04913175	İH	İH
173	25x50	173H1	0,0203419	0,03051285	BH	
	25x50	173H2	0,0197995	0,02969925	BH	BH
174	25x50	174H1	0,0199946	0,0299919	BH	
	25x50	174H2	0,0178233	0,02673495	BH	BH
175	25x50	175H1	0,0205339	0,03080085	BH	
	25x50	175H2	0,0176075	0,02641125	BH	BH

Tablo A.4. (Devamı)

	25x50	176H1	0,0276116	0,0414174	İH	
176	25x50	176H2	0,0273016	0,0409524	İH	İH
	25x50	177H1	0,0238845	0,03582675	BH	
177	25x50	177H2	0,0245504	0,0368256	BH	BH
	25x50	178H1	0,0195542	0,0293313	BH	
178	25x50	178H2	0,0201973	0,03029595	BH	BH
	25x50	179H1	0,0176412	0,0264618	BH	
179	25x50	179H2	0,0160595	0,02408925	BH	BH
	25x50	180H1	0,0271812	0,0407718	İH	
180	25x50	180H2	0,0258059	0,03870885	BH	İH
	25x50	181H1	0,0255446	0,0383169	BH	
181	25x50	181H2	0,026902	0,040353	İH	İH
	25x50	182H1	0,0184281	0,02764215	BH	
182	25x50	182H2	0,0174955	0,02624325	BH	BH
	25x50	183H1	0,0190165	0,02852475	BH	
183	25x50	183H2	0,0173621	0,02604315	BH	BH
	25x50	184H1	0,0205129	0,03076935	BH	
184	25x50	184H2	0,0199882	0,0299823	BH	BH
	25x50	185H1	0,0205029	0,03075435	BH	
185	25x50	185H2	0,0195467	0,02932005	BH	BH
	25x50	186H1	0,0203472	0,0305208	BH	
186	25x50	186H2	0,0192451	0,02886765	BH	BH
	25x50	187H1	0,0208314	0,0312471	BH	
187	25x50	187H2	0,0189818	0,0284727	BH	BH
	25x50	188H1	0,0227961	0,03419415	BH	
188	25x50	188H2	0,0226164	0,0339246	BH	BH
	25x50	189H1	0,0229223	0,03438345	BH	
189	25x50	189H2	0,0219899	0,03298485	BH	BH
	25x50	190H1	0,0227712	0,0341568	BH	
190	25x50	190H2	0,0218598	0,0327897	BH	BH
	25x50	191H1	0,0232914	0,0349371	BH	
191	25x50	191H2	0,0216067	0,03241005	BH	BH
	25x50	192H1	0,024983	0,0374745	BH	
192	25x50	192H2	0,0252035	0,03780525	BH	BH
	25x50	193H1	0,0249604	0,0374406	BH	
193	25x50	193H2	0,0243966	0,0365949	BH	BH
	25x50	194H1	0,0248224	0,0372336	BH	
194	25x50	194H2	0,0242808	0,0364212	BH	BH
	25x50	195H1	0,0254441	0,03816615	BH	
195	25x50	195H2	0,0240802	0,0361203	BH	BH

Tablo A.4. (Devamı)

3. KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
229	25x50	229H1	0,0213245	0,03198675	BH	
	25x50	229H2	0,0208151	0,03122265	BH	BH
230	25x50	230H1	0,0212159	0,03182385	BH	
	25x50	230H2	0,0206634	0,0309951	BH	BH
231	25x50	231H1	0,0210844	0,0316266	BH	
	25x50	231H2	0,0206584	0,0309876	BH	BH
232	25x50	232H1	0,0211058	0,0316587	BH	
	25x50	232H2	0,0204753	0,03071295	BH	BH
233	25x50	233H1	0,0205658	0,0308487	BH	
	25x50	233H2	0,019909	0,0298635	BH	BH
234	25x50	234H1	0,0207305	0,03109575	BH	
	25x50	234H2	0,0196691	0,02950365	BH	BH
235	25x50	235H1	0,0205994	0,0308991	BH	
	25x50	235H2	0,0197303	0,02959545	BH	BH
236	25x50	236H1	0,0205203	0,03078045	BH	
	25x50	236H2	0,0194838	0,0292257	BH	BH
237	25x50	237H1	0,032781	0,0491715	İH	
	25x50	237H2	0,0337063	0,05055945	İH	İH
238	25x50	238H1	0,0201764	0,0302646	BH	
	25x50	238H2	0,0188822	0,0283233	BH	BH
239	25x50	239H1	0,0200046	0,0300069	BH	
	25x50	239H2	0,0187643	0,02814645	BH	BH
240	25x50	240H1	0,0200461	0,03006915	BH	
	25x50	240H2	0,0185609	0,02784135	BH	BH
241	25x50	241H1	0,0205112	0,0307668	BH	
	25x50	241H2	0,0184803	0,02772045	BH	BH
242	25x50	242H1	0,0198136	0,0297204	BH	
	25x50	242H2	0,0186063	0,02790945	BH	BH
243	25x50	243H1	0,0200119	0,03001785	BH	
	25x50	243H2	0,018277	0,0274155	BH	BH
244	25x50	244H1	0,0200159	0,03002385	BH	
	25x50	244H2	0,0181147	0,02717205	BH	BH
245	25x50	245H1	0,0329088	0,0493632	İH	
	25x50	245H2	0,031337	0,0470055	İH	İH
246	25x50	246H1	0,0199084	0,0298626	BH	
	25x50	246H2	0,0194513	0,02917695	BH	BH
247	25x50	247H1	0,0195781	0,02936715	BH	
	25x50	247H2	0,0179822	0,0269733	BH	BH
248	25x50	248H1	0,0200481	0,03007215	BH	
	25x50	248H2	0,0176722	0,0265083	BH	BH

Tablo A.4. (Devamı)

	25x50	249H1	0,0272226	0,0408339	İH	
249	25x50	249H2	0,0267417	0,04011255	İH	İH
	25x50	250H1	0,0237221	0,03558315	BH	
250	25x50	250H2	0,0240773	0,03611595	BH	BH
	25x50	251H1	0,0192075	0,02881125	BH	
251	25x50	251H2	0,0188397	0,02825955	BH	BH
	25x50	252H1	0,0177829	0,02667435	BH	
252	25x50	252H2	0,0165528	0,0248292	BH	BH
	25x50	253H1	0,025164	0,037746	BH	
253	25x50	253H2	0,0241826	0,0362739	BH	BH
	25x50	254H1	0,0244922	0,0367383	BH	
254	25x50	254H2	0,0248105	0,03721575	BH	BH
	25x50	255H1	0,017952	0,026928	BH	
255	25x50	255H2	0,0167039	0,02505585	BH	BH
	25x50	256H1	0,0181184	0,0271776	BH	
256	25x50	256H2	0,0168422	0,0252633	BH	BH
	25x50	257H1	0,0182245	0,02733675	BH	
257	25x50	257H2	0,0176798	0,0265197	BH	BH
	25x50	258H1	0,0184767	0,02771505	BH	
258	25x50	258H2	0,017445	0,0261675	BH	BH
	25x50	259H1	0,0184598	0,0276897	BH	
259	25x50	259H2	0,0174464	0,0261696	BH	BH
	25x50	260H1	0,0185666	0,0278499	BH	
260	25x50	260H2	0,0174098	0,0261147	BH	BH
	25x50	261H1	0,0192767	0,02891505	BH	
261	25x50	261H2	0,0187483	0,02812245	BH	BH
	25x50	262H1	0,019483	0,0292245	BH	
262	25x50	262H2	0,0185372	0,0278058	BH	BH
	25x50	263H1	0,0194299	0,02914485	BH	
263	25x50	263H2	0,0185608	0,0278412	BH	BH
	25x50	264H1	0,0194343	0,02915145	BH	
264	25x50	264H2	0,0184153	0,02762295	BH	BH
	25x50	265H1	0,0198788	0,0298182	BH	
265	25x50	265H2	0,0200251	0,03003765	BH	BH
	25x50	266H1	0,0199203	0,02988045	BH	
266	25x50	266H2	0,0196367	0,02945505	BH	BH
	25x50	267H1	0,0199428	0,0299142	BH	
267	25x50	267H2	0,019553	0,0293295	BH	BH
	25x50	268H1	0,0200244	0,0300366	BH	
268	25x50	268H2	0,0194348	0,0291522	BH	BH

Tablo A.4. (Devamı)

