

**T.C.  
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇELİK KOLON AYAKLARINDA TABAN ALTI TESVİYE  
HARCININ ANKRAJ BULONLARININ DAVRANIŞINA  
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YAŞAR GÜLERYÜZ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADYAMAN, 2021**

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

**ÇELİK KOLON AYAKLARINDA TABAN ALTI TESVİYE HARCININ  
ANKRAJ BULONLARININ DAVRANIŞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Yaşar GÜLERYÜZ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Mekanik Bilim Dalı**

Bu tez 03/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN**  
**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi İsmail ÜNSAL**  
**Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORI**  
**Üye**

**Prof. Dr. Tayfun SERVİ**  
**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

# ÇELİK KOLON AYAKLARINDA TABAN ALTI TESVİYE HARCININ ANKRAJ BULONLARININ DAVRANIŞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

## Yaşar GÜLERYÜZ

Adıyaman Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN  
Yıl : 2021, Sayfa sayısı: 150

Jüri : Doç. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN  
Dr. Öğr. Üyesi İsmail ÜNSAL  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORI

Çelik kolon-betonarme temel düğüm noktası birleşimlerinde uygulamada sıkça rastlanan bir durum, kolon taban levhası ile betonarme temel arasındaki boşluğun yüksek mukavemetli harç ile doldurulmaması durumudur. Bu çalışmada, çelik kolon ayaklarında taban levhası altı tesviye harcının ankraj bulonlarının davranışına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda taban levhası ile betonarme temel arasında tesviye harcı olmaksızın boşluk bırakılarak bu boşluğun düğüm noktasındaki etkileri incelenmiştir. Bu etki çelik kolon taban levhası ile betonarme temel arasında boşluğun hiç olmaması ile boşluğun artırılması durumları göz önünde bulundurularak karşılaştırılmalı olarak ortaya konmuştur. Çelik kolon-betonarme temel düğüm noktası sonlu elemanlar metodu esasına dayanan ANSYS Workbench bilgisayar yazılımı yardımıyla sayısal olarak modellenmiştir. Sayısal modelde; çelik kolon, taban levhası, ankraj çubukları ve ankraj bulonlarının malzemesi homojen izotropik olduğu kabul edilmiştir. Analizlerde lineer olmayan etkiler de dikkate alınmıştır. Analizlerde kolon orta noktasının yatay deplasman yapması halinde çelik kolon taban levhası ile betonarme temel arasında bırakılan boşluğun büyüklüğüne bağlı olarak moment-dönme eğrileri ile ankraj çubuklarında oluşan gerilmeler elde edilmiştir. Bu çalışma ile uygulamalarda sıkça rastlanan çelik kolon taban levhası ile betonarme temel arasındaki boşluk arttıkça, düğüm noktasının moment kapasitesinin olumsuz etkilendiği ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Kolon Temel Birleşimi; Çelik Kolon Taban Levhası; Ankraj Bulonları;

## ABSTRACT

### MSc Thesis

<p style="text-align: center;"><b>INVESTIGATION OF THE EFFECT OF UNDERFLOOR LEVELING MORTAR ON THE BEHAVIOR OF ANCHORAGE BOLTS IN STEEL COLUMN LEGS</b></p>
---

**Yaşar GÜLERYÜZ**

Adiyaman University  
Graduate Education Institute  
Department of Civil Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN  
Year : 2021, Number of pages: 150

Jury : Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN  
Asist. Prof. Dr. İsmail ÜNSAL  
Asist. Prof. Dr. Ahmad Reshad NOORI

A common situation in practice is that the gap between the column base plate and the reinforced concrete foundation at the junction of the steel column-reinforced concrete foundation is not filled with high-strength mortar. In this study, it was aimed to investigate the effect of leveling mortar under the base plate on the behavior of anchor bolts in steel column feet. This effect has been demonstrated comparatively by considering the cases of increasing the gap at different rates between the steel column base plate and the reinforced concrete foundation. The steel column-reinforced concrete foundation joint is numerically modeled with the help of ANSYS Workbench computer software based on the finite element method. In the numerical model, the material of the steel column, base plate, anchor rods and anchor bolts are assumed to be homogeneously isotropic. Nonlinear effects were also considered in the analyses. In the analyses, horizontal displacement was applied to the midpoint of the column and depending on the size of the gap left between the steel column base plate and the reinforced concrete foundation, the moment-rotation curves and the stresses in the anchor rods were obtained. As a result of this study, it was revealed that the gap between the steel column base plate and the reinforced concrete foundation, which is frequently encountered in applications, negatively affects the moment capacity of the joint.

**Key Words:** Steel Column Foundation Connection; Steel Column Base Plate; Anchor Bolts

## **BEYAN**

“Çelik Kolon Ayaklarında Taban Altı Tesviye Harcının Ankraj Bulonlarının Davranışına Etkisinin İncelenmesi” başlıklı tezimde çalışmaların tamamen akademik kurallara ve etik değerlere sadık kalınarak yürütüldüğünü ve yazımda yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ayrıca alıntılardan bilimsel etiğe uygun atıf yaparak yararlanmış olduğumu beyan ederim.

Yaşar GÜLERYÜZ

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek Lisans tez çalışmamda destek ve yardımlarını esirgemeyen, yapılan çalışmanın her aşamasında yönlendirmeleriyle katkı sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN hocama teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
BEYAN.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XX
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	7
3.1. Çelik Kolon-Temel Birleşimlerinde Kullanılan Bileşenler.....	8
3.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi .....	15
3.3. ANSYS Workbench Programı ile Modelleme .....	16
4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI.....	17
4.1. Kolon Taban Levhalarının Boyutlandırma Esasları.....	17
4.2. Ankraj Çubuklarının Boyutlandırma Esasları .....	20
4.3. Ankraj Çubuklarının Çekme Kapasitesi.....	21
4.4. Moment ve Eksenel Yük Etkisindeki Kolon Taban Levhaları.....	22
4.4.1. Taban Levhasına Küçük Değerde Moment ile Eksenel Yük Etki Etmesi ( $e = Mu/Pu \leq N/6$ durumu) .....	23
4.4.2. Taban Levhasına Büyük Değerde Moment ile Eksenel Yük Etki Etmesiyle Dış Merkezilik ( $e = Mu/Pu > N/6$ durumu) .....	25
5. SAYISAL MODELLEME.....	30
5.1. Çelik Kolon Özellikleri .....	32
5.2. Çelik Kolon Taban Levhası Özellikleri .....	33
5.3. Ankraj Çubuklarının Özellikleri.....	35
5.4. Ankraj Somunlarının Özellikleri .....	36
6. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	39
6.1. Model 1-Analiz Sonuçları .....	42
6.1.1. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 100 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model-1) .....	42
6.1.1.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	42

6.1.1.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	43
6.1.1.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	43
6.1.1.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	44
6.1.1.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	45
6.1.2. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 75 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model-1).....	46
6.1.2.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	46
6.1.2.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	47
6.1.2.3. Ankraj Çubuğunda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	48
6.1.2.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	49
6.1.2.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	50
6.1.3. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 50 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model-1).....	51
6.1.3.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	51
6.1.3.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	51
6.1.3.3. Ankraj Çubuğunda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	52
6.1.3.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	53
6.1.3.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	54
6.1.4. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 25 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 1) .....	55
6.1.4.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	55
6.1.4.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	56
6.1.4.3. Ankraj Çubuğunda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	57
6.1.4.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	58
6.1.4.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	59



6.1.5. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Boşluk Bırakılmaması (0 mm) Halinde Analiz Sonuçları (Model 1).....	60
6.1.5.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	60
6.1.5.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	61
6.1.5.3. Ankraj Çubuğunda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi.....	62
6.1.5.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	63
6.1.5.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	64
6.2. Model 2-Analiz Sonuçları .....	65
6.2.1. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 100 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 2).....	65
6.2.1.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	65
6.2.1.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	66
6.2.1.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi.....	66
6.2.1.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	67
6.2.1.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	68
6.2.2. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 75 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model-2).....	69
6.2.2.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	69
6.2.2.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	70
6.2.2.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi.....	71
6.2.2.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	72
6.2.2.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	73
6.2.3. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 50 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 2).....	74
6.2.3.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	74
6.2.3.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	74
6.2.3.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi.....	75

6.2.3.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	76
6.2.3.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	77
6.2.4. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 25 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 2).....	78
6.2.4.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	78
6.2.4.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	79
6.2.4.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi.....	80
6.2.4.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	81
6.2.4.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	82
6.2.5. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Boşluk Bırakılmaması (0 mm) Halinde Analiz Sonuçları (Model 2).....	83
6.2.5.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	83
6.2.5.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	83
6.2.5.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi.....	84
6.2.5.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	85
6.2.5.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	86
6.3. Model 3- Analiz Sonuçları .....	87
6.3.1. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 100 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 3).....	87
6.3.1.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	87
6.3.1.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	88
6.3.1.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi.....	89
6.3.1.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	90
6.3.1.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	91
6.3.2. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 75 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 3).....	92
6.3.2.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	92

6.3.2.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	92
6.3.2.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	93
6.3.2.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	94
6.3.2.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	95
6.3.3. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 50 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 3) .....	96
6.3.3.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	96
6.3.3.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	97
6.3.3.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	98
6.3.3.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	99
6.3.3.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	100
6.3.4. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 25 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 3) .....	101
6.3.4.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	101
6.3.4.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	101
6.3.4.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	102
6.3.4.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	103
6.3.4.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	104
6.3.5. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Boşluk Bırakılmaması (0 mm) Halinde Analiz Sonuçları (Model 3) .....	105
6.3.5.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	105
6.3.5.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi .....	106
6.3.5.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	106
6.3.5.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	107
6.3.5.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi .....	108

6.4. Model 1- Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Bırakılan Boşluğun Azaltılması/Artırılması Halinde Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması (0 mm-25 mm-50 mm-75 mm ve 100 mm) .....	110
6.4.1. Moment- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	110
6.4.2. Kuvvet- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	112
6.4.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	113
6.4.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	116
6.4.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	117
6.5. Model 2- Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Bırakılan Boşluğun Azaltılması/Artırılması Halinde Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması (0 mm-25 mm-50 mm-75 mm ve 100 mm) .....	118
6.5.1. Moment- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	118
6.5.2. Kuvvet- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	121
6.5.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	122
6.5.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	125
6.5.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	126
6.6. Model 3- Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Bırakılan Boşluğun Azaltılması/Artırılması Halinde Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması (0 mm-25 mm-50 mm-75 mm ve 100 mm) .....	127
6.6.1. Moment- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	127
6.6.2. Kuvvet- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	130
6.6.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	131

6.6.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	134
6.6.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	135
6.7. Model-1, Model-2 ve Model-3 Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması.....	136
6.7.1. Model-1, Model-2 ve Model-3'te Moment-Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	136
6.7.2. Model-1, Model-2 ve Model-3'te Kuvvet-Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	138
6.7.3. Model-1, Model-2 ve Model-3'te Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	139
6.7.4. Model-1, Model-2 ve Model-3'te Kolon Taban Levhasının Üst Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	141
6.7.5. Model-1, Model-2 ve Model-3 Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	142
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	143
KİŞİSEL BİLGİLER.....	150

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Normal bulon sınıfları için karakteristik akma gerilmeleri $F_{yb}$ ve çekme dayanımları $F_{ub}$ (MPa) .....	13
Çizelge 3.2. Yüksek bulon sınıfları için karakteristik akma gerilmeleri $F_{yb}$ ve çekme dayanımları $F_{ub}$ (MPa) .....	13
Çizelge 3.3. Minimum Bulon Önçekme Kuvveti, (kN) .....	14
Çizelge 3.4. Bulonların Karakteristik Gerilme Dayanımları .....	14
Çizelge 3.5. Standart Dairesel Delik Çapı Merkezinden Parça Kenarına Olan Minimum Uzaklık, (mm) .....	15
Çizelge 4.1. Taban Levhası Malzemeleri.....	17
Çizelge 6.1. Birleşimde oluşan maksimum moment değerleri (model-1) .....	111
Çizelge 6.2. Birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi (Mp) ve plastik dönme açısı değerleri (model-1) .....	111
Çizelge 6.3. Birleşimde oluşan maksimum moment değerleri (model-2) .....	120
Çizelge 6.4. Birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi (Mp) ve plastik dönme açısı değerleri (model-2) .....	120
Çizelge 6.5. Birleşimde oluşan maksimum moment değerleri (model-3) .....	129
Çizelge 6.6. Birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi (Mp) ve plastik dönme açısı değerleri (model-3) .....	129
Çizelge 6.7. Analize tabi tutulan Model 1, Model-2 ve Model 3'e Ait Moment-Dönme Açısı Grafiğinden Elde Edilen Maksimum Moment Verileri .....	136
Çizelge 6.8 Analize tabi tutulan Model 1, Model-2 ve Model 3'e Ait Moment-Dönme Açısı Grafiğinden Elde Edilen Plastik Moment Taşıma Kapasitesi (Mp) Verileri .....	137
Çizelge 6.9. Model 1, Model 2 ve Model 3 olarak isimlendirilen birleşimlerde; kuvvet-dönme grafiklerinden elde edilen veriler .....	139
Çizelge 6.10. Ankraj çubuklarında oluşan akma gerilmesi ve çekme gerilmesine ulaşıldığı andaki deplasman verileri .....	140
Çizelge 6.11. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bağlantısında kullanılan üst somunlarda meydana gelen maksimum gerilme değerleri .....	141

Çizelge 6.12. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bağlantısında kullanılan alt somunlarda meydana gelen maksimum gerilme değerleri..... 142

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çelik kolon ayak birleşimine ait tipik bir birleşim .....	7
Şekil 3.2. Çelik yapı birleşimlerinde kullanılan bazı profiller .....	8
Şekil 3.3. Kolon tabanlarının gömülü taban levhaları ile bağlantı tipleri .....	9
Şekil 3.4. Açıkta kolon taban levhası.....	10
Şekil 3.5. Betona yapılan ankraj türleri.....	11
Şekil 3.6. Ankrajlarda Oluşan Farklı Yüklemeler.....	12
Şekil 4.1. Kolon Taban Levhası, Ezilme Gerilmesi ve Ayakta Kolon Alanı.....	18
Şekil 4.2. Eksenel yük ve küçük moment etkisindeki kolon taban levhası.....	23
Şekil 4.3. Eksenel yük ve büyük moment etkisindeki kolon taban levhası .....	26
Şekil 5.1. Çelik kolon ayak-temel birleşimine ait 4 adet ankraj bulonlu model-1.....	30
Şekil 5.2. Çelik kolon ayak-temel birleşimine ait 6 adet ankraj bulonlu model-2.....	30
Şekil 5.3. Çelik kolon ayak-temel birleşimine ait 6 adet ankraj bulonlu model-3.....	31
Şekil 5.4. ANSYS Workbench programında çelik kolona ait veri girişi .....	32
Şekil 5.5. W12x12x96 profiline ait ölçülerin gösterimi.....	33
Şekil 5.6. Çelik kolon taban levhası özelliklerine ait veri girişi .....	34
Şekil 5.7. Çelik kolon taban levhası boyutları .....	34
Şekil 5.8. Ankraj çubuklarının özelliklerine ait veri girişi.....	35
Şekil 5.9. Ankraj bulonlarının malzeme özelliklerine ait veri girişi .....	36
Şekil 5.10. Bulonların görünümüne ait kesit görünüşü (model-1).....	37
Şekil 5.11. Bulonların görünümüne ait kesit görünüşü (model-2).....	37
Şekil 5.12. Bulonların görünümüne ait kesit görünüşü (model-3).....	37
Şekil 6.1. Modellenen sistemin ağ modeli (model 1).....	39
Şekil 6.2. Modellenen sistemin ağ modeli (model 2).....	40
Şekil 6.3. Modellenen sistemin ağ modeli (model 3).....	40
Şekil 6.4. Birleşimin Plastik Moment Kapasitesinin Bulunması [37] .....	41
Şekil 6.5. Moment-dönme grafiği (h=100 mm-model 1).....	42
Şekil 6.6. Kuvvet-dönme grafiği (h=100 mm-model 1) .....	43
Şekil 6.7. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 1)....	44



Şekil 6.8. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 1).....	45
Şekil 6.9. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 1).....	46
Şekil 6.10. Moment-dönme grafiği (h=75 mm-model 1).....	47
Şekil 6.11. Kuvvet-dönme grafiği (h=75 mm-model 1) .....	47
Şekil 6.12. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 1)....	48
Şekil 6.13. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 1).....	49
Şekil 6.14. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 1).....	50
Şekil 6.15. Moment-dönme grafiği (h=50 mm-model 1).....	51
Şekil 6.16. Kuvvet-dönme grafiği (h=50 mm-model 1) .....	52
Şekil 6.17. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 1)....	53
Şekil 6.18. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 1).....	54
Şekil 6.19. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 1).....	55
Şekil 6.20. Moment-dönme grafiği (h=25 mm-model 1).....	56
Şekil 6.21. Kuvvet-dönme grafiği (h=25 mm-model 1) .....	56
Şekil 6.22. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 1)....	57
Şekil 6.23. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 1).....	58
Şekil 6.24. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 1).....	59
Şekil 6.25. Moment-dönme grafiği (h=0 mm-model 1).....	60
Şekil 6.26. Kuvvet-dönme grafiği (h=0 mm-model 1) .....	61
Şekil 6.27. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 1).....	62
Şekil 6.28. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 1).....	63

Şekil 6.29. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 1).....	64
Şekil 6.30. Moment-dönme grafiği (h=100 mm-model 2).....	65
Şekil 6.31. Kuvvet-dönme grafiği (h=100 mm-model 2) .....	66
Şekil 6.32. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 2)..	67
Şekil 6.33. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 2).....	68
Şekil 6.34. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 2).....	69
Şekil 6.35. Moment-dönme grafiği (h=75 mm-model 2).....	70
Şekil 6.36. Kuvvet-dönme grafiği (h=75 mm-model 2) .....	70
Şekil 6.37. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 2)....	71
Şekil 6.38. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 2).....	72
Şekil 6.39. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 2).....	73
Şekil 6.40. Moment-dönme grafiği (h=50 mm-model 2).....	74
Şekil 6.41. Kuvvet-dönme grafiği (h=50 mm-model 2) .....	75
Şekil 6.42. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 2)....	76
Şekil 6.43. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 2).....	77
Şekil 6.44. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 2).....	78
Şekil 6.45. Moment-dönme grafiği (h=25 mm-model 2).....	79
Şekil 6.46. Kuvvet-dönme grafiği (h=25 mm-model 2) .....	79
Şekil 6.47. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 2)....	80
Şekil 6.48. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 2).....	81
Şekil 6.49. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 2).....	82
Şekil 6.50. Moment-dönme grafiği (h=0 mm-model 2).....	83

Şekil 6.51. Kuvvet-dönme grafiği (h=0 mm-model 2) .....	84
Şekil 6.52. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 2).....	84
Şekil 6.53. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 2).....	85
Şekil 6.54. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 2).....	86
Şekil 6.55. Moment-dönme grafiği (h=100 mm-model 3).....	87
Şekil 6.56. Kuvvet-dönme grafiği (h=100 mm-model 3) .....	88
Şekil 6.57. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 3)..	89
Şekil 6.58. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 3).....	90
Şekil 6.59. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 3).....	91
Şekil 6.60. Moment-dönme grafiği (h=75 mm-model 3).....	92
Şekil 6.61. Kuvvet-dönme grafiği (h=75 mm-model 3) .....	93
Şekil 6.62. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 3)....	94
Şekil 6.63. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 3).....	95
Şekil 6.64. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 3).....	96
Şekil 6.65. Moment-dönme grafiği (h=50 mm-model 3).....	97
Şekil 6.66. Kuvvet-dönme grafiği (h=50 mm-model 3) .....	97
Şekil 6.67. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 3)....	98
Şekil 6.68. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 3).....	99
Şekil 6.69. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 3).....	100
Şekil 6.70. Moment-dönme grafiği (h=25 mm-model 3).....	101
Şekil 6.71. Kuvvet-dönme grafiği (h=25 mm-model 3) .....	102
Şekil 6.72. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 3)..	102

