**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# MEVCUT BİR BETONARME BİNADA DEĞERLENDİRME ve DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Özgür Yöney**
**(501991310)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2003**
**Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2003**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. H.Faruk KARADOĞAN**
**Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Sumru PALA ( İ.T.Ü. )**
**Prof.Dr. Gülay ALTAY ( B.Ü. )**

**MAYIS 2003**

## ÖNSÖZ

Çalışmalarımın her aşamasında değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. H. Faruk KARADOĞAN'a , verdikleri eğitimle yüksek lisans tezimi yapmamda büyük katkısı olan Yapı Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve tezin hazırlandığı süre boyunca benden yardımını ve desteğini esirgemeyen sevgili kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2003 Özgür YÖNEY

**İÇİNDEKİLER** iii

**KISALTMALAR** v
**TABLO LİSTESİ** vi
**ŞEKİL LİSTESİ** ix
**SEMBOL LİSTESİ** xii
**ÖZET** xvi
**SUMMARY** xvii

**1.GİRİŞ**
**1.1.Giriş ve Çalışmanın Amacı** 1
**2.MEVCUT BİR BETONARME YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN SAPTANMASI ve GÜÇLENDİRİLMESİ** 3
**2.1.Yapının Tanıtılması** 3
**2.2.Yapının Matematik Modelinin Kurulması** 5
**2.3.Yapının Serbest Titreşim Karakteristiklerinin İncelenmesi** 8
**2.4.Mevcut Projenin ABYYHY75 Yönetmeliğine Göre İncelenmesi** 13
2.4.1.Uyum açısından inceleme 13
2.4.2.ABYYHY75 Yönetmeliğine göre çözümleme ve ABYYHY97 Yönetmeliği ile karşılaştırma 14
2.4.3.Öndeğerlendirme 17
**2.5.Yapının ABYYHY97 Yönetmeliği Esas Alınarak Yeniden Boyutlandırılması** 19
2.5.1.Güçlendirmeye yönelik bazı matematik modellerin kurulması ve karşılaştırmalar 22

2.5.1.1.Serbest titreşim karakteristikleri açısından karşılaştırmalar 30
2.5.1.2.Mutlak kat ötelemeleri açısından karşılaştırmalar 30
2.5.1.3.İç kuvvet dağılımları açısından karşılaştırmalar 31
2.5.1.4.Perdede dönme şekildeğiştirmesi açısından karşılaştırmalar 31
2.5.2.Seçilen matematik modele göre yatay yük hesapları 32
**3.KESİTLERDE TAŞIMA KAPASİTESİ ve SÜNEKLİĞİN İNCELENMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI 34**
**3.1.Sargılı Betonda Gerilme Şekildeğiştirme Bağıntıları ve Bazı Karşılaştırmalar 35**
2.1.1.Model 1 35
2.1.2.Model 2 42
2.1.3.Model 3 47
**3.2.Geliştirilen Bilgisayar Programının Yapısı 59**
**3.3.Örnekler ve Karşılaştırmalar 70**
**4.SEÇİLEN YAPININ YÜK ARTIMI YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ 72**
**4.1.Malzeme Yönünden Doğrusal Olmayan Çözümlemeler 75**
4.1.1.Mevcut sistemin yük artımı yöntemi ile incelenmesi ve göçme yükünün bulunması 79
4.1.2.Güçlendirilmiş yapının yük artımı yöntemi ile incelenmesi ve göçme yükünün bulunması 83
**4.2.Karşılaştırmalar 86**
**5.SONUÇLAR 91**
**KAYNAKLAR 94**
**EK A 95**
**EK B 121**
**EK C 152**
**ÖZGEÇMİŞ 173**

**KISALTMALAR**

| | |
|---|---|
| **TS500** | : Türk Standardı 500 |
| **ABYYHY 75** | : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1975 |
| **ABYYHY 97** | : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1997 |
| **ACI** | : American Concrete Institute |
| **UBC** | : Uniform Building Code |
| **ATC** | : Applied Technology Council |
| **FEMA** | : Federal Emergency Management Agency |

## TABLO LİSTESİ


| | | Sayfa No |
|---|---|---|
| **Tablo 2.1.** | Düşey Yük Analizleri ..... | 5 |
| **Tablo 2.2.** | Mevcut Yapıda Malzeme Karakteristikleri ..... | 5 |
| **Tablo 2.3.** | Mevcut Sistem Kat Ağırlıkları ..... | 8 |
| **Tablo 2.4.** | Mevcut Sistem Kat Kütleleri ve Kütle Eylemsizlik Momomentleri ..... | 8 |
| **Tablo 2.5.** | Mevcut Sistem Yatay Yük Analizleri ..... | 15 |
| **Tablo 2.6.** | Mevcut Sistem X Doğrultusu Deprem Yükünün Katlara Dağılımı ..... | 15 |
| **Tablo 2.7.** | Mevcut Sistem Y Doğrultusu Deprem Yükünün Katlara Dağılımı ..... | 15 |
| **Tablo 2.8.** | X Doğrultusu İçin Bulunan Öndeğerlendirme Sonuçları ..... | 18 |
| **Tablo 2.9.** | Pozitif Y Doğrultusu İçin Bulunan Öndeğerlendirme Sonuçları | 18 |
| **Tablo 2.10.** | Negatif Y Doğrultusu İçin Bulunan Öndeğerlendirme Sonuçları | 18 |
| **Tablo 2.11.** | Güçlendirme Elemanlarında Malzeme Karakteristikleri ..... | 22 |
| **Tablo 2.12.** | Güçlendirilmiş Sistem Kat Ağırlıkları ..... | 25 |
| **Tablo 2.13.** | Güçlendirilmiş Sistem Kat Kütleleri ve Kütle Eylemsizlik Momentleri ..... | 29 |
| **Tablo 2.14.** | Güçlendirilmiş Sistem Yatay Yük Analizleri ..... | 32 |
| **Tablo 2.15.** | Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusu Deprem Yükünün Katlara Dağılımı ..... | 32 |
| **Tablo 2.16.** | Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusu Deprem Yükünün Katlara Dağılımı ..... | 45 |
| **Tablo 3.1.** | Beton Elastisite Modülü İçin Kullanılan Bağıntıların Karşılaştırması ..... | 76 |
| **Tablo 4.1.** | Malzeme Bakımından Lineer Olmayan Çözümlemelerde Kolonlar İçin Tayin Edilen Malzeme Karakteristikleri ..... | 77 |
| **Tablo 4.2.** | Malzeme Bakımından Lineer Olmayan Çözümlemelerde Kirişler İçin Tayin Edilen Malzeme Karakteristikleri ..... | 77 |
| **Tablo 4.3.** | Malzeme Bakımından Lineer Olmayan Çözümlemelerde Güçlendirme Perdeleri İçin Tayin Edilen Malzeme Karakteristikleri ..... | 77 |
| **Tablo 4.4.** | ATC 40 Uyarınca Kirişler İçin Mafsal Kesitlerindeki Plastik Dönme Limitleri ..... | 78 |
| **Tablo 4.5.** | ATC 40 Uyarınca Kolonlar İçin Mafsal Kesitlerindeki Plastik Dönme Limitleri ..... | 78 |

**Tablo 4.6.** ATC 40 Uyarınca Perdeler İçin Mafsal Kesitlerindeki Plastik Dönme Limitleri ..... 78
**Tablo A.1.** Mevcut Sistem Serbest Titreşim Analizi Sonuçları ..... 96
**Tablo A.2.** Mevcut Sistem Kolonlarında Boyutsuz Normal Kuvvet Değerleri ..... 97
**Tablo A.3.** Mevcut Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 98
**Tablo A.4.** Mevcut Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 99
**Tablo A.5.** Mevcut Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 100
**Tablo A.6.** Mevcut Sistem Kirişlerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 101
**Tablo A.7.** Mevcut Sistem Kirişlerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 102
**Tablo A.8.** Mevcut Sistem Kolonlarında Mx / My Oranları ..... 103
**Tablo A.9.** Mevcut Sistem Kolonlarında My / Mx Oranları ..... 104
**Tablo A.10.** Mevcut Sistemde X Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Bulunan Rölatif Kat Deplasmanlarının Kontrolü ..... 105
**Tablo A.11.** Mevcut Sistem Y Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Bulunan Rölatif Kat Deplasmanlarının Kontrolü ..... 105
**Tablo A.12.** Güçlendirilmiş Sistemde Perdelerin Kat Hizalarındaki Kesitlerinde Bulunan Dönme Şekildeğiştirmeler ..... 106
**Tablo A.13.** Model 10A ve Model 10B Serbest Titreşim Analizi Sonuçları 107
**Tablo A.14.** Model 10A ve Model 10B' de X Doğrultusunda Yatay Yük Analizi Sonucu Perde Taban Kesitlerinde Bulunan Momentler 107
**Tablo A.15.** Model 10A ve Model 10B' de Y Doğrultusunda Yatay Yük Analizi Sonucu Perde Taban Kesitlerinde Bulunan Momentler 107
**Tablo A.16.** Güçlendirilmiş Sistemde Perdelerin Kat Hizalarındaki Kesitlerinde Bulunan Momentler ..... 108
**Tablo A.17.** Model10A ve Model16' da Perdelerin Kat Hizalarındaki Kesitlerinde Bulunan Dönme Şekildeğiştirmelerinin Karşılaştırması ..... 108
**Tablo A.18.** Güçlendirilmiş Sistemde X Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Perde Taban Kesitlerinde Bulunan Momentler 109
**Tablo A.19.** Güçlendirilmiş Sistemde Y Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Perde Taban Kesitlerinde Bulunan Momentler 110
**Tablo A.20.** Güçlendirilmiş Sistem Serbest Titreşim Analizi Sonuçları ..... 111
**Tablo A.21.** Güçlendirilmiş Sistem Kolonlarında Boyutsuz Normal Kuvvet Değerleri ..... 112
**Tablo A.22.** Güçlendirilmiş Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 112
**Tablo A.23.** Güçlendirilmiş Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 113
**Tablo A.24.** Güçlendirilmiş Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 113
**Tablo A.25.** Güçlendirilmiş Sistem Kirişlerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 114
**Tablo A.26.** Güçlendirilmiş Sistem Kirişlerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları ..... 114

**Tablo A.27.** Güçlendime Perdelerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları 115
**Tablo A.28.** Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Bulunan Rölatif Kat Deplasmanları Kontrolü 116
**Tablo A.29.** Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Bulunan Rölatif Kat Deplasmanları Kontrolü 116
**Tablo A.30.** Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonuçları Kullanılarak Yapılan Burulma Düzensizliği Kontrolü ..... 117
**Tablo A.31.** Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonuçları Kullanılarak Yapılan Burulma Düzensizliği Kontrolü ..... 117
**Tablo A.32.** Sargılı Kesit Uygulaması Model1 ..... 118
**Tablo A.33.** Sargılı Kesit Uygulaması Model2 ..... 119
**Tablo A.34.** Sargılı Kesit Uygulaması Model3 ..... 120

## ŞEKİL LİSTESİ


| | | Sayfa No |
|---|---|---|
| **Şekil 2.1** | **:** Mevcut Yapı Normal Kat Planı ..... | 3 |
| **Şekil 2.2** | **:** Mevcut Yapı Matematik Modeli ..... | 10 |
| **Şekil 2.3** | **:** Mevcut Yapının Bodrum Çevre Perdeleri ve Temelleri Hariç Matematik Modeli ..... | 11 |
| **Şekil 2.4** | **:** Perde Gruplarının Modellenmesi İçin Yapılan Varsayımlar.. | 23 |
| **Şekil 2.5** | **:** Perde Gruplarının Modellenmesi İçin Yapılan Varsayımlar.. | 24 |
| **Şekil 2.6** | **:** Perde Gruplarının Modellenmesi İçin Yapılan Varsayımlar.. | 25 |
| **Şekil 2.7** | **:** Güçlendirilmiş Yapı Matematik Modeli ..... | 30 |
| **Şekil 3.1** | **:** Sargılı Kesitlerde Etkili Olarak Sarılı Kesit Kısmı ..... | 36 |
| **Şekil 3.2** | **:** Üç Eksenli Gerilme Halinde Göçme Eğrileri ..... | 39 |
| **Şekil 3.3** | **:** Model 1' de Önerilen Gerilme Şekildeğiştirme İlişkisi ..... | 40 |
| **Şekil 3.4** | **:** $\beta$ Katsayısının Tayini İçin Diyagram ..... | 41 |
| **Şekil 3.5** | **:** $\alpha$ Katsayısının Tayini İçin Diyagram ..... | 42 |
| **Şekil 3.6** | **:** Model 2' de Önerilen Gerilme Şekildeğiştirme İlişkisi ..... | 46 |
| **Şekil 3.7** | **:** Eş Sargılı Kesit Yaklaşımı ..... | 46 |
| **Şekil 3.8** | **:** Sargı Donatısı Pasif Basıncının Değişimi ..... | 48 |
| **Şekil 3.9** | **:** Model 3' de Önerilen Gerilme Şekildeğiştirme İlişkisi ..... | 51 |
| **Şekil 3.10** | **:** Önerilen Modellerin Karşılaştırılması İçin Kullanılan Kesitler | 53 |
| **Şekil 3.11** | **:** Önerilen Modellerin Karşılaştırılması ..... | 54 |
| **Şekil 3.12** | **:** Önerilen Modellerin Karşılaştırılması ..... | 55 |
| **Şekil 3.13** | **:** Önerilen Modellerde Artan Kolun Karşılaştırılması ..... | 55 |
| **Şekil 3.14** | **:** Kesit 1 İle Yapılan Çözümlemelerden Elde Edilen Moment Taşıma Kapasitesi Diyagramları ..... | 56 |
| **Şekil 3.15** | **:** Kesit 2 İle Yapılan Çözümlemelerden Elde Edilen Moment Taşıma Kapasitesi Diyagramları ..... | 57 |
| **Şekil 3.16** | **:** Kesit 1 İle Yapılan Çözümlemelerden Elde Edilen Moment Eğrilik Diyagramları ..... | 57 |
| **Şekil 3.17** | **:** Kesit 2 İle Yapılan Çözümlemelerden Elde Edilen Moment Eğrilik Diyagramları ..... | 58 |
| **Şekil 3.18** | **:** $e_y$ ve $e_x$ Egsantrisiteleri Kullanılarak Kesitin Döndürülmesi | 61 |
| **Şekil 3.19** | **:** Moment Taşıma Kapasitesinin Bulunması İçin İncelenen Şekildeğiştirme Halleri ..... | 62 |
| **Şekil 3.20** | **:** Moment Taşıma Kapasitesinin Bulunması Amacıyla Şekildeğiştirme Hallerinin Taranmasına Ait Algoritma ..... | 63 |
| **Şekil 3.21** | **:** Eğrilik Değerlerinin Bulunması İçin İncelenen Şekildeğiştirme Halleri ..... | 65 |

**Şekil 3.22** **:** Göçmeye Kadar İzlenen Eğrilik Değerlerinin Bulunması Amacıyla Şekildeğiştirme Hallerinin Taranmasına Ait Algoritma ..... 66
**Şekil 3.23** **:** Betonarme Bir Kesitte Şekildeğiştirme Halleri ve Karşı Gelen Gerilmeler ..... 69
**Şekil 3.24** **:** Karşılaştırma için seçilen kesit ..... 70
**Şekil 3.25** **:** Mx≠0, My=0 Hali İçin Moment Taşıma Kapasitesi Diyagramı 71
**Şekil 3.26** **:** Mx=My Hali İçin Moment Taşıma Kapasitesi Diyagramı ..... 71
**Şekil 4.1** **:** Plastik Mafsallarda İç Kuvvet Şekildeğiştirme İlişkisi ..... 72
**Şekil 4.2** **:** Mevcut Sistem X Doğrultusu Kuvvet Deplasman Eğrileri ... 81
**Şekil 4.3** **:** Mevcut Sistem Y Doğrultusu Kuvvet Deplasman Eğrileri ... 82
**Şekil 4.4** **:** Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusu Kuvvet Deplasman Eğrileri ..... 84
**Şekil 4.5** **:** Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusu Kuvvet Deplasman Eğrileri ..... 85
**Şekil 4.6** **:** ABYYHY 75 İle Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Kullanılarak Normalize Edilmiş X Doğrultusundaki Kuvvet Deplasman Eğrileri ..... 87
**Şekil 4.7** **:** ABYYHY 75 İle Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Kullanılarak Normalize Edilmiş Y Doğrultusundaki Kuvvet Deplasman Eğrileri ..... 88
**Şekil 4.8** **:** ABYYHY 97 İle Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Kullanılarak Normalize Edilmiş X Doğrultusundaki Kuvvet Deplasman Eğrileri ..... 89
**Şekil 4.9** **:** ABYYHY 97 İle Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Kullanılarak Normalize Edilmiş Y Doğrultusundaki Kuvvet Deplasman Eğrileri ..... 90
**Şekil B.1** **:** Mevcut Sistem 1. Doğal Titreşim Modu X Doğrultusu ..... 122
**Şekil B.2** **:** Mevcut Sistem 1. Doğal Titreşim Modu Y Doğrultusu ..... 123
**Şekil B.3** **:** Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusunda Yatay Yük Çözümlemeleriyle Elde Edilen Mutlak Kat Ötelemeleri ..... 124
**Şekil B.4** **:** Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusunda Yatay Yük Çözümlemeleriyle Elde Edilen Mutlak Kat Ötelemeleri ..... 125
**Şekil B.5** **:** Zemin Kat Tavanı K02J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları ..... 126
**Şekil B.6** **:** Zemin Kat Tavanı K03J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları ..... 127
**Şekil B.7** **:** Zemin Kat Tavanı K06J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları ..... 128
**Şekil B.8** **:** Zemin Kat Tavanı K17J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları ..... 129
**Şekil B.9** **:** Zemin Kat Tavanı K38İ Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları ..... 130
**Şekil B.10** **:** Zemin Kat Tavanı K39J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları ..... 131
**Şekil B.11** **:** S22 Zemin Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları .. 132
**Şekil B.12** **:** S25 Zemin Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları .. 133
**Şekil B.13** **:** S22 1. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları ..... 134
**Şekil B.14** **:** S17 Zemin Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları .. 135
**Şekil B.15** **:** S22 2. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları ..... 136

**Şekil B.16** **:** S10 2. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları ..... 137
**Şekil B.17** **:** S7 2. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları ..... 138
**Şekil B.18** **:** S17 2. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları ..... 139
**Şekil B.19** **:** S9 3. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları ..... 140
**Şekil B.20** **:** S16 4. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları ..... 141
**Şekil B.21** **:** P5P1P6 Pede Grubu Moment Eğrilik Diyagramları ..... 142
**Şekil B.22** **:** P5P1P6 Pede Grubu Moment Eğrilik Diyagramları ..... 143
**Şekil B.23** **:** P4P8 Pede Grubu Moment Eğrilik Diyagramları ..... 144
**Şekil B.24** **:** P4P8 Pede Grubu Moment Eğrilik Diyagramları ..... 145
**Şekil B.25** **:** P2 Pedesi Moment Eğrilik Diyagramları ..... 146
**Şekil B.26** **:** P3 Pedesi Moment Eğrilik Diyagramları ..... 147
**Şekil B.27** **:** P7 Pedesi Moment Eğrilik Diyagramları ..... 148
**Şekil B.28** **:** S22 1. Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması ..... 149
**Şekil B.29** **:** S17 Zemin Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması ..... 149
**Şekil B.30** **:** S4 Zemin Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması ..... 150
**Şekil B.31** **:** S22 Zemin Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması ..... 150
**Şekil B.32** **:** S23 1. Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması ..... 151
**Şekil B.33** **:** S22 2. Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması ..... 151

## SEMBOL LİSTESİ

### BÖLÜM 2.

$A_0$ : Etkin yer ivmesi katsayısı.
$C_0$ : Deprem bölge katsayısı.
$D_x$,$D_y$ : Yapının deprem doğrultusuna paralel genişliği.
$E_c$ : Beton elastisite modülü.
$H$ : Bina yüksekliği.
$I$ : Yapı önem katsayısı.
$M_d$ : Tasarım eğilme momenti.
$M_p$ : Eğilme momenti taşıma kapasitesi.
$R$ : Deprem yükü azaltma katsayısı.
$T_o$ : Zemin hakim periyodu.
$T_A$,$T_B$ : Spektrum karakteristik periyotları.
$T_{1x}$,$T_{1y}$ : Yapının X ve Y doğrultularındaki birinci doğal titreşim periyotları.
$V_C$ : Kesme dayanımına beton katkısı.
$V_w$ : Kesme dayanımına etriye katkısı.
$V_d$ : Tasarım kesme kuvveti.
$V_p$ : Kesme kuvveti taşıma kapasitesi.
$S_x$,$S_y$ : Spektrum katsayısı.
$S(T)_x$,$S(T)_y$ : Spektrum katsayısı.
$f_{ck}$ : Beton karakteristik basınç dayanımı.
$f_{cd}$ : Beton tasarım basınç dayanımı.
$f_{yk}$ : Boyuna ve enine donatı karakteristik akma dayanımı.
$f_{yd}$ : Boyuna ve enine donatı tasarım akma dayanımı.
$f_{ctk}$ : Beton karakteristik eksenel çekme dayanımı.
$f_{ctd}$ : Beton tasarım eksenel çekme dayanımı.
$h_i$ : Binanın i' inci katının yüksekliği.
$w_i$ : Binanın i' inci katının ağırlığı.

### BÖLÜM 3.1.1.

$A_c$ : Sargı donatısının çevrelediği kesit kısmının alanı.
$A_{cc}$ : Sargı donatısının çevrelediği kesit kısmından boyuna donatı alanının çıkarılmasıylan elde edilen alan.
$A_e$ : Etkili olarak sarılı kesit kısmının alanı.
$A_i$ : Sargılı kesitte etkili olarak sarılmamış kesit kısmının alanı.
$A_{sp}$ : Spiral sargıda kesit alanı.
$A_{sx}$ : X doğrultusundaki sargı donatısı kollarının kesit alanları toplamı.
$A_{sy}$ : Y doğrultusundaki sargı donatısı kollarının kesit alanları toplamı.

$\mathbf{b_c}$ **:** Sargı donatısının çevrelediği kesitin x doğrultusundaki uzunluğu.

$\mathbf{d_c}$ **:** Sargı donatısının çevrelediği kesitin y doğrultusundaki uzunluğu.

$\mathbf{d_s}$ **:** Spiral sargı çapı.

$\mathbf{E_c}$ **:** Beton elastisite modülü.

$\mathbf{E_{sec}}$ **:** Sargılı betonun maximum basınç gerilmesine karşı gelen elastisite modülü.

$\mathbf{f_c}$ **:** Beton basınç gerilmesi.

$\mathbf{f'_{cc}}$ **:** Sargılı betonun maximum basınç dayanımı.

$\mathbf{f'_{co}}$ **:** Sargısız betonun maximum basınç dayanımı.

$\mathbf{f_l}$ **:** Yatay sargı basıncı.

$\mathbf{f'_l}$ **:** Etkili yatay sargı basıncı.

$\mathbf{f_{lx}}$ **:** X doğrultusundaki yatay sargı basıncı.

$\mathbf{f'_{lx}}$ **:** X doğrultusundaki etkili yatay sargı basıncı.

$\mathbf{f_{ly}}$ **:** Y doğrultusundaki yatay sargı basıncı.

$\mathbf{f'_{ly}}$ **:** Y doğrultusundaki etkili yatay sargı basıncı.

$\mathbf{f'_{l1}}$ **:** X veya Y ekseni doğrultusundaki minimum sargı basıncı

$\mathbf{f'_{l2}}$ **:** X veya Y ekseni doğrultusundaki maksimum sargı basıncı

$\mathbf{f_{yh}}$ **:** Sargı donatısı akma dayanımı.

$\mathbf{k_e}$ **:** Sargı etkinlik katsayısı.

$\mathbf{s}$ **:** Sargı donatısı aralığı.

$\mathbf{s'}$ **:** Sargı donatısı yüzleri arasındaki mesafe.

$\mathbf{w}$ **:** Boyuna donatı aralığı.

$\mathbf{w'_i}$ **:** Boyuna donatı yüzleri arasındaki mesafe.

$\boldsymbol{\varepsilon_c}$ **:** Beton şekildeğiştirmesi.

$\boldsymbol{\varepsilon_{cc}}$ **:** Beton maximum basınç gerilmesine karşı gelen şekildeğiştirme.

$\boldsymbol{\varepsilon_{co}}$ **:** Sargısız beton maximum basınç gerilmesine karşı gelen şekildeğiştirme.

$\boldsymbol{\varepsilon_{cu}}$ **:** Nihai beton basınç kısalması.

$\boldsymbol{\varepsilon_{sp}}$ **:** Kabuk betonunun yük taşıma özelliğini kaybettiği şekildeğiştirme değeri.

$\boldsymbol{\varepsilon_{sm}}$ **:** Sargı donatısında kopma uzaması.

**BÖLÜM 3.1.2.**

$\mathbf{E_c}$ **:** Beton gerilme şekildeğiştirme eğrisinde başlangıç elastisite modülü.

$\mathbf{E_{des}}$ **:** Azalan kolun eğimi.

$\mathbf{f_c}$ **:** Beton gerilmesi.

$\mathbf{f_{cc}}$ **:** Sargılı betonun basınç dayanımı.

$\mathbf{f_{co}}$ **:** Sargısız betonun basınç dayanımı.

$\mathbf{f_{yh}}$ **:** Sargı donatısının akma dayanımı.

$\boldsymbol{\varepsilon_c}$ **:** Beton şekildeğiştirmesi.

$\boldsymbol{\varepsilon_{cc}}$ **:** Beton maksimum basınç gerilmesine karşı gelen şekildeğiştirme.

$\boldsymbol{\varepsilon_{cu}}$ **:** Nihai beton basınç şekildeğiştirmesi.

$\boldsymbol{\rho_s}$ **:** Sargı donatısı haciminin, sargı aralığı uzunluğundaki elemanın hacmine oranı

**BÖLÜM 3.1.3.**

$A_s$ : Sargı donatısı kesit alanı.
$A_{sx}$,$A_{sy}$ : X ve Y doğrultusuna paralel sargı donatısı kollarının kesit alanları toplamı.
$b_c$ : Sargı donatısı içinde kalan kesit kısmının kenar boyu.
$b_{cx}$,$b_{cy}$ : Sargı donatısı içinde kalan kesit kısmının X ve Y doğrultusundaki kenar boyları.
$E_c$ : Beton elastisite modülü.
$E_s$ : Sargı donatısı elastisite modülü.
$f_c$ : Beton basınç gerilmesi.
$f'_c$ : Standart silindir testlerinden elde edilen beton basınç dayanımı.
$f'_{cc}$ : Sargılı beton basınç dayanımı.
$f'_{co}$ : Sargısız beton basınç dayanımı.
$f_l$ : Ortalama sargı basıncı.
$f_{le}$ : Eşdeğer üniform yatay basınç.
$f_{lex}$,$f_{ley}$ : X ve Y doğrultusuna paralel kenarlara etkiyen eşdeğer üniform yatay basınç.
$f_s$ : Sargı donatısındaki çekme gerilmesi.
$f_{yt}$ : Sargı donatısının akma dayanımı.
$K$ : Dayanım artış katsayısı.
$k_1$ : Pasif sargı basıncının dayanım artışına katkısını yansıtan katsayı.
$k_2$ : Sargı düzeni verimliliğini yansıtan katsayı.
$k_3$ : Sargısız beton basınç dayanımındaki artışın etkisini yansıtan katsayı.
$k_4$ : Sargı donatısı çekme dayanımındaki artışın etkisini yansıtan katsayı.
$m$ : Y doğrultusundaki sargı kolu sayısı.
$n$ : X doğrultusundaki sargı kolu sayısı.
$q$ : Ortalama sargı basıncını hesaplamak için kullanılacak sargı kolu sayısı.
$s$ : Sargı donatısı aralığı.
$s_l$ : Yatayda etriye veya çirozla desteklenmiş boyuna donatı aralığı.
$\alpha$ : Sargı pasif basıncı doğrultusunun, sargı kolu ile yapdığı açı.
$\varepsilon_c$ : Beton şekildeğiştirmesi.
$\varepsilon_1$ : Sargılı beton maksimum basınç dayanımına karşı gelen şekildeğiştirme.
$\varepsilon_{01}$ : Sargısız beton maksimum basınç dayanımına karşı gelen şekildeğiştirme.
$\varepsilon_{85}$ : Sargılı beton maksimum basınç dayanımının %85'ine karşı gelen gerilme değerinde şekildeğiştirme.
$\varepsilon_{085}$ : Sargısız beton maksimum basınç dayanımının %85'ine karşı gelen gerilme değerinde şekildeğiştirme.

**BÖLÜM 4.**

$A_g$ : Tüm kesit beton alanı.
$A_s$ : Çekme donatısı alanı.
$A'_s$ : Basınç donatısı alanı.
$b_w$ : Kesit genişliği.
$d$ : Kesit faydalı yüksekliği.
$f_y$ : Boyuna donatı akma dayanımı.

$f'_c$ : Beton çekme dayanımı.
$l_p$ : Plastik mafsal boyu.
$M_u$ : Nihai moment taşıma kapasitesi.
$M_y$ : Plastikleşme momenti.
**P** :Tasarım basınç kuvveti.
$t_w$ : Perde kesitinin gövde kalınlığı.
$l_w$ : Perde kesitinin plandaki uzunluğu.
**V** : Tasarım kesme kuvveti.
$\chi_y$ : Elastik eğrilik sınırı.
$\chi_p$ : Birim boydaki kalıcı eğrilik.
$\chi_u$ : İzin verilen en büyük eğrilik.
$\phi_y$ : Elastik dönme sınırı.
$\phi_p$ : Kalıcı dönme şekildeğiştirmesi
$\phi_u$ : İzin verilen en büyük dönme şekildeğiştirmesi.
$\rho$ : Çekme donatısı oranı.
$\rho'$ : Basınç donatısı oranı.
$\rho_{bal}$ : Dengeli donatı oranı.

**MEVCUT BİR BETONARME BİNADA DEĞERLENDİRME**
**ve**
**DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ**

## ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışma giriş ve sonuçlar kısımlarınında dahil olduğu beş bölümden oluşmaktadır.

İkinci bölümde, mevcut bir betonarme yapı, ABYYHY 75' e göre uyum açısından incelenmiş ve üç boyutlu matematik modeli hazırlanarak yatay yük çözümlemeleri yapılmıştır. Zemin özellikleri ve bobrum kat çevre perdeleri gibi faktörlerin, yapının davranışı üzerindeki etkilerini incelemek için farklı modeller geliştirilmiş ve bu modellerle yapılan serbest titreşim çözümlemelerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Yatay yük çözümlemelerinin sonuçları ve yaklaşık hesaplarla yapılan öndeğerlendirme sonucu yapının, ABYYHY 75' de öngörülen kriterleri sağlayamadığı sonucuna varılmış ve ABYYHY 97 uyarınca güçlendirilmiştir. Güçlendirilen yapının çözümlemeleri için kullanılacak ve bir boyutlu çerçeve elemanları ile hazırlanacak matematik bir modelde, perde gruplarının davranışlarını gerçeğe yakın bir şekilde yansıtmak amacıyla, farklı matematik modeller hazırlanmış, yatay yük çözümlemeleri yapılmış ve bulunan sonuçlar, perdeler için iki boyutlu sonlu elemanların kullanıldığı bir modelden bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Daha sonra, karşılaştırmalar sonucu seçilen bir matematik model kullanılarak ABYYHY 97' ye göre çözümlemeler yapılmış ve yönetmelikte öngörülen kriterlerin sağlandığı gösterilmiştir.

Üçüncü bölümde, sarılmış betonda gerilme şekildeğiştirme ilişkisinin anlaşılması amacıyla, önerilen üç model incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bundan sonra kesitlerde taşıma kapasitesi ve sünekliğin incelenmesi için, bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Dördüncü bölümde, seçilen yapı ve güçlendirilmiş hali, yük artımı yöntemiyle incelenmiştir. Çözümlemeleri yapılacak matematik modellerin hazırlanması sırasında, üçüncü bölümde incelenen sarılmış beton gerilme şekildeğiştirme önerileri ve hazırlanan bilgisayar programından faydalanılmıştır.Yük artımı yöntemiyle çözümleme yapılacak bilgisayar programı ve hazırlanan matematik modeller hakkında bilgi verilmiştir. Çözümlemeler sonucu bulunan kuvvet deplasman eğrileri ve yönetmelikler uyarınca hesaplanan taban kesme kuvvetleri kullanılarak, çeşitli karşılaştırmalar yapılmış, yönetmeliklerce öngörülen performansların sağlanıp sağlanmadığı incelenmiştir.

**ASSESMENT OF AN EXISTING RC BUILDING AND ITS NONLINEAR BEHAVIOUR**

## SUMMARY

The master thesis submitted consist of five sections including the two sections for introduction and results.

In the second section of the thesis, a seven storey **rc** building with common structural features and deficiencies has been selected for a detailed theoretical assesment and for a comperative evaluation work. Special attention has been paid on three dimensional mathmatical modelling of the structure which has no shear walls prior to the strengthening. And a set of parametric analyses have been carried out to see the effect of several factors such as the subsoil coefficients, the existance of peripheral shear walls, on overall dynamic behaviour of the building subjected to earthquake forces. A set of free vibrational analyses and the necessary lateral load analyses have been performed.

Since the Earthquake Code of 1975 was valid in first design, a detailed check has been completed to see how good the code requirements have been satisfied. And it has been understand that, the confinement ratios and the percentage of longitudinal bars are lower than the reqired values. It was not possible to reflect to the mathematical models of the deficiencies such as absence of linkers between the single footings and lack of necessary confinement in beem column connection zone, found in that comperative work. On the other hand, it has been assumed that the concrete compressive strength would be around 10 MPa. A detailed and aproximate assesment have been caried out as well to see whether strengthening is necessary or not.

After having had a comparision it has been came up with the results that, building has to be strengthened by shear wall interventions. The rest of the second section of this thesis has been devoted to the details of this redesing work which contains the modification of the mathematical model used for the original structure and the compleate analyses by the lateral loads proposed in the current Earthquake Code of 1997.

A computer program developed for having the bending capacities of irregular reinforced concrete sections subjected to biaxial bending has been presented in Chapter 3. Three different stress-strain relationship have been reviewed and been employed in this programming effort. The results achived by the help of this program have been utilized in the Chapter 4 where the results of the nonlinear analyses of both original and strengthened building are discussed.

# 1.GİRİŞ

## 1.1.Giriş ve Çalışmanın Amacı

Mevcut ve güçlendirilmiş yapıların deprem güvenliğinin saptanması, deprem yükleri altında doğrusal olmayan davranışlarının çözümlenmesi ve sünekliklerinin bulunması, depremselliği oldukça yüksek olan ülkemizde, incelenmesi gereken konulardır. Bu çalışmada yukarıda belirtilen konular, seçilen bir yapı ele alınarak incelenmiş ve sonuçları yorumlanmıştır.

Mevcut yapıların, inşa edildikleri yıllarda ve günümüzde yürürlükte olan yönetmeliklerin gerektirdiği koşulları ne derecede sağladıklarını görmek amacıyla, seçilen örnek bir yapının bu yönetmelikler uyarınca doğrusal çözümlemeleri yapılmış ve yönetmeliklere uyumu incelenmiştir. Performansı yetersiz bulunan yapıya güçlendirme perdeleri eklenmiş, bu perdelerin sistem içindeki davranışlarının doğru olarak yansıtılması amacıyla farklı matematik modeller hazırlanmış ve sonuçları karşılaştırılarak, çözümlemelerde kullanılması en uygun matematik modele karar verilmiştir. Güçlendirilmiş yapı günümüzde yürürlükte olan yönetmelikler uyarınca, seçilen matematik model esas alınarak incelenmiştir. Yapılan bu çalışmalarda amaç, mevcut ve güçlendirilmiş yapının yeterliliğinin, doğrusal çözümlemelere dayalı olarak tayinidir.

Sarılmış beton gerilme şekildeğiştirme ilişkisi için önerilen bazı modeller, sargı donatısı oranı farklı betonarme kesitlerdeki malzeme karakteristiklerini tesbit etmek amacıyla incelenmiştir. Kesitlerin taşıma kapasitesi ve sünekliklerinin doğru olarak elde edilmesi amacıyla bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Çalışmanın bu kısmındaki amaç, kritik kesitlerdeki iç kuvvet şekildeğiştirme ilişkisini doğru elde etmek için, gerçekçi malzeme karakteristiklerin seçimi ve bir bilgisayar programının hazırlanmasıdır.

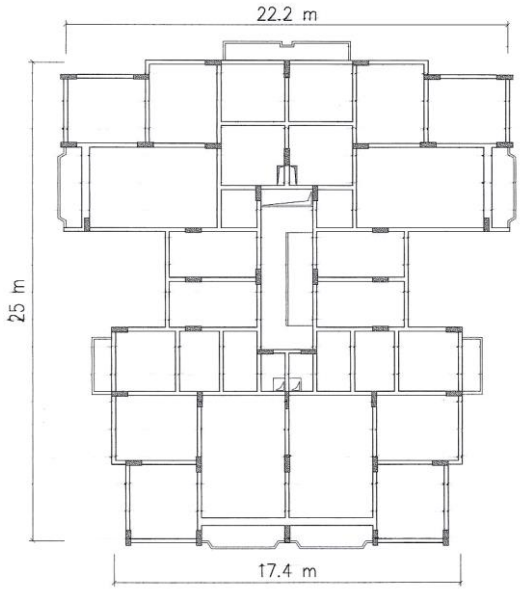
Seçilen mevcut yapının ve güçlendirilmiş halinin, malzeme bakımından doğrusal olmayan davranışlarının anlaşılması amacıyla, malzeme bakımından doğrusal

olmayan çözümleme yapabilen bir bilgisayar programı kullanılarak incelemeler yapılmıştır. Taşıma kapasitesi ve sünekliklerin incelenmesi için hazırlanmış bilgisayar programı ve sarılmış betonda gerilme şekildeğiştirme ilişkisi için önerilen modellerde kullanılarak, yapının matematik modelleri hazırlanmış, çözümlenmiş ve elde edilen sonuçlar, yönetmelikler uyarınca bulunan taban kesme kuvvetleri ile karşılaştırılarak, yapının performansının doğru bir şekilde tesbit edilmesi amaçlanmıştır.

# 2.MEVCUT BİR BETONARME YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN SAPTANMASI ve GÜÇLENDİRİLMESİ

## 2.1-Yapının Tanıtılması

Mevcut bina inşası 1994 yılında tamamlanmış bir konut yapısıdır. Bodrum ile birlikte toplam 8 katlıdır. Kat yüksekliği sabit olup 2.92 m'dir. Bodrum kat tavanından itibaren bina yüksekliği 20.44 m'dir. Binanın plandaki boyutları 22,2 m × 25 m'dir (Şekil 2.1). Planda düzensizlik olarak yorumlanabilecek çıkıntılar mevcuttur (Çizim C.4). Merdivenlerde sahanlık plağı ve sahanlık kirişi yoktur. Merdiven plağı iki kat döşemesi arasında sürekli olarak teşkil edilmiş ve bir tarafından, katı çapraz geçen bir kirişe mesnetlenmiştir. Çatı kiremit kaplı oturtma ahşap çatıdır. Dış cephe ve bina içi bölme duvarları delikli tuğladan örme olup, hemen hemen tamamı çerçeve kirişlerine ya da tali kirişlere oturmaktadır (Çizim C.6).




Şekil 2.1.Mevcut Yapı Normal Kat Planı

Döşemeler kalınlıkları 12 cm ile 14 cm arasında değişen betonarme plaklardan oluşmaktadır. Döşemede süreksizlik düzensizliği sözkonusu değildir. Servis yükleri altında kullanılabilirliğini engelliyecek bir sehim problemi veya çatlak yoktur. Döşemeler çerçeve kirişlerine ve düşey yük dağılımını düzenlemek amacıyla konulmuş tali kirişlere oturmaktadırlar. Normal katlarda konsol döşeme kısımları yoktur, ancak çatı döşemesinde 50 cm ile 130 cm arasında değişen konsol döşeme kısımları ve uç kısımlarında kesit boyutları 10 cm × 75 cm olan betonarme korkuluk mevcuttur (Çizim C.5).

Yatay yük taşıyıcı sistem, binanın asal eksenlerine paralel düzlem çerçevelerden oluşmaktadır. Düzlem çerçeveleri oluşturan kirişlerin kalınlıkları 20 cm, yükseklikleri ise 60 cm ile 100 cm arasındadır (Çizim C.4, C.5). Kolonlarda kısa kenar tipik olarak 25 cm, uzun kenar ise kritik katta 80 cm ile 90 cm arasında değişmekte ve üst katlara çıkıldıkça düzenli olarak azalarak, 4. kat ve daha üst katlarda 50 cm' e inmektedir (Çizim C.7). Çerçeve kolonlarının düşey doğrultuda süreksizliği söz konusu değildir.

Bodrum katta 25 cm kalınlığında çevre perdeleri mevcuttur (Çizim C.3). Bina dış cephe kolonlarının tümü bodrum çevre perdeleri içine saplanmakta ve yükleri bu perdelerin altında bulunan duvaraltı temellerine iletilmektedir. Duvar altı temellerinin konsolları, dış cephe kolonlarının perdeye saplandığı kısımlarda münferit temel gibi tasarlanmış ve yükün daha geniş bir alana yayılması sağlanmıştır. Bina iç kısmında kalan kolonlar içinse, münferit temeller teşkil edilmiştir (Çizim C.1). Münferit temeller 5 tip olarak tasarlanmış olup boyutları 130 cm × 195 cm ile 260 cm × 310 cm ve yükseklikleri 50 cm ile 100 cm arasında değişmektedir (Çizim C.2). İç kısımdaki kolonların mesnetlendiği münferit temeller, bağ kirişleri ile bağlanmamışlardır.

Yapı ağırlığının hesaplanmasında ve düşey yük analizlerinde kullanılacak olan, yapıda mevcut yüklerin detayları Tablo 2.1' de verilmiştir.

Tablo 2.1.Düşey Yük Analizleri

| | |
|---|---|
| Demirli beton birim hacim ağırlığı | 24,52 kN/m$^3$ |
| Döşeme kaplaması | 0,220 kN/m$^2$ |
| Şap betonu ( 1 cm kalınlıklı ) | 0,220 kN/m$^2$ |
| İç duvarlar | 2,450 kN/m$^2$ |
| Dış cephe duvarları | 3,430 kN/m$^2$ |
| Kiremit kaplı oturtma ahşap çatı | 1,180 kN/m$^2$ |
| Hareketli yükler ( balkon, merdiven ) | 3,430 kN/m$^2$ |
| Hareketli yükler ( normal kat döşemesi ) | 1,960 kN/m$^2$ |

Yapıda kullanılan betonun dayanımı hakkında herhangi bir araştırma yapma imkanı olmamıştır. Bu sebeple dayanım hakkında bir kabul yapılmış ve bu kabulde aynı sınıftaki yapılarda karşılaşılan değerlerden faydalanılmıştır. Yapıda kullanılan demir tipi BÇI olarak sınıflandırılan yumuşak çeliktir. Yapı malzemeleri bilgileri Tablo 2.2' de verilmiştir.

Tablo 2.2.Mevcut Yapıda Malzeme Karakteristikleri

| | |
|---|---|
| $f_{ck}$ | 10,5 Mpa |
| $f_{cd}$ | 10,5 MPa |
| $f_{yk}$ | 220 MPa |
| $f_{yd}$ | 190 MPa |
| $f_{ctk}$ | 1,1 MPa |
| $f_{ctd}$ | 1,1 MPa |
| $E_c$ | 24500 MPa |

## 2.2-Yapının Matematik Modelinin Kurulması

Mevcut yapı düşey ve yatay yük analizlerinde kullanılmak üzere, bir boyutlu çerçeve elemanları ve iki boyutlu sonlu elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Geliştirilen modelde kiriş ve kolonlar için bir boyutlu çerçeve elemanları, bodrum çevre perdeleri için iki boyutlu sonlu elemanlar kullanılmış, duvaraltı ve münferit temel kısımları, bir boyutlu elemanlardan oluşan ızgara kirişleri ile temsil edilmiştir. İki boyutlu sonlu elemanlar, kenar boyutları 25 cm ile 35 cm arasında değişen dikdörtgen formdadırlar. Bodrum çevre perdelerine saplanan kolonların, perdelere bağlantısında, kolon kesitinin içinde kalan bodrum perdesi düğüm noktalarının,

birarada sonsuz rijit davranması sağlanmış, bu şekilde kolon ucunda bodrum perdelerinden kaynaklanacak ankastreliğin yansıtılması amaçlanmıştır.

Yapıda kolon kiriş birleşim noktalarının, elemanlar arasındaki iç kuvvet transferini sağlayacak kapasitede olmadığı tahmin edilmektedir. Ancak, modellemeyi kolaylaştırmak ve dayanımın yeterli olduğu kabulü halinde, sistemin davranışını yeter doğrulukla gözlemlemek için, kirişlerin kolon kesitleri içinde kalan kısımları sonsuz rijitlikli mesnet bölgeleri olarak modellenmiştir.

Döşemeler herhangi bir sonlu eleman ağıyla modele dahil edilmemiş ancak, döşemenin düzlem içi deformasyonlara karşı rijit diyafram gibi çalıştığı kabul edilerek bu davranış, programın özellikleri kullanılarak, kat hizalarındaki düğüm noktalarının döşeme düzlemi içindeki doğrusal deplasmanlarının eşitlenmesi suretiyle modele dahil edilmiştir. Düşey yüklerin döşemelerden kirişlere dağıtılmasında, köşelerin açı ortayları ile uzun kenera paralel döşeme orta çizgisinin ayırdığı alanlar esas alınmış ve yüklerin üçgen veya trapez formlarında herhangi bir dönüştürme yapılmamıştır.

Döşemenin, kirişlerin eğilme rijitliğine katkısını yansıtmak için kiriş kesitleri tablalı olarak (L ve T) gözönüne alınmıştır. Etkili tabla genişliğinin seçiminde, muhtelif yönetmelikler kıyaslanmış, hesap pratikliği ve yapı rijitliğinin yeter doğrulukta elde edilmesi amacıyla UBC 97 ve ACI 318-99 standartlarında önerilen limitler kullanılmıştır. Sözkonusu standartlarda önerilen limitler şu şekilde özetlenebilir;

- T Kesitlerde ;

1. Başlık genişliği kiriş temiz açıklığının 1/4 ’ ünden fazla olamaz.
2. Gövdenin bir yanında çıkan başlık genişliği, tabla kalınlığının 8 katından fazla olamaz.
3. Gövdenin bir yanında çıkan başlık genişliği, paralel kirişlerin gövdeleri arasındaki temiz açıklığın yarısından fazla olamaz.

- L Kesitlerde ;

1. Gövdenin bir yanında çıkan başlık genişliği, kiriş temiz açıklığının 1/12 ' sinden fazla olamaz.
2. Gövdenin bir yanında çıkan başlık genişliği, tabla kalınlığının 6 katından fazla olamaz..
3. Gövdenin bir yanında çıkan başlık genişliği, paralel kirişlerin gövdeleri arasındaki temiz açıklığın yarısından fazla olamaz.

Bir boyutlu çerçeve elemanları ile temsil edilen tüm taşıyıcı sistem elemanlarında kesit atalet momenti, doğrusal elastik davranışa dayalı yapısal çözümleme yapılacağı kabulüyle, tüm beton kesitin eylemsizlik momenti olarak alınmıştır. Yapıda mevcut bölme duvarları herhangi bir yaklaşım kullanılarak modele dahil edilmemiştir.

Düşey yükler, yapı ağırlığının hesaplanmasında yanlışlıktan kaçınmak için aşağıdaki yükleme durumlarında sınıflandırılmıştır.

- DSMZT Yüklemesi : Döşemelerden gelen zati yükler.
- DVRZT Yüklemesi : Duvarlardan gelen zati yükler.
- CTZT Yüklemesi : Çatıdan gelen zati yükler.
- KLKRPRD Yüklemesi : Taşıyıcı sistem elemanlarından gelen zati yükler.
- HRKTL Yüklemesi : Hareketli yükler.
- G Yüklemesi : 1 x DSMZT + 1 x DVRZT + 1 x CTZT + 1 x KLKRPRD
- Q Yüklemesi : 1 x HRKTL

Bu koşullar altında yapının düşey yük analizi sonucu bulunan ve serbest titreşim karakteristiklerinin incelenmesi ile yatay yük analizlerinde kullanılacak olan kat ağırlıkları Tablo 2.3' te verilmiştir.

Tabloda belirtilen kat ağırlıkları kullanılarak bulunan ve serbest titreşim analizlerinde kullanılacak olan kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri Tablo 2.4' te verilmiştir.

Tablo 2.3.Mevcut Sistem Kat Ağırlıkları

| KAT | DSMZT ( kN ) | DVRZT ( kN ) | CTZT ( kN ) | KLKRPRD ( kN ) | HRKTL ( kN ) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1695,5 | 1156,3 | 0 | 1279,1 | 775,4 |
| 2 | 1695,5 | 1156,3 | 0 | 1216,3 | 775,4 |
| 3 | 1695,5 | 1156,3 | 0 | 1155,3 | 775,4 |
| 4 | 1695,5 | 1156,3 | 0 | 1094,3 | 775,4 |
| 5 | 1695,5 | 1156,3 | 0 | 1088,7 | 775,4 |
| 6 | 1695,5 | 1156,3 | 0 | 1088,7 | 775,4 |
| 7 | 1695,5 | 0 | 1264,4 | 1043,0 | 0 |

Tablo 2.4.Mevcut Sistem Kat Kütleleri ve Kütle Eylemsizlik Momomentleri

| KAT | $m_x$ ( $kNsn^2/m$ ) | $m_y$ ( $kNsn^2/m$ ) | $m_\theta$ ( $kNsn^2m$ ) |
|---|---|---|---|
| 1 | 444,83 | 444,83 | 38700,18 |
| 2 | 438,36 | 438,36 | 38137,08 |
| 3 | 432,18 | 432,18 | 37599,58 |
| 4 | 425,90 | 425,90 | 37053,54 |
| 5 | 425,31 | 425,31 | 37002,35 |
| 6 | 425,31 | 425,31 | 37002,35 |
| 7 | 407,96 | 407,96 | 39641,15 |

## 2.3-Yapının Serbest Titreşim Karakteristiklerinin İncelenmesi

Mevcut yapının yatay yük analizlerinde kullanılacak olan doğal titreşim periyotlarının, zemin yatak katsayısının muhtelif değerlerinden nasıl etkilendiği ve rijit bodrum çevre perdelerinin, yapı zemin ilişkisine, serbest titreşim karakteristikleri açısından tesirleri incelenmiştir.

Bu amaçla çeşitli yatak katsayıları kullanılarak, temel zemin kesitindeki düğüm noktalarına, lineer elastik doğrusal deplasman yapan yay elemanları eklenmiştir. Seçilen yatak katsayıları kullanılarak bu şeklide türetilen modellerin yanı sıra, zemin kat kolonlarının bodrum kat tavanından ankastre bağlandığı ve bodrum perdelerinin kaldırıldığı bir model ile, temel düğüm noktalarında 6 adet serbestliğin sınırlandırıldığı ve bodrum perdelerininde dahil olduğu bir model daha türetilmiştir. Söz konusu modellerin özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

MODEL 1 ; Çerçeveler, bodrum perdeleri ve temeller modele dahildir. Temel düğüm noktalarında tüm serbestlikler sınırlandırılmıştır (Şekil 2.2).

MODEL 2 ; Çerçeveler, bodrum perdeleri ve temeller modele dahildir. Yatak katsayısının Z = 25000 kN / $m^3$ olduğu varsayımıyla, temel düğüm noktalarına, lineer elastik doğrusal deplasman yapan yaylar yerleştirilmiştir (Şekil 2.2).

MODEL 3 ; Çerçeveler, bodrum perdeleri ve temeller modele dahildir. Yatak katsayısının Z = 50000 kN / $m^3$ olduğu varsayımıyla, temel düğüm noktalarına, lineer elastik doğrusal deplasman yapan yaylar yerleştirilmiştir (Şekil 2.2).

MODEL 4 ; Çerçeveler, bodrum perdeleri ve temeller modele dahildir. Yatak katsayısının Z = 100 000 kN / $m^3$ olduğu varsayımıyla, temel düğüm noktalarına, lineer elastik doğrusal deplasman yapan yaylar yerleştirilmiştir (Şekil 2.2).

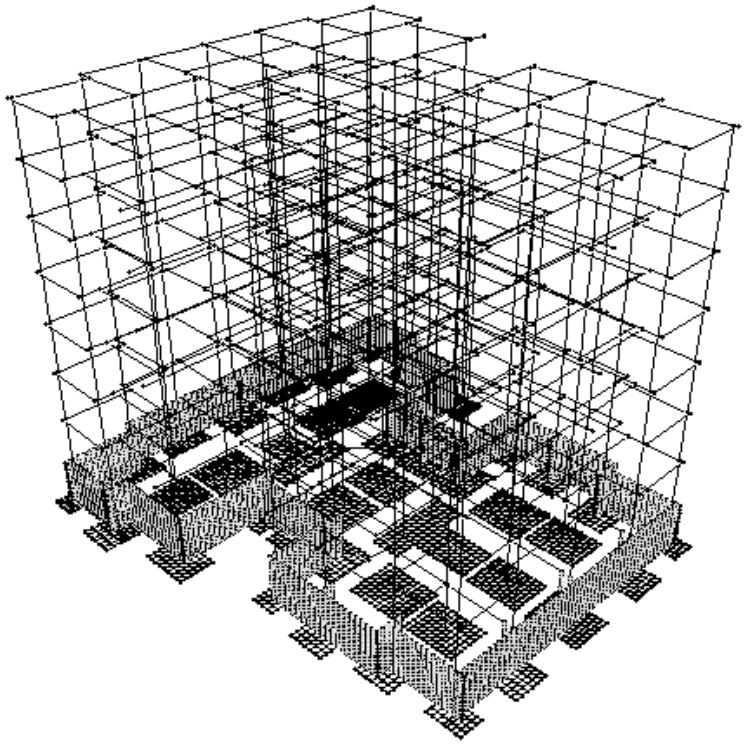
MODEL 5 ; Çerçeveler, bodrum perdeleri ve temeller modele dahildir. Yatak katsayısının Z = 150 000 kN / $m^3$ olduğu varsayımıyla, temel düğüm noktalarına, lineer elastik doğrusal deplasman yapan yaylar yerleştirilmiştir (Şekil 2.2).

MODEL 6 ; Çerçeveler, bodrum perdeleri ve temeller modele dahildir. Yatak katsayısının Z = 200 000 kN / $m^3$ olduğu varsayımıyla, temel düğüm noktalarına, lineer elastik doğrusal deplasman yapan yaylar yerleştirilmiştir (Şekil 2.2).

MODEL 7 ; Model sadece düzlem çerçevelerden oluşmaktadır. Bodrum çevre perdeleri ve temeller modele dahil edilmemiştir. Zemin kat kolonları ankastre olarak bağlanmıştır (Şekil 2.3).

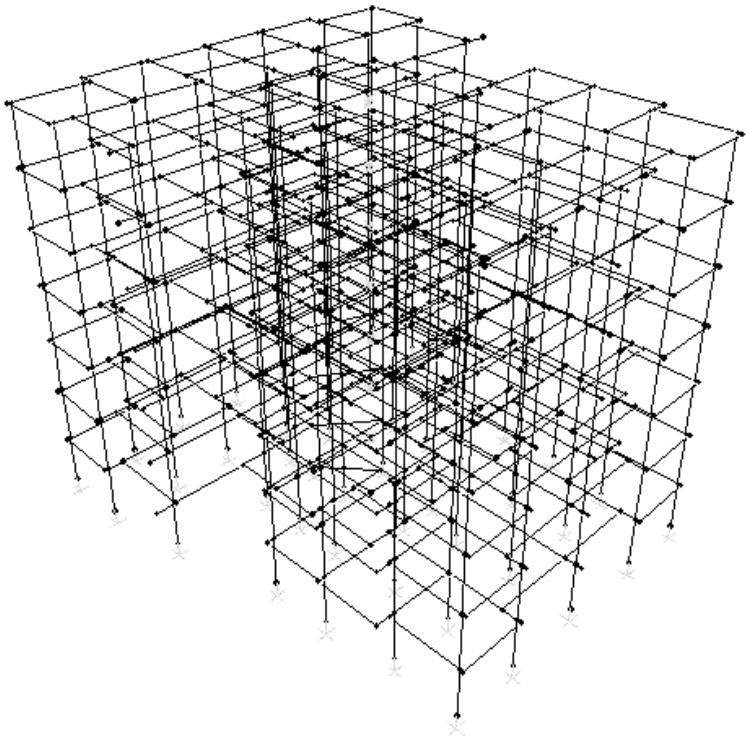
Yapılan analizlerden elde edilen serbest titreşim karakteristikleri Tablo A.1 ve mod şekilleri Şekil B.1, B.2 ve B.3' te sunulmuştur.

Yapılan analizlerde amaç, yapının mesnetlenme koşullarının ve zemin yatak katsayısı değişiminin, yapının serbest titreşim karakteristikleri üzerindeki tesirlerini incelemektedir. Bu sebeple herhangi bir yatay yükleme durumu için, modellerin karşılaştırılması yapılmamıştır. Ancak serbest titreşim karakteristiklerinin incelenmesi ile, lineer çözümlemelerde yeter gerçeklikte sonuçlar vermesi beklenen modelin seçilebileceği düşünülmüştür.



Şekil 2.2.Mevcut Yapı  Matematik Modeli

Yapılacak karşılaştırmalarda ilk olarak MODEL 1 ve MODEL 7 gözönüne alınırsa, asal doğrultulardaki birinci doğal titreşim periyotlarının ( $T_{1X\ MODEL1}$ = 0.685 sn, $T_{1X\ MODEL7}$ = 0.669 sn, $T_{1Y\ MODEL1}$ = 0.65 sn, $T_{1Y\ MODEL7}$ = 0.631 sn ) (Tablo A.1) hemen hemen aynı olduğu ve mod vektörlerinin birbiriyle örtüştüğü görülür (Şekil B.1, B.2). Burdan, bu iki modelden elde edilen titreşim karakteristikleri ile, yönetmelikler uyarınca hesaplanacak eşdeğer statik deprem yüklerinin, farklı olmayacağı anlaşılır. Yine mod vektörlerinin örtüşmesinden yola çıkarak, bodrum çevre perdelerinin zemin kat kolonlarına önemli bir ankastrelik sağladığı ve bu ankastreliğin kritik kat kolonlarının taban kesitlerindeki dönmeleri sınırlandırmasıyla, aynı yatay yükler altında oluşacak iç kuvvet dağılımı ve mutlak kat ötelemelerinin, iki model arasında çok farklı olmayacağı söylenebilir.



Şekil 2.3.Mevcut Yapının Bodrum Çevre Perdeleri ve Temelleri Hariç Matematik Modeli

İkinci olarak MODEL 1' i ve temel düğüm noktalarında doğrusal elastik yayların bulunduğu diğer modelleri karşılaştırırsak, asal doğrultulardaki 1. doğal titreşim periyotlarının, ( $T_{1XMODEL1}$ = 0.685 sn, $T_{1XMODEL2}$ = 0.754 sn, $T_{1YMODEL1}$ = 0.65 sn, $T_{1YMODEL2}$ = 0.73 sn ) MODEL 1 ve MODEL 2' den elde edilen değerler arasında değiştiği görülür.Aradaki farkların eşdeğer statik deprem yükünün hesabına yansımasından doğacak taban kesme kuvveti farklarının, düşük mertebelerde olacağı söylenebilir. Bu farkları görmek amacıyla, ABYYHY75 ve ABYYHY97' e göre yatay yüklerin hesabında kullanılacak elastik tasarım ivme spektrumu değerleri hesaplanırsa,

| | | |
|---|---|---|
| ABYYHY 1975 ; | $T_0$ = 0.65 sn | |
| | ( [2] Tablo 13.1, Zemin sınıfı 3-C ) | |
| MODEL 1 | $S_x = 1 / \mid 0.8 + 0.685 - 0.65 \mid = 1$ | ( [ 2 ] 13.3 ) |
| | $S_y = 1 / \mid 0.8 + 0.650 - 0.65 \mid = 1$ | ( [ 2 ] 13.3 ) |
| MODEL 2 | $S_x = 1 / \mid 0.8 + 0.754 - 0.65 \mid = 1$ | ( [ 2 ] 13.3 ) |
| | $S_y = 1 / \mid 0.8 + 0.730 - 0.65 \mid = 1$ | ( [ 2 ] 13.3 ) |

ABYYHY 1997 ; $T_A = 0.15$ sn, $T_B = 0.6$ sn

( [3] Tablo 6.4, Z3 Zemin sınıfı )

MODEL 1 $S(T)_x = 2.5 ( 0.6 / 0.685 )^{0.8} = 2.25$ ( [ 3 ] 6.2.c )

$S(T)_y = 2.5 ( 0.6 / 0.650 )^{0.8} = 2.34$ ( [ 3 ] 6.2.c )

MODEL 2 $S(T)_x = 2.5 ( 0.6 / 0.754 )^{0.8} = 2.08$ ( [ 3 ] 6.2.c )

$S(T)_y = 2.5 ( 0.6 / 0.730 )^{0.8} = 2.14$ ( [ 3 ] 6.2.c )

Bulunan değerlerdende görülebileceği gibi, ABYYHY 75 gözönüne alınırsa, periyotlar arasındaki farklar, taban kesme kuvvetinin hesabında spektrum katsayısını değiştirmemiş, ABBYYHY 97 gözönüne alınırsa değişimin taban kesme kuvvetine yansıması, % 8 ve % 9.3 mertebelerinde olmuştur. Dolayısıyla yapının lineer analizleri için seçilecek modelde, zemin yatak katsayısının veya yapı zemin ilişkisinin, yönetmeliklere göre hesaplanacak eşdeğer statik deprem yükü hesabına etkisi önemsiz olacaktır.