4. KAT KİRİŞLERİ						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
302	25x50	302H1	0,0066703	0,01000545	BH	
	25x50	302H2	0,0152319	0,02284785	BH	BH
303	25x50	303H1	0,0055872	0,0083808	BH	
	25x50	303H2	0,0062384	0,0093576	BH	BH
304	25x50	304H1	0,0050089	0,00751335	BH	
	25x50	304H2	0,0056526	0,0084789	BH	BH
305	25x50	305H1	0,0170408	0,0255612	BH	
	25x50	305H2	0,0060546	0,0090819	BH	BH
306	25x50	306H1	0,0084524	0,0126786	BH	
	25x50	306H2	0,0147187	0,02207805	BH	BH
307	25x50	307H1	0,0072254	0,0108381	BH	
	25x50	307H2	0,0071047	0,01065705	BH	BH
308	25x50	308H1	0,007608	0,011412	BH	
	25x50	308H2	0,0077451	0,01161765	BH	BH
309	25x50	309H1	0,0156627	0,02349405	BH	
	25x50	309H2	0,0077796	0,0116694	BH	BH
310	25x50	310H1	0,0216092	0,0324138	BH	
	25x50	310H2	0,0291557	0,04373355	İH	İH
311	25x50	311H1	0,0068374	0,0102561	BH	
	25x50	311H2	0,0098236	0,0147354	BH	BH
312	25x50	312H1	0,0082241	0,01233615	BH	
	25x50	312H2	0,0066776	0,0100164	BH	BH
313	25x50	313H1	0,0145838	0,0218757	BH	
	25x50	313H2	0,0076892	0,0115338	BH	BH
314	25x50	314H1	0,0168653	0,02529795	BH	
	25x50	314H2	0,0168763	0,02531445	BH	BH
315	25x50	315H1	0,0056512	0,0084768	BH	
	25x50	315H2	0,0143055	0,02145825	BH	BH
316	25x50	316H1	0,0071878	0,0107817	BH	
	25x50	316H2	0,0059511	0,00892665	BH	BH
317	25x50	317H1	0,0145363	0,02180445	BH	
	25x50	317H2	0,0071321	0,01069815	BH	BH
318	25x50	318H1	0,0268996	0,0403494	İH	
	25x50	318H2	0,0292834	0,0439251	İH	İH
319	25x50	319H1	0,0046342	0,0069513	BH	
	25x50	319H2	0,0143729	0,02155935	BH	BH
320	25x50	320H1	0,0055803	0,00837045	BH	
	25x50	320H2	0,0051002	0,0076503	BH	BH
321	25x50	321H1	0,0144121	0,02161815	BH	
	25x50	321H2	0,0059886	0,0089829	BH	BH

Tablo A.4. (Devamı)

	25x50	322H1	0,0268822	0,0403233	İH	
322	25x50	322H2	0,0254362	0,0381543	BH	İH
	25x50	323H1	0,0216742	0,0325113	BH	
323	25x50	323H2	0,023701	0,0355515	BH	BH
	25x50	324H1	0,005528	0,008292	BH	
324	25x50	324H2	0,0153511	0,02302665	BH	BH
	25x50	325H1	0,0132892	0,0199338	BH	
325	25x50	325H2	0,0055177	0,00827655	BH	BH
	25x50	326H1	0,0234456	0,0351684	BH	
326	25x50	326H2	0,020609	0,0309135	BH	BH
	25x50	327H1	0,0179439	0,02691585	BH	
327	25x50	327H2	0,0230031	0,03450465	BH	BH
	25x50	328H1	0,0055094	0,0082641	BH	
328	25x50	328H2	0,0099964	0,0149946	BH	BH
	25x50	329H1	0,0132015	0,01980225	BH	
329	25x50	329H2	0,006057	0,0090855	BH	BH
	25x50	330H1	0,0090932	0,0136398	BH	
330	25x50	330H2	0,0124638	0,0186957	BH	BH
	25x50	331H1	0,0070684	0,0106026	BH	
331	25x50	331H2	0,0080112	0,0120168	BH	BH
	25x50	332H1	0,006412	0,009618	BH	
332	25x50	332H2	0,0069705	0,01045575	BH	BH
	25x50	333H1	0,0132514	0,0198771	BH	
333	25x50	333H2	0,0068975	0,01034625	BH	BH
	25x50	334H1	0,0060882	0,0091323	BH	
334	25x50	334H2	0,0128436	0,0192654	BH	BH
	25x50	335H1	0,0049817	0,00747255	BH	
335	25x50	335H2	0,0062347	0,00935205	BH	BH
	25x50	336H1	0,0058467	0,00877005	BH	
336	25x50	336H2	0,0058525	0,00877875	BH	BH
	25x50	337H1	0,0141696	0,0212544	BH	
337	25x50	337H2	0,0064226	0,0096339	BH	BH
	25x50	338H1	0,0038528	0,0057792	BH	
338	25x50	338H2	0,0142165	0,02132475	BH	BH
	25x50	339H1	0,0038683	0,00580245	BH	
339	25x50	339H2	0,0047268	0,0070902	BH	BH
	25x50	340H1	0,0037098	0,0055647	BH	
340	25x50	340H2	0,0041896	0,0062844	BH	BH
	25x50	341H1	0,0150816	0,0226224	BH	
341	25x50	341H2	0,0048893	0,00733395	BH	BH