Şekil 6.73. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 3).....	103
Şekil 6.74. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 3).....	104
Şekil 6.75. Moment-dönme grafiği (h=0 mm-model 3).....	105
Şekil 6.76. Kuvvet-dönme grafiği (h=0 mm-model 3) .....	106
Şekil 6.77. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 3)....	107
Şekil 6.78. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 3).....	108
Şekil 6.79. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 3).....	109
Şekil 6.80. Moment-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1) .....	110
Şekil 6.81. Kuvvet-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1) .....	112
Şekil 6.82. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1) .....	114
Şekil 6.83. Kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1) .....	116
Şekil 6.84. Kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1) .....	117
Şekil 6.85. Moment-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2) .....	119
Şekil 6.86. Kuvvet-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2) .....	121
Şekil 6.87. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2) .....	123

Şekil 6.88. Kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2) .....	125
Şekil 6.89. Kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2) .....	126
Şekil 6.90. Moment-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3) .....	128
Şekil 6.91. Kuvvet-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3) .....	130
Şekil 6.92. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3) .....	132
Şekil 6.93. Kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3) .....	134
Şekil 6.94. Kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3) .....	135

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$a$	: Dikdörtgen Beton Gerilme Bloğu Derinliği
$A_b$	: Ankraj Çubuğunun Kayıpsız Enkesit Alanı
$A_1$	: Kolon Taban Levhasının Alanı
$A_2$	: Beton Ayağın Düşeyde 1'den, Yatay Doğrultuda 2'den İşaretlenen Taban Levhası Alanı $A_1$ İle Merkezi Olan Beton Ayak Alanı
$B$	: Kolon Taban Levhasının Genişliği
$d$	: Bulon Çapı
$e_h$	: Kanca Uzantısı
$f'_c$	: Temelin veya Betonun Basınç Dayanımı (ksi)
$F_{nt}$	: Karakteristik Çekme Gerilmesi Dayanımı
$F_{nv}$	: Karakteristik Kayma Gerilmesi Dayanımı
$F_u$	: Ankraj Çubuğunun Çekme Dayanımı
$f_{u,m}$	: Levha Kenarından $m$ Uzaklığında Maksimum Ezilme Gerilmesi
$F_{u,min}$	: Taban Levhası Kenarında Oluşan Minimum Basınç Gerilmesi
$F_{u,maks}$	: Taban Levhası Kenarında Oluşan Maksimum Basınç Gerilmesi
$F_y$	: Ankraj Çubuğunun Akma Dayanımı
$h$	: Çekme Etkisindeki Ankraj Çubukları İle Levhanın Ters Kenarı Arasındaki Mesafe
$h_e$	: Ankraj Çubukları Etkin Gömme Derinliği
$Mpa$	: Megapascal ( $kN/mm^2$ )
$M_u$	: Kolon Tabanına Etki Eden Artırılmış Moment
$N$	: Kolon Taban Levhasının Uzunluğu
$P_u$	: Kolon Tabanına Etki Eden Artırılmış Eksenel Yük
$t_p$	: Çelik Kolon Taban Levhası Kalınlığı
$T_u$	: Çekme Bölgesindeki Ankraj Çubuğunun Çekme Dayanımı
$\phi_c$	: Ezilme Etkisinde Kalan Beton İçin Azaltma Katsayısı (0.65)

### Kısaltmalar

ACI	: Amerikan Beton Enstitüsü (American Concrete Institute)
AISC	: Amerikan Enstitüsü Çelik Konstrüksiyon (American Institute of Steel Construction)
ASTM	: Amerikan Test ve Materyaller Topluluğu (American Society For Testing And Materials)
CAE	: Bilgisayar Destekli Mühendislik
ÇYY	: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik
FEM	: Sonlu Elemanlar Metodu
OSHA	: İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (Occupational Safety and Health Administration)

**1. GİRİŞ**

Yapı sistemleri içerisinde dayanıklılığı ile ön plana çıkan çelik yapı sistemlerinde, birleşim bölgeleri kritik öneme sahip olup; bunlar arasında en önemlilerinden birisi kolon-temel birleşim bölgeleridir. Çelik yapı sistemlerinde birleşimi sağlayan bağlantı elemanları, yapının fiziksel ve mekanik davranışlarını etkiler. Birleşim bölgelerinde davranışsal farklılıklar, etki eden yüklere ve birleşim elemanlarının taşıma gücü ile doğrudan ilişkilidir. Bu açıdan karmaşık bir davranış sergileyen birleşim bölgelerinde kullanılan yapı elemanlarının özelliklerinin, etki eden yükleri taşıyacak şekilde boyutlandırılması özellikle de teknik açıdan yönetmeliklere ve usullere uygun olarak inşa edilmesinin önemi büyüktür.

Çelik kolon taban levhaları ile temel döşemesi arasındaki bölgede, bağlantı elemanları olan ankrajlar ve somunların mekanik davranışlarını doğrudan etkileyen betonun, bu alana doldurulması gerektiği halde uygulamalarda bu bölgeler boş bırakılmaktadır. Burada çelik ile beton olmak üzere farklı özelliklere sahip malzemelerin birlikte kullanılması; bu iki malzeme arasında oluşan moment, kesme kuvveti ve eksenel yük, yapının farklı davranışlar sergilemesine sebep olur.

Kolon taban levha davranışının incelenmesi ile ilgili çok sayıda parametre bulunduğundan, bu bağlantıların analizi her zaman karmaşıklık göstermektedir [1]. Çelik kolon ayakları ve temel döşemesi arasında bağlantıyı sağlayan ankraj ve somunların oluşturduğu karmaşık etkileşime ilave olarak, çelik kolon taban levhası ile birlikte rijitliği arttırmak amacıyla kullanılan tek yönlü ya da çift yönlü olmak üzere takviye levhası türü ek bileşenlerin kullanılması, sistemin çalışmasını kompleks hale getirmektedir.

Günümüzde çelik yapı sistemlerinin birleşimler ile ilgili testlerin yapılabilmesi için farklı yöntem ve teknikler kullanılmaktadır. Deneysel uygulamalar neticesinde elde edilen verilerden hareketle yapısal davranışların ortaya konulması, büyük çaba ve emek gerektirmektedir. Yapısal sistemlerin davranışlarının ortaya konulması açısından bilgisayar yazılımlarının kullanılması ile birlikte bilgisayar simülasyonları ile çelik kolon taban levhaları ile temel döşemesi arasındaki ilişki daha belirgin bir şekilde ortaya konulmuştur. Sistemsel davranışlar, göçme modları, meydana getirilen

birleşimin avantajları ve dezavantajları ile birlikte birçok faktör ortaya konularak sistemin genel davranışı hakkında veriler elde edilmektedir. Çelik kolon taban levhaları ile temel döşemesi arasındaki ilişkinin, yapı sistemini nasıl etkilediği konusunda birçok farklı deneysel araştırma ve analitik modeller hazırlanarak çalışmalar yapılmıştır.

Kolon tabanı, bir beton bloğa veya bir çelik profil ile mesnetlendirilmektedir [2]. Çelik kolon, taban levhası, ankraj çubukları, bulonlar, bir çelik kolon tabanını oluşturan bileşenlerdir. Tasarımlarda genel olarak kolon ayakları berkitmesiz taban levhaları ile birlikte teşkil edilmektedir. Sisteme etki eden eğilme momentlerinin değerlerinin yüksek olması ve momentin aktarılmasının istendiği durumlarda, taban levhaları berkitmeli olarak tasarlanır.

Laboratuvar deneyleri, kolon taban levha bağlantılarının çeşitli göçme modlarına sahip olduğunu göstermiştir [3]. Çelik kolon ayakları ile temel döşemesi arasında bağlantı elemanları ile birlikte kullanılan taban levhaları arasındaki etkileşim, çelik yapıların mekanik davranışlarının belirlenmesinde temel kritik bölgelerdir.

Çelik kolon birleşimlerinde meydana gelen göçme modları, sistemin davranışının tespit edilmesini sağlayan en önemli parametrelerdir. Bu göçme modları; kaynakta çatlak oluşumu, taban levhasında akma, ankraj bulonunun kopması, beton ezilmesi olarak belirlenmiştir [4].

Bu çalışmada; çelik kolon ayaklarında taban altı tesviye harcının ankraj bulonlarının davranışına etkisinin tespit edilebilmesi için çelik kolon taban levhası ile betonarme temel arasında bırakılan boşluğun ankraj çubukları üzerindeki mekanik ve fiziksel etkileri incelenmiştir. Çelik kolon taban levhası ile betonarme temel arasında boşluğun artırılması ve azaltılması durumu göz önünde bulundurularak sonlu elemanlar metodu esasına dayanan ANSYS Workbench bilgisayar yazılımı yardımıyla modellenmiştir. Hazırlanan modellerde, boşluk yüksekliklerine göre alt düzlem ankastre olarak mesnetlendirilmiştir.

ANSYS Workbench ile hazırlanan modelde çelik kolon, taban levhası, ankraj çubukları ve ankraj bulonlarının malzemesi homojen izotropik olduğu kabul edilerek analizler yapılmıştır. Çelik kolon ve taban levhası malzemesi için farklı çelik sınıfları tanımlanmıştır. ANSYS Workbench ile yapılan modellemede sistemin belirli bir



deplasman yapması halinde ve çelik kolon taban levhası ile betonarme temel arasında bırakılan boşluğun yüksekliğine bağlı olarak çelik kolon taban levhası, ankraj çubukları, ankraj bulonlarının, oluşan gerilmelerden mekaniksel ve fiziksel olarak nasıl etkilendiği ortaya konulmuştur.

Literatürde, çelik kolon taban levhası ile betonarme döşeme arasındaki boşluğun doldurulması için kullanılması gereken tesviye betonunun kullanılmaması ve aradaki mesafenin artırılması/azaltılması durumunda yapı sisteminin nasıl etkilendiği konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma ile uygulamalarda sıkça rastlanan çelik kolon taban levhası ile betonarme temel arasındaki boşluğun etkilerinin, birleşimi oluşturan malzemeler üzerindeki yük taşıma açısından riskleri tespit edilmiş ve uygulamada görülen eksikliklerin taşıma gücü açısından olumsuz etkileri ortaya konmuştur. Yapılan çalışma sonunda elde edilen verilerden hareketle, kurumlara çelik yapı sistemlerinin bağlantılarının yapılması ile ilgili uygulamalarda inşaat sırasında teknik usul açısından doğru uygulamalar yapmalarında yol gösterici olacaktır.

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Çelik yapı sistemlerinde; çelik kolon taban levhasının, betonarme temelle birleşiminde ankraj çubukları, bulonlar, tek-çift yönlü takviye levhaları, süreklilik levhaları gibi bileşenler kullanılarak, kolona etki eden yüklerin temele aktarılması sağlanır. Birleşimi oluşturan her bir elemana ilişkin parametreler, sisteme etki eden yükler, gerilmeler ve oluşan momentler; sistemin fiziksel ve mekanik davranışlarını doğrudan etkilemektedir. Literatürde, çelik kolon ayaklarının temelle birleştirilmesinde oluşan sistemsel mekanik davranışlar ve birleşimde kullanılan elemanların boyutları, özellikleri ve yükleme tipleri gibi faktörler göz önünde bulundurularak deneysel ve numerik çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde, yapılan çalışmalara ilişkin sonuçlar ve veriler sunulmuştur.

Sözen ve Atılgan [5] çalışmalarında, değişken kalınlıklarda ki taban levhaları farklı sayıda olmak üzere ankraj çubukları ve birbirinden farklı kolon tiplerinden oluşturulan birleşimler, statik yükler altında mekaniksel davranışları analiz edilerek oluşan gerilme ve deformasyonlar değerlendirilmiştir. Birleşimlerde farklı kalınlıktaki kolon taban levhalarının kullanılmasıyla, taban levhalar arasındaki fiziksel mekaniksel açıdan avantajlar ve dezavantajlar ortaya konulmuştur. Birleşimde kullanılan farklı kalınlıktaki taban levhalarının, yapı sistemi bütünlüğü içerisinde oluşan gerilme ve deformasyonlar üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Bununla birlikte çelik kolon taban levhalarının bağlantısında kullanılan ankraj çubuklarının sayısının da gerilme ve deformasyonları etkilediği sonucuna varılmıştır.

Özdemir ve arkadaşlarının [6] çalışmalarında, çelik taban levhalarının bağlantı deliklerinde istenilmeyen geometrik değişimin, oluşacak gerilme dağılımındaki etkisi sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır. Çelik kolon taban levhası üzerindeki deliklerin, betonarme temele gömülü bir şekilde tasarlanan ankraj çubukları ile üst üste gelecek şekilde tasarlanması gerektiği ortaya konulmuştur.

Alparslan'ın [7] tez çalışmasında, deprem bölgelerinde kullanım uygunluğunu araştırmak üzere Çift Te moment birleşimleri hakkında, ANSYS Workbench yazılımı ile modeller tasarlanarak birleşimindeki gerilmelerin ve kuvvetlerin etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çelik yapıların kolon-kiriş birleşim noktalarında kullanılan

Çift Te moment birleşimlerinde; T-başlık kalınlığı, T-gövde kalınlığı, çekme bulonları arasındaki düşey mesafe, kesme bulonları arasındaki mesafe, takviye levhası eklemek, süreklilik levhaları eklemek, kirişin plastik mafsallaşmanın olduğu bölgede dairesel boşluk bırakmak, T-parçaya üçgen rijitlik levhası ilave edilerek birleşimin geometrik özelliklerinin birleşim üzerindeki davranışı ortaya konularak incelenmiştir.

Elie G. Hantouche ve arkadaşları [8], W24x76, W30x108, W36x150 gibi farklı boyutlara sahip kiriş ve kolon birleşimlerinde, ilave olarak T-parça levhasının kullanılması ile birlikte sonlu elemanlar modeli kullanılarak kaldırma kuvveti etkisinin simülasyon çalışması yapılmıştır. Meydana gelen kaldırma kuvveti değeri ölçülerek bulonların, oluşan ilave yükleri taşıyabilmeleri için bulon çapının artırılmasının gerekli olup olmadığı kontrol edilmiştir. Kaldırma kuvvetinin birincil ve ikincil kuvvetinden kaynaklı olarak oluşan ilave ek yüklerin bulonlar tarafından taşınabilmesi için bulon çapının artırılması gerektiği belirtilmiştir.

Hamid Daveti ve arkadaşları [9], zayıf bulonlu veya başlık kalınlığı zayıf olan T- parça birleşimlerinin güçlendirilmesi ve basit mafsallı birleşimlerinden meydana gelen destek levhası (haunch) kullanılarak basit mafsallı birleşimlerin moment birleşimlerine dönüştürülmesini sağlamak amacıyla deneysel çalışma yapılmıştır.

Fisher, J.M. ve Kloiber, L.A. [10], çelik kolon taban levhası ile ankraj çubuklarının bağlantıları yapılırken, yapı sisteminde olumsuz davranışların engellenmesi ve ilave yüklerin meydana gelmeden güvenli taşınmanın yapılabilmesi için ankraj çubuklarının doğru konumlandırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bir binanın, üzerine etki eden yükleri güvenle temele aktarabilmesi ve yapı sisteminin dayanımı açısından kolon taban levhasının uygun şekilde bağlanması ve ankraj çubuklarının doğru konumlandırılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Kulkarni ve Sawant [11], çelik yapı sistemlerinde, çelik kolon taban levhasının birleşiminde kullanılan bulonlar ile taban levhasının çevrimsel yükler altında göstereceği davranışların incelenmesine dair deneysel bir çalışma sunmuşlardır. Deneysel çalışmada, hazırlanan numunelerin birleşimin kaynaklı ve bulonla yapılması durumunda birleşim analizleri yapılmıştır.

Tsavdaridis ve arkadaşlarının [12] yapmış olduğu çalışmada, tek başlıklı ankraj çubuğuna çekme kuvveti etki etmesi halinde ankraj çubuğunda meydana gelen

gerilmeler, sonlu elemanlar hesaplama yöntemiyle araştırılmıştır. Yapılan araştırmada beton ile sarılan ankraj çubuğunun sertliğini tanımlayan bir denklem türetilerek sunulmuştur.

Dumas, M. ve arkadaşları [13] kolon taban levhası bağlantısına ilişkin olarak yaptıkları çalışmada, en çok kullanılan 3 tip kolon taban levhası seçerek birleşim için karakteristik denklemler bulmuşlardır. Yapılan deneysel çalışmalarda kolon taban levhasının bağlantılarıyla doğrudan ilişkili moment-dönme eğrileri elde edilmiş, benzer çalışmalar sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sonuçlar ortaya konulmuştur. Çelik kolon taban levhalarının davranışları ile ilgili genelleme yapılmıştır.

Di Sarno ve arkadaşları [14] yaptıkları çalışmada, deneysel veriler elde ederek çelik-beton kolon birleşim tiplerinde ankraj cıvatalarının davranışının, yapılan birleşimin yapısal sistem açısından doğrudan etkisine ilişkin sonuçlar ortaya konulmuştur.

Cui, Y. [15] tarafından yapılan deneysel çalışmada, ankraj çubuğunun konumlandırılması, ankraj çubuğunun düzeni, ankraj çubuğunun sayısı gibi parametreler ile birlikte eksenel kuvvet ve yanal yükleme tipinin birleşime etki düzeyi incelenmiştir.

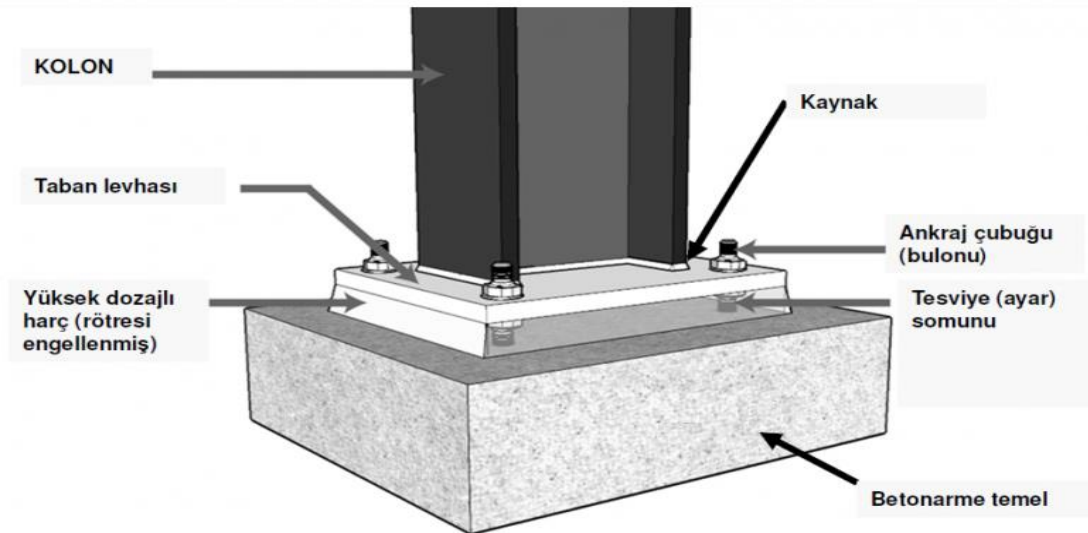
Pertold ve arkadaşları [16], kolon ayaklarının bağlantısı ile ilgili iki farklı model kullanarak nümerik ve deneysel çalışmalar yapmış, oluşturulan birleşimin mekanik davranışını araştırmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerden hareketle gömülü kolon ayağına ilişkin tasarım modeli önerilmiştir.