Karşılaştırma mod şekilleri ve mod vektörleri açısından yapıldığında (Şekil B.1, B.2), çerçeve sistemlerde beklenen mod şekillerinin tüm modellerde elde edildiği, ancak asal x ekseni doğrultusundaki mod vektörlerinin, MODEL 1 ve MODEL 2 arasında farklı olduğu görülmektedir. Buna karşılık asal y ekseni doğrultusundaki mod vektörleri örtüşmektedir. Bu fark şu şekilde izah edilebilir. Bodrum kat tavanı kalıp planında (Çizim C.3) veya temel planında (Çizim C.1) görüldüğü gibi, asal eksenlere paralel bodrum çevre perdelerinin plandaki uzunlukları birbirinden oldukça farklıdır. Asal x eksenine paralel olarak 1, 5, 7 ve 11~12 akslarındaki perdeler mevcuttur ve bunların plandaki uzunlukları 16 m, 4.5 m, 5.8 m ve 22.2 m'dir. Asal y eksenine paralel olarak, C~D, F, A~B akslarındaki ve bunların J aksına göre simetriklerindeki perdeler mevcuttur.Bunların plandaki uzunlukları sırasıyla 11.05 m, 5.2 m ve 8 m'dir. Ancak bu iki perde grubu arasında önemli bir fark vardır. Asal x eksenine paralel perdelerin plandaki yerleşimi, birbirlerinden bağımsız çalışmalarını gerektirir. Asal y eksenine paralel perdelerse, 5 ve 7 akslarındaki perdelerin katkısıyla peşpeşe yerleştirilmiş gibi davranacak ve binanın y doğrultusu boyunca uzanan tek bir perdenin davranışına yaklaşacaklardır. Bu çalışma şekliyle, bodrum çevre perdesi temellerinin taban kesitlerindeki mukavemet momentinin, y doğrultusunda daha büyük olacağı, artan kesit yüksekliği ile çekme ve basınç gerilmelerinin düşeceği, bodrum katta toptan dönmenin zorlaşacağı, buna karşılık x doğrultusunda daha küçük mukavemet momenti sebebiyle, çekme ve basınç gerilmelerinin artacağı ve bodrum katta toptan dönmenin kolaylaşacağı görülebilir.

Dolayısıyla x doğrultusundaki mod vektörleri arasındaki farkların, yatak katsayısı düştükçe, bodrum kattaki toptan dönmelerden kaynaklandığı söylenebilir.

Yapılan bu incelemeden sonra, yapının doğrusal çözümlemelerinde, kolonları bodrum kat tavanından ankastre bağlı bir modelin kullanılmasının yeter doğrulukta sonuç vereceği kabul edilmiştir.

### 2.4-Mevcut Projenin ABYYHY75 Yönetmeliğine Göre İncelenmesi

#### 2.4.1-Uyum Açısından İnceleme

Yapının mevcut projesinde, eşdeğer statik deprem yükünü hesaplamak için kullanılan parametreler, ABYYHY 75 gözönüne alınarak incelendiğinde, deprem bölge katsayısı ve yapı önem katsayısı için doğru değerler seçildiği görülmüştür. Yapının yeri, projelendirme sırasında güncel olan yönetmeliğe göre [2], 2. derece deprem bölgesi olarak belirtilmiş olup, deprem bölge katsayısının seçilen 0.08 değeri ve yapı önem katsayısının seçilen 1 değeri yönetmeliğe uygundur.

Yapı dinamik katsayısının tayini için kullanılacak periyotların hesabı, yönetmelikte önerilen yaklaşık bağıntılar kullanılarak,

$H = 20.14$ m  $D_y = 25$ m  $D_x = 22.2$ m

$T_{1x} = 0.09 \times 20.14 / 25.0 = 0.36$ sn  ( [2] 13.4 )

$T_{1y} = 0.09 \times 20.14 / 22.2 = 0.38$ sn  ( [2] 13.4 )

şeklinde bulunabilir. Yapı civarında su bulmak amacıyla yapılan çalışmalarda, ilk 100 m'de olumsuz sonuç alınması ve zeminle ilgili detaylı bir inceleme bulunmayışı gözönüne alınarak, zemin sınıfı 3-C ( [2] Tablo 13.1 ) seçilmiştir. Bu zemin sınıfı hakim periyodu ve yaklaşık bağıntılarla bulunan periyot değerleri kullanılarak, yapı dinamik katsayısı S için,

$T_0 = 0.65$ sn  ( [2] Tablo 13.1, Zemin sınıfı 3-C )

$S_x = 1 / |\ 0.8 + 0.36 - 0.65| = 1$  ( [ 2 ] 13.3 )

$S_y = 1 / |\ 0.8 + 0.38 - 0.65| = 1$  ( [ 2 ] 13.3 )

değerleri bulunurki, eşdeğer statik deprem yükünün hesabında bu parametrede doğru seçilmiştir.

Seçilen yapı tipi katsayısının doğruluğunu kontrol etmek için yapının, yönetmelikte belirtilmiş düktil çerçevelerden oluşan sistemler için öngörülen niteliklere sahip olup

olmadığını incelemek gerekir. Yapının temelleri incelendiğinde (Çizim C.1), yapı iç kısmındaki kolonların oturduğu tekil temellerin, birbirlerine ve perde altı temellerine nazaran farklı miktarda oturma riski olduğu görülmektedir. Yine yönetmelikçe öngörülen bağ kirişlerinin olmamasından dolayı tekil temellerin yatay yer değiştirmelerinin birbirlerinden bağımsız olacağı söylenebilir. Çerçeve kolonlarında mevcut donatı miktarları incelendiğinde (Çizim C.7), yönetmelikte verilen alt sınır değeri olan 0.01' in altında, özellikle çoğunluğu oluşturan 25 cm × 80 cm ve 25 cm × 70 cm kolonlarda 0.007~0.008 civarında değerler bulunmuştur. Bunların dışındaki kolonlarda ise donatı miktarı genel olarak altsınır civarındadır. Kolonlar için yönetmelikte tanımlı sarılma bölgesi düzenlenmemiştir. Kolon sargı donatısı tüm kolonlarda ve kolon boyunca $\phi$ 8/20 olarak seçilmiştir. Yönetmelikte ise kolon sarılma bölgesindeki maximum sargı aralığı 10 cm olarak belirtilmiştir. Kolon kiriş birleşim bölgeleri için kayma kontrolleri ve kayma donatısı hesabı yapılmamıştır. Kirişlerin boyutları yönetmelikle uyumludur ve donatı miktarları yönetmelikte belirtilen alt sınır civarındadır (Çizim C.4, C.8, C.9, C.10, C.11, C.12). Sargı donatısı ise genellikle $\phi$8/10 olarak seçilmiş olup, bu da yönetmelikte belirtilen sınır değerleri içindedir. Ancak kirişlerde, bir sıraya yerleştirilecek maximum donatı sayısının aşıldığı durumlarda, donatının iki sıra olarak düzenlenmesini öngören teknik çizimler mevcut değildir. Bu da aderans problemine ve donatının sağlıklı çalışmamasına sebep olacaktır.

Tesbit edilen bu olumsuzluklardan yola çıkılarak, yapının yatay yük taşıyıcı sisteminin düktil çerçeveler sınıfına sokulamayacağı ve bu sebeple, yapı tipi katsayısı olarak, K' nın seçilen 1 değerinin 1.5 olması ( [2] Tablo13.3,2-b ) gerektiği söylenebilir.

### 2.4.2-ABYYHY75 Yönetmeliğine Göre Çözümleme ve ABYYHY97 Yönetmeliği İle Karşılaştırma

Mevcut yapının davranışının incelenmesi için hazırlanan modellerin karşılaştırılmasından, MODEL 7 ile yapılacak analizlerden elde edilecek sonuçların, yeter doğrulukta olacağı kabul edilmişti. Bu modelden elde edilen periyot değerleri kullanılarak, ABYYHY 75 ve ABYYHY 97'e göre yapılacak eşdeğer statik deprem yüklemesi analizlerinde kullanılacak olan taban kesme kuvvetleri ve ABYYHY75' e

göre bulunan taban kesme kuvvetlerinin bina yüksekliği boyunca dağılımı Tablo 2.5, 2.6 ve 2.7' de sunulmuştur.

Tablo 2.5.Mevcut Sistem Yatay Yük Analizleri

| Bina Ağırlığı : 28038 ( kN ) (G) + 0,3 * 4648 ( kN ) (Q) | 29432 ( kN ) |
|---|---|
| X Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu | 0,6695 sn |
| Y Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu | 0,6312 sn |
| AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK 1975 | |
| Zemin Türü : III-c | I = 1 |
| Zemin Hakim Pryd = 0,65 sn | $C_0$ = 0,08 |
| $T_B$ = 0,8 sn | K = 1,5 ( [2] Tablo 13.3 1-c ) |
| S ( $T_{1X}$ ) = 1 | $V_X$ = 0,12 x W |
| S ( $T_{1Y}$ ) = 1 | $V_Y$ = 0,12 x W |
| AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK 1997 | |
| Zemin Türü : Z3 | I = 1 |
| $T_A$ = 0,15 sn | R = 4 |
| $T_B$ = 0,60 sn | $A_0$ = 0,4 |
| S ( $T_{1X}$ ) = 2,29 | $V_X$ = 0,23 x W |
| S ( $T_{1Y}$ ) = 2,40 | $V_Y$ = 0,24 x W |

Tablo 2.6.Mevcut Sistem X Doğrultusu Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

| Kat | $H_i$ ( m ) | $w_i$ ( kN ) | $w_i$ x $h_i$ | ($w_i$x$h_i$) / Σ | $e_y$ ( m ) | XEQ75 ( kN ) | XEQ75MZ ( kNm ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,62 | 4364 | 11433,8 | 0,035 | 1,25 | 122,09 | 152,61 |
| 2 | 5,54 | 4305 | 23850,7 | 0,072 | 1,25 | 254,67 | 318,34 |
| 3 | 8,46 | 4237 | 35841,1 | 0,108 | 1,25 | 382,71 | 478,38 |
| 4 | 11,38 | 4178 | 47542,2 | 0,144 | 1,25 | 507,65 | 634,56 |
| 5 | 14,3 | 4178 | 59741,1 | 0,181 | 1,25 | 637,91 | 797,38 |
| 6 | 17,22 | 4168 | 71771,1 | 0,217 | 1,25 | 766,36 | 957,95 |
| 7 | 20,14 | 4001 | 80583,7 | 0,244 | 1,25 | 860,46 | 1075,57 |

Tablo 2.7.Mevcut Sistem Y Doğrultusu Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

| Kat | $H_i$ ( m ) | $w_i$ ( kN ) | $w_i$ x $h_i$ | ($w_i$x$h_i$) / Σ | $e_x$ ( m ) | YEQ75 ( kN ) | YEQ75MZ ( kNm ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,62 | 4364 | 11433,8 | 0,035 | 1,11 | 122,09 | 135,52 |
| 2 | 5,54 | 4305 | 23850,7 | 0,072 | 1,11 | 254,67 | 282,69 |
| 3 | 8,46 | 4237 | 35841,1 | 0,108 | 1,11 | 382,71 | 424,80 |
| 4 | 11,38 | 4178 | 47542,2 | 0,144 | 1,11 | 507,65 | 563,49 |
| 5 | 14,3 | 4178 | 59741,1 | 0,181 | 1,11 | 637,91 | 708,08 |
| 6 | 17,22 | 4168 | 71771,1 | 0,217 | 1,11 | 766,36 | 850,66 |
| 7 | 20,14 | 4001 | 80583,7 | 0,244 | 1,11 | 860,46 | 955,11 |

ABYYHY 75'e göre yapılan yatay yük analizleri sonucu, zemin kat kolonları ve zemin kat tavanı kirişlerinde bulunan iç kuvvetlerin, elemanların taşıma kapasiteleri ile karşılaştırılmaları Tablo A.3, A.4, A.5, A.6 ve A.7' de verilmiştir. Zemin kat

kolonlarındaki boyutsuz normal kuvvet değerleri için, düşey ve yatay yükleme durumlarında bulunan değerlerde Tablo A.2' de verilmiştir.

Kolonların ve kirişlerin eğilme momenti taşıma kapasitelerinin hesabında, sargı donatısı dışında kalan kesit kısmı ihmal edilmiştir. Yine kiriş ve kolonların kesme kuvveti taşıma kapasitelerine betonun katkısı, sargı donatısı dışında kalan kesit kısmı ihmal edilerek, [1] 8.1, [1] 8.4 bağıntıları ile dahil edilmiştir. Kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin bulunmasında ve moment taşıma kapasitelerinin hesabında kullanılan, malzeme gerilme şekildeğiştirme modelleri ve şekildeğiştirme üst sınırları, TS500' e göre belirlenmiştir.

Zemin kat kolonlarındaki boyutsuz normal kuvvet seviyeleri (Tablo A.2) incelendiğinde, sınırlı sayıda kolonda da olsa, yapının inşası sırasında yürürlükte olan TS500' de belirtilen üst sınır değeri olan 0.6 civarında yada üstünde değerlerle karşılaşılmaktadır. Günümüzde yürürlükte olan TS500' de bu değer 0.5' e çekilmiştir ki, bir çok kolonda boyutsuz normal kuvvetin bu değerin civarında yada üstünde olduğu görülmektedir. Zemin kat kolonlarında boyutsuz normal kuvvet mertebelerinin üst sınırlarda gezdiği ve bununda yapının sünek davranışı için bir engel olduğu gözönüne alınırsa, bu durum yapıda bir kusur olarak yorumlanabilir.
Zemin kat kolonlarında yapılan ve Tablo A.3, A.4 ve A.5' te sunulan iç kuvvet kapasite karşılaştırmalarında, yükleme durumuna göre tüm kritik kat kolonları incelenmiştir. Her iki doğrultuda yapılan yüklemelerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, moment taşıma kapasitelerinin bazı elemanlarda ve kat bazında yetersiz olduğu, kesme kuvveti taşıma kapasitelerininse, bazı elemanlarda yetersiz fakat kat bazında yeterli olduğu gözükmektedir. Moment taşıma kapasitelerindeki yetersizlik ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin hesabında betonun katkısınında hesaba katıldığı gözönüne alınırsa, kritik kat kolonlarının kabul edilebilir bir düzeyde olmadığı sonucuna varılabilir.

Zemin kat tavanı kirişlerinde yapılan ve Tablo A.6 ve A.7' de sunulan iç kuvvet kapasite karşılaştırmalarında, moment taşıma kapasitelerinin, kirişlerin büyük çoğunluğunda yetersiz olduğu, kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin yeterli olduğu görülür. Moment taşıma kapasitelerindeki yetersizlik ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin hesabında betonun katkısınında hesaba katıldığı gözönünde tutulursa, kritik kat tavanı kirişlerinin kabul edilebilir bir düzeyde olmadığı sonucuna varılabilir.

ABYYHY 75'e göre yapılan analizlerden bulunan iç kuvvetlerle yapılan karşılaştırmalar ve ABYYHY 97'e göre bulunan eşdeğer statik deprem yükü gözönüne alınırsa, karşılaştırmaların yeterli olduğu ve ABYYHY97'e göre yapılacak analizlerden bulunacak iç kuvvetlerle yapılacak karşılaştırmalarda, taşıyıcı sistem elemanlarının hemen hemen hepsinde, taşıma kapasitelerinin yetersiz olacağı görülür.

Yatay yük analizi sonucu bulunan rölatif kat deplasmanları ve ABYYHY 75'e göre üst sınırlar Tablo A.10 ve A.11' de verilmiştir. Yapının rölatif kat deplasmanları ile ilgili koşulları sağladığı görülmektedir.

Yapay burulma katkısı gözönüne alınmadan yapılan bağımsız yatay yük analizleri sonucu, yükleme doğrultusuna göre kuvvetli eksenleriyle çalışan kolonların, her iki eksenlerinde oluşan momentler ve bu momentlerin oranları, yapının doğal burulmasının sebep olacağı eğik eğilme mertebelerini gözlemlemek amacıyla, Tablo A.8 ve A.9' da sunulmuştur. Sonuçlar düşey yük momentlerini içermemektedir.
Yine yapay burulma katkısı gözönüne alınmadan yapılan bağımsız yatay yük analizleri sonucu, zemin kat kolonlarında bulunan momentlerin toplamının devrilme momentine oranı, X doğrultusunda yapılan yük analizi için 0.126 ve Y doğrultusunda yapılan yük analizi için 0.097 bulunmuştur ki bu değerler, devrilme momentinin tamamına yakınının kolon normal kuvvetleri ile karşılandığını göstermektedir.

Yapılan incelemeler sonucu yapının, ABYYHY 97 kriter alınarak, güçlendirilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

### 2.4.3-Öndeğerlendirme

Yapılan yatay yük çözümlemeleri sonucu kritik katta bulunan iç kuvvetler, kesitlerin taşıma kapasiteleri ve ABYYHY 75 uyarınca bulunan taban kesme kuvveti kullanılarak, yapının mevcut performansı hakkında bir öndeğerlendirme yapılmıştır. Bu öndeğerlendirmede, yapının kritik kat kolonlarının kesme kuvveti ve moment taşıma kapasitelerinden yola çıkılarak, yapının güvenle taşıyabileceği taban kesme kuvvetinin tahmini ve bu kuvvetin ABYYHY 75 uyarınca hesaplanan taban kesme kuvvetiyle karşılaştırılmasıyla, bir yük parametresinin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla her iki asal eksen doğrultusu içinde, kritik kat kolonlarının kesme kuvveti ve moment taşıma kapasitelerinden yola çıkılarak (Tablo A.3, A.4, A.5), kritik katın toplam kesme kuvveti taşıma kapasitesi hesaplanmıştır. Kolon moment taşıma

kapasitelerinin hesabında kullanılan normal kuvvetler, düşey yük ve ABYYHY 75 uyarınca yapılan yatay yük çözümlemelerinin sonuçlarından alınmıştır. Kritik kat kolonlarının kesme kuvveti taşıma kapasiteleri toplamı, betonun katkısının gözönüne alınması ve alınmaması durumları için, ayrı ayrı hesaplanmışdır (Tablo A.3, A.4, A.5). Betonun katkısı sadece, yükleme doğrultusuna göre kuvvetli ekseni ile çalışan kolonlarda hesaba katılmıştır. Kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin hesabı TS 500 uyarınca yapılmış ve betonun katkısı hesaba dahil edilirken, paspayı ihmal edilmiştir.Yapılan hesaplar sonucu, taşıma kapasiteleri toplamının taban kesme kuvvetine oranı için bulunan değerler Tablo 2.8, 2.9 ve 2.10' da verilmiştir.

Tablo 2.8. X Doğrultusu İçin Bulunan Öndeğerlendirme Sonuçları

| $V$ ( ABYYHY 75 ) | $\Sigma V$ ( $2x\Sigma Mp / h_{zemin}$ ) | $\Sigma$ ( $V_c + V_w$ ) | $\Sigma V_w$ |
|---|---|---|---|
| 3530 | 4767 | 4470 | 2283 |
| $V_{MEVCUT} / V_{ABYYHY\ 75}$ | 1,35 | 1,27 | 0,65 |

Tablo 2.9. Pozitif Y Doğrultusu İçin Bulunan Öndeğerlendirme Sonuçları

| $V$ ( ABYYHY 75 ) | $\Sigma V$ ( $2x\Sigma Mp / h_{zemin}$ ) | $\Sigma$ ( $V_c + V_w$ ) | $\Sigma V_w$ |
|---|---|---|---|
| 2872 | 4230 | 3670 | 2040 |
| $V_{MEVCUT} / V_{ABYYHY\ 75}$ | 1,47 | 1,28 | 0,71 |

Tablo 2.10. Negatif Y Doğrultusu İçin Bulunan Öndeğerlendirme Sonuçları

| $V$ ( ABYYHY 75 ) | $\Sigma V$ ( $2x\Sigma Mp / h_{zemin}$ ) | $\Sigma$ ( $V_c + V_w$ ) | $\Sigma V_w$ |
|---|---|---|---|
| 3063 | 4556 | 3670 | 2040 |
| $V_{MEVCUT} / V_{ABYYHY\ 75}$ | 1,49 | 1,20 | 0,67 |

Bölüm 2.4.2' de yapılan yatay yük analizleri ile bulunan iç kuvvetlerin, taşıma kapasiteleri ile karşılaştırılması sonucu (Tablo A.3, A.4, A.5), kolonların bir kısmında moment taşıma kapasitelerinin yetersiz olduğu belirtilmişti. Ancak yapılan öndeğerlendirmede, zemin kat kolonlarının moment taşıma kapasitelerinden yola çıkılarak hesaplanan toplam kesme kuvvetinin, yönetmelikce öngörülen değerin üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo 2.8, 2.9, 2.10). Bunun sebebi, elde edilen toplama, yükleme doğrultusuna göre zayıf ekseniyle çalışan kolonlardaki moment taşıma kapasitelerininde katılmasıdır. Ancak moment taşıma kapasitesi yetersiz kesitlerin hepsi, yükleme doğrultusuna göre kuvvetli ekseniyle çalışan kolonların kritik kesitleridir ve bu kolonlar, yatay yükler altında çalışan düzlem çerçevelerin birincil elemanlarıdır.

Bu kısımda yapılan öndeğerlendirmede asıl dikkat çeken, kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin toplamları kullanılarak bulunan değerlerdir. Kesme kuvveti taşıma kapasitesine betonun katkısınında dahil edilmesi sonucu bulunan oranla, sadece etriyelerin taşıma kapasiteleri kullanılarak bulunan oran arasında oldukça fark vardır. Beton için kullanılan malzeme karakteristikleri, yapılan kabullere dayanmaktadır. TS 500, betonda yeterli sayıda numunenin test edilmediği yapılarda, kesme kapasitesine betonun katkısının alınmaması gerektiğini belirtmektedir. Dolayısıyla, betonun katkısınında hesaba katıldığı toplam kesme kuvveti taşıma kapasitesinin yeterli olduğu yorumunu yapmak, hatalı olur. Sadece etriyelerin sağladığı kesme kuvveti kapasitesinin, öngörülen yatay yüklere nazaran oldukça düşük kaldığı göz önüne alınırsa, yapının zemin kat kolonları kesme kuvveti taşıma kapasiteleri toplamının yetersiz olduğu sonucuna varılabilir.

### 2.5-Yapının ABYYHY97 Yönetmeliği Esas Alınarak Yeniden Boyutlandırılması

Yapı ABYYHY 75'de belirtilen koşulları sağlayamamaktadır. Yapı, dayanımındaki yetersizliğin aşılması için, ABYYHY 97 kriter alınarak yeniden boyutlandırılmıştır. Yapının güçlendirilmesinde amaç, yatay yük taşıyıcı sistemin, dayanım ve deplasman koşullarını sağlaması ve güçlendirilmemiş taşıyıcı sistem elemanlarının hisselerine düşen iç kuvvetleri karşılayabilmeleridir. Güçlendirmede izlenecek yöntem, yapının bölme duvarlarına karşı gelen kısımlarına boşluksuz betonarme perdeler ilave edilmesidir (Çizim C.13). Bölme duvarlarının ucundaki kolonlarda, 15 cm kalınlıklı manto teşkil edilmiş ve bu kısımlar perde uç bölgesi olarak tasarlanmıştır (Çizim C.14, C.15). Aynı zamanda, bodrum çevre perdesi içinde kalan tüm temel kısımları, h = 100 cm kalınlıklı radye temel olacak şekilde yeniden boyutlandırılmıştır. Binanın her iki asal ekseni doğrultusunda 8' er adet perde duvar teşkil edilmiştir. Bu şekilde kolon ve perde elemanları kayma alanları toplamının, kat alanına oranı, x doğrultusu için 0.0114' den 0.032' ye, y doğrultusu için 0.0083' den 0.028' e yükseltilmiştir.

Mevcut sistemin analizinde tespit edilen, normal kuvvet seviyesi ve moment taşıma kapasitesi bakımından kritik bazı kolonlar, ( S1, S2, S5, S6, S7, S10, S11, S14, S15, S18, S20, S21, S23 ) perde uç bölgesi teşkili ile, kritik taşıyıcı sistem kısımları olmaktan çıkmışlardır. Buna karşın, herhangi bir güçlendirme yapılmamış kolonların dahil oldukları düzlem çerçevelerin, yatay yüklerden kaynaklanacak devrilme

momentinden, perdelere nazaran çok daha küçük bir oranı çekeceği ve bu sayede çerçeve kolonlarının, yatay ve düşey yükler altında normal kuvvetlerinin, düşey servis yükleri civarından çok uzaklaşmayacağı düşünülmüştür.

100 cm kalınlıklı radyeye dönüştürülen temelin, perde momentlerinden kaynaklanacak zemin gerilmelerini daha geniş bir alana yayması, bodrum çevre perdelerinin eğilme rijitliğini arttırarak, rijit bodrum davranışının elde edilmesine katkıda bulunulması ve bina iç kısmındaki perdelerin taban kesitlerinde yeterli ankastreliği sağlaması amaçlanmıştır.

Perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerin yatay yükler altındaki deformasyon şekli ve iç kuvvet dağılımının, alt katlarda konsol, üst katlarda ise çerçeve davranışına daha yakın olacağı bilinmektedir. Mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özellikleri ve ABYYHY 97'e göre hesaplanacak olan taban kesme kuvvetinin alacağı değer gözönünde tutularak, üst katlarda gözlemlenmesi muhtemel çerçeve davranışı karşısında, herhangi bir yetersizlik problemiyle karşılaşmamak için, güçlendirme perdelerinin sayısı yüksek tutulmuş, bina üst kotuna kadar süreklilikleri temin edilmiş ve bu şekilde tüm bina yüksekliği boyunca sürekli bir konsol davranışının elde edilmesi amaçlanmıştır. Perdelerin yerleşimi incelendiğinde, 10 aksı üzerindeki P4 perdesi ile P7 perdesi uç kısmının oluşturduğu düzlem çerçeve ve G aksı üzerindeki P6 perdesinin dahil olduğu düzlem çerçeve dışında, perdelerin içinde bulundukları başka düzlem çerçeve görülmemektedir (Çizim C.13). Burdan, perdelerin veya perde gruplarının, kat hizalarındaki mutlak ötelemeler açısından birbirlerine bağımlı ancak, dönme şekildeğiştirmeleri açısından birbirlerinden bağımsız konsollar gibi çalışacağı söylenebilir. Ayrıca bu yerleşim düzeniyle, perdelere bağlı kirişlerdeki kritik kesit sayısı en aza indirilmiştir. Perdelerin kuvvetli eksenleriyle dahil oldukları çerçevelerdeki kirişlerin, zayıf eksenleriyle dahil oldukları çerçevelerdeki kirişlere nazaran daha kritik durumda olacağı göz önüne alınırsa, birinci derecede kritik durumda olan mevcut taşıyıcı sistem elemanları olarak K05, K16, K17 ve K30 kirişleri gösterilebilir.

Yapıdaki devrilme momentinin büyük bir kısmını karşılaması beklenen güçlendirme perdeleri, ABYYHY 97' de süneklik düzeyi yüksek perdeler için belirtilen koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılmışlardır.

Perdelerin bodrum kat tavanından itibaren yüksekliklerinin, plandaki uzun boylarına oranları 2' den büyüktür. Dolayısıyla perde gövdelerinin kalınlıkları, kat yüksekliğinin 1/12' sinden az olmamalıdır ([3] 7.6.1.1). Perde gövdesi kalınlığı için seçilen 25 cm bu koşulu sağlamaktadır. Perde uç bölgesi olarak düşünülen manto kısımlarının, mantolanan kolon çıkarılmış kesit alanlarıda, perdelerin plandaki uzun boyları ve gövde kalınlıkları gözönüne alınarak hesaplanan uç bölgesi alanlarına eşit veya büyüktür ([3] 7.6.2.4).

Kritik perde yüksekliği boyunca tüm perdelerde, yatay ve düşey gövde donatısı olarak 20 cm aralıklı 12 mm çapında nervürlü donatı seçilmiştir.Perde gövde donatıları alanlarının, perde gövdesi brüt enkesit alanlarına oranları 0.0055 civarındadır. Bu oran için yönetmelikçe verilen alt sınır 0.002 ve donatı aralığı için üst sınır 25 cm' dir ([3] 7.6.3.1). Yatay gövde donatıları, her iki ucunda mantolanan kolon yüzünde $90^0$ kıvrılan ve perde gövdesi kalınlığı kadar bir uzunluk sonunda $135^0$ kıvrımlı kanca ile kapanan elemanların, karşılıklı olarak yerleştirilmeleri ile teşkil edilmişlerdir ([3] 7.6.4.1). Kritik perde yüksekliği boyunca, beher metrekare perde yüzünde olması gereken minimum çiroz miktarı temin edilmiştir ([3] 7.6.3.3).
Kritik perde yüksekliği boyunca, perde uç bölgesinde boyuna donatı olarak 14 mm çapında ve sargı donatısı olarak 10 mm çapında nervürlü donatı seçilmiştir. Uç bölgesi boyuna donatı alanları toplamının, perde brüt enkesit alanına oranlarının, mantolanan kolon çıkarılmış kesit alanları gözönüne alınarak hesaplanan değerleri 0.0025~0.0035 arasındadır. Bu değer için yönetmelikte verilen altsınır 0.002'dir ([3] 7.6.5.1]. Enine donatı aralığı 10 cm'dir ve enine donatılar, manto köşelerinde $90^0$ ile kıvrılarak, karşı yüz köşedeki donatıya $135^0$ kıvrımlı kanca ile bağlanan sargı elemanlarının, karşılıklı yerleştirilmesi ile teşkil edilmişlerdir. Enine donatı kolları arasındaki yatay uzaklığın, yönetmelik sınırına çekilmesi için, her iki ucu $135^0$ kıvrımlı veya bir ucu $135^0$ diğer ucu $90^0$ kıvrımlı çirozlar yerleştirilmiştir ([3] 7.6.5.2).

Mevcut taşıyıcı sistem elemanları ile güçlendirme elemanlarının bir arada çalışması, döşeme ile perde arasındaki yük aktarımı ve döşeme ile perdelerin doğrusal deplasmanlarının eşitliği için gerekli konstrüktif esasların yerine getirildiği kabul edilmiştir.

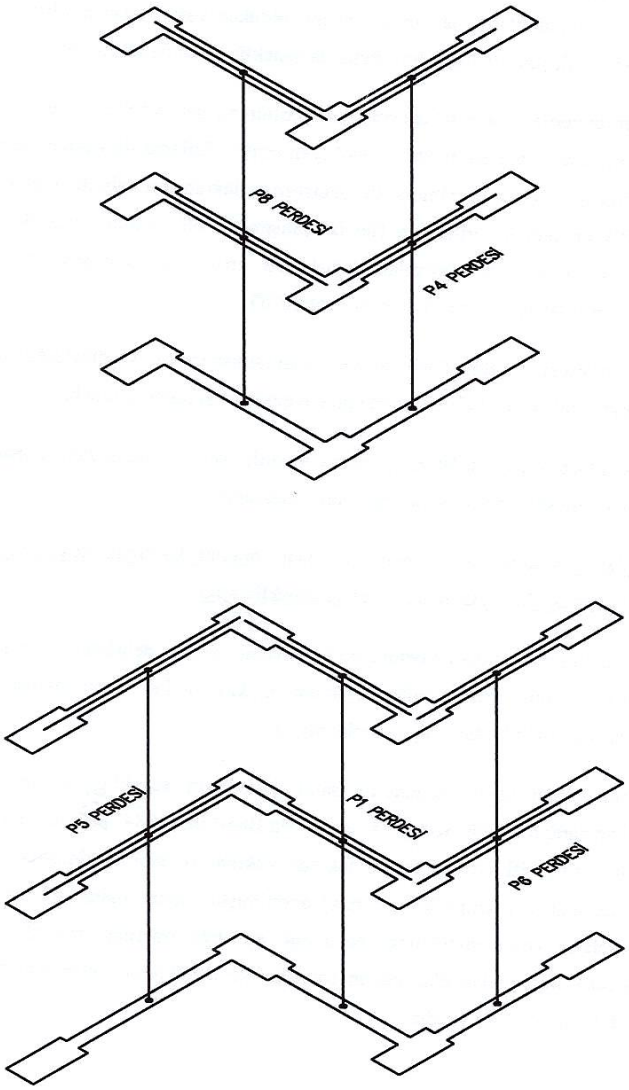
Güçlendirme elemanlarında kullanılan yapı malzemeleri bilgileri Tablo 2.11' da verilmiştir.

Tablo 2.11.Güçlendirme Elemanlarında Malzeme Karakteristikleri

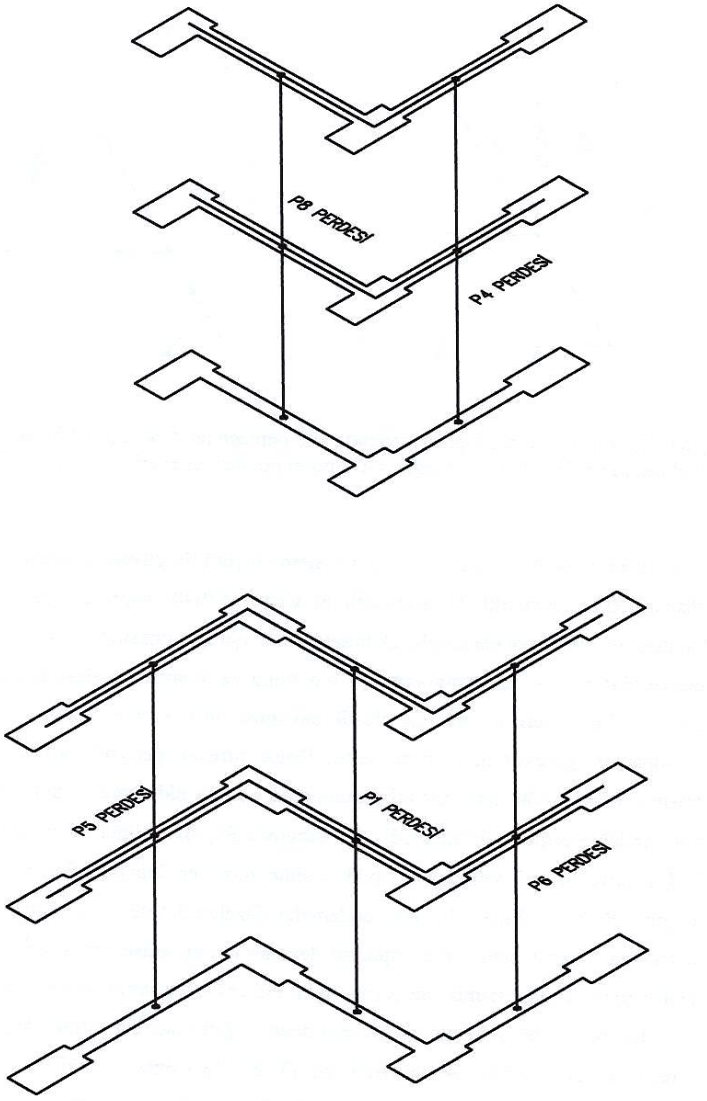
| | |
|---|---|
| $f_{ck}$ | 25 MPa |
| $f_{cd}$ | 17,85 MPa |
| $f_{yk}$ | 420 MPa |
| $f_{yd}$ | 360 MPa |
| $f_{ctk}$ | 1,74 MPa |
| $f_{ctd}$ | 1,47 MPa |
| $E_c$ | 30250 MPa |

### 2.5.1-Güçlendirmeye Yönelik Bazı Matematik Modellerin Kurulması ve Karşılaştırmalar

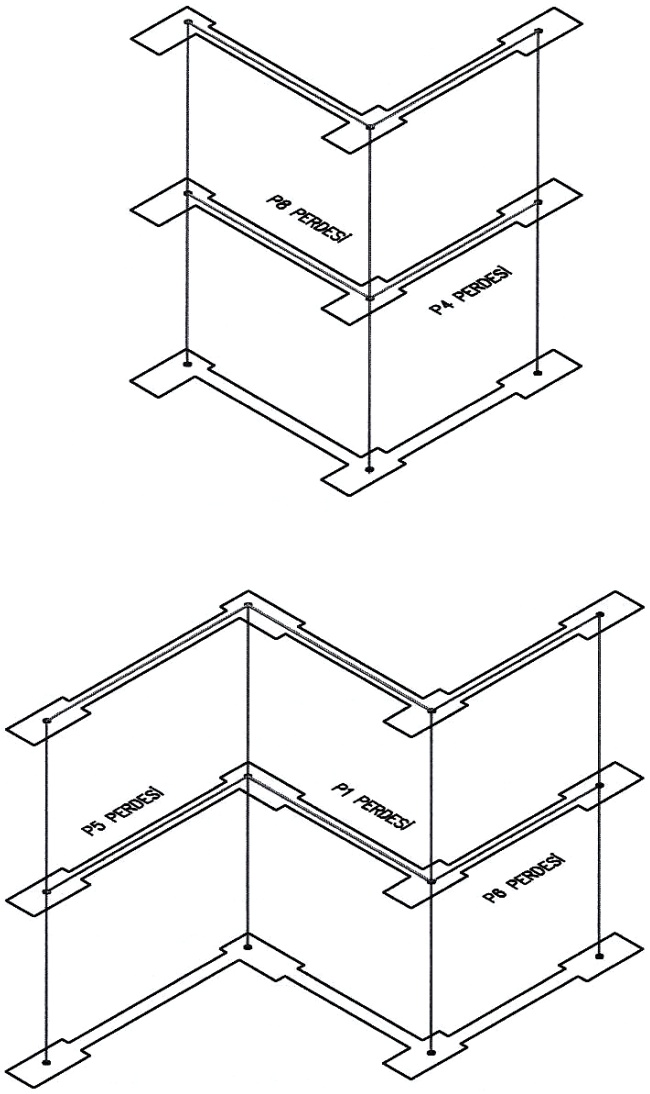
Güçlendirilmiş yapının, bir boyutlu çerçeve elemanlarından oluşacak ve yatay yükler altındaki davranışını yeter derecede doğru yansıtacak bir modelin geliştirilmesi amacıyla, farklı varsayımlara dayanan çeşitli modeller hazırlanmıştır. Modeller arasındaki tek fark, perde gruplarını temsil eden çerçeve elemanlarının, birbirlerinden farklı çalışma prensipleri için yapılan varsayımlardır. Gerçek davranışa yaklaşma kriteri olarak, lineer elastik doğrusal çözümler sonucu bulunacak olan kat deplasmanlarının, dönmelerin ve iç kuvvet dağılımlarının, perdelerin yeter sıklıkta iki boyutlu sonlu elemanlara ayrıldığı bir modelden elde edilecek sonuçlarla örtüşmesi seçilmiştir. Tüm modellerde perdeler bodrum kat tavanından ankastre bağlanmış, yapılan güçlendirme ile temelin ve bodrum katın bu yaklaşımı sağlayacak rijitliğe sahip olduğu kabul edilmiştir. Döşemeler ve döşemelerin kiriş rijitliklerine katkısı için, mevcut yapının modellenmesinde uygulanan yaklaşım aynen tatbik edilmiştir. Bir boyutlu çerçeve elemanları ile temsil edilen tüm taşıyıcı sistem elemanlarında kesit atalet momenti, doğrusal elastik davranışa dayalı yapısal çözümleme yapılacağı kabulüyle, tüm beton kesitin eylemsizlik momenti olarak alınmıştır.




Şekil 2.4.Perde Gruplarının Modellenmesi İçin Yapılan Varsayımlar




Şekil 2.5.Perde Gruplarının Modellenmesi İçin Yapılan Varsayımlar




Şekil 2.6.Perde Gruplarının Modellenmesi İçin Yapılan Varsayımlar

MODEL 10A : Perdeler, kenar boyutları 25 cm ~ 35 cm arasında değişen, iki boyutlu sonlu elemanlar, kiriş ve kolonlar, bir boyutlu çerçeve elemanları olarak modellenmişlerdir. Perdeyi temsil eden iki boyutlu sonlu eleman kalınlıkları, gövde kısmında 25 cm, perde uç kısmında 55 cm' dir. Perdelere saplanan kirişlerde, kirişin perde gövdesiyle buluştuğu kesitlerde, kiriş kesiti içinde kalan perde düğüm noktalarının, bir arada sonsuz rijit davranışı sağlanmıştır. Bu şekilde bir boyutlu çerçeve elemanlarının, perde gövdesindeki mesnetlenme koşullarının yeter doğrulukta temsil edilmesi amaçlanmıştır. Bu model gerçek davranışa yaklaşma kriteri olarak yapılacak karşılaştırmalarda, doğru davranışı yansıttığı varsayılan model olarak kabul edilecektir.

MODEL 10B : Perdeler, kenar boyutları 45 cm ~ 50 cm arasında değişen, iki boyutlu sonlu elemanlar, kiriş ve kolonlar, bir boyutlu çerçeve elemanları olarak modellenmişlerdir. Modellemede kullanılan tüm yaklaşımlar MODEL 10A' da olduğu gibidir. Modelin geliştirilmesindeki amaç, MODEL 10A' da seçilen ve perdeleri temsil eden sonlu eleman boyutları ile elde edilen sonuçların yeter doğrulukta olup olmadığını kontrol etmektir. MODEL 10A ve MODEL 10B' nin yatay yük analizlerinden elde edilen sonuçlar, mutlak kat ötelemelerinin karşılaştırması olarak Şekil B.3 ve B.4' te, perde taban kesitlerindeki moment dağılımının ve serbest titreşim özelliklerinin karşılaştırması olarak Tablo A.13, A.14 ve A.15' te sunulmuştur. Yapılan karşılaştırmalarda, iki model arasındaki sonuçları yeter derecede yakınsadığı görülmüştür.

MODEL 9 : Tüm sistem bir boyutlu çerçeve elemanları ile modellenmiştir. Yapıdaki perde gruplarını oluşturan her bir perde ve tek başına teşkil edilmiş diğer perdeler, merkezlerinden geçen tek eleman ile temsil edilmişlerdir (Şekil 2.6). Perdelerde etkili flanş kısmı olarak, perde gövdesi kenarı hizasından itibaren, flanşı oluşturan perdenin gövde kalınlığının beş katı uzunluklu bir kısım gözönüne alınmıştır (Çizim C.16, C.17). Perde gövdesi içinde kalan ve perdeyi temsil eden çerçeve elemanına bağlı olan fiktif kirişler, sonsuz rijit çubuklar olarak modellenmişlerdir. P4 ve P8 perdelerinden oluşan grupta P8 perdesinin ve P5, P1 ve P6 perdelerinden oluşan grupta da P1 perdesinin gövdesi içinde bulunan fiktif kirişler, gruptaki diğer perde veya perdelerin gövdeleri içinde bulunan fiktif kirişlere bağlanmamak suretiyle etkileşimleri kaldırılarak, birbirlerinden bağımsız çalışmaları sağlanmıştır (Şekil 2.6) Bu iki perdeye bağlı olan fiktif kirişler, sadece perdelerin hissesine düşen döşeme yüklerini ileten konsol kirişleridir.

MODEL 11 : Perde gruplarındaki perdelerin birbirleri ile etkileşimleri için yapılan varsayım hariç, diğer uygulamalar MODEL 9' da olduğu gibidir. Bu modelde P8 ve P1 perdelerinin gövdeleri içinde bulunan fiktif kirişler, gruptaki diğer perde veya perdelerin gövdeleri içinde bulunan fiktif kirişlere bağlanmış ve bu fiktif kirişlerin eğilme rijitlikleri yüksek tutularak, perde gruplarındaki perdelerin etkileşimli çalışmaları sağlanmıştır (Şekil 2.5).

MODEL 12 : Tüm sistem bir boyutlu çerçeve elemanları ile modellenmiştir. Yapıdaki perde gruplarını oluşturan perdelerin herbiri ve tek başına teşkil edilmiş diğer perdeler, perde uç kısımlarından geçen düşey elemanlar ile temsil edilmişlerdir

(Şekil 2.6). Bu elemanlara ait kesit büyüklükleri, temsil ettikleri perdenin kuvvetli ekseniyle paralel eksenleri için perde büyüklüklerinin yarısı olarak, temsil ettikleri perdenin zayıf ekseniyle paralel eksenleri için perde ucundaki mantolu kolon kısımlarının hesaplanmış büyüklükleri olarak alınmışlardır. Flanşlı perdelerde kesit büyüklükleri olarak, etkili flanş genişliği için MODEL 9' da kabul edilen varsayım gözönüne alınarak elde edilen kesitlere ait büyüklükler kullanılmıştır. Perdeleri temsil eden düşey elemanları birbirine bağlayan perde gövdesi içindeki fiktif kirişlerin uçları, dönmeye karşı serbest bırakılmış, bu şekilde pandül gibi davranmaları sağlandığı için eğilme rijitlikleri önemlerini yitirmiştir.

MODEL 13 : Perdeleri temsil eden düşey elemanları birbirlerine bağlayan fiktif kirişlerin rijitlik özellikleri ve bu kirişlerin uçlarındaki serbestlikler hariç, diğer tüm uygulamalar MODEL 12' de olduğu gibidir. Bu modelde, söz konusu fiktif kirişlerin kesit özellikleri olarak, perde gövdesi genişliğinde ve kat yüksekliğinde bir kesite ait büyüklükler kullanılmış ve kirişlerin perdeyi temsil eden düşey elemanlara bağlanan uçlarındaki dönme serbestlikleri kaldırılmıştır.

MODEL 14 : Flanşlı perdelerin etkili başlık genişliği ile ilgili varsayım hariç, diğer tüm uygulamalar MODEL 9' da olduğu gibidir. Perdelerin etkili başlık genişliğinin tayini için, T.Paulay ve M.F.N. Priestley tarafından önerilmiş bir yaklaşım kullanılmıştır [4]. Öneri aslında, flanşlı betonarme perde kesitlerinin eğilme dayanımlarının hesabında, çekme ve basınca çalışacak etkili başlık genişliği olarak gözönüne alınacak flanş kısımların tayini için yapılmıştır. Ancak burada, lineer elastik doğrusal analizlerde kullanılacak kesitlerin ve o kesitlere ait büyüklüklerin tayini için kullanılacaktır. Öneriyi yapanlar, flanşlı perdelerin eğilme dayanımının, çekmeye çalışan flanş kısmı içinde kalan boyuna donatı oranına karşı son derece duyarlı olduğunu, buna karşın basınca çalışan flanş kısmı genişliğine karşı daha az duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Çekmeye çalışan etkili flanş genişliği için, perde taban kesitinde, perde gövdesinin bir yanında kalan flanşın, perde yüksekliğinin yarısı uzunluğunda bir kısmının etkili olarak çalışacağı, perde tepe kotundaki kesitte ise flanşın çalışmayacağı ve bu iki kesit arasında çalışacak flanş genişliğinin, lineer olarak değişeceği varsayılmıştır. Basınca çalışacak etkili flanş genişliği için, perde taban kesitinde, perde gövdesinin bir yanında kalan flanşın, perde yüksekliğinin 0.15 katı uzunluğunda bir kısmının etkili olarak çalışacağı, perde tepe kotundaki kesitte ise flanşın çalışmayacağı ve bu iki kesit arasındaysa, çalışacak flanş genişliğinin

lineer olarak değişeceği varsayılmıştır. Yapıdaki perde gruplarında başlık teşkil eden perdelerin plandaki uzunlukları ve bina yüksekliği, yaklaşım gözönüne alınarak değerlendirildiğinde, bu perdelerin çekmeye çalışması halinde binanın ilk birkaç katında tüm kesitlerinin çalışacağı, basınca çalışması halindeyse sadece zemin kat tabanında tüm kesitlerinin çalışacağı görülür. Ancak bir kesitin eğilme rijitliği bulunurken tek bir atalet değerinin kullanılacağı gözönüne alınarak, yaklaşımın uygulaması şu şekilde yapılmıştır. P4 ve P8 perdelerinden oluşan grupta, flanşı oluşturan perdenin zemin kat tabanındaki kesitde tümünün çalıştığı ve çalışan flanş genişliğinin bina üst kotuna doğru lineer bir şekilde azalarak, üst kota ulaşıldığında çalışan flanş kısmı kalmadığı varsayılmıştır. P5, P1 ve P6 perdelerinden oluşan grupta, P5 ve P6 perdelerinin P1 perdesinin flanşı olarak çalışması halinde, zemin kat tabanındaki kesitde tüm perde grubunun çalışdığı ve çalışan flanş genişliğinin bina üst kotuna doğru lineer bir şekilde azalarak, üst kota ulaşıldığında çalışan flanş kısmı kalmadığı (Çizim C.18), P1 perdesinin flanş olarak çalışması halinde ise, zemin kat tabanından bina üst kotuna kadar, P1 perdesi gövdesinin yarısının P5 ve diğer yarısınında P6 perdesinin flanşı olarak çalıştığı varsayılmıştır (Çizim C.17). Yaklaşımın uygulanmasında, basınca çalışan flanş genişliği için yapılan öneri üst sınır olarak kabul edilmiştir. Ancak flanşları ortak olan ve birbirlerine göre ters işarette çalışan P5 ve P6 perdeleri için yaklaşım uygulanmamıştır.

MODEL 15 : Flanşlı perdelerin etkili başlık genişliği ile ilgili varsayım hariç, diğer tüm uygulamalar MODEL 9' da olduğu gibidir. P4 ve P8 perdelerinden oluşan grupta, flanş konumundaki perdenin tüm kesitinin, zemin kat tabanından bina üst kotuna kadar etkili olarak çalışacağı (Çizim C.19), P5, P1 ve P6 perdelerinden oluşan grupta, P1 perdesinin flanşı olan P5 ve P6 perdelerinin tüm kesitlerinin, zemin kat tabanından bina üst kotuna kadar etkili olarak çalışacağı kabul edilmiştir. P1 perdesinin flanş olarak çalışması halinde, zemin kat tabanından bina üst kotuna kadar, perde gödesinin yarısının P5 ve diğer yarısınında P6 perdesinin flanşı olarak çalıştığı varsayılmıştır (Çizim C.17).

MODEL 16 : Tüm sistem, bir boyutlu çerçeve elemanları ile modellenmiştir (Şekil 2.7). Yapıda P4 ve P8 perdeleri ile, tek başına teşkil edilmiş diğer perdeler, merkezlerinden geçen tek eleman ile temsil edilmişlerdir. P5, P1 ve P6 perdelerinden oluşan grupsa, P1 perdesinin merkezinden geçen tek bir eleman ile temsil edilmiştir (Çizim C.20). P4, P8 ve tek başlarına teşkil edilmiş diğer perdelerin gövdeleri içinde

kalan ve perdeyi temsil eden çerçeve elemanlarına bağlı olan fiktif kirişler, sonsuz rijit çubuklar olarak modellenmişlerdir. P4 ve P8 perdelerinden oluşan grupta, P4 perdesinin gövdesi içinde kalan fiktif kirişler, P8 perdesinin gövdesi içinde kalan fiktif kirişlere bağlanmamış, böylelikle bu perdelerin birbirlerinde bağımsız çalışmaları sağlanmıştır (Şekil 2.6). P5, P1 ve P6 perdelerinden oluşan grupta ise, perdelerin gövdeleri içinde kalan fiktif kirişlerin birarada sonsuz rijit davranışları temin edilmiş, bu şekilde perde grubunun tüm kesitinin bir bütün olarak davranacağı varsayılmıştır. P4 ve P8 perdelerinden oluşan grupda, flanş konumundaki perdenin tüm kesitinin, zemin kat tabanı kotundan bina üst kotuna kadar çalışacağı kabul edilmiştir. P5, P1 ve P6 perdelerinden oluşan perde grubunda ise tüm kesitin, zemin kat tabanı kotundan bina üst kotuna kadar çalışacağı varsayılmıştır (Çizim C.20).

Güçlendirilmiş sisteme ait modellerin, serbest titreşim karakteristiklerinin incelenmesi ile yatay yük analizlerinde kullanılacak kat ağırlıkları, Tablo 2.12' de verilmiştir.

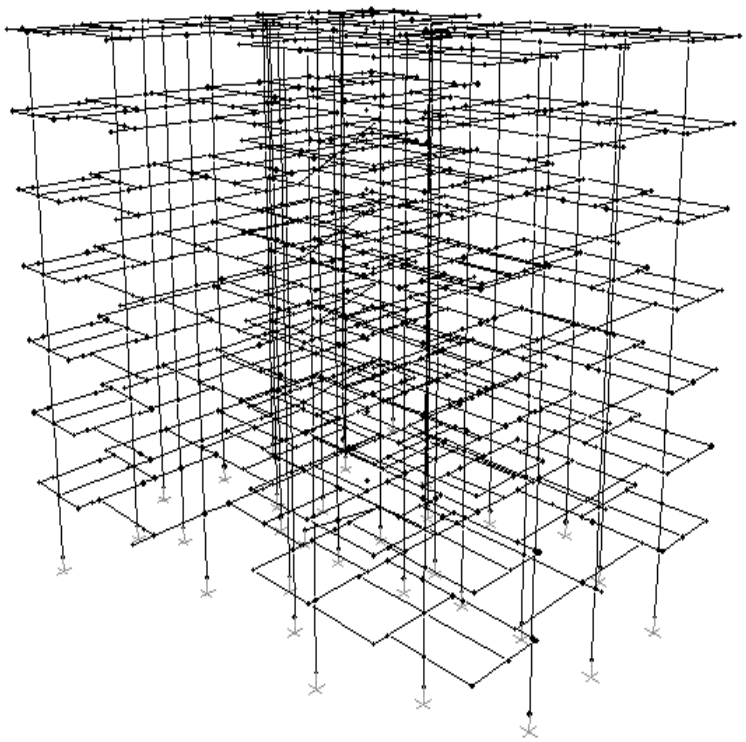
Tablo 2.12.Güçlendirilmiş Sistem Kat Ağırlıkları

| KAT | DSMZT ( kN ) | DVRZT ( kN ) | CTZT ( kN ) | KLKRPRD ( kN ) | HRKTL ( kN ) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1685,2 | 781,2 | 0 | 2767,3 | 772,1 |
| 2 | 1694,6 | 786,5 | 0 | 2980,8 | 774,8 |
| 3 | 1694,4 | 786,3 | 0 | 2952,6 | 774,8 |
| 4 | 1693,3 | 785,5 | 0 | 2925,0 | 774,4 |
| 5 | 1693,8 | 785,7 | 0 | 2919,9 | 774,5 |
| 6 | 1690,0 | 782,9 | 0 | 2906,7 | 778,3 |
| 7 | 1694,8 | 0 | 1108,9 | 2875,5 | 0 |

Tabloda verilen kat ağırlıkları kullanılarak bulunan ve serbest titreşim analizlerinde kullanılacak olan kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri Tablo 2.13' de verilmiştir.

Tablo 2.13.Güçlendirilmiş Sistem Kat Kütleleri ve Kütle Eylemsizlik Momentleri

| KAT | $m_x$ ( $kNsn^2/m$ ) | $m_y$ ( $kNsn^2/m$ ) | $m_\theta$ ( $kNsn^2m$ ) |
|---|---|---|---|
| 1 | 557,08 | 557,08 | 48465,66 |
| 2 | 580,45 | 580,45 | 50499,64 |
| 3 | 577,61 | 577,61 | 50252,22 |
| 4 | 574,47 | 574,47 | 49979,20 |
| 5 | 574,08 | 574,08 | 49945,07 |
| 6 | 572,02 | 572,02 | 49765,91 |
| 7 | 578,59 | 578,59 | 50337,54 |



Şekil 2.7.Güçlendirilmiş Yapı Matematik Modeli

### 2.5.1.1-Serbest Titreşim Karakteristikleri Açısından Karşılaştırmalar

Modellerin asal eksenleri doğrultusundaki birinci modlarında, kütle katılım oranının % 70 olduğu, ikinci modların sonunda, toplam kütle katılım oranının % 90 değerine ulaştığı görülmüştür (Tablo A.20). Modlara ait kütle katılım oranları açısından, modellerin tümünün aynı sonuçları verdiği söylenebilir. Asal eksenler doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyotları, farklı modellerin titreşim karakteristikleri hakkında fikir edinmek amacıyla karşılaştırılırsa, MODEL 10' a en yakın sonuçların MODEL 11 ve MODEL 16' dan elde edildiği görülür (Tablo A.20).

### 2.5.1.2-Mutlak Kat Ötelemeleri Açısından Karşılaştırmalar

Tüm sistemlerde aynı taban kesme kuvveti değeri, ABYYHY 97' de belirtilen yöntemle katlara dağıtılmış, çözümlemeleri yapılarak mutlak kat ötelemeleri bulunmuştur (Şekil B.3, B.4). Sonuçlar farklı modellerin yatay ötelenme rijitliklerini karşılaştırmak amacıyla incelenirse, mutlak kat ötelemelerinin MODEL 11 ve MODEL 16' da Model 10 ile örtüştüğü görülür. Sadece MODEL 13' de mutlak kat ötelemelerinin daha küçük olduğu, diğer modellerde ise daha büyük olduğu görülmektedir.

#### 2.5.1.3- İç Kuvvet Dağılımları Açısından Karşılaştırmalar

Tüm sistemlerde aynı taban kesme kuvveti değeri ile yapılan yatay yük analizleri sonucunda, perde taban kesitlerindeki moment ve kesme kuvveti değerleri bulunmuştur (Tablo A.18, A.19). Sonuçlar iç kuvvet dağılımının karşılaştırılması amacıyla, MODEL 10 baz alınarak incelenirse, dağılımın yakın olduğu modellerin MODEL 11 ve MODEL 16 olduğu görülür. Burdan yola çıkarak MODEL 11 ve MODEL 16' da, perdelerin temsili için yapılan kabullerinin, perde ve perde gruplarının davranışını gerçeğe daha yakın yansıtan varsayımlar olduğu söylenebilir.

#### 2.5.1.4-Perdede Dönme Şekildeğiştirmeleri Açısından Karşılaştırmalar

Tüm sistemlerde aynı taban kesme kuvveti değeri ile yapılan yatay yük analizleri sonucunda, MODEL 9, MODEL 10A, MODEL 11, MODEL 14, MODEL 15 ve MODEL 16' da, perdeleri temsil eden çerçeve elemanlarının kat hizalarındaki kesitlerinde, dönme şekildeğiştirmeleri bulunmuştur (Tablo A.12). Sonuçlar farklı varsayımlara dayanılarak modellenen perdelerin davranışlarını karşılaştırmak amacıyla incelenirse, MODEL 16' dan elde edilen değerlerin MODEL 10' dan elde edilen değerlere, diğer modellere nazaran çok daha yakın olduğu görülür (Tablo A.17). MODEL 10' dan elde edilen değerler, perdeleri temsil eden sonlu elemanların kat hizalarındaki kesitlerinde bulunan düğüm noktalarından elde edilen deplasmanların ortalamaları kullanılarak hesaplanmışlardır.

Yapılan karşılaştırmalar dikkate alınarak, yapının çerçeve elemanları ile modellenmesi halinde, gerçeğe en yakın davranışın elde edileceği modelin MODEL 16 olduğuna kanaat getirilmiştir.

MODEL 10' da perdelerin kat hizalarındaki kesitlerinde bulunan iç kuvvetlerin bina yüksekliği boyunca değişimi incelenirse (Tablo A.16), bina üst kotuna kadar işaretin değişmediği ve dolayısıyla güçlendirme tasarımında, konsol davranışın bina yüksekliği boyunca sağlanması amacına ulaşıldığı söylenebilir.

Perdelerde oluşan iç kuvvetlerin toplamlarının, devrilme momentine oranları incelendiğinde, X doğrultusu için % 99 ve Y doğrultusu içinse % 87 değerleri bulunmuştur.

### 2.5.2-Seçilen Matematik Modele Göre Yatay Yük Hesapları

Güçlendirilmiş yapının davranışının gerçeğine yakın bir şekilde yansıtılması için hazırlanan modellerin karşılaştırılmasından, MODEL 16 ile yapılacak analizlerden elde edilecek sonuçların yeter doğrulukta olacağı sonucuna varılmıştı. MODEL 10' dan elde edilen periyot değerleri kullanılarak, ABYYHY 97 çerçevesinde yapılacak eşdeğer statik deprem yüklemesi analizi için hesaplanan taban kesme kuvveti değerleri ve katlara dağılımı Tablo 2.14, 2.15 ve 2.16' da sunulmuştur.

