

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hümeysra 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.

Hümeysra 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 |
| <b>BÖLÜM 3.</b>                                                                         |    |
| <b>BURULMA DÜZENSİZLİĞİ</b>                                                             | 40 |
| 3.1. Burulma Düzensizliği Hesabı ( $\eta_{bi}$ )                                        | 40 |
| 3.2. Burulma Düzensizliğinin Oluşumunda Etkenler ve Dikkat Edilmesinde Gerekenler       | 41 |
| 3.3. Burulma Düzensizliği Hasar Örnekleri                                               | 43 |
| <b>BÖLÜM 4.</b>                                                                         |    |
| <b>SAYISAL ÇALIŞMA</b>                                                                  | 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 yüzeylerinin ve moment-eğrilik bağıntılarının elde edilmesi .....           | 59 |
| 4.2.2.3. Perdelerin akma yüzeylerinin ve moment-eğrilik bağıntılarının elde edilmesi .....           | 61 |
| 4.2.3. Kesitlere plastik mafsallık özelliğinin tanımlanması .....                                    | 63 |
| 4.2.3.1. Kirişlere plastik mafsallık tanımlanması ve atanması .....                                  | 64 |
| 4.2.3.2. Kolon ve perde duvarlara plastik mafsallık 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 yerdeğiştirmelerin incelenmesi .....                        | 77 |
| 4.4.3. Analiz sonucunda yapılarda burulma düzensizliği 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]               |
| $\eta_{bi}$              | : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı                              |

|                   |                                                                                        |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| $\epsilon_c$      | : Beton basınç birim şekildeğiştirmesi                                                 |
| $\epsilon_{sy}$   | : Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi                                        |
| $\epsilon_s$      | : Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi                    |
| $\epsilon_{su}$   | : Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması                                   |
| $\phi_y$          | : Akma eğriliğ i $[m^{-1}]$                                                            |
| $\phi_u$          | : Göçme öncesi eğrilik $[m^{-1}]$                                                      |
| $\theta_p$        | : Plastik dönme talebi                                                                 |
| $\theta_p^{(KH)}$ | : Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı<br>[rad]    |
| $\theta_p^{(GÖ)}$ | : Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme<br>sınırı [rad] |
| $\theta_p^{(SH)}$ | : Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı<br>[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)<br>.....   | 12 |
| Şekil 2.5. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) (TBDY, 2019)<br>.....     | 14 |
| Şekil 2.6. Yapılar için performans düzeyleri (TBDY, 2019) .....                              | 20 |
| Şekil 2.7. Sargılı- sargısız betonun gerilme-şekil değiştirme grafiği (TBDY, 2019)<br>.....  | 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.)<br>.....   | 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.)<br>..... | 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<br>/tasarım yaklaşımları (TBDY,2019) ..... | 35 |
| Tablo 2.8. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları<br>(TBDY,2019) .....                    | 37 |
| Tablo 4.1. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemlerde kesit boyutları, donatı oranı ve seçilen<br>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<br>.....                                | 83 |
| Tablo 4.7. Deprem etkisi altında Y doğrultusuna göre burulma düzensizliği katsayısı<br>.....                                | 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 TB DY 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-çerçeve 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 TB DY’ 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

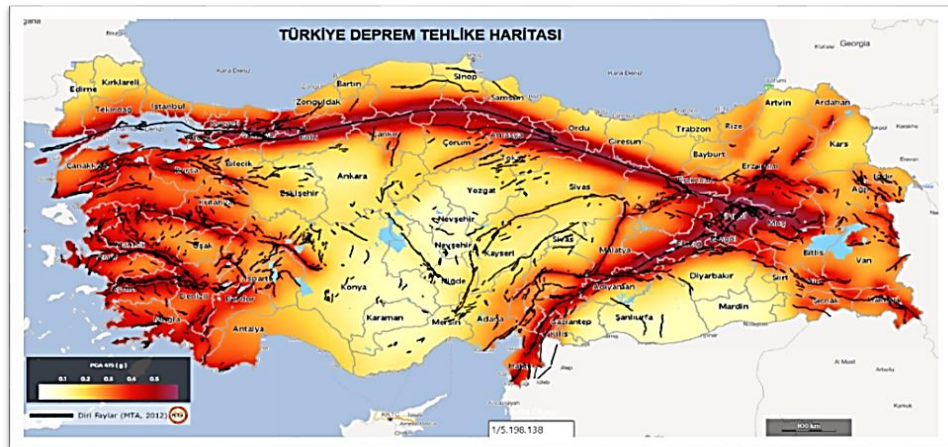
seçilmiştir. Hesaba yöntemine esas olarak gerçek deprem ivme kayıtları SeismoMATCH programında ölçeklendirilerek SAP2000 programında deprem kayıtları olarak tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında hesap yöntemine ve tasarım yaklaşımına karar verildikten sonra 2019 TB DY'ye uygun şekilde, mevcut binalar SAP2000 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 mafsalları 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.

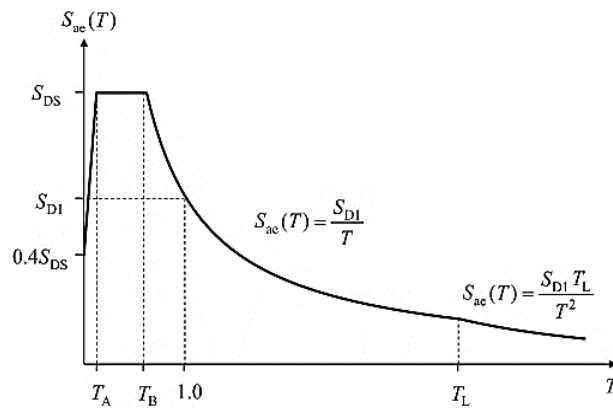
$$S_{ae}(T) = \left\{ 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right\} S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.1a)$$

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

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

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

Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{ae}(T)$ , 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 TB DY’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<br><b>a)</b> 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)<br><b>b)</b> Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kıışlalar, cezaevleri, vb.<br><b>c)</b> Müzeler<br><b>d)</b> Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar | 1,5                     |
| BKS = 2              | İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar<br>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1,2                     |
| BKS = 3              | Diğer binalar<br>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'ın 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<br>Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme<br>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 kontstriktif kuralların uygulanmasıdır. 2019 TB DY'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

A1-Burulma düzensizliği

A2-Döşeme süreksizlikleri

A3-Planda çıkıntılar bulunması

-Düşeyde düzensizlik durumları

B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının  
Süreksizliği

#### 2.3.1. Plandan kaynaklı düzensizlik durumları

##### 2.3.1.1. A1-Burulma düzensizliği

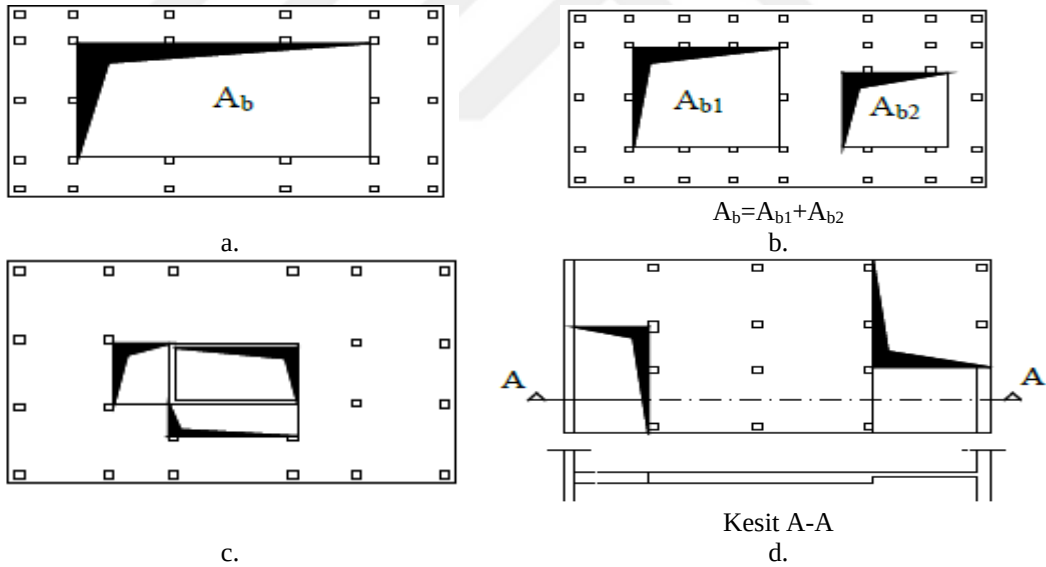
Yatayda birbirine dik deprem doğrultularının herhangi biri için, herhangi bir katta hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesinin, yine o katta hesaplanan ortalama görelî kat ötelemesine oranının ( $\eta_{bi}$ ) 1,2'yi aşması durumunda burulma düzensizliği söz konusudur Detaylı açıklama Bölüm 3.'te bulunmaktadır.

### 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  $A_b$  kat brüt alanı,  $A_b$  ise boşluk alanların toplamını ifade etmektedir.  $A_b/A > 1/3$  olması halinde döşeme süreksizliği düzensizliği söz konusudur.

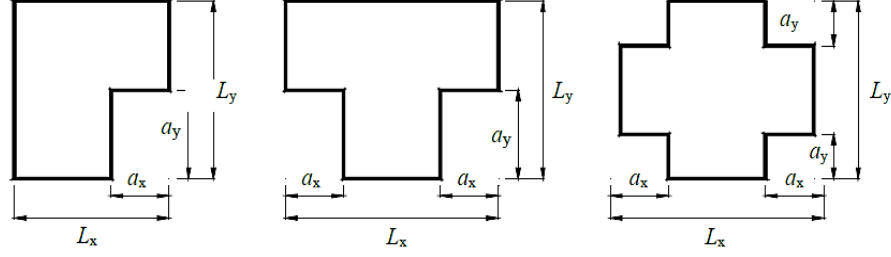


Şekil 2.3. Döşeme süreksizlikleri düzensizliği (A2)

### 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  $\eta_{ci}$ ’nin 0.80’den küçük olması durumu (TBDY, 2019).” Aşağıda bu durum sayısal olarak (Denklem 2.2a) ifade edilmiştir.

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

$$\text{Etkili kesme alanının tanımı: } (\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_{i+1} + (0,15 \sum A_k)_i \quad (2.2b)$$

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)

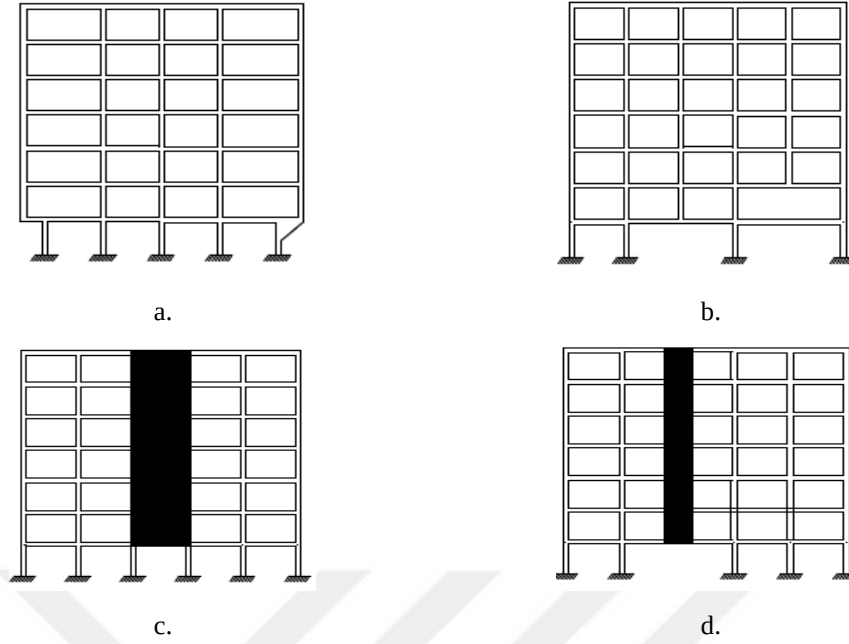
“Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$ ’nin 2,0’den fazla 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 toplaması 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 gerçekleşme 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 m<sup>2</sup>’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, yüzeykerin 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).”

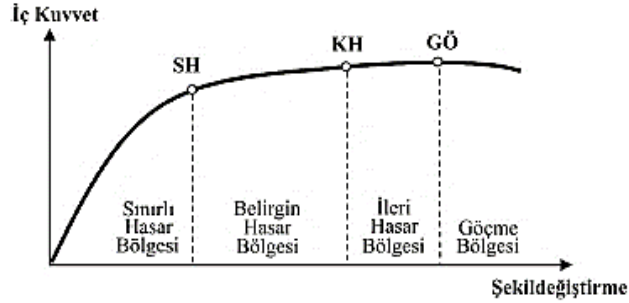
## **2.6. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri**

### **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 – şekildeğiştirme 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 sünük davranışa ilişkin şekildeğiştirme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir (TBDY, 2019).”

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

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

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

#### 2.7.2.1. Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi

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

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

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

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 hasaplanmaktadır.

“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 şekildeğiştirmeyi temsil etmektedir. “Yığılı Plastik Davranış Modeli’nde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsalları boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme 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 şekildeğiştirme bölgeleri) veya elemanın tüm uzunluğu boyunca doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri 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 şekildeğiştirmiş 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, eksenli 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  $\theta_y$  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 kullanılabileceği görülmektedir. 2019 TBDY’de bu değerlerin mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi hesaplarında; doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin her ikinde de kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu yüzden Tablo 2.5.’teki değerler göz önüne alınmıştır.

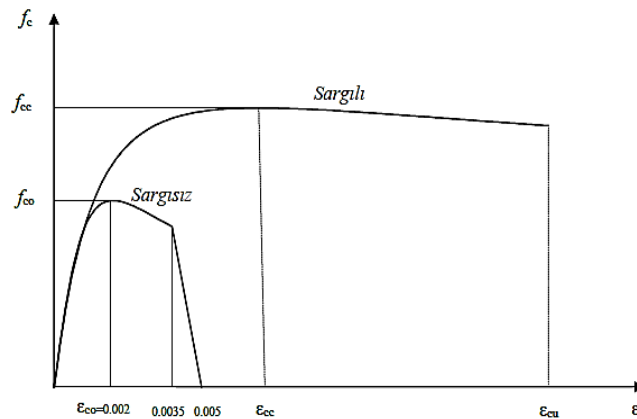
Tablo 2.5. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları

| Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı | Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı |       |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------|
|                                   | Eğilme                        | Kesme |
| Çubuk Elaman                      |                               |       |
| 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)

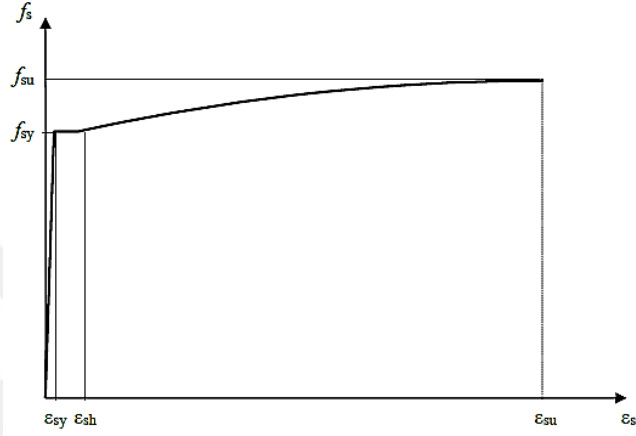
- Donatı çeliği modeli

“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) | $\epsilon_{sy}$ | $\epsilon_{sh}$ | $\epsilon_{su}$ | $f_{su} / f_{sy}$ |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 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 değerlendirmesi 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 uyum 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 TB DY aşağıdaki ifadeyi belirtmektedir.

“Şekildeğiştirme hesabı yapılan betonarme elemanların boyuna donatıları nervürlü (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  $\epsilon_c^{(GÖ)}$  ve  $\epsilon_s^{(GÖ)}$  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      Dairesel kesitlerde:  
ve perdelerde:

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

$\epsilon_c$  : Beton basınç birim şekil değıştirmesi.

$\omega_{we}$  : Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı.

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

$\alpha_{se}$  : 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 .

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

$A_{sh}$  ve  $\rho_{sh}$ : 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.

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

$A_{os}$  : 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.

$$\epsilon_s^{(GÖ)} = 0,4\epsilon_{su} \quad (2.10)$$

$\epsilon_s$  :Çekme dayanımına karşı gelen birim uzama

$\epsilon_{su}$ : 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  $\phi_u$ , 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.

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

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

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.

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

“Etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta SH performans düzeyi için taşıyıcı sistemde plastik mafsall 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<br>H. Düzeyi | DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a       |                                     | DTS = 1a, 2a               |                                     |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
|                         | Normal<br>Performans<br>Hedefi | Değerlendirme/<br>Tasarım Yaklaşımı | İleri Performans<br>Hedefi | Değerlendirme/<br>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 yüzdelik 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 kadarı 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. Bina’nın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TBDY, 2019).”

## BÖLÜM 3. BURULMA DÜZENSİZLİĞİ

### 3.1. Burulma Düzensizliği Hesabı ( $\eta_{bi}$ )

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 göreceli yer değiştirmesinin yine bu düşey taşıyıcı elemanlarının ortalama göreceli 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.

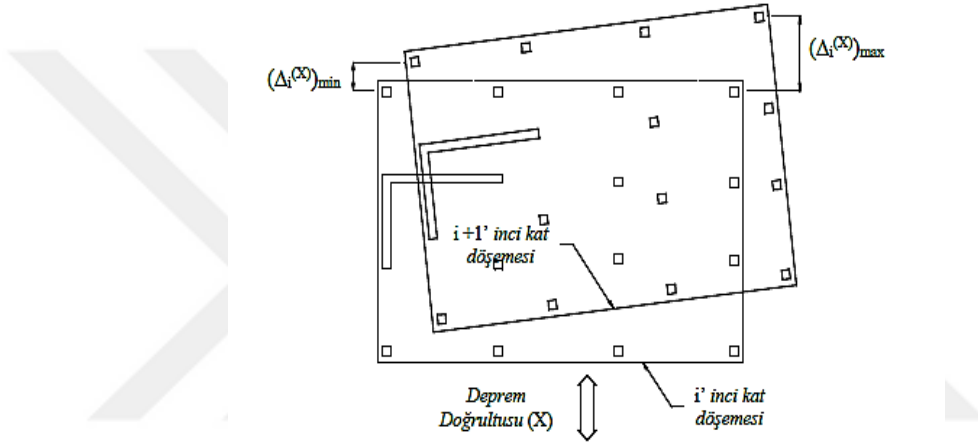
$$(\Delta i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max} \quad (3.1a)$$

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

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

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

$\eta_{bi}$  burulma düzensizliği katsayısını ifade etmektedir.  $d_i$  deprem etkisi altında yerdeğiştirmeleri,  $\Delta i$  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

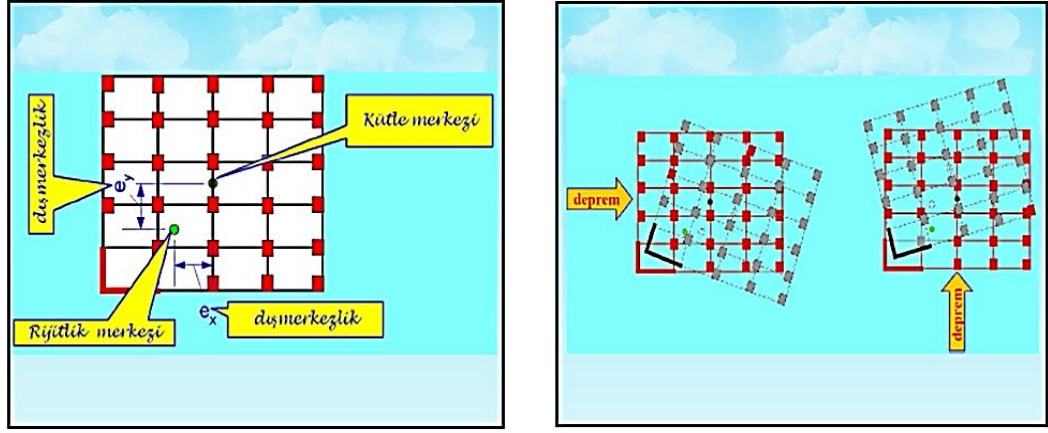
Burulma düzensizliğinin oluşumunda başlıca etkenler;

- 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 elemanlarında 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 elemanlardan 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 kısalmaları 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-çerçeve 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. Döşemlerden 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-çerçeve
- Bina türü: Konut
- X doğrultusu toplam bina uzunluğu: 16 m
- Y doğrultusu toplam bina uzunluğu: 16 m
- Toplam bina alanı: 256 m<sup>2</sup>

#### Malzeme bilgisi:

- Donatı çeliği sınıfı: S220 (Nervüzsüz)
- 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:

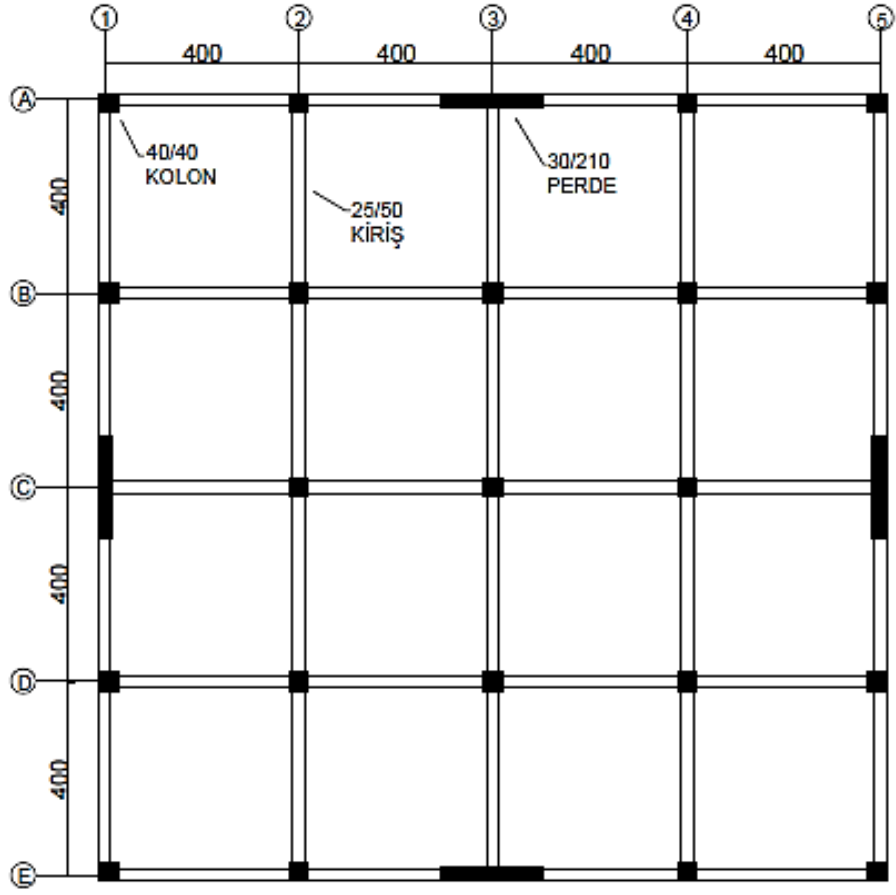
##### Sabit Yükler:

- Döşeme yükü: 4,64 KN/m<sup>2</sup>
- Dış duvar yükü: 5,34 KN/m<sup>2</sup>
- İç duvar yükü: 3,21 KN/m<sup>2</sup>

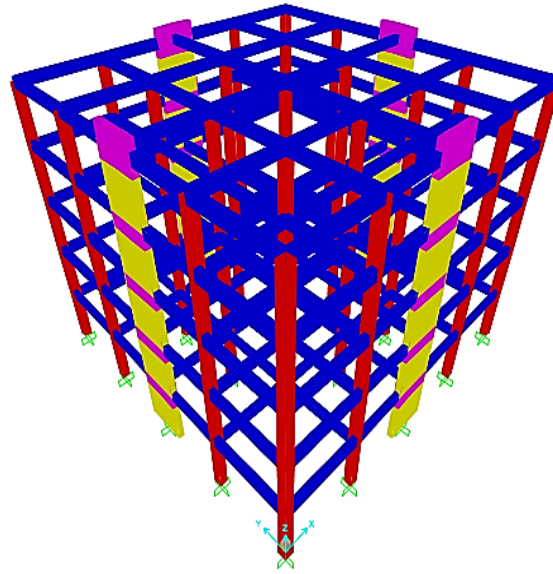
##### Hareketli yükler:

- Konut içi döşemelerde: 2 KN/m<sup>2</sup>
- Kar yükü: 0,75 KN/m<sup>2</sup>

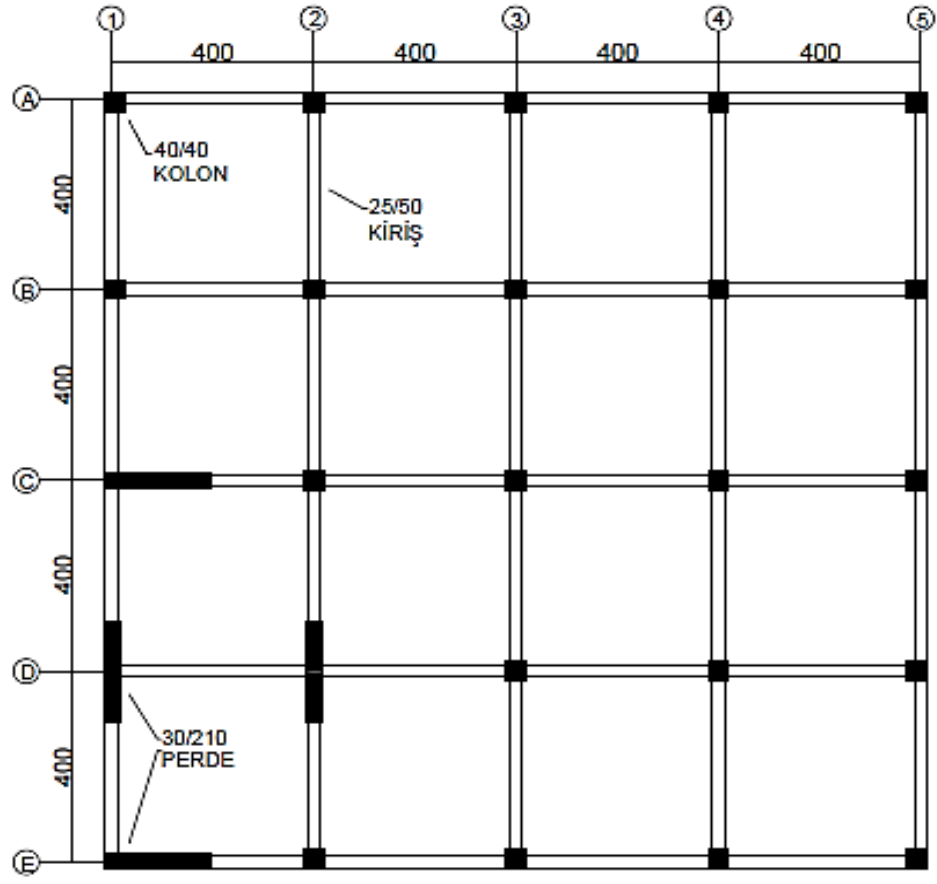
Kütle dağılımının simetrik olması istendiğinden dolayı merdiven yükü ihmal edilmiştir.



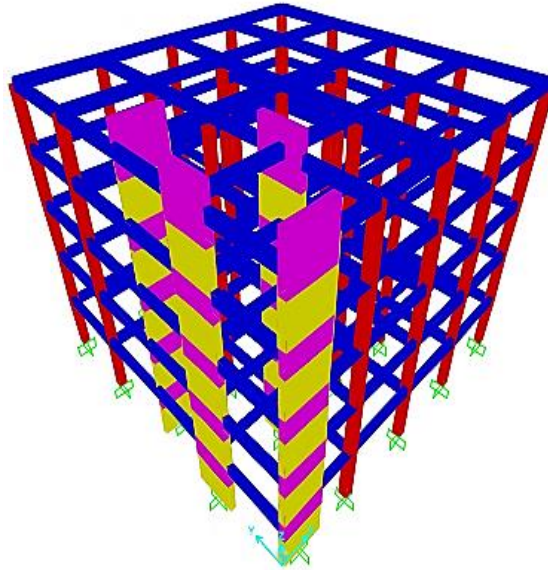
Şekil 4.1. Perdeli-çerçevesel düzenli yapı kalıp aplikasyon planı



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

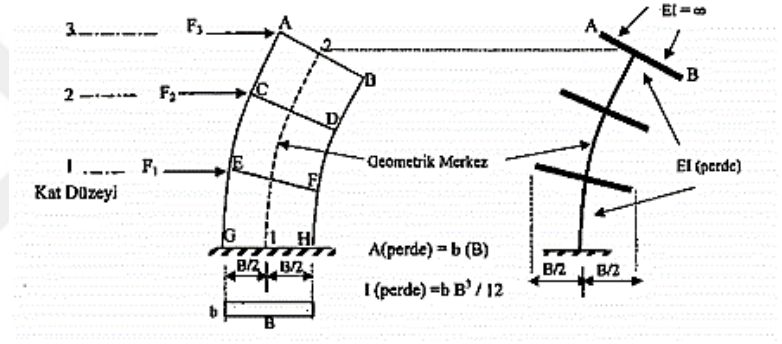
| Kesit (cm) |        | Minimum donatı oranı | Seçilen donatı | Seçilen başlık donatısı | Seçilen gövde donatısı |
|------------|--------|----------------------|----------------|-------------------------|------------------------|
| Kolon      | 40x40  | 0,010                | 8 $\phi$ 16    | -                       | -                      |
| Kiriş      | 25x50  | 0,00419              | 10 $\phi$ 12   | -                       | -                      |
| Perde      | 210x30 | Gövde: 90x30         | 0,0025         | -                       | 10 $\phi$ 14/15        |
|            |        | Başlık: 60x30        | 0,0020         | -                       | 10 $\phi$ 16           |

#### 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 idealleştirmeler 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 eksenel 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 elemanlar ile 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 çatlamış kesite ait rijitlikler dikkate alınmalıdır.

2019 TB DY'ye göre 15.4 sayılı bölümünde, mevcut binaların deprem hesabına ilişkin kurallarda belirtildiği gibi doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde farketmeksizin, çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlik değerlerinin TB DY 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).

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

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-çerçeve düzenli yapı periyot ve kütle katılım oranları

| Mod Sayısı | Periyot(s) | U <sub>x</sub> | U <sub>y</sub> | R <sub>z</sub> | ΣU <sub>x</sub> | ΣU <sub>y</sub> | ΣR <sub>z</sub> |
|------------|------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 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 <sub>x</sub> | U <sub>y</sub> | R <sub>z</sub> | ΣU <sub>x</sub> | ΣU <sub>y</sub> | ΣR <sub>z</sub> |
|------------|------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 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, ısıl 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 şekildeğiştirme 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 software windows for defining material properties for concrete.

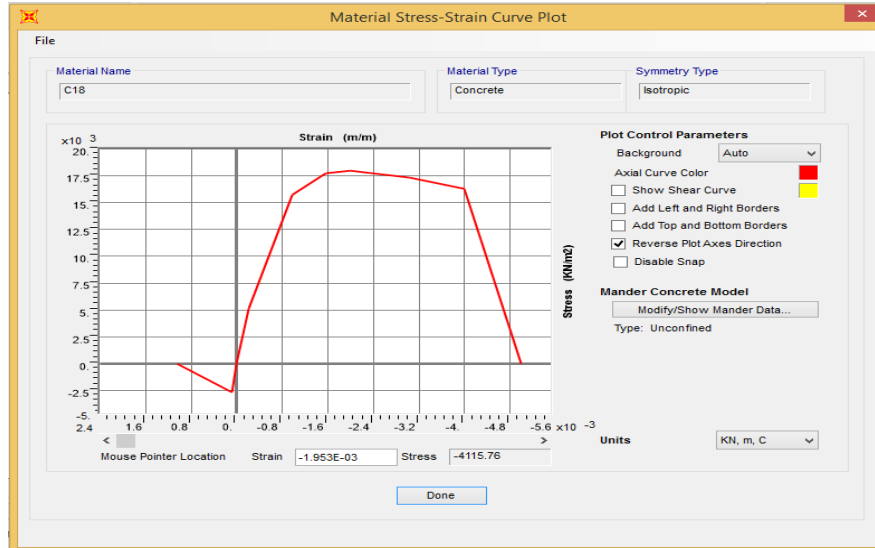
**Material Property Data (Left Window):**

- General Data:** Material Name and Display Color: C18; Material Type: Concrete; Material Grade: ; Material Notes: ; Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 25; Mass per Unit Volume: 2.5493; Units: KN, m, C
- Isotropic Property Data:** Modulus Of Elasticity, E: 27500000; Poisson, U: 0.2; Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.000E-05; Shear Modulus, G: 11458333.
- Other Properties For Concrete Materials:** Characteristic Concrete Cylinder Strength, f<sub>ck</sub>: 18000; Expected Concrete Compressive Strength: 18000; ☐ Lightweight Concrete; Shear Strength Reduction Factor: ; ☐ Switch To Advanced Property Display
- Buttons: OK, Cancel

**Nonlinear Material Data (Right Window):**

- Edit:** Material Name: C18; Material Type: Concrete
- Hysteresis Type:** Takeda
- Drucker-Prager Parameters:** Friction Angle: 0; Dilatational Angle: 0; Units: KN, m, C
- Stress-Strain Curve Definition Options:** ☒ Parametric; ☐ User Defined; Mander: ; Convert To User Defined
- Parametric Strain Data:** Strain At Unconfined Compressive Strength, f<sub>c</sub>: 2.000E-03; Ultimate Unconfined Strain Capacity: 5.000E-03; Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1
- Buttons: Show Stress-Strain Plot..., OK, Cancel

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 alınarak 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.).

The image shows two side-by-side screenshots of software dialog boxes for material properties.

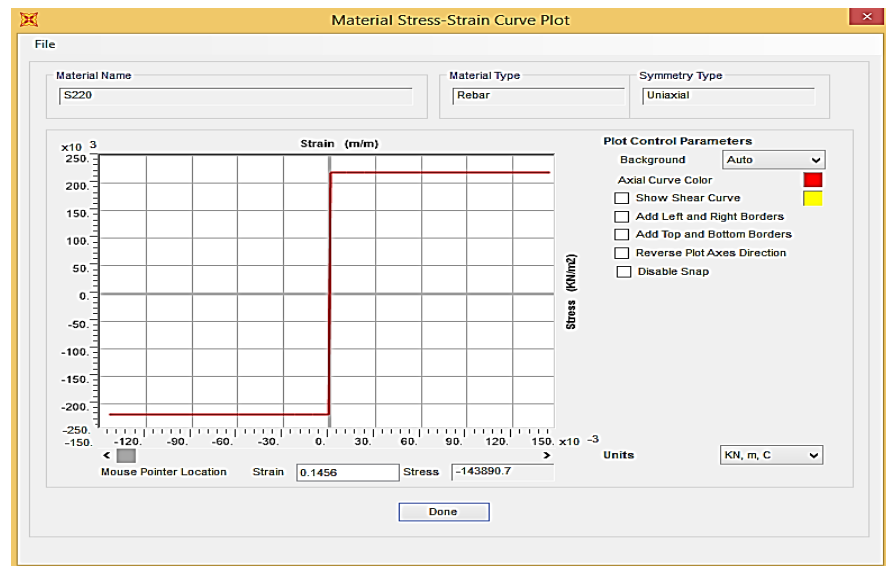
**Material Property Data:**

- General Data:** Material Name and Display Color: S220; Material Type: Rebar; Material Grade: ; Material Notes: ; Modify/Show Notes: ;
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 7.85; Mass per Unit Volume: 7.849; Units: KN, m, C;
- Uniaxial Property Data:** Modulus Of Elasticity, E: 2.000E+08; Poisson, U: 0; Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.200E-05; Shear Modulus, G: ;
- Other Properties For Rebar Materials:** Minimum Yield Stress, Fy: 220000; Minimum Tensile Stress, Fu: 220000; Expected Yield Stress, Fye: 220000; Expected Tensile Stress, Fue: 220000;
- Switch To Advanced Property Display:** (unchecked);
- Buttons:** OK, Cancel;

**Nonlinear Material Data:**

- Edit:** Material Name: S220; Material Type: Rebar;
- Hysteresis Type:** Kinematic; Drucker-Prager Parameters: Friction Angle: ; Dilatational Angle: ; Units: KN, m, C;
- Stress-Strain Curve Definition Options:** Parametric (selected); Simple; Convert To User Defined;
- Parametric Strain Data:** Strain At Onset Of Strain Hardening: 0.011; Ultimate Strain Capacity: 0.12; Final Slope (Multiplier on E): 0;
- Use Caltrans Default Controlling Strain Values (Bar Size Dependent):** (unchecked);
- Show Stress-Strain Plot...** (button);
- Buttons:** OK, Cancel;

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

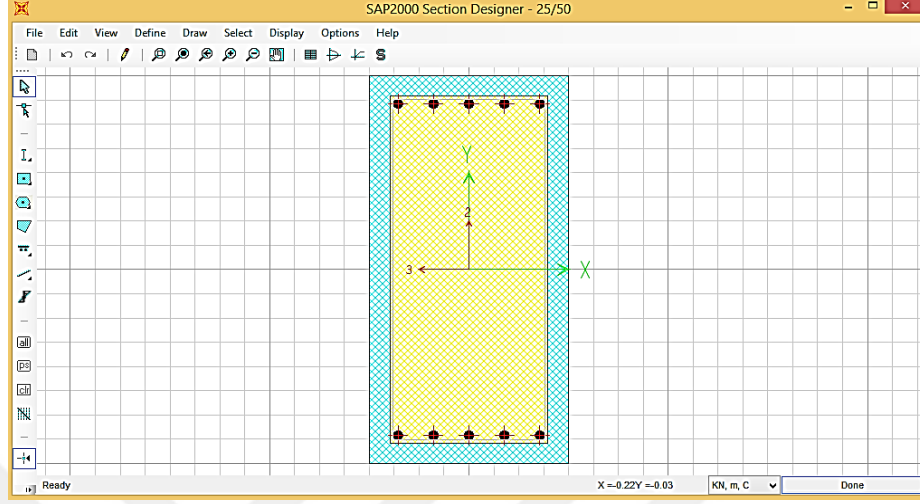
Modellenen yapılara ait eleman kesitlerinin geometrik özellikleri Define menüsünden Frame Section- Section Designer arayüzü kullanılarak programa tanıtılmıştır. Bu arayüz kullanılarak perde, kolon ve kiriş kesitlerinin kesit boyutuna ve donatı miktarına göre moment-eğrilik bağıntıları ve akma yüzeyleri 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.

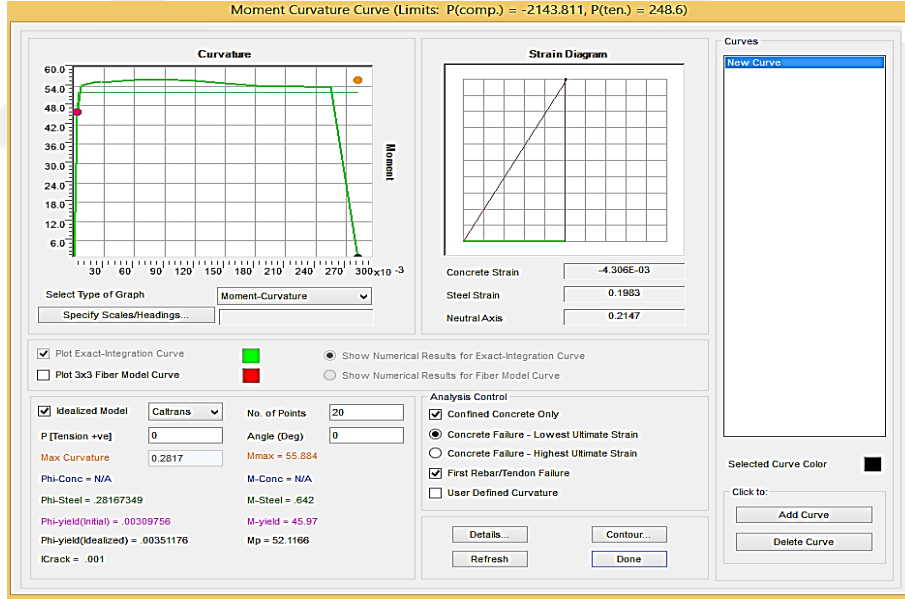
##### 4.2.2.1. Kirişlerin moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi

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.