Adany ve arkadaşları [17] tarafından yapılan çalışmada, tekrarlı yükler altında kolon taban levhası birleşiminde kullanılan tüm elemanların bu yüklerden nasıl etkilendiği ortaya konulmuştur. Bununla birlikte tekrarlı yükler etkisinde olmak üzere birleşim üzerinde, sistemi oluşturan elemanların deformasyon kapasiteleri gözönünde bulundurularak bulon öngerme etkisi araştırılmıştır.

**3. MATERYAL ve YÖNTEM**

Çelik kolon ayaklarının betonarme temel ile bağlantılarının sağlanmasında ankraj bulonları, ankraj çubukları, takviye levhaları, süreklilik levhaları olmak üzere etki eden yüke ve tasarıma göre bileşenler kullanılır. Bulonların çapı, bulonların sayısı, taban levhasının ebatları, profil türü, bileşenlerin çelik sınıfları, betonarme temel ile çelik kolon taban levhası arasında ankraj çubuklarını saracak betonun dayanımı gibi tüm detaylar, yapı sisteminin etki eden yüklere karşı dayanım prensibine uygun olarak belirlenir ve uygulamalar yapılır.

Çelik kolon ayaklarının betonarme temel ile bağlantılarının yapılmasında kullanılan birleşim tipleri içerisinde genel tipik birleşimler, ANSYS Workbench yazılım programı yardımıyla modellenmesi yapılmıştır. Seçilen modelde çelik kolon profili I profil olarak belirlenmiş ve çelik kolon taban levhası ile kolon profilin temas yüzeyi sürtünmesiz yüzey olarak kabul edilmiştir. Ankraj bulonları ve ankraj çubuklarının çelik sınıfı ise standartlara uygun olarak belirlenerek, ANSYS Workbench programı ile analizler yapılmıştır. Tipik bir çelik kolon ayak birleşimi Şekil 3.1 de verilmiştir.

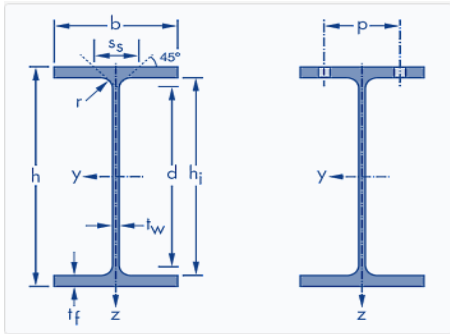


Şekil 3.1. Çelik kolon ayak birleşimine ait tipik bir birleşim [18]

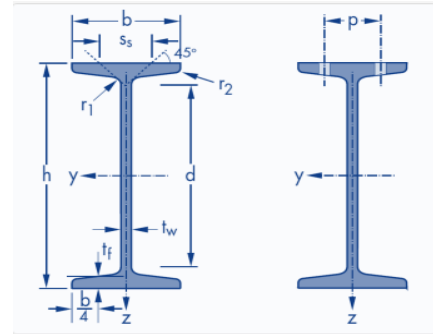
### 3.1. Çelik Kolon-Temel Birleşimlerinde Kullanılan Bileşenler

#### 3.1.1 Çelik Kolon Profilleri

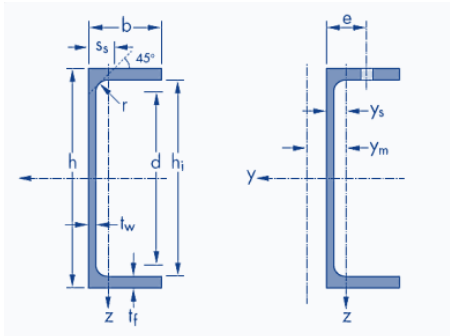
Çelik yapı sistemlerinde, fiziksel ve mekanik davranış yönünden birbirinden farklı özelliklere sahip profiller kullanılır. Yapıya etki eden yüklerin büyüklüğü, zemin ile ilgili parametreler, yapı sisteminin özelliklerine ve işlevine uygun olarak çelik profiller belirlenir. Standartlarda ve yönetmeliklerde, çelik profiller ile ilgili mekanik ve fiziksel özellikler detaylı olarak tanımlanmıştır. Uygulamalara bakıldığında çelik kolonlarda genellikle H kesitli, HEA ve HEB profiller kullanılmaktadır. Çelik yapı sistemlerinde, sistemin zarar görmemesi için gerilme, stabilite, devrilme ve deformasyon tahkiklerinin yapılması gerekir. Çelik birleşimlerde HEA, HEB profilleri dışında IPE, NPI, HE, HL, HP, UPE, UPN, U, L gibi (Şekil 3.1.1) yapı sistemi elemanına göre farklı özelliklere sahip profiller tercih edilir.



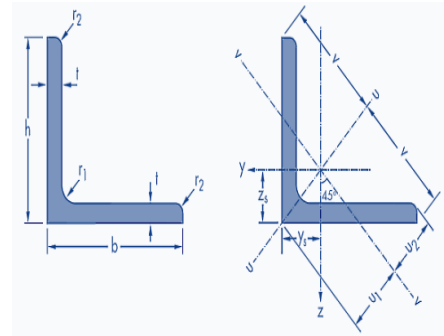
Avrupa IPE profili



Avrupa NPI profili



UPE profili



Korniyer

Şekil 3.2. Çelik yapı birleşimlerinde kullanılan bazı profiller [19]

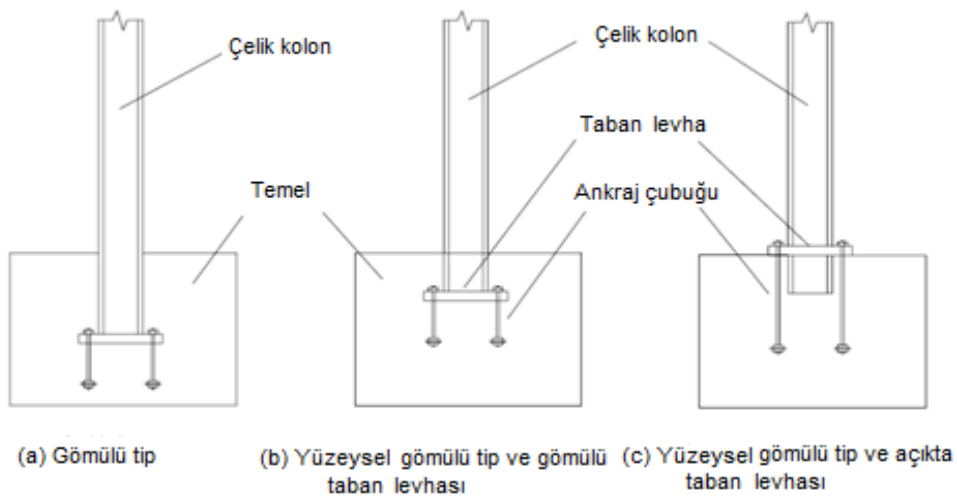
**3.1.2. Çelik Kolon Taban Levhası Tipleri**

Çelik kolonların birleşimlerinde kullanılan taban levhaları, kolona etki eden yüklerin yapı elemanlarına aktarılmasını sağlayan en önemli bileşenlerden biridir. Çelik yapı sistemlerinde, kolona etki eden kesme kuvveti, eksenel kuvvet, moment ve oluşan gerilmelerin, taşıyıcı sistemin özelliğine bağlı olarak temele aktarılmasında çelik kolon ayakları görev yapar.

Kolon taban levhaları genel olarak gömülü kolon taban levhaları ve açıkta kolon taban levhaları olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır [20].

**3.1.2.1. Gömülü Kolon Taban Levhaları**

Gömülü kolon taban levhaları, kolonların bağlantı noktası açısından bir kiriş içerisinde ya da betonarme bir temele doğrudan gömülerek tasarlanan taban levhalarıdır. Kolon, kolon taban levhası ile birlikte yapı elemanlarına etki eden eksenel yük, kesme kuvveti, momentleri karşılayarak yapı sisteminin dayanımını sağlamaya çalışır. Taban levhalarının kullanılmasının en önemli sebebi ise mukavemet açısından yapılan birleşimin eksenel dayanımını artırmaktır. Gömülü taban levhalarının bağlantı tipleri Şekil 3.3'de gösterilmektedir.



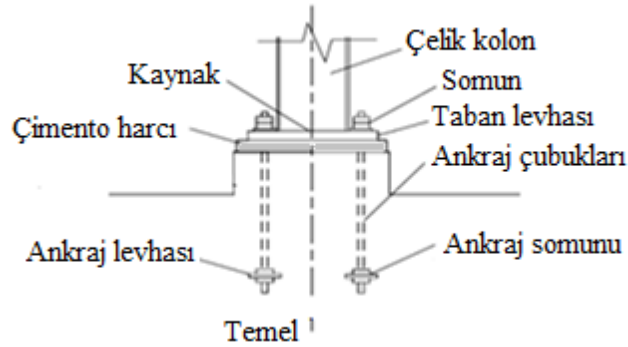
Şekil 3.3. Kolon tabanlarının gömülü taban levhaları ile bağlantı tipleri [20]

Temel üst bölgesindeki kolonda oluşan eğilme momenti dayanımının tamamının kullanılması ve birleşimin dayanımını artırmak, rijitliği sağlamak amacıyla gömülü bağlantılar kolon tabanında ankastre olacak şekilde tasarlanmaktadır. Gömülü kolon taban levhalarının yapımı, açıkta taban levhalarına kıyasla yapım tekniği farklıdır ve özel işçilik gerektirmektedir.

### 3.1.2.1. Açıkta Kolon Taban Levhaları

Açıkta kolon taban levhaları, çoğunlukla sanayi türü yapılarda kullanılmaktadır. Bu tür taban levhaları teşkil edilirken, bağlantının mafsallı bir davranış göstermesi amaçlanır. Kolona etki eden aksenal çekme kuvveti, aksenal basınç kuvveti ve kesme kuvvetleri, taban levhası vasıtasıyla temele aktarılmaktadır.

Yapılan çalışmalara göre, deprem nedeniyle oluşan momentlerin aktarılması için detaylandırılmamış olan kolon taban levhaları, bu momentleri temele aktardığında teorik mafsallı bağlantılarda problem oluşmaktadır [21]. Tipik bir açıkta kolon taban levhası Şekil 3.4’de görülmektedir.



Şekil 3.4. Açıkta kolon taban levhası [22]

Deprem etkisinin bulunduğu yerlerde ve deprem etkisinin bulunmadığı bölgelerde inşaatı gerçekleştirilen çelik yapılarda açıkta kolon taban levhaları kullanılabilir. Bağlantı yapılırken çelik kolon ile taban levhası kaynakla birleştirilir ve oluşan sistemde yükler, betona ya da betonarme temele birleşim elemanları olan bulonlar ve ankrajlar vasıtasıyla aktarılır. Ankraj bulonları, birleşime



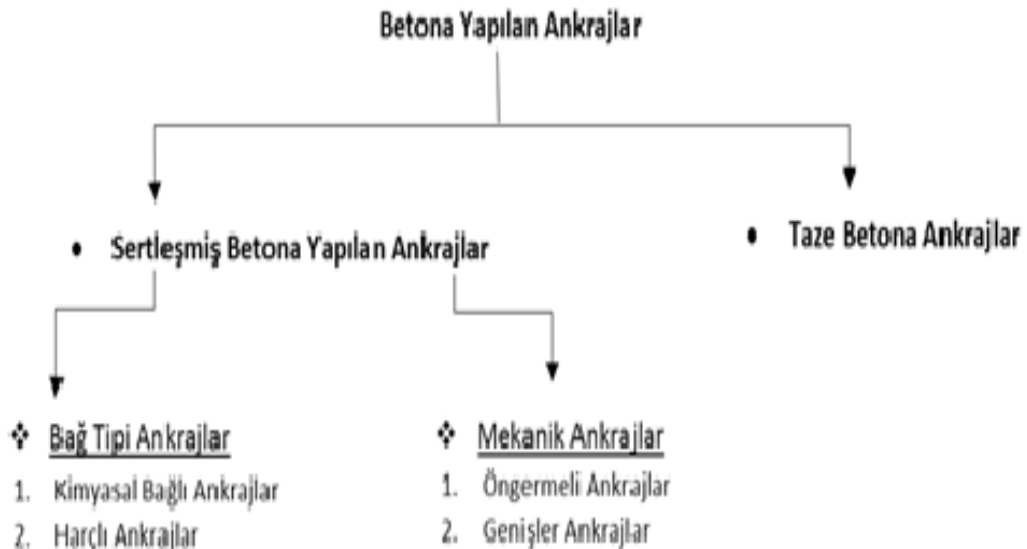
etki eden çekme bölgesindeki moment ve eksenel kuvveti karşılar. Basınç bölgesindeki moment ve eksenel kuvveti ise beton/betonarme temel bloğu karşılar.

Açıkta kolon taban levhasının dönme rijitliği, taban levhasının kalınlığına ve boyutlarına, aynı zamanda ankraj bulonları tarafından karşılanan çekme kuvvetine bağlıdır [23]. Uygulamalarda açıkta kolon taban levhası, mafsallı mesnet olarak modellenmektedir.

### 3.1.3. Ankraj Çubukları

Çelik kolon ayakların taban levhası ile birlikte beton ya da betonarme temele bağlantısında ankraj bulonları kullanılmaktadır. Ankraj bulonlarının görevi birleşime etki eden momentleri aktarmak ve montaj sırasında kolon ayaklarının düzlemsel olarak dik durmasını sağlamaktır.

Amerikan Beton Kurumu (ACI), betona yapılan ankrajları yerleştirme zamanı ve şekilleri açısından betonlama esnasında yapılan (cast-in-place anchors) ve sertleşmiş betona sonradan yapılan (past-installed anchors) olarak iki ana gruba ayırmıştır [24]. Betona yapılan ankraj türleri Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Betona yapılan ankraj türleri [25]

**3.1.3.1. Ankraj Çubuklarının Montajı**

Moment aktaran bulonlarda en önemli husus, bulonların çekme kuvvetine maruz kalması ve bu çekme kuvvetinin karşılanabilmesi için boyutlandırmanın titizlikle yapılması gerekliliğidir. Birleşime uygun ankraj bulonu çapı seçildikten sonra bağlantının yapılabilmesi için çelik kolonun düzlemi ayarlanır ve önceden hazırlanmış betonarme temel içerisindeki ankraj kanallarına sokulur. Ankraj çubuklarının uç kısımları, kanca şeklinde yapılır ve montaj sırasında bu kancalar kanal içerisindeki ankraj korniyerlerine takılır.

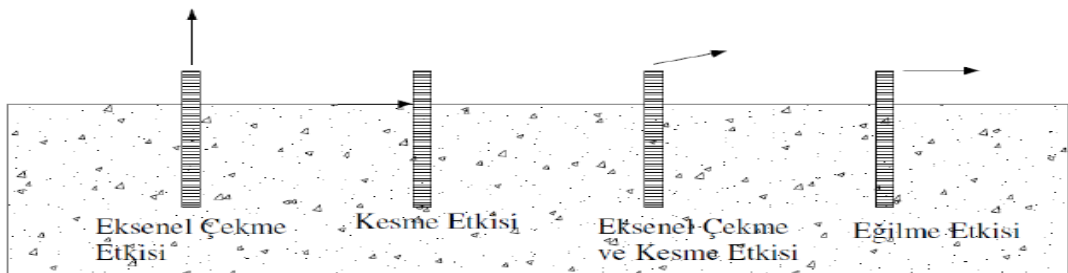
Ankraj bulonlarının montaj işlemleri tamamlandıktan sonra bulonların yer aldığı kanallar, yüksek dozajlı kum-çimento şerbeti ile doldurulur. Uygulamalarda kolona etki eden yüklerin değerinin yüksek olması halinde, kolon ayaklarının altına profiller kullanılarak ızgara yapılır. Bu ızgaraların birleşime ilave edilmesiyle birlikte sistemin mukavemet açısından stabilitesinin sağlanmasına önemli katkı sağlanır.

**3.1.3.2. Ankraj Çubuklarının Etkisinde Kaldığı Yükleme Tipleri**

Ankraj çubukları, yükleme tiplerine farklı davranış sergilerler. Ankraj çubukları ile ilgili olarak ACI 355.2-07'de belirtilen standartta ve tanımlamada, ankrajların etkisinde kaldıkları yükleme tipleri;

- Kesme kuvveti etkisinde kalan ankrajlar
- Eksenel çekme kuvveti etkisinde kalan ankrajlar
- Kesme kuvveti ve eksenel çekme kuvveti etkisinde kalan ankrajlar
- Eğilme etkisi altındaki ankrajlar olmak üzere 4 ana grupta sınıflandırılmıştır.

Ankrajların maruz kaldığı yükleme tipleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Ankrajlarda Oluşan Farklı Yükleme Tipleri [25]

**3.1.4. Ankraj Bulonları**

Çelik yapı sistemlerinde birleşim elemanı olarak kullanılan bulonlar, ÇYY’de normal bulonlar ve yüksek dayanımlı bulonlar olmak üzere 2 ana grup altında sınıflandırılmıştır. Bulonlar; sisteme etki eden çekme kuvveti, kesme kuvveti ve moment değerlerine göre boyutlandırılır. Çizelge 3.1’de normal bulonlar; 4.6, 4.8, 5.6, 5.8 ve 6.8 bulon sınıfları gösterilmiş olup; her bir bulon sınıfı için karakteristik akma gerilmeleri  $F_{yb}$  (MPa) ve çekme dayanımları  $F_{ub}$  (MPa) tanımlanmıştır.

Çizelge 3.1. Normal bulon sınıfları için karakteristik akma gerilmeleri  $F_{yb}$  ve çekme dayanımları  $F_{ub}$  (MPa)

<b>Bulon Sınıfı</b>	<b>4.6</b>	<b>4.8</b>	<b>5.6</b>	<b>5.8</b>	<b>6.8</b>
<b>Fyb</b>	240	320	300	400	480
<b>Fub</b>	400	400	500	500	600

Çizelge 3.2’de Yüksek bulonlar; 8.8 ve 10.9 bulon sınıfları şeklinde gösterilmiş olup; her bir bulon sınıfı için karakteristik akma gerilmeleri  $F_{yb}$  (MPa) ve çekme dayanımları  $F_{ub}$  (MPa) tanımlanmıştır.

Çizelge 3.2. Yüksek bulon sınıfları için karakteristik akma gerilmeleri  $F_{yb}$  ve çekme dayanımları  $F_{ub}$  (MPa)

<b>Bulon Sınıfı</b>	<b>8.8</b>	<b>10.9</b>
<b>Fyb</b>	640	900
<b>Fub</b>	800	1000

Normal bulonlar, basit sıkma yönteminin uygulandığı ezilme etkili birleşimlerde kullanılmakla birlikte, bu tür bulonların montajları sırasında öngerme kuvveti uygulanmamaktadır. Yüksek dayanımlı bulonlar ise çekme kuvveti etkisindeki birleşimlerde, çekme+kesme kuvveti etkisindeki birleşimlerde, titreşim etkisi altındaki birleşimlerde kullanılmaktadır.