Tablo 2.14.Güçlendirilmiş Sistem Yatay Yük Analizleri

| | |
|---|---|
| Bina Ağırlığı : 37991 ( kN ) (G) + 0,3 * 4648 ( kN ) (Q) | 39384 ( kN ) |
| X Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu | 0,237 sn |
| Y Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu | 0,260 sn |
| Zemin Türü : Z3 | I = 1 |
| $T_A$ = 0,15 sn | R = 6 |
| $T_B$ = 0,60 sn | $A_0$ = 0,4 |
| S ( $T_{1X}$ ) = 2,5 | $V_X$ = 0,167 x W |
| S ( $T_{1Y}$ ) = 2,5 | $V_Y$ = 0,167 x W |

Tablo 2.15. Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusu Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

| Kat | $H_i$ ( m ) | $w_i$ ( kN ) | $w_i x h_i$ | $(w_i x h_i) / \Sigma$ | $e_y$ ( m ) | XEQ97 ( kN ) | XEQ97MZ ( kNm ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,62 | 5465,0 | 14318,3 | 0,032 | 1,25 | 209,5 | 261,9 |
| 2 | 5,54 | 5694,4 | 31546,8 | 0,070 | 1,25 | 461,6 | 577,0 |
| 3 | 8,46 | 5666,5 | 47938,3 | 0,107 | 1,25 | 701,5 | 876,9 |
| 4 | 11,38 | 5635,7 | 64134,0 | 0,143 | 1,25 | 938,5 | 1173,1 |
| 5 | 14,30 | 5634,7 | 80576,2 | 0,179 | 1,25 | 1179,1 | 1473,9 |
| 6 | 17,22 | 5611,7 | 96632,6 | 0,215 | 1,25 | 1414,1 | 1767,6 |
| 7 | 20,14 | 5676,1 | 114316,3 | 0,254 | 1,25 | 1672,8 | 2091,0 |

Tablo 2.16.Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusu Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

| Kat | $h_i$ ( m ) | $w_i$ ( kN ) | $w_i x h_i$ | $(w_i x h_i) / \Sigma$ | $e_X$ ( m ) | XEQ97 ( kN ) | XEQ97MZ ( kNm ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,62 | 5465,0 | 14318,3 | 0,032 | 1,11 | 209,5 | 232,6 |
| 2 | 5,54 | 5694,4 | 31546,8 | 0,070 | 1,11 | 461,6 | 512,4 |
| 3 | 8,46 | 5666,5 | 47938,3 | 0,107 | 1,11 | 701,5 | 778,7 |
| 4 | 11,38 | 5635,7 | 64134,0 | 0,143 | 1,11 | 938,5 | 1041,7 |
| 5 | 14,30 | 5634,7 | 80576,2 | 0,179 | 1,11 | 1179,1 | 1308,8 |
| 6 | 17,22 | 5611,7 | 96632,6 | 0,215 | 1,11 | 1414,1 | 1569,6 |
| 7 | 20,14 | 5676,1 | 114316,3 | 0,254 | 1,11 | 1672,8 | 1856,8 |

ABYYHY 97’ e göre yapılan yatay yük analizleri sonucu, zemin kat kolonları, zemin kat tavanı kirişleri ve perdelerde bulunan iç kuvvetlerin, karşı gelen kesitlerin taşıma kapasiteleri ile karşılaştırmaları Tablo A.22-27 de verilmiştir. Zemin kat kolonlarında boyutsuz normal kuvvet için, çeşitli yükleme durumlarında bulunan değerler Tablo A.21’ de sunulmuştur.

Taşıyıcı sistem elemanlarının eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin hesabında, paspayı gözardı edilmiştir. Kiriş ve kolonların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin hesabında, betonun katkısı ihmal edilmiştir. Perdelerin kesme kuvveti taşıma kapasiteleri, ABYYHY 97’ de verilen bağıntılarla hesaplanmıştır ([3] 7.16). Kiriş ve kolonların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin hesabında ve tüm eleman tiplerinin moment taşıma kapasitelerinin hesaplanmasında, malzeme gerilme şekil değiştirme modelleri ve şekil değiştirme üst sınırları TS500’ e göre belirlenmiştir.

İç kuvvet kapasite karşılaştırmalarının verildiği tablolar incelendiğinde, tüm elemanlarda taşıma kapasitelerinin yeterli olduğu, güçlendirilmemiş kolonlardaki boyutsuz normal kuvvet seviyelerinin, düşey servis yüklerinden elde edilen değerler civarına çekildiği görülmektedir (Tablo A.21).

ABYYHY97 6.3.2.1 ve 6.10.1.2’de belirtilen burulma düzensizliği ve göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılması ile ilgili kontroller Tablo A.28-31’ de sunulmuştur. Güçlendirilmiş yapı göreli kat ötelemeleri ve burulma düzensizliği ile ilgili koşulları sağlamaktadır.

# 3-KESİTLERDE TAŞIMA KAPASİTESİ ve KESİT SÜNEKLİĞİNİN İNCELENMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI

Kırılma sırasındaki şekil değiştirmenin, lineer şekil değiştirmeye oranına süneklik oranı denilmektedir. Bu oranın büyük değerleri kesitin süneklik özelliğini, küçük değerleri ise kesitin gevreklik özelliğini belirtir.

Yapılarda, lineer olmayan yapısal deformasyonların tayin edilmesi için ihtiyaç duyulan en önemli parametrenin, plastik şekildeğiştirmelerin beklendiği bölgelerdeki dönmeler olduğu söylenebilir. Dolayısıyla birim boydaki dönme olarak tarif edilen eğrilik ve kesitlerin eğrilik sünekliği, yapıların lineer olmayan deformasyon kabiliyetlerini arttıran en önemli değişkenlerdir. Betonarme kesitlerde eğrilik, en dış beton basınç lifindeki şekil değiştirmenin, tarafsız eksen derinliğine oranı olarak tanımlanır. Göçme anındaki eğriliği, buna bağlı olarak sünekliği arttıran en önemli faktör, kesiti teşkil eden malzemelerin gerilme şekil değiştirme özellikleridir. Buna ek olarak donatı oranı, kesit şekli, donatı yerleşim planı ve normal kuvvet seviyesi, sünekliği etkileyen diğer faktörler olarak sıralanabilir. Bu bölümde kesit sünekliğini etkileyen faktörlerden sargı donatısının, betonun gerilme şekil değiştirme özelliklerine etkisi incelenmiş ve kesit sünekliğinin incelenmesi amacıyla bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Beton ve çeliğin, malzeme deneylerinden elde edilen nihai basınç ve kopma şekil değiştirmesi değerlerinin yüksek olması, kesit sünekliğini arttırır. Ancak kesitler deprem yükleri altında tersinir ve tekrarlı deformasyonlara maruz kalırlar. Bu deformasyonlar altında malzemelerin şekil değiştirme özelliklerinin korunması ve / veya şekil değiştirme üst limitlerinin arttırılması amacıyla, sargı donatıları teşkil edilir. Yeterli sıklıkta teşkil edilen sargı donatıları ile uzama ve kısalma deformasyonlarına uğrayan boyuna donatıların, kesit dışına burkulma riski önlenmiş olur. Ancak sargı donatısının kesit sünekliğine esas katkısı, tek eksenli basınç

gerilmesine maruz betonun, kesit dışına deformasyonuna engel olarak, gerilme ve en büyük birim kısalma üst limitlerini arttırmasıyla sağlanır. Sarılmış betonun gerilme şekil değiştirme özelliklerini doğru tayin etmek amacıyla, sarılmış betonun davranışı için önerilen üç ayrı model incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

## 3.1.Sargılı Betonda Gerilme Şekildeğiştirme Bağıntıları ve Bazı Karşılaştırmalar

### 3.1.1-Model 1 [5]

Araştırmacılar, önerilecek yeni bir modelin uygulanabilirlik sınırlarının önceki modeller gibi dikdörtgen veya dairesel sargı hallerinden biri için kullanılabilir olmaması, her iki tipteki sargı durumunda uygulanabilir olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Beton tek eksenli basınç gerilmeleri altında, gerilme doğrultusuna dik doğrultuda genişlemeye çalışır. Betonarme kesitlerde, betonun şekildeğiştirmesini engelleyen ve beton kesit dışına doğru genişlemeye başlayınca reaksiyon veren sargı kuvvetleri sözkonusudur. Araştırmacılar sargı donatısının bu kesit düzlemi içindeki pasif basıncının, beton ezilme şekildeğiştirmesi ve basınç dayanımına olan katkısını tayin etmek için bu pasif basıncın birbirini izleyen kesitlerdeki değişimini yorumlamışlardır. Maximum sargı basıncı, sargı donatısı ankrajının sağlıklı çalıştığı ve sargı donatısının akma gerilmesine eriştiği kabul edilirse, sargı donatısının içinde bulunduğu kesitte meydana gelir. Sargının içinde bulunduğu kesitten uzaklaştıkça, etkili olarak sarılı kesit kısmı küçülecek ve birbirini izleyen iki sargı donatısının ortasında minimum hale gelecektir (Şekil 3.1).

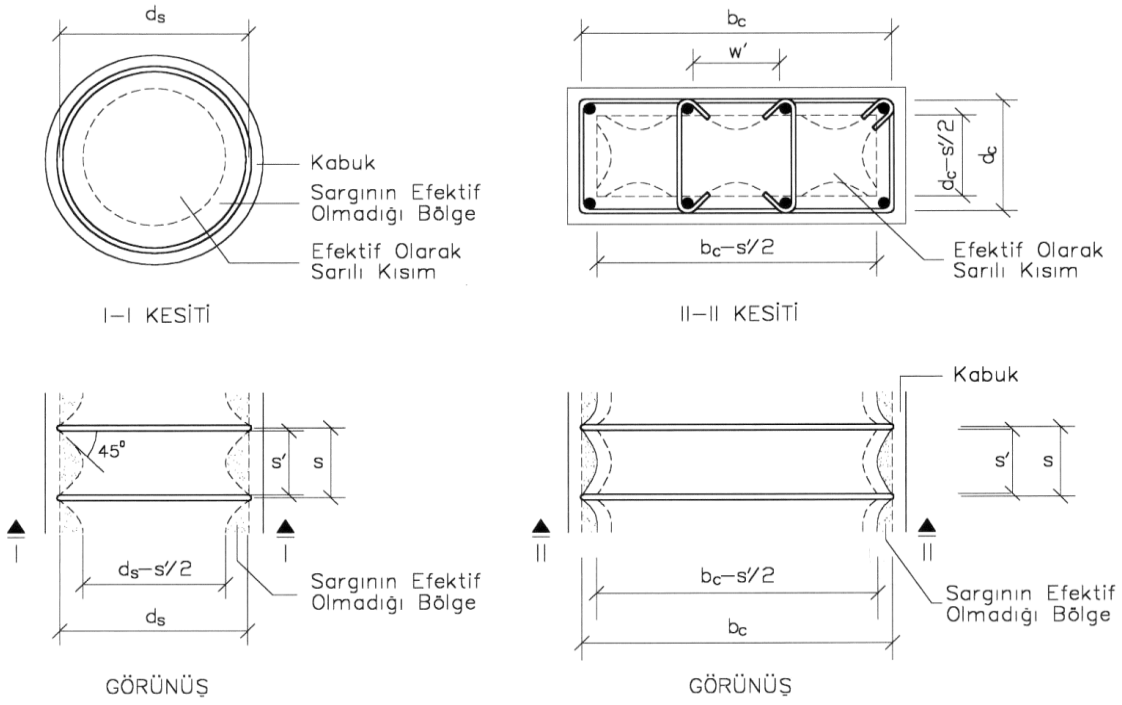
Modelde sargı donatısı içinde kalan kesit kısmına sarılmış kesit kısmı ( $A_c$ ), sargı donatısı pasif basıncının tesirli olduğu kesit kısmına etkili olarak sarılmış kesit kısmı ( $A_e$ ) tanımları yapılmış ve bu ikisinin oranından faydalanarak (3.2, 3.3) modelde kullanılacak etkili yatay sargı basıncı tayin edilmiştir (3.1).

$$f'_l = f_l \, k_e \qquad 3.1$$

$$k_e = \frac{A_e}{A_{cc}} \qquad 3.2$$

$$A_{cc} = A_c \left(1 - \rho_{cc}\right) \qquad 3.3$$

Etkili olarak sarılı kesit kısmını tayin etmek için, pasif sargı basıncının değişim formunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu formun birbirini izleyen kesitlerin etriye veya spiral kolları arasında ve aynı kesit içindeki etriye ve çiroz kolları arasında, başlangıç eğimi $45^0$ olan ikici derece bir parabol olduğu kabul edilmiştir (Şekil 3.1). Bu kabulden hareketle ;




Şekil 3.1.Sargılı Kesitlerde Etkili Olarak Sarılı Kesit Kısmı

- **Spiral veya dairesel sargılı kesitlerde;**

Sarılı ve etkili olarak sarılı kesit kısımlarının alanları 3.4 ve 3.5 ile tariflenirse,

$$A_e = \frac{\pi}{4}\left(d_s - \frac{s'}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4} d_s^2 \left(1 - \frac{s'}{2d_s}\right)^2 \qquad 3.4$$

$$A_{cc} = \frac{\pi}{4} d_s^2 \left(1 - \rho_{cc}\right) \qquad 3.5$$

3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5 kullanılarak sargı verimlilik katsayısı bağıntıları için sırasıyla, dairesel etriye ve spiral sargı durumuna göre, 3.6 ve 3.7 bağıntıları bulunur.

$$k_e = \frac{\left(1 - \frac{s'}{2\,d_s}\right)^2}{1-\rho_{cc}} \qquad 3.6$$

$$k_e = \frac{1 - \frac{s'}{2\,d_s}}{1 - \rho_{cc}} \qquad 3.7$$

Pasif sargı basıncı (3.10), sargı kollarındaki çekme kuvveti ve bu kuvvetin etkidiği kesit merkezide gözönüne alınarak yazılacak bir denge bağıntısı ile (3.8, 3.9) bulunabilir.

$$2\ f_{yh}\ A_{sp} = f_l\ s\ d_s \qquad 3.8$$

$$\rho_s = \frac{A_{sp}\ \pi\ d_s}{\frac{\pi}{4}\ d_s^2\ s} = \frac{4\ A_{sp}}{d_s\ s} \qquad 3.9$$

$$f_l = \frac{1}{2}\ \rho_s\ f_{yh} \qquad 3.10$$

Sargı verimlilik katsayısı (3.6, 3.7) ve pasif sargı basıncı (3.10) kullanılarak etkili sargı basıncı için,

$$f'_l = \frac{1}{2}\ k_e\ \rho_s\ f_{yh} \qquad 3.11$$

bağıntısı bulunur.

- **Dikdörtgen etriye ve çirozlarla veya sadece etriye ile sarılı kesitlerde;**

Sargı basıncı değişiminin önceden ifade edilen kabülüne dayanarak, sargının etkili olarak çalışmadığı kesit kısımlarının alanı,

$$A_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{\left(w'_i\right)^2}{6} \qquad 3.12$$

bağıntısı ile bulunur. 3.12 kullanılarak sargının içinde bulunduğu kesitte etkili olarak sarılı kesit kısmı,

$$A_e = \left( b_c\, d_c - \sum_{i=1}^{n} \frac{(w'_i)^2}{6} \right) \qquad 3.13$$

ile hesaplanır. Ancak sargılı kesitlerin arasında kalan kesitlerdeki sargı basıncının değişimide gözönüne alınarak, etkili olarak sarılı kesit kısmının alanı güncellenir.

$$A_e = \left( b_c\, d_c - \sum_{i=1}^{n} \frac{(w'_i)^2}{6} \right) \left( 1 - \frac{s'}{2\, b_c} \right) \left( 1 - \frac{s'}{2\, d_c} \right) \qquad 3.14$$

3.2, 3.3, 3.12 ve 3.14 kullanılarak sargı verimlilik katsayısı için,

$$k_e = \frac{\left( 1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{(w'_i)^2}{6\, b_c\, d_c} \right) \left( 1 - \frac{s'}{2\, b_c} \right) \left( 1 - \frac{s'}{2\, d_c} \right)}{\left( 1 - \rho_{cc} \right)} \qquad 3.15$$

bağıntısı bulunur.

Dikdörtgen kesitlerde iki doğrultuda farklı miktarda sargı donatısı olabilir. Dolayısıyla her iki doğrultu için farklı hacimsel sargı oranları bulunabilir.

$$\rho_x = \frac{A_{sx}}{s\, d_c} \qquad 3.16$$

$$\rho_y = \frac{A_{sy}}{s\, b_c} \qquad 3.17$$

Her iki doğrultu için etkili sargı basıncı, pasif sargı basıncı (3.18, 3.19) ve sargı verimlilik katsayısı kullanılarak (3.15);

$$f_{lx} = \frac{A_{sx}}{s\, d_c}\, f_{yh} = \rho_x\, f_{yh} \qquad 3.18$$

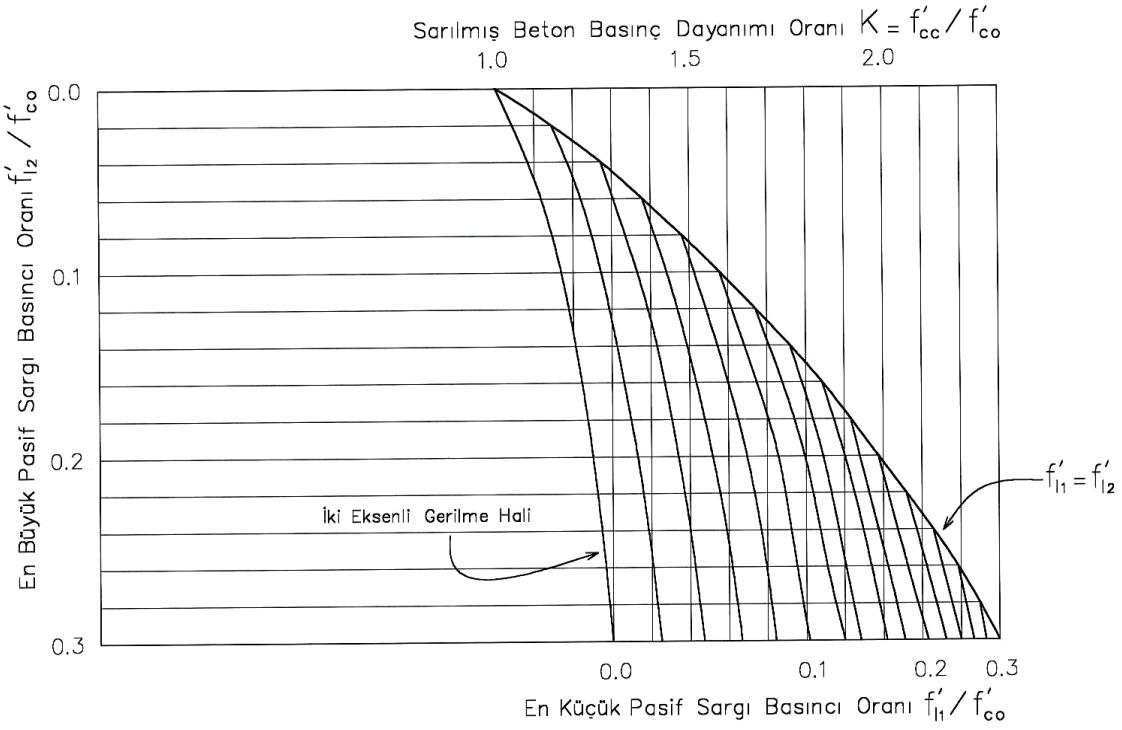
$$f_{ly} = \frac{A_{sy}}{s\, b_c}\, f_{yh} = \rho_y\, f_{yh} \qquad 3.19$$

$$f'_{lx} = k_e \rho_x f_{yh} \quad 3.20$$

$$f'_{ly} = k_e \rho_y f_{yh} \quad 3.21$$

bağıntıları ile hesaplanır.

Sargılı beton basınç dayanımının tayini için, her iki doğrultudaki sargı basıncının ve sargısız beton basınç dayanımının bir fonksiyonu olan ve nihai basınç dayanımını veren göçme eğrilerinden oluşan bir diyagram kullanılmıştır. Bu amaçla William ve Warnke (1975) tarafından önerilen ve üç eksenli gerilme deneyleriyle oldukça uyumlu sonuçlar verdiği belirtilen bir diyagram önerilmiştir (Şekil 3.2).




Şekil 3.2.Üç Eksenli Gerilme Halinde Göçme Eğrileri

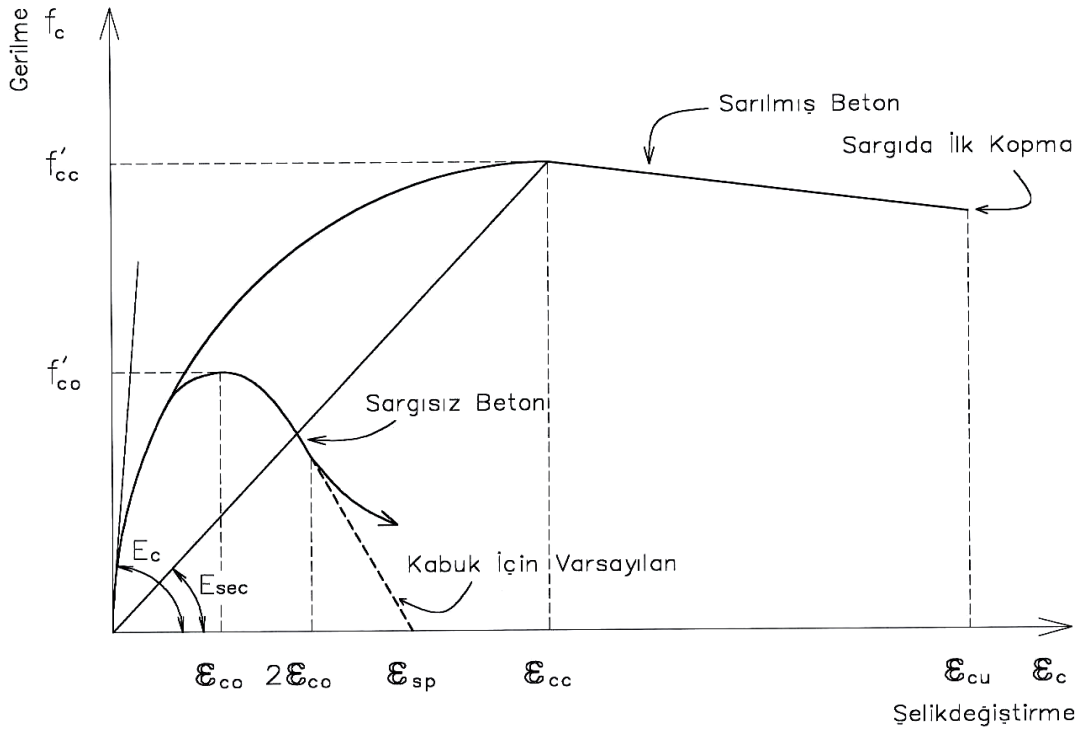
Beton maximum basınç dayanımına karşı gelen şekildeğiştirme, maximum basınç dayanımının, dolayısıyla sargı basıncının bir fonksiyonu olarak 3.22 bağıntısı ile bulunabilir.

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left[ 1 + 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_{co}} - 1 \right) \right] \quad 3.22$$

Betondaki maximum şekildeğiştirme ise, modelin 1992 yılında yayınlanan güncellenmiş halinde verilen 3.23 bağıntısı ile hesaplanır.

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + 1.4\ \rho_s\ f_{yh}\ \varepsilon_{sm} \Big/ f'_{cc} \qquad 3.23$$

Modelde gerilme şekildeğiştirme ilişkisi, beton maximum basınç dayanımına kadar lineer olmayan bir eğri ile artan ve nihai şekildeğiştirmeye kadar azalan ancak, eğimi açık şekilde tariflenmeyen iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil 3.3).




Şekil 3.3.Model 1' de Önerilen Gerilme Şekildeğiştirme İlişkisi

Artan kısımda gerilme şekildeğiştirme ilişkisi;

$$f_c = \frac{f'_{cc}\ x\ r}{r - 1 + x^r} \qquad 3.24$$

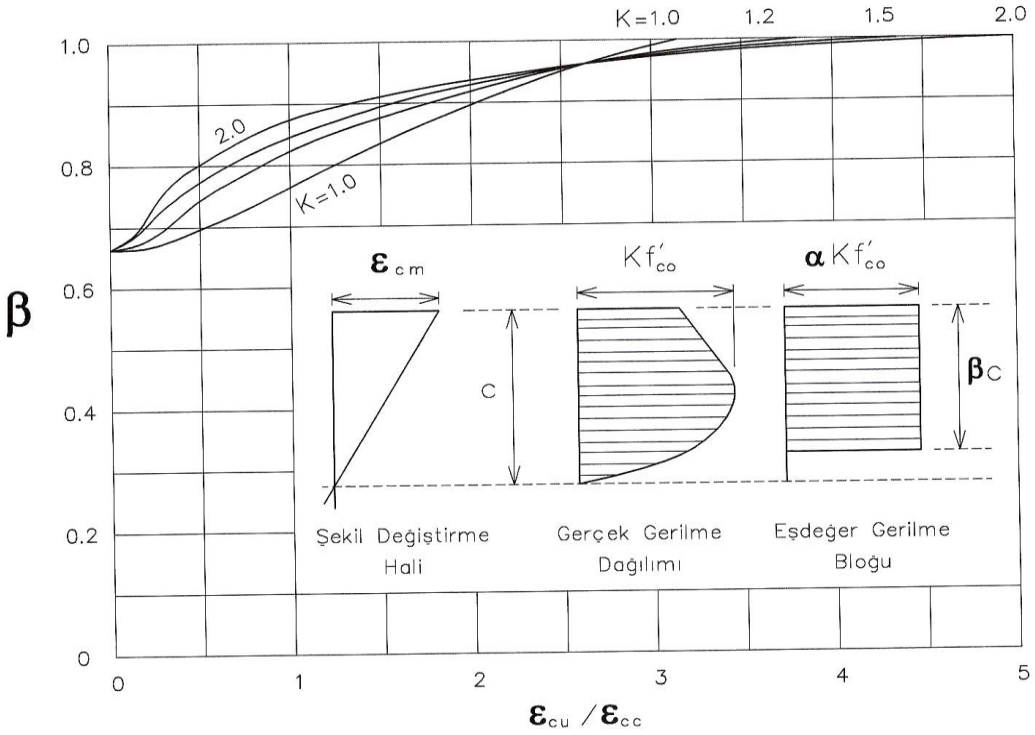
$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \qquad 3.25$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{\sec}} \qquad 3.26$$

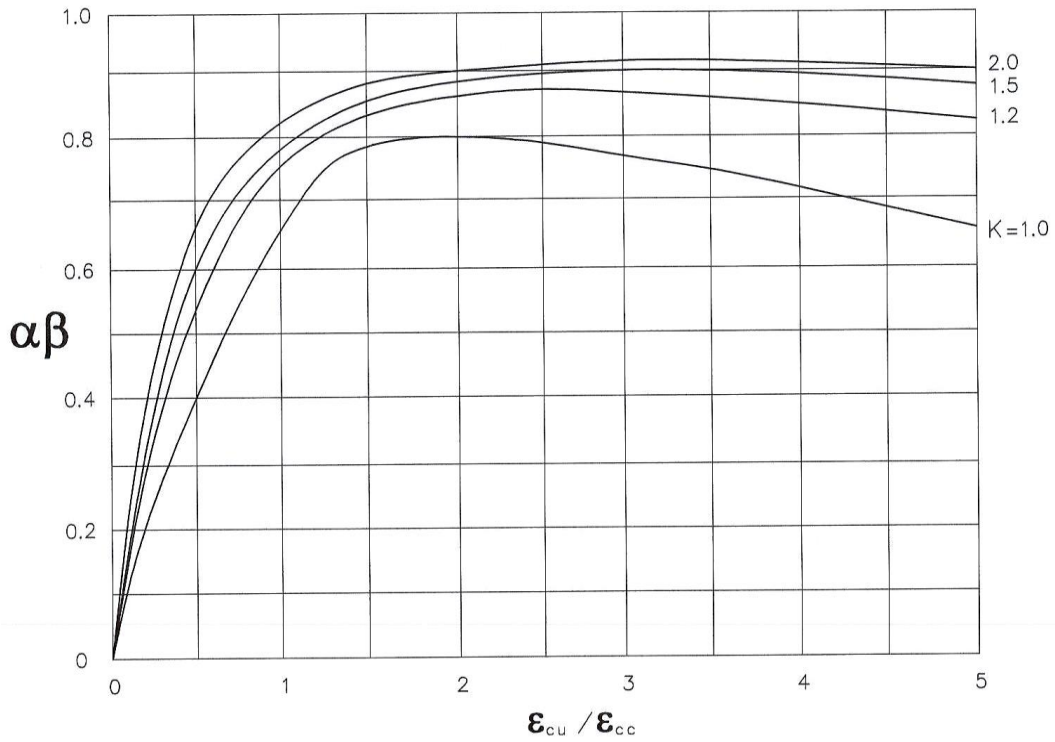
$$E_c = 5000\ \sqrt{f'_{co}} \qquad (Gerilmenin\ birimi\ MPa) \qquad 3.27$$

$$E_{\sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \qquad 2.28$$

bağıntıları ile verilmiştir. Ancak en dış beton basınç lifinin nihai şekildeğiştirmeye ulaşması haline karşı gelen durumda, modelin güncellenmiş halinde verilen diyagramlar yardımıyla (Şekil 3.4, 3.5), gerçek gerilme şekildeğiştirme eğrisine denk bir eşdeğer gerilme bloğunun kullanılması yolu seçilmiştir.




Şekil 3.4.β Katsayısının Tayini İçin Diyagram




Şekil 3.5.α Katsayısının Tayini İçin Diyagram

### 3.1.2-Model 2 [6]

Modelin geliştirilmesinde iki önemli tesbit yön verici olmuştur.Bunlardan birincisi önerilmiş modellerin çoğunlukla dairesel veya dikdörtgen kesitler için uygulanabilir olması sebebiyle, perde tipi kesitler içinde uygulanabilecek bir model ihtiyacı, ikincisi önerilmiş modellerin geliştirilmesi için yapılan deneylerde kullanılan numunelerin, yüksek hacimsel sargı oranlarına sahip olmaları sebebiyle düşük sargı oranı sözkonusu kesitlerde doğru sonuçlar verecek bir modelin gerekliliği.

Yapılan deneylerde, sargı donatısı etkisinin tayini için beş ana parametrenin değişimi incelenmiştir.

- Hacimsel sargı oranı.
- Sargı donatısı aralığı.
- Sargı donatısı kapanma şekli.( $90^0$,$135^0$ ve $180^0$ kıvrımlı kanca, kaynaklı ek. )
- Kesit şekli.
- Çirozlar.

Deneylerde yapılan gözlemlere göre beton maximum basınç dayanımına ulaşana kadar herhangi bir göçme durumuyla karşılaşılmamıştır. Sargı donatısı aralığı büyük

olan numunelerde, beton maximum basınç dayanımı geçildiğinde, boyuna donatı doğrultusunda çatlakların başladığı ve arkasından boyuna donatıda burkulmaların olduğu gözlemlenmiştir. Bu göçme şekli dairesel ve dikdörtgen kesitler için aynıdır. Sargı donatısı aralığı küçük olan dairesel numunelerde beton maximum basınç gerilmesi geçildikten sonra göçme, sargı donatısının kopması ve arkasından boyuna donatıda burkulma şeklindedir. Perde tipi numunelerde kesit şeklinin ovalleştiği, ancak çirozların kullanıldığı numunelerde bu şekildeğiştirmenin engellendiği tesbit edilmiştir. Hacimsel sargı oranının küçük olduğu kare ve perde tipi numunelerde göçme, komşu iki sargı donatısı arasındaki kesitte meydana gelmiştir. Hacimsel sargı oranı arttıkça beton maximum şekildeğiştirme ve gerilmesi artmış, maximum gerilme geçildikten sonra dayanımda meydana gelen azalma düşmüştür. Sargı donatısının etkinliğinin kesit şekline bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Kesit uzun boyunun kısa boyuna oranı büyüdükce sargı donatısının etkinliği azalmış, beton gerilme şekildeğiştirme ilişkisi sargısız hale yaklaşmıştır. Sargı donatısının kapanma şeklinin gerilme şekildeğiştirme davranışını etkilemediği tesbit edilmiştir.

Önerilen gerilme şekildeğiştirme ilişkisi beton maximum basınç dayanımına kadar lineer olmayan bir eğriyle artan ve bu değerden sonra lineer olarak azalan bir kol olmak üzere iki kısımdan oluşur (Şekil 3.6).

Önerilen bazı modellerde artan kol $2^0$ derece parabol şeklinde olup bu parabol tanımlanırken, sadece üç sınır koşulunu sağlaması dikkate alınır. Ancak artan kol gerçekte dört sınır koşulunu sağlaması gereken bir matematik ifade olmalıdır.

- Başlangıç hali ; $\varepsilon_c=0$ için $f_c=0$
- Başlangıç elastisite modülü ; $\varepsilon_c= 0$ için $df_c/d\varepsilon_c=E_c$
- Tepe noktası ; $\varepsilon_c=\varepsilon_{cc}$ için $f_c=f_{cc}$
- Tepe noktasında elastisite modülü ; $\varepsilon_c=\varepsilon_{cc}$ için $df_c/d\varepsilon_c=0$

Yapılan deneylerden başlangıç elastisite modülünün hacimsel sargı oranından bağımsız olduğu anlaşılmıştır. Ancak ikinci derece parabol yaklaşımında başlangıç elastisite modülü, hacimsel sargı oranına bağlı olan beton maximum basınç dayanımı ve şekildeğiştirmesinin bir fonksiyonudur (3.29).

$$f_c = f_{cc} \left[ \frac{2\,\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} - \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right)^2 \right] \qquad 3.29$$

Bu çelişkiden kaçınmak ve başlangıç elastisite modülünüde gözönüne almak için araştırmacılar, 3.30 bağıntısını artan kolu tanımlamak için önermişlerdir.

$$f_c = C_1\,\varepsilon_c^n + C_2\,\varepsilon_c + C_3 \qquad 3.30$$

Bu ifade belirtilen sınır koşulları altında çözümlenirse;

$$f_c = E_c\,\varepsilon_c \left[ 1 - \frac{1}{n} \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right)^{n-1} \right] \qquad 3.31$$

$$n = \frac{E_c\,\varepsilon_{cc}}{E_c\,\varepsilon_{cc} - f_{cc}} \qquad 3.32$$

bağıntıları bulunur.

Azalan kol ise lineer bir doğru şeklinde idealize edilmiş, 3.33 bağıntısı önerilmiştir.

$$f_c = f_{cc} - E_{des}\,(\varepsilon_c - \varepsilon_{cc}) \qquad 3.33$$

Deneylerde göçmenin, gerilmenin maximum basınç gerilmesinin yarısının altına düştüğünde meydana geldiği gözlemlenmiş ve bu gerilme haline karşı gelen onarılamaz şekildeğiştirme maximum basınç şekildeğiştirmesi olarak tariflenmiştir (3.34).

$$\varepsilon_{cu} = \varepsilon_{cc} + \frac{f_{cc}}{2E_{des}} \qquad 3.34$$

Dayanım azalma oranını ($E_{des}$) veren bağıntı, test datasından elde edilen $\varepsilon_{cc}$ ve $\varepsilon_{cu}$ değerleri kullanılarak yapılan regresyon analizi ile belirlenmiştir.

Maximum basınç dayanımı,ona karşı gelen şekildeğiştirme ve azalan kolun eğiminin tayini için, en etkili parametreler olduğu gözlemlenen, sargı donatısı oranı, sargı donatısı akma dayanımı, sargısız betonun basınç dayanımı ve kesit şekli gözönüne alınarak;

$$\frac{f_{cc}}{f_{co}} = \begin{cases} 1.0 + 3.83\ \dfrac{\rho_s\ f_{yh}}{f_{co}} & \text{(dairesel kesitler için)} \\ 1.0 + 0.73\ \dfrac{\rho_s\ f_{yh}}{f_{co}} & \text{(dikdörtgen kesitler için)} \end{cases} \qquad 3.35$$

$$\varepsilon_{cc} = \begin{cases} 0.00218 + 0.0332\ \dfrac{\rho_s f_{yh}}{f_{co}} & \text{(dairesel kesitler için)} \\ 0.00245 + 0.0122\ \dfrac{\rho_s\ f_{yh}}{f_{co}} & \text{(dikdörtgen kesitler için)} \end{cases} \qquad 3.36$$

$$E_{des} = \frac{11.2}{\rho_s f_{yh} \Big/ f_{co}^2} \qquad 3.37$$

bağıntıları önerilmiştir.

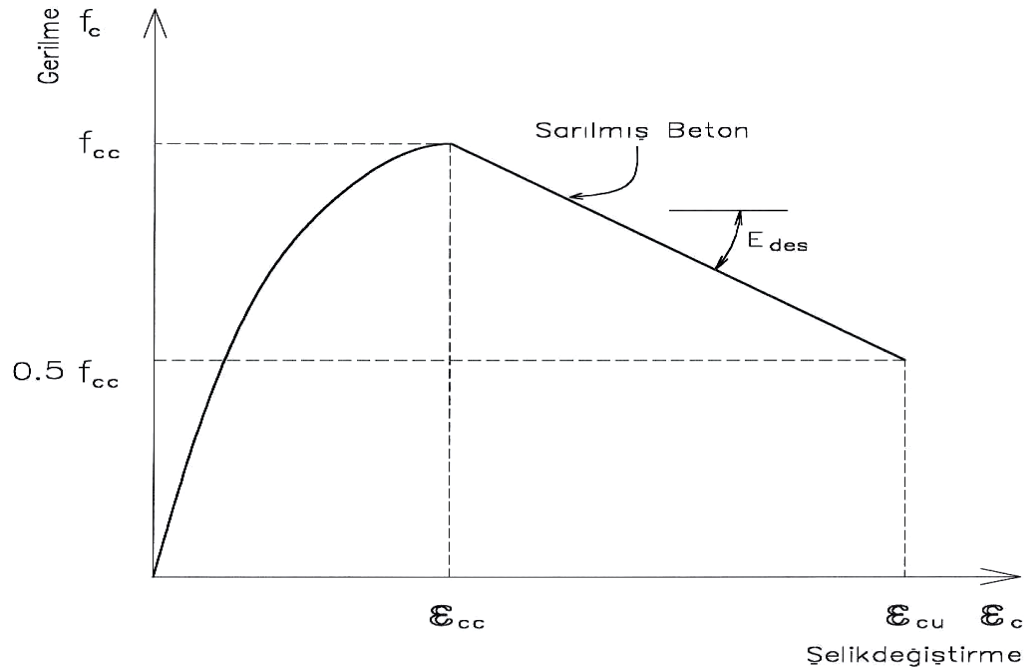
Araştırmacılar başlangıç elastisite modülü için Japon standartları uyarınca buldukları ve Tablo 3.1' de verilen değerleri kullanmaktadırlar.

Tablo 3.1.Beton Elastisite Modülü İçin Kullanılan Bağıntıların Karşılaştırması

| Sargısız Betonun Basınç Dayanımı ( Mpa ) | Başlangıç Elastisite Modülü ( Mpa ) | | |
|---|---|---|---|
| | Japon Yönetmeliği | Önerilen Formül | TS500 |
| 20,6 | $2.30x10^4$ | $2.27x10^4$ | $2.87x10^4$ |
| 23,5 | $2.45x10^4$ | $2.42x10^4$ | $2.97x10^4$ |
| 26,5 | $2.60x10^4$ | $2.57x10^4$ | $3.07x10^4$ |
| 29,4 | $2.75x10^4$ | $2.71x10^4$ | $3.16x10^4$ |
| 39,2 | $3.04x10^4$ | $3.13x10^4$ | $3.43x10^4$ |
| 49 | $3.24x10^4$ | $3.50x10^4$ | $3.68x10^4$ |

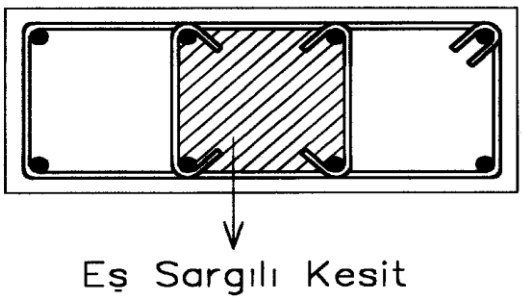
Kullandıkları değerlerin elde edildiği bağıntılar açık bir şekilde verilmemiştir. Ancak 3.38 bağıntısı ile bulunacak değerlerin, araştırmacıların kullandıkları değerlere çok yakın olduğu Tablo 3.1' de görülmektedir.

$$E_c = 5000\ \sqrt{f'_{co}} \qquad (Gerilmenin\ birimi\ MPa) \qquad 3.38$$




Şekil 3.6.Model 2' de Önerilen Gerilme Şekildeğiştirme İlişkisi

Perde tipi kesitlerde kullanılan çirozların sargı etkisini yansıtmak için, eş sargılı kesit şeklinde tariflenen bir yaklaşım önerilmiştir (Şekil 3.7). Bu yaklaşımda etriye ve çirozlar arasında kalan kapalı kesit kısımlarının sargı oranı ve sargı donatısı özellikleri ile, dikdörtgen kesitler için önerilen formüllerin kullanılabileceği ve bu şekilde modeli oluşturmak için gerekli parametrelerin tayin edilebileceği belirtilmiştir.




Şekil 3.7.Eş Sargılı Kesit Yaklaşımı

Numunelerde kullanılan sargı oranı üst ve alt limit değerleri 0.19-4.66 % olup, modelin uygulanabilirliği için bir sınır teşkil edebilir.

Modelin önemli bir özelliği başlangıç elastisite modülünü daha gerçekçi yansıtmasından dolayı, artan kolun test sonuçlarıyla daha önce önerilen modellere nazaran daha uyumlu olmasıdır.

### 3.1.3-Model 3 [7]

Araştırmacılar ilk olarak kendi önerileri olan "Eşdeğer Üniform Sargı Basıncı" konseptine dayalı bir modeli 1992 yılında geliştirmişlerdir. Ancak deneylerde kullandıkları numunelerin normal dayanımlı beton ile teşkil edilmiş olması ve normal ile yüksek dayanımlı beton arasındaki dayanım ve süneklik özelliklerinin farklarından dolayı, aynı yaklaşımı kullanarak her iki beton türü içinde kullanılabilecek yeni bir model önermişlerdir.

Lineer elastik ve izotropik bir malzemede üç eksenli gerilme hali ile tek eksenli gerilme hali arasında 3.39, 3.40 ve 3.41 bağıntıları mevcuttur.

$$\frac{-\mu f_{u2}}{E} = \frac{f_{t1} - \mu (f_{t2} + f_{t1})}{E} \qquad 3.39$$

$$f_{t2} = f_{u2} + k'_1 f_{t1} \qquad 3.40$$

$$k'_1 = \frac{1-\mu}{\mu} \qquad 3.41$$

Betonun lineer elastik bir malzeme olmayışından dolayı elastisite modülü, gerilme şekildeğiştirme karakteristikleri ve poisson oranı söz konusu üç eksen doğrultusu için birbirinden farklı olabilir. Dolayısıyla lineer elastik ve izotropik malzemeler için geçerli bağıntıları beton için kullanmak mümkün değildir. Ancak aynı form kullanılarak betonun tek eksenli gerilme hali altındaki davranışı, basit basınç dayanımı ve yatay sargı basıncının bir fonksiyonu olarak tanımlanabilir (3.42).

Betonarme bir kesitte, betonun basınç doğrultusuna dik doğrultuda genişlemesine engel olan sargı donatısının, betonun şekildeğiştirmeye başlaması ile ortaya çıkan pasif basıncı mevcuttur (Şekil 3.8). Araştırmacılar etriye ve çiroz kolları civarında büyüyen, bunların arasında ise sargı donatısının eğilme rijitliği ile kontrol edilen ve küçülen bu pasif basınçla aynı işlevi görecek bir eşdeğer üniform sargı basıncı tanımlamışlardır. Betonun basit basınç dayanımı ve önerilen eşdeğer üniform sargı basıncı kullanılarak betonun tek eksenli gerilme hali altındaki dayanımı ;

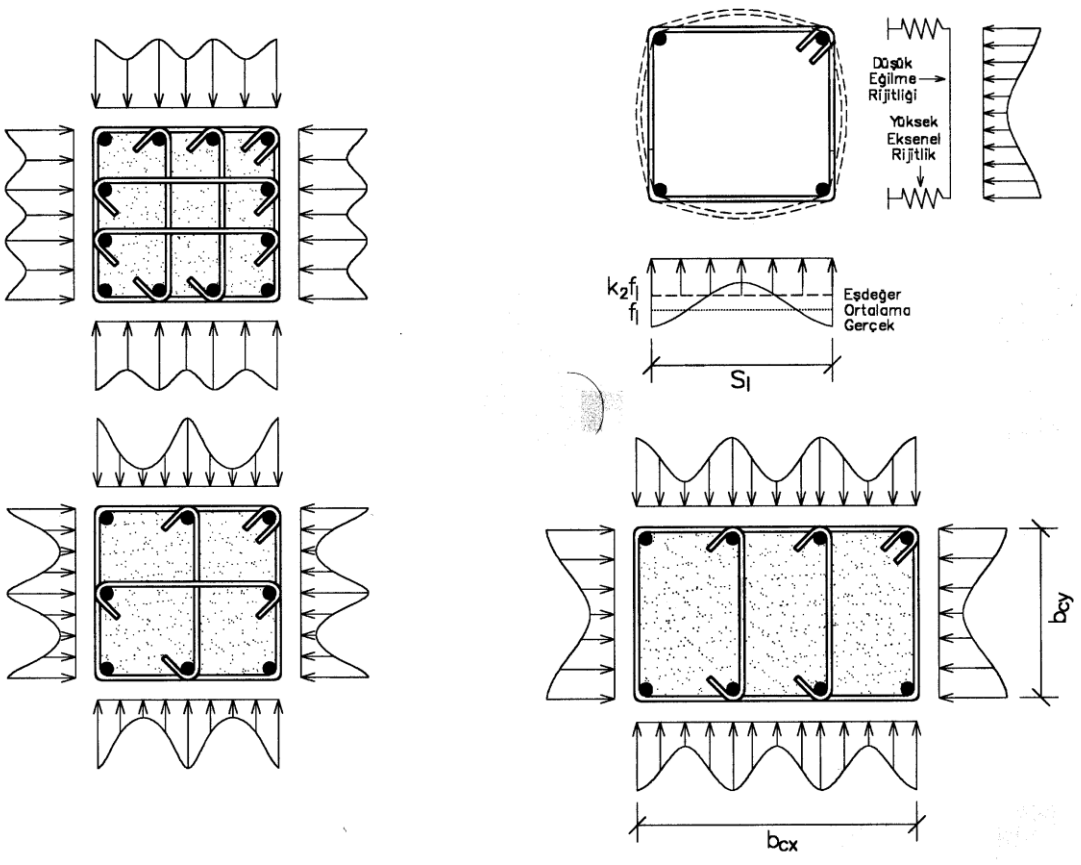
$$f'_{cc} = f'_{co} + k_1 f_{le} \qquad 3.42$$

$$k_1 = 6.7 \left(f_{le}\right)^{-0.17} \qquad (Gerilmenin\ birimi\ MPa) \qquad 3.43$$

$$f_{le} = k_2 f_l \qquad 3.44$$

$$f_l = \frac{\sum_{i=1}^{q} \left(A_s f_s \sin\alpha\right)_i}{s\, b_c} \qquad 3.45$$

bağıntıları ile ifade edilmiştir.




Şekil 3.8.Sargı Donatısı Pasif Basıncının Değişimi

Fakat bu bağıntılarda belirsiz olan, beton maximum basınç dayanımına ulaştığında etriye ve çiroz kollarındaki gerilmenin değeridir. Normal dayanımlı beton ve çelik ile yapılan deneylerde etriye ve çiroz kollarında akma gerilmesine ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Yüksek dayanımlı betonda ihtiyaç duyulan yatay sargı basıncı daha

yüksektir. Tasarımda sargı donatısını arttırmak yerine yüksek dayanımlı çelik kullanılması tercih edilmektedir. Bu durumda sargı donatısının etkinliği ve çeliğin kalitesine göre, etriye ve çiroz kolları akma gerilmesine ulaşmış veya ulaşmamış olabilir. Yapılan deneyler yüksek dayanımlı çelik ile teşkil edilen etriye ve çirozların sadece iyi sarılmış numunelerde akma gerilmesine ulaştığını göstermektedir. Etriye ve çirozların akma gerilmesine ulaşıp ulaşmadığını anlamak için araştırmacılar tarafından bir ardışık hesap yöntemi önerilmiştir. Sargı donatısındaki gerilme, hacimsel sargı oranının ve sargı donatısının verimliliğinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır (3.46).

$$f_s = E_s\left(0.0025 + 0.04\sqrt[3]{\frac{k_2\,\rho_c}{f'_{co}}}\right) \leq f_{yt} \quad (Gerilmenin\ birimi\ MPa) \qquad 3.46$$

Eşdeğer üniform sargı basıncı, kendisini tayin etmek için kullanılan ortalama üniform basınçtan daha küçüktür. İkisi arasındaki ilişki $k_2$ katsayısıyla belirlenir. Bu katsayı sargı donatısının verimliliğini yansıtır ve sargı basıncının üniforma yakın olduğu durumlarda 1'e eşittir. $k_2$ için önerilen ampirik bağıntı ;

$$k_2 = 0.26\sqrt{\left(\frac{b_c}{s}\right)\left(\frac{b_c}{s_l}\right)\left(\frac{1}{f_l}\right)} \leq 1.0 \qquad 3.47$$

Önerilen bağıntılarda, ortalama üniform basınç etriye ve çiroz kollarındaki çekme gerilmesinin bir fonksiyonu, bu çekme gerilmesi değeri yatay donatı düzeninin verimliliğinin bir fonksiyonu ve yatay donatı düzeninin verimliliğide ortalama üniform basıncın bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Sargıda akma gerilmesine ulaşıldığı varsayımıyla başlanacak ardışık hesapla aranan parametreler tayin edilebilir. Bu noktada araştırmacılar hesapları kolaylaştırmak için şu tespitte bulunmuşlardır. $k_2$ katsayısı yüksek dayanımlı betonda ortalama üniform basınca fazla duyarlı değildir ve normal dayanımlı beton için $f_l$ = 3 MPa mertebesinde ortalama bir değer ile yeter doğrulukda sonuç alınabilmektedir.

Kesitte iki doğrultuda farklı eşdeğer üniform basınç değeri olması halinde, bu basınç değerlerinin ağırlıklı ortalamalarının her iki doğrultu içinde kullanılabileceği belirtilmiştir (3.48).

$$f_{le} = \frac{f_{lex}\, b_{cx} + f_{ley}\, b_{cy}}{b_{cx} + b_{cy}} \qquad 3.48$$

Önerilen gerilme şekildeğiştirme ilişkisi beton maximum basınç dayanımına kadar lineer olmayan bir şekilde artan ve bu değerden sonra lineer olarak azalan bir kol olmak üzere iki kısımdan oluşur (Şekil 3.9).

Araştırmacılar aynı konsepte dayanan önceki modellerinde artan kol için önerdikleri yaklaşımın uygulanabilirliğinin normal dayanımlı beton ile sınırlı olduğunu, yüksek dayanımlı betonun başlangıç elastisite modülü için gerçeğin üstünde değerler verdiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle hem normal hemde yüksek dayanımlı beton için kullanılabilecek yeni bir fonksiyon önermişlerdir (3.49).

$$f_c = \frac{f'_{cc}\left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_1}\right) r}{r - 1 + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_1}\right)^r} \qquad 3.49$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{\sec}} \qquad 3.50$$

$$E_{\sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_1} \qquad 3.51$$

Sargısız betonun elastisite modülü $E_c$ için Carrasquillo tarafından önerildiği belirtilen (1981) ve deney sonuçlarıyla uyumlu değerler elde ettikleri 3.52 bağıntısını kullanmışlardır.

$$E_c = 3320\sqrt{f'_c} + 6900 \qquad (Gerilmenin\ birimi\ MPa) \qquad 3.52$$

Azalan kol format bakımından bir önceki modelleri ile aynı olup, lineer bir doğru şeklindedir. Bu doğrunun eğimini, maximum gerilmenin %85'ine karşı gelen şekildeğiştirmeyi kullanarak tanımlamışlardır. Ancak bağıntıları, artan beton ve çelik dayanımının etkilerini yansıtmak için $k_3$ ve $k_4$ katsayıları ile güncellemişlerdir. Böylelikle önerilen bağıntılar hem normal hemde yüksek dayanımlı beton için kullanılabilmektedir.

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{01}\,(1 + 5\, k_3\, K) \qquad 3.53$$

$$\varepsilon_{85} = 260\ k_3\ \rho_c\ \varepsilon_1 \left[1 + 0.5\ k_2\ (k_4 - 1)\right] + \varepsilon_{085} \qquad 3.54$$

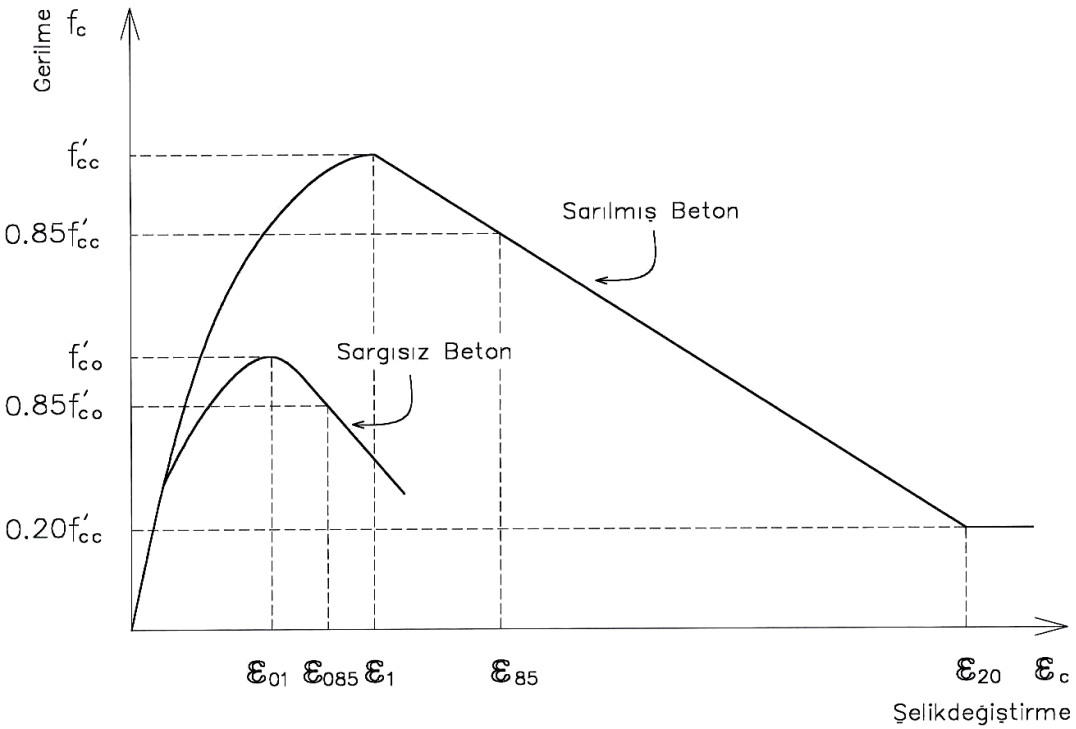
$$k_3 = \frac{40}{f'_{co}} \leq 1.0 \qquad 3.55$$

$$k_4 = \frac{f_{yt}}{500} \geq 1.0 \qquad 3.56$$

$$K = \frac{k_1 f_{le}}{f'_{co}} \qquad 3.57$$

$$\rho_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} (A_{sx})_i + \sum_{j=1}^{m} (A_{sy})_j}{\left[s\ (b_{cx} + b_{cy})\right]} \qquad 3.58$$

Azalan kolun eğimini tayin etmek için kullandıkları şekildeğiştirme değerini ($\varepsilon_{85}$) veren 3.54 bağıntısını sargı donatısının aktığını varsayarak çıkarmışlar ve genel olarak deneylerdede beton maximum basınç değerine ulaştığında yada hemen sonra sargının akdığını gözlemlemişlerdir.




Şekil 3.9.Model 3' de Önerilen Gerilme Şekildeğiştirme İlişkisi

Sargısız betona ait $\varepsilon_{01}$ ve $\varepsilon_{085}$ şekildeğiştirme değerlerinin deneysel yollarla tayin edilememesi halinde kullanılmak üzere, 3.59 ve 3.60 bağıntıları önerilmiştir.

$$\varepsilon_{01} = 0.0028 - 0.0008\ k_3 \qquad 3.59$$

$$\varepsilon_{085} = \varepsilon_{01} + 0.0018\ k_3^2 \qquad 3.60$$

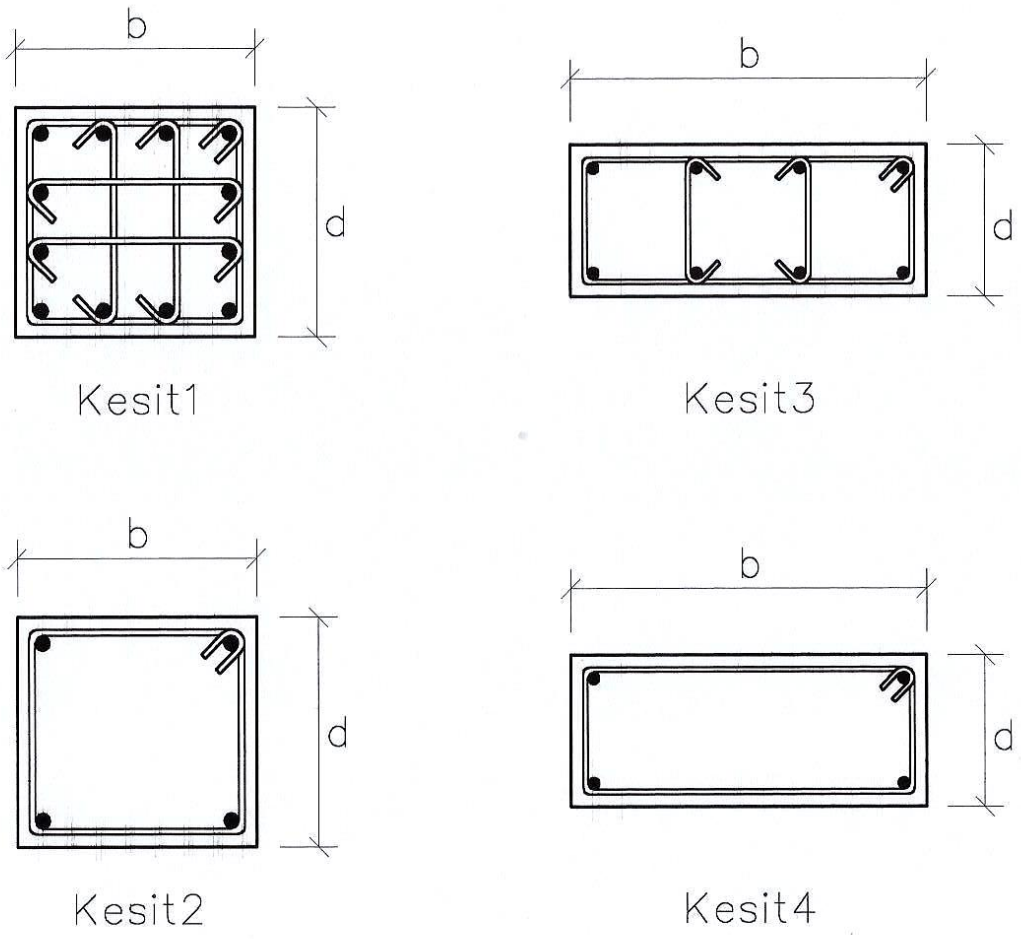
Modelde sargısız betonun basınç dayanımı ( $f'_{co}$) olarak standart silindir testlerinden elde edilen değerin 0.85 katı ( $0.85f'_c$) kullanılmıştır.

Test numunelerindeki hacimsel sargı donatısı oranı ( $\rho_c$ ), 0.03-0.01*k3 değerinden küçüktür. Dolayısıyla bu değer modelin kullanılabilirliği için bir üst limit teşkil eder. Bu konuda herhangi bir alt limit belirtilmemiştir.

Test numunelerinde beton basınç dayanımı aralığı 30~130 MPa, sargı donatısı dayanımı üst sınırı ise 1400 MPa ‘dır.

Araştırmacıların deney neticelerinde gözlemlediği en önemli nokta, dayanımdaki kesin artışın sargısız beton basınç dayanımının değişiminden bağımsız olduğudur. Bu sebeple modifiye edilmiş bu model hem yüksek hemde normal dayanımlı betonla teşkil edilen elemanlarda, kesit şeklinden bağımsız olarak uygulanabilir.

Önerilen modellerin karşılaştırılması amacıyla, 50 cm × 50 cm kare ve 80 cm × 25 cm dikdörtgen formlarda, farklı boyuna donatı ve sargı donatısı oranlarına sahip toplam dört kesitte (Şekil 3.10), beton maximum basınç dayanımındaki artış ve buna karşı gelen şekil değiştirme değerleri ile, beton nihai şekil değiştirme değerleri hesaplanmış ve Tablo A.32,33 ve 34’ te sunulmuştur. Söz konusu kesitlerde sargı donatısı çapı 10 mm olarak sabit tutulmuş, sargı donatısı oranındaki değişim, sargı donatısı aralığı ve sargı donatısı düzeninin çeşitliliği ile sağlanmıştır. Sargısız betonun maximum basınç dayanımına karşı gelen şekil değiştirmesi 0.002 olarak kabul edilmiştir. Sargı donatısı akma dayanımı ve sargısız beton basınç dayanımının fonksiyonlarının anlaşılması amacıyla, bu parametrelerinde farklı değerleri gözönüne alınmıştır. Paspayı 25 mm’ dir. Bir numaralı modelde $\varepsilon_{sm}$ değeri 0.1 olarak kabul edilmiştir.