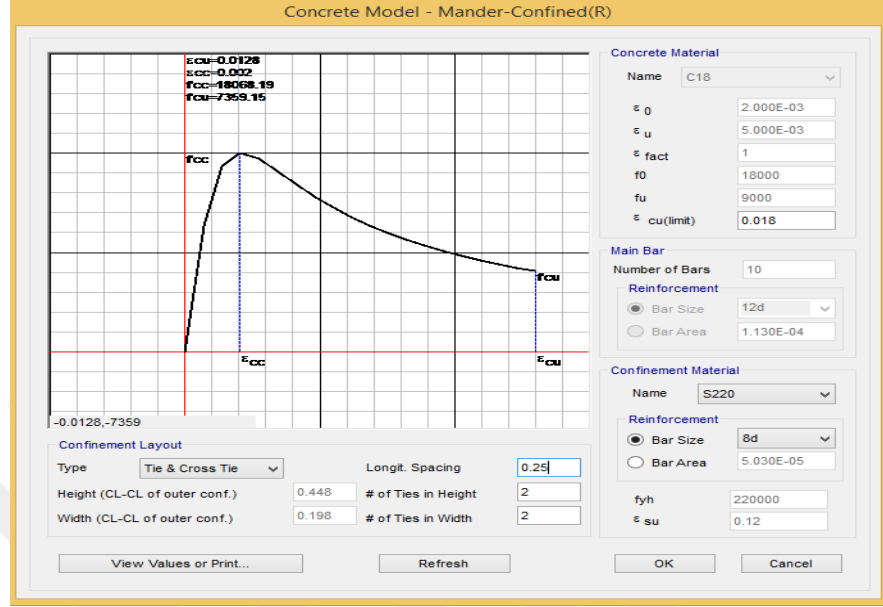
Şekil 4.10. 25x50 cm kiriş eleman kesitinin Section Designer ile oluşturulması



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 ( $\epsilon_{cu}$ ) tanımlanmıştır. Yapı elemanlarının uç bölgelerinde sargı

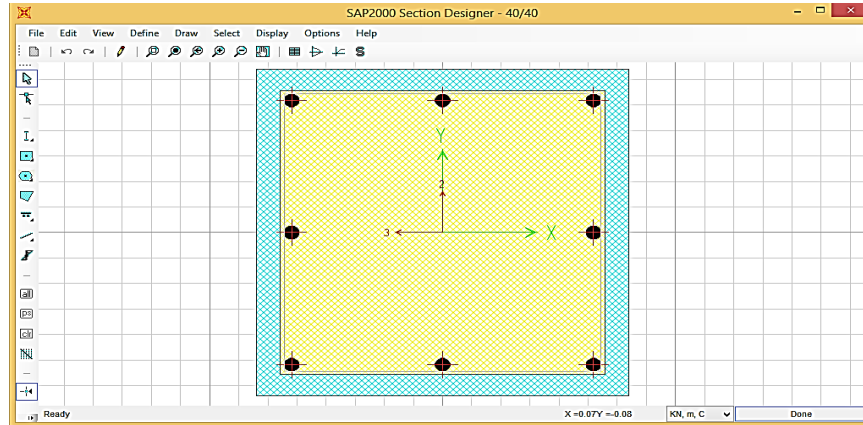
donatısı ile sıkılaştırma yapılmamıştır. Sargı donatısı yapı elemanı uzunluğu boyunca aynı aralıklarla yerleştirilmiştir.



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

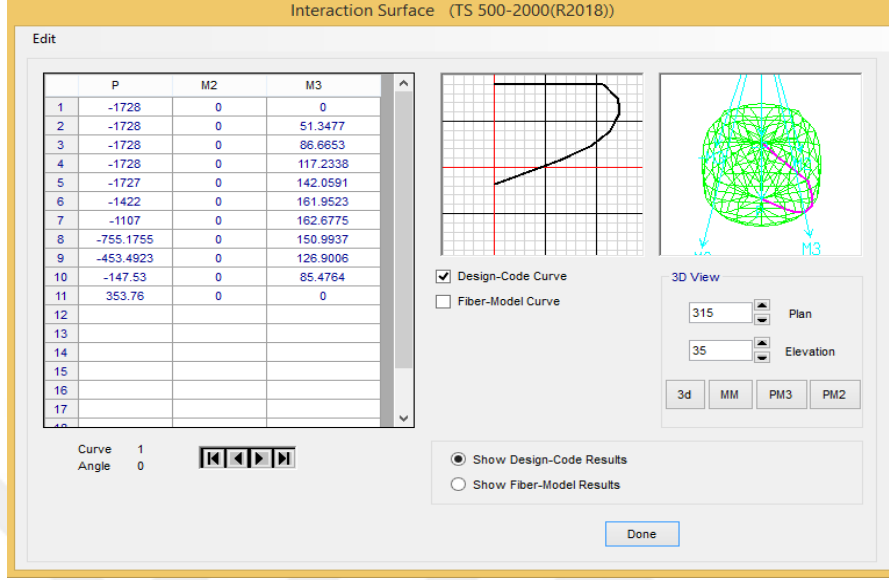
#### 4.2.2.2. Kolonların akma yüzeylerinin ve moment-eğrilik bağıntılarının elde edilmesi

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.

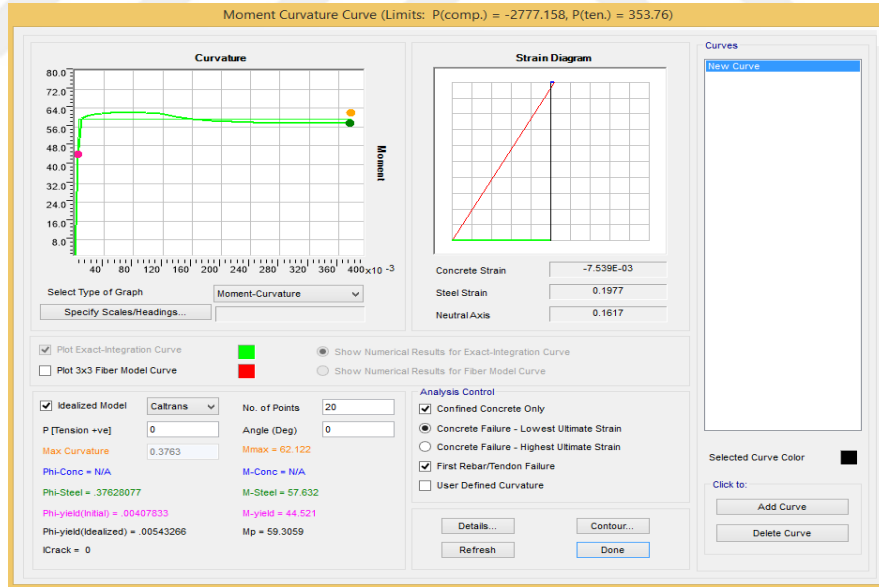


Şekil 4.13. 40x40 cm kolon eleman kesitinin Section Designer ile oluşturulması

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

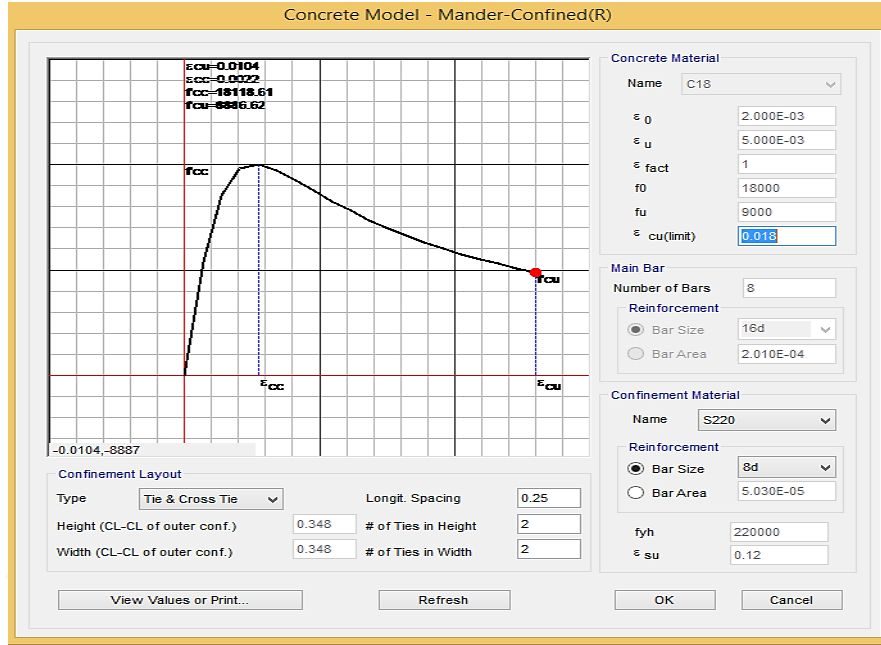


Şekil 4.14. 40x40 cm kolon elemanının akma yüzeylerinin elde edilmesi



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

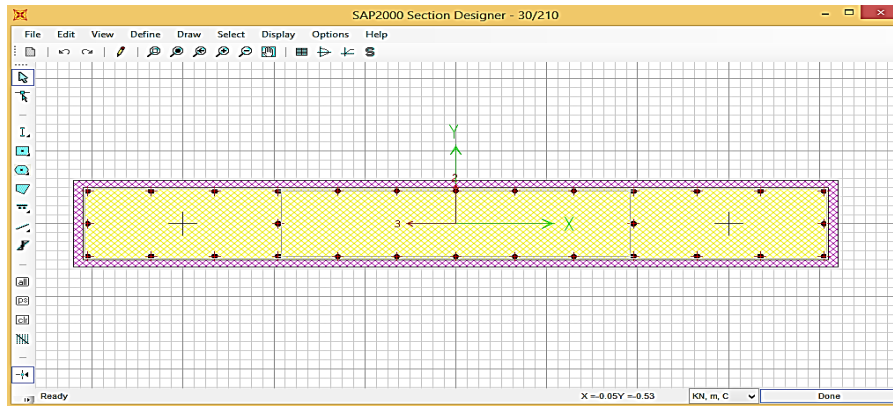
Eleman kesitinde mander sargılı beton modeli uygulanmıştır (Şekil 4.16.). Sargı donatıları eleman uzunluğu boyunca eşit aralıktadır. Sıklaştırma bölgeleri bulunmamaktadır.



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

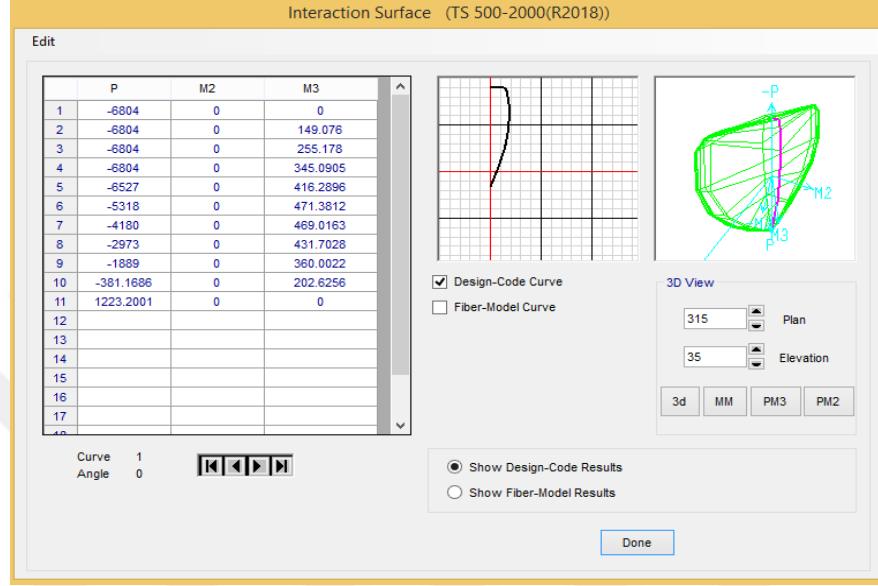
#### 4.2.2.3. Perdelerin akma yüzeylerinin ve moment-eğrilik bağıntılarının elde edilmesi

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.).

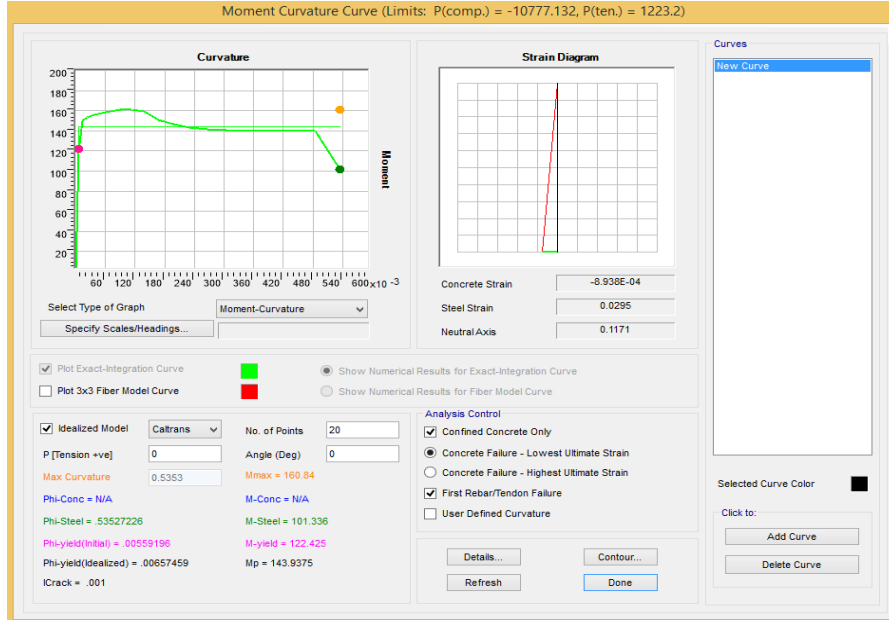


Şekil 4.17. 30x210 cm perde duvar kesitinin Section Designer ile oluşturulması

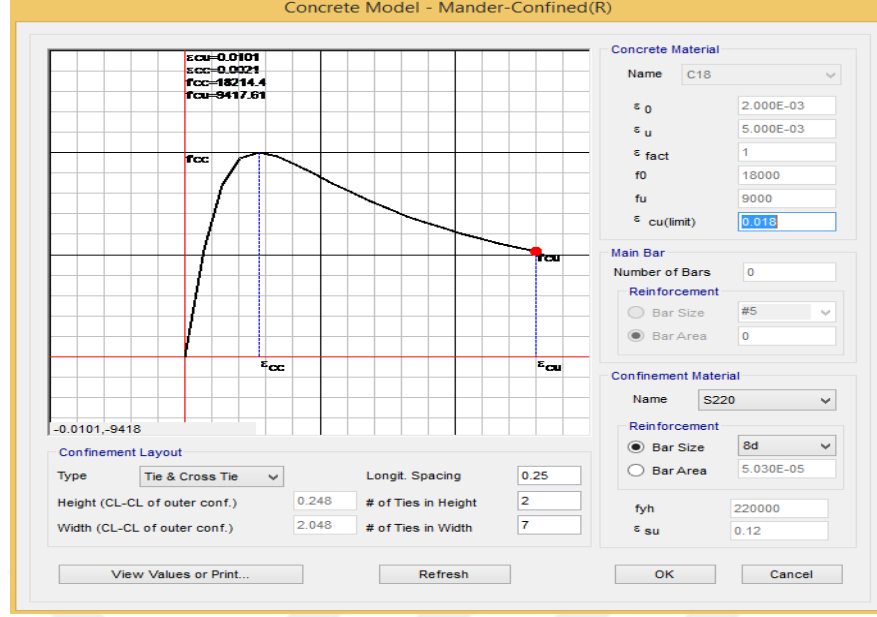
Başlık bölgesi için 0,002, gövde bölgesi için 0,0025 donatı oranı yönetmeliğe uygun minimum donatı oranları kullanılmıştır. Perde eleman kesiti idealize edilerek akma yüzeylerine ve moment- eğrilik diyagramları (Şekil 4.18.-4.19.) elde edilmiş ve mander sargılı beton modeli (Şekil 4.20.) uygulanmıştır.



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



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



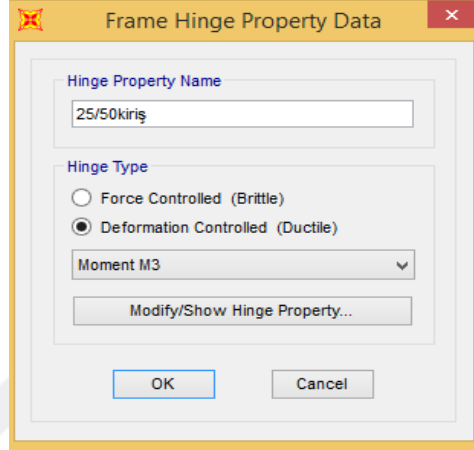
Şekil 4.20. 30x210 cm perde duvar elemanın Mander Sargılı beton modeli

#### 4.2.3. Kesitlere plastik mafsallık özelliğinin tanımlanması

SAP2000 programında kiriş, kolon ve perde eleman kesitlerine kullanıcı tanımlı (User Defined) olarak plastik mafsallık özellikleri tanımlanmıştır. Define menüsünden Section Properties- Hinge Properties sekmesi kullanılmıştır. Perde ve kolonlarda eksenel kuvvetten dolayı 'İnteracting P-M2-M3' özelliği seçilmiştir. Eksenel kuvvetin olmadığı kabul edildiğinden Kiriş elemanlarında 'Moment M3' mafsallık özelliği seçilmiştir. Yönetmeliğe göre doğrusal olmayan davranış, eleman uçlarında plastik şekil değiştirme bölgelerinde meydana gelmektedir ve çubuk eleman modellerinde yığılı plastik mafsallık 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 mafsallık ataması yapılmıştır. Perdelerde ise yönetmeliğe göre plastik mafsallık ataması sadece alt uçlarına yapılması gerekmektedir. Perde duvar yüksekliğinin 0,05'ine plastik mafsallık ataması yapılmıştır. Eleman kesit uçlarına plastik mafsallık atamaları Assign menüsünden Frame-Hinge sekmesi kullanılarak yapılmaktadır.

#### 4.2.3.1. Kirişlere plastik mafsalsal tanımlanması ve atanması

Kiriş elemanlarda eksenel 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.

Frame Hinge Property Data for 25/50kiriş - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

| Point | Moment/SF | Rotation/SF |
|-------|-----------|-------------|
| E-    | -1        | -1          |
| D-    | -1        | -1          |
| C-    | -1        | -1          |
| B-    | -1        | 0           |
| A     | 0         | 0           |
| B     | 1         | 0           |
| C     | 1         | 1           |
| D     | 1         | 1           |
| E     | 1         | 1           |

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero  
☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment Moment SF Positive: 52.11 Negative:   
☐ Use Yield Rotation Rotation SF Positive: 1. Negative:   
(Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy Positive: 3.000E-03 Negative:   
☒ Life Safety Positive: 0.012 Negative:   
☒ Collapse Prevention Positive: 0.015 Negative:   
☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation  
☐ Moment - Curvature  
Hinge Length:   
☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type: Isotropic  
No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

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

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

Assign Frame Hinges

Frame Hinge Assignment Data

| Hinge Property | Relative Distance |
|----------------|-------------------|
| 25/50kiriş     | 0.95              |
| 25/50kiriş     | 0.05              |
| 25/50kiriş     | 0.95              |

Add Hinge...  
Modify/Show Auto Hinge...  
Delete Hinge

Current Hinge Information

Type: User Defined  
DOF: Moment M3

Options

☐ Add Specified Hinge Assigns to Existing Hinge Assigns  
☒ Replace Existing Hinge Assigns with Specified Hinge Assigns

Existing Hinge Assignments on Currently Selected Frame Objects

Number of Selected Frame Objects: 0  
Total Number of Hinges on All Selected Frame Objects: 0

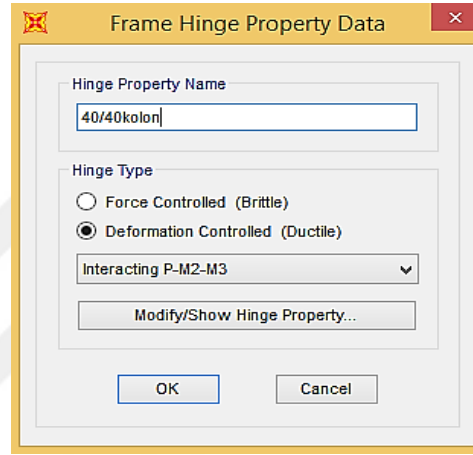
Fill Form with Hinges on Selected Frame Object

OK Close Apply

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

#### 4.2.3.2. Kolon ve perde duvarlara plastik mafsalları tanımlanması ve atanması

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



Şekil 4.24. 40x40 cm kolon elemanı için P-M2-M3 plastik mafsalları tanımlama

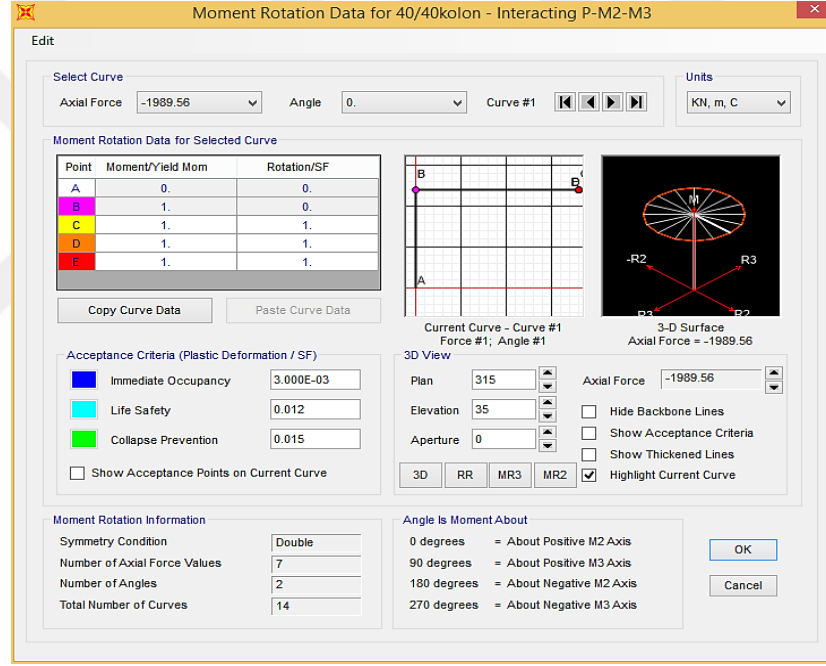
Düşey elemanlara gelen eksenel kuvvetler yukarıya çıkıldıkça azalış göstermekte olup, her katın düşey elemanına göre farklı değerler oluşmaktadır. Kullanıcı bu değerleri manuel olarak kendisi girebilmektedir. Aynı zamanda programın kendisinin de hesaplaması ve varsayılan olarak alması da mümkündür. Şekil 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 mafsallık özelliği tanımlanması

Ayrıca akma momentleri de eksenel 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 mafsallık akma yüzeyi etkileşimi tanımlanması

Kirişlerde plastik mafsalları 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 edilmiştir. 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 mafsalları tanımlanması

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

| Hinge Property | Relative Distance |
|----------------|-------------------|
| 40/40kolon     | 0.95              |
| 40/40kolon     | 0.05              |
| 40/40kolon     | 0.95              |

Current Hinge Information  
Type: User Defined  
DOF: Interacting P-M2-M3

Options  
☐ Add Specified Hinge Assigns to Existing Hinge Assigns  
☒ Replace Existing Hinge Assigns with Specified Hinge Assigns  
 Existing Hinge Assignments on Currently Selected Frame Objects  
 Number of Selected Frame Objects: 0  
 Total Number of Hinges on All Selected Frame Objects: 0  
 Fill Form with Hinges on Selected Frame Object

OK Close Apply

Şekil 4.28. 40x40 cm kiriş elemanı için plastik mafsalları 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 mafsalları 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 mafsalları 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 TB DY’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.