ÇYY’de yüksek bulonlara ait minimum bulon önçekme kuvveti (kN), Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Minimum Bulon Önçekme Kuvveti, (kN)

<b>Bulon</b>	<b>8.8</b>	<b>10.9</b>
M16	88	110
M20	137	172
M22	170	212
M24	198	247
M27	257	321
M30	314	393
M36	458	572

#### 3.1.4.1. Bulonların Karakteristik Gerilme Dayanımları

Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik’te normal bulonlar ve yüksek bulonlar için karakteristik gerilme dayanımları tanımlanmış olup; Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Bulonların Karakteristik Gerilme Dayanımları

<b>Bulon Sınıfı</b>	<b>Diş Açılmış Gövde Bölümünün Konumu</b>	<b>Karakteristik Çekme Gerilmesi Dayanımı F<sub>nt</sub> (Mpa)</b>	<b>Ezilme Etkili Birleşimlerde Karakteristik Kayma Gerilmesi Dayanımı, F<sub>nv</sub> (Mpa)</b>
4.6	-	300	180
4.8	-	300	180
5.6	-	375	225
5.8	-	375	225
6.8	-	450	270
8.8	Kayma Düzlemi İçinde	600	360
	Kayma Düzlemi Dışında		450
10.9	Kayma Düzlemi İçinde	750	450
	Kayma Düzlemi Dışında		563

**3.1.4.2. Bulonların, Parça Kenar Mesafe Uzaklıkları**

Birleşimlerde kullanılan bulonların konumları belirlenirken standart dairesel delik çapı merkezinden parça kenarına olan uzaklık ve bulonlar arasındaki mesafelere ilişkin ÇYY’de standart değerler tanımlanmış olup; Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Standart Dairesel Delik Çapı Merkezinden Parça Kenarına Olan Minimum Uzaklık, (mm)

<b>Karakteristik Bulon Çapı</b>	<b>Kenara Olan Minimum Uzaklık</b>
16	22
20	26
22	29
24	32
27	36
30	40
36	48
≥36	1.30d

**3.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi**

Sonlu elemanlar metodu (FEM), sayısal analiz programları içerisinde çoğunlukla matematiksel modeller ve mühendislik çalışmalarında sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisidir. FEM, özellikle yapı statiği, ısı aktarımı, akışkanlar mekaniği, kütle aktarımı ve elektrik potansiyeli problemlerinde kullanılır; yöntem, özellikle iki veya üç boyutlu kısmi diferansiyel denklemleri ve sınır değer problemlerinin çözümünde uygulanır [26].

Sonlu elemanlar yönteminde, modellemesi yapılan sistem üzerinden hesaplama yapabilmek için model daha küçük bileşenlere ayrılır. Bileşenler üzerinden algoritma oluşturularak elde edilen sonuçlar temel fonksiyon halinde cebirsel bir denkleme dönüştürülür. Üretilen cebirsel denklemlerle, hesaplama yapılacak modelde bileşenler üzerinde fonksiyonun interpolasyonu yapılarak sonuçlar üretilir.

**3.3. ANSYS Workbench Programı ile Modelleme**

ANSYS Workbench, program üzerinde birçok modüle erişimi sağlayan bir arayüzdür. Birbirinden farklı mühendislik uygulamaları için kullanılacak analiz modülleri bu arayüzde toplanmıştır [27].

Bilgisayar destekli mühendislik (CAE) programı olan ANSYS yazılımı; mühendislik alanında yapılan modelleme çalışmalarında simülasyon ve analiz yapmaya imkan tanıyan yaygın olarak kullanılan bir programdır. Bu yazılım, farklı mühendislik alanlarında sayısal model üzerinden oluşturduğu denklemin algoritması ile sonuçlar elde edilmesine yardımcı olur. Mekanik, hesaplamalı akışkanlar mekaniği, yapısal analiz, manyetik alanlar, ısı transferi gibi farklı bilimsel çalışmalarda çözülmesi kompleks ve çözülmesi zor olan problemlerde ANSYS programı kullanılmaktadır. ANSYS programı, hesaplama yaparken sonlu elemanlar metodunu kullanır.

Yapılan çalışmada çelik kolon ayaklarının ankraj çubukları ile temele bağlantısına ait tipik bir örneğin modellemesi ANSYS yazılımıyla yapılmıştır. ANSYS Workbench paket programı ile birleşim elemanları olan ankraj bulonları, ankraj çubukları, çelik kolon taban levhası ve çelik kolon profili üzerinde meydana gelen gerilmeler, deformasyonlar, kayma etkisinde malzemelerde kopma bölgeleri olmak üzere tüm fiziksel ve mekanik davranışlar incelenmiştir.

## **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI**

Çelik kolon ayakları ile beton/betonarme temel arasında bağlantı işlemlerinde kullanılan birleştirme elemanları farklı mekanik davranışlar sergilerler. Bu yüzden kolona etki eden yüklerin kapasitesi, yapı sisteminin özelliklerine göre yapı elemanları boyutlandırılır ve birleşim esasları göz önünde bulundurularak tasarım yapılır. Çelik kolon ayakları, kolon taban levhası, ankraj bulonları ve ankraj çubuklarının tasarımlarının, standartlara ve yönetmeliklere uygun yapılması mukavemet açısından zorunludur.

#### **4.1. Kolon Taban Levhalarının Boyutlandırma Esasları**

Kolon taban levhaları; kolona etki eden aksel yüklerin üniform olarak beton ayak veya betonarme temellere aktarılmasını sağlamak amacıyla kolonların altına kaynak kullanılarak sürtünmesiz yüzey oluşturularak tasarlanan elemanlardır. Bu avantajının yanında kolonun altında yük etkisindeki betonun ezilmesini önler. Çelik kolonun dikliğini ayarlayabilmek ve kontrol etmek için kolon taban levhalarının alt kısmına besleme levhaları yerleştirilir. Besleme levhalarının kalınlığı, 20 mm olmalıdır.

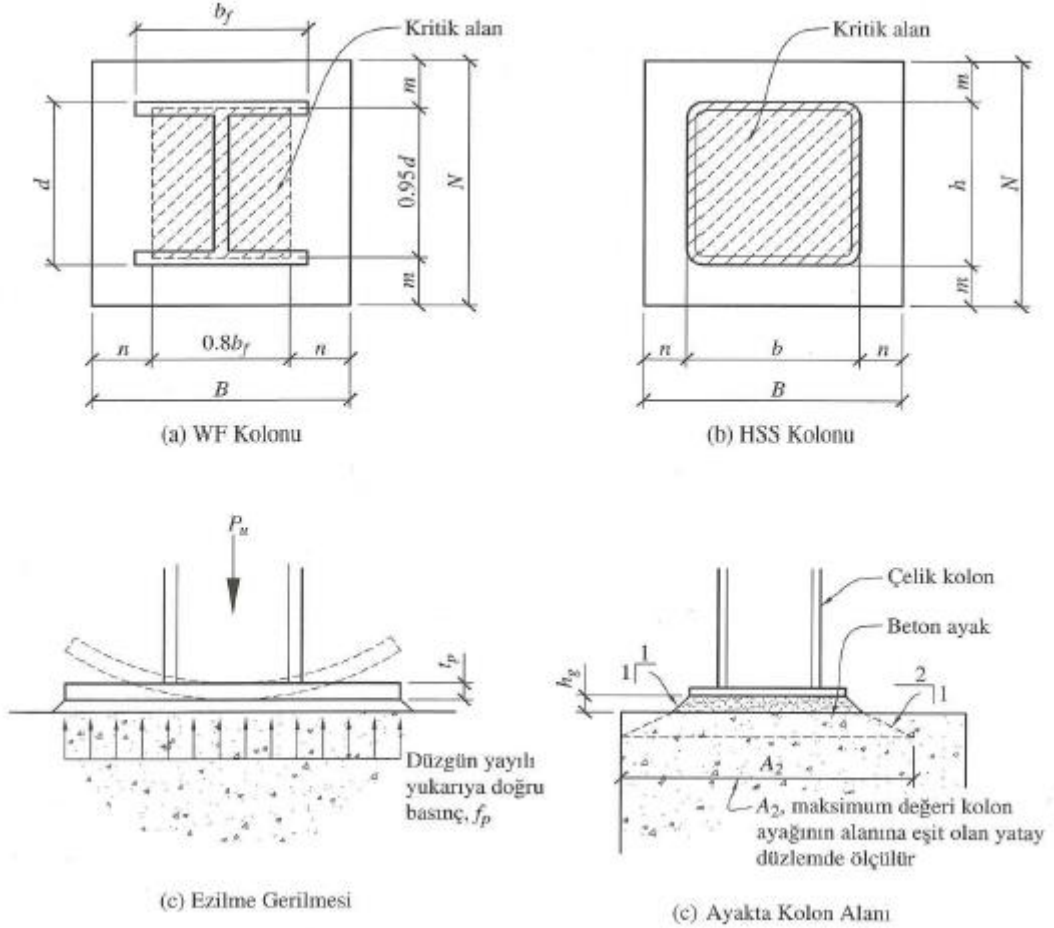
Kolon taban levhaları için genel olarak ASTM A36 çeliği tercih edilir ve levhaların kalınlıkları ( $t_p$ ) 12.5 mm ile 150 mm arasında değişir. Ankraj çubuklarının kullanılabilmesi için çelik kolon taban levhalarının boyutları, kolon ebatlarından genel olarak 75 mm ile 100 mm arasında fazla olacak şekilde boyutlandırılır. Taban levhası ile ilgili çelik sınıfları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Taban Levhası Malzemeleri [28]

Taban Levhası Kalınlığı (mm)	Levha Sınıfı
$t_p \leq 100$ mm	ASTM A36
	ASTM A572, sınıf 42 veya 50
	ASTM A588, sınıf 42 veya 50
$100 \text{ mm} < t_p \leq 150$ mm	ASTM A36
	ASTM A572, sınıf 42 veya 50
	ASTM A588
$t_p > 150$ mm	ASTM A36

#### 4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ

Kolon altı taban levhasının boyutları, kolona etki eden tüm yüklerin durumuna ve betonun ezilme gerilmesine bağlı olarak belirlenir. Şekil 4.1’de kolon taban levhası altındaki betonun ezilme gerilmesi ve ayakta kolon alanına ait detaylar gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kolon Taban Levhası, Ezilme Gerilmesi ve Ayakta Kolon Alanı [29]

Kolon taban levhası, genellikle 20 mm kalınlığında düzgün bir basma yüzeyi oluşturacak harcın üzerine oturur. Bu harç, levhanın bitim noktalarından 45 derece açıyla betonarme temele uzanır. Harcın basınç dayanımının, temelin basınç dayanımının en az 2 katı olması önerilir [30]. Ağır yüklerin etkimesi ve taban levhasının genişliğinin 600 mm’den fazla olması halinde kolon altına besleme levhası yerine besleme somunları kullanılmalıdır.



#### **4. CELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

Ezilme etkisi altındaki betonun tasarım dayanımı ACI 318’de [31] aşağıdaki haliyle formülize edilmiştir.

$$\phi_c P_b = \phi_c (0.85 f'_c) A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (1)$$

Burada  $\phi_c$ = ezilme etkisinde kalan betonun azaltma katsayısı (0.65),  $f'_c$ = temelin veya betonun basınç dayanımı (ksi),  $A_1$ = kolon taban levhasının alanı (B.N), B= kolon taban levhasının genişliği, N= kolon taban levhasının uzunluğu,  $A_2$ = beton ayağın düşeyde 1’den, yatay doğrultuda 2’den işaretlenen taban levhası alanı  $A_1$  ile merkezi olan beton ayak alanını gösterir.

$$1 \leq \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \text{ şartı sağlanmalıdır.}$$

Kolon taban levhası hesaplamalarında, taban levhasının, üniform yayılı bir ezilme gerilmesi oluşturacak kadar rijit olduğu kabul edilerek işlemler yapılır. Artırılmış eksenel kuvvetin  $P_u$ , kolon taban levhasının alt bölgesinde meydana getirdiği düzgün yayılı ezilme gerilmesi;

$$f_{pu} = \frac{P_u}{A_1} \quad (2)$$

Kritik kolon alanının kritik mesafe,  $l$ , kadar dışında kalan kolon taban levhası konsol kısmının ve taban levhası ile kritik kolon alanının kenar bölgelerinde oluşan momentlerin bu düzgün yayılı gerilme sonucunda meydana gelmesi halinde;

$$M_u = \frac{f_{pu} l^2}{2} = \frac{P l^2}{2 A_1} \quad (3)$$

Eğilmenin levhanın zayıf eksenini etrafında oluşması durumunda levhanın eğilme dayanımı;

$$\phi_b M_n = \phi_b Z_y F_y = \phi_b \left( \frac{b_p t_p^2}{4} \right) F_y \quad (4)$$

Burada levha eğilmesi için dayanım azaltma katsayısı  $\phi_b = 0.9$  ve taban levhasının akma gerilmesi  $F_y$  ile sembolize edilmiştir. Levhanın birim genişliği ise  $b_p = 25$  mm’dir.

Oluşan moment ile eğilme dayanımı birbirine eşitlendiğinde  $M_u = \phi_b M_n$  gerekli levha kalınlığı;

$$t_p = \sqrt{\frac{2 P_u l^2}{\phi_b A_1 F_y}} = \sqrt{\frac{2 P_u l^2}{\phi_b B N F_y}} \quad (5)$$

#### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

Taban levhasının etki eden yüklere karşı yeterli derecede rijitlik oluşturmak için kolon taban levhasının kalınlığı, başlığın kalınlığından fazla olmalıdır. Çelik yapı sisteminin bulunduğu çelik binalarda kolon taban levhasının kalınlığı 10 mm olacak şekilde tasarlanır. Ancak bu kalınlık yük etkisine bağlı olarak değişebilmektedir ve kolonlarda düşük yük etki etmesi halinde levhaların kalınlığı 6 mm'ye düşürülebilir.

Uygulamalarda ideal bir yük dağılımı meydana getirilmesi açısından taban levhasının geometrik şeklinin kare seçilmesi avantaj sağlayacaktır. Kare kesitli geometriye sahip taban levhalarının bir diğer avantajı ise uygulamalarda sıkça rastlanan montaj hatalarının minimum düzeye indirir. Kritik kolon taban levhası konsol uzunluğu,  $l$ , konsol mesafeleri olan  $m$ ,  $n$  ve  $\lambda n'$  içerisinde en uzun mesafedir ve aşağıda formülize edilen denklemler W enkesitine sahip kolonlar için geçerlidir.

$$m = \frac{(N-0.95d)}{2} \quad n = \frac{(B-0.80b_f)}{2} \quad n' = \frac{\sqrt{db_f}}{4} \quad (6)$$

Kare kesitli bir HSS kolonu için mesafeler;

$$m = \frac{(N-b)}{2}, \quad n = \frac{(B-b)}{2} \quad n' = \frac{b}{4} \quad (7)$$

denklemleriyle hesaplanır. Burada kolon derinliği  $d$ , kolon başlık kalınlığı  $b_f$ , kare kesitli HSS kolonunun genişliği  $b$  ile sembolize edilir.  $\lambda$  ise güvenli tarafta kalınması için 1.0 alınabilir.

#### **4.2. Ankraj Çubuklarının Boyutlandırma Esasları**

Ankraj çubuklarının temel görevi; kolon temel birleşimi sırasında kolonların dönme hareketini engellemek, kolonların bağlantısının güvenli olmasını sağlamak ve sismik yükler ve yanal rüzgârın meydana getirdiği taban momentlerinin ve kaldırma kuvveti etkilerini karşılamak için kullanılır. Ankraj çubukları için belirlenen birçok şartname mevcut olup; bu şartnameler içerisinde en yaygın kullanılanı ASTM F1554 şartnamesidir. Ankraj çubukları ile ilgili birleşim esasları şunlardır:

- ASTM F1554 şartnamesine göre ankraj çubukları için kullanılan çelik sınıfları 36, 55 ve 105 ksi'dir. 36 ve 55 ksi sınıfındaki ankraj çubuklarının çapları 6-10 mm arasında değişkenlik gösterir.

#### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

- 36 ksi çelik sınıfındaki ankraj çubuğunun çekme dayanımı,  $F_u$ , 400 Mpa ve 55 ksi çelik sınıfındaki ankraj çubuğunun çekme dayanımı,  $F_u$ , 518 Mpa'dır.
- ASTM A563 şartnamesi, ağır- hex somunlar için tercih edilen şartnamedir.
- Uygulamalarda ankraj çubuklarının minimum çapı 19 mm'dir ve bu çubuğun betona kenetlenmesi için minimum uzunluğu  $12d$  ve minimum kenetlenme kenar mesafesi ise 100 mm veya  $5d$  alınır.
- Dönme etkisi veya kolon taban momentlerinin oluşturduğu çekme kuvvetlerini karşılamak için başlıklı ve somunlu ankraj çubukları tercih edilir. Bu çubuklar genellikle moment çerçevelerin tabanlarında veya çaprazlı çerçeve kolon bölgelerinde kullanılırlar.
- Kancalı ankraj çubukları ise genel olarak aksenal basınç yükünün etki ettiği kolonlarda ve yaslanmış vaziyette teşkil olunan kolonlarda tercih edilir. Kancalı ankraj çubukları, montaj sırasında kolonun stabilitesini sağlamak için kullanılmalıdır.
- OSHA, her kolonda en az 4 adet ankraj çubuğu konulmasını şart koymuştur. Yatay yük etkisinde olmayan tipik bina kolonları için kenetlenme uzunluğu 230 mm ve kanca uzunluğu 75 mm ebatlarında 4 adet ankraj çubuğu kullanılır.

#### **4.3. Ankraj Çubuklarının Çekme Kapasitesi**

Ankraj çubuklarının çıplak betona gömülmesi halinde çubukların güç tükenmesi, ankraj çubuğunun çekme etkisinde gücünün tükenmesiyle ya da çubuğunu betonun içerisinden sıyrılmasına bağlı olarak oluşan bir durumdur. Hesaplanan betondan sıyrılma kapasitesi ile ankraj çubuğunun çekme kapasitesi değerleri içerisinde küçük olan değer, ankraj çubuğunun kaldırma kapasitesi olarak alınır. Çekme etkisindeki çubukların çekme kırılması ve çekme akması, karşılaşılan iki temel güç tükenmesi modlarıdır. AISC şartnamesinde [10], ankraj çubuklarının çekme kapasitesi;

$$\phi R_n = 0.75\phi F_u R A_b \quad (8)$$

$$A_b = \frac{\pi d_b^2}{4} \quad (9)$$

#### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

Burada Ankraj çubuğunun kayıpsız enkesit alanı,  $A_b$ , 248 çelik sınıfı (400 Mpa) Ankraj çubuğunun çekme dayanımı,  $F_u$  simgesiyle gösterilmiş olup;  $\phi = 0.75$  alınır.