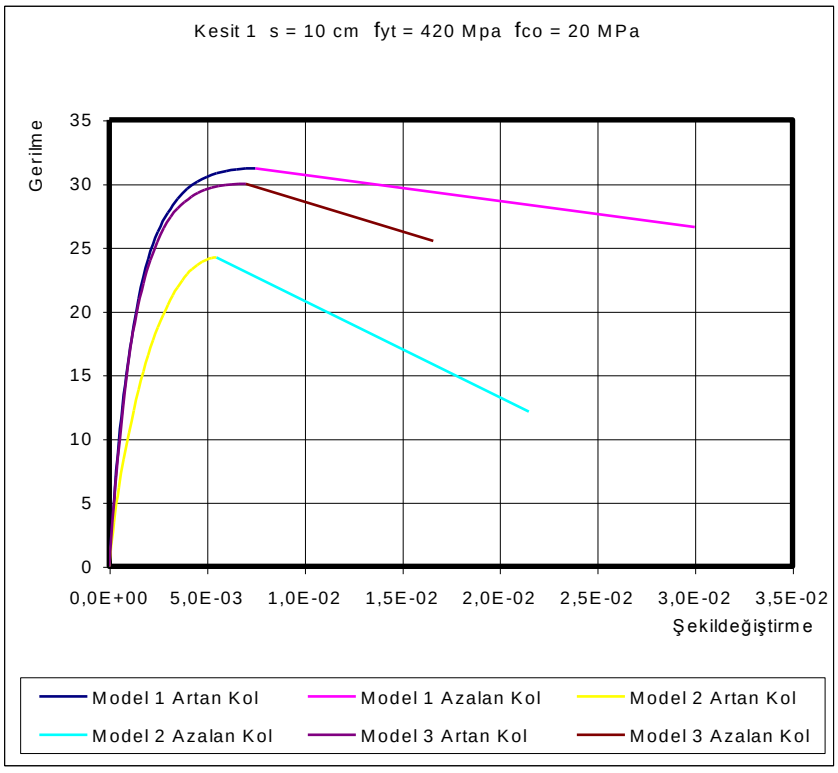



Şekil 3.10.Önerilen Modellerin Karşılaştırılması İçin Kullanılan Kesitler

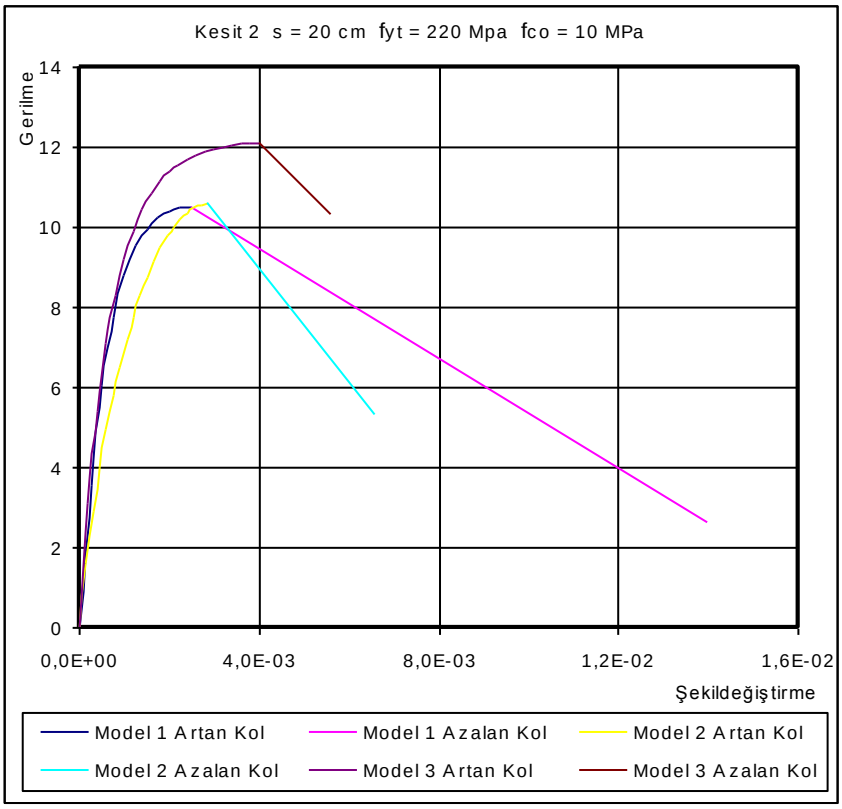
Sargı donatısı oranı artışının, beton dayanım ve şekil değiştirme karakteristiklerine katkısı tüm modellerde gözlemlenmiştir. Ancak sargı donatısı oranı artışını sonuçlara en yüksek mertebe yansıtan model, üç numaralı modeldir. İki numaralı modele ait sonuçlar incelendiğinde, modelin sargı donatısı oranının yüksek değerlerinde dahi, malzeme karakteristiklerini çok değiştirmediği görülür. Sargı donatısı düzeninin etkisini gözlemlemek amacıyla, 1 ile 2 ve 3 ile 4 numaralı kesitlerin, sargı donatısı oranlarının aynı fakat sargı düzeninin farklı olduğu hallerindeki sonuçlar karşılaştırılmış, iki numaralı modelin sargı düzenini gözönüne almadığı, bir ve üç numaralı modellerin ise bu faktörü sonuçlara yansıttığı görülmüştür. Sargı donatısı akma dayanımının yükselmesinin malzeme karakteristiklerine katkısı, tüm modellerin sonuçlarında gözlemlenmektedir. Beton karakteristiklerinin değişimi tüm modellerde, sargısız beton basınç dayanımınında bir fonksiyonu olarak gözüksede (2.35, 2.42, Şekil 3.2), sargılı beton basınç dayanımındaki artışın, bu parametreden

çok etkilenmediği, şekil değiştirme özelliklerininde ters orantılı olarak etkilendiği gözlemlenmiştir.

Sargı donatısı oranının az olduğu kesit 2 ve kesit 4' teki sonuçlar incelenmiş, 1 ve 2 numaralı modellerde düşük sargı donatısı oranlarının beton karakteristiklerine yansımasının, üç numaralı modele nazaran daha düşük mertebelerde olduğu görülmüştür. Ancak kesit 4' te, bir numaralı model için sonuç elde etmek mümkün olmamıştır. Bunun sebebi önerilen modelin, sargı donatısının kolları arasındaki mesafenin büyük olduğu kesitlerde uygulanma imkanı olmayışıdır. Tablo A.32,33 ve 34' te detayları sunulan karşılaştırmaların dışında, farkın grafik olarak gözlemlenmesi amacıyla Kesit 1 ve Kesit 2 için, aynı sargı koşulları ve malzeme karakteristikleri ile yapılan çözümlemeler Şekil 3.11 ve 12' de sunulmuştur. Model 1 için yapılan açıklamalarda, azalan kolun eğimi için herhangi bir öneride bulunulmamıştır. Ancak Şekil 3.11 ve 3.12' de Model 1 için çizilen azalan kolun eğimi, eşdeğer gerilme bloğunun altında kalan alandan, artan kolun altında kalan alanın çıkarılması suretiyle bulunmuştur. Ancak bu şekilde bir hesap uygulanabilirlikten oldukça uzaktır.

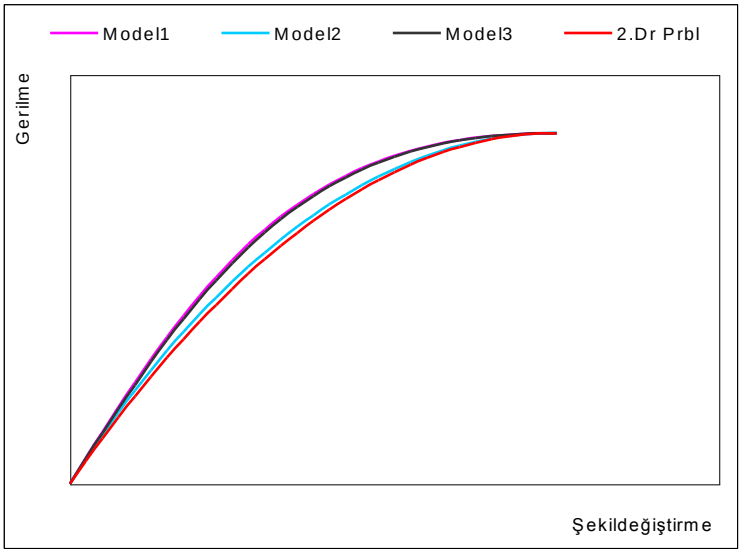



Şekil 3.11.Önerilen Modellerin Karşılaştırılması



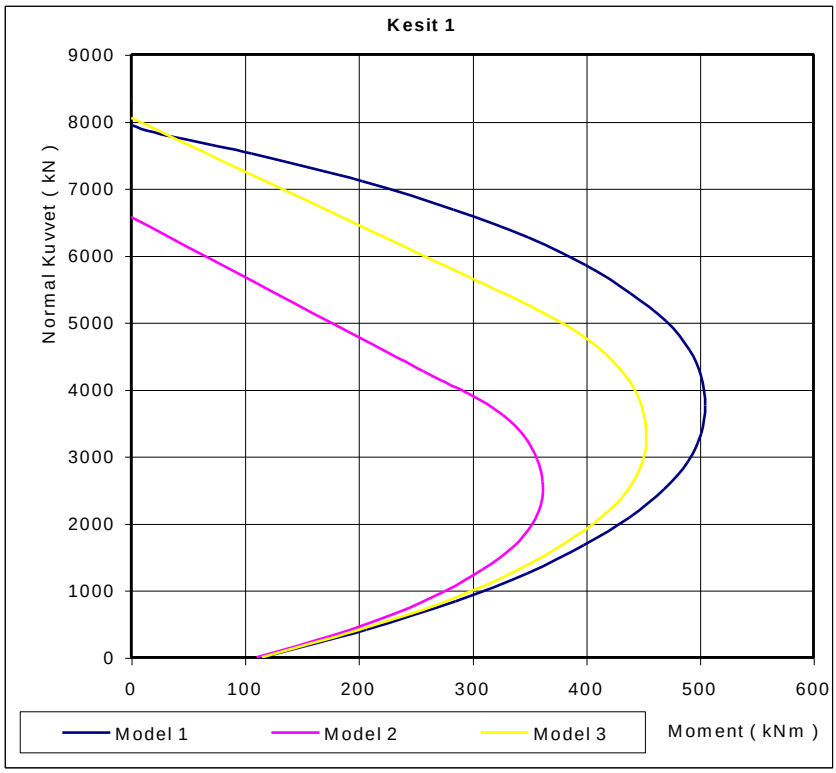

Şekil 3.12.Önerilen Modellerin Karşılaştırılması

Önerilen modellerin artan kollarının karşılaştırılması amacıyla, beton maximum basınç dayanımının ve bu dayanıma karşı gelen şekil değiştirmenin aynı olduğu varsayımına dayalı olarak elde edilen eğriler, Şekil 3.13' de gösterilmiştir. Bu şekilden bir ve üç numaralı modellerin başlangıç elastisite modülünü, iki numaralı modele nazaran daha yüksek aldığı anlaşılmaktadır.




Şekil 3.13.Önerilen Modellerde Artan Kolun Karşılaştırılması

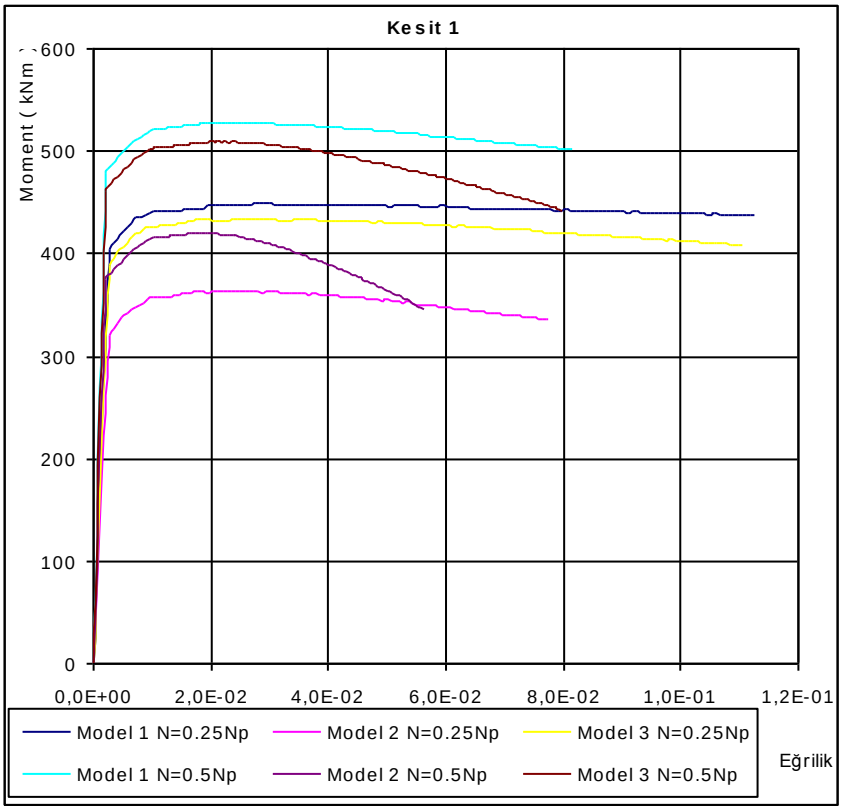
Buraya kadar modellerden elde edilen sonuçlar mertebe bakımından kıyaslanmış, ancak bu sonuçların bir kesite ait taşıma kapasitesi ve eğrilik çözümlemelerini ne şekilde değiştireceğine değinilmemiştir. Bu konu hakkında fikir edinmek amacıyla, şekil 3.11 ve 3.12' de görülen malzeme karakteristiklerinin elde edildiği kesitler, aynı malzeme karakteristikleri kullanılarak, Bölüm 3.2' de anlatılacak olan bilgisayar programı kullanılarak çözümlenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 3.14, 3.15, 3.16 ve 3.17' de sunulmuştur. Çözümlemeler Mx = My eğik eğilme hali için yapılmıştır. Bölüm 3.1.3' de detayları verilen üç numaralı modelde, beton nihai birim kısalması için herhangi bir öneri getirilmediği belirtilmiştir. Yapılan çözümlemelerde bu değer yerine , bir numaralı modelden elde edilen  değer kullanılmıştır.



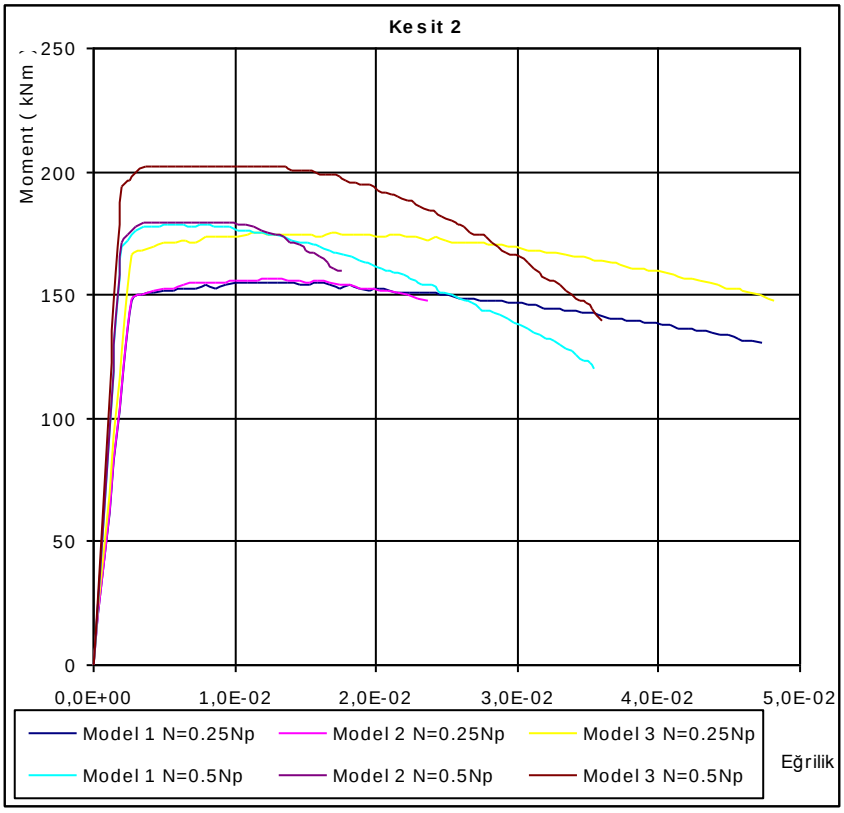

Şekil 3.14.Kesit 1 İle Yapılan Çözümlemelerden Elde Edilen Moment Taşıma Kapasitesi Diyagramları




Şekil 3.15.Kesit 2 İle Yapılan Çözümlemelerden Elde Edilen Moment Taşıma Kapasitesi Diyagramları




Şekil 3.16.Kesit 1 İle Yapılan Çözümlemelerden Elde Edilen Moment Eğrilik Diyagramları




Şekil 3.17.Kesit 2 İle Yapılan Çözümlemelerden Elde Edilen Moment Eğrilik Diyagramları

Önerilen modellerin yapılan karşılaştırmalarında, modellerin sonuçlarını etkileyen iki ana parametre belirlenmiştir. Bunlardan birincisi sargı donatısı oranı, ikincisi sargı donatısı düzenidir. Sargı oranı düşük kesitlerde bir ve iki numaralı modeller, sargı oranı yüksek kesitlerde bir ve üç numaralı modeller, yakın sonuçlar vermektedir. Sargı düzeninin etkisini ise, bir ve üç numaralı modeller gözönüne almaktadır. İki numaralı modelin geliştirilmesi için yapılan çalışmada gerekçe olarak, sargı oranı düşük kesitlerde gerilme şekildeğiştirme ilişkisinin doğru bir şekilde elde edilmesinin gerekliliği gösterilmiş ve deneyler sargı oranı düşük numunelerle yapılmış, üç numaralı modelin geliştirilmesi için yapılan çalışmalarda ise, sargı düzeninin tesirlerinin yansıtılması amaçlanmış ve deneyler, sargı oranı yüksek ve sargı düzeni farklı numunelerle yapılmıştır. Bir numaralı model sargı oranının düşük, sargı kolları arasındaki mesafenin büyük olduğu kesitlerde sonuç vermemekte ve sargı düzeninin etkisini, gözönüne aldığı ortalama sargı basıncı ile yansıtmaktadır. Ancak üç numaralı model ortalama sargı basıncını, sargı düzeninin verimliliğini yansıtan bir

yaklaşımla yeniden değerlendirerek kullanmakta ve sargı kolları arasındaki mesafeden, çözümsüzlüğe sebep olacak şekilde etkilenmemektedir. Modellerin geliştirilmesindeki amaçlar ve yapılan karşılaştırmalar gözönüne alındığında, iki numaralı modelin sargı oranı düşük ve etriyelerden hasıl kesitlerde, üç numaralı modelin sargı oranı yüksek ve çirozlarla teşkil edilmiş kesitlerde kullanılmasının uygun olabileceği sonucuna varılmıştır.

### 3.2- Geliştirilen Bilgisayar Programının Yapısı

Eksenel basınç kuvveti ve eğik eğilme etkisindeki dolu gövdeli veya boşluklu gelişigüzel betonarme kesitlerde, moment taşıma kapasitesini ve göçmeye kadar izlenen eğrilik değerlerini veren bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Programın çözümlemelerinde yapılan kabuller şunlardır.

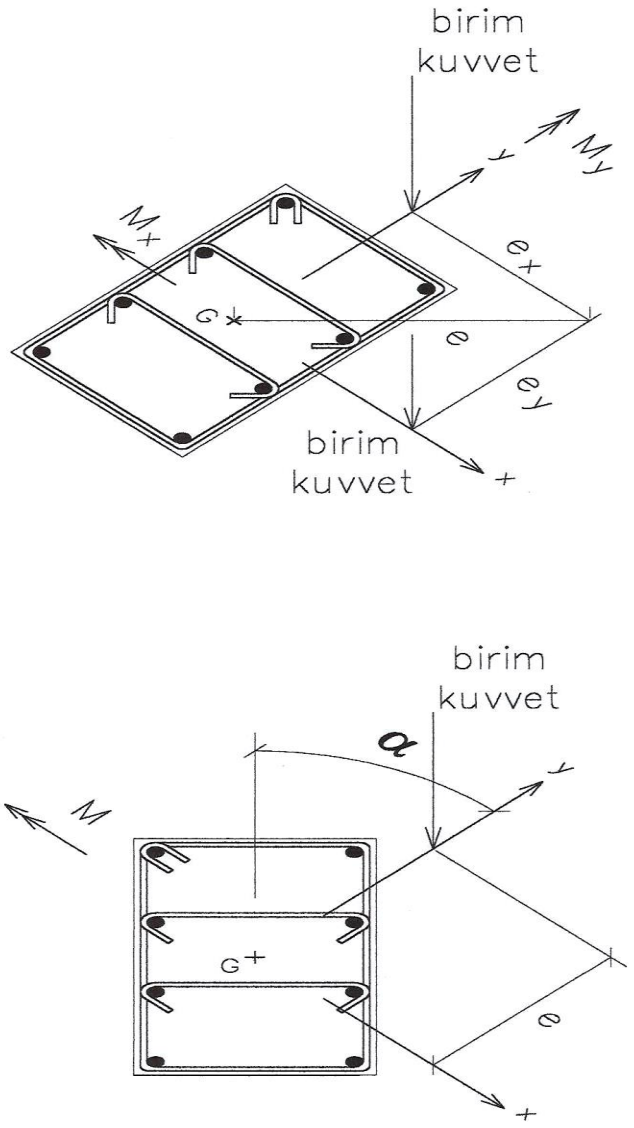
- Şekil değişiminden önce düzlem olan kesitler, şekil değişiminden sonrada düzlem kalır.
- Betonun çekme dayanımı ihmal edilir.
- Beton ve donatı arasında tam aderans vardır.
- Çeliğinin gerilme şekil değiştirme ilişkisi gerçek pekleşen elastoplastiktir.
- Taşıma gücüne erişildiğinde, basınç bölgesinin en dış lifindeki beton birim boy kısalması $\varepsilon_{cu}$ veya çekmeye çalışan en dış donatıdaki çelik birim boy uzaması $\varepsilon_{su}$' dur.
- Beton basınç bölgesindeki gerilme dağılımı isteğe bağlı olarak, bir önceki bölümde incelenen 2 ve 3 numaralı modellerden biri yada, $2^0$ parabol + yamuk formunda olabilir (Şekil 3.18).

Program , Fortran 90 programlama dili kullanılarak yazılmış ve Microsoft Fortran Power Station ile derlenmiştir. Dos işletim sisteminde çalışmaktadır. Çözümleme yapmak için gerekli bilgiler, önceden hazırlanan bir giriş bilgileri dosyasından alınmakta ve düzenlenmiş giriş bilgileri bir çıkış dosyasında sunulmaktadır. Giriş bilgilerinin okunduğu dosyada, malzeme karakteristikleri, moment taşıma kapasitesi ve eğrilik değerlerinin hesaplanacağı normal kuvvet seviyeleri, keyfi seçilmiş bir koordinat takımına göre kesitle ilgili geometrik bilgiler ve ardışık hesaplarda yakınsamanın kontrolü için kullanılacak bir değer verilmektedir.

Programın algoritması alan integrasyonu üzerine kuruludur. Program daha sonra da kullanılmak üzere ilk adımda, kesitle ilgili alan ve atalet özelliklerini hesaplamakta ve kesit ağırlık merkezini tayin etmektedir. Ardından koordinat transformasyonu ile kesiti tanımlayan tüm geometri bilgiler, orijini ağırlık merkezi olan yeni bir koordinat takımına göre güncellemektedir. Kesitin güncellenmiş koordinat bilgileri kontrol amacıyla, çıkış dosyasında verilmektedir. Bu adımda alanı hesaplanmış olan kesitte eksenel şekildeğiştirme, DB kesitinden FE kesitine taşınmakta (Şekil 3.18) ve kesitteki beton ve donatı kuvvetleri toplanarak, kesitin basit basınç halindeki maksimum normal kuvvet taşıma kapasitesi bulunmaktadır. Bu değer hesaplandıktan sonra program, eğilme momenti taşıma kapasitesinin ve eğrilik değerlerinin bulunması için çözümlemeler yapmaktadır. Bu çözümlemelerin algoritmaları, aşağıda sırayla açıklanmıştır. Bu açıklamalardan sonra, şekildeğiştirmiş kesitteki gerilmeler sonucu ortaya çıkan kuvvetlerin, denge denklemlerine doğru bir şekilde katılması için izlenen yöntem izah edilmiştir.

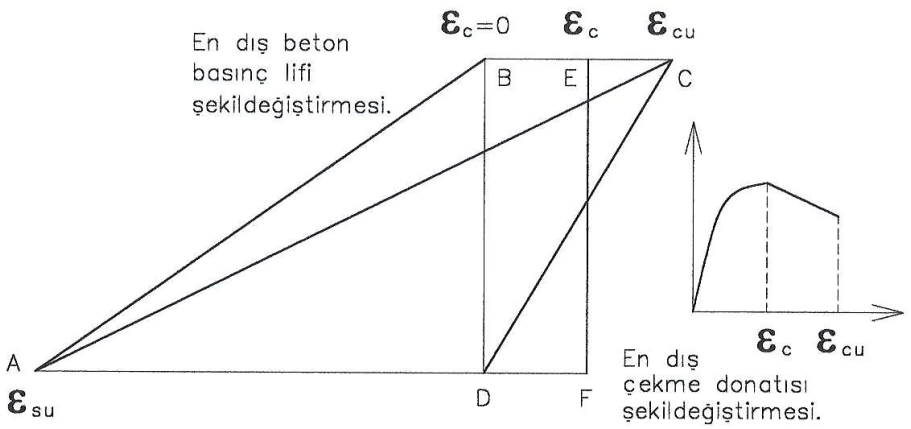
Birinci adımda, giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvetler denge denklemlerinde kullanılarak, moment taşıma kapasiteleri hesaplanmaktadır. Bu çözümlemede Mx ve My momentlerine sebep olan birim normal kuvvetin $e_y$ ve $e_x$ egsantrisiteleri hesaplanmakta, $e_x$ / $e_y$ oranı kullanılarak bulunan açı ile kesit, tarafsız eksen x eksenine paralel olacak şekilde döndürülmektedir (Şekil 3.18). Bu noktadan sonra eğilme momenti taşıma kapasitesinin bulunması için , göçme durumlarına karşı gelen şekildeğiştirme halleri incelenmektedir. Yapılacak incelemede başlangıç hali olarak, AB doğrusunun tanımladığı şekildeğiştirme hali seçilir (Şekil 3.19). Daha sonra en dış beton basınç lifindeki şekildeğiştirme küçük artımlarla AC doğrusuna taşınır. Bu aralıkdaki şekildeğiştirme durumları göçmenin, çekme donatısının kopması sonucu ortaya çıkması haline karşı gelmektedir. AC doğrusuna varıldıktan sonra en dış çekme donatısı uzaması küçük artımlarla değiştirilerek şekildeğiştirme hali CD doğrusuna taşınır. Bu aralıkdaki şekildeğiştirme durumları ise göçmenin, en dış beton basınç lifinde izin verilen maksimum kısalma değerine ulaşılması ile ortaya çıkması haline karşılık gelmektedir. Şekildeğiştirme halinin CD doğrusundan sonraki değişimi, beton maksimum basınç taşıma kapasitesine karşı gelen şekildeğiştirmenin, basit basınç halinde kesitte izin verilen maksimum şekildeğiştirmeye eşit olması sınır haline dayanır , EF (Şekil 3.19). Bu sebeple

sonraki adımlarda şekildeğiştirme, CD ve EF doğrularının kesişim noktası sabit tutularak , CD doğrusundan EF doğrusuna doğru taşınır.



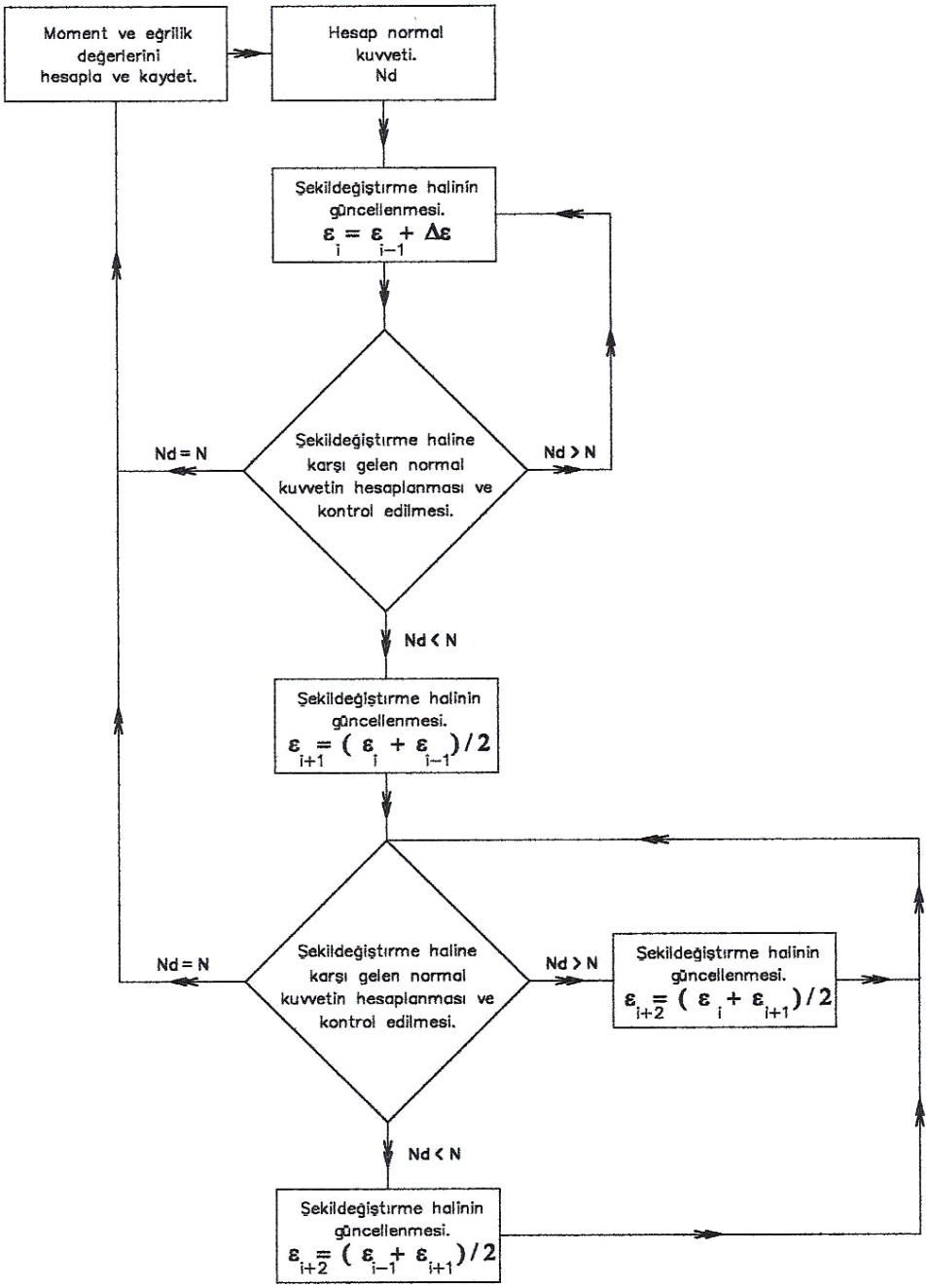

Şekil 3.18. $e_y$ ve $e_x$ Egsantrisiteleri Kullanılarak Kesitin Döndürülmesi

Bu incelemeler esnasında şekildeğiştirme halinin güncellendiği her adımdan sonra, kesitle ilgili geometrik bilgiler ve şekildeğiştirme durumu kullanılarak, beton ve donatı kuvvetleri hesaplanır. Hesaplanan kuvvetlerin toplamının giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvete eşit olup olmadığı, denge denklemleri ile kontrol edilir. Eğer iki normal kuvvet arasındaki farkın, şekildeğiştirmiş kesitteki kuvvetler toplanarak bulunan normal kuvvete oranı, giriş bilgilerinde verilen yakınsama sınırına eşit yada küçükse, kesitte yatay dengenin sağlandığı kabul edilir, moment ve eğrilik hesaplanarak bir sonraki adıma geçilir.




Şekil 3.19.Moment Taşıma Kapasitesinin Bulunması İçin İncelenen Şekildeğiştirme Halleri

Moment taşıma kapasitelerinin bulunması için şekildeğiştirme hallerinin incelenmesini açıklayan akış diyagramı Şekil 3.20' de verilmiştir. Diyagramda kullanılan $\varepsilon_i$, $\varepsilon_{i-1}$ ve $\varepsilon_{i+1}$ değişkenleri, şekildeğiştirmiş kesitin AB-AC veya CA-CD aralığında olmasına ve çözümleme yapılan şekildeğiştirme halinin döngü numarasına bağlı olarak, beton yada donatıdaki birim kısalmayı veya uzamayı ifade etmektedir.

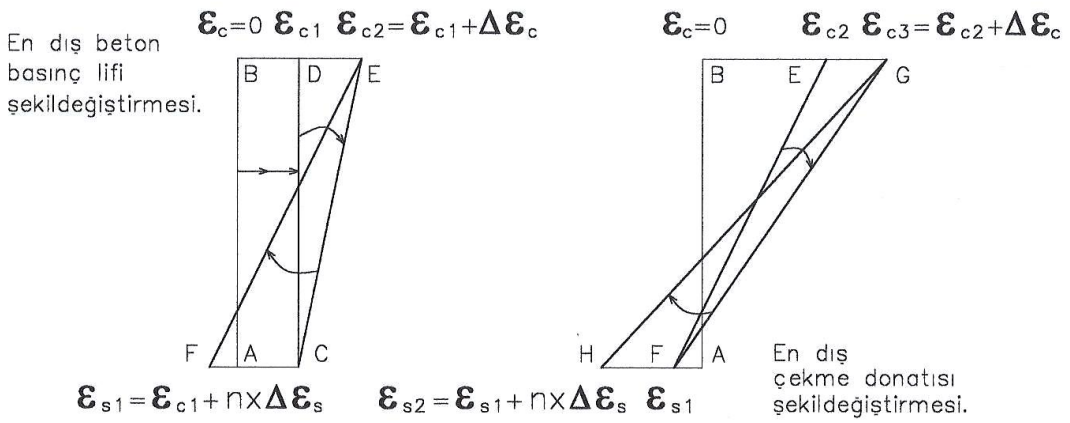



Şekil 3.20.Moment Taşıma Kapasitesinin Bulunması Amacıyla Şekildeğiştirme Hallerinin Taranmasına Ait Algoritma

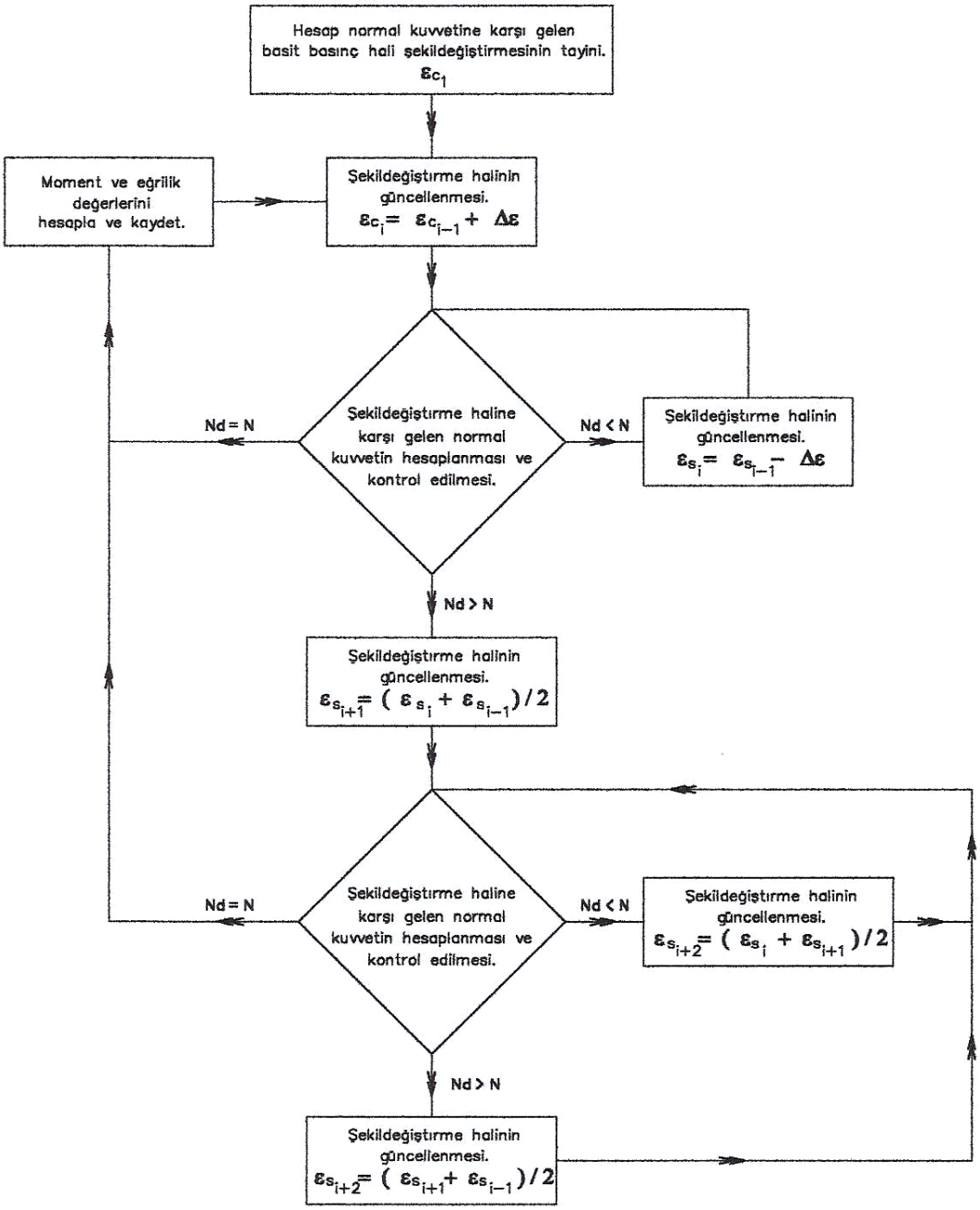
İkinci adım, sabit bir normal kuvvet altında göçmeye kadar izlenen moment ve karşı gelen eğrilik değerlerinin bulunması için yapılan çözümlemeleri içermektedir. Eğriliklerin bulunması için, yazılacak denge denklemleri sonucu aynı normal kuvveti verecek muhtelif şekildeğiştirme halleri aranacaktır (Şekil 3.21). Bu amaçla giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvet altında, basit basınç hali için kesitteki eksenel şekildeğiştirme hesaplanır. Bunun için kesit, şekildeğiştirmedeki küçük artımlarla AB' den, hesap normal kuvveti altındaki basit basınç halinde kesitte meydana gelecek eksenel şekildeğiştirmeye karşı gelen CD' ye taşınır. Bu artımlar esnasında denge denklemleri ile, giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvete ulaşılıp ulaşılmadığı kontrol edilir. Daha sonra en dış beton basınç lifindeki birim kısalma $\Delta\varepsilon_c$ kadar büyültülerek, beton ve donatı kuvvetlerinin toplamı ile bulunacak normal kuvvet arttırılır (Şekil 3.21). Bu amaçla şekildeğiştirmiş kesit CD' den CE ye taşınır. Şimdi giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvetin elde edileceği herhangi bir şekildeğiştirme halini elde etmek amacıyla, en dış çekme donatısındaki birim uzama $\Delta\varepsilon_s$ kadar değiştirilir ve bu şekildeğiştirme halindeki beton ve donatı kuvvetleri hesaplanarak toplanır. Hesaplanan normal kuvvetin giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvete eşit olup olmadığı kontrol edilir. Bu işlem **n** adım sonra, giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvete eşit bir kuvvetin elde edileceği şekildeğiştirme hali olan EF kesitine varılıncaya kadar sürdürülür. EF kesitindeki şekildeğiştirme bilgileri ve kesite ait geometrik bilgiler kullanılarak, moment ve eğrilik değerleri hesaplanır. Daha sonra en dış beton basınç lifindeki birim kısalma tekrar $\Delta\varepsilon_c$ kadar büyültülerek, beton ve donatı kuvvetlerinin toplamı ile bulunacak normal kuvvet arttırılır. Bu amaçla şekildeğiştirmiş kesit FE' den FG' ye taşınır. Şimdi tekrar en dış çekme donatısındaki birim uzama $\Delta\varepsilon_s$ kadar değiştirilir ve bu şekildeğiştirme halindeki beton ve donatı kuvvetleri hesaplanarak toplanır. Hesaplanan normal kuvvetin giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvete eşit olup olmadığı kontrol edilir. Bu işlem **n** adım sonra, giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvete eşit bir kuvvetin elde edileceği şekildeğiştirme hali olan HG kesitine varılıncaya kadar sürdürülür. HG kesitindeki şekildeğiştirme bilgileri ve kesite ait geometrik bilgiler kullanılarak, moment ve eğrilik değerleri hesaplanır. Bu algoritma, en dış beton basınç lifi izin verilen maksimum kısalmaya ulaşana veya en dış çekme donatısı kopma uzamasına ulaşana kadar sürdürülür. Açıklanan bu şekildeğiştirme durumları kesitin moment taşıma kapasitesini verecek olan göçme durumlarına karşı gelmektedir. Bu şekildeğiştirme

hallerine gelene kadar bulunan moment ve eğrilik değerleri, göçmeye kadar izlenen iç kuvvet şekildeğiştirme ilişkisini tanımlamaktadır. Giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvet ile şekildeğiştirmiş kesit bilgileri kullanılarak hesaplanan normal kuvvetin yeter derecede yakın olup olmadığı, giriş bilgilerinde verilen yakınsama sınırı esas alınarak kontrol edilir.

Moment ve karşı gelen eğrilik değerlerinin bulunması için şekildeğiştirme hallerinin incelenmesini açıklayan akış diyagramı Şekil 3.22' de verilmiştir. Diyagramlarda $\varepsilon_c$ ve $\varepsilon_s$ değişkenleri altındaki i indisi, çözümleme yapılan şekildeğiştirme hallinin döngü numarasını ifade eder.




Şekil 3.21. Eğrilik Değerlerinin Bulunması İçin İncelenen Şekildeğiştirme Halleri




Şekil 3.22.Göçmeye Kadar İzlenen Eğrilik Değerlerinin Bulunması Amacıyla Şekildeğiştirme Hallerinin Taranmasına Ait Algoritma

Program şekildeğiştirmiş kesitlerin incelenmesi esnasında, beton ve donatı kuvvetlerinin toplamını hesaplamakta ve giriş bilgisi olarak verilen normal kuvveti de kullanarak, yatay dengeyi kontrol etmektedir. Bu noktada önemli olan, şekildeğiştirmiş kesit bilgileri kullanılarak elde edilecek olan normal kuvvetin yeter doğrulukda hesaplanmasıdır. Şekildeğiştirme halleri incelenirken karşılaşılacak olan iki esas durum söz konusudur (Şekil 3.23). Bunlardan birincisi kesitin bir kısmında basınç gerilmelerinin mevcut olduğu şekildeğiştirme hali, diğeri ise kesitin tümünde basınç gerilmelerinin mevcut olduğu şekildeğiştirme halidir. Her iki halde de donatılardaki kuvvetler, donatıların koordinat bilgileri ve şekildeğiştirme bilgileri kullanılarak kolayca bulunabilir (3.61, 3.62, 3.63, 3.64).

$$F_{sj} = A_{sj} \times \sigma_{sj} = A_{sj} \times E \times \varepsilon \qquad 3.61$$

$$\sum N_{donatı} = \sum_{j=1}^{k} F_{sj} \qquad 3.62$$

$$M_{sj} = F_{sj} \times y_j \qquad 3.63$$

$$\sum M_{donatı} = \sum_{j=1}^{k} M_{sj} \qquad 3.64$$

Fakat beton basınç bölgesiden elde edilecek olan kuvvetin yeter doğrulukda hesaplanması amacıyla ilk adımda, beton basınç bölgesi t kalınlıklı n adet banta ayrılır (Şekil 3.23). Her bir banta karşı gelen şekildeğiştirme, alan ve gerilme değerleri kullanılarak bulunacak olan toplam kuvvet ve kesit ağırlık merkezine göre toplam moment değerleri (3.65, 3.66, 3.67, 3.68), bant sayısının arttırılması ile yapılacak yeni bir hesaptan bulunacak olan değerlerle karşılaştırılır.Karşılaştırmada yakınsama kriteri olarak, giriş bilgisinde verilen yakınsama sınırı kullanılır. Birbirini izleyen iki hesap arasındaki fark, yakınsama kriterini sağlayana kadar bu işlem tekrarlanır.

Anlatılan bu hesap yoluyla seçilmiş bir şekildeğiştirme durumunda, kesitteki normal kuvvet kabul edilebilir bir hassasiyette hesaplanarak, giriş bilgisi olarak verilen normal kuvvetle karşılaştırılabilir.

$$F_{ci} = x_i \times t_i \times \sigma_{ci} \qquad 3.65$$

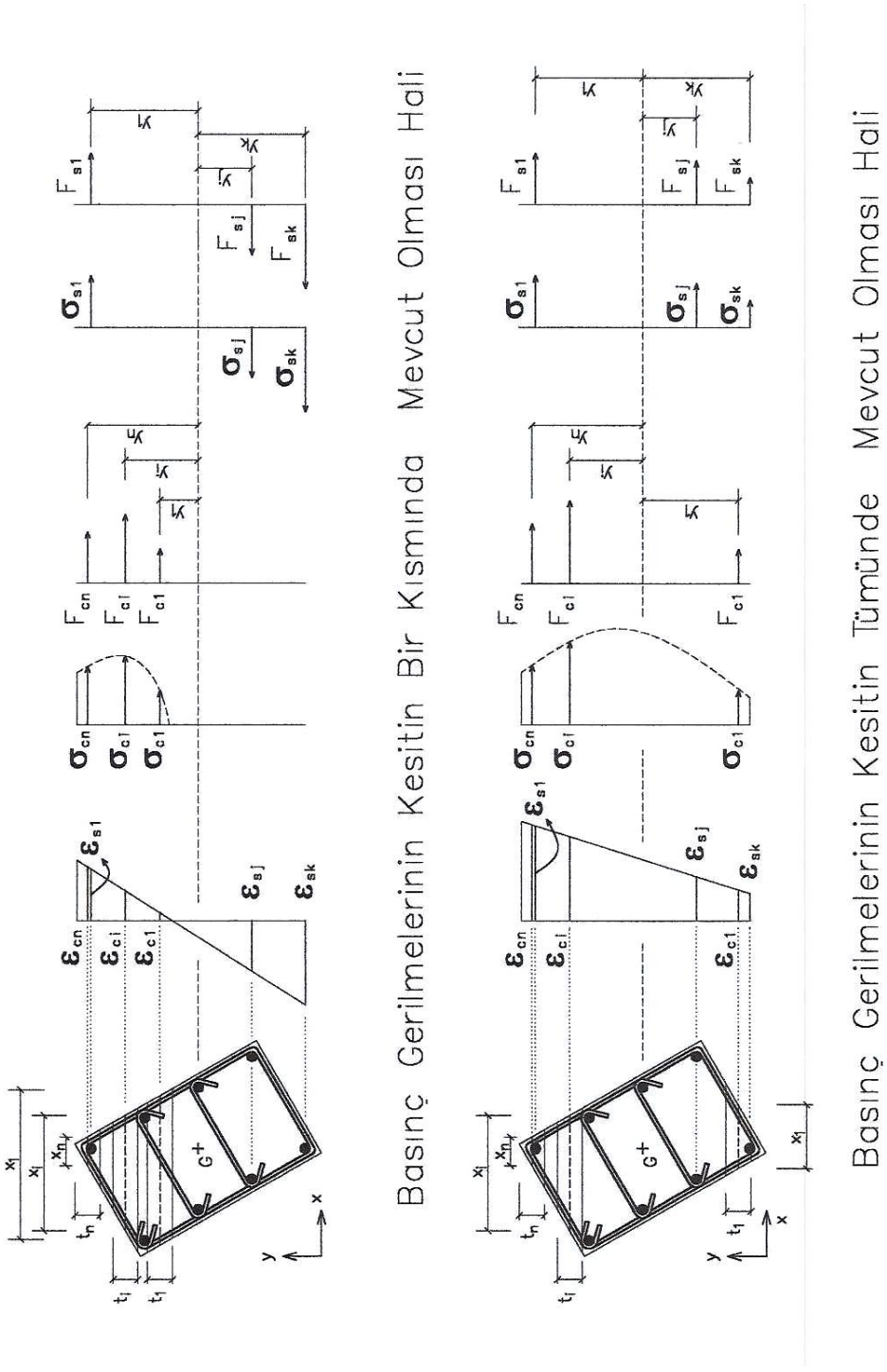
$$\sum N_{beton} = \sum_{i=1}^{n} F_{ci} \qquad 3.66$$

$$M_{ci} = F_{ci} \times y_i \qquad 3.67$$

$$\sum M_{beton} = \sum_{i=1}^{n} M_{ci} \qquad 3.68$$

Programda beton basınç gerilmelerinden doğan kuvvetler hesaplanırken, basınç bölgesi içinde kalan donatıların alanları, basınç bölgesini temsil eden bantların alanlarından çıkarılmamaktadır. Dolayısıyla basınç bölgesi içinde kalan donatı alanlarına eşit bir beton alanının basınç kuvveti, toplama fazladan katılmaktadır.

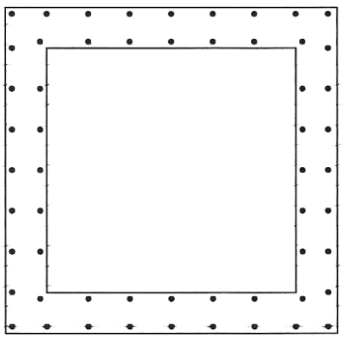
Program Fortran 90 dilinin, nesne orijinli yazılımın desteklenmesi amacıyla sunduğu değişken tanımlama seçeneklerini kullanmaktadır [8]. Kesiti tanımlamak için kullanılan beton, donatı, köşe, kenar ve benzeri tüm parametreler için, ilgili tüm geometrik ve karakteristik bilgilerin barındırılacağı alt değişkenleri olan nesneler türetilmiştir. Dolayısıyla donatıların tanımlandığı nesnelere eklenecek olan yeni bir değişken sayesinde, öngerme çubuklarınıda programa dahil etmek ve buna benzer yaklaşımlarla programı geliştirmek mümkündür. Programın kaynak kodları Ek D' de sunulmuştur.




Şekil 3.23.Betonarme Bir Kesitte Şekildeğiştirme Halleri ve Karşı Gelen Gerilmeler

### 3.3-Örnekler ve Karşılaştırmalar

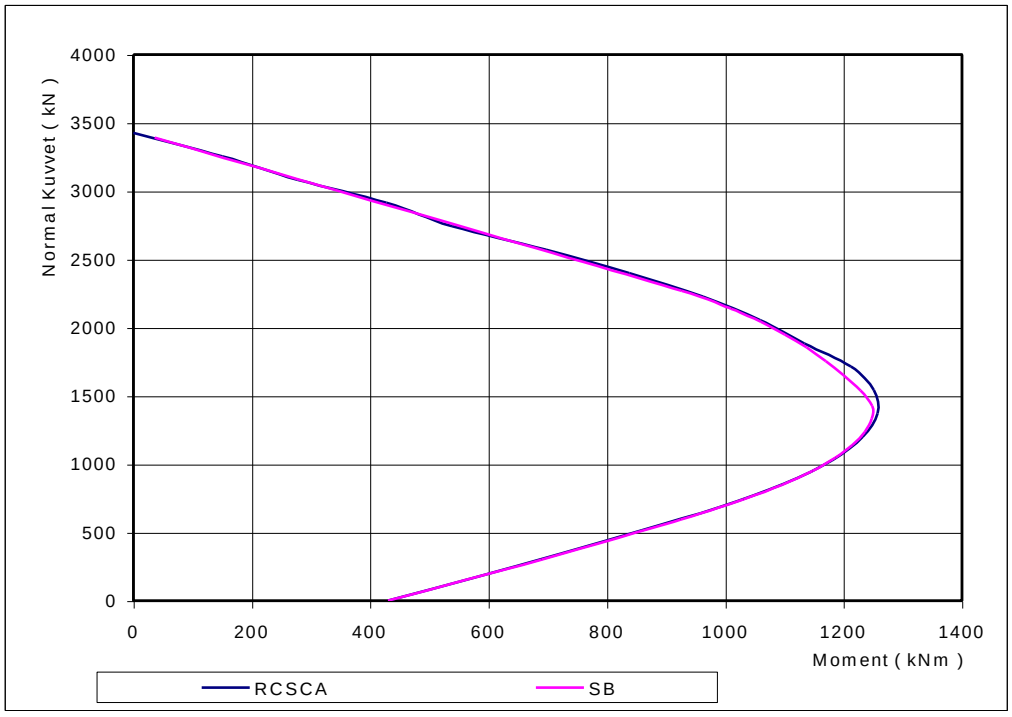
Yazılan bilgisayar programının karşılaştırılması amacıyla ilk adımda, bölüm 1' de incelenen yapının bazı kolonlarının moment taşıma kapasitesi normal kuvvet diyagramları, bilgisayar programı ve yaklaşık yöntemler kullanılarak elde edilmiştir (Şekil B.28-33). Bu diyagramların elde edilmesinde kullanılan yaklaşık yöntemlerden birincisi [9], eksenel normal kuvvet etkisindeki dikdörtgen betonarme kesitlerde eğik eğilme halindeki taşıma kapasitesinin bulunması için verilen bağıntılar, ikincisi [10] mevcut betonarme yapıların performanslarının incelenmesinde kullanılmak üzere, eksenel normal kuvvet etkisindeki dikdörtgen betonarme kesitlerde tek eksenli eğilme halinde taşıma kapasitesinin bulunması için verilen bağıntılardır. Karşılaştırmalar kesitlerin tek eksenli eğilme hali için yapılmıştır. Yaklaşık yöntemlerden birincisinde [9], kesit içindeki donatı yerleşim düzeninin taşıma kapasitesine etkisini gözönüne almak amacıyla, dört ayrı dağılım hali için gerekli bağıntılar verilmiş, ancak karşılaştırma için seçilen kesitlerdeki donatı yerleşiminin, verilen dağılım hallerinden farklı olması sebebiyle tüm çözümlemeler, en uygun sonuçların elde edildiği hal olan toplam donatı alanının kesit kenarlarına düzgün dağılması hali için yapılmıştır. Yaklaşık yöntemlerden ikincisi [10], kesitteki gövde donatısını gözönüne almamakta ve kesit çekme ve basınç kenarlarında bulunan donatı alanlarını kullanarak sonuca gitmektedir. Ancak seçilen bazı kesitlerde, gövde donatısı dikkat çekecek miktarlarda olmasına rağmen bu donatıların hesaplara katılması için herhangi bir yaklaşım uygulanmamıştır.



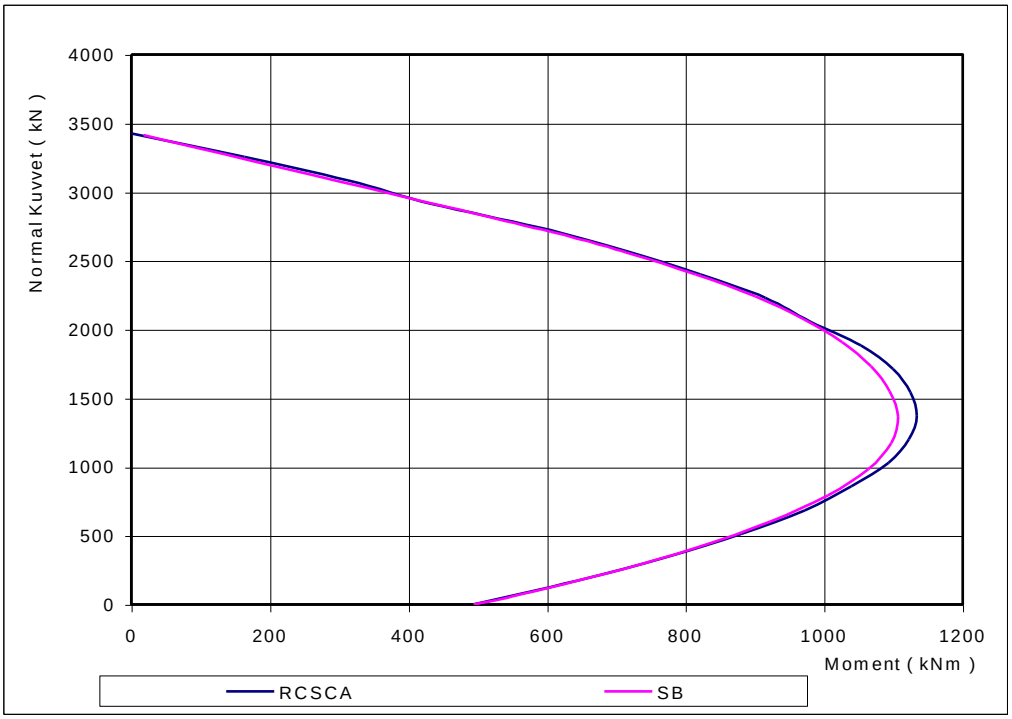
Şekil 3.24.Karşılaştırma için seçilen kesit.

Yazılan bilgisayar programının karşılaştırılması için ikinci adımda kapalı bir tüp kesiti seçilmiş (Şekil 3.24) ve aynı malzeme karakteristikleri ile, hazırlanan bilgisayar programı ve CSI Section Builder bilgisayar programı kullanılarak moment taşıma kapasitesi normal kuvvet diyagramları elde edilmiştir. Çözümlemeler $M_x \neq 0$,

My=0 (Şekil 3.25) ve Mx=My (Şekil 3.26) halleri için yapılmış ve elde edilen diyagramların örtüştüğü görülmüştür.



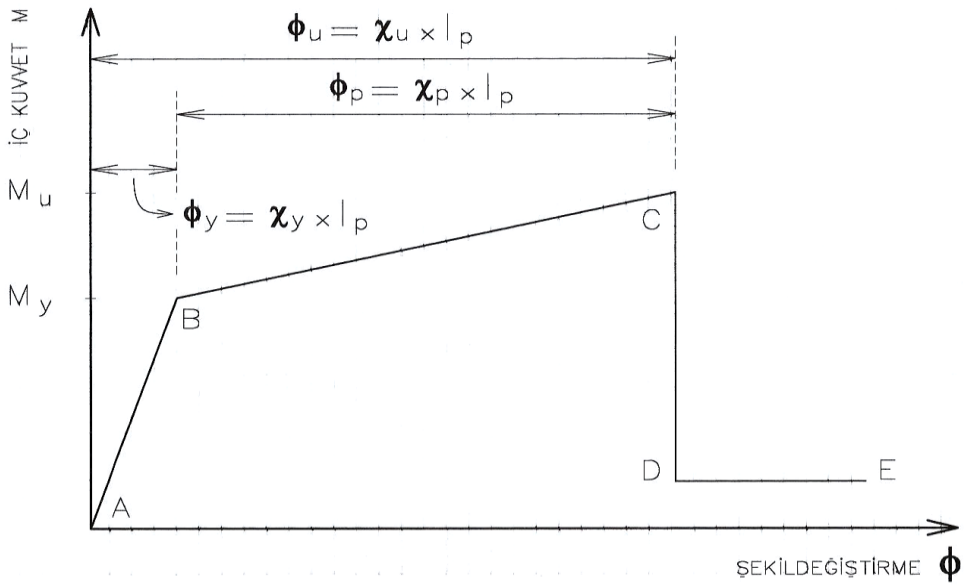

Şekil 3.25. Mx≠0, My=0 Hali İçin Moment Taşıma Kapasitesi Diyagramı




Şekil 3.26. Mx=My Hali İçin Moment Taşıma Kapasitesi Diyagramı

## 4-SEÇİLEN YAPININ YÜK ARTIMI YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Seçilen yapı Bölüm 1' deki çözümlemelerle incelenmiş, gerekli karşılaştırmalar yapılmış ve deprem güvenliği yeterli düzeyde bulunmayarak, perdelerle güçlendirilmesine karar verilmiştir. Ancak buraya kadar yapılan tüm analizlerde, malzeme bakımından doğrusal olmayan davranış gözönüne alınmamıştır. Kullanılan deprem yükü azaltma katsayıları, yönetmeliklerce belirtilen sınırlar çerçevesinde seçilmiş ve değerlendirmeler lineer çözümlemelerin sonuçlarına göre yapılmıştır. Bu kısımda, seçilen yapının mevcut ve güçlendirilmiş halleri, malzeme bakımından lineer olmayan davranış gözönüne alınarak, göçme yükünün bulunması amacıyla incelenmiştir. İnceleme, yük artımı yöntemiyle SAP2000 [13] bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır.