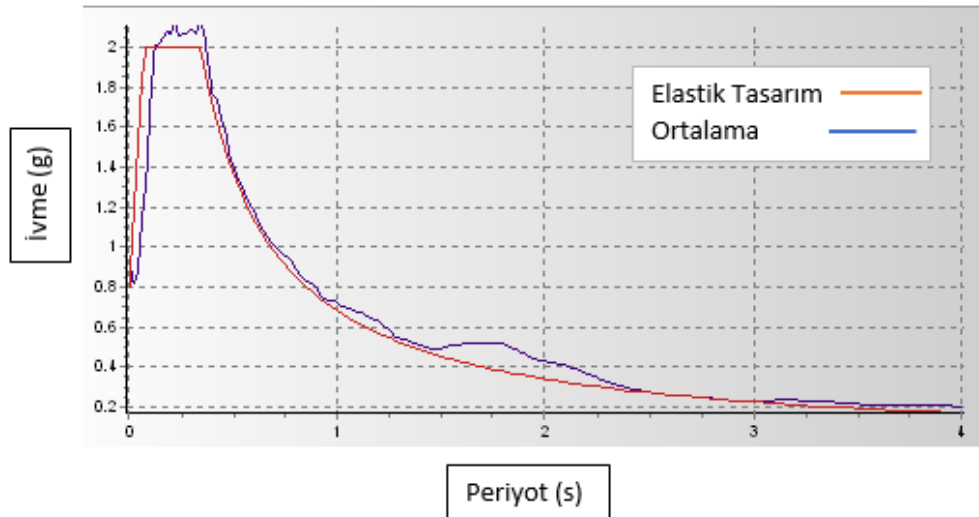
#### 4.3.2. Deprem kayıtlarının SAP2000 programında tanımlanması

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

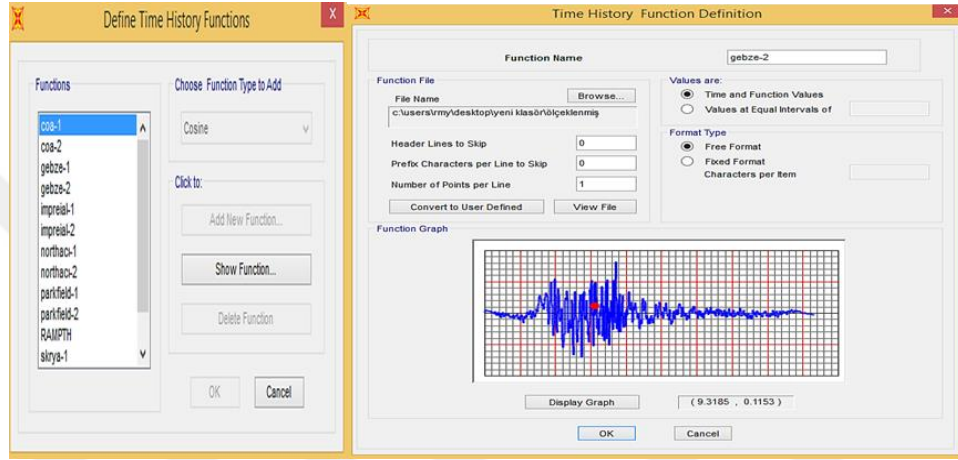
| Deprem             | Yıl  | İstasyon                | Büyüklik | Vs30   | Süre(s) | Adım aralığı | Kayıt açısı |      |
|--------------------|------|-------------------------|----------|--------|---------|--------------|-------------|------|
|                    |      |                         |          |        |         |              | 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  $G+Q_e+0,3E_d^{(Z)}$  denklemiindeki 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.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: nonlinear statik [Set Def Name] [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

| Load Type    | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-----------|--------------|
| Load Pattern | G         | 1.4          |
| Load Pattern | Q         | 0.3          |

[Add] [Modify] [Delete]

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☒ None
- ☐ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Other Parameters:

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil 4.31. Nonlinear 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.

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control:

- ☒ Full Load
- ☐ Displacement Control

Control Displacement:

- ☒ Use Conjugate Displacement
- ☐ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of: [ ]

Monitored Displacement:

- ☒ DOF: U3 [at Joint: 154]
- ☐ Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements: [ ] [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil 4.32. Nonlinear 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. Load 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 Case Data - Nonlinear Direct Integration History**

Load Case Name:  Set Def Name Modify/Show...

Initial Conditions:  
☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State  
☒ Continue from State at End of Nonlinear Case   
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:  
 Use Modes from Case:

Loads Applied:

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

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:  
 Number of Output Time Steps:   
 Output Time Step Size:

Other Parameters:  
 Damping:  Modify/Show...  
 Time Integration:  Modify/Show...  
 Nonlinear Parameters:  Modify/Show...

Analysis Type:  
☒ Linear ☐ Modal  
☒ Nonlinear ☐ Direct Integration

Solution Type:  
☐ None ☒ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements

History Type:  
☒ Transient ☐ Consider Collapse  
☐ Periodic

Mass Source:

OK Cancel

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.

**Direct Integration Damping**

Viscous Proportional Damping

☐ Direct Specification

☒ Specify Damping by Period

☐ Specify Damping by Frequency

Mass Proportional Coefficient:  1/sec

Stiffness Proportional Coefficient:  sec

|        | Period                                  | Frequency                             | Damping                           |
|--------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| First  | <input type="text" value="0.8015"/> sec | <input type="text" value=""/> cyc/sec | <input type="text" value="0.05"/> |
| Second | <input type="text" value="0.6657"/> sec | <input type="text" value=""/> cyc/sec | <input type="text" value="0.05"/> |

Recalculate Coefficients

Additional Modal Damping

☐ Include Additional Modal Damping

Modal Load Case:

☐ Maximum Considered Modal Frequency:

Modify/Show Modal Damping Parameters...

OK Cancel

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;

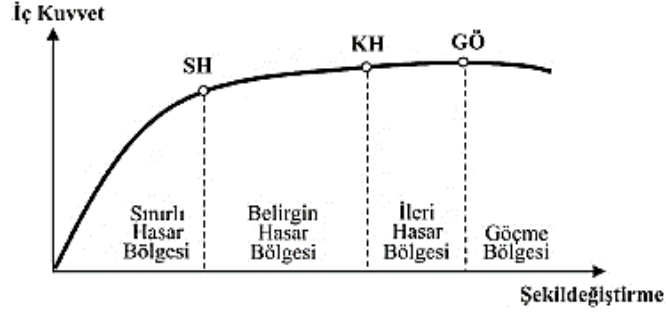
$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[ \left( \phi_u - \phi_y \right) L_p \left( 1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (4.2)$$

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)

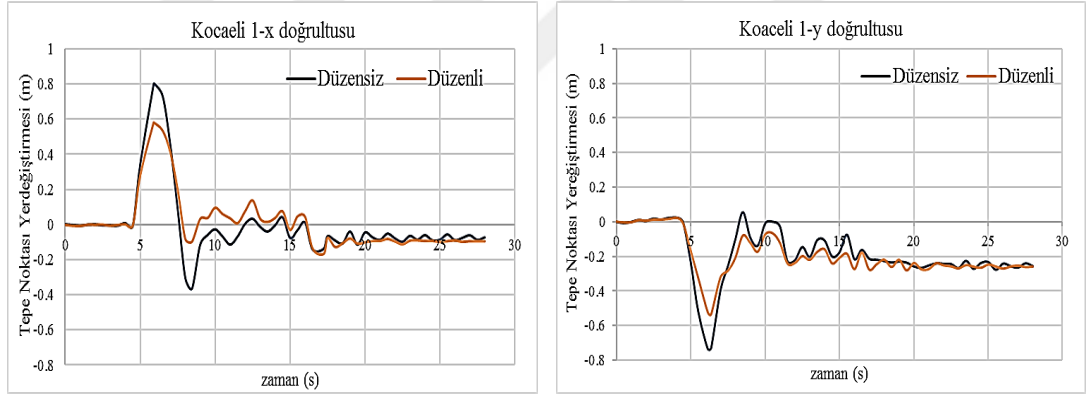
Modellenen yapı elemanlarının uç bölgeleri için tanımlanan plastik mafsal bölgelerinde, plastik dönme değerleri belirlenebilmektedir. Plastik dönme değerleri,  $\theta_p$ , Sap2000 programında Display>Show Tables-Element Output-Frame Hinge States sekmesi ile tablo halinde ulaşılmaktadır. Çalışma kapsamında donatı çeliği olarak nervürlü S220 donatı çeliği kullanılmıştır. Şekildeğiştirmeye göre hesap yaklaşımında mevcut binaların tasarımında kullanılan boyuna donatıların nervürlü seçilmesi halinde; yönetmelik gereğince donatılarda gözlenen birim şekildeğiştirme 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 yerdeğiştirmelerin incelenmesi

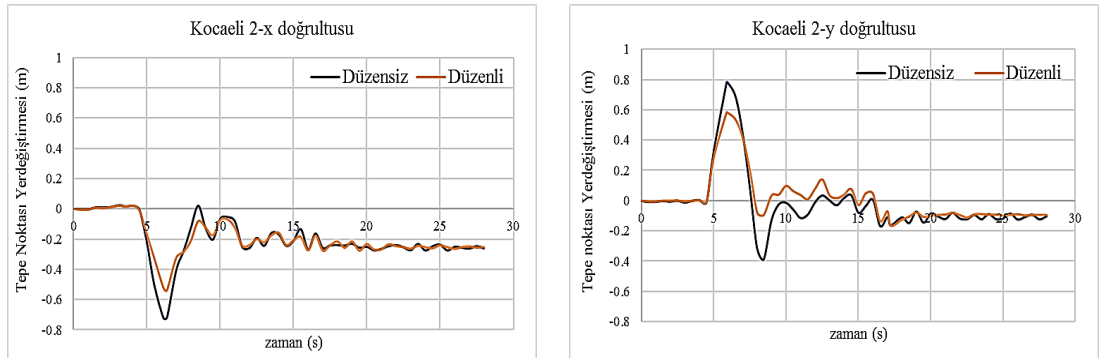
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile farklı deprem kayıtlarına bağlı olarak her bir yapı için 10 analiz sonucunda yerdeğiştirmeler elde edilmiştir. Bu yerdeğiştirmelerin deprem süresi boyunca zamana bağlı değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Tepe noktası yerdeğiştirmesi x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

yerdeşiştirmeleri şekil 4.36. ve şekil 4.45. arasında grafiksel olarak verilmiştir. Her iki doğrultuya göre yapıların yerdeğiştirme 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 yerdeğiştirmesi, x doğrultusunda 53 cm iken deprem bileşenleri döndürülerek yapılan 2 No'lu analiz sonucunda ise y doğrultusunda yine 53 cm yerdeğiştirme grlmştr. Düzenli Yapı simetrik bir plana sahip olduğundan deprem bileşenlerini doğrultusu değiştirildiğinde maksimum yerdeğiştirme aynı kalarak yalnızca yn değişirmiştir. Ancak Düzensiz Yapı modelinde ise ilk analiz sonucunda maksimum yerdeğiştirme x doğrultusunda 80 cm, 2 No'lu analiz sonucunda y doğrultusunda 78 cm olduğu grlmştr. Düzensiz Yapı'da tepe noktası yerdeğiştirmesi artmıştır. Plastik mafsalların yaklaşık olarak düzenli yapı modelinde 9. saniyede, düzensiz yapı modelinde ise 8. saniyede belirginleşmektedir.

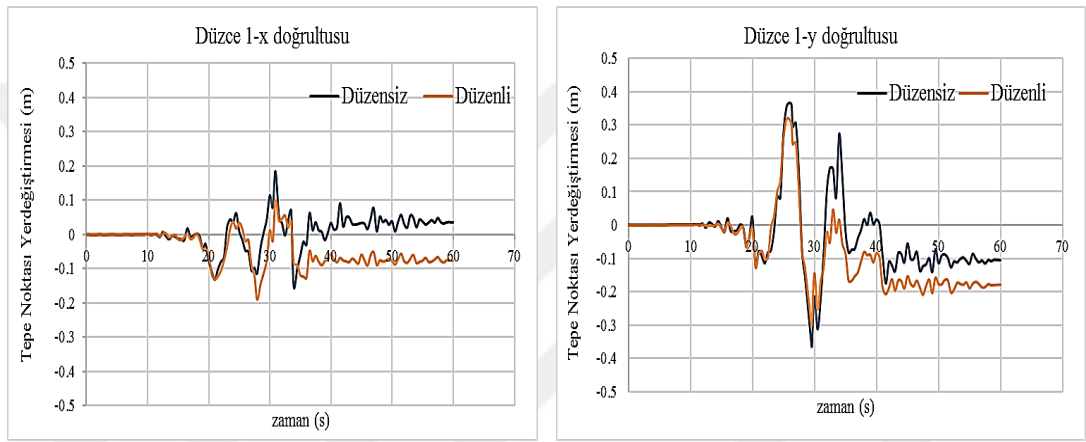


şekil 4.36. Kocaeli Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

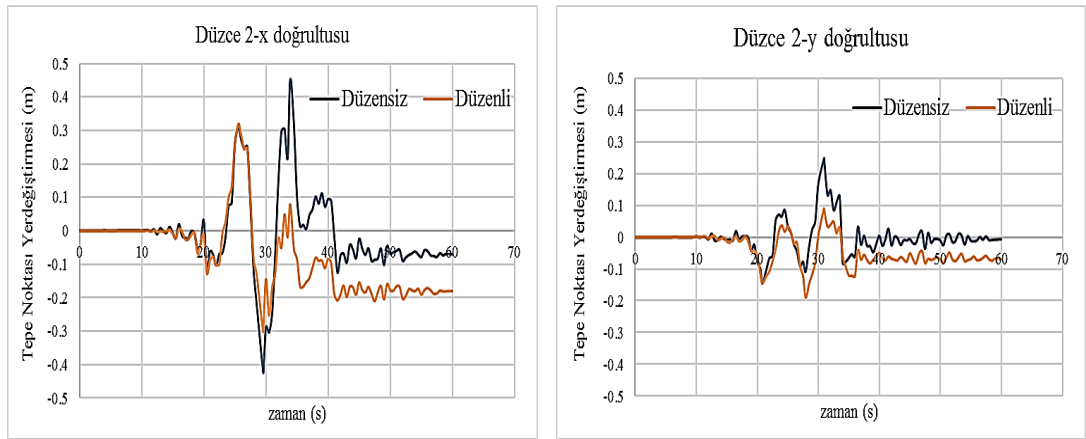


şekil 4.37. Kocaeli Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 4.38. ve Şekil 4.39. Düzce depremi altında tepe noktası yerdeğiştirmeleri Düzeli 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. Düzeli Yapı'ya göre her iki durumda da artış görölmüştür. Plastik mafsalların yaklaşık olarak düzeltili yapı modelinde 17. saniyede, düzensiz yapı modelinde ise 14. saniyede belirginleşmektedir.



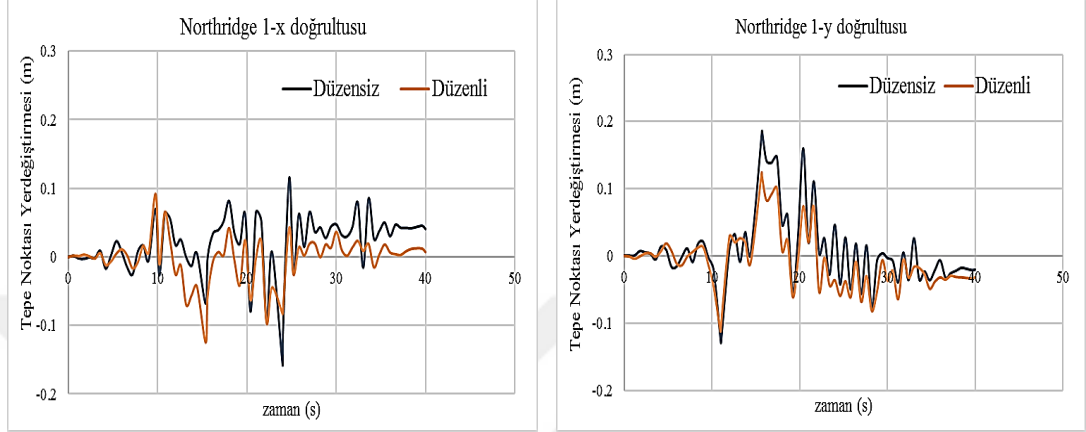
Şekil 4.38. Düzce Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği



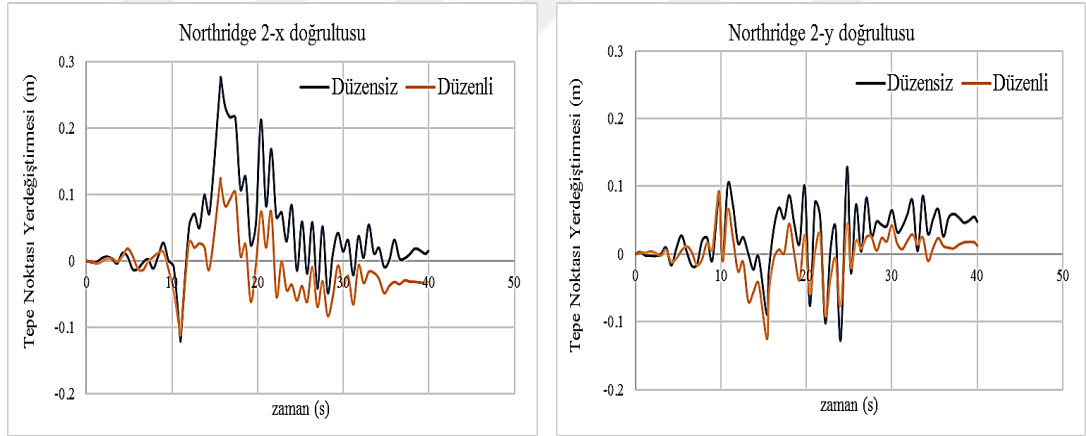
Şekil 4.39. Düzce Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

Northridge depremi altında en büyük tepe noktası yerdeğiştirmeleri Düzeli 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.)