ACI [31] ek D1'de çıplak betona kenetlenen bir kancalı ankraj çubuğunun sıyrılma dayanımı;

$$\phi R_n = \phi \psi_4 (0.90 f'_c e_n d_b) \quad (10)$$

Burada  $\phi = 0.70$ , beton servis yükleri etkisinde çatlak oluşmamışsa  $\psi_4 = 1.4$  alınır, (diğer durumların tamamında 1.0), kanca uzantısı,  $e_n$ , ( $\leq 4.5 d_b$  olmalıdır) ve beton basınç dayanımı,  $f'_c$  simgesi ile gösterilmiştir.

Ayak betonarme donatısıyla bindirmeli teşkil edilen ankraj çubuklarının çekme kapasitesi;

$$\phi R_n = \phi F_y (0.75 A_b) \quad (11)$$

Burada  $\phi = 0.90$  alınır, ankraj çubuğunun yivli kısmının enkesit alanı,  $0.75 A_b$ , Ankraj çubuğunun kayıpsız enkesit alanı,  $A_b$  ve Ankraj çubuğunun akma dayanımı,  $F_y$  simgesiyle gösterilmiştir.

#### **4.4. Moment ve Eksenel Yük Etkisindeki Kolon Taban Levhaları**

Moment çerçevelerin kolon tabanları modellenirken sisteme etki eden yüklere göre ve dayanım açısından kolon tabanları ankastre mesnet olarak modellenebilmektedir. Bu yüzden kolon taban levhaları moment taşıyacak şekilde tasarlanır. Kolon taban levhalarının tasarımında iki temel yük durumu esas alınır. Bunlar;

- Taban levhasına küçük değerde moment ile eksenel yük etki etmesi
- Taban levhasına büyük değerde moment ile eksenel yük etki etmesi

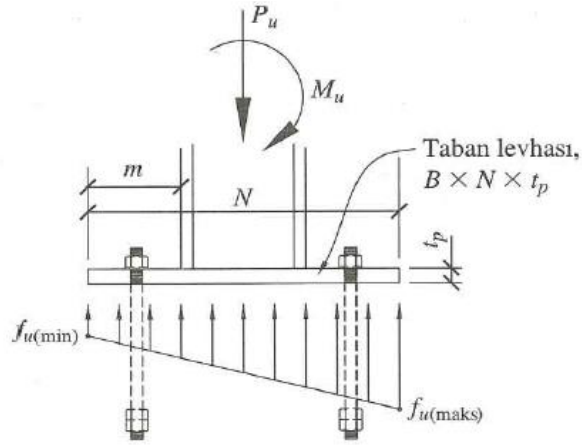
Kolon taban levhalarının tamamen ankastre mesnet olarak tasarlanması, uygulamalarda özel işçilik gerektirmesi ve zorlayıcı olması nedeniyle kolon taban levhalarının mafsal olarak modellenmesi istenir. Kolon ayak birleşimlerinde yeterli moment direnci oluşturabilmek, yanal deplasmanları ve ötelemeleri azaltmak için ankraj çubukları, ankraj bulonları, kolon taban levhaları, kolon temeli olmak üzere tüm bileşenlerin tasarımında birleşim esaslarına dikkat edilmelidir.

## 4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ

### 4.4.1. Taban Levhasına Küçük Değerde Moment ile Eksenel Yük Etki Etmesi

$$(e = M_u/P_u \leq N/6 \text{ durumu})$$

Taban levhasına etki eden momentin küçük olması halinde, taban levhasının alt bölgesinde çekme gerilmesi oluşmayacaktır. Taban levhası, trapezoid şeklinde, bir taban kenarında minimum basınç gerilmesi ve diğer kenarında maksimum ezilme gerilmesi olacak şekilde gerilmelere maruz kalır [29]. Gerilmeler, Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Eksenel yük ve küçük moment etkisindeki kolon taban levhası [32]

Minimum basınç gerilmesi;

$$f_{u,min} = \frac{P_u}{BN} - \frac{M_u}{\left(\frac{BN^2}{6}\right)} \geq 0 \quad (12)$$

Maksimum basınç gerilmesi;

$$f_{u,maks} = \frac{P_u}{BN} + \frac{M_u}{\left(\frac{BN^2}{6}\right)} \leq \phi_c f_b \quad (13)$$

Verilen denklemde;

$$\phi_c f_b = \frac{\phi_c f_b}{A_1} = 0.65(0.85 f'_c) \quad (14)$$

Burada; Kolon tabanına etki eden artırılmış eksenel yük,  $P_u$ , taban levhası genişliği, B, taban levhası uzunluğu, N, kolon tabanına etki eden artırılmış moment,  $M_u$ , beton basınç dayanımı,  $f'_c$  simgesiyle gösterilmiş olup;  $f_c=0.65$  alınır. Taban levhasına küçük değerde moment ile eksenel yük etki etmesi halinde tasarım esasları için işlem sırası şöyledir:

#### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

- 1. Adım:** Kolon taban bölgesine etki edecek artırılmış moment,  $M_u$  ve artırılmış eksenel yük,  $P_u$  belirlenir.
- 2. Adım:** Kolon taban levhası uzunluğu,  $N$  ve kolon taban levhası genişliği,  $B$  hesaplamak için ön tasarım taban levhasına ilişkin aşağıda belirtilen şartlar sağlanacak şekilde modelleme yapılır.

$$N \geq d + 100 \text{ mm} \quad (15)$$

$$B \geq b_f + 100 \text{ mm} \quad (16)$$

- 3. Adım:** Etki eden yükün dışmerkezlilik durumu hesaplanarak kontrol edilir.

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (17)$$

- 4. Adım:** Kolon taban levhasının konsol uzunlukları,  $m$ ,  $n$ , belirlenir.

$$m = \frac{(N-0.95d)}{2}$$

$$n = \frac{(B-0.80b_f)}{2}$$

Burada kolonun derinliği,  $d$ , simgesiyle gösterilmiştir.

- 5. Adım:** Minimum ezilme gerilmesi ve maksimum ezilme gerilmesi hesaplanır.  
Minimum basınç gerilmesi;

$$f_{u,min} = \frac{P_u}{BN} - \frac{M_u}{\left(\frac{BN^2}{6}\right)} \geq 0$$

Maksimum basınç gerilmesi;

$$f_{u,maks} = \frac{P_u}{BN} + \frac{M_u}{\left(\frac{BN^2}{6}\right)} \leq \phi_c f_b$$

Ezilme gerilmesi için verilen denklemde yer alan şartlar sağlanmalıdır. Eğer şartlar sağlanmıyorsa, şartları sağlayacak şekilde taban levhası boyutları büyütülecektir.

- 6. Adım:** Taban levhasının başlık yüzüne etki edecek maksimum moment belirlenir. Momentin belirlenebilmesi için levha kenarından uzaklık olan  $m$  hesaplanmalıdır. Taban levhası kenarından  $m$  uzaklığında oluşan maksimum ezilme gerilmesi;

$$f_{u,m} = f_{u,min} + (f_{u,maks} - f_{u,min}) \frac{(N-m)}{N} \quad (18)$$

Burada levha kenarından  $m$  uzaklığında maksimum ezilme gerilmesi,  $f_{u,m}$ , simgesiyle gösterilmiştir.

#### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

Levha kenarından itibaren  $m$  uzaklıkta levhanın birim genişliği başına etki eden eğilme momenti;

$$M_{u,m} = (f_{u,m}) \frac{m^2}{2} + \frac{1}{2} (f_{u,maks} - f_{u,m}) (m) \left( \frac{2}{3} m \right) \quad (19)$$

Burada levha kenarından  $m$  uzaklığında levhanın birim genişliği başına etki eden eğilme momenti  $M_{u,m}$  simgesiyle gösterilmiştir.

Etki eden moment ile eğilme dayanımı birbirine eşitlendiğinde ( $M_u = f_b M_n$ ) gerekli olan minimum kolon taban levhası kalınlığı aşağıda belirtilen denklemlerle hesaplanır.

$$\phi_b M_n = \phi_b Z_y F_y = \phi_b \left( \frac{b_p t_p^2}{4} \right) F_y \quad (20)$$

$$t_p = \sqrt{\frac{4M_{u,m}}{\phi_b b_p F_y}} \quad (21)$$

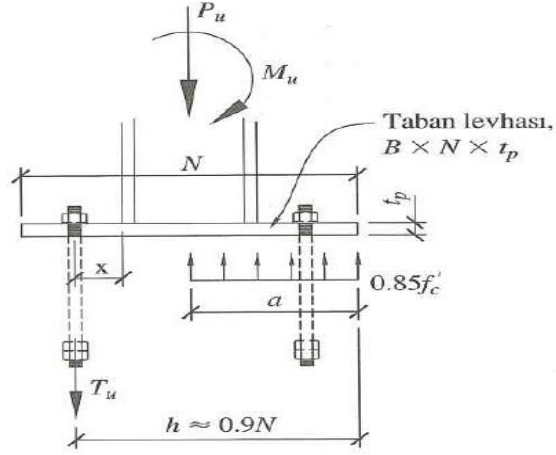
Bu denklemlerde taban levhasının akma gerilmesi,  $F_y$ , taban levhasının birim genişliği (1 mm),  $b_p$  ile gösterilmiştir.

#### **4.4.2. Taban Levhasına Büyük Değerde Moment ile Eksenel Yük Etki Etmesiyle Dış Merkezlilik ( $e = M_u/P_u > N/6$ durumu)**

Kolon taban levhasını çekme bölgesinde kaldırmak için yeterli moment, kolon tabanında oluşmuştur. Oluşan momentle, ankraj çubuklarının yarısı çekme etkisinde kalacaktır. Taban levhalarının tasarımında, üniform yayılı bir beton gerilme dağılımı (dikdörtgen beton gerilme bloğu) ve çekme etkisi altındaki ankraj çubuklarının yeterli düzeyde çekme kapasitesine ulaşabileceği büyüklükte moment oluştuğu varsayımı yapılarak hesaplamalar yapılacaktır.

Kolon taban levhasının dayanımı, ankraj çubuğu göçmesinin dayanıma hâkim olduğu durumlarda analitik sonuçlarla benzer neticeler vermektedir [33]. Taban levhasına büyük değerde moment ile eksenel yük etki etmesi durumunda levhada oluşan gerilmeler ve hesaplama kabulleri, basınç bölgesinde oluşan maksimum gerilmenin, kolon taban levhasının genişliği, B ve dikdörtgen beton gerilme bloğu, a derinliği boyunca  $0.85f'_c$  olduğu kabul edilerek gerilme dağılımı Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

#### 4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ



Şekil 4.3. Eksenel yük ve büyük moment etkisindeki kolon taban levhası [32]

Çekme bölgesindeki ankraj çubuklarının toplam alanları,  $A_b$  ile gösterildiğine düşey yükler arasındaki denklem;

$$0.85\phi_c f'_c B a = P_u + T_u \quad (22-a)$$

Çekme bölgesindeki ankraj çubuklarının tamamının aktarıldığı varsayıldığında ankraj çubuğunun çekme dayanımı;

$$T_u = \phi_t R_n = 0.75\phi_t A_b F_u \quad (23)$$

Ankraj çubuğunun çekme dayanımı, betondan koparma veya sıyrılmaya kapasitesiyle sınırlı olması halinde hesaplanan bu kapasiteler içerisinde küçük değer, ankraj çubuğunun çekme dayanımı olarak alınır ve bu durumda denklem (22)'de kullanılmalıdır.

Çekme bölgesinde yer alan ankraj çubuklarının tamamının aktığı ve çekme dayanımının betondan koparma veya sıyrılmaya dayanımıyla belirlenmediği durumlarda, dikdörtgen beton gerilme bloğu derinliği,  $a$ , aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$0.85\phi_c f'_c B a = P_u + 0.75\phi_t A_b F_u \quad (22-b)$$

Burada kolon tabanına etki eden artırılmış eksenel yük,  $P_u$ , dikdörtgen beton gerilme bloğu derinliği,  $a$ , ankraj çubuğunun çekme dayanımı,  $F_u$ , çekme etkisindeki ankraj çubukları ile levhanın ters kenarı arasındaki mesafe,  $h$ , taban levhasının genişliği,  $B$ ,



#### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

çekme bölgesindeki ankraj çubuklarının toplam alanı,  $A_b$  simgeleriyle gösterilmiş olup;  $\phi_c = 0.65$  ve  $\phi_t = 0.75$  alınacaktır.

Çekme bölgesinde yer alan ankraj çubuklarının ağırlık merkezine göre kuvvetlerin momentleri alınması halinde;

$$P_u(h - 0.5N) + M_u = 0.85\phi_c f'_c B a \left( h - \frac{a}{2} \right) \quad (24)$$

denklemi elde edilir ve bulunan bu denklemlerde ankraj çubuğunun çekme dayanımının tamamen karşılandığı kabul edilerek hesaplanmıştır.

Taban levhasına büyük değerde moment ile eksenel yük etki etmesi halinde tasarım esasları için işlem sırası şöyledir:

1. **Adım:** Kolon taban bölgesine etki edecek artırılmış moment,  $M_u$  ve artırılmış eksenel yük,  $P_u$  belirlenir.
2. **Adım:** Kolon taban levhası uzunluğu,  $N$  ve kolon taban levhası genişliği,  $B$  hesaplamak için ön tasarım taban levhasına ilişkin aşağıda belirtilen şartlar sağlanacak şekilde modelleme yapılır.

$$N \geq d + 100 \text{ mm}$$

$$B \geq b_f + 100 \text{ mm}$$

3. **Adım:** Etki eden yükün dışmerkezlilik durumu hesaplanarak kontrol edilir.

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

➤  $e \leq N/6$  olması durumunda, küçük moment etki ettiğinde kullanılan yöntem kullanılır.

➤  $e > N/6$  olması durumunda ise, **4.Adım**'a geçilir.

4. **Adım:** Etkin derinlik,  $h$  için yaklaşık bir değer olan;  $h = 0.90N$  varsayımı ile hesaplamalar yapılır.
5. **Adım:** Çekme bölgesindeki ankraj çubuğu alanı,  $A_b$  için ön tasarım değeri varsayılacaktır.
6. **Adım:** Dikdörtgen basınç bloğu derinliği,  $a$ 'yı bulmak için denklem (22-a, 22-b) kullanılır. Bu hesaplamadan sonra taban levhası uzunluğunu,  $N$ , bulmak için denklem (24) kullanılarak istenen değer hesaplanır.

#### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

**7. Adım:** Hesaplamalarda kullanılması için **Adım 3** ve **Adım 6** 'da hesaplanan kolon taban levhası,  $N$ , değeri için bu adımlarda bulunan büyük değer,  $N$  olarak alınır.

**8. Adım:** Kolon taban levhasının konsol uzunlukları,  $m$ ,  $n$ , belirlenir.

$$m = \frac{(N-0.95d)}{2}$$

$$n = \frac{(B-0.80b_f)}{2}$$

Burada kolonun derinliği,  $d$ , simgesiyle gösterilmiştir.

**9. Adım:** Taban levhasının birim genişliğindeki maksimum artırılmış moment,  $M_u$ , hesaplanır.

$$M_u = (0.85\phi_c f_c') \frac{l^2}{2} \quad (25)$$

Burada 8.adımda hesaplanan  $m$  ve  $n$  değerlerinden büyük olanı,  $l$  olarak alınır.

Yani  $l = (m \text{ ve } n)$ 'den büyük olanı

**10. Adım:** Taban levhasının birim genişliği,  $b_p$  için eğilme dayanımı;

$$\phi_b M_n = \phi_b Z_y F_y = \phi_b \left( \frac{b_p t_p^2}{4} \right) F_y \quad \text{denklemleri kullanılarak hesaplanır.}$$

**11. Adım:** Eğilme dayanımı ile moment birbirine eşitlenirse ( $\phi_b M_n = M_u$ ), basınç bölgesinde basınç dayanımını karşılamak için gerekli kolon taban levhası kalınlığı;

$$t_p = \sqrt{\frac{4M_u}{\phi_b b_p F_y}} \quad \text{denklemleri kullanılarak hesaplanır. Burada } b_p = 1 \text{ mm alınır.}$$

**12. Adım:** Kolon taban levhasının, ankraj çubuklarındaki çekme kuvveti nedeniyle meydana gelen çekme bölgesindeki eğilmesi kontrol edilmelidir. Kolon taban levhasının, ankraj çubuklarında oluşan çekme kuvveti nedeniyle kolonun yüzünden konsollaştığı varsayılır. Ankraj çubuklarındaki çekmeden kaynaklı olarak taban levhasının birim genişliği başına etki eden moment,  $M_u$ , değeri;

$$M_u = \frac{T_u x}{B} \quad (26)$$

Bu denklemde; kolon taban levhasının genişliği,  $B$ , çekme etkisindeki ankraj çubuklarındaki toplam kuvvet,  $T_u = 0.75\phi_t A_b F_u$ , çekme kuvvetleri etkisindeki ankraj çubuğunun ağırlık merkezinden itibaren en yakın kolon yüzüne olan mesafesi,  $x$ , simgesiyle gösterilmiştir.

#### **4. ÇELİK KOLON AYAK-TEMEL BİRLEŞİM ESASLARI Yaşar GÜLERYÜZ**

**13. Adım:** Taban levhasının zayıf eksenini etrafındaki eğilme dayanımı;

$$\phi_b M_n = \phi_b Z_y F_y = \phi_b \left( \frac{b_p t_p^2}{4} \right) F_y \quad \text{denklemini kullanılarak hesaplanır.}$$

Burada;  $b_p=1$  mm alınır.

**14. Adım:** Eğilme dayanımı ile etki eden moment birbirine eşitlenirse ( $\phi_b M_n = M_u$ ), basınç bölgesinde basınç dayanımını karşılamak için gerekli kolon taban levhası kalınlığı;

$$t_p = \sqrt{\frac{4T_u x}{\phi_b B F_y}} \quad (27)$$

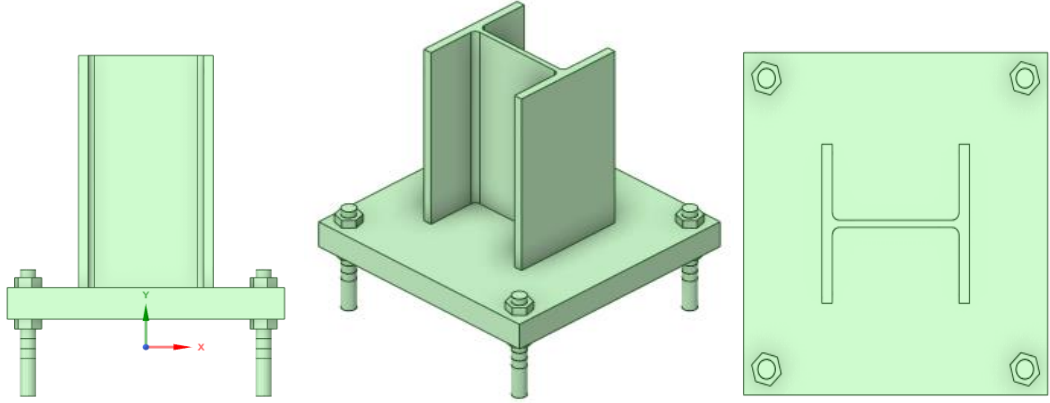
denklemini kullanılarak hesaplanır.

**15. Adım:** 11. ve 14. Adımlarda hesaplanan kolon taban levhası kalınlıkları içerisinde büyük değer hesaplamalarda kullanılır. Taban levhası kalınlığı sınırlandırılmak istendiğinde ve taban levhasında meydana gelebilecek şekil değiştirme belli bir sınır içerisinde kalması istenirse, her iki yönde dik yönde düşey rijitleştirme levhaları taban levhasıyla birlikte kullanılabilir. Kullanılacak rijitleştirme levhaları, kolon taban levhasının **Adım 8** ve **Adım 9** hesaplanan taban levhasının uzunlukları olan  $m$  ve  $x$  boyunca konsollaşmasını önleyecektir.