Şekil 4.1. Plastik Mafsallarda İç Kuvvet Şekildeğiştirme İlişkisi

Malzeme bakımından lineer olmayan davranış, kritik kesitlerde oluşması muhtemel plastik mafsalların gözönüne alınmasıyla hesaba katılmıştır. Kullanılan bilgisayar programı, elemanların plastikleşen bölgelerinde yayılı haldeki lineer olmayan şekildeğiştirmenin toplamının, kritik kesitlere atanacak mafsallara yığılması yöntemiyle çözümleme yapmaktadır. Dolayısıyla, mafsal atanan kritik kesitler dışındaki yapı kısımlarının davranışları, bilinen lineer yöntemlerle çözümlemelere katılmaktadır.Çözümlemelerde malzeme bakımından lineer olmayan davranışın tanımlanması amacıyla, biri PMM olarak isimlendirilen ve eksenel normal kuvvetle birlikte eğik eğilmeye maruz elemanların lineer olmayan davranışını yansıtan mafsal türü (kolon, perde), diğeri M olarak isimlendirilen ve basit eğilmeye maruz elemanların lineer olmayan davranışını yansıtan mafsal türü (kiriş) olmak üzere, iki tip mafsal kullanılmıştır. Kayma kapasitesinin ve kayma şekildeğiştirmelerininde hesaba katılması için verilmiş mafsal tipleride mevcuttur. Ancak kayma kapasitesi ve kayma şekildeğiştirmeleri bu bölümde kapsam dışı tutulmuş ve taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasitesinin aşılması sonucu göçmediği varsayılmıştır.Kullanılacak olan her iki tipteki mafsal içinde, göçmenin dönme sünekliği ile kontrol edildiği bir iç kuvvet şekildeğiştirme eğrisi tanımlanmaktadır (Şekil 4.1). Bu eğride şekildeğiştirme ekseni, plastikleşen bölgedeki toplam dönmeye, kuvvet ekseni ise mafsal atanan kesitteki eğilme momentine karşı gelmektedir. Program mafsallarda akma noktası olarak tabir edilen B noktasına varılıp varılmadığını, mafsalın atandığı kesitteki iç kuvvetin, kesit özellikleri kullanılarak program tarafından bulunan yada, doğrudan kullanıcı tarafından atanan akma momentine eşit olup olmadığını kontrol etmek suretiyle belirlemektedir.Akma noktasındaki dönme şekildeğiştirmesi, program tarafından hesaplanmakta yada kullanıcı tarafından atanmakta, ancak her iki haldede akma noktasına varılıp varılmadığının kontrolü için kullanılmamaktadır. Kesite atanan mafsaldaki lineer olmayan davranış, B ve C noktaları arasındaki toplam plastik dönme ve B-C doğrusunun eğimine bağlı olarak güncellenen eğilme rijitliği ile gözönüne alınmaktadır.Bu noktada önemli olan, B-C aralığındaki plastik eğrilik değerinin hesaplanması ve kabul edilebilir bir plastik mafsal boyu ile çarpılıp, toplam plastik dönmelerin doğru olarak bulunmasıdır. Program herhangi bir plastik mafsalda C noktasına gelindiğinde, yani mafsalın nihai plastik şekildeğiştirme limitine ulaşıldığında, taşıma kapasitesindeki düşüşü hesaba katmak için yükü azaltmakta ve

yeni bir denge hali aramaktadır. Bu yeni denge halinin aranması sırasında, iç kuvvetlerin yeniden dağılımını sağlamak amacıyla üç ayrı yöntem kullanılmaktadır.

Yöntem 1 ( Unload Entire Structure ) : Herhangi bir plastik mafsalda nihai plastik şekildeğiştirmeye, yani C noktasına ulaşıldığında, program sözkonusu mafsaldaki iç kuvvet D noktasına düşene kadar, sisteme tatbik edilen yükü azaltmakta, ancak şekildeğiştirmeleri değiştirmemektedir. Mafsaldaki iç kuvvet D noktasına düştüğünde, mafsal kesitinde plastikleşen bölgeye ait eğilme rijitliği güncellenen yeni sistemde, yük tekrar arttırılmakta ve bu şekilde iç kuvvetlerin yeniden dağılması sağlanmaktadır. Yöntem, mafsaldaki iç kuvvetin düşürülmesi için yükde büyük azaltmalar gerekmediği durumlarda iyi sonuçlar vermektedir.

Yöntem 2 ( Apply Local Redistribution ) : Prensip olarak birinci yönteme benzemekle beraber farkı, mafsaldaki iç kuvvetin düşürülmesi için sisteme tatbik edilen yükün azaltılması yerine, mafsalın atandığı elemandaki yükün azaltılması şeklindedir. Bu amaçla program elemana, geçici ve denge koşullarının sağlayan bir yükleme yapar. Bu yükleme ile mafsaldaki iç kuvvet D noktasına düşürüldükten sonra, yapılan geçici yüklemeler eleman üzerinden kaldırılarak, komşu elemanlara transfer edilir.

Yöntem 3 ( Restart Using Secant Stiffness ) : Bu yöntem diğer iki yöntemden oldukça farklıdır. Bu yöntemde, herhangi bir plastik mafsal C noktasına ulaştığı zaman, sistemde plastik şekildeğiştirmelerin başladığı tüm mafsallarda, iç kuvvet şekildeğiştirme eğrisinde bulundukları güncel nokta kullanılarak, C noktasına ulaşılan mafsalda ise D noktası kullanılarak, kiriş yöntemi ile, mafsal kesitlerinde kullanılan plastikleşen bölgeye ait eğilme rijitlikleri güncellenmekte ve analiz tekrar başlatılmaktadır. Tekrar başlayan analizde, mafsal kesitlerindeki eğilme rijitlikleri, iç kuvvet şekildeğiştirme eğrisini kesen kirişin eğimi ile hesaplanmakta, bulunacak iç kuvvet şekildeğiştirme çifti, kirişin eğiriyi kestiği noktaya karşı geldiğinde, mafsal kesitlerindeki eğilme rijitlikleri eğrinin eğimi dikkate alınarak yeniden güncellenmektedir. İç kuvvet şekildeğiştirme diyagramlarını kesen kirişin başlangıç noktası, yük artımı analizinin başlangıcında, mafsalın iç kuvvet şekildeğiştirme eğrisi üzerinde bulunduğu nokta olarak alınmaktadır. Bu nokta genellikle, düşey yükler altında yapılan doğrusal olmayan çözümlemeler sonucunda bulunan iç kuvvet şekildeğiştirme çiftine karşı gelmektedir.

Program lineer olmayan statik çözümlemelerin yapılması için, yük artımlarına ve yerdeğiştirme artımlarına başvuran iki ayrı yöntem sunmuştur. Bunlardan birincisinde ( Push to Load Level Defined by Pattern ) çözümleme, kullanılacak yüklerin normalize edilmiş halini, yüklere ulaşana kadar arttırmak suretiyle yapılmakta ve bu yöntem sistemin düşey yükler altıda doğrusal olmayan çözümlemeleri için kullanılmaktadır. İkincisinde ise ( Push to Displacement of ) kullanılan yüklerin normalize edilmiş halini kullanarak yerdeğiştirme artımlarına dayanan bir çözümleme yapmakta ve yerdeğiştirmenin artması için yüklerin magnitüdünü duruma göre arttırmakta veya azaltmaktadır.Bu yöntem ise yatay yükler altında lineer olmayan çözümlemeler için kullanılmaktadır.

### 4.1-Malzeme Yönünden Doğrusal Olmayan Çözümlemeler

SAP2000 Nonlinear programı hakkında verilen bilgiler çerçevesinde, mevcut yapıda MODEL 7, güçlendirilmiş yapıda MODEL 16 esas alınarak, malzeme bakımından lineer olmayan çözümlemeler yapmak üzere matematik modeller hazırlanmıştır. Modellerde kiriş ve perdelerin kritik kesitlerinde M tipi mafsallar, kolonların kritik kesitlerinde ise PMM tipi mafsallar kullanılmıştır. Yapılacak olan malzeme bakımından lineer olmayan çözümlemelerde, kritik kesitlerde göçme anındaki eğriliklerin ve taşıma kapasitelerinin bulunması için, Bölüm 2’ de anlatılan ve sarılmış betonda gerilme şekildeğiştirme ilişkisini açıklayan modeller kullanılmıştır. Güçlendirme elemanı olarak yapıya ilave edilen perdeler, sargı donatısı oranının yüksek olduğu yapı elemanlarıdır (Çizim C.14, C.15). Bu perdeler için kullanılacak olan sarılmış beton gerilme şekildeğiştirme ilişkisi, Bölüm 3.1.3’ te anlatılan model esas alınarak tayin edilmiştir. Güçlendirilmemiş olan mevcut taşıyıcı sistem elemanları ise, sargı donatısı oranının düşük olduğu yapı elemanlarıdır (Çizim C.7, C.8). Bu elemanlar için kullanılacak olan sarılmış beton gerilme şekildeğiştirme ilişkisi Bölüm 3.1.2’ de anlatılan model esas alınarak tayin edilmiştir. Bu şekilde perde, kolon ve kiriş tipi elemanlar için bulunan sarılmış beton karakteristikleri Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3’ de verilmiştir. Bu değerlerin bulunmasında kullanılan sarılmamış beton özellikleri, Bölüm 1’ de kullanılan beton karakteristikleri olarak alınmışlardır. Boyuna donatı için kabul edilen karakteristiklerden şekildeğiştirme limitleri, kolon ve kirişler için TS500’ e göre, perdeler içinse tersinir deprem yükleri altında boyuna donatıda burkulma ihtimalini gözönüne alarak, uzama şekildeğiştirmesini sınırlandıran ATC 40’ a göre seçilmişlerdir. Bu malzeme

karakteristikleri ve Bölüm 3.2’ de bahsedilen bilgisayar programı kullanılarak, taşıyıcı sistem elemanları için bulunan moment eğrilik diyagramları, Şekil B.5-27’ de görülebilir. Söz konusu moment eğrilik diyagramlarından elde edilen plastik eğrilikler ve tahmin edilen plastik mafsal boyları kullanılarak, plastik dönmeler hesaplanmıştır. Hesaplanan bu dönmeler ve kesit süneklikleri, verilen moment eğrilik diyagramlarının altındaki tablolarda sunulmaktadır. Bu dönmelerin hesabında kullanılan plastik mafsal boyları için alınan değerler, FEMA 273’ te [12] önerilen sınırlar esas alınarak hesaplanmıştır. Söz konusu sınırlara göre, kiriş ve kolonlarda kesit faydalı yüksekliğinin yarısı, perdelerde ise kritik kat yüksekliğini geçmemek koşuluyla kesit faydalı yüksekliğinin yarısı, plastik mafsal boyu olarak alınabilir. Hesaplanan plastik mafsal dönmelerine ek olarak Tablo 4.4, 4.5 ve 4.6’ da, kiriş, kolon ve perde tipindeki taşıyıcı sistem elemanlarında, göçmenin eğilme dayanımının aşılması ile ortaya çıkması durumunda, kritik kesitlerdeki plastik dönme limitleri için, ATC 40’ da önerilen değerler verilmiştir ( [11] Tablo 9.6, 9.7, 9.10). Bu tablolarda sargı donatısı kolonunda verilen C ve NC kısaltmaları ( conforming, non-conforming) sargı donatısının yeterliliği ile ilgili koşulları yansıtmaktadır. Eğer kesitteki sargı donatısı aralığı kesit faydalı yüksekliğinin 1/3’ ünden küçükse ve sargı donatısı ile sağlanan kesme dayanımı, tasarım kesme kuvvetinin 3/4’ üne eşit yada büyükse, sargı donatısının yeterliliğini ifade eden C halinin sağlandığı kabul edilebilir.Diğer haller NC olarak yorumlanacaktır. Bilgisayar programı ve plastik mafsal boyları kullanılarak hesaplanan ve önerilen değerler karşılaştırıldığında, kirişler için önerilen değerlerin yeter doğrulukta kullanılabileceği, kolonlar için önerilen değerlerin hesaplanan değerlerden büyük olduğu, perdeler için önerilen değerinse genellikle hesaplanan değerlerden küçük yada civarında olduğu görülmektedir.

Tablo 4.1.Malzeme Bakımından Lineer Olmayan Çözümlemelerde Kolonlar İçin Tayin Edilen Malzeme Karakteristikleri

| | |
|---|---|
| Beton maximum basınç dayanımı | 10,5 Mpa |
| Maximum basınç dayanımına karşı gelen şekildeğişirme | 0,0025 |
| Beton nihai şekildeğiştirmesi | 0,0053 |
| Beton nihai şekildeğiştirmesine karşı gelen gerilme | 5,25 Mpa |
| Azalan kolun eğimi | 1890 Mpa |
| Donatı Akma Dayanımı | 220 Mpa |
| Donatı Kopma Uzaması | 0,1 |

Tablo 4.2.Malzeme Bakımından Lineer Olmayan Çözümlemelerde Kirişler İçin Tayin Edilen Malzeme Karakteristikleri

| | |
|---|---|
| Beton maximum basınç dayanımı | 11,2 Mpa |
| Maximum basınç dayanımına karşı gelen şekildeğişirme | 0,004 |
| Beton nihai şekildeğiştirmesi | 0,01 |
| Beton nihai şekildeğiştirmesine karşı gelen gerilme | 5,6 Mpa |
| Azalan kolun eğimi | 934 Mpa |
| Donatı Akma Dayanımı | 220 Mpa |
| Donatı Kopma Uzaması | 0,1 |

Tablo 4.3.Malzeme Bakımından Lineer Olmayan Çözümlemelerde Güçlendirme Perdeleri İçin Tayin Edilen Malzeme Karakteristikleri

| | |
|---|---|
| Beton maximum basınç dayanımı | 28 Mpa |
| Maximum basınç dayanımına karşı gelen şekildeğişirme | 0,0075 |
| Beton nihai şekildeğiştirmesi | 0,014 |
| Beton nihai şekildeğiştirmesine karşı gelen gerilme | 24 Mpa |
| Donatı Akma Dayanımı | 365 Mpa |
| Donatı Kopma Uzaması | 0,05 |

Güçlendirilmiş yapının modellenmesi sırasında, perdelerde M tipi mafsalların kullanılması şu varsayıma dayandırılmıştır. Perdelerin kesit alanları ve malzeme karakteristikleri gözönüne alınırsa, zati yükler altında perdelerde oluşacak normal kuvvet seviyeleri, yatay yüklerin ilavesi ile çok fazla değişmeyecek ve böylelikle perdeler, üzerlerinde sabit sayılabilecek bir eksenel yükün bulunduğu konsollar gibi çalışacaklardır. Perdelere ait moment eğrilik diyagramlarına (Şekil B.5-27) ek olarak verilen tabloların N / Np kolonlarında, Bölüm 2.5.2' de yapılan yatay yük analizleri sonucu perdelerde bulunan normal kuvvet seviyesinin değişimi gösterilmiştir. Bu değişimin %1-3 mertebesinde olması, perdelerin kritik kesitlerindeki mafsalların, üzerlerindeki sabit bir eksenel yüke göre belirlenmiş momen eğrilik karakteristikleri kullanılarak hazırlanan M tipi mafsallarla temsil edilebileceğini göstermektedir.

Tablo 4.4. ATC 40 Uyarınca Kirişler İçin Mafsal Kesitlerindeki Plastik Dönme Limitleri

| $(\rho-\rho')/\rho_{bal}$ | Sargı Donatısı | $V/(b_w d (f'_c)^{0.5})$ | $\phi_p$ |
|---|---|---|---|
| ≤ 0.0 | C | ≤ 3 | 0.025 |
| ≤ 0.0 | C | ≥ 6 | 0.020 |
| ≥ 0.5 | C | ≤ 3 | 0.020 |
| ≥ 0.5 | C | ≥ 6 | 0.015 |
| ≤ 0.0 | NC | ≤ 3 | 0.020 |
| ≤ 0.0 | NC | ≥ 6 | 0.010 |
| ≥ 0.5 | NC | ≤ 3 | 0.010 |
| ≥ 0.5 | NC | ≥ 6 | 0.005 |

Tablo 4.5. ATC 40 Uyarınca Kolonlar İçin Mafsal Kesitlerindeki Plastik Dönme Limitleri

| $P/(A_g f'_c)$ | Sargı Donatısı | $V/(b_w d (f'_c)^{0.5})$ | $\phi_p$ |
|---|---|---|---|
| ≤ 0.1 | C | ≤ 3 | 0.020 |
| ≤ 0.1 | C | ≥ 6 | 0.015 |
| ≥ 0.4 | C | ≤ 3 | 0.015 |
| ≥ 0.4 | C | ≥ 6 | 0.010 |
| ≤ 0.1 | NC | ≤ 3 | 0.010 |
| ≤ 0.1 | NC | ≥ 6 | 0.005 |
| ≥ 0.4 | NC | ≤ 3 | 0.005 |
| ≥ 0.4 | NC | ≥ 6 | 0.000 |

Tablo 4.6. ATC 40 Uyarınca Perdeler İçin Mafsal Kesitlerindeki Plastik Dönme Limitleri

| $((A_s - A'_s) f_y + P)/t_w l_w f'_c$ | $V/t_w l_w (f'_c)^{0.5}$ | Perde Uç Bölgesi Sarılı | $\phi_p$ |
|---|---|---|---|
| ≤ 0.1 | ≤ 3 | C | 0.015 |
| ≤ 0.1 | ≥ 6 | C | 0.010 |
| ≥ 0.25 | ≤ 3 | C | 0.009 |
| ≥ 0.25 | ≥ 6 | C | 0.005 |
| ≤ 0.1 | ≤ 3 | NC | 0.008 |
| ≤ 0.1 | ≥ 6 | NC | 0.006 |
| ≥ 0.25 | ≤ 3 | NC | 0.003 |
| ≥ 0.25 | ≥ 6 | NC | 0.002 |

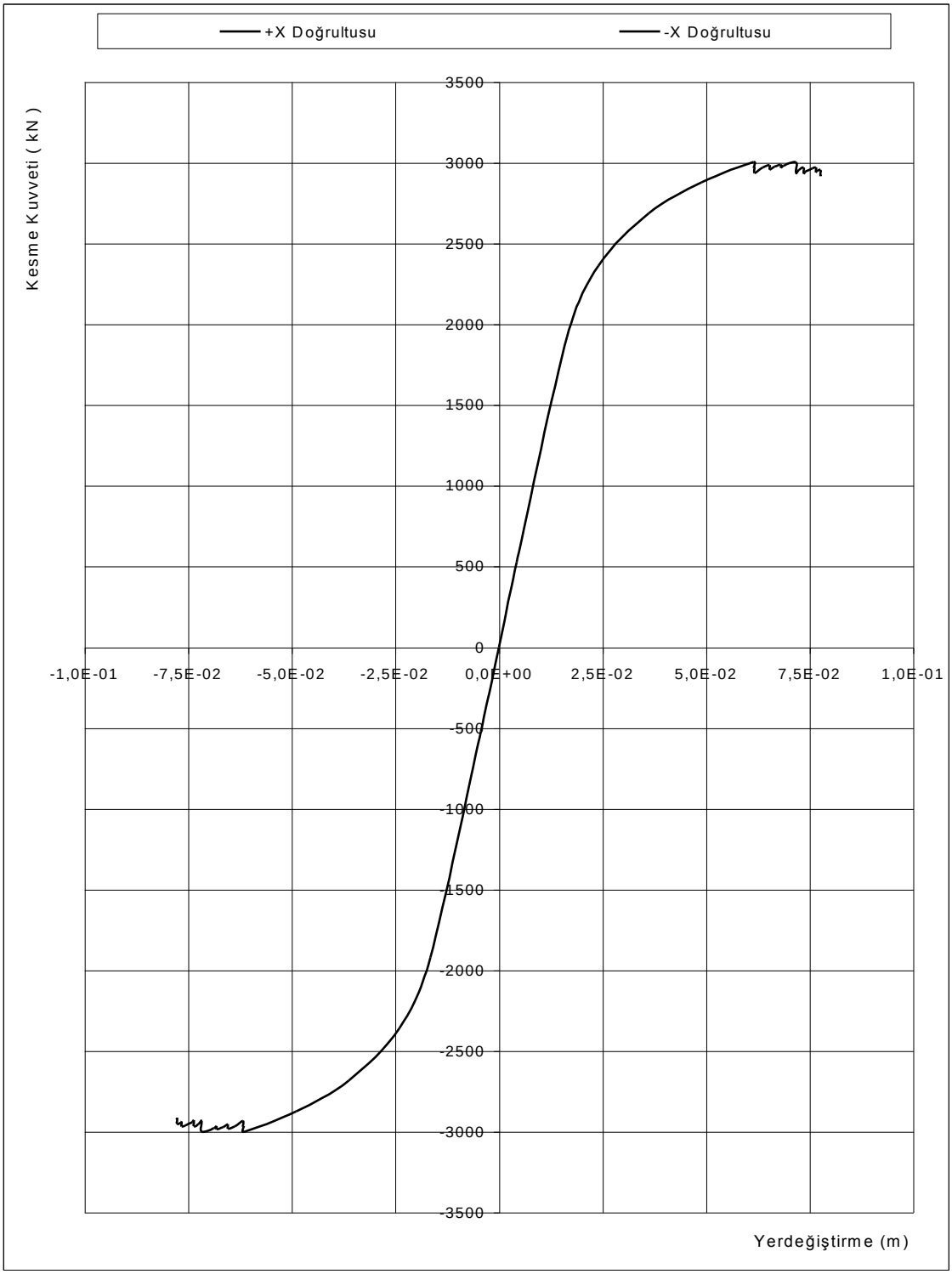
Yatay yükler altında yapılan analizlerin başlangıç hali olarak, düşey yükler altında yapılan doğrusal olmayan çözümlemelerin sonuçları kullanılmıştır. Düşey yükler altında yapılan çözümlemelerde, yük artımlarına başvuran yöntem kullanılmış, yatay yükler altında yapılan çözümlemelerde ise yerdeğiştirme artımlarına başvuran

yöntem kullanılmıştır.Yatay yükler altındaki çözümlemelerin tümünde, yerdeğiştirmenin izlenmesi, bina tepe kotundaki bir düğüm noktasının mutlak ötelemeleri kullanılarak yapılmıştır. Düşey yük çözümlemelerinde kullanılan yük biçimi, Bölüm 2.2' de açıklanan düşey yükleme durumlarının toplamı olarak, yatay yük çözümlemelerinde kullanılan yük biçimi ise, Bölüm 2.4.2 ve Bölüm 2.5.2' de açıklanan ve ABYYHY 97 gözönüne alınarak katlara dağıtılan yatay yükleme durumları olarak seçilmişlerdir. Tüm çözümlemelerde, yük dağılımının yeniden yapılması için bir numaralı yöntem kullanılmış, diğer yöntemlerle yapılan çözümlemelerden anlamlı sonuçlar alınamamıştır.

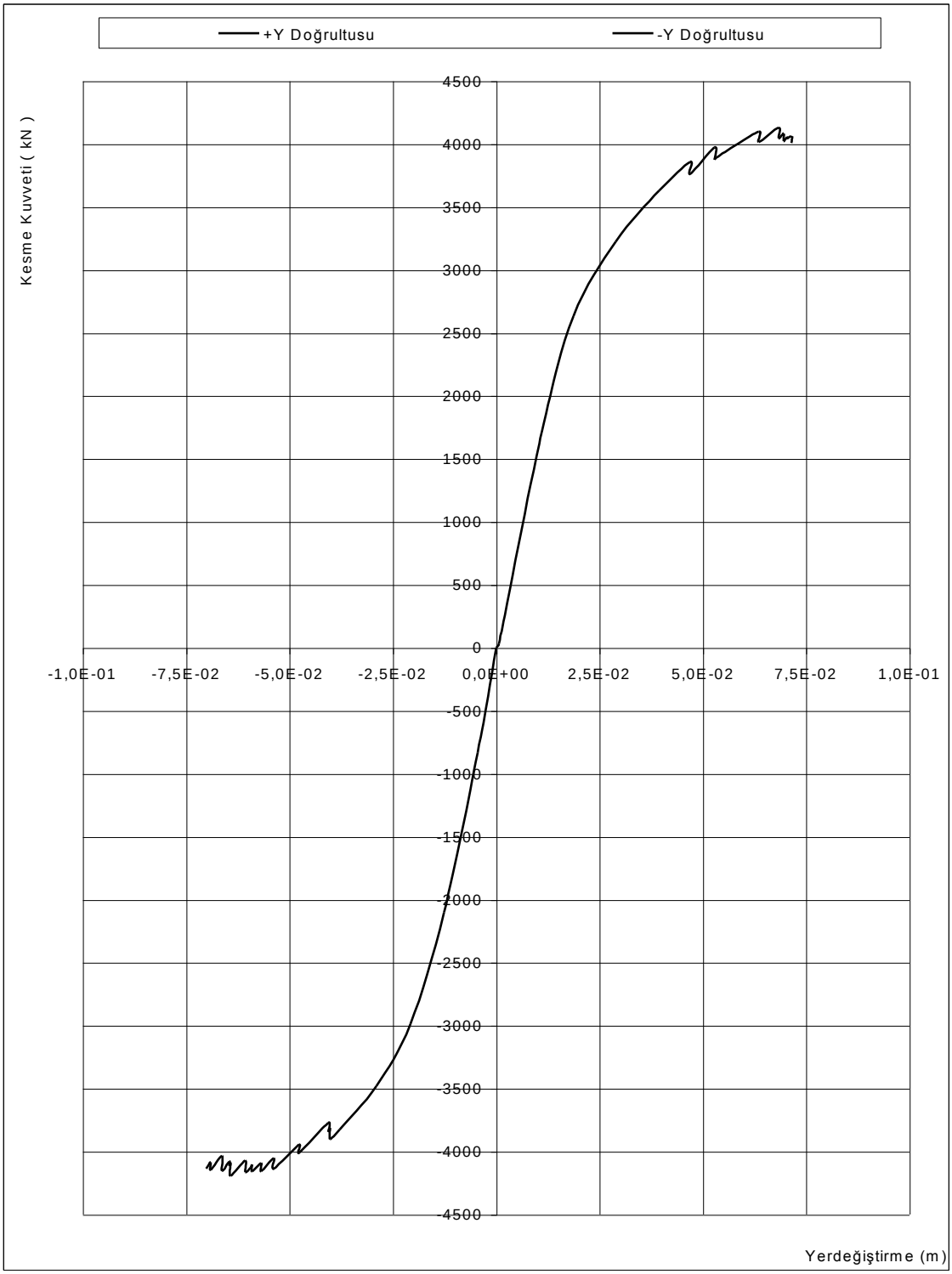
### 4.1.1-Mevcut Sistemin Yük Artımı Yöntemi İle İncelenmesi ve Göçme Yükünün Bulunması

Bölüm 4.1' de verilen bilgiler çerçevesinde, mevcut sistem için yapılan malzeme bakımından doğrusal olmayan çözümlemeler sonucu bulunan, taban kesme kuvveti yatay deplasman eğrileri Şekil 4.2 ve 4.3' te sunulmuştur. X doğrultusunda yapılan çözümlemelerde yatay deplasman 2.09 cm' e ulaştığında kolonlarda ilk plastikleşmeyle karşılaşılmıştır. Bu deplasman değerine gelene kadar kiriş kritik kesitlerinin tamamına yakını akma momentine ulaşmıştır. Yatay deplasman 6.17 cm değerine ulaştığında ise, 7 ve F aksları kesişim noktasındaki 3. kat S11 kolonu göçmüştür. Bu noktadan sonra yatay deplasman 6.31 cm değerine ulaştığında 7 ve N aksları kesişim noktasındaki 3. kat S11 kolonunun, yatay deplasman 7.23 cm değerine ulaştığında 10 ve T aksları kesişim noktasındaki 3. kat S7 kolonunun ve yatay deplasman 7.94 cm değerine ulaştığındaysa 6 ve I aksları kesişim noktasındaki 3. kat S13 kolonunun göçdüğü gözlemlenmiştir. Sonuçlardan yola çıkarak yapıda 3. kat, X doğrultusundaki kritik kat olarak değerlendirilebilir. Pozitif Y doğrultusunda yapılan çözümlemelerde ise yatay deplasman 1.65 cm' e ulaştığında kolonlarda ilk plastikleşmeyle karşılaşılmıştır. Bu deplasman değerine gelene kadar kiriş kritik kesitlerinin tamamına yakını akma momentine ulaşmıştır.Yatay deplasman 4.92 cm' e ulaştığında ise 4 ve K aksları kesişim noktasındaki 1. kat S16 kolonu göçmüştür.Bu noktadan sonra yatay deplasman 5.12 cm değerine ulaştığında 8 ve I aksları kesişim noktasındaki 2. kat S9 kolonuyla 4 ve I aksları kesişim noktasındaki 2. kat S16 kolonunun göçtüğü gözlemlenmiştir. Daha sonra sırasıyla yatay deplasman 6.61 cm değerine ulaştığında 4 ve I aksları kesişim noktasındaki 3. kat S16 kolonu, yatay deplasman 7.37 cm değerine ulaştığında 8 ve I aksları kesişim noktasındaki zemin

kat S9 kolonu ve yatay deplasman 7.48 cm değerine ulaştığında ise 4 ve K aksları kesişim noktasındaki 2. kat S16 kolonunun göçdüğü gözlemlenmiştir. Negatif Y doğrultusunda yapılan çözümlemelerdede yatay deplasmanların ve göçen kolonların dağılımının benzer olduğu gözlemlenmiştir. Göçen kolonların dağılımı incelendiğinde yapıda, Y doğrultusu için kritik kattan bahsetmenin mümkün olmayacağı söylenebilir. Bu noktada vurgulanması gereken, kolonlarda göçmenin, 4 ve 8 aksaları arasında katları çapraz geçen ve merdiven plağının mesnetlendirildiği kirişte oluşan normal kuvvetin, 4 ve 8 aksı üzerindeki kolonların normal kuvvetlerini ve dolayısıyla taşıma kapasiteleri ve süneklik özelliklerini değiştirmesiyle ortaya çıktığı, bu tür merdiven kirişlerinin yapının davranışını önemli şekilde etkilediğidir.



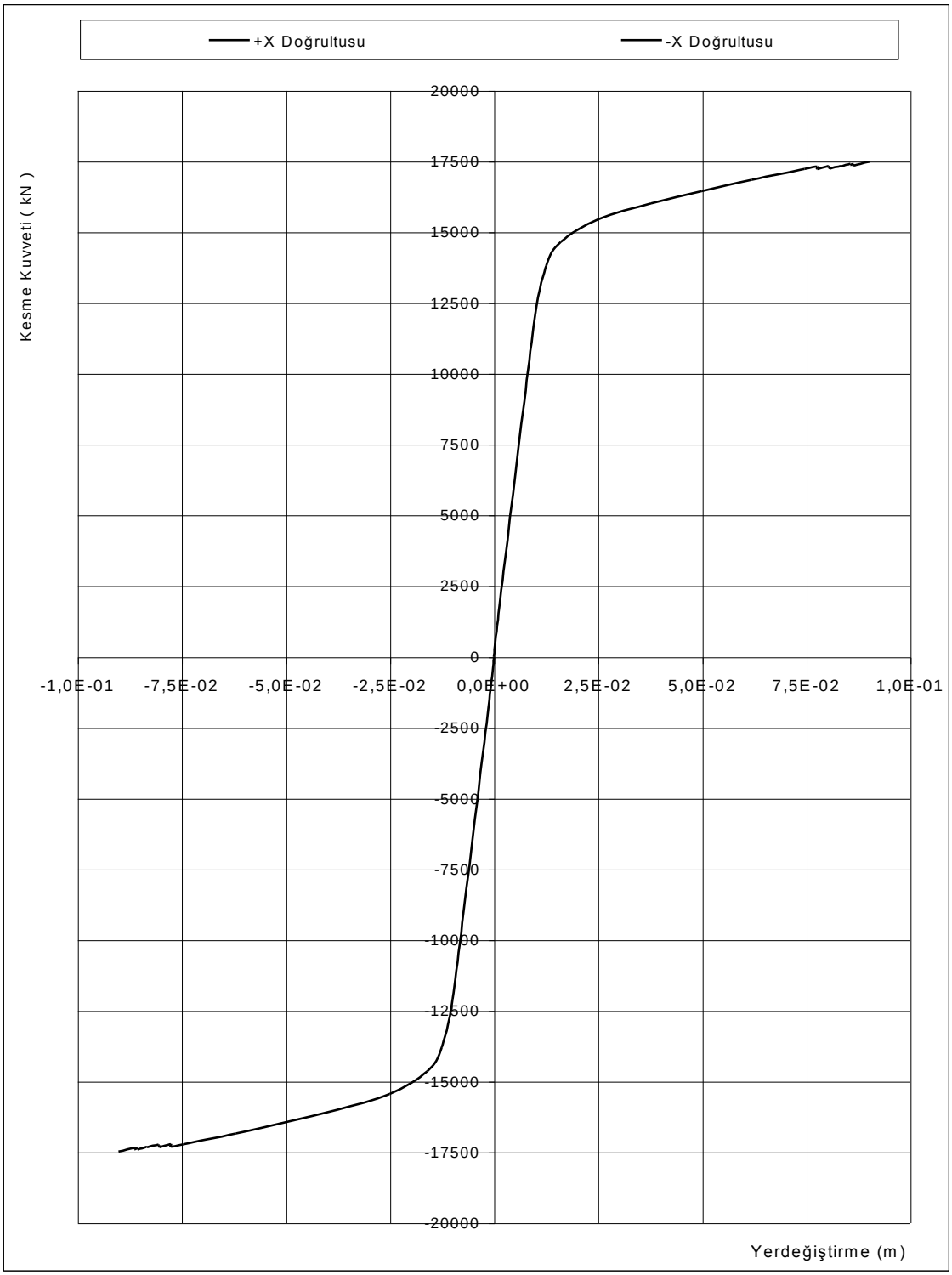

Şekil 4.2. Mevcut Sistem X Doğrultusu Kuvvet Deplasman Eğrileri



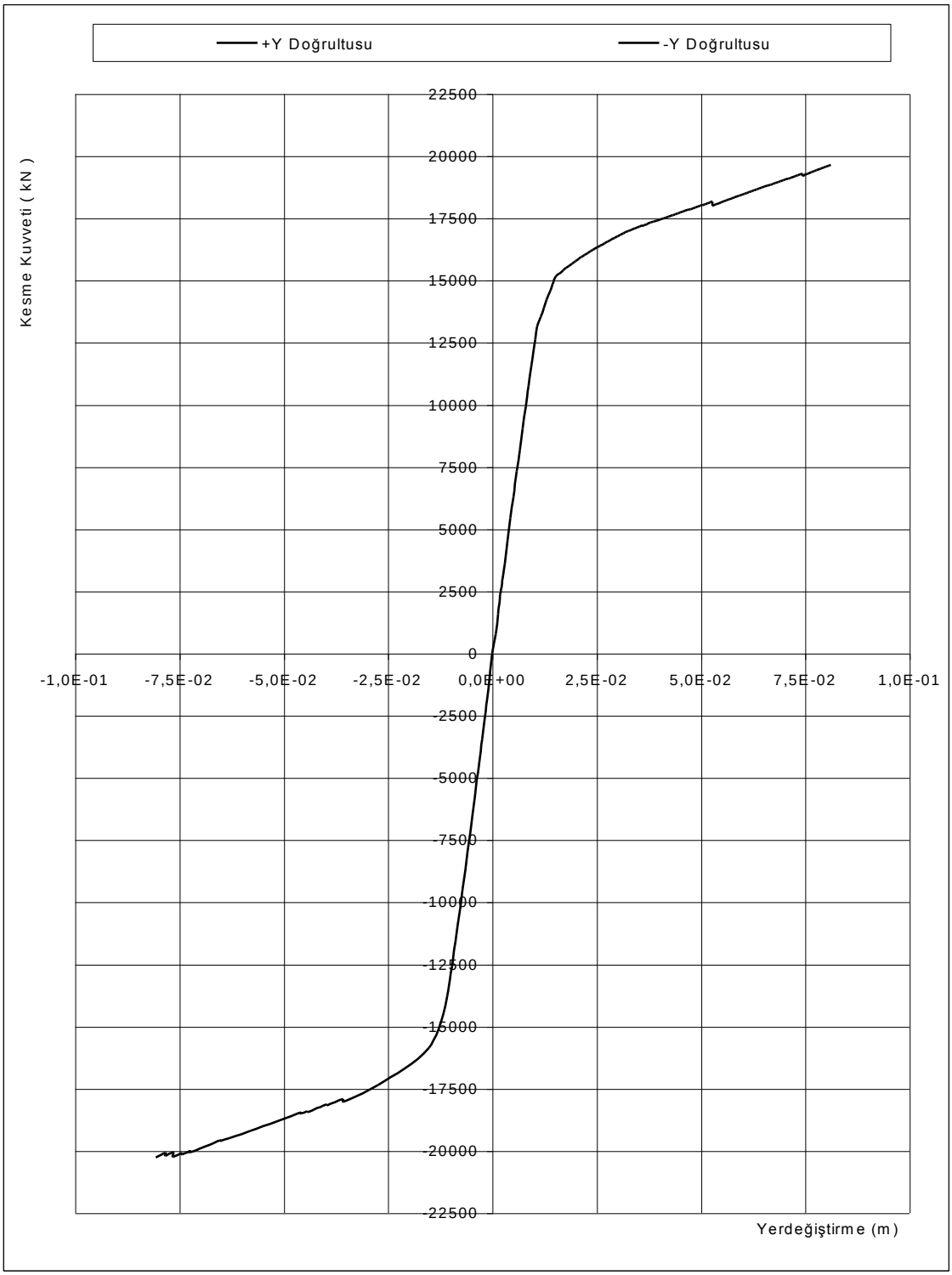

Şekil 4.3. Mevcut Sistem Y Doğrultusu Kuvvet Deplasman Eğrileri

### 3.1.2-Güçlendirilmiş Yapının Yük Artımı Yöntemi İle İncelenmesi ve Göçme Yükünün Bulunması

Bölüm 4.1' de verilen bilgiler çerçevesinde, güçlendirilmiş sistem için yapılan malzeme bakımından doğrusal olmayan çözümlemeler sonucu bulunan, taban kesme kuvveti yatay deplasman eğrileri Şekil 4.4 ve 4.5' de sunulmuştur. X doğrultusunda yapılan çözümlemelerde yatay deplasman 0.96 cm' e ulaştığında kolonlarda ve yükleme doğrultusuna göre kuvvetli ekseni ile çalışan perdelerde ilk plastikleşmeyle karşılaşılmıştır. Bu deplasman değerine gelene kadar kiriş kritik kesitlerinin tamamına yakını akma momentine ulaşmıştır. Yatay deplasman 1.6 cm' e geldiğindeyse, yükleme doğrultusuna göre kuvvetli ekseniyle çalışan tüm perdelerin plastikleştiği görülmüştür. Kolonlarda ilk göçme, yatay deplasman 8.28 cm değerine ulaştığında, 6 ve F akslarının kesişim noktasındaki 2. ve 3. katta S12 kolonunda meydana gelmiştir. Perdelerde plastikleşmenin başladığı ve bittiği deplasmanların ortalaması, sistemin akma noktası olarak ve mevcut kolonlarda ilk göçmeyle karşılaşılan deplasman sistemin göçme noktası olarak kabul edilirse, deplasman sünekliği 6.5 olarak hesaplanır. Pozitif Y doğrultusunda yapılan çözümlemelerde yatay deplasman 0.9 cm' e ulaştığında, kolonlarda ilk plastikleşmeyle karşılaşılmıştır. Bu deplasman değerine gelene kadar kiriş kritik kesitlerinin tamamına yakını akma momentine ulaşmıştır. Deplasman 1.08 cm' e ulaştığında yükleme doğrultusuna göre kuvvetli ekseni ile çalışan perdelerde ilk plastikleşmeyle karşılaşılmıştır. Deplasmanın 1.52 cm ulaştığı noktada ise yükleme doğrultusuna göre kuvvetli ekseniyle çalışan tüm perdelerin plastikleştiği görülmüştür. Kolonlarda ilk göçmeyle, yatay deplasman 6.24 cm' e ulaştığında, 8 ve I akslarının kesişim noktasında 1. kat S9 kolonunda karşılaşılmıştır. Daha sonra sırasıyla, deplasmanın 6.57 cm değerinde 8 ve I aksları kesişim noktasında zemin kat S9 kolonunda, deplasmanın 7.69 cm değerinde zemin kat S9 kolonunda ve deplasmanın 7.81 cm değerinde 4 ev I aksları kesişim noktasında 1. kat S16 kolonunda göçmeyle karşılaşılmıştır. Göçmenin meydana geldiği kolonların dağılımı incelendiğinde, mevcut sistemin doğrusal olmayan çözümlemelerindede göçmeye ulaşılmasına sebep olan merdiven kirişinin, önemli bir faktör olduğu görülür. Perdelerde plastikleşmenin başladığı ve bittiği deplasmanların ortalaması, sistemin akma noktası olarak ve mevcut kolonlarda ilk göçmeyle karşılaşılan deplasman sistemin göçme noktası olarak kabul edilirse, deplasman sünekliği 4.8 olarak hesaplanır.




Şekil 4.4. Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusu Kuvvet Deplasman Eğrileri

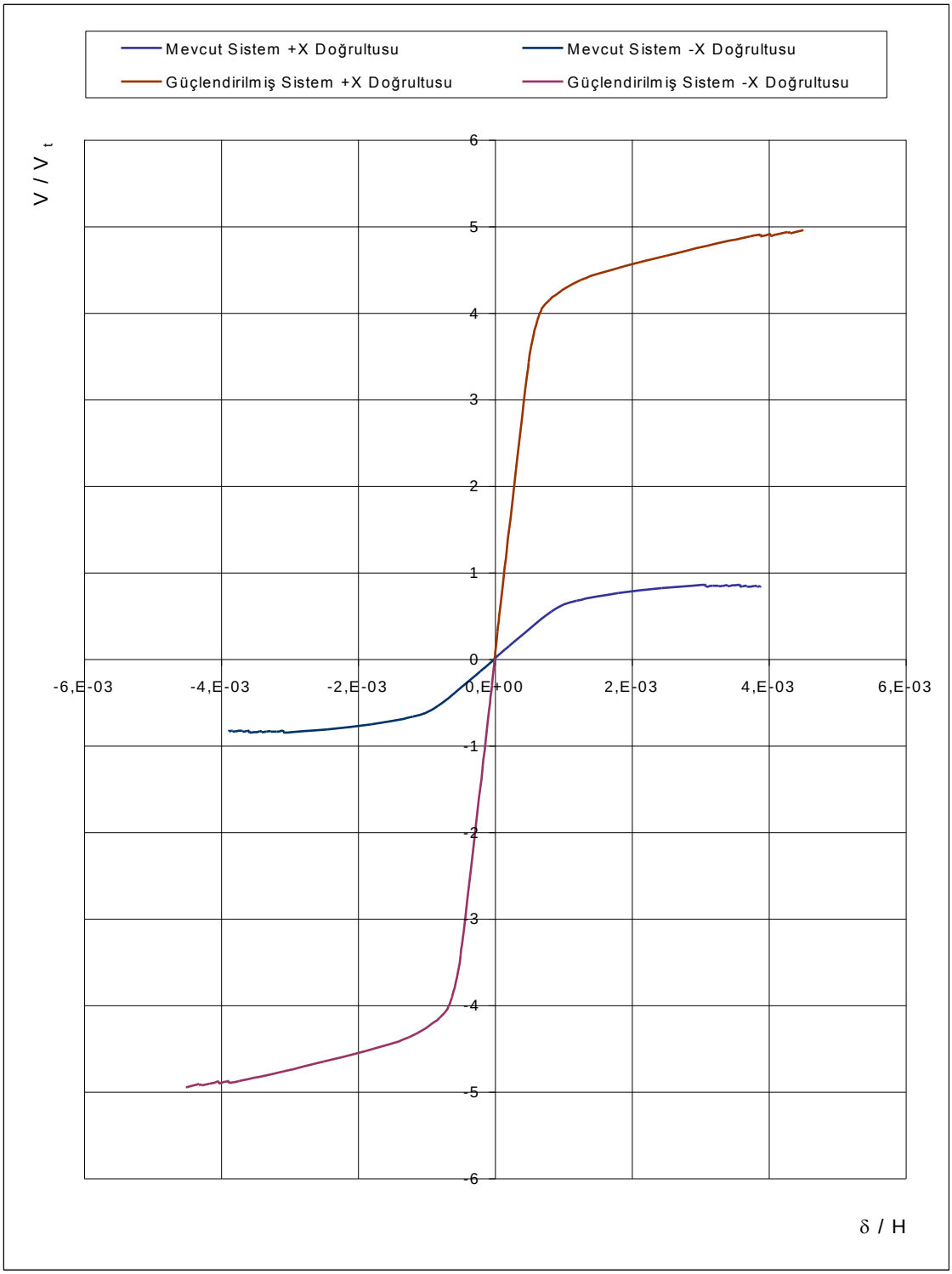



Şekil 4.5. Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusu Kuvvet Deplasman Eğrileri

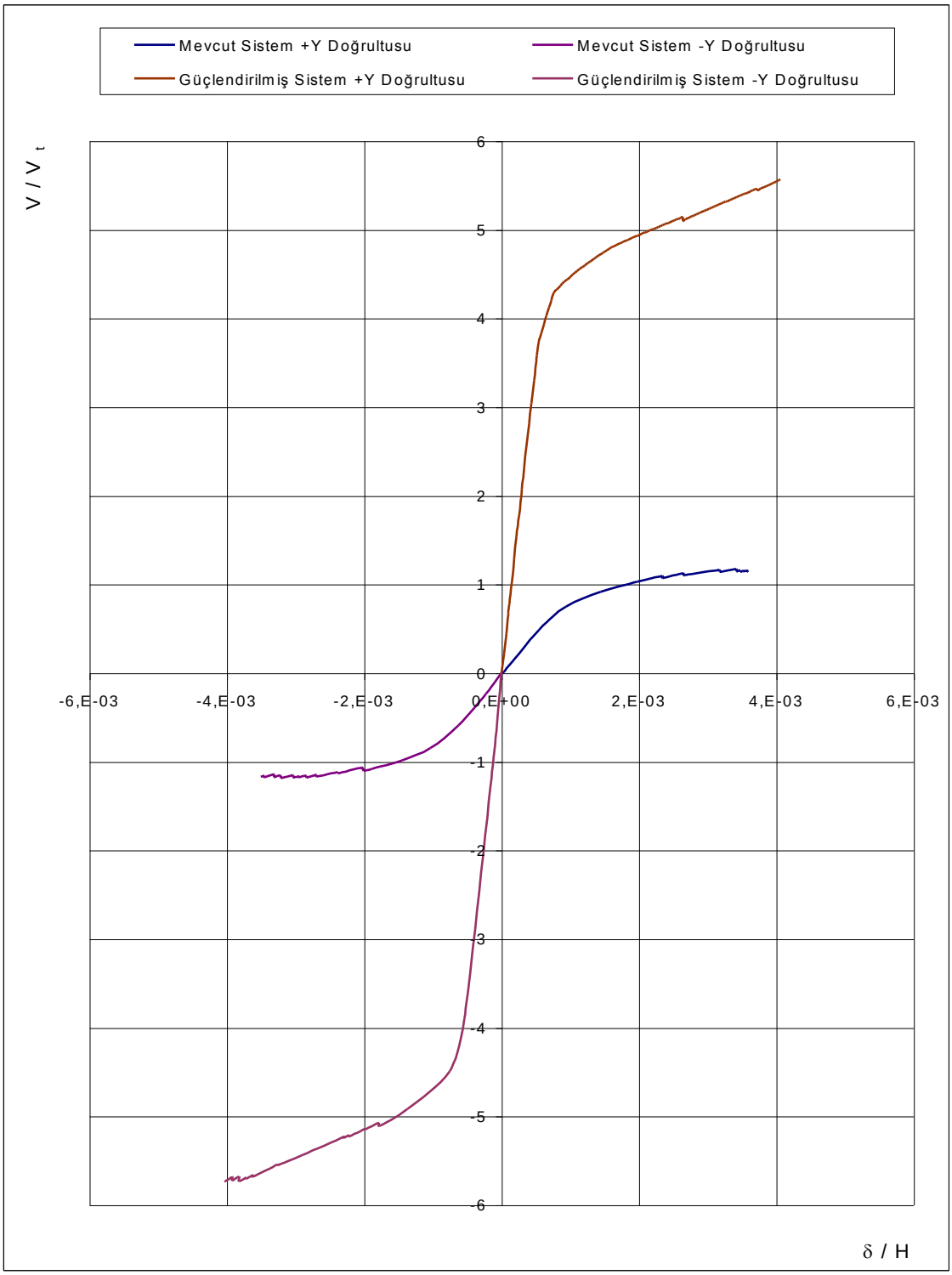
### 3.2-Karşılaştırmalar

Mevcut ve güçlendirilmiş sistemlerin malzeme bakımından doğrusal olmayan çözümlemeleri ile, Bölüm 2' de ABYYHY 75 ve ABYYHY 97 uyarınca yapılan doğrusal çözümlemelerde kullanılan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması amacıyla, kuvvet deplasman eğrilerinin taban kesme kuvvetleri ve bina yüksekliği ile normalize edilmiş halleri Şekil 4.6, 4.7, 4.8, 4.9' da sunulmuştur. ABYYHY 75 uyarınca mevcut sistem için hesaplanan taban kesme kuvveti kullanılarak normalize edilen kuvvet deplasman eğrileri incelendiğinde (Şekil 4.6, 4.7), mevcut sistemin X doğrultusu için, yönetmeliğin öngördüğü performansa çok yaklaştığı ama ulaşamadığı, Y doğrultusu için, yönetmeliğin öngördüğü performansın üstüne çıktığı söylenebilir. Ancak Y doğrultusunda, merdiven kirişinin yatay yüklerin bir kısmını kolon normal kuvvetine çevirerek yapının toplam performansına katkıda bulunduğu dikkate alınmalıdır. ABYYHY 97 uyarınca güçlendirilmiş sistem için hesaplanan taban kesme kuvveti kullanılarak normalize edilen kuvvet deplasman eğrileri incelendiğinde (Şekil 4.8, 4.9), her iki doğrultu içinde yönetmelikce öngörülen performansın çok üstüne çıkıldığı görülmektedir. Ancak bu noktada güçlendirilmiş yapının lineer çözümlemelerinde kullanılan deprem yükü azaltma katsayısının tekrar irdelenmesinde fayda vardır. Yapının doğrusal çözümlemeleri sonucu bulunan ve Tablo A.20' de verilen serbest titreşim analizi sonuçları incelenirse, güçlendirilmiş yapının asal eksenleri doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyotlarının 0.26 ve 0.24 sn olduğu görülür. Periyotları ~0.125 ve ~0.5 sn arasında değişen yapıların, doğrusal çözümlemeler ile yapılacak tasarımlarında, yük azaltma katsayısı olarak kullanılacak değerlerin, yerdeğiştirme eşitliği prensibi yerine enerji eşitliği prensibine dayalı olarak tayin edilmesi gerektiği bilinmektedir. Burdan yola çıkarak, güçlendirilmiş sistemde her iki asal doğrultu için hesaplanan yerdeğiştirme süneklikleri kullanılarak, X doğrultusundaki deprem yükü azaltma katsayısı için 3.5 ve Y doğrultusundaki deprem yükü azaltma katsayısı için 2.9 değerleri bulunur. ABYYHY 97 uyarınca hesaplanan taban kesme kuvvetinde, deprem yükü azaltma katsayısı olarak 6 alındığı hatırlanırsa (Tablo 3.14), enerji eşitliği prensibine dayalı olarak bulunan deprem yükü azaltma katsayıları ile hesaplanacak taban kesme kuvvetlerinin, ABYYHY 97 uyarınca hesaplanan taban kesme kuvvetinin iki katı

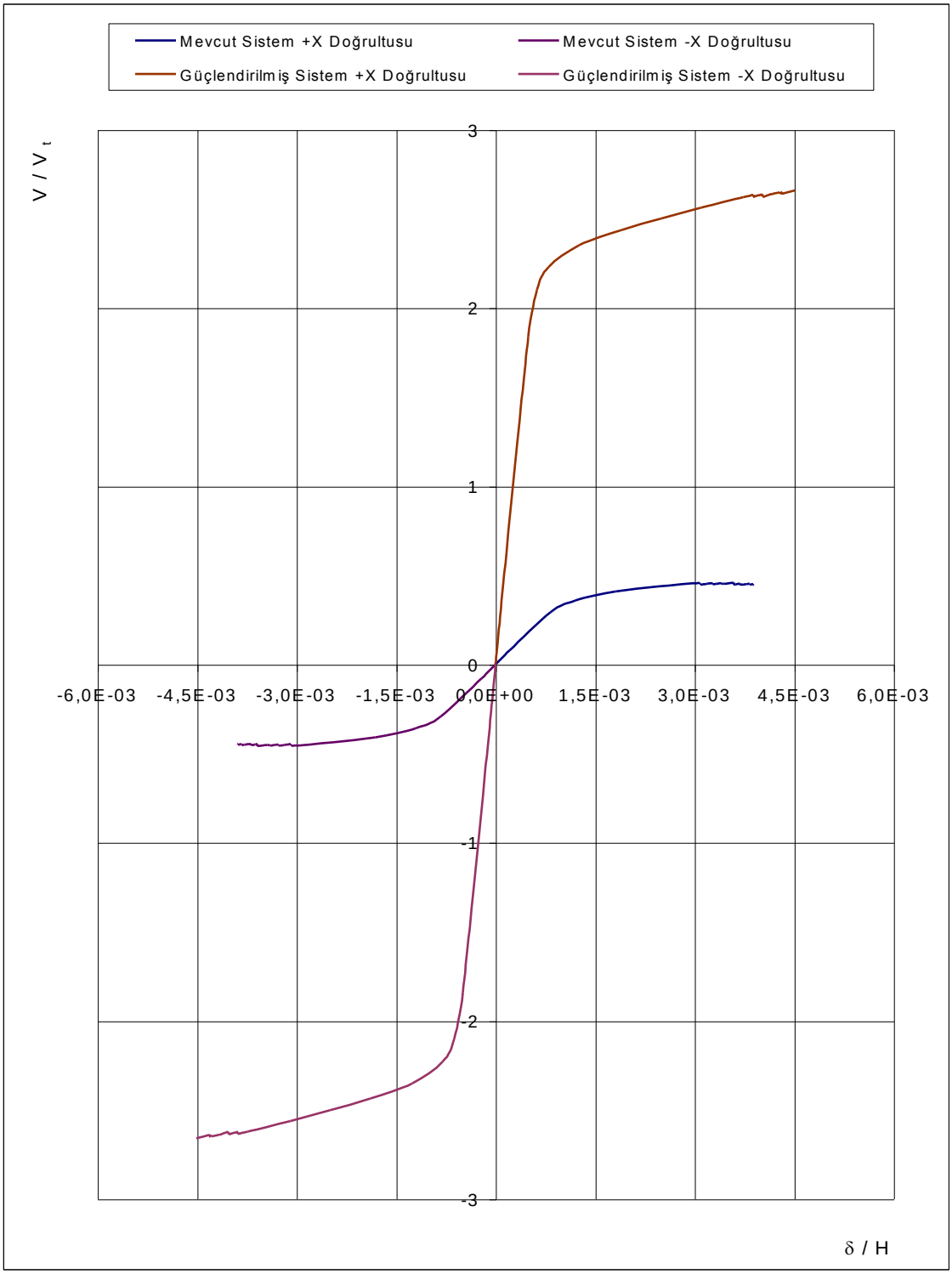
civarında olacağı görülürki buda, yapının performansının kuvvet deplasman eğrilerinde akma noktası civarında olacağını gösterir.



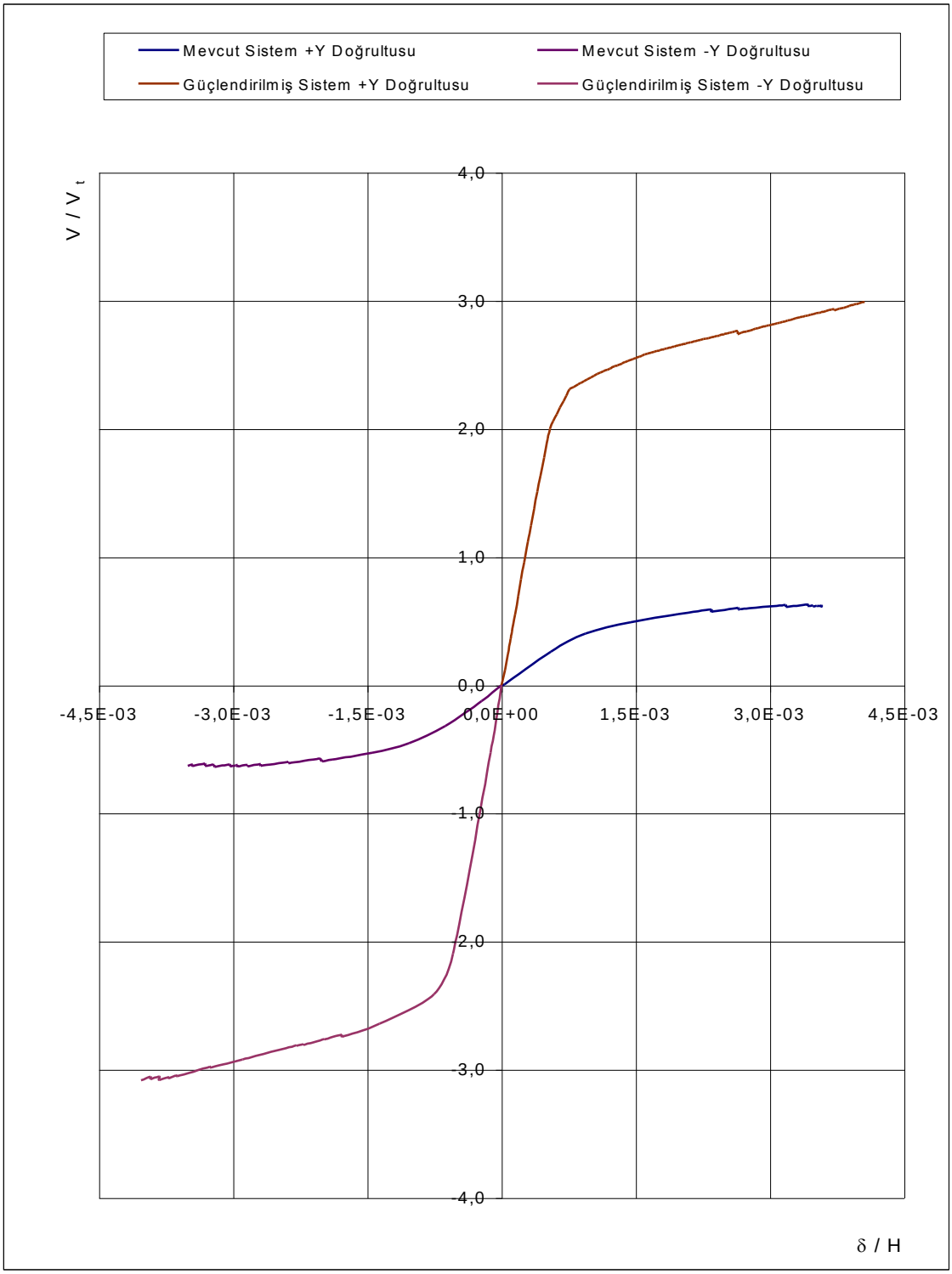

Şekil 4.6. ABYYHY 75 İle Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Kullanılarak Normalize Edilmiş X Doğrultusundaki Kuvvet Deplasman Eğrileri




Şekil 4.7. ABYYHY 75 İle Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Kullanılarak Normalize Edilmiş Y Doğrultusundaki Kuvvet Deplasman Eğrileri




Şekil 4.8. ABYYHY 97 İle Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Kullanılarak Normalize Edilmiş X Doğrultusundaki Kuvvet Deplasman Eğrileri




Şekil 4.9. ABYYHY 97 İle Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Kullanılarak Normalize Edilmiş Y Doğrultusundaki Kuvvet Deplasman Eğrileri

# 5.SONUÇLAR

## 5.1.Mevcut Bir Betonarme Yapının Deprem Güvenliğinin Saptanması ve Güçlendirilmesi

Seçilen yapının ABYYHY 75 uyarınca incelenmesi ve ABYYHY 97 uyarınca yeniden boyutlandırılması çalışmalarını içeren bu bölümde yapılan hesaplar sonucu çıkarılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

**1**.Yapı öncelikle ABYYHY 75' e uyumluluk açısından incelenmiş ve Bölüm 2.4.1'de açıklanan gerekçelerle, tasarım taban kesme kuvvetinin hesabında, yapı tipi katsayısının doğru seçilmediği tesbit edilmiştir.

**2**.Zemin koşullarının, yapılacak yatay yük çözümlemelerine etkileri incelenmiş ve zemin özelliklerinin değişiminin, yönetmelikler uyarınca hesaplanacak taban kesme kuvvetleri üzerinde etkisi olmadığı saptanmıştır.

**3**.Yapılan yatay yük çözümlemeleri sonucunda, yapının kiriş ve kolonlarında, moment taşıma kapasitelerinin yetersiz olduğu ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerininde, betonun katkısının gözönüne alınması halinde yeterli olduğu, ancak betonun katkısının hesaba katılmasına rağmen, bazı kolonların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin hala yetersiz kaldığı belirlenmiştir.

**4**.Yapılan hesaplar sonucu güçlendirilmesine karar verilen yapı, ABYYHY 97 uyarınca yeniden boyutlandırılmıştır. Güçlendirilen yapıda, perde gruplarının davranışları üzerine yapılan farklı varsayımlara dayanan modeller hazırlanmış (Şekil 2.4, 2.5, 2.6) ve perdelerin iki boyutlu sonlu elemanlarla temsil edildiği bir modelle yapılan karşılaştırmalarla, çözümlemelerde kullanmak için en uygun olan model seçilmiştir. Bu modelde P5, P1 ve P6 perdelerinden oluşan grup, bina yüksekliği boyunca tek bir çerçeve elemanı ile temsil edilmiş (Şekil C.20), P4 ve P8 perdelerinden oluşan gurup, birbirlerinden bağımsız çalışan iki çerçeve elemanı ile

temsil edilmiştir ( Şekil 2.6). Bu çerçeve elemanlarının rijitlik özelliklerini, perde gurubunun kesitinden hesaplanan değerlerin temsil edebileceği görülmüştür.