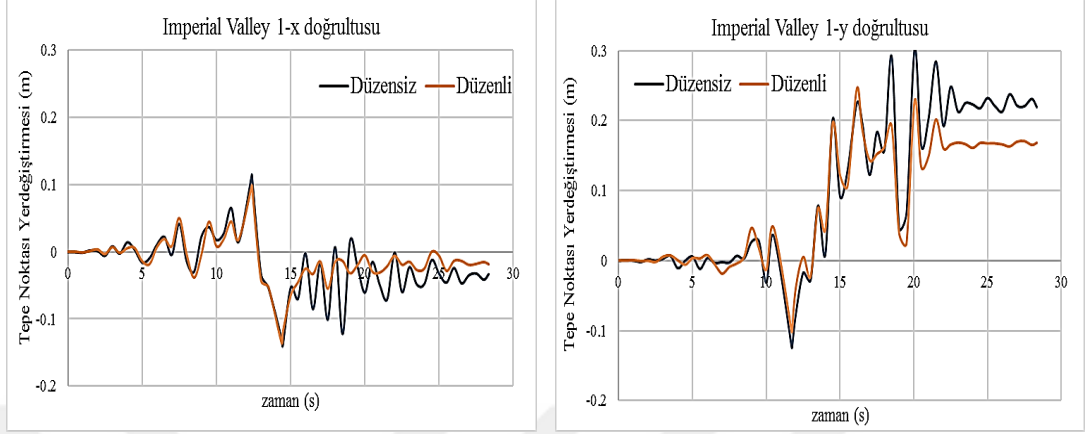
Şekil 4.40. Northridge, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği



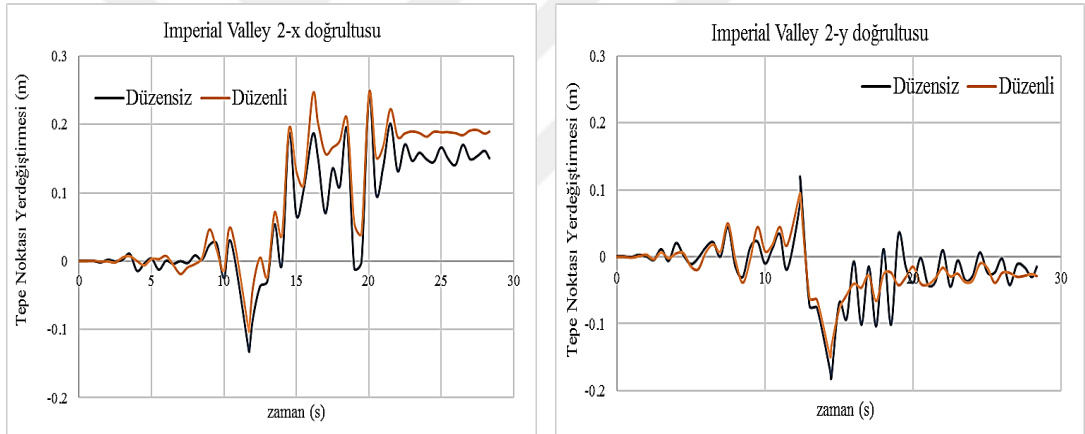
Şekil 4.41. Northridge, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

Imperial 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.).

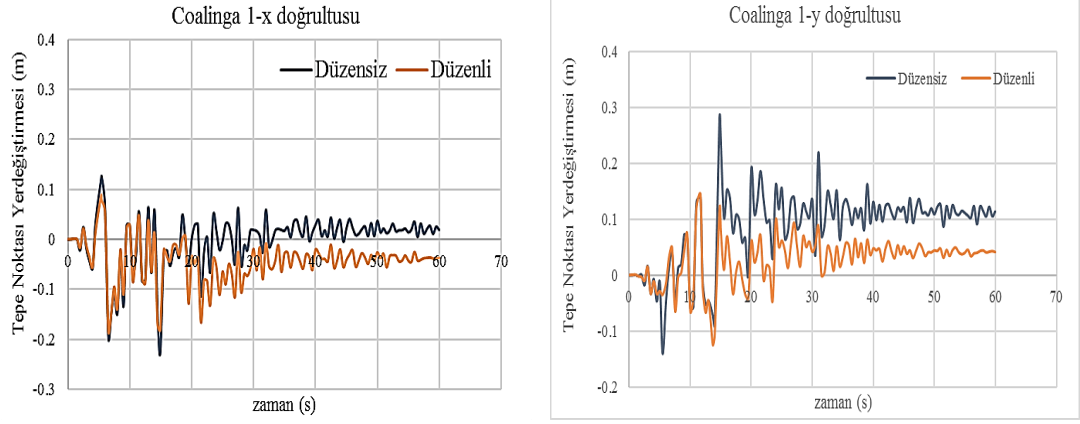


Şekil 4.42. Imperial Valley Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

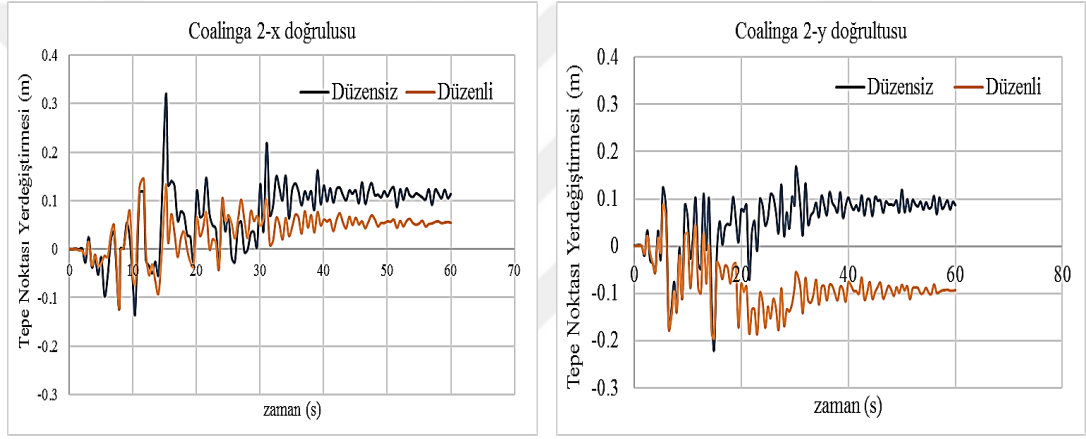


Şekil 4.43. Imperial Valley Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafiği

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 analiz sonucunda y doğrultusunda 28 cm, 2 No'lu analiz sonucunda ise x doğrultusunda 32 cm oluşmuştur. 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.

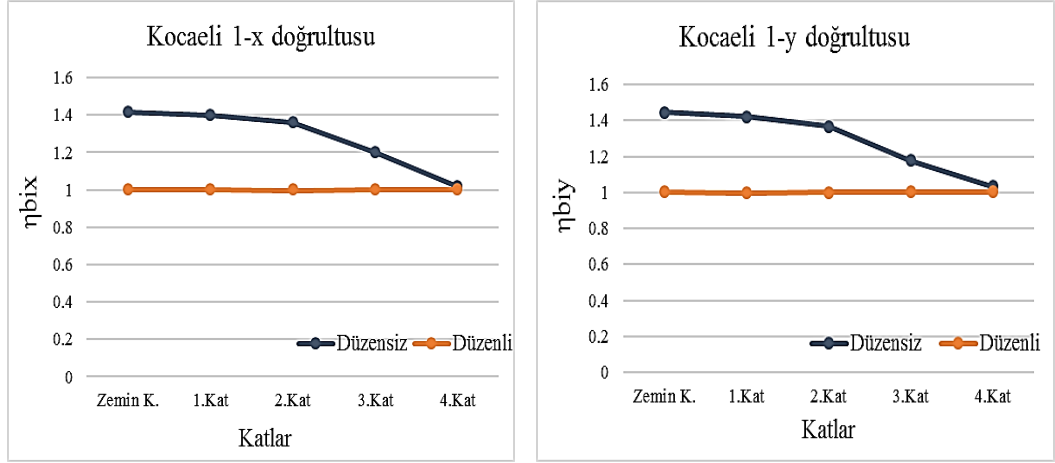
Tablo 4.6. Deprem etkisi altında X doğrultusuna göre burulma düzensizliği katsayısı

|                   |           |       |       |       |       |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 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 |

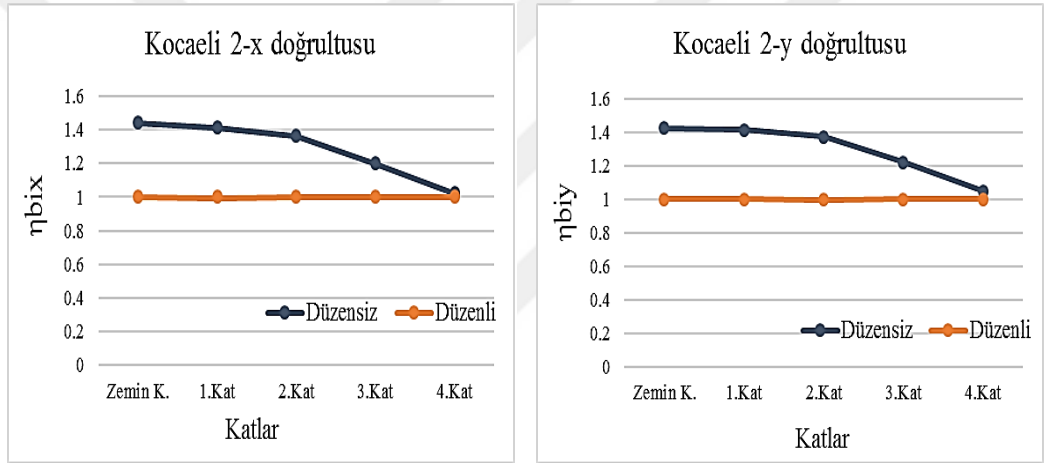
Tablo 4.7. Deprem etkisi altında Y doğrultusuna göre burulma düzensizliği katsayısı

|                   |           |       |       |       |       |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 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 |

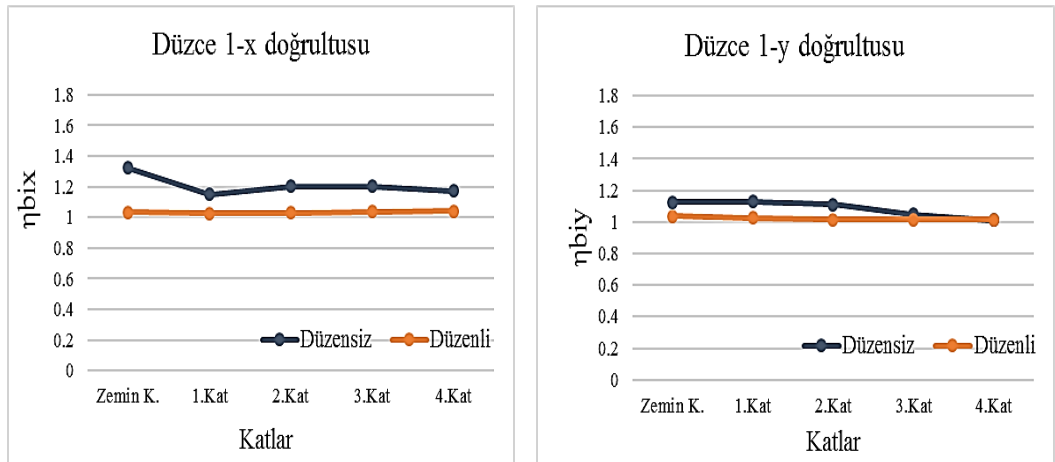
Perde duvarların plana düzensiz yerleştirilmesi kütle merkezi ve rijitlik merkezinin çakışmasını engellemektedir. Bu iki merkez arasında oluşan dışmerkezlilik etkisiyle, yapı deprem yönüne bağlı olarak ötelenirken, burulma momenti sebebiyle rijitlik merkezi etrafında dönme hareketinde bulunur. Bu durum 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-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip düzenli ve düzensiz yapıların burulma katsayıları karşılaştırılmıştır.



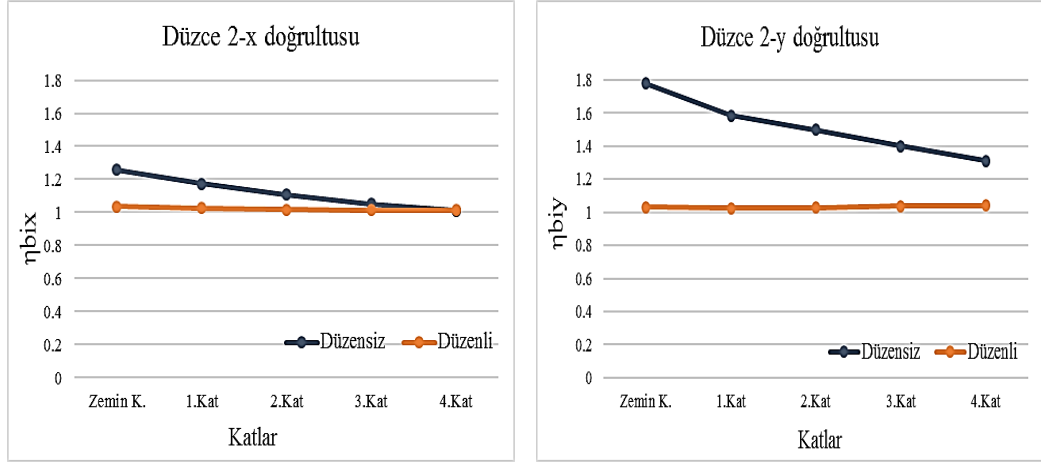
Şekil 4.46. Kocaeli Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



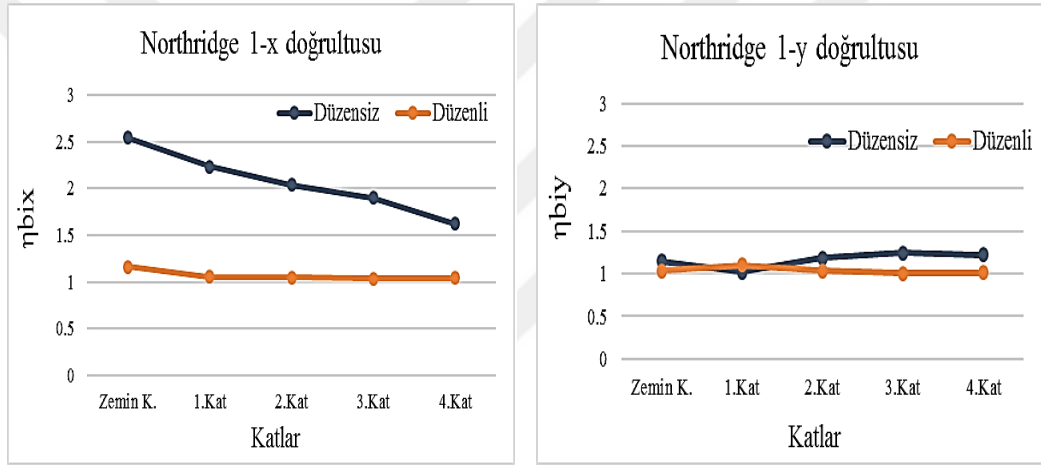
Şekil 4.47. Kocaeli Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



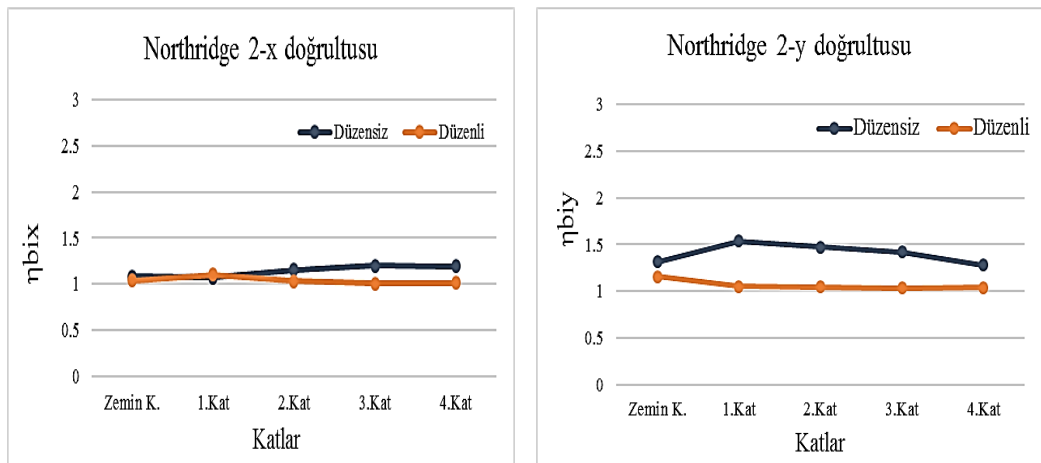
Şekil 4.48. Düzce Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



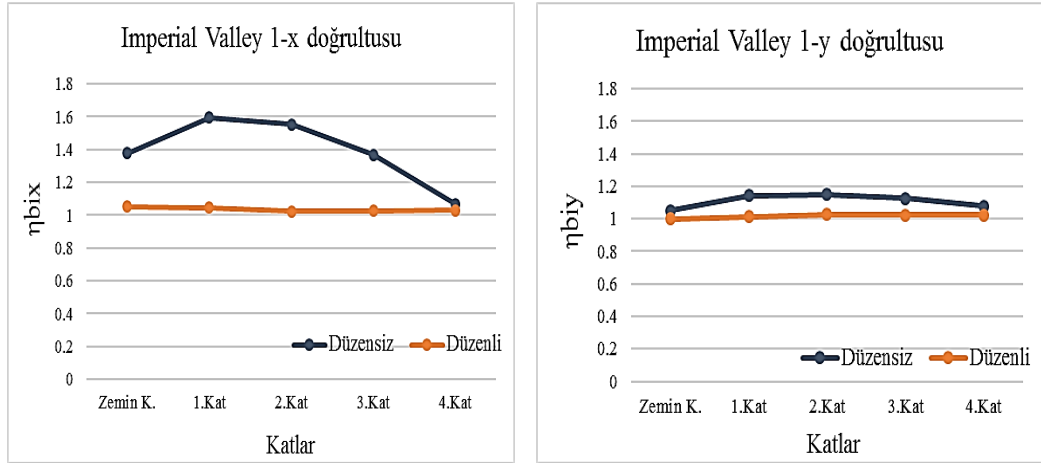
Şekil 4.49. Düzce Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



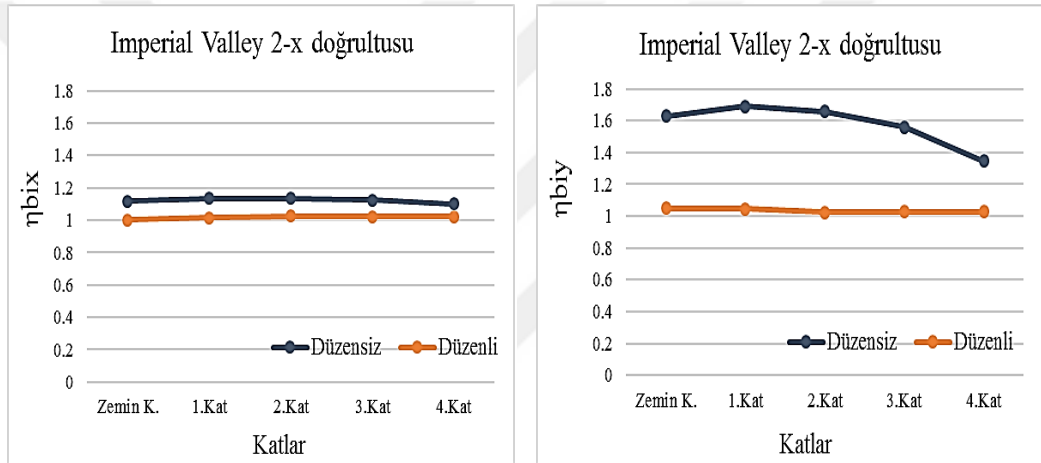
Şekil 4.50. Northridge Depremi, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



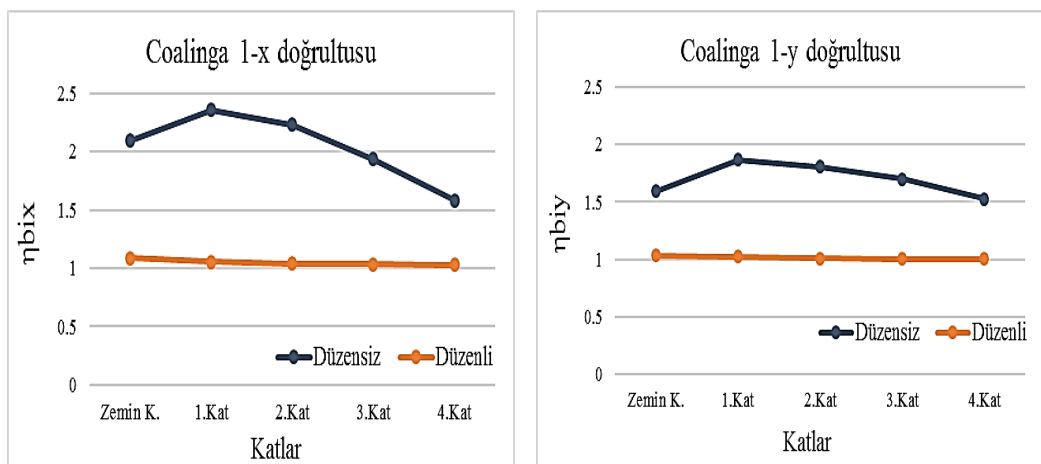
Şekil 4.51. Northridge Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