Tablo A. 5. Düzensiz Yapı Katlara Göre Kolon Elemanlarının Hasar Durumları

ZEMİN KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
81	40x40	81H1	0,0007905	0,00118575	BH	
	40x40	81H2	0,0256242	0,0384363	BH	BH
83	40x40	83H1	0,0003433	0,00051495	BH	
	40x40	83H2	0,024953	0,0374295	BH	BH
85	40x40	85H1	0,0002207	0,00033105	BH	
	40x40	85H2	0,025331	0,0379965	BH	BH
87	40x40	87H1	0,0003362	0,0005043	BH	
	40x40	87H2	0,0253502	0,0380253	BH	BH
89	40x40	89H1	0,0010814	0,0016221	BH	
	40x40	89H2	0,0256869	0,03853035	BH	BH
92	40x40	92H1	0,0000094	0,0000141	BH	
	40x40	92H2	0,0209252	0,0313878	BH	BH
94	40x40	94H1	0,0000354	0,0000531	BH	
	40x40	94H2	0,0208382	0,0312573	BH	BH
96	40x40	96H1	0,0000102	0,0000153	BH	
	40x40	96H2	0,0210211	0,03153165	BH	BH
98	40x40	98H1	0,0000343	0,00005145	BH	
	40x40	98H2	0,0212555	0,03188325	BH	BH
100	40x40	100H1	0,0005207	0,00078105	BH	
	40x40	100H2	0,0214877	0,03223155	BH	BH
102	40x40	102H1	0,0041614	0,0062421	BH	
	40x40	102H2	0,0134647	0,02019705	BH	BH
104	40x40	104H1	0	0	SH	
	40x40	104H2	0,0132798	0,0199197	BH	BH
106	40x40	106H1	2,7502E-06	4,1253E-06	BH	
	40x40	106H2	0,0135299	0,02029485	BH	BH
108	40x40	108H1	0,0006072	0,0009108	BH	
	40x40	108H2	0,0136924	0,0205386	BH	BH
110	40x40	110H1	0	0	SH	
	40x40	110H2	0,0149402	0,0224103	BH	BH
112	40x40	112H1	0,0000106	0,0000159	BH	
	40x40	112H2	0,0150097	0,02251455	BH	BH
114	40x40	114H1	0,0002461	0,00036915	BH	
	40x40	114H2	0,0155017	0,02325255	BH	BH
116	40x40	116H1	0,0005837	0,00087555	BH	
	40x40	116H2	0,0176983	0,02654745	BH	BH
118	40x40	118H1	0	0	SH	
	40x40	118H2	0,0176879	0,02653185	BH	BH
120	40x40	120H1	0,0000078	0,0000117	BH	
	40x40	120H2	0,0180803	0,02712045	BH	BH
122	40x40	122H1	0,000268126	0,000402189	BH	
	40x40	122H2	0,0184388	0,0276582	BH	BH

Tablo A.5. (Devamı)

1. KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
82	40x40	82H1	0,0009752	0,0014628	BH	BH
	40x40	82H2	0,0049929	0,00748935	BH	
84	40x40	84H1	0,0010665	0,00159975	BH	BH
	40x40	84H2	0,005075	0,0076125	BH	
86	40x40	86H1	0,001455	0,0021825	BH	BH
	40x40	86H2	0,0052477	0,00787155	BH	
88	40x40	88H1	0,0020515	0,00307725	BH	BH
	40x40	88H2	0,0056355	0,00845325	BH	
90	40x40	90H1	0,0020565	0,00308475	BH	BH
	40x40	90H2	0,0056724	0,0085086	BH	
93	40x40	93H1	0,0001177	0,00017655	BH	BH
	40x40	93H2	0,003986	0,005979	BH	
95	40x40	95H1	0,000309	0,0004635	BH	BH
	40x40	95H2	0,0037662	0,0056493	BH	
97	40x40	97H1	0,000537108	0,000805662	BH	BH
	40x40	97H2	0,0038318	0,0057477	BH	
99	40x40	99H1	0,0008862	0,0013293	BH	BH
	40x40	99H2	0,0040416	0,0060624	BH	
101	40x40	101H1	0,0010424	0,0015636	BH	BH
	40x40	101H2	0,004214	0,006321	BH	
103	40x40	103H1	0,0037847	0,00567705	BH	BH
	40x40	103H2	0,0036995	0,00554925	BH	
105	40x40	105H1	0,0001403	0,00021045	BH	BH
	40x40	105H2	0,0038865	0,00582975	BH	
107	40x40	107H1	0,0001819	0,00027285	BH	BH
	40x40	107H2	0,003941	0,0059115	BH	
109	40x40	109H1	0,000463933	0,000695899	BH	BH
	40x40	109H2	0,0039395	0,00590925	BH	
111	40x40	111H1	0,0000445	0,00006675	BH	BH
	40x40	111H2	0,0030701	0,00460515	BH	
113	40x40	113H1	0,0002266	0,0003399	BH	BH
	40x40	113H2	0,003084	0,004626	BH	
115	40x40	115H1	0,0004594	0,0006891	BH	BH
	40x40	115H2	0,0033334	0,0050001	BH	
117	40x40	117H1	0,0006544	0,0009816	BH	BH
	40x40	117H2	0,0032763	0,00491445	BH	
119	40x40	119H1	0,0002362	0,0003543	BH	BH
	40x40	119H2	0,0031755	0,00476325	BH	
121	40x40	121H1	0,000444652	0,000666978	BH	BH
	40x40	121H2	0,0031727	0,00475905	BH	
123	40x40	123H1	0,000623502	0,000935252	BH	BH
	40x40	123H2	0,0035886	0,0053829	BH	

Tablo A.5. (Devamı)

2. KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
196	40x40	196H1	0,0049492	0,0074238	BH	
	40x40	196H2	0,0005612	0,0008418	BH	BH
197	40x40	197H1	0,0051201	0,00768015	BH	
	40x40	197H2	0,0004777	0,00071655	BH	BH
198	40x40	198H1	0,0054752	0,0082128	BH	
	40x40	198H2	0,0003941	0,00059115	BH	BH
199	40x40	199H1	0,0059586	0,0089379	BH	
	40x40	199H2	0,0004429	0,00066435	BH	BH
200	40x40	200H1	0,0057611	0,00864165	BH	
	40x40	200H2	0,0004695	0,00070425	BH	BH
201	40x40	201H1	0,002176456	0,003264685	BH	
	40x40	201H2	6,08657E-05	9,12986E-05	BH	BH
202	40x40	202H1	0,0028469	0,00427035	BH	
	40x40	202H2	0,0000385	0,00005775	BH	BH
203	40x40	203H1	0,0031659	0,00474885	BH	
	40x40	203H2	0,0000111	0,00001665	BH	BH
204	40x40	204H1	0,003721	0,0055815	BH	
	40x40	204H2	0,0000606	0,0000909	BH	BH
205	40x40	205H1	0,0039122	0,0058683	BH	
	40x40	205H2	0,0002025	0,00030375	BH	BH
206	40x40	206H1	0,0037582	0,0056373	BH	
	40x40	206H2	0,003428	0,005142	BH	BH
207	40x40	207H1	0,0009835	0,00147525	BH	
	40x40	207H2	0,000575	0,0008625	BH	BH
208	40x40	208H1	0,0012372	0,0018558	BH	
	40x40	208H2	0,0006793	0,00101895	BH	BH
209	40x40	209H1	0,0010099	0,00151485	BH	
	40x40	209H2	0,0004785	0,00071775	BH	BH
210	40x40	210H1	0,0012201	0,00183015	BH	
	40x40	210H2	0,0001993	0,00029895	BH	BH
211	40x40	211H1	0,0017229	0,00258435	BH	
	40x40	211H2	0,0002949	0,00044235	BH	BH
212	40x40	212H1	0,001665	0,0024975	BH	
	40x40	212H2	0,0002229	0,00033435	BH	BH
213	40x40	213H1	0,0025779	0,00386685	BH	
	40x40	213H2	0,0004497	0,00067455	BH	BH
214	40x40	214H1	0,0020246	0,0030369	BH	
	40x40	214H2	0,0000717	0,00010755	BH	BH
215	40x40	215H1	0,0025331	0,00379965	BH	
	40x40	215H2	0,0001435	0,00021525	BH	BH
216	40x40	216H1	0,002628967	0,00394345	BH	
	40x40	216H2	0,0001939	0,00029085	BH	BH