**5**.Yapıda sayıları fazla tutulan güçlendirme perdeleri sayesinde, perdelerde moment sıfır noktasının, karşılaşılması beklendiği bölge olan, bina yüksekliğinin 2/3' ünden, bina üst kotuna taşındığı ve tasarımda amaçlanan bina yüksekliği boyunca konsol davranışın sağlandığı görülmüştür.

## 5.2.Kesitlerde Taşıma Kapasitesi ve Kesit Sünekliğinin İncelenmesi İçin Geliştirilen Bir Bilgisayar Programı

Sarılmış betonda gerilme şekildeğiştirme ilişkisi için önerilen bazı modellerin incelendiği ve taşıma kapasitesi ile kesit sünekliğinin incelenmesi için bir bilgisayar programının geliştirildiği bu bölümde çıkarılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

**1**.Sarılmış betonun davranışı için önerilen modellerin karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlar ve modellerin geliştirilmesindeki amaçlar gözönüne alınarak, sargı donatısı oranı düşük kesitlerde model 2' nin [6], sargı donatısı oranı yüksek kesitlerde ise model 3' ün [7] kullanılmasının uygun olabileceği sonucuna varılmıştır.

**2**.Geliştirilen bilgisayar programı için yapılan sınırlı sayıdaki karşılaştırmadan programın, taşıma kapasitesi ve kesit sünekliğinin hesabı için kullanılabileceği ve kullanılan programlama dilinin özellikleri sayesinde geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır

## 5.3.Seçilen Yapının Yük Artımı Yöntemiyle İncelenmesi

Seçilen yapının mevcut ve güçlendirilmiş hallerinin malzeme bakımından doğrusal olmayan çözümlemelerinin yapıldığı bu bölümde çıkarılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

**1**.Yapıdaki kolonlar için hesaplanan plastik eğrilik değerlerinin, ATC 40 tarafından önerilen değerlere nazaran daha düşük olduğu, kirişler ve perdeler için hesaplanan değerlerinse eşit yada büyük olduğu görülmüştür.

**2**.Mevcut sistemin yük artımı ile incelenmesi sonucu, x doğrultusundaki kritik katın üçüncü kat olduğu, y doğrultusunda ise merdiven kirişinden dolayı göçmenin, farklı katlarda merdiven kirişine bağlı kolonlarda meydana geldiği görülmüştür.

**3**.Güçlendirilmiş sistemin yük artımı ile incelenmesi sonucunda, x doğrultusundaki deplasman sünekliğinin, Bölüm 2.5.2' de doğrusal çözümlemelerde kullanılan deprem yükü azaltma katsayısıyla aynı olduğu, ancak y doğrultusunda bulunan sünekliğin ise daha düşük olduğu görülmüştür.

**4**.ABYYHY 75 ve ABYYHY 97 kullanılarak bulunan taban kesme kuvvetleri ile normalize edilmiş kuvvet deplasman eğrileri incelenmiş, mevcut yapının x doğrultusunda, ABYYHY 75' de öngörülen performans seviyesine yaklaştığı fakat sağlayamadığı, y doğrultusunda ise sağladığı görülmüştür. Güçlendirilmiş yapınınsa her iki doğrultuda da, ABYYHY 97' de öngörülen performans seviyesinin üstüne çıktığı görülmüştür.

**5**.Güçlendirilmiş yapının doğrusal çözümlemeleri sonucu bulunan periyot değerleri göz önüne alınarak yapıda, deprem yükü azaltma katsayısı olarak kullanılacak değerin deplasman sünekliği değeri olamayacağı, kısa periyotlu yapılar sınıfına giren bu yapıda, deprem yükü azaltma katsayısı olarak kullanılacak değerin, enerji eşitliği prensibine dayalı olarak hesaplanması gerektiği, bu şekilde yapılan hesaplarla yapının yatay yükler altındaki performans noktasının akma noktası civarında olduğu bulunmuştur.

## KAYNAKLAR


[1] **TS500**, Şubat 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

[2] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik** , 1975 Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara

[3] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik** , 1997 Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara

[4] **Paulay,T. and Priestley,M.J.N.** , 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley & Sons, Inc.

[5] **Mander,J.B., Priestley,M.J.N., Park,R.** , 1988. Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal of Structural Engineering, Vol.114, No.8

[6] **Hoshikuma,J., Kawashima,K., Nagaya,K., Taylor,A.W.** , 1997. Stress Strain Model for Confined Reinforced Concrete in Bridge Piers, Journal of Structural Engineering, Vol.123, No.5

[7] **Razvi,S., Saatcioglu,M.,** 1999. Confinement Model for High-Strength Concrete, Journal of Structural Engineering, Vol.125, No.3

[8] **Tunç,M., Parmaksızoğlu,C.** , 1998. Fortran 90&95. Beta Yayınları.

[9] **Çakıroğlu,A., Özer,E.** , 1983. Eğik Eğilme ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Dikdörtgen Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü Formülleri. Yesa Prefabrike Yapılar Yayınları-1

[10] **Sugano,S.** , Seismic Capacity Evaluation of Existing R/C Buildings in Japan

[11] **ATC 40** , 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, California

[12] **FEMA 273** , 1997. Nehrp Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings ( FEMA Publication 273 ), Federal Emergency Management Agency, Washington,D.C.

[13] **SAP2000 NonLinear.**, Structural Analysis Program, Computers and Structures, Inc.

# EK A

# TABLOLAR

Tablo A.1.Mevcut Sistem Serbest Titreşim Analizi Sonuçları

| MODEL | MOD | PERİYOT | KÜTLE KATILIM ORANLARI TOPLAMI | |
|---|---|---|---|---|
| | | (sn) | X Doğrultusu | Y Doğrultusu |
| MODEL 1 | 1 | 0,869 | 27,28 | 0,68 |
| | 2 | 0,685 | 74,76 | 1,13 |
| | 3 | 0,650 | 74,76 | 75,66 |
| | 4 | 0,289 | 79,65 | 75,78 |
| | 5 | 0,230 | 88,31 | 76,25 |
| | 6 | 0,222 | 88,44 | 89,05 |
| | 7 | 0,171 | 90,23 | 89,09 |
| MODEL 2 | 1 | 0,934 | 45,50 | 0,91 |
| | 2 | 0,754 | 77,67 | 2,26 |
| | 3 | 0,731 | 77,67 | 78,02 |
| | 4 | 0,290 | 82,39 | 78,14 |
| | 5 | 0,232 | 90,41 | 78,63 |
| | 6 | 0,224 | 90,54 | 90,58 |
| | 7 | 0,173 | 92,12 | 90,61 |
| MODEL 3 | 1 | 0,910 | 36,90 | 0,84 |
| | 2 | 0,730 | 76,63 | 1,18 |
| | 3 | 0,702 | 76,68 | 77,30 |
| | 4 | 0,290 | 81,47 | 77,42 |
| | 5 | 0,231 | 89,71 | 77,92 |
| | 6 | 0,224 | 89,85 | 90,10 |
| | 7 | 0,172 | 91,50 | 90,14 |
| MODEL 4 | 1 | 0,896 | 32,29 | 0,78 |
| | 2 | 0,713 | 75,93 | 1,00 |
| | 3 | 0,683 | 75,98 | 76,78 |
| | 4 | 0,290 | 80,81 | 76,90 |
| | 5 | 0,231 | 89,22 | 77,40 |
| | 6 | 0,223 | 89,35 | 89,78 |
| | 7 | 0,172 | 91,05 | 89,82 |
| MODEL 5 | 1 | 0,890 | 30,71 | 0,75 |
| | 2 | 0,705 | 75,66 | 1,00 |
| | 3 | 0,675 | 75,69 | 76,55 |
| | 4 | 0,289 | 80,53 | 76,67 |
| | 5 | 0,230 | 89,00 | 77,17 |
| | 6 | 0,223 | 89,14 | 89,64 |
| | 7 | 0,172 | 90,86 | 89,67 |
| MODEL 6 | 1 | 0,886 | 29,91 | 0,74 |
| | 2 | 0,702 | 75,50 | 1,00 |
| | 3 | 0,671 | 75,52 | 76,41 |
| | 4 | 0,289 | 80,38 | 76,53 |
| | 5 | 0,230 | 88,88 | 77,03 |
| | 6 | 0,223 | 89,02 | 89,55 |
| | 7 | 0,172 | 90,75 | 89,59 |
| MODEL 7 | 1 | 0,852 | 26,60 | 0,66 |
| | 2 | 0,670 | 73,29 | 1,34 |
| | 3 | 0,631 | 73,32 | 73,97 |
| | 4 | 0,284 | 78,08 | 74,10 |
| | 5 | 0,225 | 86,50 | 74,59 |
| | 6 | 0,218 | 86,64 | 87,19 |
| | 7 | 0,168 | 88,47 | 87,23 |

Tablo A.2.Mevcut Sistem Kolonlarında Boyutsuz Normal Kuvvet Değerleri

| Kolon | Aks X | Aks Y | 1.4 G + 1.6 Q | | 1G + 1Q + 1XEQ75 | | 1G + 1Q + 1YEQ75 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N ( kN ) | n | N ( kN ) | n | N ( kN ) | n |
| S1 | A | 11 | -642,0 | 0,31 | 21,5 | - | -619,2 | 0,30 |
| S1 | T | 11 | -645,6 | 0,31 | -938,3 | 0,45 | -614,6 | 0,29 |
| S2 | E | 11 | -876,6 | 0,42 | -722,8 | 0,34 | -768,1 | 0,37 |
| S2 | O | 11 | -878,8 | 0,42 | -517,6 | 0,25 | -796,7 | 0,38 |
| S3 | H | 12 | -987,6 | 0,47 | -693,3 | 0,33 | -922,5 | 0,44 |
| S3 | L | 12 | -990,5 | 0,47 | -711,6 | 0,34 | -938,7 | 0,45 |
| S5 | A | 10 | -825,1 | 0,39 | -95,1 | 0,05 | -525,1 | 0,25 |
| S5 | T | 10 | -827,8 | 0,39 | -1058,7 | 0,50 | -505,5 | 0,24 |
| S6 | E | 10 | -1126,5 | 0,54 | -732,9 | 0,35 | -705,3 | 0,34 |
| S6 | O | 10 | -1123,1 | 0,54 | -825,4 | 0,39 | -679,3 | 0,32 |
| S7 | H | 10 | -1416,2 | 0,67 | -1432,4 | 0,68 | -994,4 | 0,47 |
| S7 | L | 10 | -1401,5 | 0,67 | -522,9 | 0,25 | -930,3 | 0,44 |
| S11 | F | 7 | -1317,7 | 0,63 | -740,0 | 0,35 | -1064,4 | 0,51 |
| S11 | N | 7 | -1269,6 | 0,60 | -1013,1 | 0,48 | -855,5 | 0,41 |
| S12 | F | 6 | -1024,7 | 0,49 | -414,5 | 0,20 | -649,7 | 0,31 |
| S12 | N | 6 | -980,1 | 0,47 | -966,9 | 0,46 | -650,4 | 0,31 |
| S14 | C | 5 | -736,4 | 0,35 | 78,5 | - | -637,8 | 0,30 |
| S14 | R | 5 | -748,8 | 0,36 | -1125,0 | 0,54 | -694,1 | 0,33 |
| S15 | F | 5 | -1173,7 | 0,56 | -888,0 | 0,42 | -649,8 | 0,31 |
| S15 | N | 5 | -1170,5 | 0,56 | -745,6 | 0,36 | -823,1 | 0,39 |
| S16 | I | 4 | -904,6 | 0,43 | -563,0 | 0,27 | 340,5 | - |
| S16 | K | 4 | -938,6 | 0,45 | -887,3 | 0,42 | -422,0 | 0,20 |
| S17 | C | 3 | -1093,9 | 0,52 | -300,7 | 0,14 | -741,3 | 0,35 |
| S17 | R | 3 | -1101,8 | 0,53 | -1236,4 | 0,59 | -791,5 | 0,38 |
| S20 | D | 2 | -997,6 | 0,48 | -160,7 | 0,08 | -806,5 | 0,38 |
| S20 | P | 2 | -1009,1 | 0,48 | -1253,7 | 0,60 | -890,2 | 0,42 |
| S4 | J | 12 | -1287,8 | 0,55 | -921,3 | 0,39 | -1452,9 | 0,62 |
| S8 | J | 9 | -1355,3 | 0,57 | -936,2 | 0,40 | -716,7 | 0,30 |
| S9 | I | 8 | -1087,8 | 0,52 | -903,9 | 0,43 | -1741,0 | 0,83 |
| S9 | K | 8 | -934,5 | 0,45 | -478,5 | 0,23 | -837,2 | 0,40 |
| S10 | B | 7 | -1037,8 | 0,57 | -529,4 | 0,29 | -592,1 | 0,32 |
| S10 | S | 7 | -1043,1 | 0,57 | -924,4 | 0,50 | -595,2 | 0,32 |
| S13 | I | 6 | -1177,0 | 0,56 | -1237,4 | 0,59 | -707,5 | 0,34 |
| S13 | K | 6 | -890,1 | 0,42 | -153,5 | 0,07 | -484,6 | 0,23 |
| S18 | G | 3 | -1316,7 | 0,63 | -1150,4 | 0,55 | -1242,7 | 0,59 |
| S18 | M | 3 | -1311,9 | 0,63 | -718,3 | 0,34 | -1260,9 | 0,60 |
| S19 | J | 3 | -1463,9 | 0,62 | -1059,3 | 0,45 | -1518,0 | 0,64 |
| S21 | G | 2 | -1087,1 | 0,52 | -1187,1 | 0,57 | -719,8 | 0,34 |
| S21 | M | 2 | -1077,8 | 0,51 | -320,4 | 0,15 | -667,4 | 0,32 |
| S22 | J | 2 | -1284,3 | 0,54 | -899,1 | 0,38 | -812,4 | 0,34 |
| S23 | D | 1 | -663,5 | 0,32 | -181,9 | 0,09 | -736,1 | 0,35 |
| S23 | P | 1 | -668,0 | 0,32 | -735,7 | 0,35 | -718,9 | 0,34 |
| S24 | G | 1 | -814,8 | 0,39 | -907,7 | 0,43 | -1016,7 | 0,48 |
| S24 | M | 1 | -805,6 | 0,38 | -194,0 | 0,09 | -1076,2 | 0,51 |
| S25 | J | 1 | -1071,6 | 0,45 | -725,5 | 0,31 | -1506,0 | 0,64 |

Tablo A.3.Mevcut Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| Kolon | Aks X | Aks Y | 1G + 1Q + 1XEQ75 | | | Taşıma Kapasiteleri | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) | |
| | | | | | | | Vc + Vws | Vws |
| S1 | A | 11 | -21,48 | 140,83 | 67,27 | 105,03 | 154,36 | 70,2 |
| S1 | T | 11 | -938,32 | 146,91 | 75,22 | 191,23 | 154,36 | 70,2 |
| S2 | E | 11 | -722,76 | 148,48 | 77,38 | 200,55 | 154,36 | 70,2 |
| S2 | O | 11 | -517,60 | 150,63 | 80,22 | 197,02 | 154,36 | 70,2 |
| S3 | H | 12 | -693,34 | 141,22 | 72,18 | 201,04 | 154,36 | 70,2 |
| S3 | L | 12 | -711,58 | 147,10 | 79,93 | 200,55 | 154,36 | 70,2 |
| S5 | A | 10 | -95,13 | 173,87 | 90,03 | 156,91 | 154,36 | 70,2 |
| S5 | T | 10 | -1058,74 | 185,25 | 105,13 | 191,23 | 154,36 | 70,2 |
| S6 | E | 10 | -732,86 | 215,06 | 144,45 | 218,69 | 154,36 | 70,2 |
| S6 | O | 10 | -825,44 | 218,01 | 148,28 | 210,85 | 154,36 | 70,2 |
| S7 | H | 10 | -1432,38 | 219,08 | 121,80 | 258,90 | 154,36 | 70,2 |
| S7 | L | 10 | -522,90 | 224,67 | 129,06 | 294,20 | 154,36 | 70,2 |
| S11 | F | 7 | -740,02 | 218,79 | 123,17 | 217,71 | 154,36 | 70,2 |
| S11 | N | 7 | -1013,14 | 204,67 | 104,44 | 196,14 | 154,36 | 70,2 |
| S12 | F | 6 | -414,53 | 230,07 | 122,88 | 201,04 | 154,36 | 70,2 |
| S12 | N | 6 | -966,85 | 228,01 | 120,23 | 206,24 | 154,36 | 70,2 |
| S14 | C | 5 | 78,45 | 231,93 | 110,33 | 105,03 | 154,36 | 70,2 |
| S14 | R | 5 | -1125,04 | 243,11 | 125,04 | 161,81 | 154,36 | 70,2 |
| S15 | F | 5 | -888,01 | 269,20 | 159,36 | 213,00 | 154,36 | 70,2 |
| S15 | N | 5 | -745,61 | 268,71 | 158,87 | 217,71 | 154,36 | 70,2 |
| S16 | I | 4 | -563,01 | 250,27 | 127,49 | 200,35 | 154,36 | 70,2 |
| S16 | K | 4 | -887,32 | 246,64 | 122,59 | 195,16 | 154,36 | 70,2 |
| S17 | C | 3 | -300,68 | 258,41 | 125,13 | 167,21 | 154,36 | 70,2 |
| S17 | R | 3 | -1236,44 | 266,65 | 136,02 | 139,06 | 154,36 | 70,2 |
| S20 | D | 2 | -160,73 | 292,34 | 148,87 | 164,75 | 154,36 | 70,2 |
| S20 | P | 2 | -1253,70 | 294,89 | 152,30 | 161,81 | 154,36 | 70,2 |
| S4 | J | 12 | -917,92 | 29,32 | 22,56 | 81,89 | 119,15 | 23,8 |
| S8 | J | 9 | -937,53 | 19,52 | 8,83 | 81,40 | 119,15 | 23,8 |
| S9 | I | 8 | -898,30 | 27,46 | 18,14 | 65,22 | 108,37 | 24,2 |
| S9 | K | 8 | -474,65 | 25,99 | 16,77 | 65,71 | 108,37 | 24,2 |
| S10 | B | 7 | -519,76 | 23,83 | 15,00 | 64,23 | 96,60 | 23,6 |
| S10 | S | 7 | -917,92 | 31,38 | 23,54 | 56,88 | 96,60 | 23,6 |
| S13 | I | 6 | -1232,72 | 42,17 | 37,36 | 46,58 | 108,37 | 24,2 |
| S13 | K | 6 | -147,10 | 37,27 | 27,16 | 47,86 | 108,37 | 24,2 |
| S18 | G | 3 | -1142,49 | 47,27 | 35,40 | 55,90 | 108,37 | 24,2 |
| S18 | M | 3 | -710,99 | 48,25 | 36,58 | 70,12 | 108,37 | 24,2 |
| S19 | J | 3 | -1049,33 | 47,07 | 32,85 | 90,22 | 119,15 | 23,8 |
| S21 | G | 2 | -1181,72 | 49,82 | 36,87 | 48,94 | 108,37 | 24,2 |
| S21 | M | 2 | -313,82 | 48,74 | 35,60 | 58,25 | 108,37 | 24,2 |
| S22 | J | 2 | -889,48 | 30,50 | 11,96 | 103,95 | 119,15 | 23,8 |
| S23 | D | 1 | -176,52 | 43,93 | 28,44 | 41,68 | 108,37 | 24,2 |
| S23 | P | 1 | -725,70 | 47,17 | 32,36 | 62,76 | 108,37 | 24,2 |
| S24 | G | 1 | -907,13 | 48,05 | 32,85 | 56,88 | 108,37 | 24,2 |
| S24 | M | 1 | -188,29 | 46,29 | 30,99 | 43,15 | 108,37 | 24,2 |
| S25 | J | 1 | -715,90 | 38,05 | 18,73 | 82,77 | 119,15 | 23,8 |
| Toplam | | | | 6347 | 3530 | 6198 | 6103 | 2283 |

Tablo A.4.Mevcut Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| Kolon | Aks X | Aks Y | 1G + 1Q + 1YEQ75 | | | Taşıma Kapasiteleri | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) | |
| | | | | | | | Vc + Vws | Vws |
| S4 | J | 12 | -1452,88 | 289,89 | 180,25 | 201,33 | 174,95 | 79,6 |
| S8 | J | 9 | -716,68 | 280,28 | 167,11 | 287,34 | 174,95 | 79,6 |
| S9 | I | 8 | -1741,00 | 237,23 | 167,01 | 44,62 | 154,36 | 70,2 |
| S9 | K | 8 | -837,21 | 193,39 | 106,80 | 215,26 | 154,36 | 70,2 |
| S10 | B | 7 | -592,13 | 100,03 | 37,46 | 204,47 | 133,67 | 60,7 |
| S10 | S | 7 | -595,18 | 111,99 | 41,78 | 204,47 | 133,67 | 60,7 |
| S13 | I | 6 | -707,46 | 170,44 | 113,46 | 218,69 | 154,36 | 70,2 |
| S13 | K | 6 | -484,55 | 214,28 | 134,35 | 210,85 | 154,36 | 70,2 |
| S18 | G | 3 | -1242,72 | 189,37 | 106,21 | 189,27 | 154,36 | 70,2 |
| S18 | M | 3 | -1260,86 | 198,39 | 110,82 | 186,33 | 154,36 | 70,2 |
| S19 | J | 3 | -1518,00 | 286,55 | 175,74 | 260,17 | 174,95 | 79,6 |
| S21 | G | 2 | -719,82 | 222,12 | 149,55 | 218,69 | 154,36 | 70,2 |
| S21 | M | 2 | -667,35 | 233,11 | 156,71 | 219,18 | 154,36 | 70,2 |
| S22 | J | 2 | -812,40 | 320,88 | 223,01 | 384,43 | 174,95 | 79,6 |
| S23 | D | 1 | -196,43 | 157,69 | 67,57 | 152,01 | 154,36 | 70,2 |
| S23 | P | 1 | -220,06 | 172,31 | 73,35 | 153,97 | 154,36 | 70,2 |
| S24 | G | 1 | -124,45 | 182,90 | 97,77 | 137,30 | 154,36 | 70,2 |
| S24 | M | 1 | -51,98 | 191,92 | 102,38 | 121,60 | 154,36 | 70,2 |
| S25 | J | 1 | 2,57 | 274,30 | 158,87 | 176,52 | 174,95 | 79,6 |
| S1 | A | 11 | -608,02 | 26,67 | 18,83 | 62,27 | 108,37 | 24,2 |
| S1 | T | 11 | -608,02 | 29,91 | 20,99 | 62,27 | 108,37 | 24,2 |
| S2 | E | 11 | -760,03 | 28,44 | 20,59 | 62,76 | 108,37 | 24,2 |
| S2 | O | 11 | -784,54 | 30,79 | 22,26 | 61,78 | 108,37 | 24,2 |
| S3 | H | 12 | -921,84 | 29,22 | 21,28 | 54,92 | 108,37 | 24,2 |
| S3 | L | 12 | -938,51 | 30,40 | 22,07 | 54,92 | 108,37 | 24,2 |
| S5 | A | 10 | -524,66 | 24,62 | 16,38 | 67,67 | 108,37 | 24,2 |
| S5 | T | 10 | -505,54 | 27,95 | 18,73 | 66,69 | 108,37 | 24,2 |
| S6 | E | 10 | -705,11 | 25,89 | 17,55 | 70,02 | 108,37 | 24,2 |
| S6 | O | 10 | -679,61 | 27,95 | 18,93 | 69,63 | 108,37 | 24,2 |
| S7 | H | 10 | -994,41 | 48,84 | 35,01 | 109,84 | 132,20 | 48,1 |
| S7 | L | 10 | -930,67 | 49,72 | 35,01 | 109,84 | 132,20 | 48,1 |
| S11 | F | 7 | -1064,04 | 18,53 | 8,92 | 55,31 | 108,37 | 24,2 |
| S11 | N | 7 | -855,15 | 19,32 | 9,12 | 66,78 | 108,37 | 24,2 |
| S12 | F | 6 | -649,70 | 16,48 | 6,57 | 69,82 | 108,37 | 24,2 |
| S12 | N | 6 | -650,19 | 17,75 | 7,36 | 69,82 | 108,37 | 24,2 |
| S14 | C | 5 | -637,44 | 26,77 | 18,73 | 62,37 | 108,37 | 24,2 |
| S14 | R | 5 | -694,32 | 29,22 | 20,40 | 62,76 | 108,37 | 24,2 |
| S15 | F | 5 | -650,19 | 20,89 | 11,57 | 69,82 | 108,37 | 24,2 |
| S15 | N | 5 | -823,77 | 21,77 | 11,87 | 67,67 | 108,37 | 24,2 |
| S16 | I | 4 | 340,30 | 36,87 | 29,81 | 21,08 | 108,37 | 24,2 |
| S16 | K | 4 | -421,69 | 31,97 | 24,03 | 56,39 | 108,37 | 24,2 |
| S17 | C | 3 | -741,39 | 27,46 | 19,52 | 62,96 | 108,37 | 24,2 |
| S17 | R | 3 | -791,41 | 30,40 | 21,57 | 62,27 | 108,37 | 24,2 |
| S20 | D | 2 | -806,51 | 29,13 | 21,28 | 68,65 | 108,37 | 24,2 |
| S20 | P | 2 | -890,16 | 31,48 | 22,95 | 65,22 | 108,37 | 24,2 |
| Toplam | | | | 4766 | 2872 | 5500 | 5860 | 2040 |

Tablo A.5.Mevcut Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| Kolon | Aks X | Aks Y | 1G + 1Q - 1YEQ75 | | | Taşıma Kapasiteleri | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) | |
| | | | | | | | Vc + Vws | Vws |
| S4 | J | 12 | -352,95 | 278,71 | 160,64 | 254,98 | 174,95 | 79,6 |
| S8 | J | 9 | -1183,88 | 307,93 | 200,84 | 258,90 | 174,95 | 79,6 |
| S9 | I | 8 | 213,69 | 228,60 | 152,40 | 127,49 | 154,36 | 70,2 |
| S9 | K | 8 | -472,98 | 196,23 | 107,78 | 209,87 | 154,36 | 70,2 |
| S10 | B | 7 | -867,22 | 115,52 | 54,04 | 191,23 | 133,67 | 60,7 |
| S10 | S | 7 | -871,73 | 124,25 | 56,88 | 186,33 | 133,67 | 60,7 |
| S13 | I | 6 | -950,97 | 190,25 | 119,25 | 209,87 | 154,36 | 70,2 |
| S13 | K | 6 | -764,54 | 216,83 | 134,94 | 217,71 | 154,36 | 70,2 |
| S18 | G | 3 | -593,90 | 205,84 | 124,15 | 254,00 | 154,36 | 70,2 |
| S18 | M | 3 | -569,09 | 212,51 | 127,39 | 254,00 | 154,36 | 70,2 |
| S19 | J | 3 | -527,31 | 301,76 | 192,21 | 352,06 | 174,95 | 79,6 |
| S21 | G | 2 | -794,45 | 232,62 | 159,56 | 216,24 | 154,36 | 70,2 |
| S21 | M | 2 | -833,87 | 240,76 | 164,75 | 215,75 | 154,36 | 70,2 |
| S22 | J | 2 | -980,19 | 330,59 | 232,03 | 376,58 | 174,95 | 79,6 |
| S23 | D | 1 | -736,10 | 176,03 | 87,28 | 200,55 | 154,36 | 70,2 |
| S23 | P | 1 | -718,94 | 186,92 | 91,30 | 199,08 | 154,36 | 70,2 |
| S24 | G | 1 | -1016,67 | 199,96 | 116,50 | 176,52 | 154,36 | 70,2 |
| S24 | M | 1 | -1076,20 | 206,73 | 119,84 | 170,64 | 154,36 | 70,2 |
| S25 | J | 1 | -1506,03 | 297,44 | 186,43 | 189,27 | 174,95 | 79,6 |
| S1 | A | 11 | -283,42 | 23,54 | 14,91 | 50,51 | 108,37 | 24,2 |
| S1 | T | 11 | -293,22 | 25,99 | 16,48 | 50,51 | 108,37 | 24,2 |
| S2 | E | 11 | -458,96 | 26,09 | 17,46 | 57,86 | 108,37 | 24,2 |
| S2 | O | 11 | -433,46 | 27,85 | 18,63 | 56,88 | 108,37 | 24,2 |
| S3 | H | 12 | -461,90 | 25,11 | 16,08 | 58,35 | 108,37 | 24,2 |
| S3 | L | 12 | -450,13 | 25,99 | 16,67 | 57,86 | 108,37 | 24,2 |
| S5 | A | 10 | -631,56 | 27,95 | 19,91 | 69,14 | 108,37 | 24,2 |
| S5 | T | 10 | -654,80 | 30,50 | 21,67 | 69,82 | 108,37 | 24,2 |
| S6 | E | 10 | -863,00 | 29,13 | 20,89 | 65,71 | 108,37 | 24,2 |
| S6 | O | 10 | -884,57 | 30,70 | 21,87 | 65,22 | 108,37 | 24,2 |
| S7 | H | 10 | -979,70 | 50,11 | 35,99 | 109,84 | 132,20 | 48,1 |
| S7 | L | 10 | -1022,85 | 50,80 | 35,99 | 109,35 | 132,20 | 48,1 |
| S11 | F | 7 | -776,01 | 19,81 | 10,00 | 69,92 | 108,37 | 24,2 |
| S11 | N | 7 | -916,35 | 20,40 | 10,10 | 63,25 | 108,37 | 24,2 |
| S12 | F | 6 | -784,54 | 17,46 | 7,36 | 69,14 | 108,37 | 24,2 |
| S12 | N | 6 | -721,78 | 18,34 | 7,85 | 70,12 | 108,37 | 24,2 |
| S14 | C | 5 | -397,18 | 24,42 | 15,69 | 54,43 | 108,37 | 24,2 |
| S14 | R | 5 | -358,44 | 26,28 | 16,87 | 53,94 | 108,37 | 24,2 |
| S15 | F | 5 | -995,88 | 17,55 | 7,36 | 59,63 | 108,37 | 24,2 |
| S15 | N | 5 | -817,30 | 18,14 | 7,55 | 68,65 | 108,37 | 24,2 |
| S16 | I | 4 | -1611,55 | 36,68 | 29,32 | 14,12 | 108,37 | 24,2 |
| S16 | K | 4 | -895,36 | 32,85 | 24,81 | 57,86 | 108,37 | 24,2 |
| S17 | C | 3 | -791,70 | 27,85 | 19,52 | 62,27 | 108,37 | 24,2 |
| S17 | R | 3 | -752,77 | 30,01 | 21,08 | 62,76 | 108,37 | 24,2 |
| S20 | D | 2 | -589,39 | 28,05 | 19,81 | 68,65 | 108,37 | 24,2 |
| S20 | P | 2 | -521,72 | 29,91 | 20,99 | 67,67 | 108,37 | 24,2 |
| Toplam | | | | 4971 | 3063 | 5924 | 5860 | 2040 |

Tablo A.6.Mevcut Sistem Kirişlerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| KİRİŞ | 1G + 1Q + 1XEQ75 | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|
| | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| K01j | -87,5 | 47,3 | -108,0 | 151,2 |
| K02i | -87,4 | 51,0 | -101,5 | 151,2 |
| K02j | -47,1 | 51,0 | -45,3 | 151,2 |
| K03i | -133,1 | 98,1 | -140,1 | 151,2 |
| K03j | -123,7 | 94,1 | -140,1 | 151,2 |
| K05i | -202,1 | 153,4 | -234,1 | 178,2 |
| K05j | -147,1 | 120,7 | -125,6 | 178,2 |
| K06i | -182,9 | 158,1 | -125,6 | 178,2 |
| K06j | -219,7 | 166,1 | -201,2 | 178,2 |
| K07j | -42,4 | 38,4 | -31,3 | 96,8 |
| K43i | -32,6 | 33,3 | -31,3 | 96,8 |
| K09i | -90,3 | 66,9 | -56,1 | 151,2 |
| K09j | -138,3 | 79,3 | -182,8 | 151,2 |
| K10i | -178,3 | 94,1 | -230,1 | 178,2 |
| K12i | -211,5 | 122,6 | -165,0 | 178,2 |
| K12j | -81,6 | 109,9 | -53,8 | 178,2 |
| K13i | -212,4 | 150,5 | -169,5 | 151,2 |
| K13j | -181,6 | 166,9 | -119,3 | 151,2 |
| K14i | -181,8 | 104,5 | -153,9 | 178,2 |
| K15i | -137,3 | 203,0 | -57,4 | 96,8 |
| K16i | -255,6 | 118,7 | -141,9 | 178,2 |
| K16j | -110,6 | 127,1 | -66,7 | 178,2 |
| K17i | -57,7 | 66,2 | -66,7 | 178,2 |
| K17j | -90,0 | 50,6 | -53,7 | 178,2 |
| K19i | -276,2 | 150,2 | -196,6 | 178,2 |
| K19j | -120,2 | 139,0 | -53,8 | 178,2 |
| K21i | -99,8 | 64,9 | -45,3 | 151,2 |
| K21j | -96,6 | 66,8 | -45,3 | 151,2 |

Tablo A.7.Mevcut Sistem Kirişlerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| KİRİŞ | 1G + 1Q + 1YEQ75 | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|
| | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| K22i | -54,3 | 45,9 | -45,6 | 151,2 |
| K22j | -56,3 | 44,1 | -45,6 | 151,2 |
| K23i | -82,5 | 53,1 | -141,4 | 136,0 |
| K25i | -54,0 | 46,7 | -45,3 | 151,2 |
| K25j | -55,4 | 39,2 | -45,8 | 151,2 |
| K26i | -120,8 | 70,4 | -170,2 | 151,2 |
| K26j | -66,4 | 60,8 | -56,7 | 151,2 |
| K27i | -61,8 | 52,7 | -53,8 | 178,2 |
| K27j | -72,7 | 58,8 | -66,7 | 178,2 |
| K30i | -201,5 | 150,0 | -198,9 | 178,2 |
| K30j | -152,8 | 125,1 | -111,1 | 178,2 |
| K31i | -163,6 | 150,3 | -111,1 | 178,2 |
| K31j | -202,6 | 149,7 | -201,2 | 178,2 |
| K33j | -89,8 | 61,8 | -66,7 | 178,2 |
| K34i | -88,6 | 74,3 | -66,7 | 178,2 |
| K34j | -67,6 | 50,0 | -53,7 | 178,2 |
| K36i | -77,4 | 73,6 | -66,7 | 178,2 |
| K36j | -103,5 | 70,6 | -123,1 | 178,2 |
| K37i | -172,1 | 112,0 | -123,1 | 178,2 |
| K37j | -182,9 | 110,8 | -174,0 | 178,2 |
| K38İ | -276,6 | 195,2 | -291,1 | 259,7 |
| K38j | -233,2 | 215,7 | -146,4 | 259,7 |
| K39i | -241,3 | 245,2 | -146,4 | 259,7 |
| K39j | -331,4 | 223,9 | -266,6 | 259,7 |
| K41i | -339,4 | 242,2 | -316,6 | 259,7 |
| K41j | -360,7 | 216,8 | -316,6 | 259,7 |

Tablo A.8.Mevcut Sistem Kolonlarında Mx / My Oranları

| Kolon | Aks X | Aks Y | XEQ75 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | My ( kNm ) | Mx ( kNm ) | Mx / My |
| S1 | A | 11 | 144,6 | -11,0 | 0,08 |
| S1 | T | 11 | 144,6 | 11,7 | 0,08 |
| S2 | E | 11 | 150,3 | -7,2 | 0,05 |
| S2 | O | 11 | 150,3 | 8,0 | 0,05 |
| S3 | H | 12 | 145,0 | -2,9 | 0,02 |
| S3 | L | 12 | 145,1 | 3,7 | 0,03 |
| S5 | A | 10 | 179,8 | -11,6 | 0,06 |
| S5 | T | 10 | 179,9 | 12,4 | 0,07 |
| S6 | E | 10 | 216,9 | -9,0 | 0,04 |
| S6 | O | 10 | 216,9 | 9,8 | 0,05 |
| S7 | H | 10 | 222,3 | -6,5 | 0,03 |
| S7 | L | 10 | 222,3 | 7,8 | 0,04 |
| S11 | F | 7 | 213,7 | -3,3 | 0,02 |
| S11 | N | 7 | 211,5 | 3,7 | 0,02 |
| S12 | F | 6 | 229,2 | -2,9 | 0,01 |
| S12 | N | 6 | 228,5 | 3,3 | 0,01 |
| S14 | C | 5 | 236,8 | -7,7 | 0,03 |
| S14 | R | 5 | 236,7 | 8,5 | 0,04 |
| S15 | F | 5 | 267,7 | -2,9 | 0,01 |
| S15 | N | 5 | 267,4 | 3,4 | 0,01 |
| S16 | I | 4 | 248,5 | -5,1 | 0,02 |
| S16 | K | 4 | 247,7 | 6,3 | 0,03 |
| S17 | C | 3 | 261,0 | -10,1 | 0,04 |
| S17 | R | 3 | 261,4 | 11,0 | 0,04 |
| S20 | D | 2 | 291,9 | -7,2 | 0,02 |
| S20 | P | 2 | 291,7 | 8,0 | 0,03 |

Tablo A.9.Mevcut Sistem Kolonlarında My / Mx Oranları

| Kolon | Aks X | Aks Y | YEQ75 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mx ( kNm ) | My ( kNm ) | My / Mx |
| S4 | J | 12 | 284,3 | -1,2 | 0,00 |
| S8 | J | 9 | 294,2 | -0,1 | 0,00 |
| S9 | I | 8 | 233,0 | 0,6 | 0,00 |
| S9 | K | 8 | 194,9 | -0,2 | 0,00 |
| S10 | B | 7 | 107,8 | -0,3 | 0,00 |
| S10 | S | 7 | 118,2 | 1,1 | 0,01 |
| S13 | I | 6 | 180,4 | 3,0 | 0,02 |
| S13 | K | 6 | 215,6 | -0,2 | 0,00 |
| S18 | G | 3 | 197,7 | 0,9 | 0,00 |
| S18 | M | 3 | 205,5 | 2,7 | 0,01 |
| S19 | J | 3 | 294,2 | 1,6 | 0,01 |
| S21 | G | 2 | 227,5 | 2,5 | 0,01 |
| S21 | M | 2 | 237,0 | 1,8 | 0,01 |
| S22 | J | 2 | 325,7 | 1,2 | 0,00 |
| S23 | D | 1 | 166,9 | 2,5 | 0,02 |
| S23 | P | 1 | 191,5 | 2,7 | 0,01 |
| S24 | G | 1 | 199,4 | 2,0 | 0,01 |
| S24 | M | 1 | 179,6 | 2,0 | 0,01 |
| S25 | J | 1 | 286,0 | 1,8 | 0,01 |

Tablo A.10.Mevcut Sistemde X Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Bulunan Rölatif Kat Deplasmanlarının Kontrolü

| KAT | $\Delta_i$ ( m ) | $h_i$ ( m ) | 0,0025 x $h_i$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,85E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 2 | 4,00E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 3 | 4,95E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 4 | 5,90E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 5 | 5,20E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 6 | 3,90E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 7 | 2,40E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |

Tablo A.11.Mevcut Sistem Y Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Bulunan Rölatif Kat Deplasmanlarının Kontrolü

| KAT | $\Delta_i$ ( m ) | $h_i$ ( m ) | 0,0025 x $h_i$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,51E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 2 | 2,99E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 3 | 3,59E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 4 | 4,01E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 5 | 3,80E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 6 | 2,90E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |
| 7 | 2,20E-03 | 2,9 | 7,25E-03 |

Tablo A.12.Güçlendirilmiş Sistemde Perdelerin Kat Hizalarındaki Kesitlerinde Bulunan Dönme Şekildeğiştirmeleri

| | KAT | X DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | | Y DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MODEL9 | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 |
| | 1 | 1,23E-04 | 1,18E-04 | 9,92E-05 | 1,00E-04 | 1,39E-04 | 1,40E-04 | 1,40E-04 | 1,38E-04 |
| | 2 | 2,27E-04 | 2,14E-04 | 1,84E-04 | 1,80E-04 | 2,57E-04 | 2,58E-04 | 2,58E-04 | 2,57E-04 |
| | 3 | 3,00E-04 | 2,78E-04 | 2,42E-04 | 2,32E-04 | 3,39E-04 | 3,39E-04 | 3,40E-04 | 3,39E-04 |
| | 4 | 3,45E-04 | 3,15E-04 | 2,77E-04 | 2,60E-04 | 3,91E-04 | 3,89E-04 | 3,90E-04 | 3,92E-04 |
| | 5 | 3,68E-04 | 3,32E-04 | 2,95E-04 | 2,71E-04 | 4,19E-04 | 4,14E-04 | 4,16E-04 | 4,19E-04 |
| | 6 | 3,76E-04 | 3,35E-04 | 3,00E-04 | 2,70E-04 | 4,29E-04 | 4,22E-04 | 4,25E-04 | 4,29E-04 |
| MODEL10A | KAT | X DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | | Y DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | |
| | | P5P1P6 | P2 | P3 | P4P8 | P5P1P6 | | P7 | P8 |
| | 1 | 7,38E-05 | 1,00E-04 | 7,91E-05 | 8,21E-05 | 7,94E-05 | | 1,05E-04 | 9,47E-05 |
| | 2 | 1,40E-04 | 1,78E-04 | 1,44E-04 | 1,44E-04 | 1,47E-04 | | 1,89E-04 | 1,72E-04 |
| | 3 | 1,88E-04 | 2,28E-04 | 1,89E-04 | 1,86E-04 | 1,97E-04 | | 2,45E-04 | 2,26E-04 |
| | 4 | 2,21E-04 | 2,57E-04 | 2,16E-04 | 2,09E-04 | 2,31E-04 | | 2,78E-04 | 2,60E-04 |
| | 5 | 2,41E-04 | 2,69E-04 | 2,30E-04 | 2,20E-04 | 2,51E-04 | | 2,93E-04 | 2,78E-04 |
| | 6 | 2,50E-04 | 2,71E-04 | 2,35E-04 | 2,22E-04 | 2,60E-04 | | 2,96E-04 | 2,84E-04 |
| MODEL11 | KAT | X DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | | Y DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | |
| | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 |
| | 1 | 7,58E-05 | 9,49E-05 | 8,23E-05 | 8,64E-05 | 9,83E-05 | 9,99E-05 | 1,11E-04 | 9,97E-05 |
| | 2 | 1,39E-04 | 1,68E-04 | 1,51E-04 | 1,54E-04 | 1,80E-04 | 1,81E-04 | 1,99E-04 | 1,83E-04 |
| | 3 | 1,84E-04 | 2,15E-04 | 1,97E-04 | 1,96E-04 | 2,35E-04 | 2,36E-04 | 2,56E-04 | 2,40E-04 |
| | 4 | 2,14E-04 | 2,41E-04 | 2,24E-04 | 2,20E-04 | 2,70E-04 | 2,70E-04 | 2,90E-04 | 2,75E-04 |
| | 5 | 2,30E-04 | 2,51E-04 | 2,36E-04 | 2,29E-04 | 2,87E-04 | 2,87E-04 | 3,05E-04 | 2,92E-04 |
| | 6 | 2,36E-04 | 2,51E-04 | 2,39E-04 | 2,28E-04 | 2,93E-04 | 2,91E-04 | 3,08E-04 | 2,98E-04 |
| MODEL14 | KAT | X DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | | Y DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | |
| | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 |
| | 1 | 7,70E-05 | 1,03E-04 | 9,02E-05 | 8,63E-05 | 1,34E-04 | 1,35E-04 | 1,36E-04 | 1,18E-04 |
| | 2 | 1,57E-04 | 1,85E-04 | 1,67E-04 | 1,63E-04 | 2,49E-04 | 2,49E-04 | 2,50E-04 | 2,24E-04 |
| | 3 | 2,23E-04 | 2,41E-04 | 2,21E-04 | 2,16E-04 | 3,33E-04 | 3,32E-04 | 3,33E-04 | 2,93E-04 |
| | 4 | 2,69E-04 | 2,75E-04 | 2,54E-04 | 2,46E-04 | 3,90E-04 | 3,87E-04 | 3,89E-04 | 4,22E-04 |
| | 5 | 2,97E-04 | 2,91E-04 | 2,71E-04 | 2,59E-04 | 4,21E-04 | 4,17E-04 | 4,19E-04 | 4,35E-04 |
| | 6 | 3,10E-04 | 2,95E-04 | 2,76E-04 | 2,60E-04 | 4,33E-04 | 4,26E-04 | 4,29E-04 | 4,40E-04 |
| MODEL15 | KAT | X DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | | Y DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | |
| | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 |
| | 1 | 7,70E-05 | 9,84E-05 | 8,72E-05 | 8,70E-05 | 1,32E-04 | 1,34E-04 | 1,34E-04 | 1,24E-04 |
| | 2 | 1,46E-04 | 1,75E-04 | 1,60E-04 | 1,59E-04 | 2,44E-04 | 2,45E-04 | 2,46E-04 | 2,33E-04 |
| | 3 | 1,96E-04 | 2,25E-04 | 2,10E-04 | 2,07E-04 | 3,22E-04 | 3,22E-04 | 3,23E-04 | 3,11E-04 |
| | 4 | 2,29E-04 | 2,53E-04 | 2,40E-04 | 2,34E-04 | 3,71E-04 | 3,69E-04 | 3,70E-04 | 3,62E-04 |
| | 5 | 2,48E-04 | 2,65E-04 | 2,54E-04 | 2,47E-04 | 3,97E-04 | 3,93E-04 | 3,95E-04 | 3,89E-04 |
| | 6 | 2,57E-04 | 2,66E-04 | 2,58E-04 | 2,49E-04 | 4,06E-04 | 4,00E-04 | 4,02E-04 | 4,01E-04 |
| MODEL16 | KAT | X DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | | Y DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | |
| | | P5P1P6 | P2 | P3 | P4P8 | P5P1P6 | | P7 | P8 |
| | 1 | 7,69E-05 | 9,89E-05 | 8,72E-05 | 8,82E-05 | 8,98E-05 | | 1,06E-04 | 9,80E-05 |
| | 2 | 1,45E-04 | 1,76E-04 | 1,60E-04 | 1,61E-04 | 1,69E-04 | | 1,92E-04 | 1,81E-04 |
| | 3 | 1,95E-04 | 2,26E-04 | 2,10E-04 | 2,09E-04 | 2,26E-04 | | 2,49E-04 | 2,39E-04 |
| | 4 | 2,28E-04 | 2,54E-04 | 2,40E-04 | 2,37E-04 | 2,63E-04 | | 2,83E-04 | 2,76E-04 |
| | 5 | 2,47E-04 | 2,66E-04 | 2,54E-04 | 2,49E-04 | 2,84E-04 | | 3,00E-04 | 2,96E-04 |
| | 6 | 2,55E-04 | 2,67E-04 | 2,58E-04 | 2,51E-04 | 2,93E-04 | | 3,04E-04 | 3,03E-04 |

Tablo A.13.Model 10A ve Model 10B Serbest Titreşim Analizi Sonuçları

| MODEL | MOD | PERİYOT | KÜTLE KATILIM ORANLARI TOPLAMI | | MODEL | MOD | PERİYOT | KÜTLE KATILIM ORANLARI TOPLAMI | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (sn) | X Doğrultusu | Y Doğrultusu | | | (sn) | X Doğrultusu | Y Doğrultusu |
| MODEL 10A | 1 | 0,304 | 5,06 | 0,02 | MODEL 10B | 1 | 0,302 | 5,29 | 0,02 |
| | 2 | 0,260 | 5,06 | 70,61 | | 2 | 0,258 | 5,29 | 70,69 |
| | 3 | 0,237 | 70,65 | 70,62 | | 3 | 0,234 | 70,70 | 70,70 |
| | 4 | 0,068 | 72,03 | 70,63 | | 4 | 0,067 | 72,13 | 70,70 |
| | 5 | 0,064 | 72,03 | 90,31 | | 5 | 0,063 | 72,13 | 90,36 |
| | 6 | 0,058 | 90,36 | 90,32 | | 6 | 0,057 | 90,39 | 90,36 |
| | 7 | 0,031 | 90,45 | 94,79 | | 7 | 0,030 | 90,46 | 95,10 |

Tablo A.14. Model 10A ve Model 10B' de X Doğrultusunda Yatay Yük Analizi Sonucu Perde Taban Kesitlerinde Bulunan Momentler

| MODEL | PERDE ADI | Moment ( kNm ) | Kesme ( kN ) | MODEL | PERDE ADI | Moment ( kNm ) | Kesme ( kN ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MODEL 10A | P1 | - | - | MODEL 10B | P1 | - | - |
| | P2 | 6479,7 | 668,3 | | P2 | 6559,5 | 671,1 |
| | P3 | 12172,1 | 938,6 | | P3 | 12188,7 | 935,7 |
| | P4 | - | - | | P4 | - | - |
| | P4P8 | 6980,0 | 698,4 | | P4P8 | 6940,3 | 691,3 |
| | P5P1P6 | 11714,4 | 758,7 | | P5P1P6 | 11627,3 | 760,1 |

Tablo A.15. Model 10A ve Model 10B' de Y Doğrultusunda Yatay Yük Analizi Sonucu Perde Taban Kesitlerinde Bulunan Momentler

| MODEL | PERDE ADI | Moment ( kNm ) | Kesme ( kN ) | MODEL | PERDE ADI | Moment ( kNm ) | Kesme ( kN ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MODEL 10A | P5 | 8937,1 | 824,0 | MODEL 10B | P5 | - | - |
| | P6 | 6571,8 | 765,5 | | P6 | - | - |
| | P7 | 6731,0 | 638,0 | | P7 | 6764,8 | 643,4 |
| | P8 | - | - | | P8 | - | - |
| | P4P8 | 8906,2 | 686,2 | | P4P8 | 9064,1 | 682,9 |
| | P5P1P6 | 22453,1 | 1589,4 | | P5P1P6 | 22382,4 | 1583,6 |

Tablo A.16.Güçlendirilmiş Sistemde Perdelerin Kat Hizalarındaki Kesitlerinde Bulunan Momentler

| Model10A | My ( kNm ) | | | | Mx ( kNm ) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P5P1P6 | P2 | P3 | P4P8 | P5P1P6 | P7 | P4P8 |
| KAT1 | 11714,4 | 6479,7 | 12172,1 | 6980,0 | 22453,1 | 6731,0 | 8906,2 |
| KAT2 | 7945,1 | 2993,3 | 6279,0 | 3326,5 | 12313,0 | 4227,0 | 4344,9 |
| KAT3 | 6091,6 | 1974,8 | 4424,1 | 2292,0 | 9288,5 | 2898,6 | 3137,5 |
| KAT4 | 4359,9 | 1209,9 | 2870,1 | 1468,2 | 6606,3 | 1808,2 | 2116,8 |
| KAT5 | 2797,2 | 606,3 | 1583,7 | 793,9 | 4197,7 | 940,6 | 1246,4 |
| KAT6 | 1504,2 | 171,4 | 629,1 | 291,0 | 2226,1 | 319,3 | 578,8 |
| KAT7 | 558,8 | -66,5 | 57,4 | -11,6 | 809,1 | -16,1 | 160,8 |

Tablo A.17.Model10A ve Model16‘ da Perdelerin Kat Hizalarındaki Kesitlerinde Bulunan Dönme Şekildeğiştirmelerinin Karşılaştırması

| MODEL10A - MODEL16 | KAT | X DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | | | Y DOĞRULTUSUNDA YATAY YÜKLEME | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P5P1P6 | P2 | P3 | P4P8 | P5P1P6 | P7 | P8 |
| | 1 | 0,04 | 0,01 | 0,10 | 0,07 | 0,13 | 0,01 | 0,03 |
| | 2 | 0,04 | 0,01 | 0,11 | 0,11 | 0,15 | 0,01 | 0,06 |
| | 3 | 0,04 | 0,01 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,01 | 0,06 |
| | 4 | 0,03 | 0,01 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,02 | 0,06 |
| | 5 | 0,03 | 0,01 | 0,10 | 0,13 | 0,13 | 0,02 | 0,07 |
| | 6 | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,13 | 0,13 | 0,03 | 0,07 |

Tablo A.18.Güçlendirilmiş Sistemde X Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Perde Taban Kesitlerinde Bulunan Momentler

| MODEL | PERDE ADI | Moment ( kNm ) | Kesme ( kN ) | MODEL | PERDE ADI | Moment ( kNm ) | Kesme ( kN ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MODEL 9 | P1 | 8203,7 | 647,2 | MODEL 13 | P1 | 9396,3 | 777,7 |
| | P2 | 7089,8 | 679,4 | | P2 | 8149,9 | 662,6 |
| | P3 | 12711,6 | 975,3 | | P3 | 14623,4 | 932,3 |
| | P4 | 5870,3 | 608,4 | | P4 | 7138,7 | 638,1 |
| | P4P8 | - | - | | P4P8 | - | - |
| | P5P1P6 | - | - | | P5P1P6 | - | - |
| MODEL 10A | P1 | - | - | MODEL 14 | P1 | 10692,5 | 749,4 |
| | P2 | 6479,67 | 668,3 | | P2 | 6191,3 | 626,0 |
| | P3 | 12172,14 | 938,6 | | P3 | 11593,8 | 914,9 |
| | P4 | - | - | | P4 | 6664,0 | 664,3 |
| | P4P8 | 6979,98 | 698,4 | | P4P8 | - | - |
| | P5P1P6 | 11714,4 | 758,7 | | P5P1P6 | - | - |
| MODEL 11 | P1 | 5460,9 | 705,6 | MODEL 15 | P1 | 11434,83 | 722,1 |
| | P2 | 5806,4 | 635,1 | | P2 | 5997,254 | 641,0 |
| | P3 | 10675,2 | 905,9 | | P3 | 11271,16 | 927,8 |
| | P4 | 5154,5 | 593,7 | | P4 | 7043,542 | 656,2 |
| | P4P8 | 7144,4 | 734,7 | | P4P8 | - | - |
| | P5P1P6 | 13639,1 | 804,4 | | P5P1P6 | - | - |
| MODEL 12 | P1 | 9412,0 | 751,5 | MODEL 16 | P1 | - | - |
| | P2 | 7636,7 | 642,7 | | P2 | 6047,367 | 657,6 |
| | P3 | 14476,5 | 938,1 | | P3 | 11290,28 | 941,1 |
| | P4 | 6527,9 | 599,5 | | P4 | 7138,276 | 658,5 |
| | P4P8 | - | - | | P4P8 | - | - |
| | P5P1P6 | - | - | | P5P1P6 | 11456,31 | 750,1 |

Tablo A.19.Güçlendirilmiş Sistemde Y Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Perde Taban Kesitlerinde Bulunan Momentler

| MODEL | PERDE ADI | Moment ( kNm ) | Kesme ( kN ) | MODEL | PERDE ADI | Moment ( kNm ) | Kesme ( kN ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MODEL 9 | P5 | 10169,3 | 789,0 | MODEL 13 | P5 | 10276,3 | 805,7 |
| | P6 | 8055,7 | 729,4 | | P6 | 8180,2 | 706,9 |
| | P7 | 7868,2 | 663,9 | | P7 | 9432,9 | 735,1 |
| | P8 | 8845,7 | 682,2 | | P8 | 9356,1 | 744,3 |
| | P4P8 | - | - | | P4P8 | - | - |
| | P5P1P6 | - | - | | P5P1P6 | - | - |
| MODEL 10A | P5 | 8937,1 | 823,98 | MODEL 14 | P5 | 9840,1 | 765,8 |
| | P6 | 6571,8 | 765,4 | | P6 | 7784,7 | 709,3 |
| | P7 | 6730,97 | 637,98 | | P7 | 7606,8 | 646,3 |
| | P8 | - | - | | P8 | 9939,8 | 758,8 |
| | P4P8 | 8906,2 | 686,1 | | P4P8 | - | - |
| | P5P1P6 | 22453,1 | 1589,4 | | P5P1P6 | - | - |
| MODEL 11 | P5 | 7552,0 | 813,6 | MODEL 15 | P5 | 9739,5 | 777,2 |
| | P6 | 6043,6 | 753,6 | | P6 | 7720,1 | 718,3 |
| | P7 | 6327,6 | 623,5 | | P7 | 7541,0 | 654,5 |
| | P8 | 6641,2 | 694,1 | | P8 | 10585,0 | 728,2 |
| | P4P8 | 9591,9 | 741,9 | | P4P8 | - | - |
| | P5P1P6 | 22210,5 | 1570,3 | | P5P1P6 | - | - |
| MODEL 12 | P5 | 10890,6 | 784,1 | MODEL 16 | P5 | - | - |
| | P6 | 7904,8 | 682,2 | | P6 | - | - |
| | P7 | 8518,1 | 708,3 | | P7 | 6096,401 | 606,9 |
| | P8 | 9646,6 | 744,8 | | P8 | 8470,432 | 670,6 |
| | P4P8 | - | - | | P4P8 | - | - |
| | P5P1P6 | - | - | | P5P1P6 | 23507,6 | 1641,5 |

Tablo A.20.Güçlendirilmiş Sistem Serbest Titreşim Analizi Sonuçları

| MODEL | MOD | PERİYOT | KÜTLE KATILIM ORANLARI TOPLAMI | | MODEL | MOD | PERİYOT | KÜTLE KATILIM ORANLARI TOPLAMI | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (sn) | X Doğrultusu | Y Doğrultusu | | | (sn) | X Doğrultusu | Y Doğrultusu |
| MODEL 9 | 1 | 0,302 | 0,22 | 68,16 | MODEL 13 | 1 | 0,232 | 0,11 | 68,84 |
| | 2 | 0,292 | 21,22 | 68,80 | | 2 | 0,228 | 3,85 | 70,31 |
| | 3 | 0,256 | 69,70 | 68,80 | | 3 | 0,211 | 71,00 | 70,31 |
| | 4 | 0,068 | 69,71 | 89,60 | | 4 | 0,056 | 71,00 | 89,99 |
| | 5 | 0,064 | 80,24 | 89,61 | | 5 | 0,053 | 89,49 | 89,99 |
| | 6 | 0,062 | 89,89 | 89,61 | | 6 | 0,053 | 90,23 | 90,00 |
| | 7 | 0,032 | 89,89 | 95,71 | | 7 | 0,027 | 90,23 | 95,65 |
| MODEL 10A | 1 | 0,304 | 5,06 | 0,02 | MODEL 14 | 1 | 0,300 | 0,01 | 68,09 |
| | 2 | 0,260 | 5,06 | 70,61 | | 2 | 0,267 | 8,91 | 68,13 |
| | 3 | 0,237 | 70,65 | 70,62 | | 3 | 0,250 | 69,49 | 68,13 |
| | 4 | 0,068 | 72,03 | 70,63 | | 4 | 0,070 | 69,49 | 89,16 |
| | 5 | 0,064 | 72,03 | 90,31 | | 5 | 0,063 | 71,37 | 89,16 |
| | 6 | 0,058 | 90,36 | 90,32 | | 6 | 0,062 | 89,95 | 89,16 |
| | 7 | 0,031 | 90,45 | 94,79 | | 7 | 0,032 | 89,96 | 95,68 |
| MODEL 11 | 1 | 0,264 | 2,30 | 5,03 | MODEL 15 | 1 | 0,294 | 0,01 | 68,91 |
| | 2 | 0,262 | 2,40 | 70,07 | | 2 | 0,255 | 0,43 | 68,93 |
| | 3 | 0,237 | 70,57 | 70,09 | | 3 | 0,245 | 70,23 | 68,94 |
| | 4 | 0,063 | 70,58 | 90,30 | | 4 | 0,067 | 70,23 | 89,78 |
| | 5 | 0,061 | 72,25 | 90,33 | | 5 | 0,061 | 81,54 | 89,78 |
| | 6 | 0,058 | 90,44 | 90,33 | | 6 | 0,059 | 90,42 | 89,78 |
| | 7 | 0,030 | 90,44 | 95,94 | | 7 | 0,031 | 90,42 | 95,78 |
| MODEL 12 | 1 | 0,310 | 0,06 | 67,50 | MODEL 16 | 1 | 0,259 | 0,08 | 69,54 |
| | 2 | 0,290 | 63,44 | 67,58 | | 2 | 0,248 | 17,24 | 69,74 |
| | 3 | 0,259 | 67,84 | 67,60 | | 3 | 0,244 | 70,28 | 69,74 |
| | 4 | 0,064 | 67,84 | 88,69 | | 4 | 0,061 | 70,29 | 90,60 |
| | 5 | 0,060 | 88,16 | 88,69 | | 5 | 0,059 | 88,17 | 90,61 |
| | 6 | 0,057 | 88,97 | 88,69 | | 6 | 0,058 | 90,53 | 90,61 |
| | 7 | 0,028 | 88,97 | 95,27 | | 7 | 0,029 | 90,53 | 96,13 |