## 5. SAYISAL MODELLEME

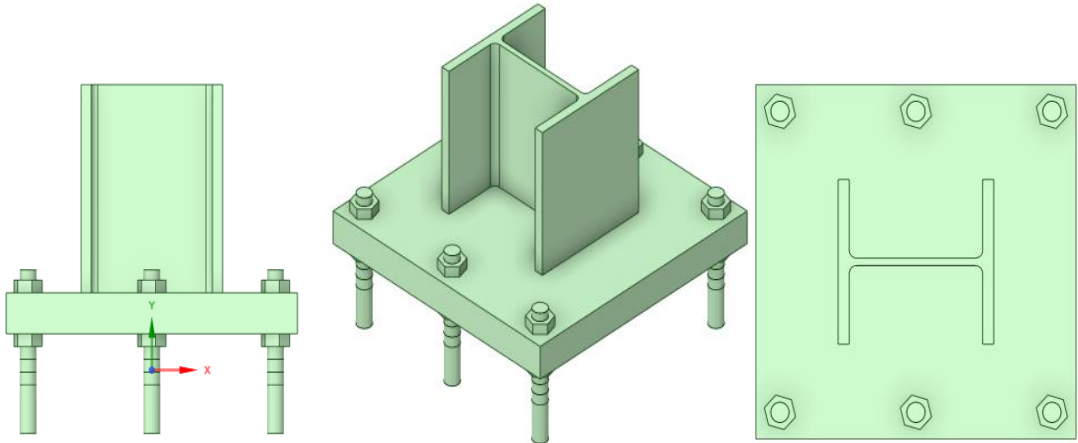
Çelik kolon ayaklarının beton/betonarme temel ile bağlantısına ilişkin olarak yapılan bu çalışmada, ANSYS Workbench programı kullanılarak tipik bir birleşime ait olmak üzere 3 farklı model tasarlanmıştır. Tasarlanan modellerde; çelik kolon profil, kolon taban levhası, ankraj çubukları, somunlar ve tesviye harcı ile ilgili boyutlandırma ve malzeme özellikleri yönetmeliklere ve standartlara uygun olarak tanımlanmıştır.

Numerik analizlerin yapıldığı ilk model olan 4 adet ankraj bulonlu kullanılan birleşime ait detaylar Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



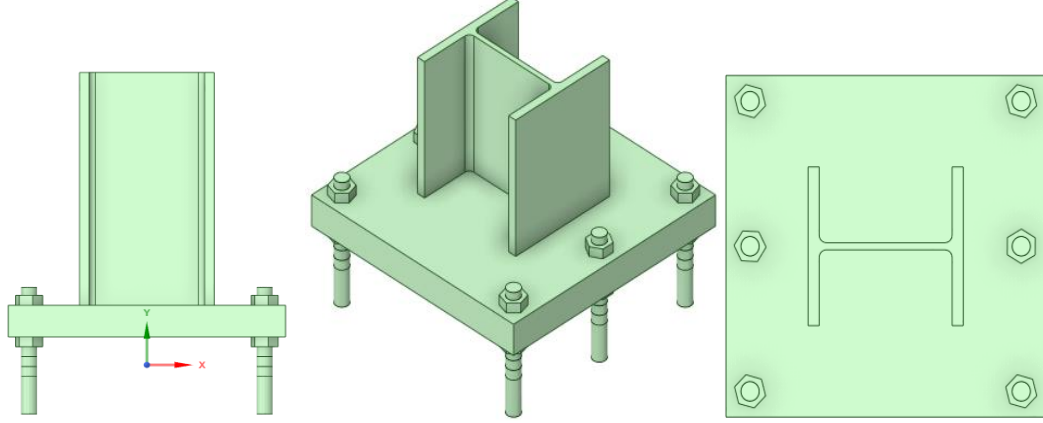
Şekil 5.1. Çelik kolon ayak-temel birleşimine ait 4 adet ankraj bulonlu model-1

Numerik analizlerin yapıldığı ikinci tasarım olan 6 adet ankraj bulonu kullanılan model-2’ye ait detaylar Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Çelik kolon ayak-temel birleşimine ait 6 adet ankraj bulonlu model-2

Numerik analizlerin yapıldığı üçüncü tasarım olan 6 adet ankraj bulonu kullanılan model-3'e ait detaylar Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Çelik kolon ayak-temel birleşimine ait 6 adet ankraj bulonlu model-3

Çelik kolon ayaklarının temel ile birleşiminde, beton/betonarme temel ile çelik kolon taban levhası arasında ankraj çubuklarının etrafında rijitlik meydana getirmek için doldurulması gereken tesviye harcının yapılmaması ve aradaki mesafenin azaltılması/artırılması durumunda, oluşturulan sistemde her bir bileşende meydana gelen gerilmeler, momentler, deformasyonlara ait analizler yapılmıştır.

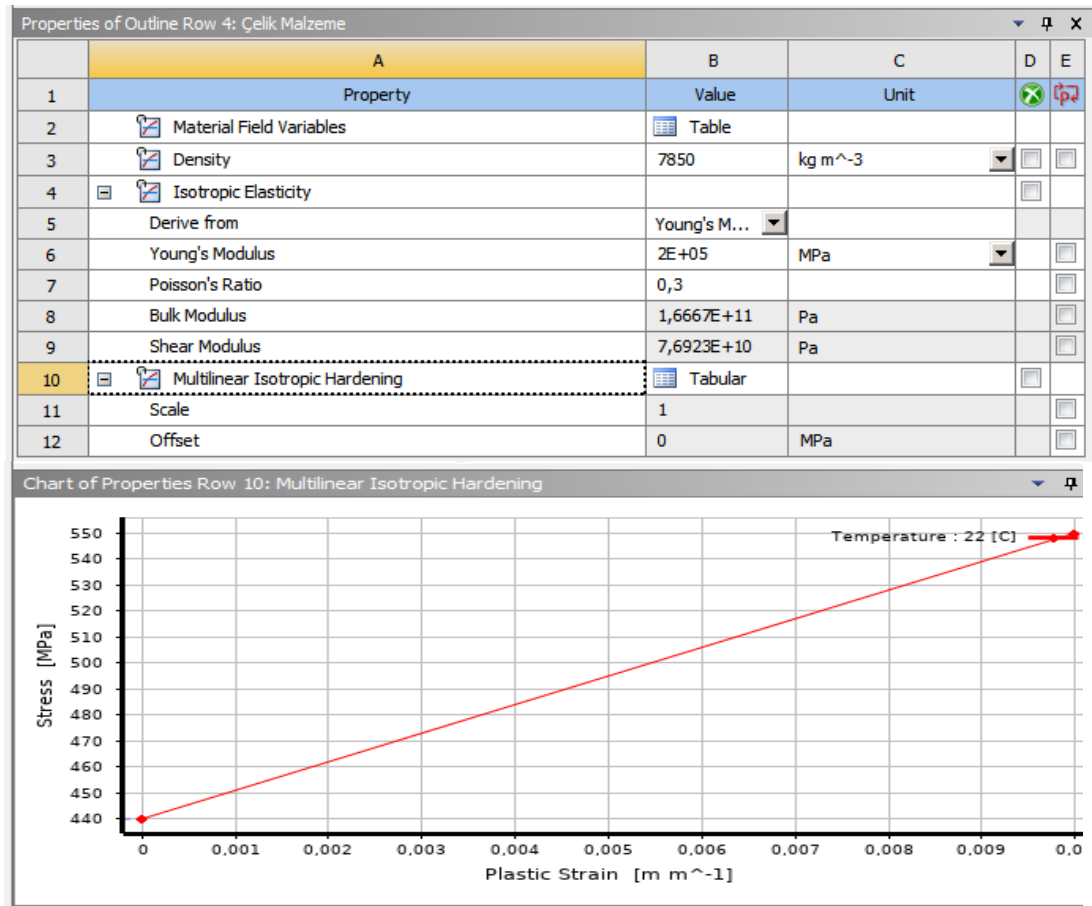
Bu çalışmada, açıkta kolon taban levhasına ait tipik bir birleşime ait olmak üzere 3 farklı modelin analizi yapılmıştır. Tasarlanan modellerin tamamında, boşluk yüksekliklerine göre alt düzlem ankastre olarak mesnetlendirilmiştir. ANSYS Workbench ile hazırlanan modelde çelik kolon, taban levhası, ankraj çubukları ve somunların malzemesi homojen izotropik olduğu kabul edilmiştir.

ANSYS Workbench ile yapılan modellemede, kolon ucunda x yönünde (yatay yönde) 25 mm deplasman oluşması halinde ve çelik kolon taban levhası ile betonarme temel arasında bırakılan boşluğun yüksekliğine bağlı olarak çelik kolon taban levhası, ankraj çubukları, somunların oluşan gerilmelerden mekaniksel ve fiziksel olarak nasıl etkilendiği ortaya konulmuştur. Tasarlanan birleşime ait modellerde, beton/betonarme blok ile taban levhası arasındaki boşluk 0-25-50-75 ve 100 mm olacak şekilde modelleme yapılarak analizler yapılmıştır. Kolonun üst ucu x yönünde (yatay yönde) 25 mm deplasman yapacak şekilde analize tabi tutulmuştur. Analizler farklı adım

sayıları kullanılarak tekrarlanmış ve adım sayısı 150'ye yaklaştığında artık sonuçların değişmediği görülmüştür.

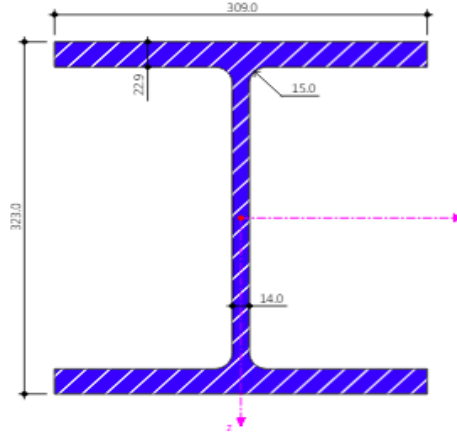
### 5.1. Çelik Kolon Özellikleri

Çelik kolon malzemesi olarak EN10025-2 standardına göre S450 çelik sınıfı seçilmiştir. S450 çelik sınıfına göre malzemenin akma dayanımı 440 MPa, Çekme (kopma) dayanımı 550 MPa, elastisite modülü  $2 \times 10^5$  MPa, hacim modülü  $1.6667 \times 10^{11}$  Pa, kesme modülü  $7.6923 \times 10^{10}$  Pa, poisson oranı 0.3 olarak belirlenmiştir. Çelik kolonun yüksekliği ise 1500 mm alınmıştır. Çelik kolona ait malzeme özellikleri Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. ANSYS Workbench programında çelik kolona ait veri girişi

Çelik kolonda, ASTM A6/A6M [34] standardına göre üretilen geniş başlıklı H profili olan W12x12x96 profili kullanılmıştır. W12x12x96 profilinde yükseklik  $h=323$  mm, başlık genişliği 309 mm, başlık kalınlığı 22.9 mm ve gövde kalınlığı 14 mm olup, Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. W12x12x96 profiline ait ölçülerin gösterimi

## 5.2. Çelik Kolon Taban Levhası Özellikleri

Kolon taban levhaları; gömülü kolon taban levhaları veya açıkta kolon taban levhası şeklinde tasarlanır. Kolona etki edecek yüklerin büyüklüğü, sistemin kompleksliği ve çelik yapı sisteminin işlevine göre kolon taban levhalarının uygulaması işlemleri farklılık arz eder.

Bu çalışmada, açıkta kolon taban levhasına ait tipik bir birleşimin 3 farklı tasarımı modellenmiştir. Çelik kolon ile kolon taban levhası birleşim yüzeyi sürtünmesiz yüzey, bununla birlikte ankraj çubukları, ankraj somunları ile taban levhası temas yüzeylerinin tamamı sürtünmeli yüzey kabul edilmiştir.

Çelik kolon taban levhası malzemesi olarak EN10025-2 standardına göre S450 çelik sınıfı seçilmiştir. S450 çelik sınıfına göre malzemenin akma dayanımı 440 MPa, Çekme (kopma) dayanımı 550 MPa, elastisite modülü  $2 \times 10^5$  MPa, hacim modülü  $1.6667 \times 10^{11}$  Pa, kesme modülü  $7.6923 \times 10^{10}$  Pa, poisson oranı 0.3 olarak belirlenmiştir. Çelik kolon taban levhası ile diğer birleşim elemanları olan ankraj

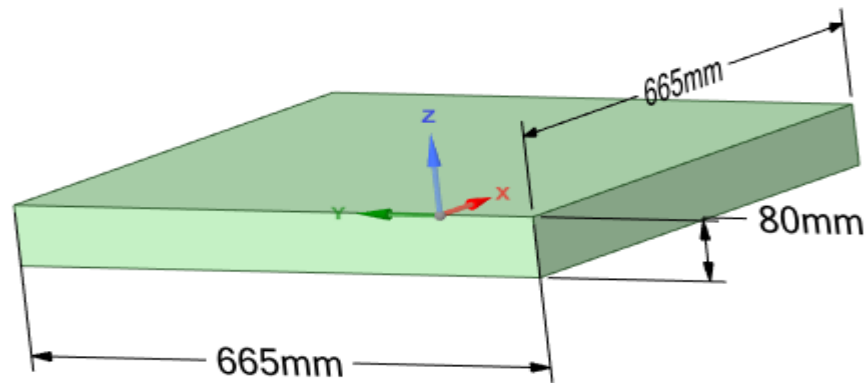
çubukları ve somunlar arasındaki temas yüzeylerinde sürtünme katsayısı 0.3 alınmıştır.

Çelik kolonlardan gelen yükü ve gerilmeleri beton/betonarme bloğa iletmek için kolon altında kullanılan taban levhasının malzeme özellikleri Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

Properties of Outline Row 4: Çelik Malzeme				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m <sup>-3</sup>	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Young's M...		
6	Young's Modulus	2E+05	MPa	
7	Poisson's Ratio	0,3		
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa	
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa	
10	Multilinear Isotropic Hardening	Tabular		
11	Scale	1		
12	Offset	0	MPa	

Şekil 5.6. Çelik kolon taban levhası özelliklerine ait veri girişi

Çelik kolon taban levhasının boyutları; levhanın genişliği, B=665 mm, levhanın uzunluğu, N=665 mm ve levha kalınlığı, t= 80 mm alınmıştır. Taban levhasına ait ebatlar, Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Çelik kolon taban levhası boyutları



### 5.3. Ankraj Çubuklarının Özellikleri

Taban levhası-temel bağlantısında birleşim elemanları olarak görev yapan ankraj çubukları tasarlanırken etki eden aksel kuvvetler ve kesme kuvvetlerin etkisi göz önünde bulundurulur. Ankraj çubukları ile ilgili Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik'te çelik kolon, taban levhası ve beton/betonarme temel bağlantılarında en az 4 adet ankraj çubuğu kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

ANSYS Workbench programı kullanılarak tasarlanan temel-çelik kolon birleşiminde 4-6-6 adet ankraj çubuklu olmak üzere 3 (üç) farklı model kullanılmıştır. Ankraj çubuğunun malzemesi olarak ASTM F1554 [35] şartnamesine göre ATL ROD AB36 kalitesinde çelik sınıfı seçilmiştir. 36 ksi ankraj çubuğu sınıfına göre malzemenin akma dayanımı 400 MPa, Çekme (kopma) dayanımı 500 MPa, elastisite modülü  $2 \times 10^5$  MPa, hacim modülü  $1.6667 \times 10^{11}$  Pa, kesme modülü  $7.6923 \times 10^{10}$  Pa, poisson oranı 0.3 olarak belirlenmiştir ve Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

Properties of Outline Row 3: Bulon Malzeme				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m <sup>-3</sup>	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Young's M...		
6	Young's Modulus	2E+05	MPa	
7	Poisson's Ratio	0,3		
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa	
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa	
10	Multilinear Isotropic Hardening	Tabular		
11	Scale	1		
12	Offset	0	MPa	

Şekil 5.8. Ankraj çubuklarının özelliklerine ait veri girişi

Çekme etkisindeki bir ankraj çubuğunun, minimum çapı,  $d$ , 22mm'den küçük, etkin gömme derinliği,  $h_e$ ,  $15d$ 'den az olmayacaktır. Ankraj çubuklarına etkiyen

herhangi bir çekme kuvveti bulunmaması halinde, minimum ankraj çubuğu çapı,  $d$ , 20 mm'den küçük ve etkin gömme derinliği,  $h_e$ , 300 mm'den az olmayacaktır. Ankraj çubuklarının beton kenar yüzeyine uzaklığı, ankraj çubuğu çapı,  $d$ 'nin 6 katından az olmayacaktır [36]. Modellenen 3 farklı birleşimde sırasıyla 4 adet, 6 adet ve 8 adet ankraj çubuğu kullanılmıştır. Ankraj çubuklarının çapı,  $d_a$ , 38 mm ve çubuklarının etkin gömme derinliğinin boyu,  $h_e$ , 570 mm alınmıştır. Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik'te ankraj çubukları ile ilgili belirlenen malzeme özellikleri tanımlanarak ANSYS Workbench programında analizler yapılmıştır.

#### 5.4. Ankraj Somunlarının Özellikleri

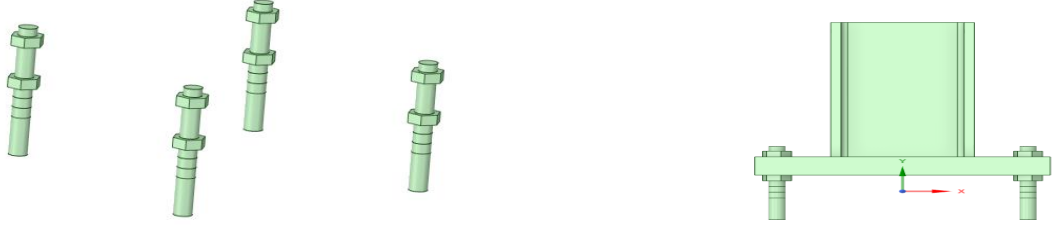
Çelik yapı sistemlerinde birleşim elemanı olarak kullanılan bulonlar ile ilgili ÇYY'de belirlenen somun sınıfları içerisinde yer alan 5.8 bulonu çalışmada kullanılarak modelleme yapılmıştır. 5.8 bulonlarının karakteristik akma dayanımı,  $F_{yb}$ , 400 MPa ve çekme dayanımları,  $F_{ub}$ , 500 MPa alınarak veri girişi yapılmıştır. Kullanılan somun sınıflarına ait malzeme özellikleri Şekil 5.9'da verilmiştir.

Properties of Outline Row 3: Bulon Malzeme				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m <sup>-3</sup>	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Young's M...		
6	Young's Modulus	2E+05	MPa	
7	Poisson's Ratio	0,3		
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa	
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa	
10	Multilinear Isotropic Hardening	Tabular		
11	Scale	1		
12	Offset	0	MPa	

Şekil 5.9. Ankraj bulonlarının malzeme özelliklerine ait veri girişi

4 adet ankraj çubuğu kullanılarak tasarlanan ilk modelde, çapı 38 mm olan kolon taban levhasının üst kısmında 4 adet somun ve 4 adedi ise taban levhasının alt

kısımında olmak üzere toplam 8 adet somun kullanılmıştır. Bulonların görünümüne ait detaylar Şekil 5.10'da verilmiştir.