Tablo A.5. (Devamı)

3. KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
269	40x40	269H1	0,0039785	0,00596775	BH	BH
	40x40	269H2	0,0002187	0,00032805	BH	
270	40x40	270H1	0,0044231	0,00663465	BH	BH
	40x40	270H2	0,000266	0,000399	BH	
271	40x40	271H1	0,0046453	0,00696795	BH	BH
	40x40	271H2	0,0003616	0,0005424	BH	
272	40x40	272H1	0,0050198	0,0075297	BH	BH
	40x40	272H2	0,0004453	0,00066795	BH	
273	40x40	273H1	0,0050262	0,0075393	BH	BH
	40x40	273H2	0,0003682	0,0005523	BH	
274	40x40	274H1	0,0017621	0,00264315	BH	BH
	40x40	274H2	0,0005312	0,0007968	BH	
275	40x40	275H1	0,0021976	0,0032964	BH	BH
	40x40	275H2	0,0000795	0,00011925	BH	
276	40x40	276H1	0,0025112	0,0037668	BH	BH
	40x40	276H2	0	0	SH	
277	40x40	277H1	0,0030721	0,00460815	BH	BH
	40x40	277H2	0	0	SH	
278	40x40	278H1	0,0034392	0,0051588	BH	BH
	40x40	278H2	0,0001343	0,00020145	BH	
279	40x40	279H1	0,0046613	0,00699195	BH	BH
	40x40	279H2	0,0039727	0,00595905	BH	
280	40x40	280H1	0,0010934	0,0016401	BH	BH
	40x40	280H2	0,0001142	0,0001713	BH	
281	40x40	281H1	0,0015441	0,00231615	BH	BH
	40x40	281H2	0,0002069	0,00031035	BH	
282	40x40	282H1	0,0006865	0,00102975	BH	BH
	40x40	282H2	8,6366E-05	0,000129565	BH	
283	40x40	283H1	0,0007473	0,00112095	BH	BH
	40x40	283H2	9,015E-07	1,35225E-06	BH	
284	40x40	284H1	0,0013317	0,00199755	BH	BH
	40x40	284H2	0,0000151	0,00002265	BH	
285	40x40	285H1	0,0015307	0,00229605	BH	BH
	40x40	285H2	4,9562E-05	7,42743E-05	BH	
286	40x40	286H1	0,0029518	0,0044277	BH	BH
	40x40	286H2	0,0011547	0,00173205	BH	
287	40x40	287H1	0,0012863	0,00192945	BH	BH
	40x40	287H2	0	0	SH	
288	40x40	288H1	0,0018758	0,0028137	BH	BH
	40x40	288H2	0	0	SH	
289	40x40	289H1	0,0023704	0,0035556	BH	BH
	40x40	289H2	4,6228E-05	6,93387E-05	BH	

Tablo A.5. (Devamı)