Tablo A.21.Güçlendirilmiş Sistem Kolonlarında Boyutsuz Normal Kuvvet Değerleri

| Kolon | Aks X | Aks Y | 1.4 G + 1.6 Q | | 1G + 1Q + 1XEQ97 | | 1G + 1Q + 1YEQ97 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N ( kN ) | n | N ( kN ) | n | N ( kN ) | n |
| S3 | H | 12 | -804,1 | 0,38 | -585,7 | 0,28 | -683,6 | 0,33 |
| S3 | L | 12 | -803,6 | 0,38 | -542,4 | 0,26 | -683,6 | 0,33 |
| S12 | F | 6 | -583,8 | 0,28 | -459,5 | 0,22 | -420,2 | 0,20 |
| S12 | N | 6 | -545,5 | 0,26 | -328,9 | 0,16 | -389,9 | 0,19 |
| S16 | I | 4 | -666,8 | 0,32 | -517,3 | 0,25 | -643,6 | 0,31 |
| S16 | K | 4 | -681,7 | 0,32 | -445,3 | 0,21 | -502,3 | 0,24 |
| S17 | C | 3 | -685,3 | 0,33 | -354,9 | 0,17 | -514,4 | 0,25 |
| S17 | R | 3 | -687,9 | 0,33 | -608,9 | 0,29 | -518,8 | 0,25 |
| S4 | J | 12 | -1191,2 | 0,50 | -835,9 | 0,35 | -974,4 | 0,41 |
| S8 | J | 9 | -1223,3 | 0,52 | -857,2 | 0,36 | -897,2 | 0,38 |
| S9 | I | 8 | -803,5 | 0,38 | -693,5 | 0,33 | -763,1 | 0,36 |
| S9 | K | 8 | -691,2 | 0,33 | -353,8 | 0,17 | -516,0 | 0,25 |
| S13 | I | 6 | -912,1 | 0,43 | -812,5 | 0,39 | -664,8 | 0,32 |
| S13 | K | 6 | -671,2 | 0,32 | -292,1 | 0,14 | -499,5 | 0,24 |
| S19 | J | 3 | -1094,6 | 0,46 | -768,0 | 0,33 | -973,8 | 0,41 |
| S22 | J | 2 | -1124,6 | 0,48 | -785,5 | 0,33 | -802,9 | 0,34 |
| S24 | G | 1 | -491,1 | 0,23 | -413,7 | 0,20 | -565,1 | 0,27 |
| S24 | M | 1 | -489,7 | 0,23 | -273,3 | 0,13 | -565,3 | 0,27 |
| S25 | J | 1 | -1033,8 | 0,44 | -724,7 | 0,31 | -894,3 | 0,38 |

Tablo A.22.Güçlendirilmiş Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| Kolon | Aks X | Aks Y | 1G + 1Q + 1XEQ97 | | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| S3 | H | 12 | -585,7 | 26,5 | 11,17976 | 201,0 | 70,2 |
| S3 | L | 12 | -542,4 | 34,0 | 21,08463 | 200,1 | 70,2 |
| S12 | F | 6 | -459,5 | 28,6 | 12,94498 | 209,8 | 70,2 |
| S12 | N | 6 | -328,9 | 36,4 | 23,24213 | 191,2 | 70,2 |
| S16 | I | 4 | -517,3 | 33,0 | 18,33873 | 197,0 | 70,2 |
| S16 | K | 4 | -445,3 | 31,5 | 16,37737 | 188,8 | 70,2 |
| S17 | C | 3 | -354,9 | 29,3 | 13,33726 | 178,3 | 70,2 |
| S17 | R | 3 | -608,9 | 31,5 | 16,18123 | 201,0 | 70,2 |

Tablo A.23.Güçlendirilmiş Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| Kolon | Aks X | Aks Y | 1G + 1Q + 1YEQ97 | | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| S4 | J | 12 | -974,4 | 60,3 | 42,4 | 278,3 | 79,6 |
| S8 | J | 9 | -818,9 | 43,1 | 18,5 | 286,0 | 79,6 |
| S9 | I | 8 | -763,1 | 47,9 | 35,9 | 217,7 | 70,2 |
| S9 | K | 8 | -516,0 | 35,9 | 20,0 | 214,8 | 70,2 |
| S13 | I | 6 | -622,4 | 27,9 | 21,6 | 220,0 | 70,2 |
| S13 | K | 6 | -443,5 | 40,2 | 25,7 | 205,9 | 70,2 |
| S19 | J | 3 | -973,8 | 51,0 | 29,5 | 353,0 | 79,6 |
| S22 | J | 2 | -802,9 | 59,3 | 41,0 | 384,4 | 79,6 |
| S24 | G | 1 | -124,4 | 33,1 | 16,4 | 134,8 | 70,2 |
| S24 | M | 1 | -122,1 | 33,2 | 16,6 | 134,8 | 70,2 |
| S25 | J | 1 | -556,3 | 44,4 | 20,5 | 274,8 | 79,6 |

Tablo A.24.Güçlendirilmiş Sistem Kolonlarında İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| Kolon | Aks X | Aks Y | 1G + 1Q - 1YEQ97 | | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| S4 | J | 12 | -696,7 | 41,3 | 17,8 | 287,0 | 79,6 |
| S8 | J | 9 | -897,2 | 62,1 | 46,4 | 282,7 | 79,6 |
| S9 | I | 8 | -367,0 | 36,0 | 21,3 | 194,8 | 70,2 |
| S9 | K | 8 | -454,7 | 33,8 | 18,3 | 209,8 | 70,2 |
| S13 | I | 6 | -664,8 | 37,7 | 20,9 | 219,2 | 70,2 |
| S13 | K | 6 | -499,5 | 36,8 | 22,2 | 210,8 | 70,2 |
| S19 | J | 3 | -556,4 | 52,2 | 32,8 | 352,1 | 79,6 |
| S22 | J | 2 | -766,9 | 54,9 | 36,6 | 382,5 | 79,6 |
| S24 | G | 1 | -565,1 | 36,7 | 22,1 | 200,4 | 70,2 |
| S24 | M | 1 | -565,3 | 36,7 | 22,1 | 200,4 | 70,2 |
| S25 | J | 1 | -894,3 | 56,9 | 39,2 | 279,5 | 79,6 |

Tablo A.25.Güçlendirilmiş Sistem Kirişlerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| KİRİŞ | 1G + 1Q + 1XEQ97 | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|
| | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| K01j | -22,8 | 29,1 | -108,0 | 104,9 |
| K02i | -29,2 | 31,1 | -101,5 | 104,9 |
| K02j | -17,6 | 29,3 | -45,3 | 104,9 |
| K03i | -52,8 | 54,7 | -140,1 | 104,9 |
| K03j | -53,5 | 55,3 | -140,1 | 104,9 |
| K05i | -97,8 | 100,8 | -234,1 | 123,6 |
| K05j | -81,1 | 79,7 | -125,6 | 123,6 |
| K07j | -16,1 | 29,1 | -31,3 | 67,4 |
| K43i | -14,6 | 26,8 | -31,3 | 67,4 |
| K10i | -79,5 | 70,8 | -230,1 | 123,6 |
| K12i | -38,5 | 48,1 | -165,0 | 123,6 |
| K12j | -8,6 | 30,1 | -53,8 | 123,6 |
| K14i | -76,8 | 75,8 | -153,9 | 123,6 |
| K15i | -24,7 | 44,5 | -57,4 | 67,4 |
| K16i | -32,6 | 43,5 | -141,9 | 123,6 |
| K16j | -56,2 | 61,7 | -66,7 | 123,6 |
| K17i | -78,3 | 72,7 | -66,7 | 123,6 |
| K17j | -24,1 | 43,1 | -53,7 | 123,6 |
| K21i | -25,6 | 29,3 | -45,3 | 104,9 |
| K21j | -12,4 | 22,0 | -45,3 | 104,9 |

Tablo A.26.Güçlendirilmiş Sistem Kirişlerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| KİRİŞ | 1G + 1Q + 1YEQ97 | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|
| | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| K23i | -47,4 | 48,7 | -141,4 | 67,4 |
| K25i | -22,5 | 35,4 | -45,3 | 104,9 |
| K25j | -43,8 | 33,1 | -45,8 | 104,9 |
| K30i | -34,4 | 54,5 | -198,9 | 123,6 |
| K30j | -65,3 | 65,2 | -111,1 | 123,6 |
| K33j | -74,5 | 67,3 | -66,7 | 123,6 |
| K34i | -83,1 | 73,4 | -66,7 | 123,6 |
| K34j | -19,1 | 40,5 | -53,7 | 123,6 |
| K36i | -25,9 | 53,4 | -66,7 | 123,6 |
| K36j | -33,9 | 32,9 | -123,1 | 123,6 |
| K37i | -43,3 | 40,5 | -123,1 | 123,6 |
| K37j | -78,8 | 102,7 | -174,0 | 123,6 |
| K38İ | -55,5 | 125,5 | -291,1 | 179,8 |
| K38j | -58,6 | 86,4 | -146,4 | 179,8 |
| K39i | -48,2 | 70,6 | -146,4 | 179,8 |
| K39j | -78,9 | 73,2 | -266,6 | 179,8 |
| K41i | -85,7 | 115,8 | -316,6 | 179,8 |
| K41j | -95,7 | 96,1 | -316,6 | 179,8 |

Tablo A.27.Güçlendime Perdelerinde İç Kuvvet Kapasite Karşılaştırmaları

| Perde | 1G + 1Q + 1XEQ97 | | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| P5P1P6 | -4738,0 | 11913,0 | 733,9 | 27341,4 | 3265,7 |
| P2 | -2156,9 | 6222,8 | 635,6 | 13190,2 | 3403,0 |
| P3 | -2417,1 | 11614,2 | 918,5 | 22202,6 | 4295,4 |
| P4P8 | -4844,6 | 7356,6 | 638,7 | 27851,3 | 3128,4 |

| Perde | 1G + 1Q - 1XEQ97 | | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| P5P1P6 | -4963,62 | 10999,6 | 766,3 | 28243,6 | 3265,7 |
| P2 | -2576,35 | 5871,8 | 679,8 | 14131,6 | 3403,0 |
| P3 | -3001,57 | 10966,4 | 963,5 | 22163,4 | 4295,4 |
| P4P8 | -2964,79 | 6919,7 | 678,4 | 14484,7 | 3128,4 |

| Perde | 1G + 1Q + 1YEQ97 | | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| P5P1P6 | -4719,0 | 24916,8 | 1610,7 | 45376,1 | 5825,2 |
| P4P8 | -3699,3 | 8898,5 | 659,2 | 27145,2 | 3638,3 |
| P7 | -1949,2 | 6276,0 | 608,2 | 11983,9 | 3638,3 |

| Perde | 1G + 1Q - 1YEQ97 | | | Taşıma Kapasiteleri | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Nd ( kN ) | Md ( kNm ) | Vd ( kN ) | Mp ( kNm ) | Vp ( kN ) |
| P5P1P6 | -4982,6 | 22098,3 | 1672,3 | 50103,0 | 5825,2 |
| P4P8 | -4110,4 | 8042,4 | 681,9 | 14288,5 | 3638,3 |
| P7 | -1309,3 | 5916,8 | 605,6 | 11170,0 | 3638,3 |

Tablo A.28.Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Bulunan Rölatif Kat Deplasmanları Kontrolü

| KAT | $\Delta_i$ ( m ) | $h_i$ ( m ) | 0,02 x $h_i$ / R | 0,0035 x $h_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,51E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 2 | 5,15E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 3 | 6,80E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 4 | 7,77E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 5 | 8,17E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 6 | 8,14E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 7 | 7,79E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |

Tablo A.29.Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonucu Bulunan Rölatif Kat Deplasmanları Kontrolü

| KAT | $\Delta_i$ ( m ) | $H_i$ ( m ) | 0,02 x $h_i$ / R | 0,0035 x $h_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,73E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 2 | 5,62E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 3 | 7,48E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 4 | 8,68E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 5 | 9,22E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 6 | 9,30E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |
| 7 | 9,05E-04 | 2,9 | 9,67E-03 | 1,02E-02 |

Tablo A.30.Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonuçları Kullanılarak Yapılan Burulma Düzensizliği Kontrolü

| KAT | $\Delta_{i\,min}$ ( m ) | $\Delta_{i\,max}$ ( m ) | $\Delta_{i\,ort}$ ( m ) | $\Delta_{i\,max}/\Delta_{i\,ort}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,15E-04 | 2,81E-04 | 2,48E-04 | 1,13 |
| 2 | 4,22E-04 | 5,96E-04 | 5,09E-04 | 1,17 |
| 3 | 5,57E-04 | 7,85E-04 | 6,71E-04 | 1,17 |
| 4 | 6,39E-04 | 8,96E-04 | 7,68E-04 | 1,17 |
| 5 | 6,75E-04 | 9,39E-04 | 8,07E-04 | 1,16 |
| 6 | 6,76E-04 | 9,31E-04 | 8,04E-04 | 1,16 |
| 7 | 6,54E-04 | 8,85E-04 | 7,70E-04 | 1,15 |

Tablo A.31.Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusu Yatay Yük Analizi Sonuçları Kullanılarak Yapılan Burulma Düzensizliği Kontrolü

| KAT | $\Delta_{i\,min}$ ( m ) | $\Delta_{i\,max}$ ( m ) | $\Delta_{i\,ort}$ ( m ) | $\Delta_{i\,max}/\Delta_{i\,ort}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,37E-04 | 3,09E-04 | 2,73E-04 | 1,13 |
| 2 | 4,87E-04 | 6,37E-04 | 5,62E-04 | 1,13 |
| 3 | 6,49E-04 | 8,48E-04 | 7,49E-04 | 1,13 |
| 4 | 7,53E-04 | 9,82E-04 | 8,68E-04 | 1,13 |
| 5 | 8,01E-04 | 1,05E-03 | 9,23E-04 | 1,13 |
| 6 | 8,08E-04 | 1,05E-03 | 9,30E-04 | 1,13 |
| 7 | 7,88E-04 | 1,02E-03 | 9,05E-04 | 1,13 |

Tablo A.32.Sargılı Kesit Uygulaması Model1

| Tip | s (cm) | $f_{yh}$ (Mpa) | $f'_{co}$ (Mpa) | $k_e$ | $f'_{lx} / f'_{co}$ | $f'_{ly} / f'_{co}$ | $\varepsilon_{cc}$ | $\varepsilon_{cu}$ | $f'_{cc} / f'_{co}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kesit 1 | 10 | 220 | 10 | 0,615 | 0,094 | 0,094 | 0,0076 | 0,0316 | 1,56 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,615 | 0,047 | 0,047 | 0,0052 | 0,0203 | 1,32 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,615 | 0,090 | 0,090 | 0,0076 | 0,0303 | 1,56 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,471 | 0,036 | 0,036 | 0,0044 | 0,0213 | 1,24 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,471 | 0,018 | 0,018 | 0,0034 | 0,0134 | 1,14 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,471 | 0,034 | 0,034 | 0,0044 | 0,0206 | 1,24 |
| Kesit 2 | 10 | 220 | 10 | 0,263 | 0,020 | 0,020 | 0,0034 | 0,0229 | 1,14 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,263 | 0,010 | 0,010 | 0,0028 | 0,0140 | 1,08 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,263 | 0,019 | 0,019 | 0,0034 | 0,0220 | 1,14 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,202 | 0,008 | 0,008 | 0,0025 | 0,0142 | 1,05 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,202 | 0,004 | 0,004 | 0,0020 | 0,0094 | 1 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,202 | 0,007 | 0,007 | 0,0025 | 0,0138 | 1,05 |
| Kesit 3 | 10 | 220 | 10 | 0,346 | 0,060 | 0,032 | 0,0046 | 0,0334 | 1,26 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,346 | 0,030 | 0,016 | 0,0035 | 0,0201 | 1,15 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,346 | 0,057 | 0,030 | 0,0046 | 0,0321 | 1,26 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,214 | 0,019 | 0,010 | 0,0030 | 0,0209 | 1,1 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,214 | 0,009 | 0,005 | 0,0025 | 0,0128 | 1,05 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,214 | 0,018 | 0,009 | 0,0028 | 0,0204 | 1,08 |

Tablo A.33.Sargılı Kesit Uygulaması Model2

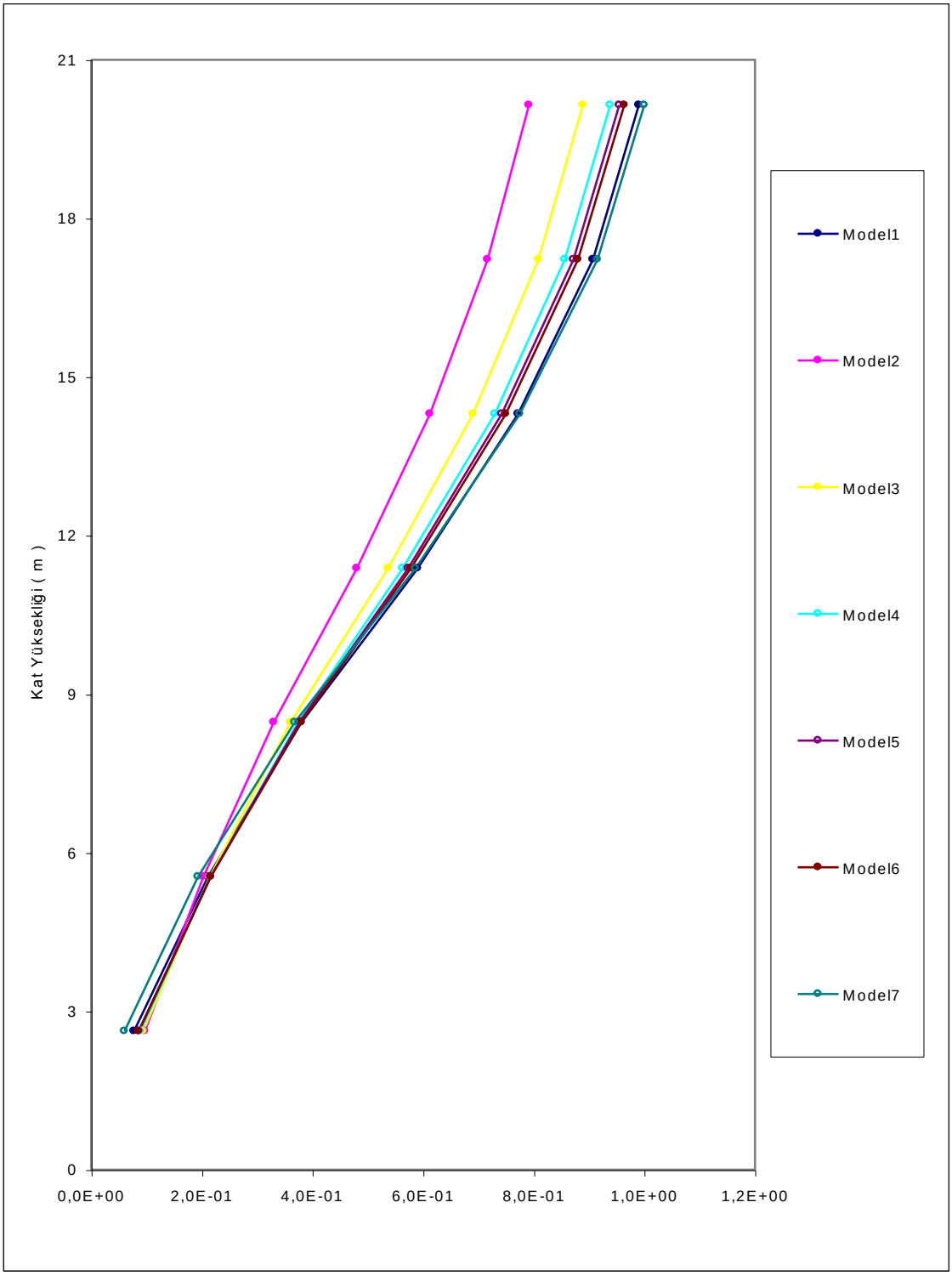
| Tip | s (cm) | $f_{yh}$ (Mpa) | $f_{co}$ (Mpa) | $\rho_s$ | $E_{des}$ | $\varepsilon_{cc}$ | $\varepsilon_{cu}$ | $f_{cc} / f_{co}$ | $f_c (\varepsilon_{cu})$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kesit 1 | 10 | 220 | 10 | 0,0140 | 365 | 0,0057 | 0,0225 | 1,22 | 6,12 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,0140 | 1458 | 0,0039 | 0,0115 | 1,11 | 11,12 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,0140 | 764 | 0,0056 | 0,0215 | 1,21 | 12,14 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,0070 | 729 | 0,0039 | 0,0115 | 1,11 | 5,56 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,0070 | 2917 | 0,0029 | 0,0066 | 1,06 | 10,56 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,0070 | 1528 | 0,0038 | 0,0110 | 1,11 | 11,07 |
| Kesit 2 | 10 | 220 | 10 | 0,0070 | 729 | 0,0039 | 0,0115 | 1,11 | 5,56 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,0070 | 2917 | 0,0029 | 0,0066 | 1,06 | 10,56 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,0070 | 1528 | 0,0038 | 0,0110 | 1,11 | 11,07 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,0035 | 1458 | 0,0029 | 0,0066 | 1,06 | 5,28 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,0035 | 5834 | 0,0025 | 0,0042 | 1,03 | 10,28 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,0035 | 3056 | 0,0029 | 0,0063 | 1,05 | 10,54 |
| Kesit 3 | 10 | 220 | 10 | 0,0178 | 286 | 0,0068 | 0,0293 | 1,29 | 6,43 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,0178 | 1144 | 0,0044 | 0,0144 | 1,14 | 11,43 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,0178 | 599 | 0,0066 | 0,0278 | 1,27 | 12,73 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,0089 | 572 | 0,0044 | 0,0144 | 1,14 | 5,71 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,0089 | 2288 | 0,0032 | 0,0079 | 1,07 | 10,71 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,0089 | 1198 | 0,0043 | 0,0138 | 1,14 | 11,36 |
| Kesit 4 | 10 | 220 | 10 | 0,0099 | 512 | 0,0047 | 0,0160 | 1,16 | 5,80 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,0099 | 2047 | 0,0033 | 0,0086 | 1,08 | 10,80 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,0099 | 1072 | 0,0045 | 0,0153 | 1,15 | 11,53 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,0050 | 1023 | 0,0033 | 0,0086 | 1,08 | 5,40 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,0050 | 4094 | 0,0027 | 0,0052 | 1,04 | 10,40 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,0050 | 2144 | 0,0033 | 0,0083 | 1,08 | 10,76 |

Tablo A.34.Sargılı Kesit Uygulaması Model3

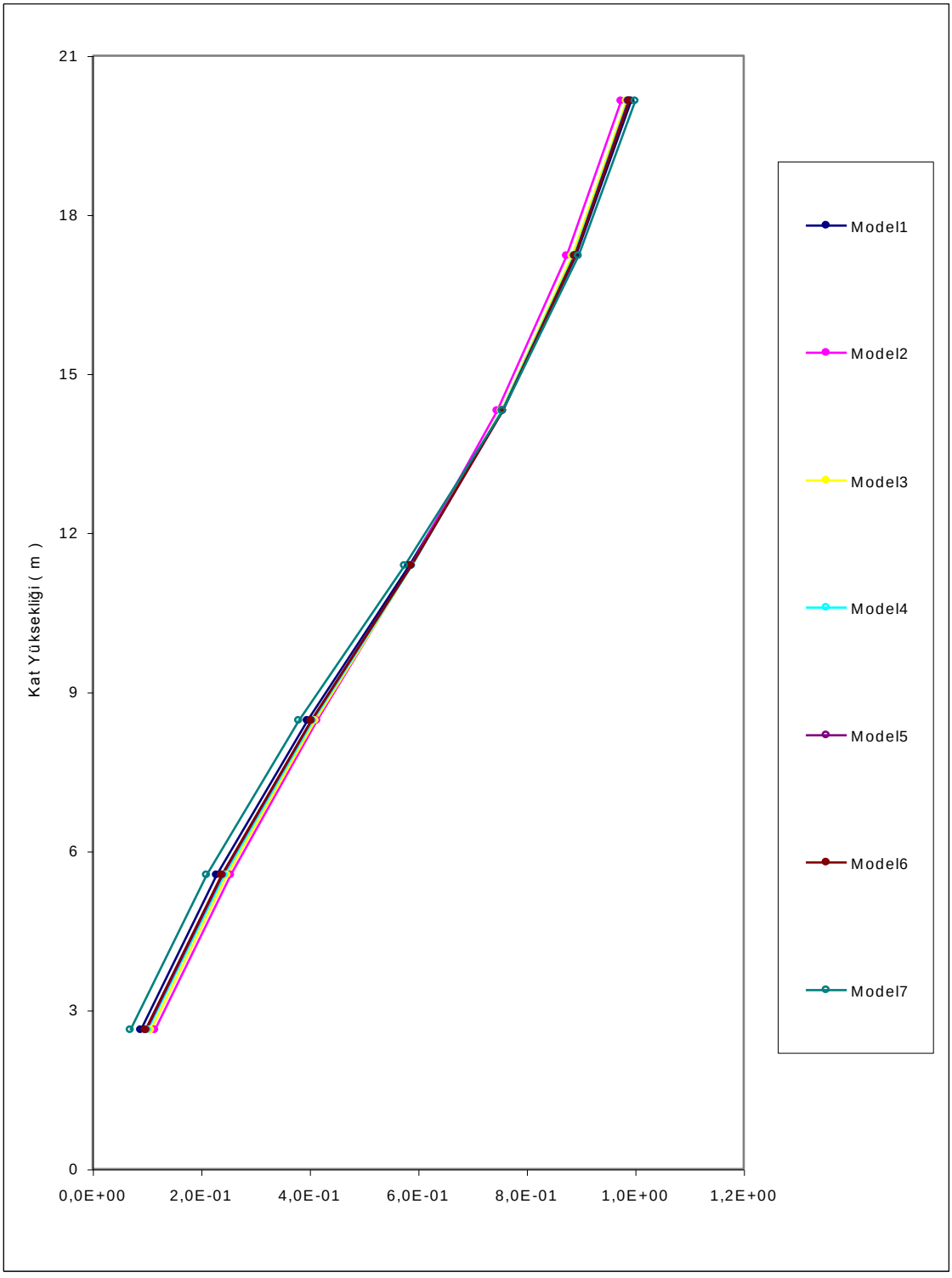
| Tip | s (cm) | $f_{yt}$ (Mpa) | $f'_{co}$ (Mpa) | $\rho_c$ | $f_{le}$ | $\varepsilon_1$ | $\varepsilon_{85}$ | $f'_{cc} / f'_{co}$ | $E_{des}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kesit 1 | 10 | 220 | 10 | 0,0070 | 1,18 | 0,0097 | 0,0214 | 1,77 | 227 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,0070 | 1,18 | 0,0059 | 0,0144 | 1,39 | 485 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,0070 | 1,64 | 0,0070 | 0,0166 | 1,50 | 473 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,0035 | 0,59 | 0,0063 | 0,0096 | 1,43 | 669 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,0035 | 0,59 | 0,0042 | 0,0076 | 1,22 | 1069 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,0035 | 0,82 | 0,0048 | 0,0082 | 1,28 | 1148 |
| Kesit 2 | 10 | 220 | 10 | 0,0035 | 0,48 | 0,0057 | 0,0089 | 1,37 | 626 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,0035 | 0,48 | 0,0038 | 0,0073 | 1,18 | 1030 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,0035 | 0,67 | 0,0044 | 0,0078 | 1,24 | 1096 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,0017 | 0,24 | 0,0041 | 0,0056 | 1,21 | 1144 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,0017 | 0,24 | 0,0030 | 0,0052 | 1,10 | 1543 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,0017 | 0,33 | 0,0033 | 0,0053 | 1,13 | 1727 |
| Kesit 3 | 10 | 220 | 10 | 0,0050 | 0,83 | 0,0077 | 0,0138 | 1,57 | 391 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,0050 | 0,83 | 0,0049 | 0,0101 | 1,29 | 741 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,0050 | 1,43 | 0,0065 | 0,0122 | 1,45 | 766 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,0025 | 0,41 | 0,0052 | 0,0072 | 1,32 | 1021 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,0025 | 0,41 | 0,0036 | 0,0061 | 1,16 | 1384 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,0025 | 0,72 | 0,0045 | 0,0067 | 1,25 | 1719 |
| Kesit 4 | 10 | 220 | 10 | 0,0033 | 0,47 | 0,0056 | 0,0086 | 1,36 | 673 |
| | 10 | 220 | 20 | 0,0033 | 0,47 | 0,0038 | 0,0070 | 1,18 | 1080 |
| | 10 | 420 | 20 | 0,0033 | 0,67 | 0,0044 | 0,0076 | 1,24 | 1168 |
| | 20 | 220 | 10 | 0,0017 | 0,23 | 0,0040 | 0,0055 | 1,20 | 1183 |
| | 20 | 220 | 20 | 0,0017 | 0,23 | 0,0030 | 0,0051 | 1,10 | 1579 |
| | 20 | 420 | 20 | 0,0017 | 0,33 | 0,0033 | 0,0052 | 1,13 | 1800 |

# EK B

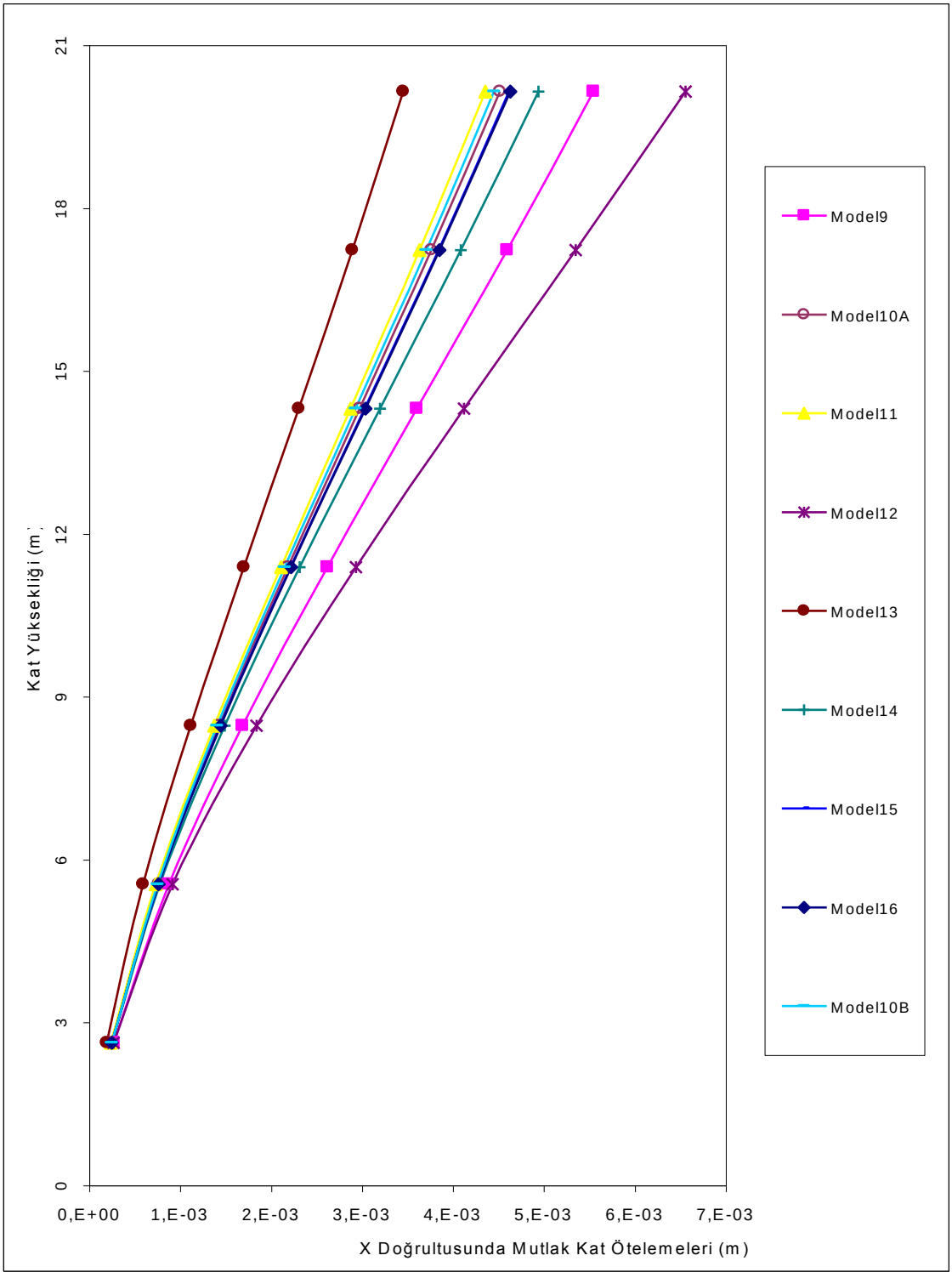
# ŞEKİLLER



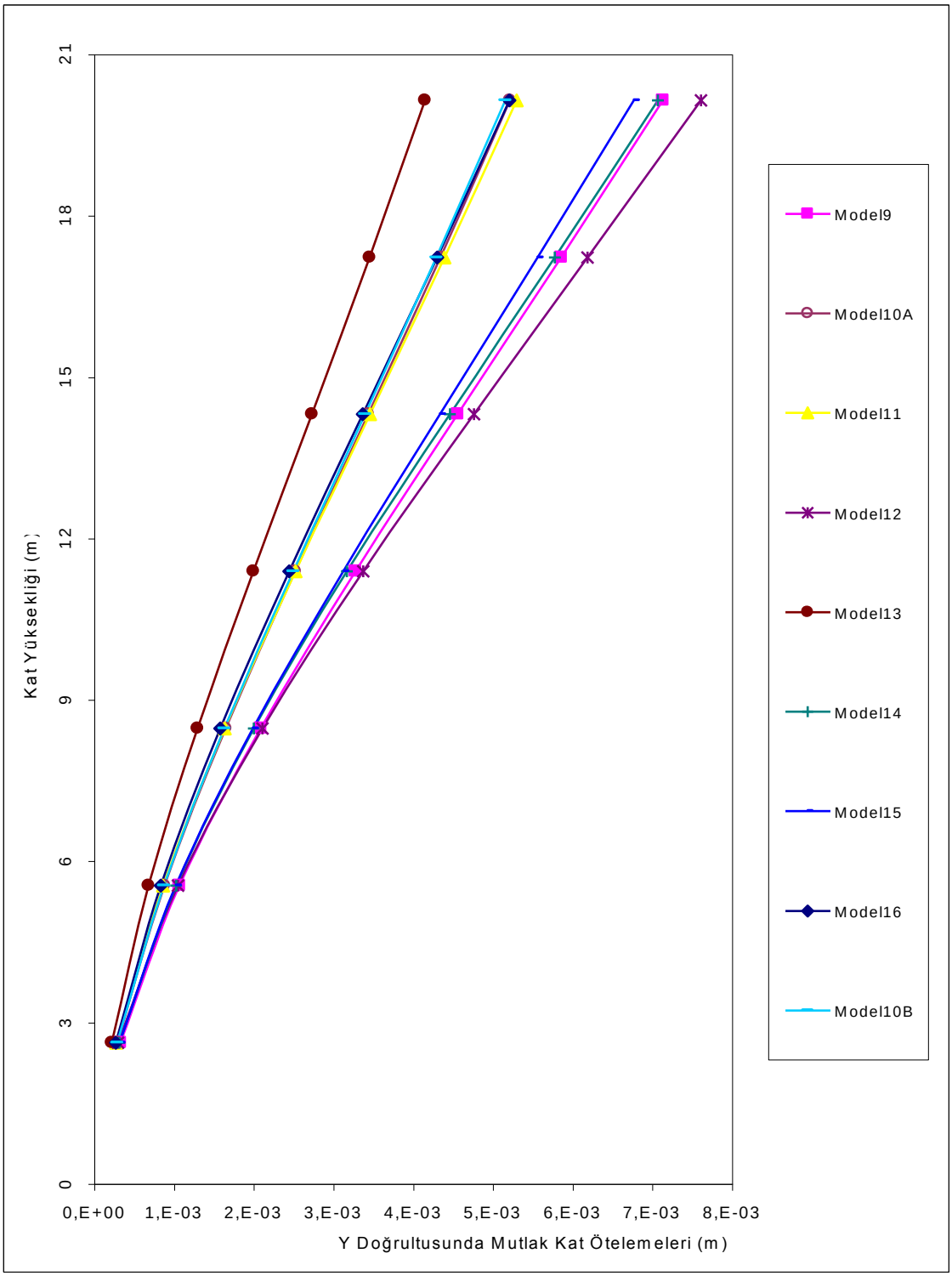

Şekil B.1.Mevcut Sistem 1. Doğal Titreşim Modu X Doğrultusu



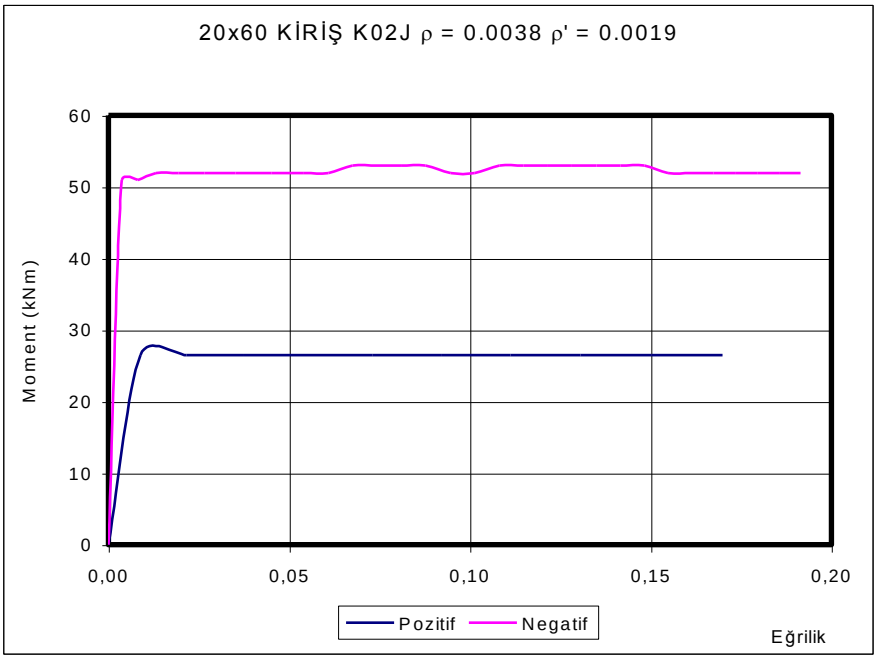

Şekil B.2.Mevcut Sistem 1. Doğal Titreşim Modu Y Doğrultusu




Şekil B.3.Güçlendirilmiş Sistem X Doğrultusunda Yatay Yük Çözümlemeleriyle Elde Edilen Mutlak Kat Ötelemeleri

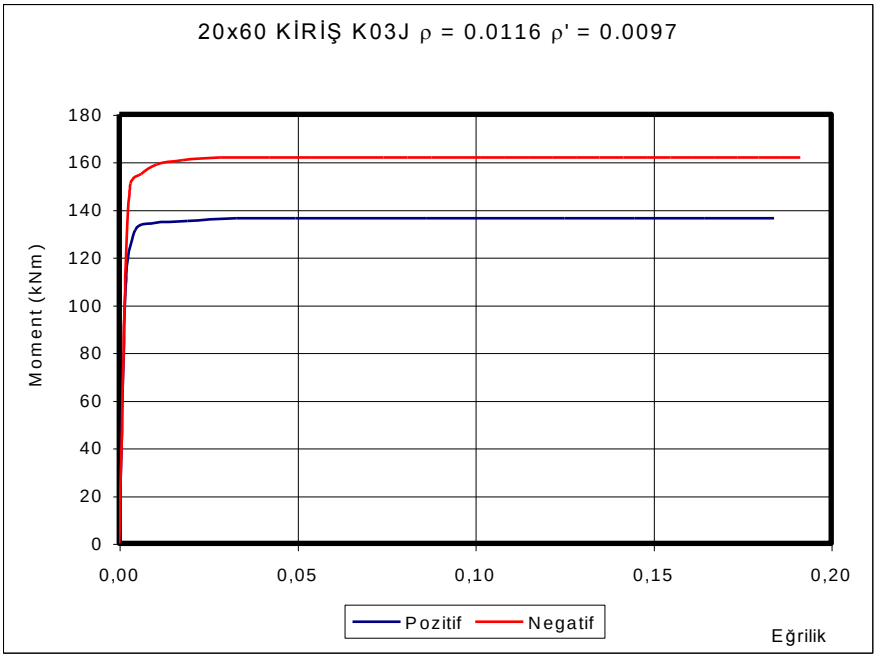



Şekil B.4.Güçlendirilmiş Sistem Y Doğrultusunda Yatay Yük Çözümlemeleriyle Elde Edilen Mutlak Kat Ötelemeleri



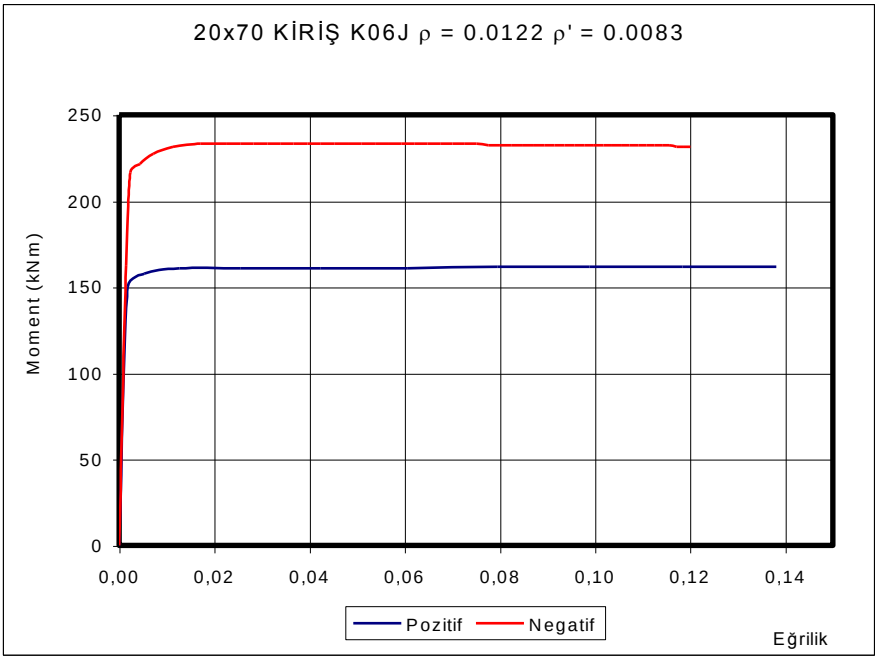

| Moment | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pozitif | 0,02155 | 0,16990 | 7,9 | 0,14836 | 0,04451 | Donatısı Kopması |
| Negatif | 0,01936 | 0,19136 | 9,9 | 0,17200 | 0,05160 | Donatısı Kopması |

Şekil B.5.Zemin Kat Tavanı K02J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları



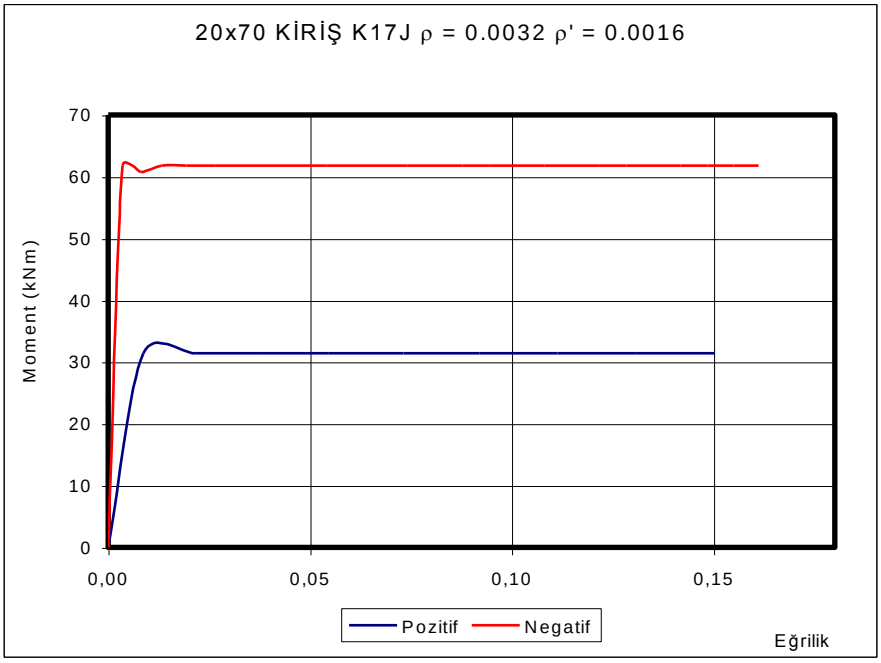

| Moment | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pozitif | 0,01918 | 0,18391 | 9,6 | 0,16473 | 0,04942 | Donatısı Kopması |
| Negatif | 0,01900 | 0,19136 | 10,1 | 0,17236 | 0,05171 | Donatısı Kopması |

Şekil B.6.Zemin Kat Tavanı K03J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları



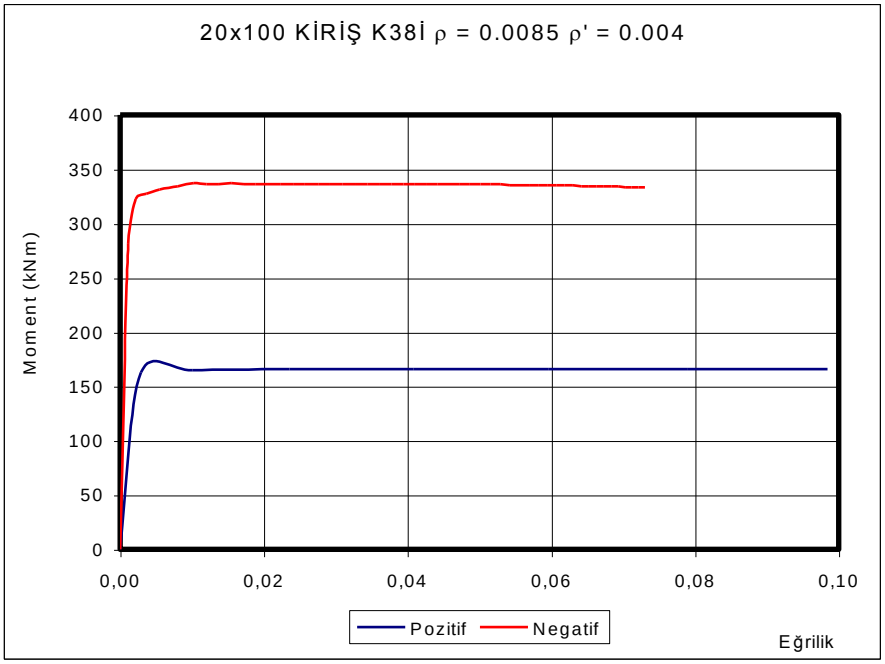

| Moment | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pozitif | 0,01600 | 0,13808 | 8,6 | 0,12208 | 0,04273 | Donatısı Kopması |
| Negatif | 0,01700 | 0,12008 | 7,1 | 0,10308 | 0,03608 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.7.Zemin Kat Tavanı K06J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları



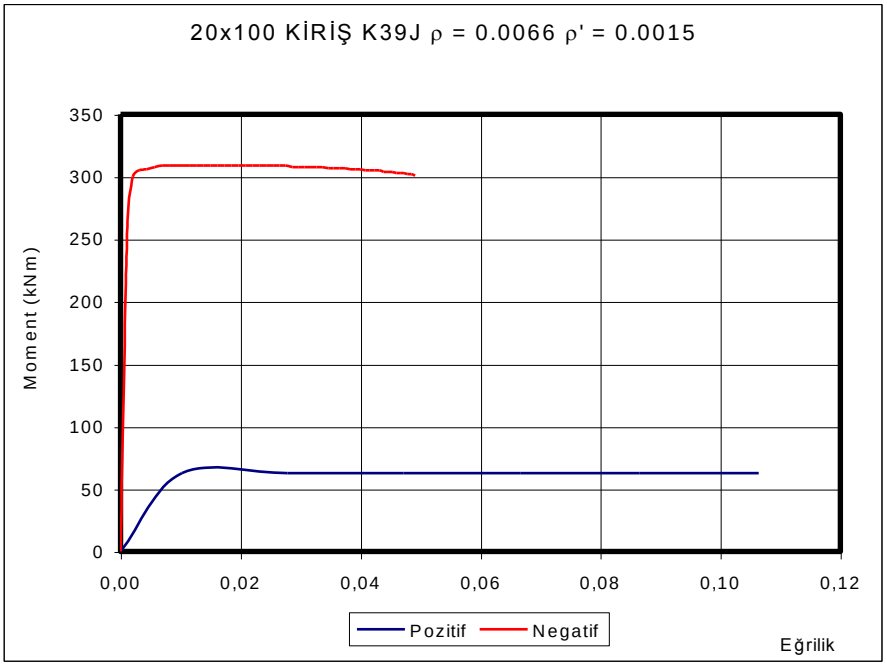

| Moment | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pozitif | 0,02146 | 0,15023 | 7,0 | 0,12877 | 0,04507 | Donatısı Kopması |
| Negatif | 0,01946 | 0,16115 | 8,3 | 0,14169 | 0,04959 | Donatısı Kopması |

Şekil B.8.Zemin Kat Tavanı K17J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları



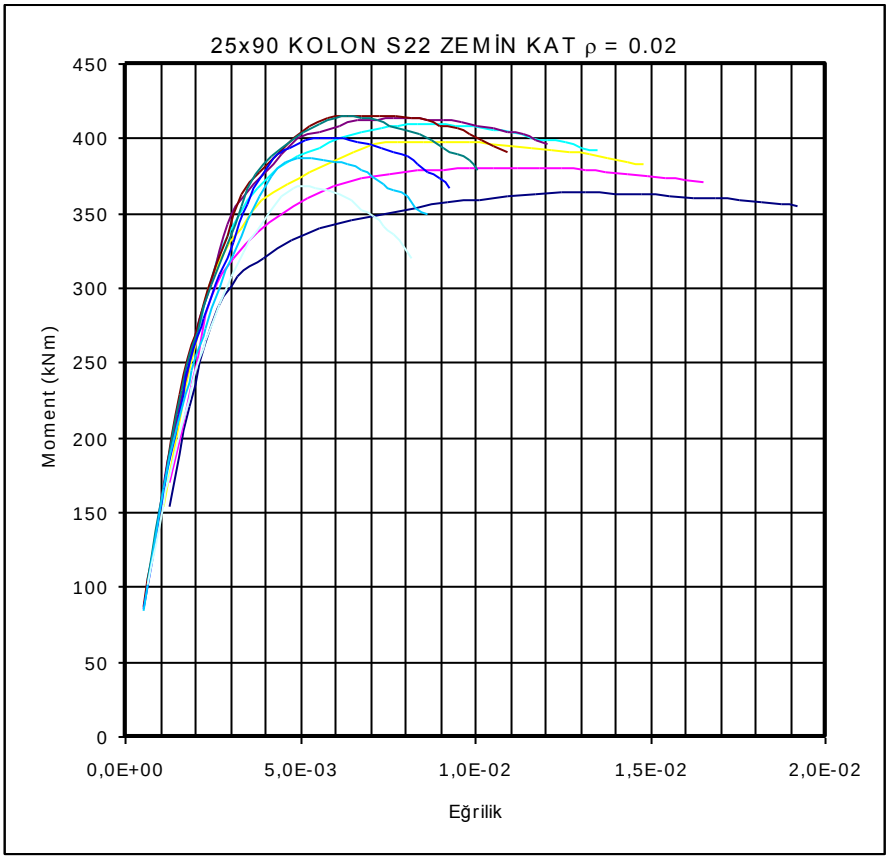

| Moment | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pozitif | 0,01005 | 0,09847 | 9,8 | 0,08842 | 0,04421 | Donatısı Kopması |
| Negatif | 0,01205 | 0,07300 | 6,1 | 0,06095 | 0,03047 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.9.Zemin Kat Tavanı K38İ Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları




| Moment | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pozitif | 0,01026 | 0,10637 | 10,4 | 0,09611 | 0,04805 | Donatısı Kopması |
| Negatif | 0,00205 | 0,04911 | 23,9 | 0,04705 | 0,02353 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.10.Zemin Kat Tavanı K39J Kirişinde Moment Eğrilik Diyagramları



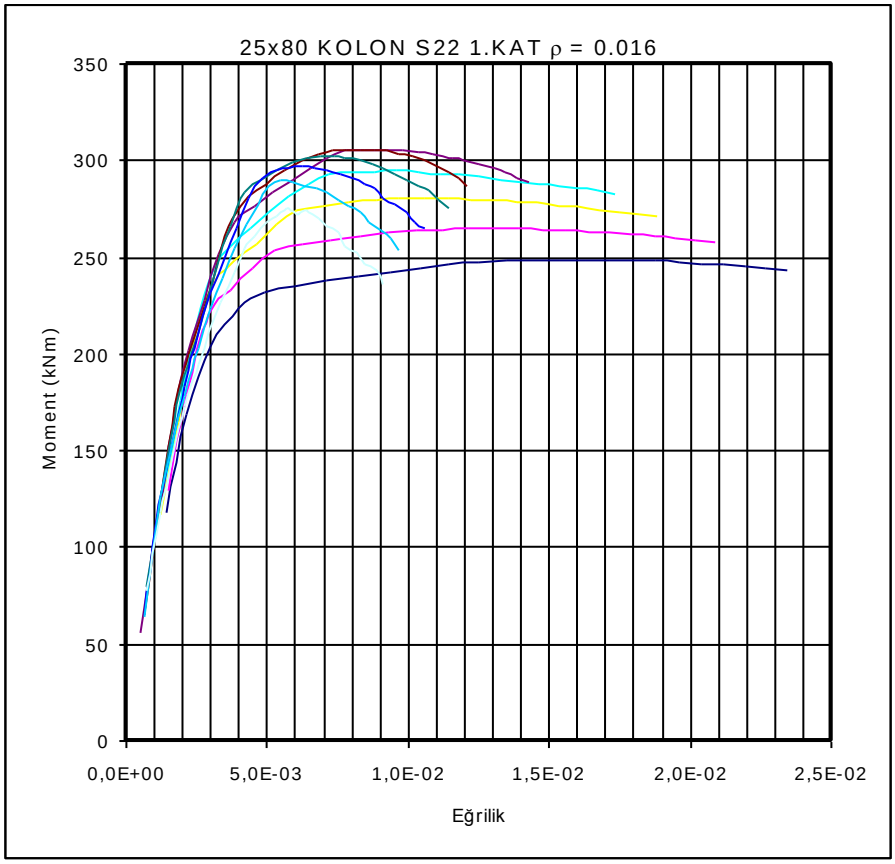

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00247 | 0,01923 | 7,8 | 0,01676 | 0,00754 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00245 | 0,01652 | 6,7 | 0,01407 | 0,00633 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00271 | 0,01482 | 5,5 | 0,01211 | 0,00545 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00268 | 0,01351 | 5,0 | 0,01083 | 0,00488 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00292 | 0,01208 | 4,1 | 0,00917 | 0,00412 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00332 | 0,01089 | 3,3 | 0,00758 | 0,00341 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00372 | 0,01006 | 2,7 | 0,00634 | 0,00285 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00387 | 0,00936 | 2,4 | 0,00549 | 0,00247 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00455 | 0,00863 | 1,9 | 0,00408 | 0,00183 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,00542 | 0,00816 | 1,5 | 0,00274 | 0,00123 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.11.S22 Zemin Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



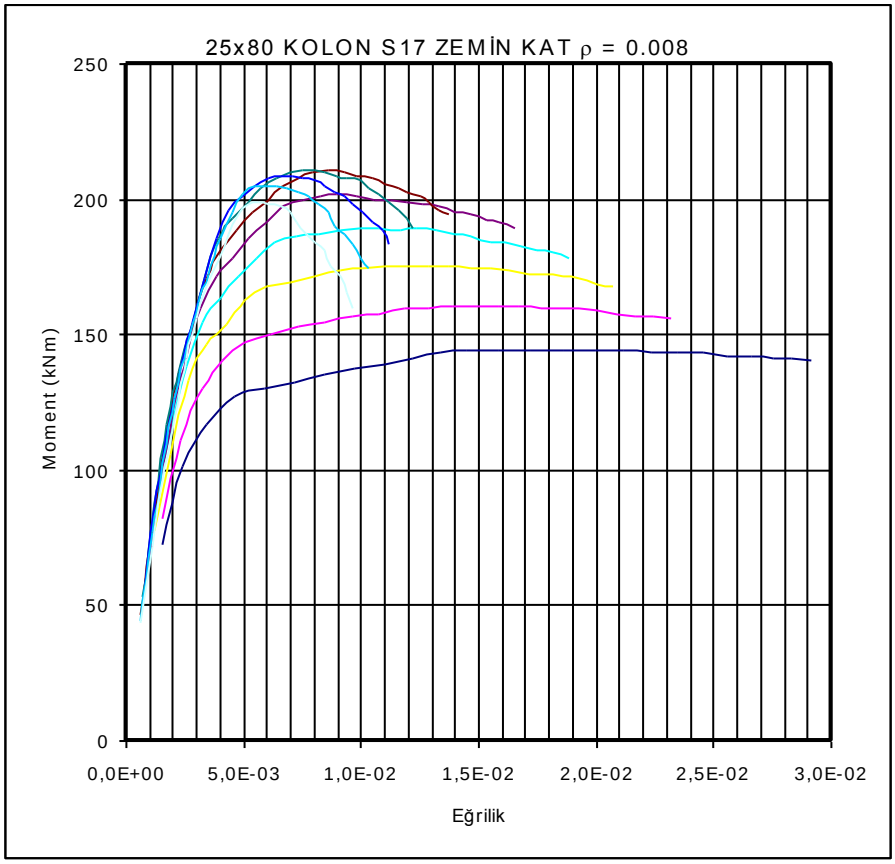

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00196 | 0,02399 | 12,2 | 0,02202 | 0,00991 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00240 | 0,02077 | 8,7 | 0,01837 | 0,00827 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00250 | 0,01708 | 6,8 | 0,01458 | 0,00656 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00280 | 0,01435 | 5,1 | 0,01155 | 0,00520 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00330 | 0,01292 | 3,9 | 0,00961 | 0,00433 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00351 | 0,01173 | 3,3 | 0,00821 | 0,00370 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00339 | 0,01089 | 3,2 | 0,00750 | 0,00338 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00399 | 0,00982 | 2,5 | 0,00583 | 0,00262 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00435 | 0,00899 | 2,1 | 0,00464 | 0,00209 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,00461 | 0,00851 | 1,8 | 0,00390 | 0,00175 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.12.S25 Zemin Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



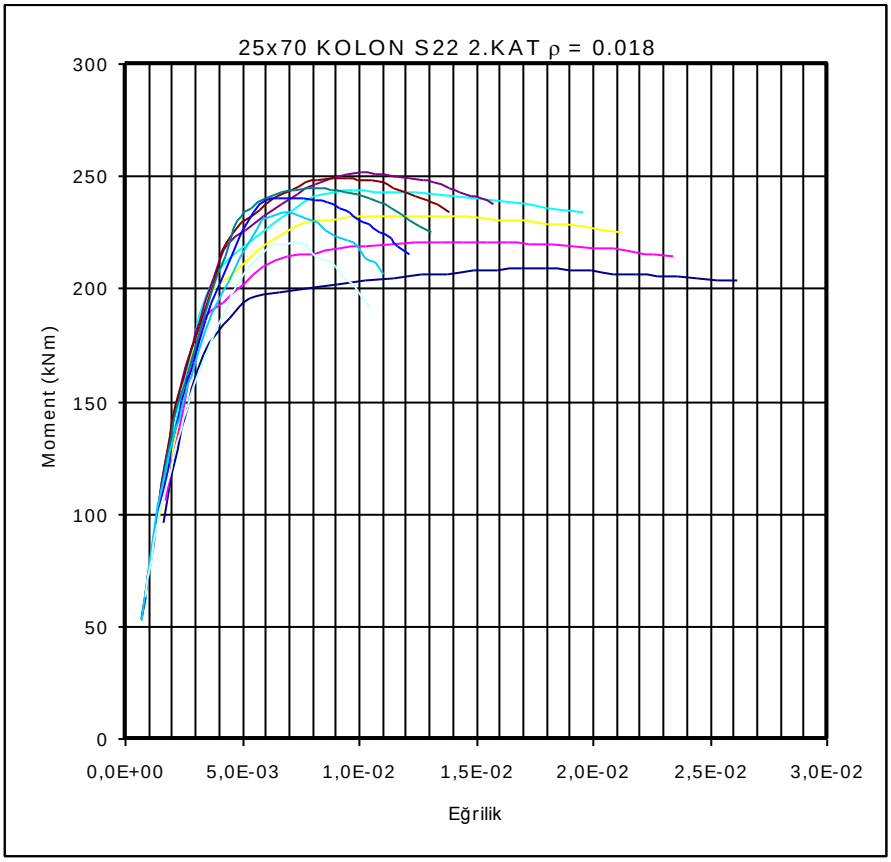

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00299 | 0,02345 | 7,8 | 0,02046 | 0,00818 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00289 | 0,02088 | 7,2 | 0,01799 | 0,00720 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00313 | 0,01885 | 6,0 | 0,01573 | 0,00629 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00304 | 0,01737 | 5,7 | 0,01432 | 0,00573 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00328 | 0,01426 | 4,4 | 0,01098 | 0,00439 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00375 | 0,01209 | 3,2 | 0,00834 | 0,00334 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00417 | 0,01142 | 2,7 | 0,00725 | 0,00290 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00480 | 0,01061 | 2,2 | 0,00581 | 0,00232 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00547 | 0,00966 | 1,8 | 0,00419 | 0,00168 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,00642 | 0,00912 | 1,4 | 0,00270 | 0,00108 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.13.S22 1. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