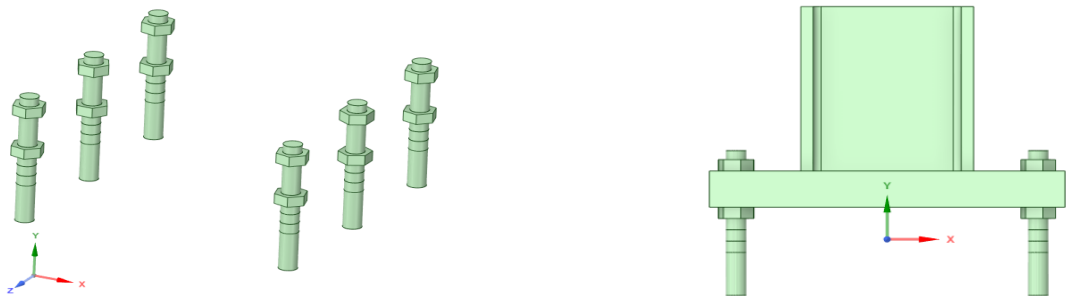
Şekil 5.10. Bulonların görünümüne ait kesit görünüşü (model-1)

6 adet ankraj çubuğu kullanılarak tasarlanan ikinci modelde, çapı 38 mm olan kolon taban levhasının üst kısmında 6 adet somun ve 6 adedi ise taban levhasının alt kısmında olmak üzere toplam 12 adet somun kullanılmıştır. Somunların görünümüne ait detaylar Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11. Bulonların görünümüne ait kesit görünüşü (model-2)

6 adet ankraj çubuğu kullanılarak tasarlanan üçüncü modelde, çapı 38 mm olan kolon taban levhasının üst kısmında 6 adet somun ve 6 adedi ise taban levhasının alt kısmında olmak üzere toplam 12 adet somun kullanılmıştır. Bulonların görünümüne ait detaylar Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.12. Bulonların görünümüne ait kesit görünüşü (model-3)

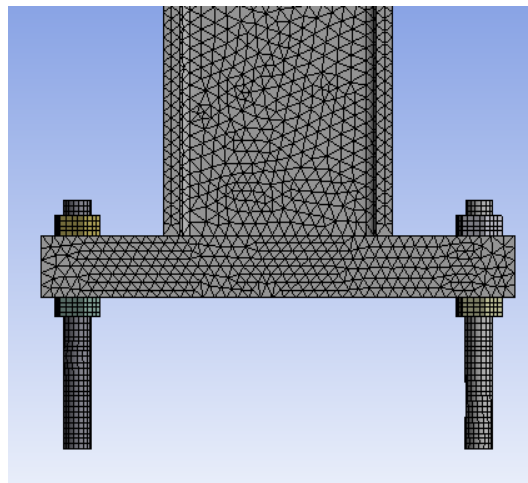
Ankraj çubukları, somunlar ve çelik kolon taban levhası, arasındaki temas yüzeylerinde sürtünme katsayısı 0.3 olarak kabul edilmiştir. Birleşimi oluşturan tüm malzemelerde, Von Mises akma kriteri esas alınarak analizler yapılmıştır.

## 6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde çelik kolon, kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bloğun birleştirilmesine ait tasarlanan 3 farklı modelin analizi yapılmıştır. Oluşturulan sistemde tüm yapı elemanları, standartlara uygun olarak boyutlandırılmıştır. Modellerde; beton/betonarme temel ile kolon taban levhası arasında yüksek mukavemetli tesviye harcı kullanılması gerekirken bu iki bileşen arasında tesviye harcı kullanılmaması halinde oluşan boşluğun, sistemi oluşturan elemanlarda oluşturduğu fiziksel ve mekanik davranışlar incelenmiştir. Beton/betonarme temel ile kolon taban levhası arasındaki boşluk 100 mm'den başlamak üzere sırasıyla 75 mm, 50 mm, 25 mm ve boşluk bırakılmaksızın (0 mm) tasarlanmıştır.

Sistemi oluşturan ankraj çubukları, ankraj bulonları, kolon taban levhası ve çelik kolon olmak üzere tüm bileşenlerin, temel ile kolon taban levhası arasında bırakılan boşluktan fiziksel ve mekanik olarak nasıl etkilendiği ortaya konulmuştur. Elde edilen analiz sonuçları, her bir boşluk parametresi bazında ve elde edilen bütün sonuçlar birbiriyle kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

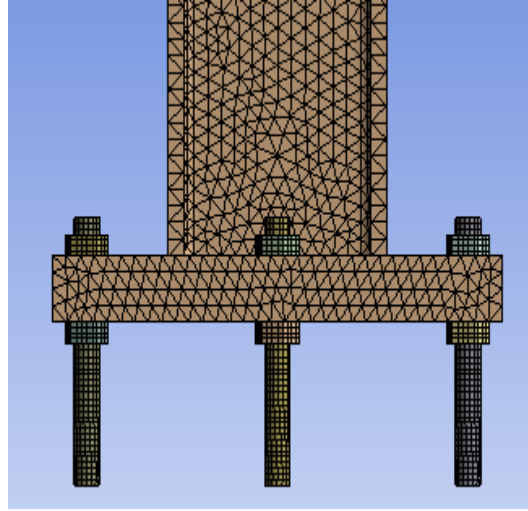
4 ankraj bulonlu birleşimde (model-1) Non-lineer sonlu elemanlar analizi yapabilmek için çelik kolon profiline, kolon taban levhasına, ankraj somunlarına ve ankraj çubuklarına 247553 adet düğüm ve 141528 adet eleman kullanılarak mesh ataması yapılmış olup; Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Nodes	247553
Elements	141528

Şekil 6.1. Modellenen sistemin ağ modeli (model 1)

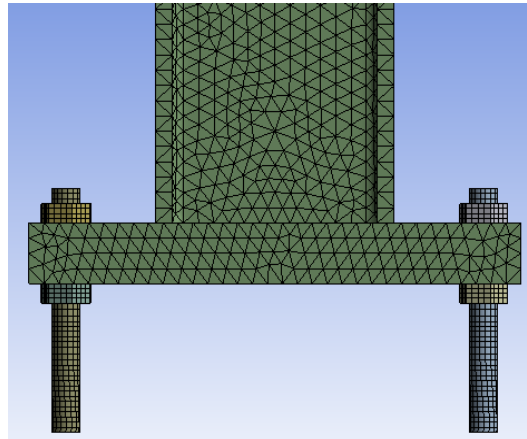
6 ankraj bulonlu birleşimde (model-2) Non-lineer sonlu elemanlar analizi yapabilmek için çelik kolon profiline, kolon taban levhasına, ankraj bulonuna ve ankraj çubuklarına 168497 adet düğüm ve 81754 adet eleman kullanılarak mesh ataması yapılmış olup; Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



Nodes	168497
Elements	81754

Şekil 6.2. Modellenen sistemin ağ modeli (model 2)

6 ankraj bulonlu birleşimde (model-3) Non-lineer sonlu elemanlar analizi yapabilmek için çelik kolon profiline, kolon taban levhasına, ankraj bulonuna ve ankraj çubuklarına 168520 adet düğüm ve 81750 adet eleman kullanılarak mesh ataması yapılmış olup; Şekil 6.3’de gösterilmiştir.

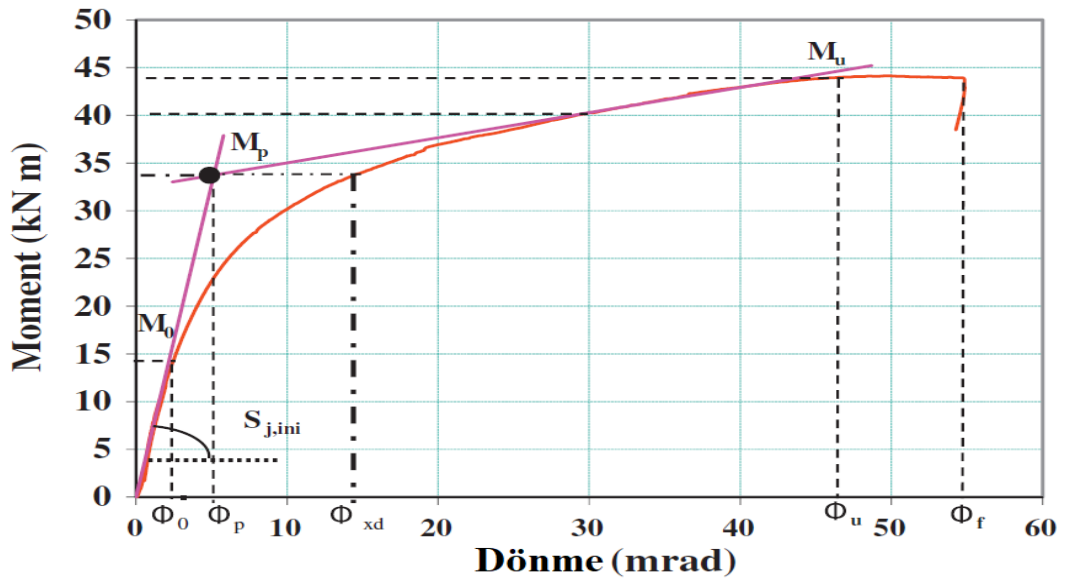


Nodes	168520
Elements	81750

Şekil 6.3. Modellenen sistemin ağ modeli (model 3)

Modellenen sistemlerde, ANSYS Workbench programında şekil değiştirme enerjisi hipotezi olarak isimlendirilen Von Mises gerilmesi kullanılarak analiz edilmiştir. Von Mises gerilmesinde malzemede oluşan gerilme değeri, malzemenin akma gerilmesini aşması halinde o noktada akma oluştuğunu gösteren bir gerilmedir. Çelik yapıların analizinde, diğer gerilme analizlerine göre Von Mises gerilmesi daha doğru sonuçlar verdiği için analizlerde bu gerilme kullanılmıştır.

Analizi yapılan modellerin tamamında birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) bulmak için A. Abidelah ve arkadaşları [37] tarafından belirlenen yöntem kullanılarak gerekli olan değerler elde edilmiştir. Bu yöntemde moment kapasitesini bulmak için moment-dönme grafiği esas alınarak oluşan grafik üzerinde iki adet teğet çizilir. Bu teğetlerden birincisi Şekil 6.4'te gösterildiği gibi moment-dönme eğrisinin elastik bölgesinden, diğeri ise plastik bölge eğiminden çizilerek her iki teğet kesiştirilir. Kesiştirilen teğetlerin birleşim noktası, modellenen birleşime ait plastik moment kapasitesini ( $M_p$ ) ve plastik dönme açısını ( $\phi_p$ ) bulmamıza yardımcı olmaktadır. Tasarlanan birleşimlerde, birleşimi oluşturan elemanlar olan çelik kolon profilinin, çelik kolon taban levhasının, ankraj çubuklarının, alt-üst somunların moment-dönme grafikleri elde edilmiş ve plastik moment kapasiteleri ile plastik dönme açıları bulunmuştur.



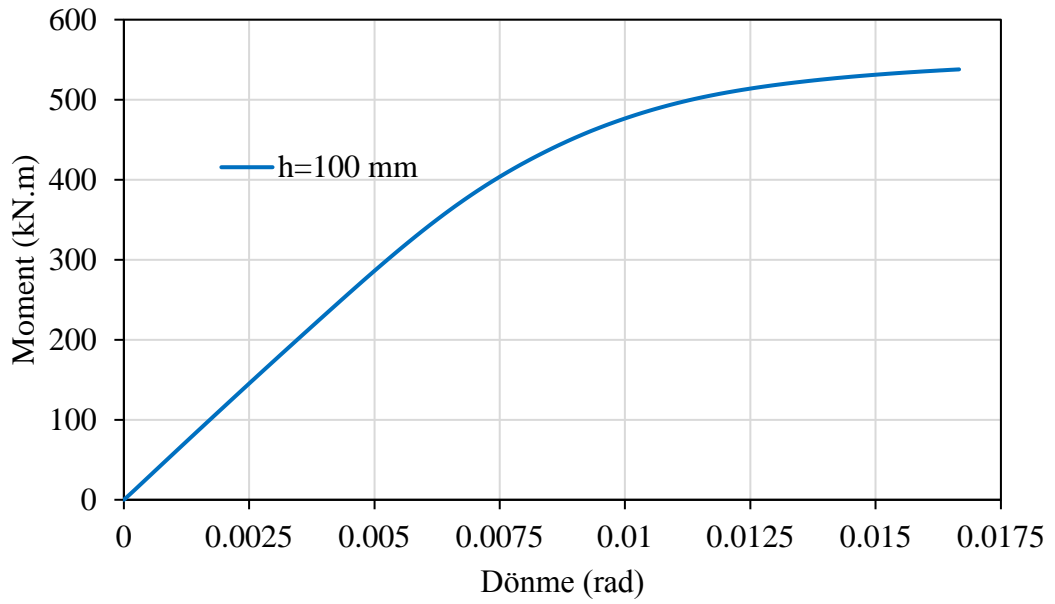
Şekil 6.4. Birleşimin Plastik Moment Kapasitesinin Bulunması [37]

## 6.1. Model 1-Analiz Sonuçları

### 6.1.1. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 100 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model-1)

#### 6.1.1.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



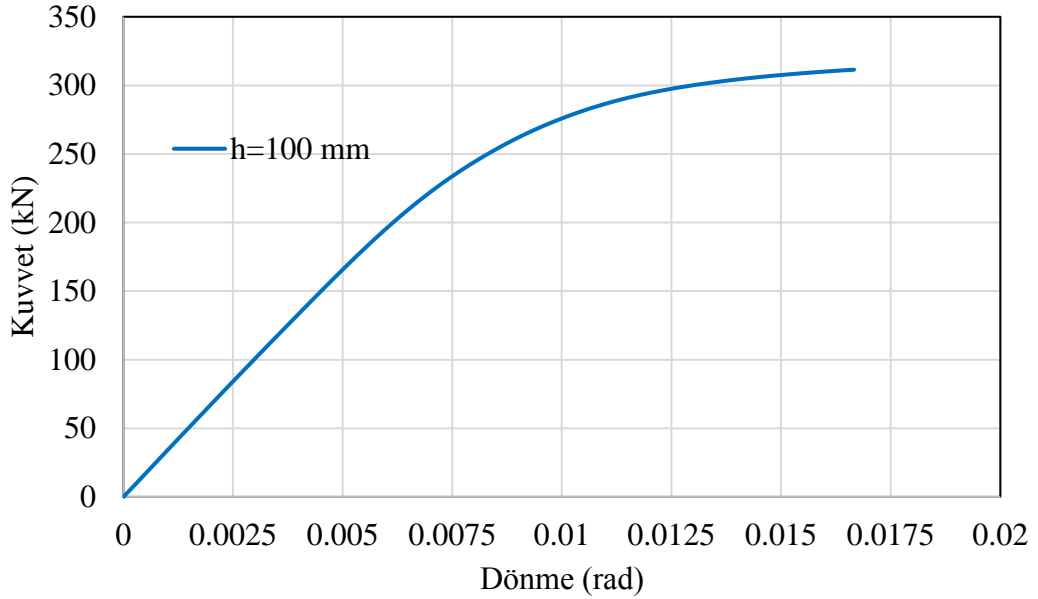
Şekil 6.5. Moment-dönme grafiği ( $h=100$  mm-model 1)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 438 kN.m ve plastik dönme açısı 0.00749 rad. olarak bulunmuştur.



### 6.1.1.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.6'da gösterilmiştir.

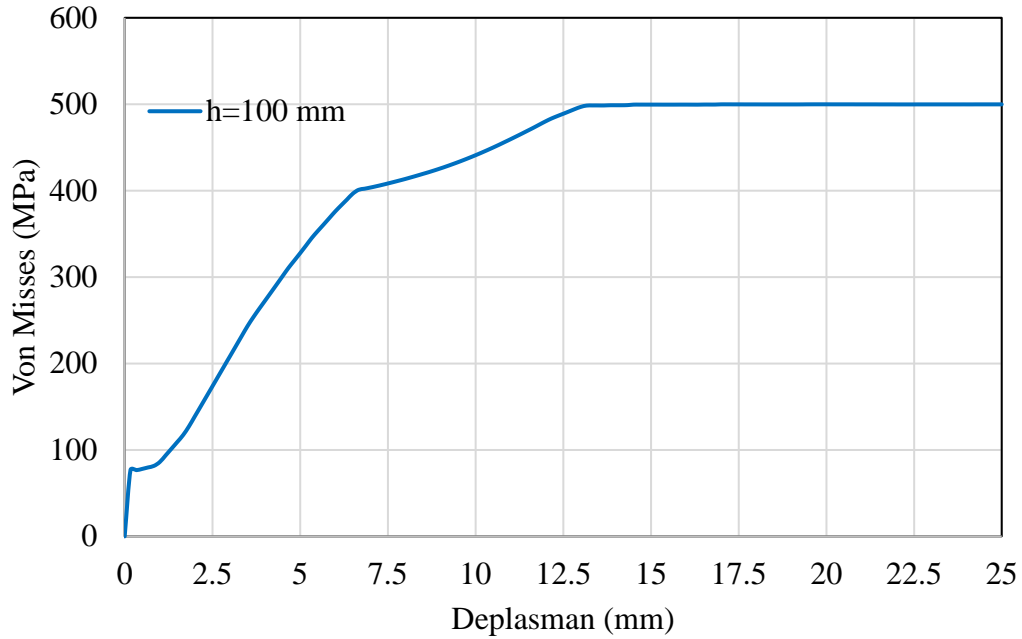


Şekil 6.6. Kuvvet-dönme grafiği (h=100 mm-model 1)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 311.42 kN olarak bulunmuştur.

### 6.1.1.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.7'de gösterilmiştir.

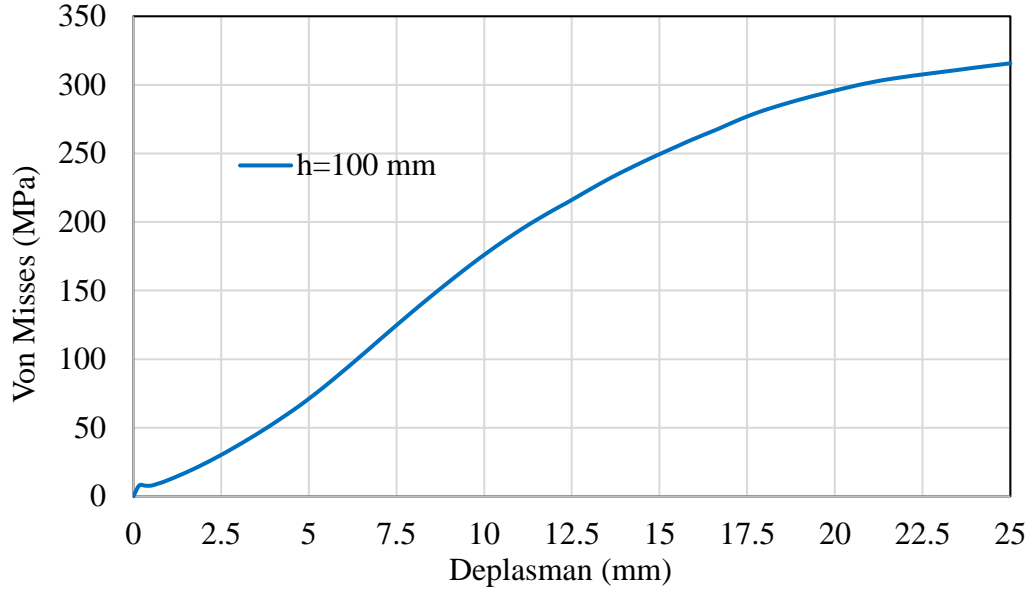


Şekil 6.7. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6.6667 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.92 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 14.5 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.52 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.1.1.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=100 mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.8'de gösterilmiştir.