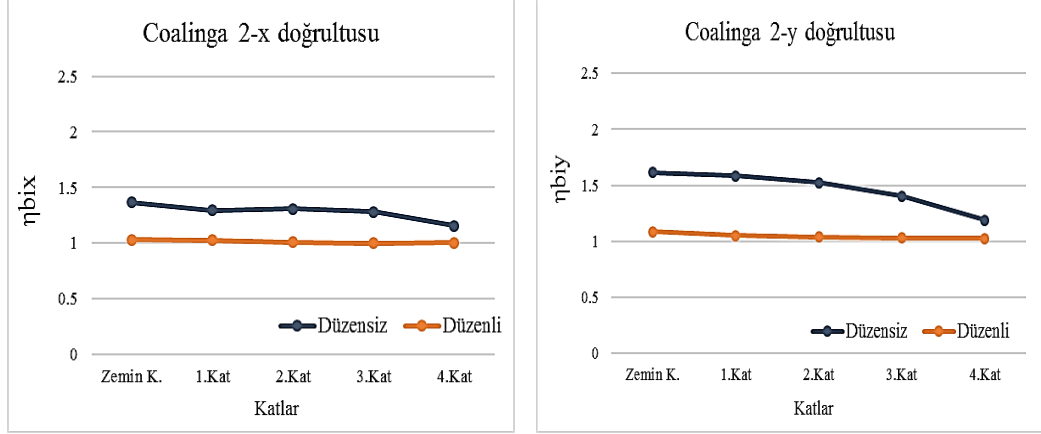
Şekil 4.52. Imperial Valley, 1 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları



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

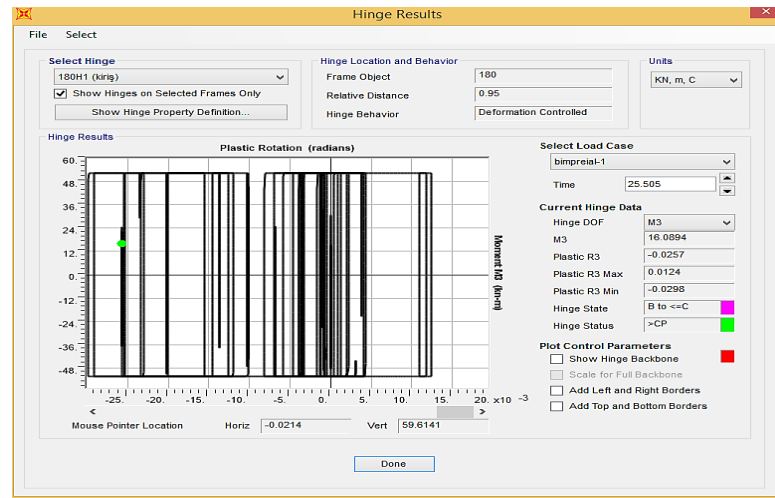


Şekil 4.55. Coalinga Depremi, 2 No'lu eşzamanlı yükleme etkisi altında burulma düzensizliği katsayıları

#### 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  $\theta_p$  değeri belirlenmiştir. Sonrasında bu değer 1,5 ile çarpılarak arttırılmıştır. 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 ulaşılabilir (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:

$$\theta_p^{(GÖ)} = 0,053$$

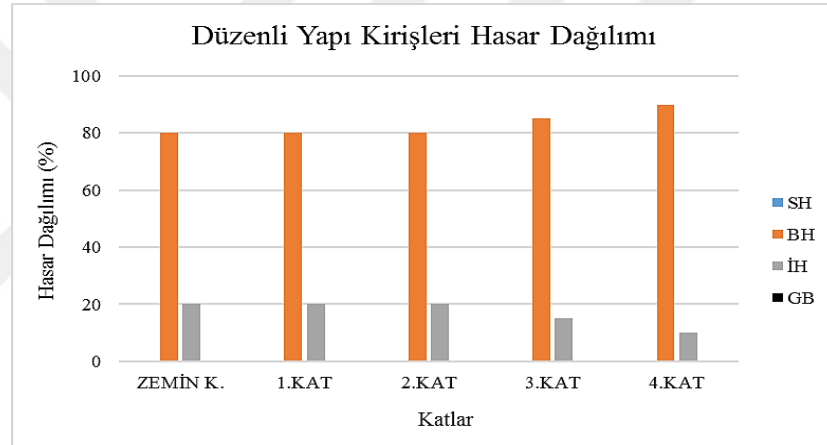
Örnek olarak detaylı hesabı gösterilen 180 No’lu kirişin H1 kesiti için ortalama ve arttırılmış plastik dönme değeri 0,040 ile 0,53 arasında olduğundan İleri Hasar Bölgesi’ndedir. H2 kesitinin ortalama ve arttırılmış plastik dönme değeri 0,0 ile 0,040 arasında olduğundan bu kesitin Belirgin Hasar Bölgesi’nde 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 yüzdelik olarak ifade edilmiştir.

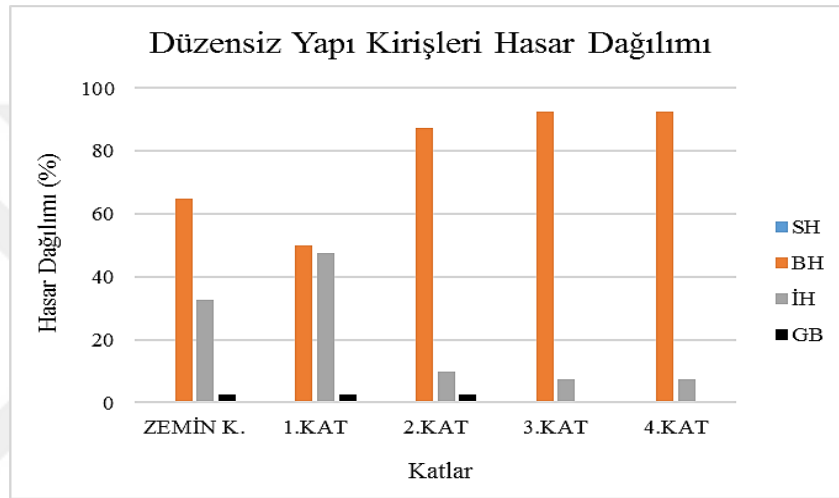


Şekil 4.57. Düzenli yapı kiriş hasar dağılımı (%)

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 yüzdelik 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%   |         |

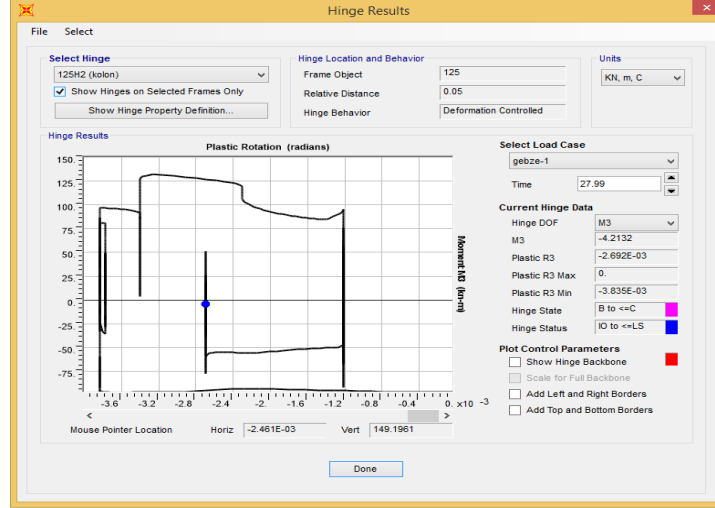


Şekil 4.58. Düzensiz yapı kiriş hasar dağılımı (%)

Düzensiz plana sahip perdeli-çerçeveli 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 ulaşılabilir.



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:

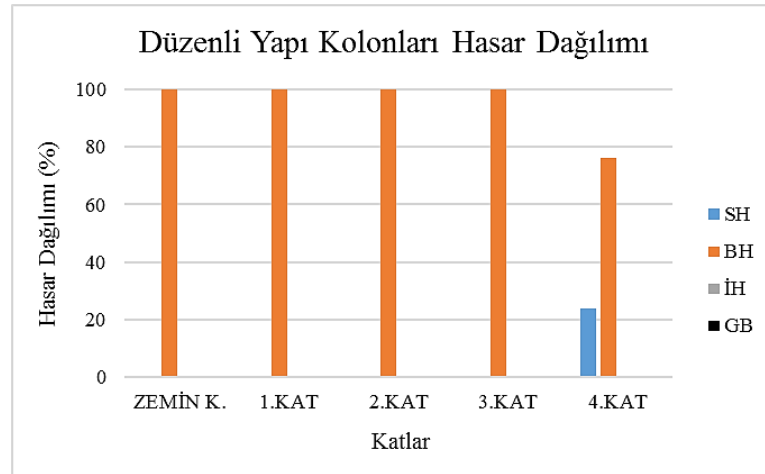
$$\theta_p^{(GÖ)} = 0,063$$

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 yüzdelerik değerler 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% |    |    |

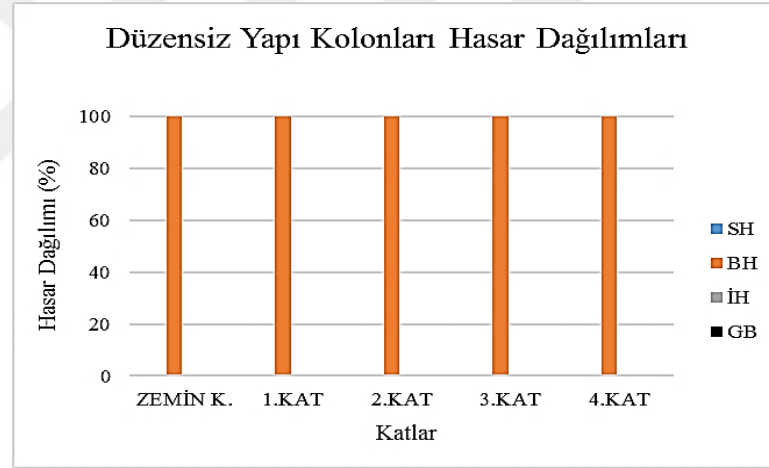


Şekil 4.60. Düzenli yapı kolon hasar dağılımı (%)

Tablo 4.11.'deki Düzensiz Yapı modelinde kolonların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmektedir. Planda düzensizlik bulunmasından dolayı aynı özellikte yapı elemanların sahip olmalarına rağmen yapılar arasında hasar farklılıkları bulunmaktadır. Şekil 4.61.'de hasar dağılımı yüzdelik değerler ile 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 belirlemiştir. 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.

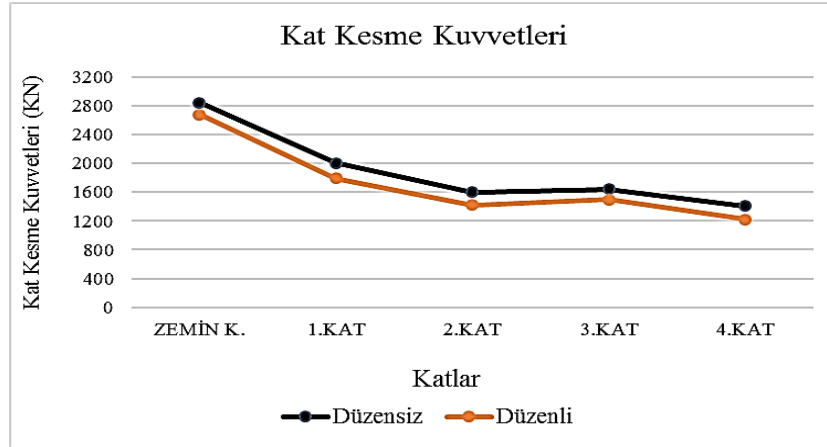
Tablo 4.12. Düzenli yapı perde hasar dağılımı