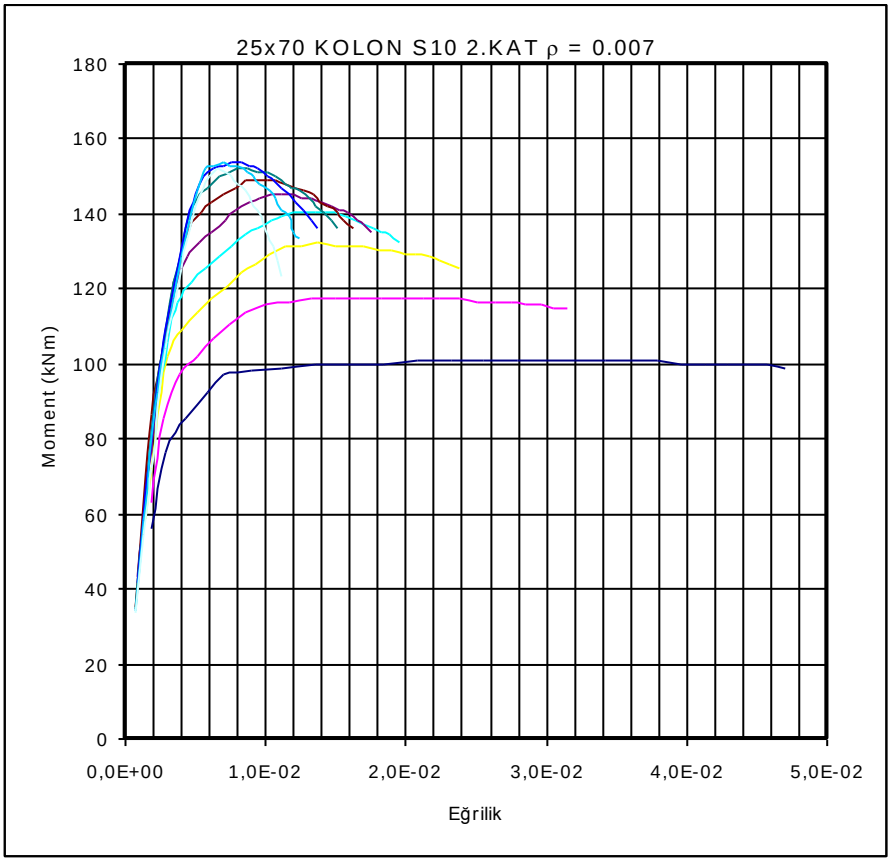

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00238 | 0,02912 | 12,2 | 0,02674 | 0,01070 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00250 | 0,02318 | 9,3 | 0,02068 | 0,00827 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00262 | 0,02074 | 7,9 | 0,01813 | 0,00725 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00323 | 0,01885 | 5,8 | 0,01563 | 0,00625 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00330 | 0,01655 | 5,0 | 0,01325 | 0,00530 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00340 | 0,01372 | 4,0 | 0,01032 | 0,00413 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00389 | 0,01223 | 3,1 | 0,00834 | 0,00334 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00436 | 0,01115 | 2,6 | 0,00679 | 0,00272 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00493 | 0,01034 | 2,1 | 0,00541 | 0,00216 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,00561 | 0,00966 | 1,7 | 0,00405 | 0,00162 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.14.S17 Zemin Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



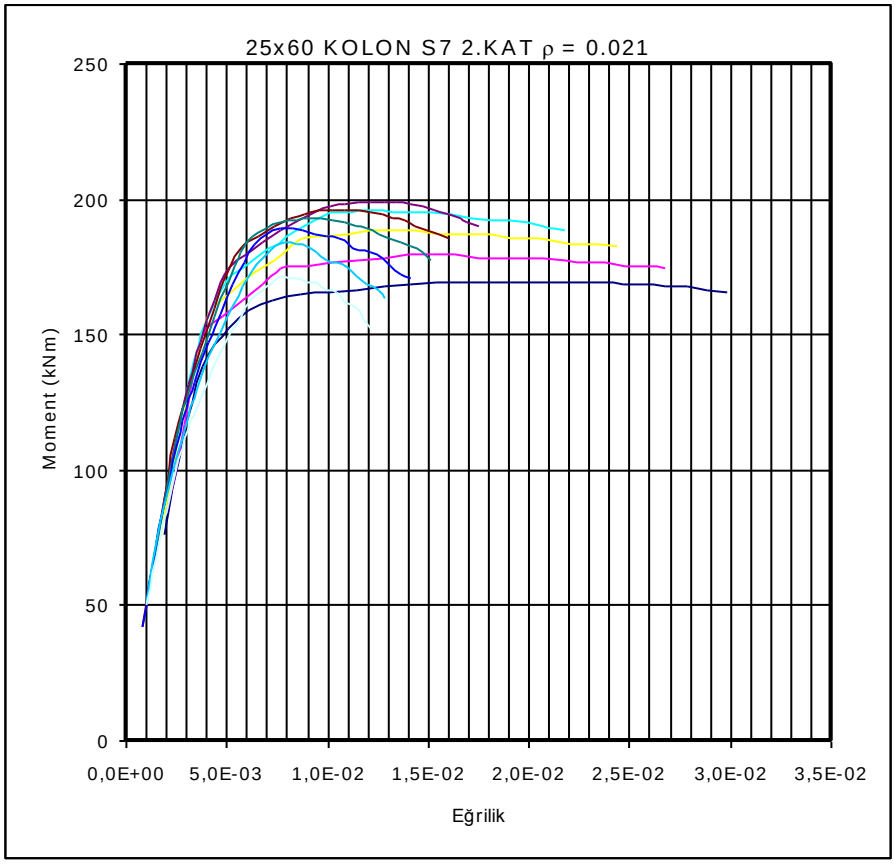

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00334 | 0,02620 | 7,8 | 0,02286 | 0,00800 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00324 | 0,02340 | 7,2 | 0,02016 | 0,00705 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00352 | 0,02117 | 6,0 | 0,01766 | 0,00618 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00348 | 0,01961 | 5,6 | 0,01613 | 0,00565 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00439 | 0,01570 | 3,6 | 0,01131 | 0,00396 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00496 | 0,01383 | 2,8 | 0,00887 | 0,00310 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00539 | 0,01305 | 2,4 | 0,00766 | 0,00268 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00602 | 0,01211 | 2,0 | 0,00609 | 0,00213 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00621 | 0,01102 | 1,8 | 0,00480 | 0,00168 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,00773 | 0,01039 | 1,3 | 0,00266 | 0,00093 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.15.S22 2. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



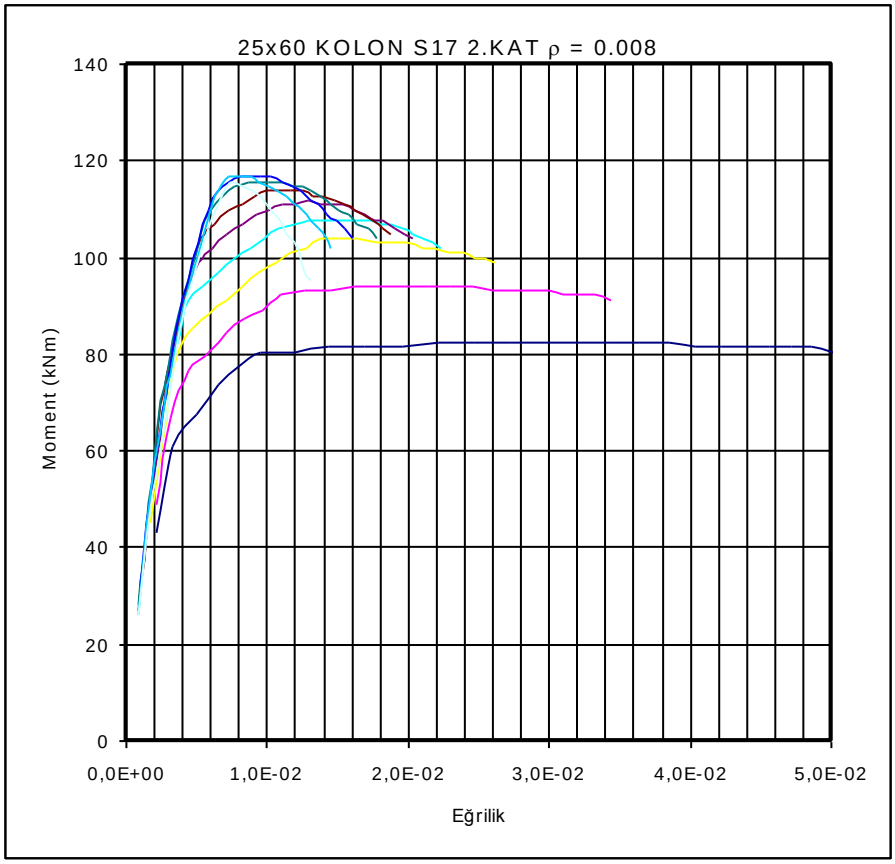

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00287 | 0,04695 | 16,4 | 0,04408 | 0,01543 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00268 | 0,03148 | 11,8 | 0,02881 | 0,01008 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00305 | 0,02383 | 7,8 | 0,02078 | 0,00727 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00340 | 0,01945 | 5,7 | 0,01605 | 0,00562 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00380 | 0,01758 | 4,6 | 0,01378 | 0,00482 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00420 | 0,01617 | 3,9 | 0,01197 | 0,00419 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00441 | 0,01508 | 3,4 | 0,01066 | 0,00373 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00492 | 0,01367 | 2,8 | 0,00875 | 0,00306 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00570 | 0,01242 | 2,2 | 0,00672 | 0,00235 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,00602 | 0,01117 | 1,9 | 0,00516 | 0,00180 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.16.S10 2. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



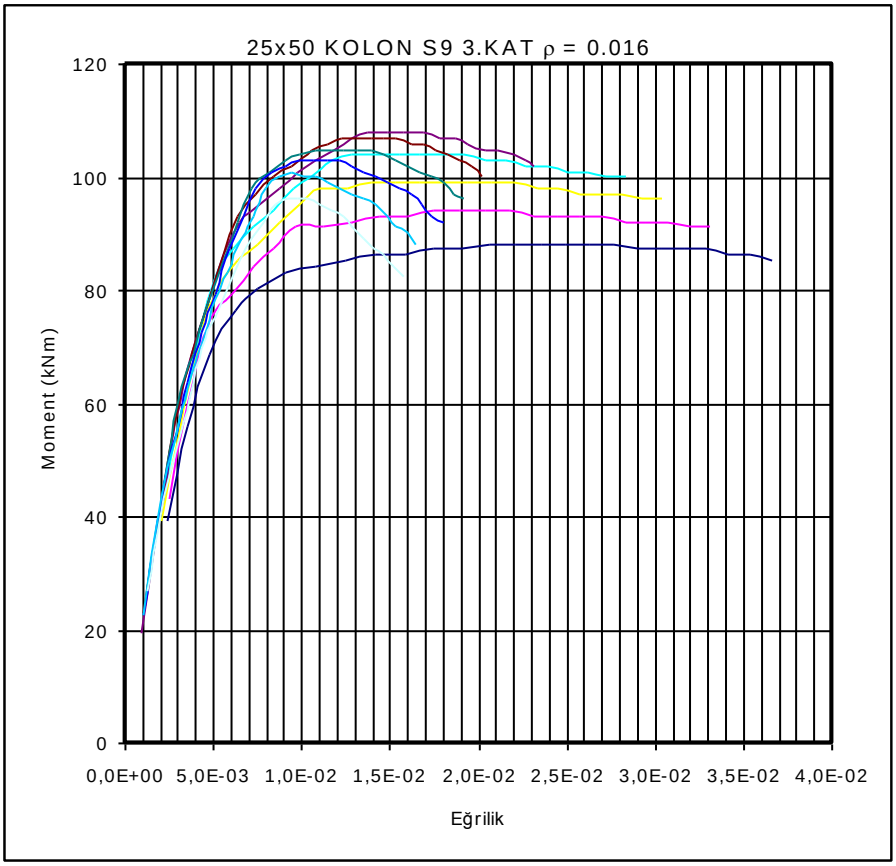

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00378 | 0,02979 | 7,9 | 0,02601 | 0,00780 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00373 | 0,02676 | 7,2 | 0,02303 | 0,00691 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00407 | 0,02435 | 6,0 | 0,02028 | 0,00609 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00484 | 0,02176 | 4,5 | 0,01692 | 0,00508 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00509 | 0,01750 | 3,4 | 0,01241 | 0,00372 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00579 | 0,01602 | 2,8 | 0,01023 | 0,00307 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00625 | 0,01509 | 2,4 | 0,00884 | 0,00265 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00694 | 0,01417 | 2,0 | 0,00722 | 0,00217 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00782 | 0,01287 | 1,6 | 0,00505 | 0,00151 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,00949 | 0,01213 | 1,3 | 0,00264 | 0,00079 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.17.S7 2. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



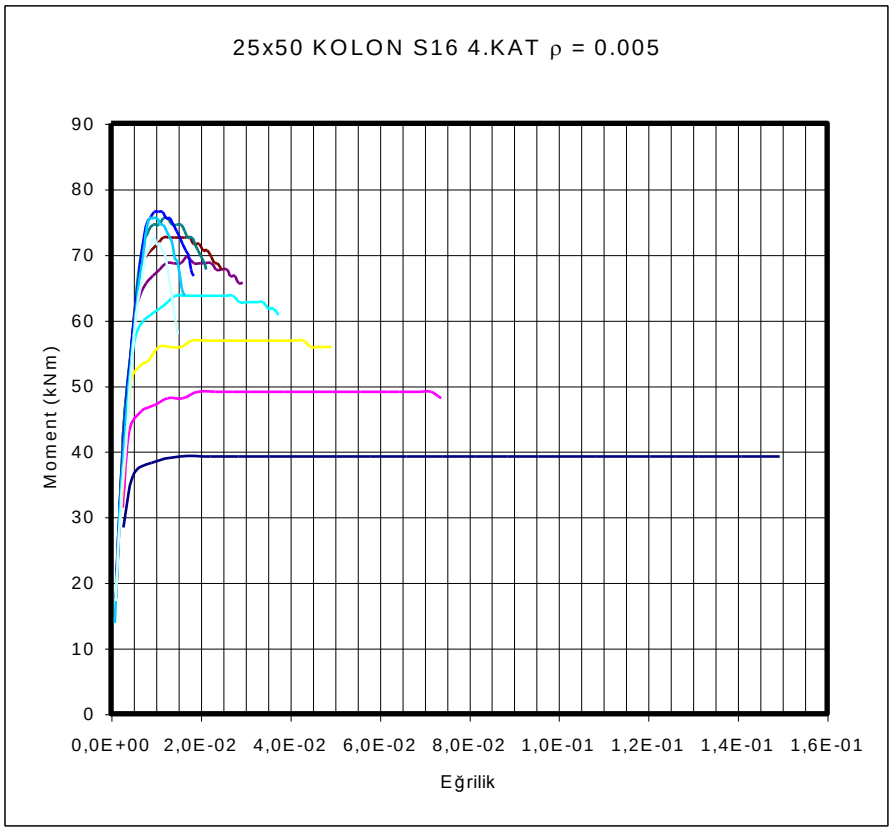

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00322 | 0,05009 | 15,6 | 0,04687 | 0,01406 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00350 | 0,03435 | 9,8 | 0,03085 | 0,00926 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00357 | 0,02620 | 7,4 | 0,02264 | 0,00679 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00435 | 0,02232 | 5,1 | 0,01796 | 0,00539 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00509 | 0,02028 | 4,0 | 0,01518 | 0,00456 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00532 | 0,01880 | 3,5 | 0,01347 | 0,00404 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00570 | 0,01769 | 3,1 | 0,01199 | 0,00360 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00657 | 0,01602 | 2,4 | 0,00944 | 0,00283 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00662 | 0,01454 | 2,2 | 0,00792 | 0,00238 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,00769 | 0,01306 | 1,7 | 0,00537 | 0,00161 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.18.S17 2. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



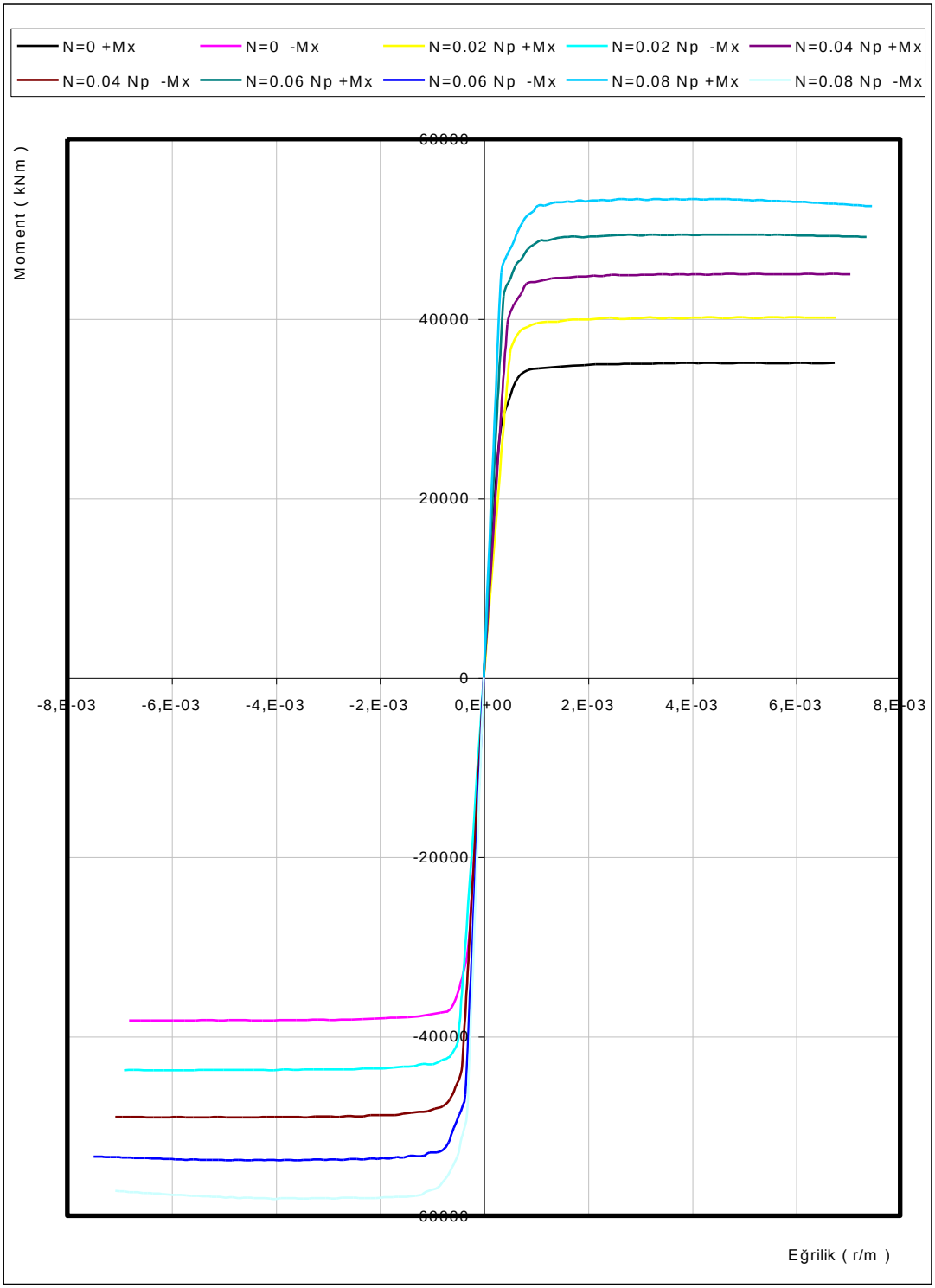

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00400 | 0,03665 | 9,2 | 0,03265 | 0,00816 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00472 | 0,03313 | 7,0 | 0,02841 | 0,00710 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00517 | 0,03034 | 5,9 | 0,02517 | 0,00629 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00509 | 0,02830 | 5,6 | 0,02321 | 0,00580 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00551 | 0,02307 | 4,2 | 0,01756 | 0,00439 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00634 | 0,02017 | 3,2 | 0,01384 | 0,00346 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00716 | 0,01920 | 2,7 | 0,01205 | 0,00301 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00824 | 0,01807 | 2,2 | 0,00983 | 0,00246 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00869 | 0,01648 | 1,9 | 0,00778 | 0,00195 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,01034 | 0,01580 | 1,5 | 0,00545 | 0,00136 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.19.S9 3. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



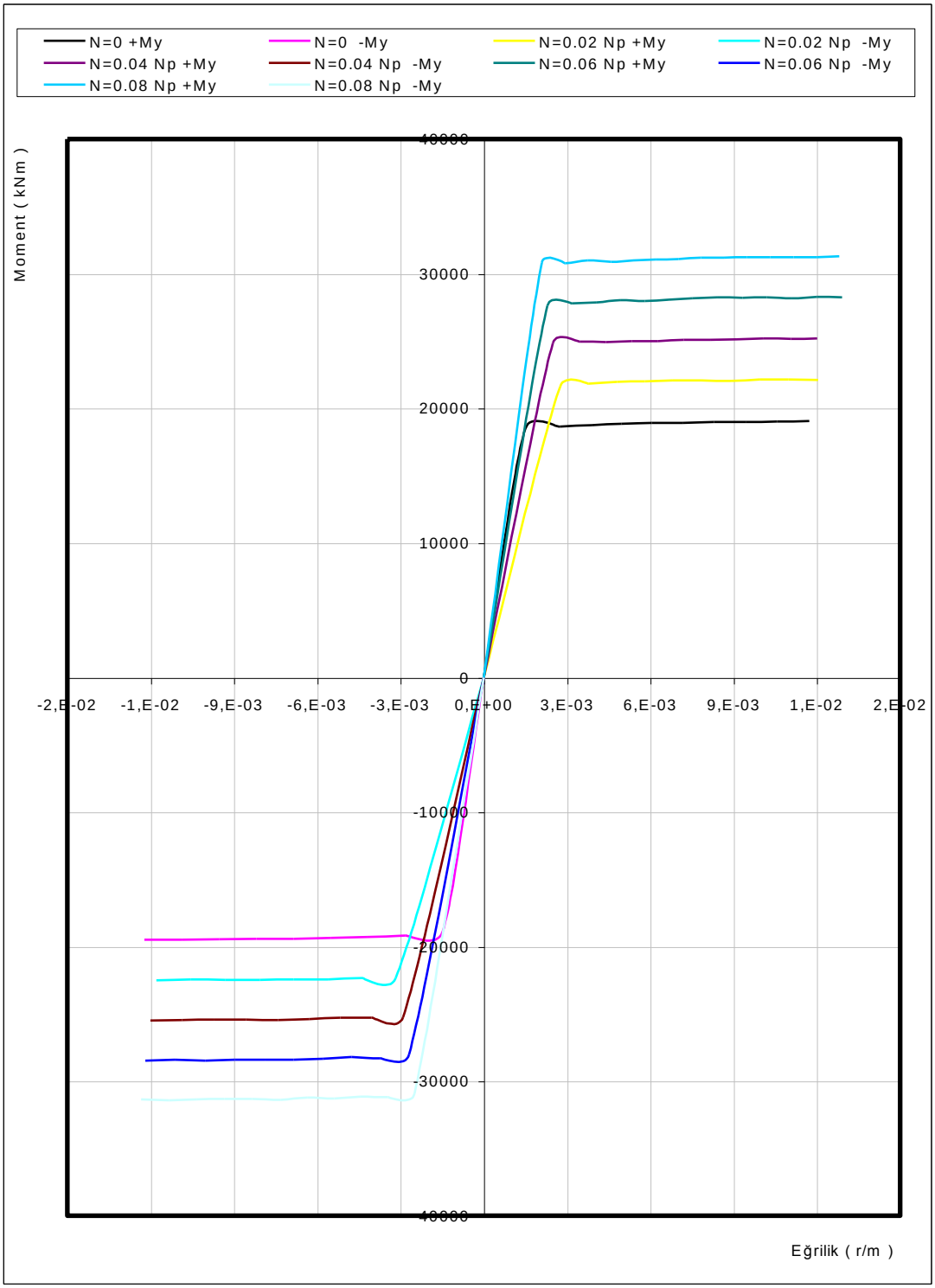

| N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 0,00489 | 0,14943 | 30,6 | 0,14455 | 0,03614 | Beton Ezilmesi |
| 0,10 | 0,00401 | 0,07375 | 18,4 | 0,06975 | 0,01744 | Beton Ezilmesi |
| 0,15 | 0,00452 | 0,04920 | 10,9 | 0,04469 | 0,01117 | Beton Ezilmesi |
| 0,20 | 0,00557 | 0,03739 | 6,7 | 0,03182 | 0,00795 | Beton Ezilmesi |
| 0,25 | 0,00600 | 0,02943 | 4,9 | 0,02343 | 0,00586 | Beton Ezilmesi |
| 0,30 | 0,00648 | 0,02466 | 3,8 | 0,01818 | 0,00455 | Beton Ezilmesi |
| 0,35 | 0,00716 | 0,02125 | 3,0 | 0,01409 | 0,00352 | Beton Ezilmesi |
| 0,40 | 0,00784 | 0,01852 | 2,4 | 0,01068 | 0,00267 | Beton Ezilmesi |
| 0,45 | 0,00858 | 0,01648 | 1,9 | 0,00790 | 0,00197 | Beton Ezilmesi |
| 0,50 | 0,01080 | 0,01489 | 1,4 | 0,00409 | 0,00102 | Beton Ezilmesi |

Şekil B.20.S16 4. Kat Kolonunda Moment Eğrilik Diyagramları



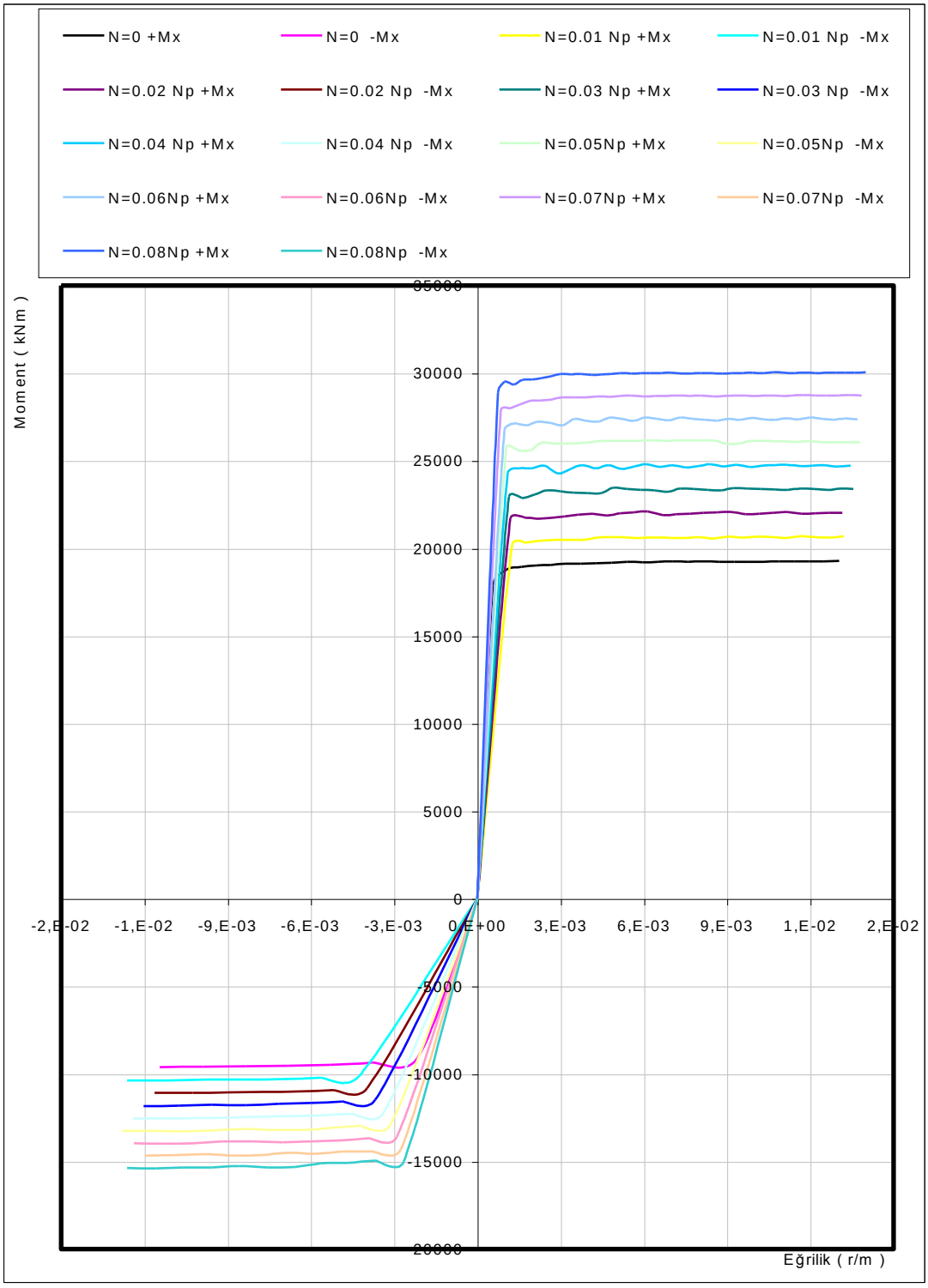

| Moment | N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 49000 | 0,060 | 0,00060 | 0,00730 | 12,2 | 0,00670 | 0,01742 | Donatı Kopması |
| -52500 | 0,060 | 0,00050 | 0,00750 | 15,0 | 0,00700 | 0,01820 | Donatı Kopması |

Şekil B.21.P5P1P6 Pede Grubu Moment Eğrilik Diyagramları



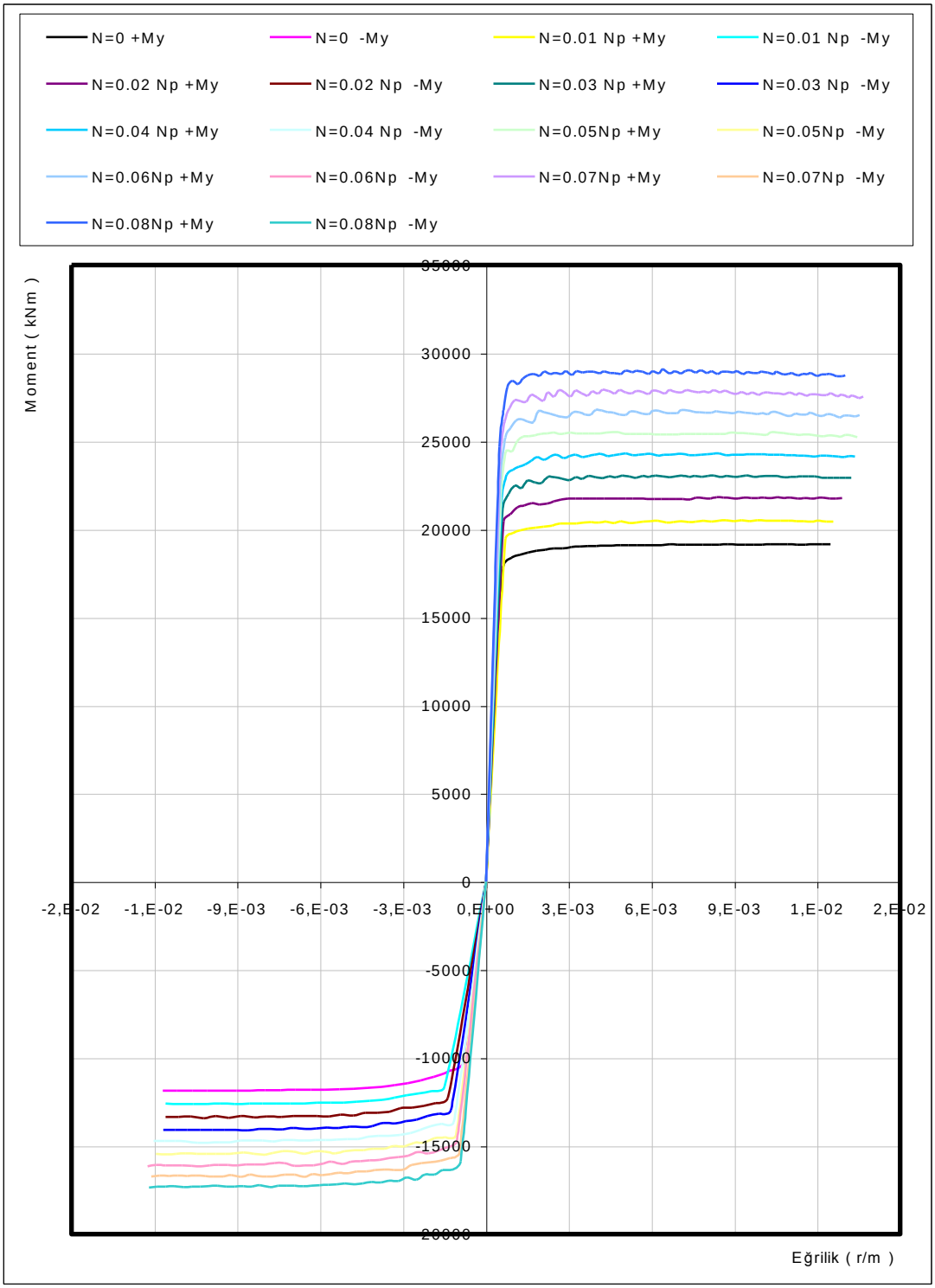

| Moment | N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28000 | 0,060 | 0,00250 | 0,01300 | 5,2 | 0,01050 | 0,02153 | Donatı Kopması |
| -28000 | 0,060 | 0,00250 | 0,01200 | 4,8 | 0,00950 | 0,01948 | Donatı Kopması |

Şekil B.22.P5P1P6 Pede Grubu Moment Eğrilik Diyagramları



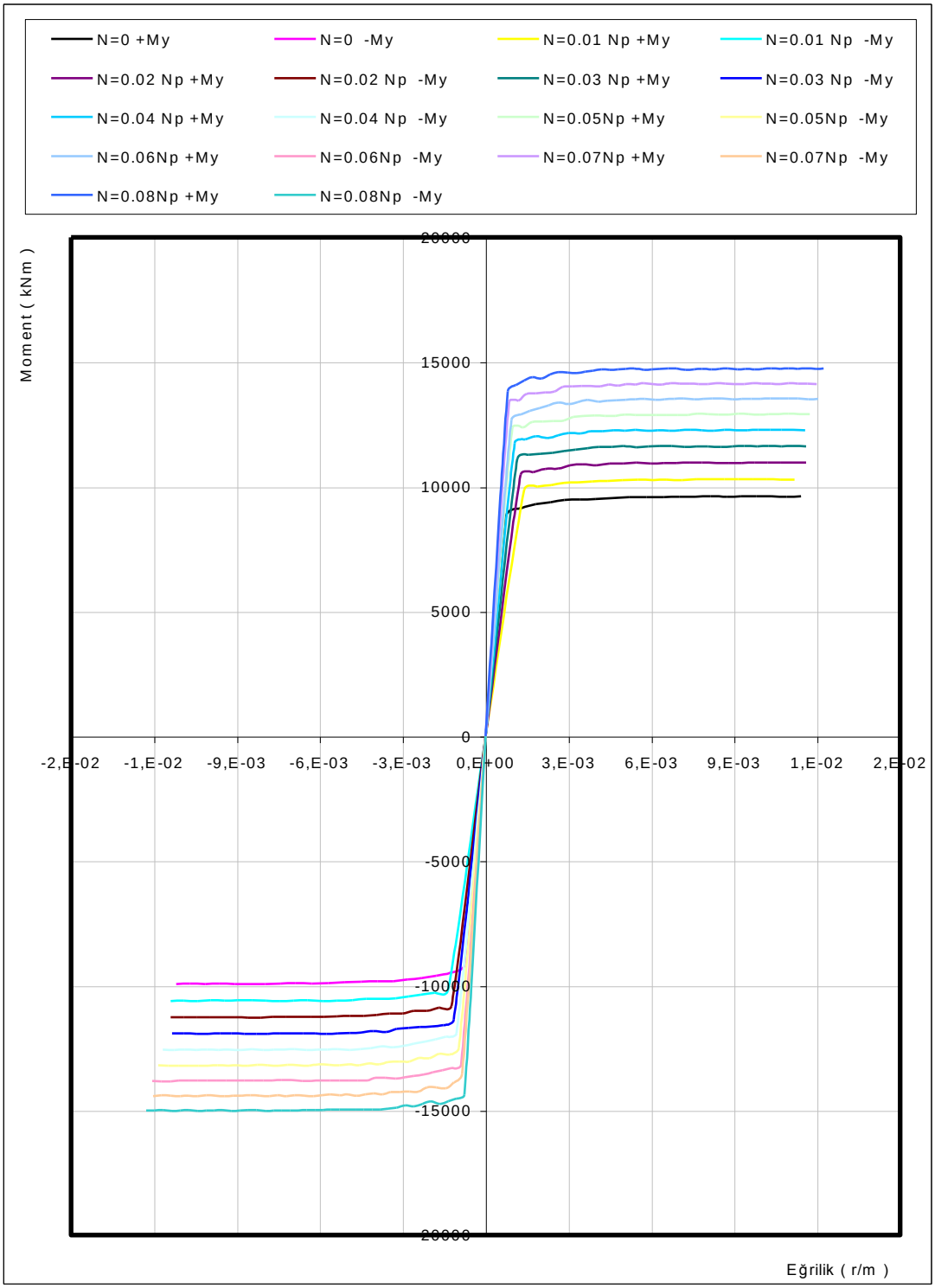

| Moment | N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27000 | 0,060 | 0,00130 | 0,01350 | 10,4 | 0,01220 | 0,02501 | Donatı Kopması |
| -14500 | 0,070 | 0,00280 | 0,01200 | 4,3 | 0,00920 | 0,01886 | Donatı Kopması |

Şekil B.23.P4P8 Pede Grubu Moment Eğrilik Diyagramları



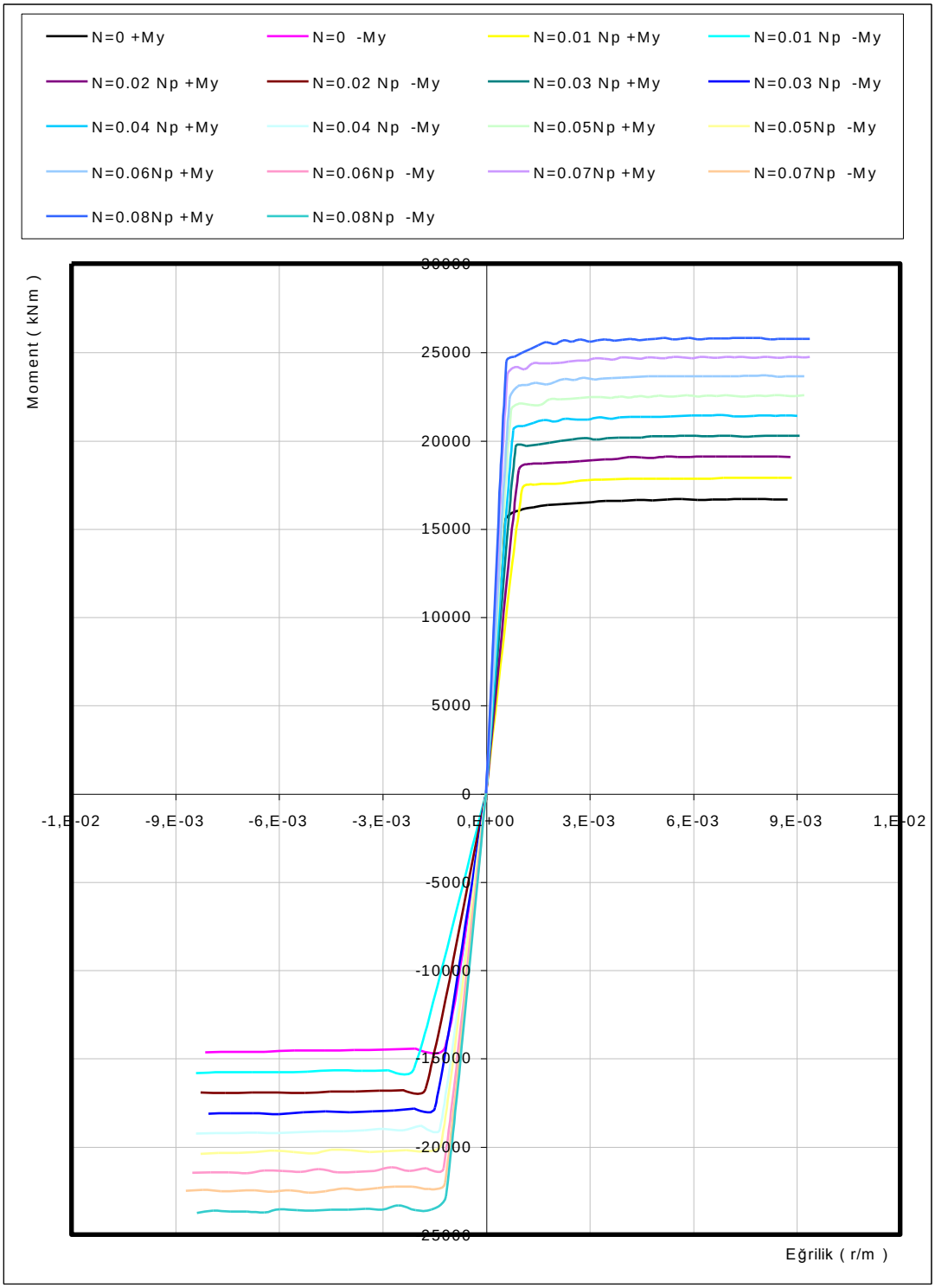

| Moment | N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28500 | 0,080 | 0,00100 | 0,01300 | 13,0 | 0,01200 | 0,02700 | Donatı Kopması |
| -15250 | 0,050 | 0,00120 | 0,01200 | 10,0 | 0,01080 | 0,02430 | Donatı Kopması |

Şekil B.24.P4P8 Pede Grubu Moment Eğrilik Diyagramları



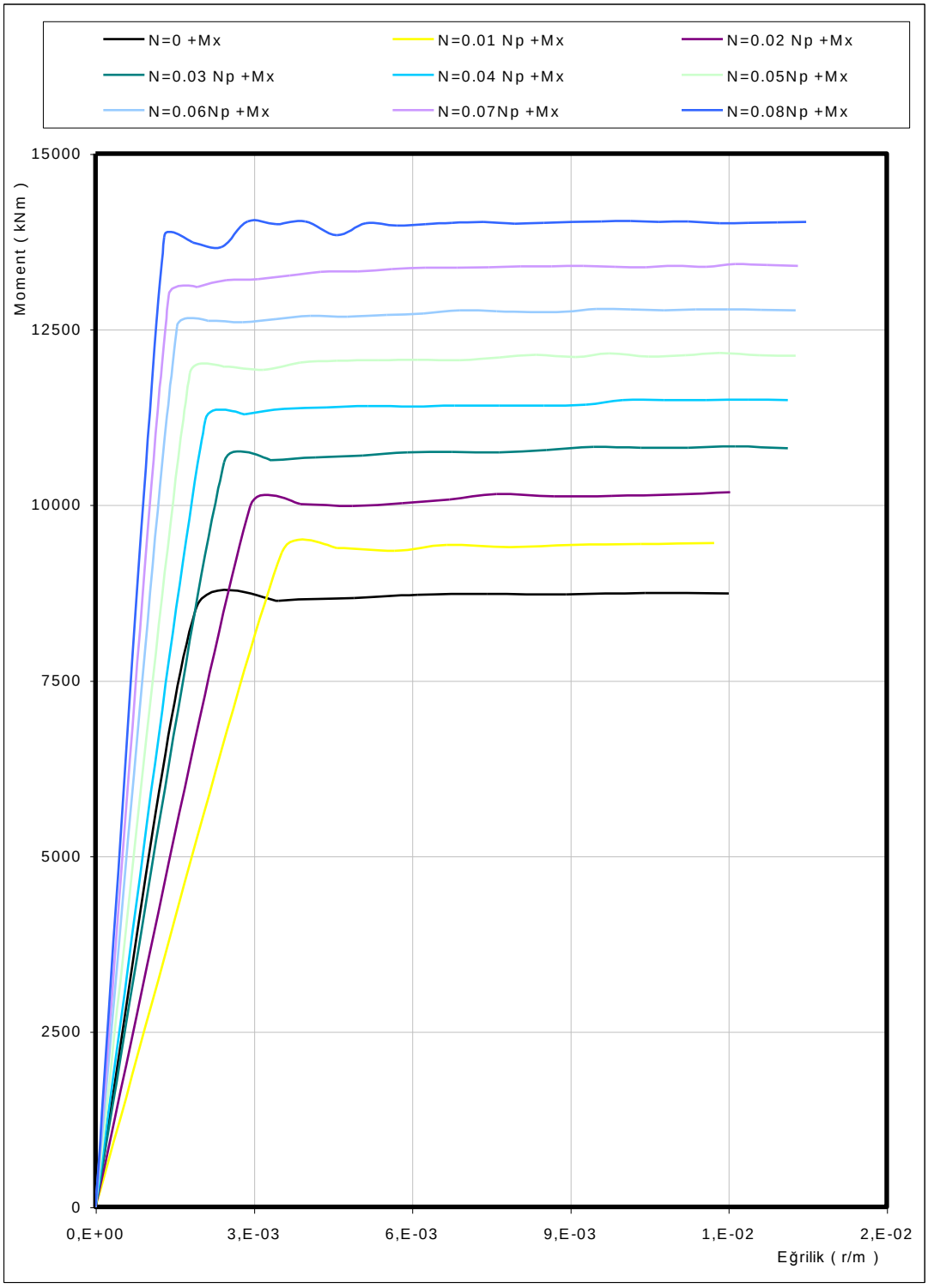

| Moment | N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13500 | 0,060 | 0,00120 | 0,01200 | 10,0 | 0,01080 | 0,02592 | Donatı Kopması |
| -14250 | 0,070 | 0,00100 | 0,01200 | 12,0 | 0,01100 | 0,02640 | Donatı Kopması |

Şekil B.25.P2 Pedesi Moment Eğrilik Diyagramları



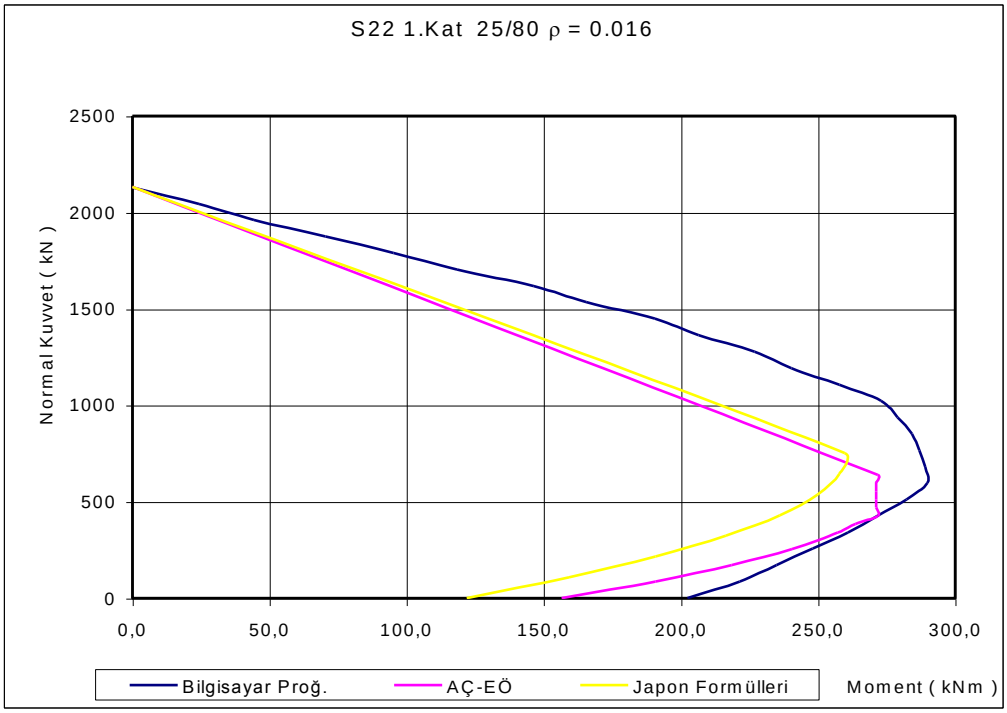

| Moment | N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22500 | 0,050 | 0,00100 | 0,00920 | 9,2 | 0,00820 | 0,02132 | Donatı Kopması |
| -22000 | 0,065 | 0,00120 | 0,00850 | 7,1 | 0,00730 | 0,01898 | Donatı Kopması |

Şekil B.26.P3 Pedesi Moment Eğrilik Diyagramları

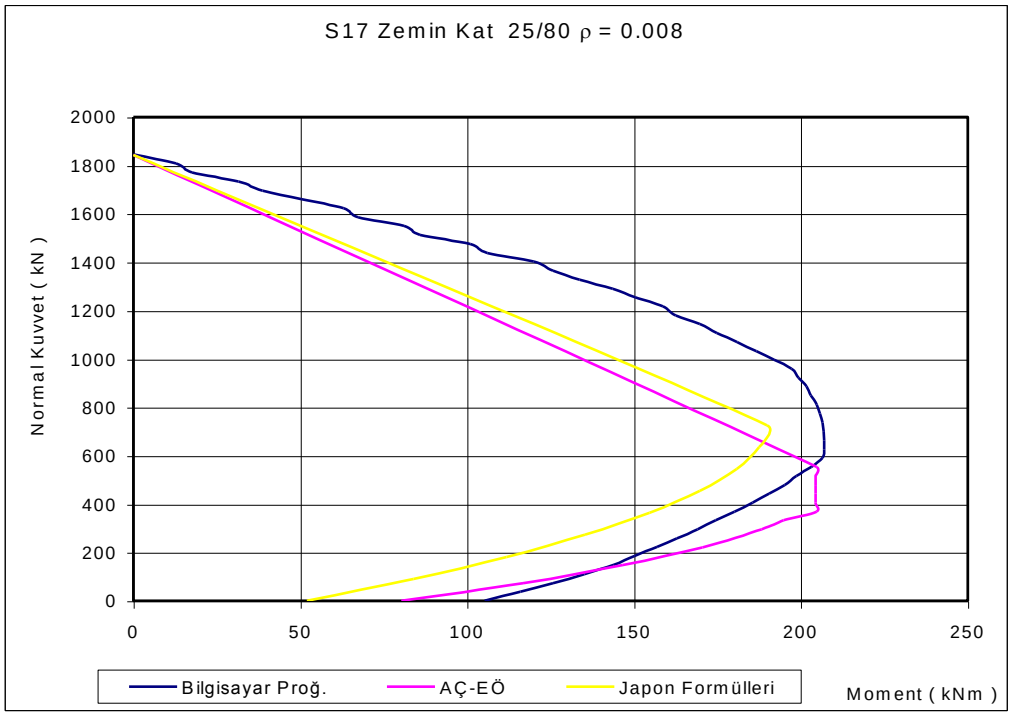



| Moment | N/Np | $\chi_y$ | $\chi_u$ | $\chi_u / \chi_y$ | $\chi_p$ | $\phi_p$ | Göçme Biçimi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12000 | 0,050 | 0,00180 | 0,01320 | 7,3 | 0,01140 | 0,02337 | Donatı Kopması |
| -11000 | 0,035 | 0,00220 | 0,01320 | 6,0 | 0,01100 | 0,02255 | Donatı Kopması |

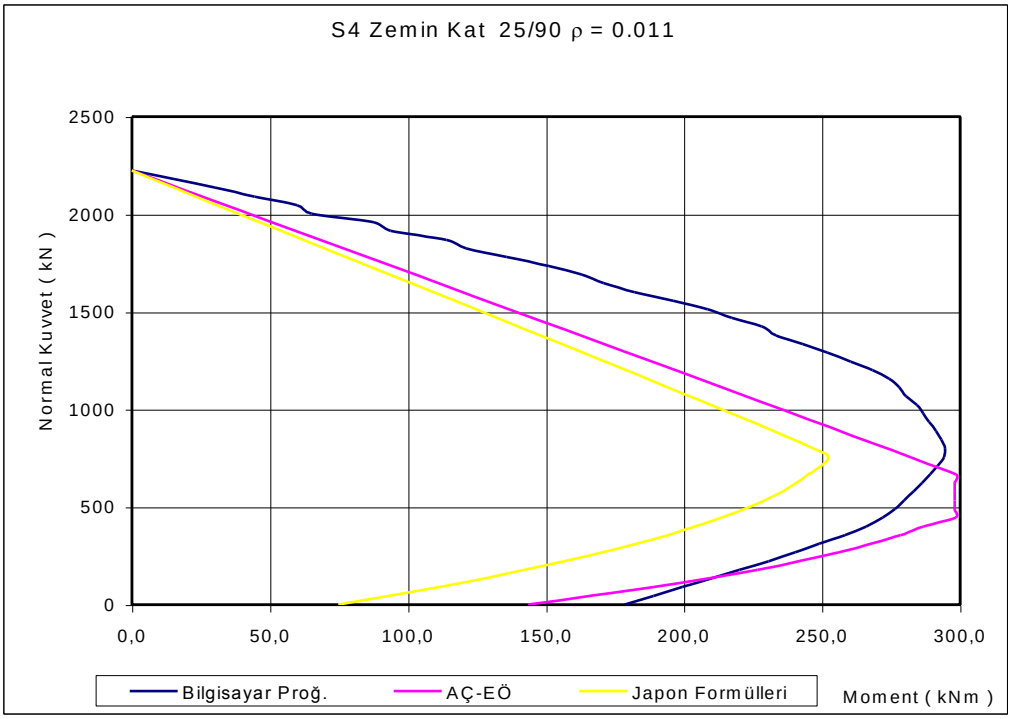
Şekil B.27.P7 Pedesi Moment Eğrilik Diyagramları



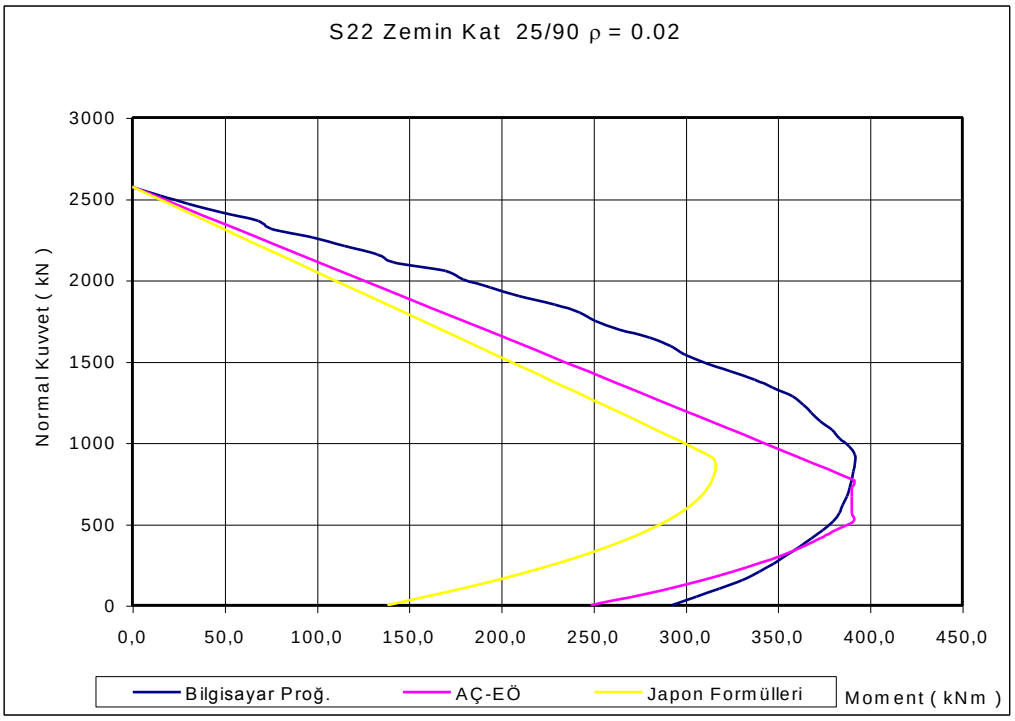

Şekil B.28.S22 1. Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması



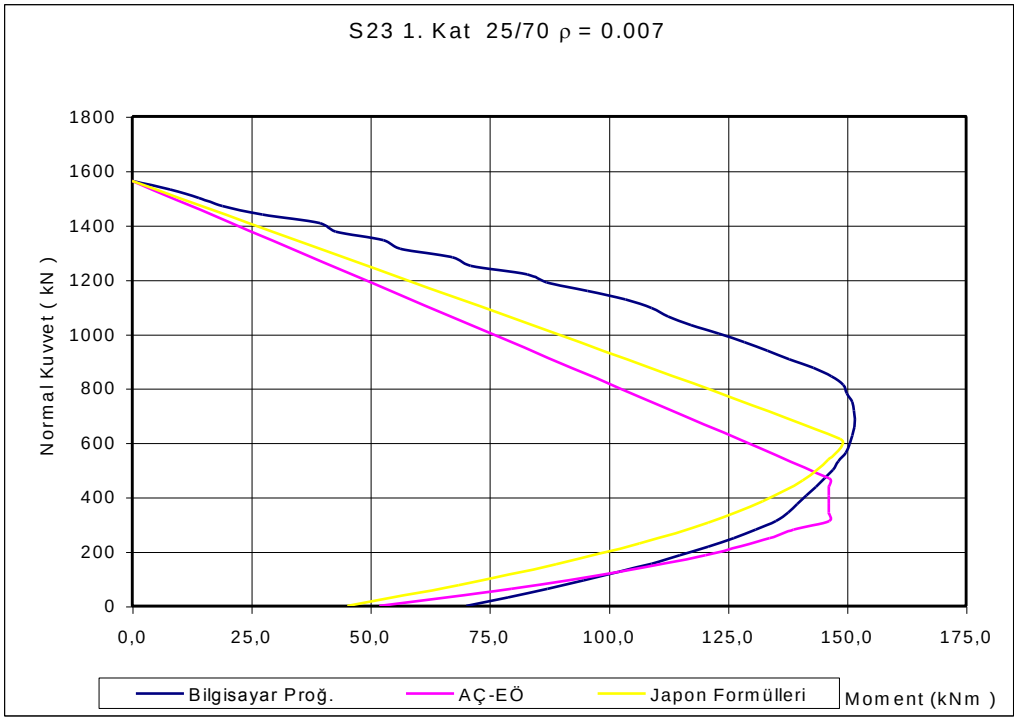

Şekil B.29.S17 Zemin Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması



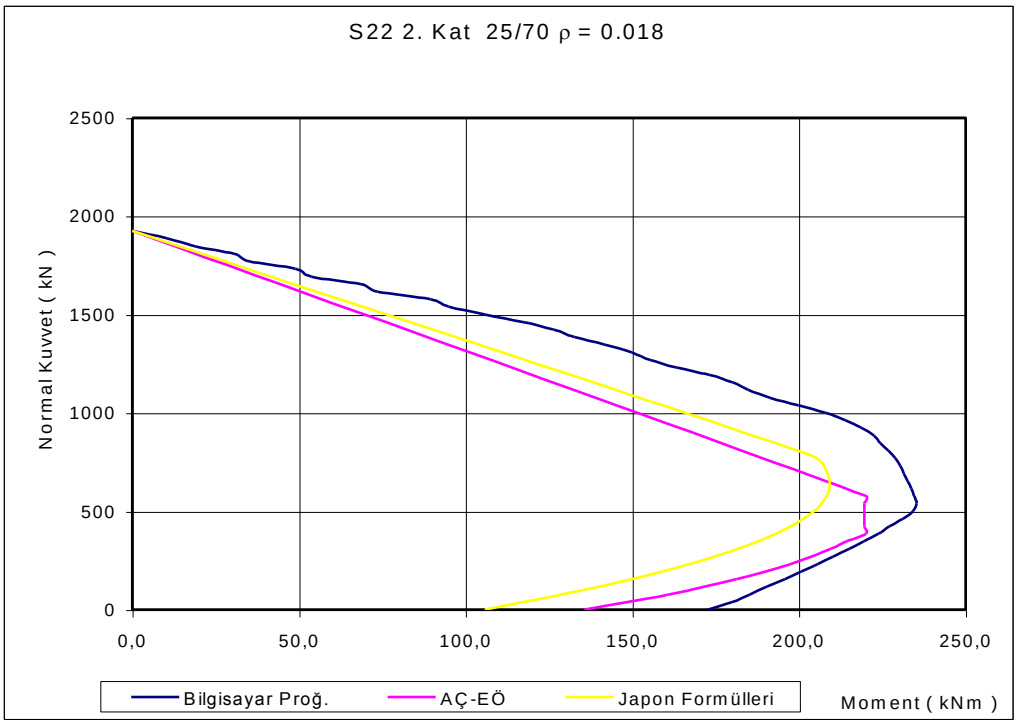

Şekil B.30.S4 Zemin Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması




Şekil B.31.S22 Zemin Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması




Şekil B.32.S23 1. Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması




Şekil B.33.S22 2. Kat Kolon Kesitinde Bilgisayar Programı ve Yaklaşık Yöntemlerin Karşılaştırılması

# EK C

# ÇİZİMLER

## ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Ankara'da doğan Özgür YÖNEY , ilk öğrenimini Çanakkale Arıburnu İlkokulu' nda, orta öğrenimini Çanakkale Merkez Ortokulu' nda ve lise öğrenimini Çanakkale Merkez Lisesi' nde tamamladı. 1991 yılında başladığı İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü' nden 1998 yılında mezun oldu. 1999 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mühendisliği Programı' nda yüksek lisans öğrenimine başladı.