4. KAT KOLONLARI						
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
342	40x40	342H1	0,0042127	0,00631905	BH	
	40x40	342H2	0,0003317	0,00049755	BH	BH
343	40x40	343H1	0,0191265	0,02868975	BH	
	40x40	343H2	0,0006633	0,00099495	BH	BH
344	40x40	344H1	0,018471	0,0277065	BH	
	40x40	344H2	0,0002271	0,00034065	BH	BH
345	40x40	345H1	0,0201075	0,03016125	BH	
	40x40	345H2	0,0001916	0,0002874	BH	BH
346	40x40	346H1	0,0075053	0,01125795	BH	
	40x40	346H2	0,0000053	0,00000795	BH	BH
347	40x40	347H1	0,003151	0,0047265	BH	
	40x40	347H2	0,000447673	0,00067151	BH	BH
348	40x40	348H1	0,0156337	0,02345055	BH	
	40x40	348H2	0,0002015	0,00030225	BH	BH
349	40x40	349H1	0,0163918	0,0245877	BH	
	40x40	349H2	0,000003	0,0000045	BH	BH
350	40x40	350H1	0,0165966	0,0248949	BH	
	40x40	350H2	0,0000011	0,00000165	BH	BH
351	40x40	351H1	0,0087152	0,0130728	BH	
	40x40	351H2	1,72939E-05	2,59409E-05	BH	BH
352	40x40	352H1	0,0120627	0,01809405	BH	
	40x40	352H2	0,0050389	0,00755835	BH	BH
353	40x40	353H1	0,0167208	0,0250812	BH	
	40x40	353H2	0,0002815	0,00042225	BH	BH
354	40x40	354H1	0,0169815	0,02547225	BH	
	40x40	354H2	0,0004968	0,0007452	BH	BH
355	40x40	355H1	0,0066318	0,0099477	BH	
	40x40	355H2	0,0000705	0,00010575	BH	BH
356	40x40	356H1	0,0155754	0,0233631	BH	
	40x40	356H2	0,0000124	0,0000186	BH	BH
357	40x40	357H1	0,0157101	0,02356515	BH	
	40x40	357H2	5,32447E-05	7,98671E-05	BH	BH
358	40x40	358H1	0,0087614	0,0131421	BH	
	40x40	358H2	0,0000314	0,0000471	BH	BH
359	40x40	359H1	0,0104428	0,0156642	BH	
	40x40	359H2	0,0023461	0,00351915	BH	BH
360	40x40	360H1	0,015017	0,0225255	BH	
	40x40	360H2	0,0000112	0,0000168	BH	BH
361	40x40	361H1	0,0154806	0,0232209	BH	
	40x40	361H2	0,0000062	0,0000093	BH	BH
362	40x40	362H1	0,0082703	0,01240545	BH	
	40x40	362H2	8,1E-06	0,00001215	BH	BH

Tablo A. 6. Düzensiz Yapı, Katlara Göre Perde Elemanlarının Hasar Durumları

ZEMİN KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
124	210X30	124H1	0,0146429	0,02196435	BH	BH	BH
126	30X210	126H1	0,0165875	0,02488125	BH	BH	BH
128	30X210	128H1	0,016135	0,0242025	BH	BH	BH
130	210X30	130H1	0,0141911	0,02128665	BH	BH	BH
1. KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
125	210X30	125H1	0,0078541	0,01178115	BH	BH	BH
127	30X210	127H1	0,0065223	0,00978345	BH	BH	BH
129	30X210	129H1	0,0054281	0,00814215	BH	BH	BH
131	210X30	131H1	0,0071224	0,0106836	BH	BH	BH
2. KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
217	210X30	217H1	0,0014061	0,00210915	BH	BH	BH
218	30X210	218H1	0,0015218	0,0022827	BH	BH	BH
219	30X210	219H1	0,0008474	0,0012711	BH	BH	BH
220	210X30	220H1	0,0023544	0,0035316	BH	BH	BH
3. KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
290	210X30	290H1	0,0017259	0,00258885	BH	BH	BH
291	30X210	291H1	0,0006755	0,00101325	BH	BH	BH
292	30X210	292H1	0,001192	0,001788	BH	BH	BH
293	210X30	293H1	0,0018145	0,00272175	BH	BH	BH
4. KAT PERDELERİ							
Eleman No	Kesit Boyutu (cm)	Plastik Mafsalsal	Plastik Dönme Talebi	Arttırılmış Dönme Talebi	Kesit Hasarı		Eleman Hasarı
					Güçlü Eksen	Zayıf Eksen	
363	210X30	363H1	0,0008128	0,0012192	BH	BH	BH
364	30X210	364H1	0,0001301	0,00019515	BH	BH	BH
365	30X210	365H1	0,001025767	0,001538651	BH	BH	BH
366	210X30	366H1	0,0017152	0,0025728	BH	BH	BH

ÖZGEÇMİŞ

Hümevra BALTA, 10.06.1995 yılında Ordu'da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2014 yılında Hacettepe Üniversitesi'nde İngilizce hazırlık eğitimi aldı. 2015 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'nden Sakarya Üniversitesi'ne yatay geçiş yaptı. 2018 yılında Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden bölüm 1.liği ile mezun oldu. Akabinde Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı üzerine yüksek lisans öğrenimine başladı.