| 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 |                              |                              |                              |
|                                                                                         | $\Sigma V_{sh}/\Sigma V$ (%) | $\Sigma V_{bh}/\Sigma V$ (%) | $\Sigma V_{ih}/\Sigma V$ (%) |
| 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 |                              |                              |                              |
|                                                                                         | $\Sigma V_{sh}/\Sigma V$ (%) | $\Sigma V_{bh}/\Sigma V$ (%) | $\Sigma V_{ih}/\Sigma V$ (%) |
| 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 sünük 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 nervürlü 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-çerçevesi 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 dışmerkezlilik 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 göreceli 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 olduğundan 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. Çerçevesi ve perdeli çerçevesi 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                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 80H2           | 0,0219039            | 0,03285585               | BH                 |                     |
| 81               | 25x50             | 81H1           | 0,0306628            | 0,0459942                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 81H2           | 0,0299692            | 0,0449538                | İH                 |                     |
| 82               | 25x50             | 82H1           | 0,0301816            | 0,0452724                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 82H2           | 0,0304225            | 0,04563375               | İH                 |                     |
| 83               | 25x50             | 83H1           | 0,021964             | 0,032946                 | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 83H2           | 0,0214577            | 0,03218655               | BH                 |                     |
| 84               | 25x50             | 84H1           | 0,0217432            | 0,0326148                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 84H2           | 0,0221459            | 0,03321885               | BH                 |                     |
| 85               | 25x50             | 85H1           | 0,0218321            | 0,03274815               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 85H2           | 0,0218377            | 0,03275655               | BH                 |                     |
| 86               | 25x50             | 86H1           | 0,0218303            | 0,03274545               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 86H2           | 0,0218395            | 0,03275925               | BH                 |                     |
| 87               | 25x50             | 87H1           | 0,0221289            | 0,03319335               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 87H2           | 0,021762             | 0,032643                 | BH                 |                     |
| 88               | 25x50             | 88H1           | 0,0216843            | 0,03252645               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 88H2           | 0,0224873            | 0,03373095               | BH                 |                     |
| 89               | 25x50             | 89H1           | 0,0217704            | 0,0326556                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 89H2           | 0,0219102            | 0,0328653                | BH                 |                     |
| 90               | 25x50             | 90H1           | 0,0217818            | 0,0326727                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 90H2           | 0,0218964            | 0,0328446                | BH                 |                     |
| 91               | 25x50             | 91H1           | 0,0222496            | 0,0333744                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 91H2           | 0,0217969            | 0,03269535               | BH                 |                     |
| 92               | 25x50             | 92H1           | 0,0216537            | 0,03248055               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 92H2           | 0,0223623            | 0,03354345               | BH                 |                     |
| 93               | 25x50             | 93H1           | 0,0217398            | 0,0326097                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 93H2           | 0,0220194            | 0,0330291                | BH                 |                     |
| 94               | 25x50             | 94H1           | 0,0217468            | 0,0326202                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 94H2           | 0,0220136            | 0,0330204                | BH                 |                     |
| 95               | 25x50             | 95H1           | 0,0220684            | 0,0331026                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 95H2           | 0,0219322            | 0,0328983                | BH                 |                     |
| 96               | 25x50             | 96H1           | 0,0214445            | 0,03216675               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 96H2           | 0,0222766            | 0,0334149                | BH                 |                     |
| 97               | 25x50             | 97H1           | 0,0302583            | 0,04538745               | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 97H2           | 0,0302028            | 0,0453042                | İH                 |                     |
| 98               | 25x50             | 98H1           | 0,0299033            | 0,04485495               | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 98H2           | 0,0305928            | 0,0458892                | 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                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 53H2           | 0,0215182            | 0,0322773                | BH                 |                     |
| 63               | 25x50             | 63H1           | 0,0309674            | 0,0464511                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 63H2           | 0,0296767            | 0,04451505               | İH                 |                     |
| 68               | 25x50             | 68H1           | 0,029867             | 0,0448005                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 68H2           | 0,0307396            | 0,0461094                | İH                 |                     |
| 69               | 25x50             | 69H1           | 0,0218892            | 0,0328338                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 69H2           | 0,0209188            | 0,0313782                | BH                 |                     |
| 74               | 25x50             | 74H1           | 0,0214862            | 0,0322293                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 74H2           | 0,0218599            | 0,03278985               | BH                 |                     |
| 75               | 25x50             | 75H1           | 0,0217444            | 0,0326166                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 75H2           | 0,0213448            | 0,0320172                | BH                 |                     |
| 101              | 25x50             | 101H1          | 0,0216097            | 0,03241455               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 101H2          | 0,0214783            | 0,03221745               | BH                 |                     |
| 102              | 25x50             | 102H1          | 0,0221362            | 0,0332043                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 102H2          | 0,0212342            | 0,0318513                | BH                 |                     |
| 145              | 25x50             | 145H1          | 0,021554             | 0,032331                 | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 145H2          | 0,0223366            | 0,0335049                | BH                 |                     |
| 146              | 25x50             | 146H1          | 0,0217678            | 0,0326517                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 146H2          | 0,0215069            | 0,03226035               | BH                 |                     |
| 153              | 25x50             | 153H1          | 0,021698             | 0,032547                 | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 153H2          | 0,0215776            | 0,0323664                | BH                 |                     |
| 154              | 25x50             | 154H1          | 0,0225137            | 0,03377055               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 154H2          | 0,0213562            | 0,0320343                | BH                 |                     |
| 159              | 25x50             | 159H1          | 0,0216286            | 0,0324429                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 159H2          | 0,0221641            | 0,03324615               | BH                 |                     |
| 160              | 25x50             | 160H1          | 0,0218834            | 0,0328251                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 160H2          | 0,0216448            | 0,0324672                | BH                 |                     |
| 161              | 25x50             | 161H1          | 0,0217616            | 0,0326424                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 161H2          | 0,0217786            | 0,0326679                | BH                 |                     |
| 162              | 25x50             | 162H1          | 0,0222654            | 0,0333981                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 162H2          | 0,021519             | 0,0322785                | BH                 |                     |
| 163              | 25x50             | 163H1          | 0,0215247            | 0,03228705               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 163H2          | 0,0221008            | 0,0331512                | BH                 |                     |
| 164              | 25x50             | 164H1          | 0,0311755            | 0,04676325               | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 164H2          | 0,0301849            | 0,04527735               | İH                 |                     |
| 165              | 25x50             | 165H1          | 0,0301589            | 0,04523835               | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 165H2          | 0,0312048            | 0,0468072                | 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                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 220H2          | 0,0211103            | 0,03166545               | BH                 |                     |
| 221              | 25x50             | 221H1          | 0,0298712            | 0,0448068                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 221H2          | 0,0296732            | 0,0445098                | İH                 |                     |
| 222              | 25x50             | 222H1          | 0,0297311            | 0,04459665               | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 222H2          | 0,029862             | 0,044793                 | İH                 |                     |
| 223              | 25x50             | 223H1          | 0,0214085            | 0,03211275               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 223H2          | 0,0211176            | 0,0316764                | BH                 |                     |
| 224              | 25x50             | 224H1          | 0,0217059            | 0,03255885               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 224H2          | 0,0213068            | 0,0319602                | BH                 |                     |
| 225              | 25x50             | 225H1          | 0,0215573            | 0,03233595               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 225H2          | 0,0214177            | 0,03212655               | BH                 |                     |
| 226              | 25x50             | 226H1          | 0,0218706            | 0,0328059                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 226H2          | 0,0211092            | 0,0316638                | BH                 |                     |
| 227              | 25x50             | 227H1          | 0,0217761            | 0,03266415               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 227H2          | 0,0213263            | 0,03198945               | BH                 |                     |
| 228              | 25x50             | 228H1          | 0,0217191            | 0,03257865               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 228H2          | 0,0217421            | 0,03261315               | BH                 |                     |
| 229              | 25x50             | 229H1          | 0,0216933            | 0,03253995               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 229H2          | 0,0215318            | 0,0322977                | BH                 |                     |
| 230              | 25x50             | 230H1          | 0,0219396            | 0,0329094                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 230H2          | 0,0212947            | 0,03194205               | BH                 |                     |
| 231              | 25x50             | 231H1          | 0,022145             | 0,0332175                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 231H2          | 0,0214499            | 0,03217485               | BH                 |                     |
| 232              | 25x50             | 232H1          | 0,0218921            | 0,03283815               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 232H2          | 0,0215879            | 0,03238185               | BH                 |                     |
| 233              | 25x50             | 233H1          | 0,0217214            | 0,0325821                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 233H2          | 0,0217019            | 0,03255285               | BH                 |                     |
| 234              | 25x50             | 234H1          | 0,022019             | 0,0330285                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 234H2          | 0,0213856            | 0,0320784                | BH                 |                     |
| 235              | 25x50             | 235H1          | 0,021915             | 0,0328725                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 235H2          | 0,0215716            | 0,0323574                | BH                 |                     |
| 236              | 25x50             | 236H1          | 0,0217607            | 0,03264105               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 236H2          | 0,0215533            | 0,03232995               | BH                 |                     |
| 237              | 25x50             | 237H1          | 0,0304667            | 0,04570005               | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 237H2          | 0,0302818            | 0,0454227                | İH                 |                     |
| 238              | 25x50             | 238H1          | 0,0302008            | 0,0453012                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 238H2          | 0,0303405            | 0,04551075               | İH                 |                     |
| 239              | 25x50             | 239H1          | 0,0217314            | 0,0325971                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 239H2          | 0,0215664            | 0,0323496                | 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                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 293H2          | 0,0167507            | 0,02512605               | BH                 |                     |
| 294              | 25x50             | 294H1          | 0,0279668            | 0,0419502                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 294H2          | 0,0136198            | 0,0204297                | BH                 |                     |
| 295              | 25x50             | 295H1          | 0,0138888            | 0,0208332                | BH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 295H2          | 0,0279529            | 0,04192935               | İH                 |                     |
| 296              | 25x50             | 296H1          | 0,0163825            | 0,02457375               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 296H2          | 0,0074996            | 0,0112494                | BH                 |                     |
| 297              | 25x50             | 297H1          | 0,0089612            | 0,0134418                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 297H2          | 0,0169915            | 0,02548725               | BH                 |                     |
| 298              | 25x50             | 298H1          | 0,0128728            | 0,0193092                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 298H2          | 0,0101035            | 0,01515525               | BH                 |                     |
| 299              | 25x50             | 299H1          | 0,0097352            | 0,0146028                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 299H2          | 0,0123739            | 0,01856085               | BH                 |                     |
| 300              | 25x50             | 300H1          | 0,0170433            | 0,02556495               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 300H2          | 0,007904             | 0,011856                 | BH                 |                     |
| 301              | 25x50             | 301H1          | 0,0086592            | 0,0129888                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 301H2          | 0,0190283            | 0,02854245               | BH                 |                     |
| 302              | 25x50             | 302H1          | 0,011062             | 0,016593                 | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 302H2          | 0,0095619            | 0,01434285               | BH                 |                     |
| 303              | 25x50             | 303H1          | 0,0082231            | 0,01233465               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 303H2          | 0,0109488            | 0,0164232                | BH                 |                     |
| 304              | 25x50             | 304H1          | 0,0194512            | 0,0291768                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 304H2          | 0,0082909            | 0,01243635               | BH                 |                     |
| 305              | 25x50             | 305H1          | 0,0076216            | 0,0114324                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 305H2          | 0,0167531            | 0,02512965               | BH                 |                     |
| 306              | 25x50             | 306H1          | 0,0131837            | 0,01977555               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 306H2          | 0,0097172            | 0,0145758                | BH                 |                     |
| 307              | 25x50             | 307H1          | 0,0088055            | 0,01320825               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 307H2          | 0,0130168            | 0,0195252                | BH                 |                     |
| 308              | 25x50             | 308H1          | 0,0178561            | 0,02678415               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 308H2          | 0,0082229            | 0,01233435               | BH                 |                     |
| 309              | 25x50             | 309H1          | 0,0069517            | 0,01042755               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 309H2          | 0,0168587            | 0,02528805               | BH                 |                     |
| 310              | 25x50             | 310H1          | 0,0284077            | 0,04261155               | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 310H2          | 0,012499             | 0,0187485                | BH                 |                     |
| 311              | 25x50             | 311H1          | 0,0129193            | 0,01937895               | BH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 311H2          | 0,0283978            | 0,0425967                | İH                 |                     |
| 312              | 25x50             | 312H1          | 0,0178323            | 0,02674845               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 312H2          | 0,006429             | 0,0096435                | 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 Mafsal | Plastik Dönme Talebi | Arttırılmış Dönme Talebi | Kesit Hasar Durumu | Eleman Hasar Durumu |
| 41                  | 40X40             | 41H1           | 0,0002085            | 0,00031275               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 41H2           | 0,0169276            | 0,0253914                | BH                 |                     |
| 42                  | 40X40             | 42H1           | 0,0001557            | 0,00023355               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 42H2           | 0,0169576            | 0,0254364                | BH                 |                     |
| 43                  | 40X40             | 43H1           | 0,0002926            | 0,0004389                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 43H2           | 0,0172084            | 0,0258126                | BH                 |                     |
| 44                  | 40X40             | 44H1           | 0,0002466            | 0,0003699                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 44H2           | 0,01672              | 0,02508                  | BH                 |                     |
| 45                  | 40X40             | 45H1           | 0,0001104            | 0,0001656                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 45H2           | 0,0165234            | 0,0247851                | BH                 |                     |
| 46                  | 40X40             | 46H1           | 0,0000522            | 0,0000783                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 46H2           | 0,0162228            | 0,0243342                | BH                 |                     |
| 47                  | 40X40             | 47H1           | 0,0000538            | 0,0000807                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 47H2           | 0,0166114            | 0,0249171                | BH                 |                     |
| 48                  | 40X40             | 48H1           | 0,0000595            | 0,00008925               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 48H2           | 0,0163947            | 0,02459205               | BH                 |                     |
| 49                  | 40X40             | 49H1           | 0,0001999            | 0,00029985               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 49H2           | 0,0164477            | 0,02467155               | BH                 |                     |
| 50                  | 40X40             | 50H1           | 0,0000556            | 0,0000834                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 50H2           | 0,0161825            | 0,02427375               | BH                 |                     |
| 51                  | 40X40             | 51H1           | 0,0000646            | 0,0000969                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 51H2           | 0,0160737            | 0,02411055               | BH                 |                     |
| 52                  | 40X40             | 52H1           | 0,0000576            | 0,0000864                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 52H2           | 0,0161574            | 0,0242361                | BH                 |                     |
| 54                  | 40X40             | 54H1           | 0,0000953            | 0,00014295               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 54H2           | 0,0161078            | 0,0241617                | BH                 |                     |
| 55                  | 40X40             | 55H1           | 0,0000623            | 0,00009345               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 55H2           | 0,0159662            | 0,0239493                | BH                 |                     |
| 56                  | 40X40             | 56H1           | 0,0000588            | 0,0000882                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 56H2           | 0,0161326            | 0,0241989                | BH                 |                     |
| 57                  | 40X40             | 57H1           | 0,0000757            | 0,00011355               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 57H2           | 0,0161253            | 0,02418795               | BH                 |                     |
| 58                  | 40X40             | 58H1           | 0,0001169            | 0,00017535               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 58H2           | 0,0162954            | 0,0244431                | BH                 |                     |
| 59                  | 40X40             | 59H1           | 0,0001151            | 0,00017265               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 59H2           | 0,0162061            | 0,02430915               | BH                 |                     |
| 60                  | 40X40             | 60H1           | 0,0002285            | 0,00034275               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 60H2           | 0,0162273            | 0,02434095               | BH                 |                     |
| 61                  | 40X40             | 61H1           | 0,0002207            | 0,00033105               | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 61H2           | 0,0163862            | 0,0245793                | BH                 |                     |
| 62                  | 40X40             | 62H1           | 0,0000544            | 0,0000816                | BH                 | BH                  |
|                     | 40X40             | 62H2           | 0,016077             | 0,0241155                | 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                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 187H2          | 0,0000098            | 0,0000147                | BH                 |                     |
| 188              | 40X40             | 188H1          | 0,0001631            | 0,00024465               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 188H2          | 0,0000478            | 0,0000717                | BH                 |                     |
| 189              | 40X40             | 189H1          | 0,0001207            | 0,00018105               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 189H2          | 0,0000272            | 0,0000408                | BH                 |                     |
| 190              | 40X40             | 190H1          | 0,0000085            | 0,00001275               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 190H2          | 0,0000189            | 0,00002835               | BH                 |                     |
| 191              | 40X40             | 191H1          | 0,0000281            | 0,00004215               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 191H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 192              | 40X40             | 192H1          | 0,0001758            | 0,0002637                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 192H2          | 0,0000093            | 0,00001395               | BH                 |                     |
| 193              | 40X40             | 193H1          | 0,0001523            | 0,00022845               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 193H2          | 0,000018             | 0,000027                 | BH                 |                     |
| 194              | 40X40             | 194H1          | 7,23183E-05          | 0,000108477              | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 194H2          | 0,0000235            | 0,00003525               | BH                 |                     |
| 195              | 40X40             | 195H1          | 0,0003872            | 0,0005808                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 195H2          | 0,0000207            | 0,00003105               | BH                 |                     |
| 196              | 40X40             | 196H1          | 0,0001142            | 0,0001713                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 196H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 197              | 40X40             | 197H1          | 0,000085             | 0,0001275                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 197H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 198              | 40X40             | 198H1          | 0,0001128            | 0,0001692                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 198H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 199              | 40X40             | 199H1          | 0,0004655            | 0,00069825               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 199H2          | 0,0000532            | 0,0000798                | BH                 |                     |
| 200              | 40X40             | 200H1          | 0,0000756            | 0,0001134                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 200H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 201              | 40X40             | 201H1          | 0,0000774            | 0,0001161                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 201H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 202              | 40X40             | 202H1          | 0,0000734            | 0,0001101                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 202H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 203              | 40X40             | 203H1          | 0,000347             | 0,0005205                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 203H2          | 0,0000422            | 0,0000633                | BH                 |                     |
| 204              | 40X40             | 204H1          | 0,0001107            | 0,00016605               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 204H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 205              | 40X40             | 205H1          | 0,0000836            | 0,0001254                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 205H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 206              | 40X40             | 206H1          | 0,0001098            | 0,0001647                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 206H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 207              | 40X40             | 207H1          | 0,0004084            | 0,0006126                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 207H2          | 0,0000575            | 0,00008625               | 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                 |                     |
|                  | 40X40             | 261H1          | 0,0043586            | 0,0065379                | BH                 |                     |
| 261              | 40X40             | 261H2          | 0,00002              | 0,00003                  | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 262H1          | 0,0057677            | 0,00865155               | BH                 |                     |
| 262              | 40X40             | 262H2          | 2,00346E-05          | 3,00519E-05              | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 263H1          | 0,003385             | 0,0050775                | BH                 |                     |
| 263              | 40X40             | 263H2          | 0                    | 0                        | SH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 264H1          | 0,0034791            | 0,00521865               | BH                 |                     |
| 264              | 40X40             | 264H2          | 0                    | 0                        | SH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 265H1          | 0,0049996            | 0,0074994                | BH                 |                     |
| 265              | 40X40             | 265H2          | 2,20413E-05          | 3,3062E-05               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 266H1          | 0,0044685            | 0,00670275               | BH                 |                     |
| 266              | 40X40             | 266H2          | 3,50075E-05          | 5,25113E-05              | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 267H1          | 0,0030091            | 0,00451365               | BH                 |                     |
| 267              | 40X40             | 267H2          | 0                    | 0                        | SH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 268H1          | 0,0212158            | 0,0318237                | BH                 |                     |
| 268              | 40X40             | 268H2          | 0,0001652            | 0,0002478                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 269H1          | 0,0196299            | 0,02944485               | BH                 |                     |
| 269              | 40X40             | 269H2          | 1,31486E-05          | 1,97229E-05              | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 270H1          | 0,0192603            | 0,02889045               | BH                 |                     |
| 270              | 40X40             | 270H2          | 0,0000223            | 0,00003345               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 271H1          | 0,0193476            | 0,0290214                | BH                 |                     |
| 271              | 40X40             | 271H2          | 0,0000205            | 0,00003075               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 272H1          | 0,0218911            | 0,03283665               | BH                 |                     |
| 272              | 40X40             | 272H2          | 0,0001533            | 0,00022995               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 273H1          | 0,0119868            | 0,0179802                | BH                 |                     |
| 273              | 40X40             | 273H2          | 0,0000263            | 0,00003945               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 274H1          | 0,0133206            | 0,0199809                | BH                 |                     |
| 274              | 40X40             | 274H2          | 0,0000294            | 0,0000441                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 275H1          | 0,0112296            | 0,0168444                | BH                 |                     |
| 275              | 40X40             | 275H2          | 1,89986E-05          | 2,84979E-05              | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 276H1          | 0,0242226            | 0,0363339                | BH                 |                     |
| 276              | 40X40             | 276H2          | 0,0003001            | 0,00045015               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 277H1          | 0,0196237            | 0,02943555               | BH                 |                     |
| 277              | 40X40             | 277H2          | 0,0000237            | 0,00003555               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 278H1          | 0,018497             | 0,0277455                | BH                 |                     |
| 278              | 40X40             | 278H2          | 0,0000171            | 0,00002565               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 279H1          | 0,0190672            | 0,0286008                | BH                 |                     |
| 279              | 40X40             | 279H2          | 0,0000241            | 0,00003615               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 280H1          | 0,02172              | 0,03258                  | BH                 |                     |
| 280              | 40X40             | 280H2          | 0,0003008            | 0,0004512                | BH                 | 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                 | SH                  |
|                  | 40X40             | 333H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 334              | 40X40             | 334H1          | 0,0000985            | 0,00014775               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 334H2          | 0,0000204            | 0,0000306                | BH                 |                     |
| 335              | 40X40             | 335H1          | 6,11564E-05          | 9,17346E-05              | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 335H2          | 0,0000023            | 0,00000345               | BH                 |                     |
| 336              | 40X40             | 336H1          | 0                    | 0                        | SH                 | SH                  |
|                  | 40X40             | 336H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 337              | 40X40             | 337H1          | 0                    | 0                        | SH                 | SH                  |
|                  | 40X40             | 337H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 338              | 40X40             | 338H1          | 6,36179E-05          | 9,54269E-05              | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 338H2          | 0,0000175            | 0,00002625               | BH                 |                     |
| 339              | 40X40             | 339H1          | 7,10413E-05          | 0,000106562              | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 339H2          | 0,0000173            | 0,00002595               | BH                 |                     |
| 340              | 40X40             | 340H1          | 0                    | 0                        | SH                 | SH                  |
|                  | 40X40             | 340H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 341              | 40X40             | 341H1          | 0,0004255            | 0,00063825               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 341H2          | 0,0000533            | 0,00007995               | BH                 |                     |
| 342              | 40X40             | 342H1          | 0,0000924            | 0,0001386                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 342H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 343              | 40X40             | 343H1          | 0,0000096            | 0,0000144                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 343H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 344              | 40X40             | 344H1          | 0,0000673            | 0,00010095               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 344H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 345              | 40X40             | 345H1          | 0,0004598            | 0,0006897                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 345H2          | 0,0000937            | 0,00014055               | BH                 |                     |
| 346              | 40X40             | 346H1          | 0,0000125            | 0,00001875               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 346H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 347              | 40X40             | 347H1          | 0                    | 0                        | SH                 | SH                  |
|                  | 40X40             | 347H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 348              | 40X40             | 348H1          | 0,0000081            | 0,00001215               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 348H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 349              | 40X40             | 349H1          | 0,0003795            | 0,00056925               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 349H2          | 0,0000947            | 0,00014205               | BH                 |                     |
| 350              | 40X40             | 350H1          | 0,0000753            | 0,00011295               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 350H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 351              | 40X40             | 351H1          | 0,0000089            | 0,00001335               | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 351H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 352              | 40X40             | 352H1          | 0,0000582            | 0,0000873                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 352H2          | 0                    | 0                        | SH                 |                     |
| 353              | 40X40             | 353H1          | 0,000397             | 0,0005955                | BH                 | BH                  |
|                  | 40X40             | 353H2          | 0,0000244            | 0,0000366                | 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 Mafsal | Plastik Dönme Talebi | Arttırılmış Dönme Talebi | Kesit Hasar Durumu | Eleman Hasar Durumu |
| 1                              | 25x50             | 1H1            | 0,0297967            | 0,04469505               | İH                 | İH                  |
|                                | 25x50             | 1H2            | 0,0302673            | 0,04540095               | İH                 |                     |
| 2                              | 25x50             | 2H1            | 0,0297103            | 0,04456545               | İH                 | İH                  |
|                                | 25x50             | 2H2            | 0,0298949            | 0,04484235               | İH                 |                     |
| 3                              | 25x50             | 3H1            | 0,029615             | 0,0444225                | İH                 | İH                  |
|                                | 25x50             | 3H2            | 0,0297162            | 0,0445743                | İH                 |                     |
| 4                              | 25x50             | 4H1            | 0,0297764            | 0,0446646                | İH                 | İH                  |
|                                | 25x50             | 4H2            | 0,0297636            | 0,0446454                | İH                 |                     |
| 5                              | 25x50             | 5H1            | 0,0263449            | 0,03951735               | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 5H2            | 0,0259865            | 0,03897975               | BH                 |                     |
| 6                              | 25x50             | 6H1            | 0,0262792            | 0,0394188                | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 6H2            | 0,0255831            | 0,03837465               | BH                 |                     |
| 7                              | 25x50             | 7H1            | 0,0261882            | 0,0392823                | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 7H2            | 0,0255231            | 0,03828465               | BH                 |                     |
| 8                              | 25x50             | 8H1            | 0,0265353            | 0,03980295               | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 8H2            | 0,0254851            | 0,03822765               | BH                 |                     |
| 9                              | 25x50             | 9H1            | 0,0355281            | 0,05329215               | GB                 | GB                  |
|                                | 25x50             | 9H2            | 0,0348837            | 0,05232555               | İH                 |                     |
| 10                             | 25x50             | 10H1           | 0,0227406            | 0,0341109                | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 10H2           | 0,0218094            | 0,0327141                | BH                 |                     |
| 11                             | 25x50             | 11H1           | 0,0226761            | 0,03401415               | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 11H2           | 0,0217751            | 0,03266265               | BH                 |                     |
| 12                             | 25x50             | 12H1           | 0,0230536            | 0,0345804                | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 12H2           | 0,0217341            | 0,03260115               | BH                 |                     |
| 13                             | 25x50             | 13H1           | 0,0200017            | 0,03000255               | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 13H2           | 0,0187605            | 0,02814075               | BH                 |                     |
| 14                             | 25x50             | 14H1           | 0,0196606            | 0,0294909                | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 14H2           | 0,0186966            | 0,0280449                | BH                 |                     |
| 15                             | 25x50             | 15H1           | 0,0196573            | 0,02948595               | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 15H2           | 0,0184938            | 0,0277407                | BH                 |                     |
| 16                             | 25x50             | 16H1           | 0,0200369            | 0,03005535               | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 16H2           | 0,0184774            | 0,0277161                | BH                 |                     |
| 17                             | 25x50             | 17H1           | 0,027506             | 0,041259                 | İH                 | İH                  |
|                                | 25x50             | 17H2           | 0,0260341            | 0,03905115               | BH                 |                     |
| 18                             | 25x50             | 18H1           | 0,0171547            | 0,02573205               | BH                 | BH                  |
|                                | 25x50             | 18H2           | 0,0165911            | 0,02488665               | BH                 |                     |

Tablo A.4. (Devamı)

|    |       |      |           |            |    |    |
|----|-------|------|-----------|------------|----|----|
| 19 | 25x50 | 19H1 | 0,0170323 | 0,02554845 | BH | BH |
|    | 25x50 | 19H2 | 0,0159379 | 0,02390685 | BH |    |
| 20 | 25x50 | 20H1 | 0,017419  | 0,0261285  | BH | BH |
|    | 25x50 | 20H2 | 0,0158981 | 0,02384715 | BH |    |
| 21 | 25x50 | 21H1 | 0,0249997 | 0,03749955 | BH | BH |
|    | 25x50 | 21H2 | 0,0255582 | 0,0383373  | BH |    |
| 22 | 25x50 | 22H1 | 0,021722  | 0,032583   | BH | BH |
|    | 25x50 | 22H2 | 0,0223662 | 0,0335493  | BH |    |
| 23 | 25x50 | 23H1 | 0,0192389 | 0,02885835 | BH | BH |
|    | 25x50 | 23H2 | 0,018796  | 0,028194   | BH |    |
| 24 | 25x50 | 24H1 | 0,016936  | 0,025404   | BH | BH |
|    | 25x50 | 24H2 | 0,0157905 | 0,02368575 | BH |    |
| 25 | 25x50 | 25H1 | 0,0255499 | 0,03832485 | BH | BH |
|    | 25x50 | 25H2 | 0,025809  | 0,0387135  | BH |    |
| 26 | 25x50 | 26H1 | 0,0255331 | 0,03829965 | BH | BH |
|    | 25x50 | 26H2 | 0,0251164 | 0,0376746  | BH |    |
| 27 | 25x50 | 27H1 | 0,0189178 | 0,0283767  | BH | BH |
|    | 25x50 | 27H2 | 0,0182387 | 0,02735805 | BH |    |
| 28 | 25x50 | 28H1 | 0,0193143 | 0,02897145 | BH | BH |
|    | 25x50 | 28H2 | 0,0182999 | 0,02744985 | BH |    |
| 29 | 25x50 | 29H1 | 0,0221693 | 0,03325395 | BH | BH |
|    | 25x50 | 29H2 | 0,0223746 | 0,0335619  | BH |    |
| 30 | 25x50 | 30H1 | 0,0221575 | 0,03323625 | BH | BH |
|    | 25x50 | 30H2 | 0,0218628 | 0,0327942  | BH |    |
| 31 | 25x50 | 31H1 | 0,0221462 | 0,0332193  | BH | BH |
|    | 25x50 | 31H2 | 0,0218486 | 0,0327729  | BH |    |
| 32 | 25x50 | 32H1 | 0,0225107 | 0,03376605 | BH | BH |
|    | 25x50 | 32H2 | 0,0218154 | 0,0327231  | BH |    |
| 33 | 25x50 | 33H1 | 0,0267157 | 0,04007355 | İH | İH |
|    | 25x50 | 33H2 | 0,0269428 | 0,0404142  | İH |    |
| 34 | 25x50 | 34H1 | 0,0267381 | 0,04010715 | İH | İH |
|    | 25x50 | 34H2 | 0,026429  | 0,0396435  | BH |    |
| 35 | 25x50 | 35H1 | 0,0266927 | 0,04003905 | İH | İH |
|    | 25x50 | 35H2 | 0,0263418 | 0,0395127  | BH |    |
| 36 | 25x50 | 36H1 | 0,0270599 | 0,04058985 | İH | İH |
|    | 25x50 | 36H2 | 0,0261975 | 0,03929625 | BH |    |
| 37 | 25x50 | 37H1 | 0,0312548 | 0,0468822  | İH | İH |
|    | 25x50 | 37H2 | 0,0315105 | 0,04726575 | İH |    |
| 38 | 25x50 | 38H1 | 0,0312752 | 0,0469128  | İH | İH |
|    | 25x50 | 38H2 | 0,0307879 | 0,04618185 | İH |    |
| 39 | 25x50 | 39H1 | 0,0312739 | 0,04691085 | İH | İH |
|    | 25x50 | 39H2 | 0,0306816 | 0,0460224  | İH |    |
| 40 | 25x50 | 40H1 | 0,0317503 | 0,04762545 | İH | İH |
|    | 25x50 | 40H2 | 0,0306741 | 0,04601115 | 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                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 156H2          | 0,0254198            | 0,0381297                | BH                 |                     |
| 157              | 25x50             | 157H1          | 0,0258147            | 0,03872205               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 157H2          | 0,025081             | 0,0376215                | BH                 |                     |
| 158              | 25x50             | 158H1          | 0,0256128            | 0,0384192                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 158H2          | 0,0249786            | 0,0374679                | BH                 |                     |
| 159              | 25x50             | 159H1          | 0,0262514            | 0,0393771                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 159H2          | 0,0247573            | 0,03713595               | BH                 |                     |
| 160              | 25x50             | 160H1          | 0,0240953            | 0,03614295               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 160H2          | 0,0236595            | 0,03548925               | BH                 |                     |
| 161              | 25x50             | 161H1          | 0,0241585            | 0,03623775               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 161H2          | 0,0227335            | 0,03410025               | BH                 |                     |
| 162              | 25x50             | 162H1          | 0,023973             | 0,0359595                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 162H2          | 0,0226236            | 0,0339354                | BH                 |                     |
| 163              | 25x50             | 163H1          | 0,0245326            | 0,0367989                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 163H2          | 0,0223908            | 0,0335862                | BH                 |                     |
| 164              | 25x50             | 164H1          | 0,0365275            | 0,05479125               | GB                 | GB                  |
|                  | 25x50             | 164H2          | 0,0387886            | 0,0581829                | GB                 |                     |
| 165              | 25x50             | 165H1          | 0,0224325            | 0,03364875               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 165H2          | 0,0209847            | 0,03147705               | BH                 |                     |
| 166              | 25x50             | 166H1          | 0,0222223            | 0,03333345               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 166H2          | 0,0206765            | 0,03101475               | BH                 |                     |
| 167              | 25x50             | 167H1          | 0,0227458            | 0,0341187                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 167H2          | 0,0204462            | 0,0306693                | BH                 |                     |
| 168              | 25x50             | 168H1          | 0,0223682            | 0,0335523                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 168H2          | 0,0203209            | 0,03048135               | BH                 |                     |
| 169              | 25x50             | 169H1          | 0,020897             | 0,0313455                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 169H2          | 0,0199217            | 0,02988255               | BH                 |                     |
| 170              | 25x50             | 170H1          | 0,020913             | 0,0313695                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 170H2          | 0,0188847            | 0,02832705               | BH                 |                     |
| 171              | 25x50             | 171H1          | 0,0214202            | 0,0321303                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 171H2          | 0,0186806            | 0,0280209                | BH                 |                     |
| 172              | 25x50             | 172H1          | 0,0338189            | 0,05072835               | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 172H2          | 0,0327545            | 0,04913175               | İH                 |                     |
| 173              | 25x50             | 173H1          | 0,0203419            | 0,03051285               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 173H2          | 0,0197995            | 0,02969925               | BH                 |                     |
| 174              | 25x50             | 174H1          | 0,0199946            | 0,0299919                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 174H2          | 0,0178233            | 0,02673495               | BH                 |                     |
| 175              | 25x50             | 175H1          | 0,0205339            | 0,03080085               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 175H2          | 0,0176075            | 0,02641125               | 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 Mafsall | Plastik Dönme Talebi | Arttırılmış Dönme Talebi | Kesit Hasar Durumu | Eleman Hasar Durumu |
| 229              | 25x50             | 229H1           | 0,0213245            | 0,03198675               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 229H2           | 0,0208151            | 0,03122265               | BH                 |                     |
| 230              | 25x50             | 230H1           | 0,0212159            | 0,03182385               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 230H2           | 0,0206634            | 0,0309951                | BH                 |                     |
| 231              | 25x50             | 231H1           | 0,0210844            | 0,0316266                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 231H2           | 0,0206584            | 0,0309876                | BH                 |                     |
| 232              | 25x50             | 232H1           | 0,0211058            | 0,0316587                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 232H2           | 0,0204753            | 0,03071295               | BH                 |                     |
| 233              | 25x50             | 233H1           | 0,0205658            | 0,0308487                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 233H2           | 0,019909             | 0,0298635                | BH                 |                     |
| 234              | 25x50             | 234H1           | 0,0207305            | 0,03109575               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 234H2           | 0,0196691            | 0,02950365               | BH                 |                     |
| 235              | 25x50             | 235H1           | 0,0205994            | 0,0308991                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 235H2           | 0,0197303            | 0,02959545               | BH                 |                     |
| 236              | 25x50             | 236H1           | 0,0205203            | 0,03078045               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 236H2           | 0,0194838            | 0,0292257                | BH                 |                     |
| 237              | 25x50             | 237H1           | 0,032781             | 0,0491715                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 237H2           | 0,0337063            | 0,05055945               | İH                 |                     |
| 238              | 25x50             | 238H1           | 0,0201764            | 0,0302646                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 238H2           | 0,0188822            | 0,0283233                | BH                 |                     |
| 239              | 25x50             | 239H1           | 0,0200046            | 0,0300069                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 239H2           | 0,0187643            | 0,02814645               | BH                 |                     |
| 240              | 25x50             | 240H1           | 0,0200461            | 0,03006915               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 240H2           | 0,0185609            | 0,02784135               | BH                 |                     |
| 241              | 25x50             | 241H1           | 0,0205112            | 0,0307668                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 241H2           | 0,0184803            | 0,02772045               | BH                 |                     |
| 242              | 25x50             | 242H1           | 0,0198136            | 0,0297204                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 242H2           | 0,0186063            | 0,02790945               | BH                 |                     |
| 243              | 25x50             | 243H1           | 0,0200119            | 0,03001785               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 243H2           | 0,018277             | 0,0274155                | BH                 |                     |
| 244              | 25x50             | 244H1           | 0,0200159            | 0,03002385               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 244H2           | 0,0181147            | 0,02717205               | BH                 |                     |
| 245              | 25x50             | 245H1           | 0,0329088            | 0,0493632                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 245H2           | 0,031337             | 0,0470055                | İH                 |                     |
| 246              | 25x50             | 246H1           | 0,0199084            | 0,0298626                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 246H2           | 0,0194513            | 0,02917695               | BH                 |                     |
| 247              | 25x50             | 247H1           | 0,0195781            | 0,02936715               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 247H2           | 0,0179822            | 0,0269733                | BH                 |                     |
| 248              | 25x50             | 248H1           | 0,0200481            | 0,03007215               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 248H2           | 0,0176722            | 0,0265083                | 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 Mafsal | Plastik Dönme Talebi | Arttırılmış Dönme Talebi | Kesit Hasar Durumu | Eleman Hasar Durumu |
| 302              | 25x50             | 302H1          | 0,0066703            | 0,01000545               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 302H2          | 0,0152319            | 0,02284785               | BH                 |                     |
| 303              | 25x50             | 303H1          | 0,0055872            | 0,0083808                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 303H2          | 0,0062384            | 0,0093576                | BH                 |                     |
| 304              | 25x50             | 304H1          | 0,0050089            | 0,00751335               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 304H2          | 0,0056526            | 0,0084789                | BH                 |                     |
| 305              | 25x50             | 305H1          | 0,0170408            | 0,0255612                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 305H2          | 0,0060546            | 0,0090819                | BH                 |                     |
| 306              | 25x50             | 306H1          | 0,0084524            | 0,0126786                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 306H2          | 0,0147187            | 0,02207805               | BH                 |                     |
| 307              | 25x50             | 307H1          | 0,0072254            | 0,0108381                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 307H2          | 0,0071047            | 0,01065705               | BH                 |                     |
| 308              | 25x50             | 308H1          | 0,007608             | 0,011412                 | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 308H2          | 0,0077451            | 0,01161765               | BH                 |                     |
| 309              | 25x50             | 309H1          | 0,0156627            | 0,02349405               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 309H2          | 0,0077796            | 0,0116694                | BH                 |                     |
| 310              | 25x50             | 310H1          | 0,0216092            | 0,0324138                | BH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 310H2          | 0,0291557            | 0,04373355               | İH                 |                     |
| 311              | 25x50             | 311H1          | 0,0068374            | 0,0102561                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 311H2          | 0,0098236            | 0,0147354                | BH                 |                     |
| 312              | 25x50             | 312H1          | 0,0082241            | 0,01233615               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 312H2          | 0,0066776            | 0,0100164                | BH                 |                     |
| 313              | 25x50             | 313H1          | 0,0145838            | 0,0218757                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 313H2          | 0,0076892            | 0,0115338                | BH                 |                     |
| 314              | 25x50             | 314H1          | 0,0168653            | 0,02529795               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 314H2          | 0,0168763            | 0,02531445               | BH                 |                     |
| 315              | 25x50             | 315H1          | 0,0056512            | 0,0084768                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 315H2          | 0,0143055            | 0,02145825               | BH                 |                     |
| 316              | 25x50             | 316H1          | 0,0071878            | 0,0107817                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 316H2          | 0,0059511            | 0,00892665               | BH                 |                     |
| 317              | 25x50             | 317H1          | 0,0145363            | 0,02180445               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 317H2          | 0,0071321            | 0,01069815               | BH                 |                     |
| 318              | 25x50             | 318H1          | 0,0268996            | 0,0403494                | İH                 | İH                  |
|                  | 25x50             | 318H2          | 0,0292834            | 0,0439251                | İH                 |                     |
| 319              | 25x50             | 319H1          | 0,0046342            | 0,0069513                | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 319H2          | 0,0143729            | 0,02155935               | BH                 |                     |
| 320              | 25x50             | 320H1          | 0,0055803            | 0,00837045               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 320H2          | 0,0051002            | 0,0076503                | BH                 |                     |
| 321              | 25x50             | 321H1          | 0,0144121            | 0,02161815               | BH                 | BH                  |
|                  | 25x50             | 321H2          | 0,0059886            | 0,0089829                | 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                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 81H2              | 0,0256242            | 0,0384363                | BH                 |                     |
| 83                  | 40x40             | 83H1              | 0,0003433            | 0,00051495               | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 83H2              | 0,024953             | 0,0374295                | BH                 |                     |
| 85                  | 40x40             | 85H1              | 0,0002207            | 0,00033105               | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 85H2              | 0,025331             | 0,0379965                | BH                 |                     |
| 87                  | 40x40             | 87H1              | 0,0003362            | 0,0005043                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 87H2              | 0,0253502            | 0,0380253                | BH                 |                     |
| 89                  | 40x40             | 89H1              | 0,0010814            | 0,0016221                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 89H2              | 0,0256869            | 0,03853035               | BH                 |                     |
| 92                  | 40x40             | 92H1              | 0,0000094            | 0,0000141                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 92H2              | 0,0209252            | 0,0313878                | BH                 |                     |
| 94                  | 40x40             | 94H1              | 0,0000354            | 0,0000531                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 94H2              | 0,0208382            | 0,0312573                | BH                 |                     |
| 96                  | 40x40             | 96H1              | 0,0000102            | 0,0000153                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 96H2              | 0,0210211            | 0,03153165               | BH                 |                     |
| 98                  | 40x40             | 98H1              | 0,0000343            | 0,00005145               | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 98H2              | 0,0212555            | 0,03188325               | BH                 |                     |
| 100                 | 40x40             | 100H1             | 0,0005207            | 0,00078105               | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 100H2             | 0,0214877            | 0,03223155               | BH                 |                     |
| 102                 | 40x40             | 102H1             | 0,0041614            | 0,0062421                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 102H2             | 0,0134647            | 0,02019705               | BH                 |                     |
| 104                 | 40x40             | 104H1             | 0                    | 0                        | SH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 104H2             | 0,0132798            | 0,0199197                | BH                 |                     |
| 106                 | 40x40             | 106H1             | 2,7502E-06           | 4,1253E-06               | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 106H2             | 0,0135299            | 0,02029485               | BH                 |                     |
| 108                 | 40x40             | 108H1             | 0,0006072            | 0,0009108                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 108H2             | 0,0136924            | 0,0205386                | BH                 |                     |
| 110                 | 40x40             | 110H1             | 0                    | 0                        | SH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 110H2             | 0,0149402            | 0,0224103                | BH                 |                     |
| 112                 | 40x40             | 112H1             | 0,0000106            | 0,0000159                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 112H2             | 0,0150097            | 0,02251455               | BH                 |                     |
| 114                 | 40x40             | 114H1             | 0,0002461            | 0,00036915               | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 114H2             | 0,0155017            | 0,02325255               | BH                 |                     |
| 116                 | 40x40             | 116H1             | 0,0005837            | 0,00087555               | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 116H2             | 0,0176983            | 0,02654745               | BH                 |                     |
| 118                 | 40x40             | 118H1             | 0                    | 0                        | SH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 118H2             | 0,0176879            | 0,02653185               | BH                 |                     |
| 120                 | 40x40             | 120H1             | 0,0000078            | 0,0000117                | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 120H2             | 0,0180803            | 0,02712045               | BH                 |                     |
| 122                 | 40x40             | 122H1             | 0,000268126          | 0,000402189              | BH                 | BH                  |
|                     | 40x40             | 122H2             | 0,0184388            | 0,0276582                | 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                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 196H2          | 0,0005612            | 0,0008418                | BH                 |                     |
| 197              | 40x40             | 197H1          | 0,0051201            | 0,00768015               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 197H2          | 0,0004777            | 0,00071655               | BH                 |                     |
| 198              | 40x40             | 198H1          | 0,0054752            | 0,0082128                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 198H2          | 0,0003941            | 0,00059115               | BH                 |                     |
| 199              | 40x40             | 199H1          | 0,0059586            | 0,0089379                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 199H2          | 0,0004429            | 0,00066435               | BH                 |                     |
| 200              | 40x40             | 200H1          | 0,0057611            | 0,00864165               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 200H2          | 0,0004695            | 0,00070425               | BH                 |                     |
| 201              | 40x40             | 201H1          | 0,002176456          | 0,003264685              | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 201H2          | 6,08657E-05          | 9,12986E-05              | BH                 |                     |
| 202              | 40x40             | 202H1          | 0,0028469            | 0,00427035               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 202H2          | 0,0000385            | 0,00005775               | BH                 |                     |
| 203              | 40x40             | 203H1          | 0,0031659            | 0,00474885               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 203H2          | 0,0000111            | 0,00001665               | BH                 |                     |
| 204              | 40x40             | 204H1          | 0,003721             | 0,0055815                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 204H2          | 0,0000606            | 0,0000909                | BH                 |                     |
| 205              | 40x40             | 205H1          | 0,0039122            | 0,0058683                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 205H2          | 0,0002025            | 0,00030375               | BH                 |                     |
| 206              | 40x40             | 206H1          | 0,0037582            | 0,0056373                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 206H2          | 0,003428             | 0,005142                 | BH                 |                     |
| 207              | 40x40             | 207H1          | 0,0009835            | 0,00147525               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 207H2          | 0,000575             | 0,0008625                | BH                 |                     |
| 208              | 40x40             | 208H1          | 0,0012372            | 0,0018558                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 208H2          | 0,0006793            | 0,00101895               | BH                 |                     |
| 209              | 40x40             | 209H1          | 0,0010099            | 0,00151485               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 209H2          | 0,0004785            | 0,00071775               | BH                 |                     |
| 210              | 40x40             | 210H1          | 0,0012201            | 0,00183015               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 210H2          | 0,0001993            | 0,00029895               | BH                 |                     |
| 211              | 40x40             | 211H1          | 0,0017229            | 0,00258435               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 211H2          | 0,0002949            | 0,00044235               | BH                 |                     |
| 212              | 40x40             | 212H1          | 0,001665             | 0,0024975                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 212H2          | 0,0002229            | 0,00033435               | BH                 |                     |
| 213              | 40x40             | 213H1          | 0,0025779            | 0,00386685               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 213H2          | 0,0004497            | 0,00067455               | BH                 |                     |
| 214              | 40x40             | 214H1          | 0,0020246            | 0,0030369                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 214H2          | 0,0000717            | 0,00010755               | BH                 |                     |
| 215              | 40x40             | 215H1          | 0,0025331            | 0,00379965               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 215H2          | 0,0001435            | 0,00021525               | BH                 |                     |
| 216              | 40x40             | 216H1          | 0,002628967          | 0,00394345               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 216H2          | 0,0001939            | 0,00029085               | 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                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 342H2             | 0,0003317            | 0,00049755               | BH                 |                     |
| 343              | 40x40             | 343H1             | 0,0191265            | 0,02868975               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 343H2             | 0,0006633            | 0,00099495               | BH                 |                     |
| 344              | 40x40             | 344H1             | 0,018471             | 0,0277065                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 344H2             | 0,0002271            | 0,00034065               | BH                 |                     |
| 345              | 40x40             | 345H1             | 0,0201075            | 0,03016125               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 345H2             | 0,0001916            | 0,0002874                | BH                 |                     |
| 346              | 40x40             | 346H1             | 0,0075053            | 0,01125795               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 346H2             | 0,0000053            | 0,00000795               | BH                 |                     |
| 347              | 40x40             | 347H1             | 0,003151             | 0,0047265                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 347H2             | 0,000447673          | 0,00067151               | BH                 |                     |
| 348              | 40x40             | 348H1             | 0,0156337            | 0,02345055               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 348H2             | 0,0002015            | 0,00030225               | BH                 |                     |
| 349              | 40x40             | 349H1             | 0,0163918            | 0,0245877                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 349H2             | 0,000003             | 0,0000045                | BH                 |                     |
| 350              | 40x40             | 350H1             | 0,0165966            | 0,0248949                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 350H2             | 0,0000011            | 0,00000165               | BH                 |                     |
| 351              | 40x40             | 351H1             | 0,0087152            | 0,0130728                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 351H2             | 1,72939E-05          | 2,59409E-05              | BH                 |                     |
| 352              | 40x40             | 352H1             | 0,0120627            | 0,01809405               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 352H2             | 0,0050389            | 0,00755835               | BH                 |                     |
| 353              | 40x40             | 353H1             | 0,0167208            | 0,0250812                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 353H2             | 0,0002815            | 0,00042225               | BH                 |                     |
| 354              | 40x40             | 354H1             | 0,0169815            | 0,02547225               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 354H2             | 0,0004968            | 0,0007452                | BH                 |                     |
| 355              | 40x40             | 355H1             | 0,0066318            | 0,0099477                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 355H2             | 0,0000705            | 0,00010575               | BH                 |                     |
| 356              | 40x40             | 356H1             | 0,0155754            | 0,0233631                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 356H2             | 0,0000124            | 0,0000186                | BH                 |                     |
| 357              | 40x40             | 357H1             | 0,0157101            | 0,02356515               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 357H2             | 5,32447E-05          | 7,98671E-05              | BH                 |                     |
| 358              | 40x40             | 358H1             | 0,0087614            | 0,0131421                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 358H2             | 0,0000314            | 0,0000471                | BH                 |                     |
| 359              | 40x40             | 359H1             | 0,0104428            | 0,0156642                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 359H2             | 0,0023461            | 0,00351915               | BH                 |                     |
| 360              | 40x40             | 360H1             | 0,015017             | 0,0225255                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 360H2             | 0,0000112            | 0,0000168                | BH                 |                     |
| 361              | 40x40             | 361H1             | 0,0154806            | 0,0232209                | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 361H2             | 0,0000062            | 0,0000093                | BH                 |                     |
| 362              | 40x40             | 362H1             | 0,0082703            | 0,01240545               | BH                 | BH                  |
|                  | 40x40             | 362H2             | 8,1E-06              | 0,00001215               | 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.