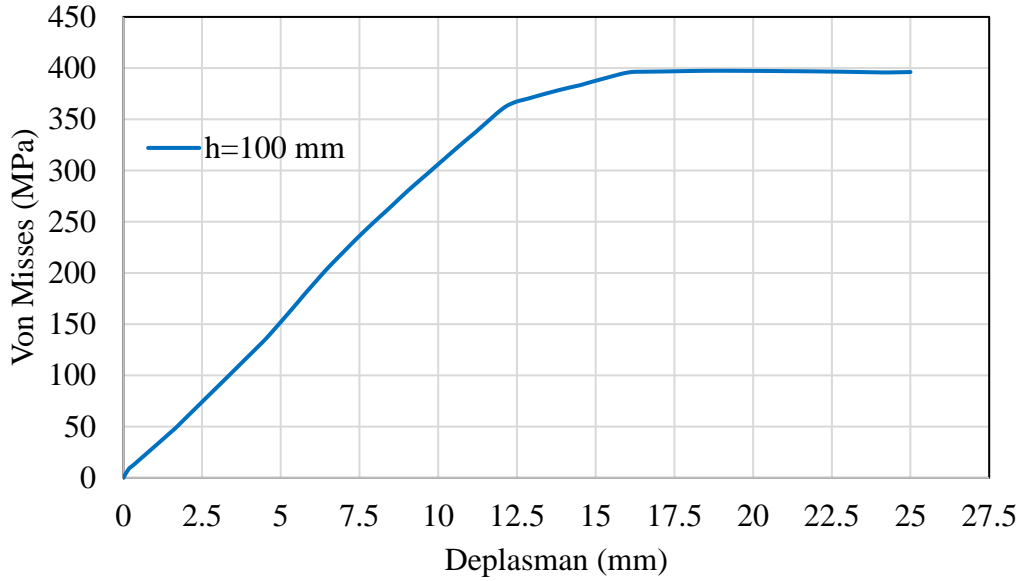


Şekil 6.8. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 315.7 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir.

#### 6.1.1.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=100 mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



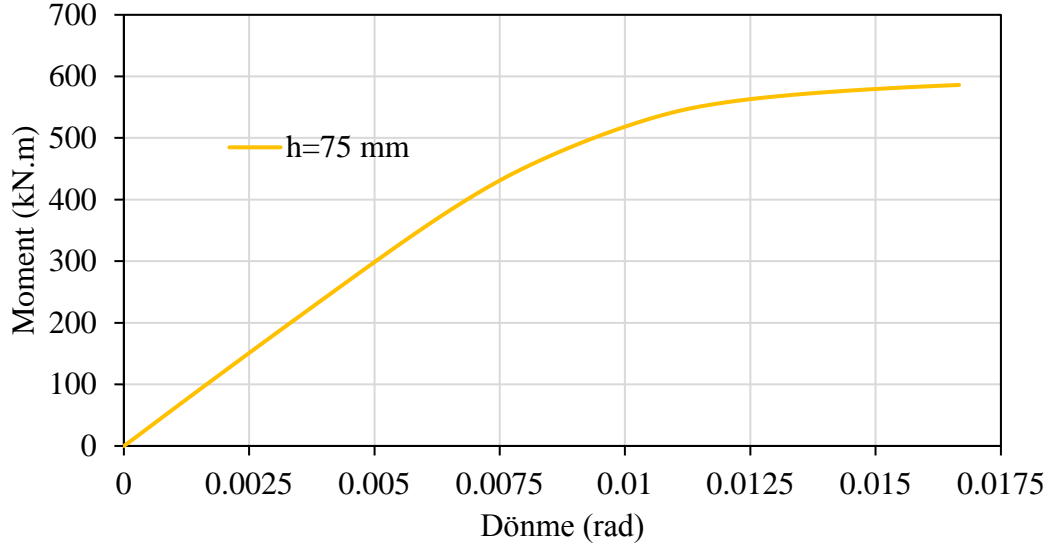
Şekil 6.9. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 18.833 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 397.45 MPa gerilme meydana gelmiştir. Sistemin 25 mm deplasman yapması halinde ise gerilme değeri 396.19 MPa olmuştur.

### 6.1.2. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 75 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model-1)

#### 6.1.2.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=75 mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.10'da gösterilmiştir.

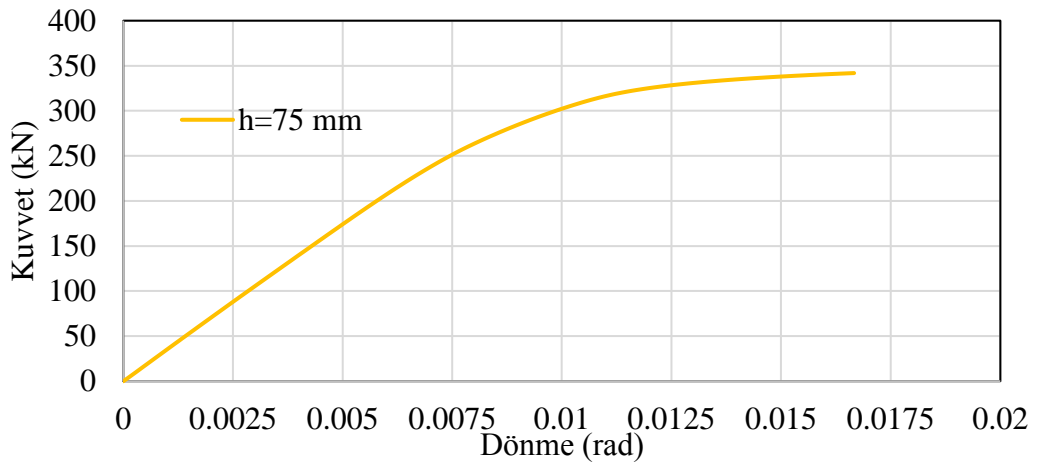


Şekil 6.10. Moment-dönme grafiği (h=75 mm-model 1)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini (Mp) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi (Mp), 485 kN.m ve plastik dönme açısı 0.008 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.1.2.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=75 mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.11'de gösterilmiştir.

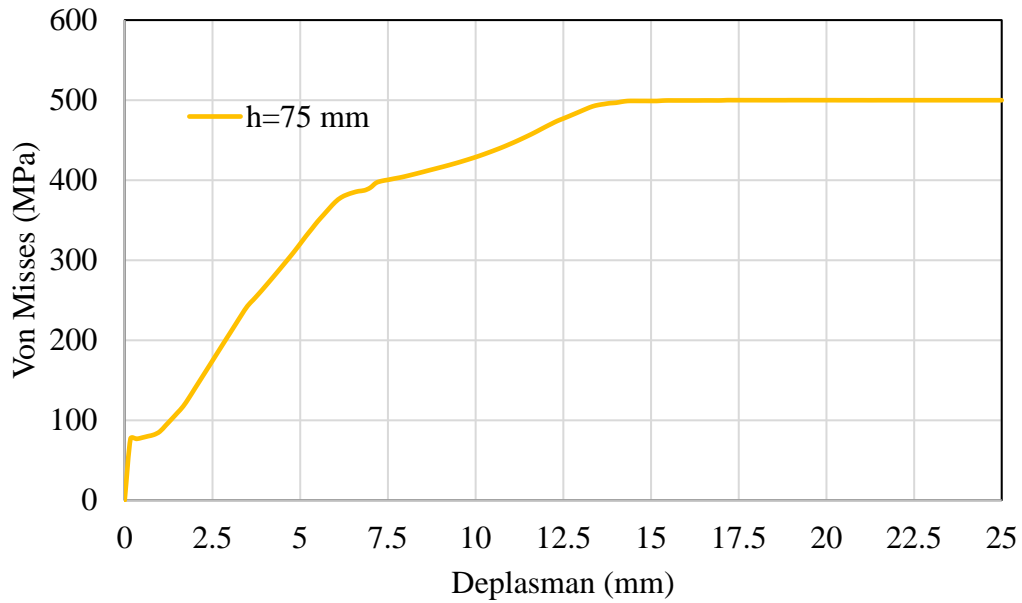


Şekil 6.11. Kuvvet-dönme grafiği (h=75 mm-model 1)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 341.86 kN olarak bulunmuştur.

### 6.1.2.3. Ankraj Çubuğunda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=75$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.12'de gösterilmiştir.



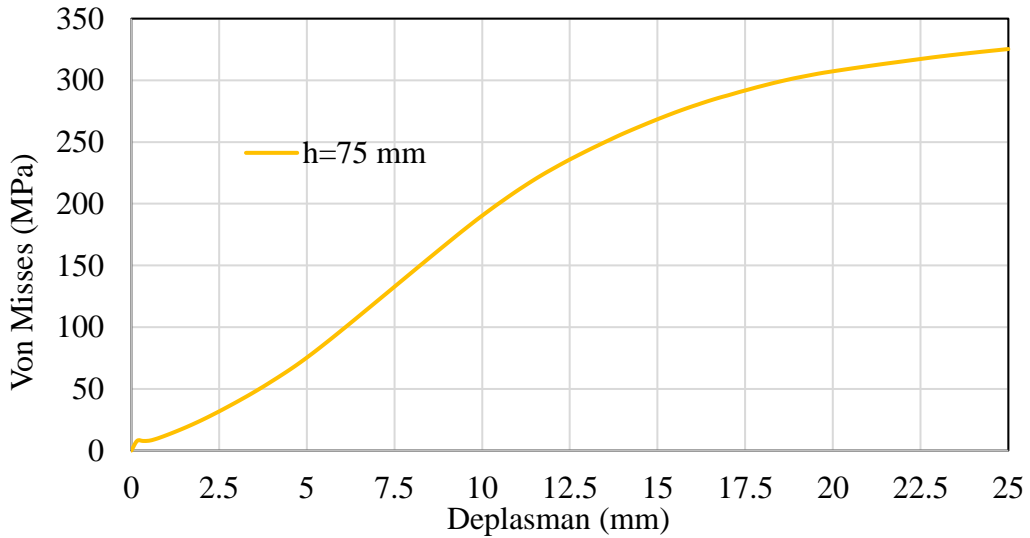
Şekil 6.12. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği ( $h=75$  mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarının, sistemin x-yönünde (yatayda) 7.5 mm yer değiştirmesi yapması

halinde 400.32 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 15.5 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.57 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.1.2.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=75$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.13'te gösterilmiştir.

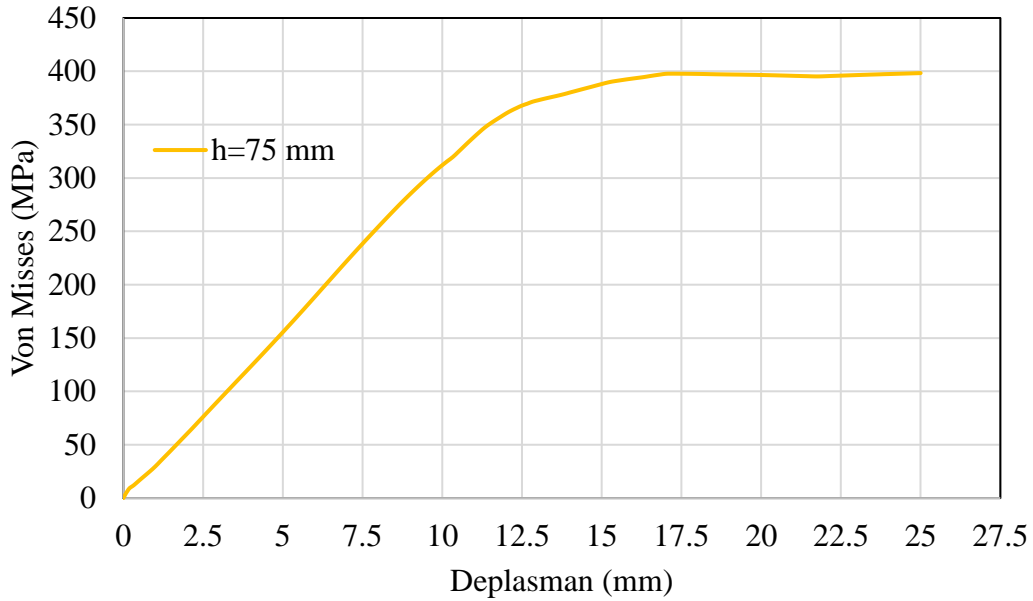


Şekil 6.13. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 325.38 MPa gerilme oluştuğu tespit edilmiştir.

### 6.1.2.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=75$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.14'te gösterilmiştir.



Şekil 6.14. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=75$  mm-model 1)

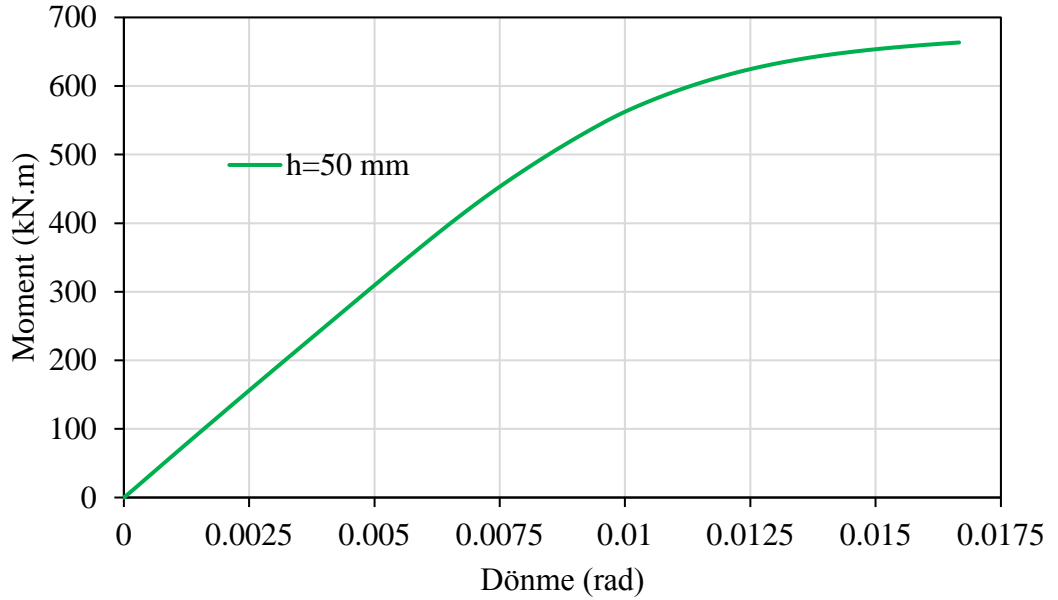
Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 398.35 MPa gerilme meydana gelmiştir.



### 6.1.3. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 50 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model-1)

#### 6.1.3.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=50$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.15'te gösterilmiştir.

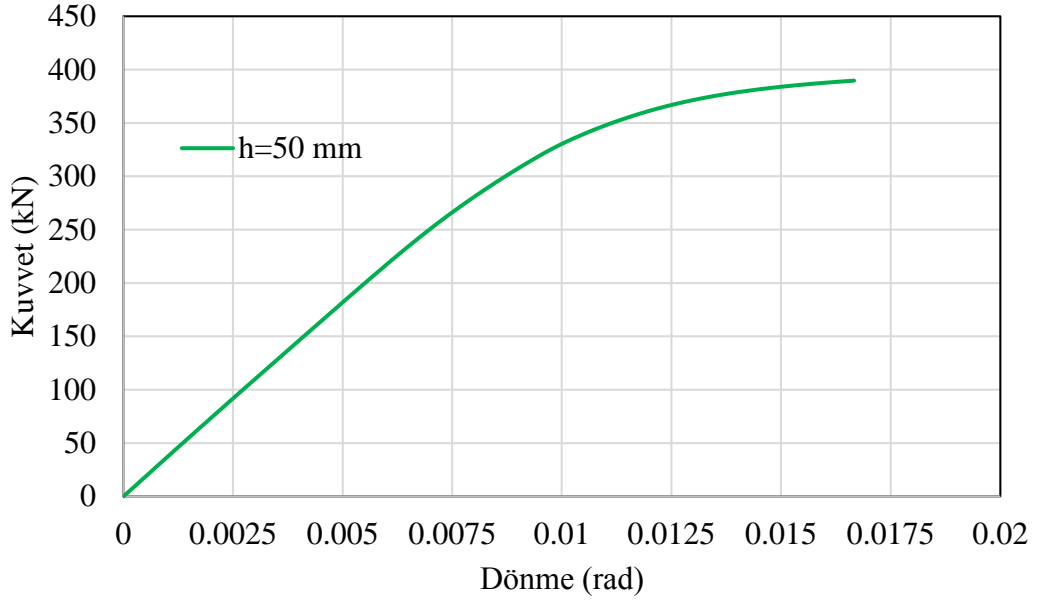


Şekil 6.15. Moment-dönme grafiği ( $h=50$  mm-model 1)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 540 kN.m ve plastik dönme açısı 0.00861 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.1.3.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=50$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.16'da gösterilmiştir.

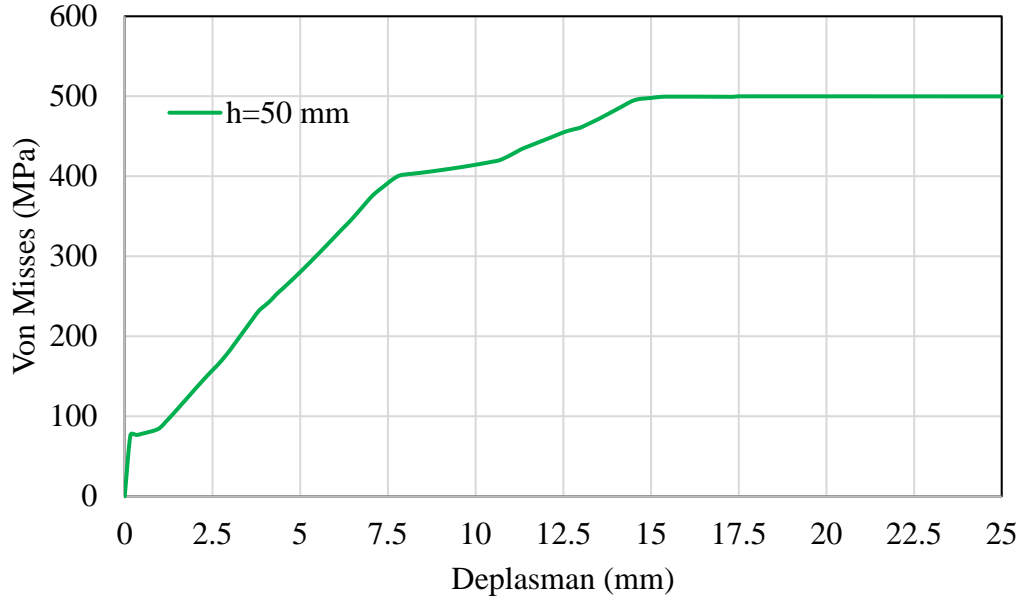


Şekil 6.16. Kuvvet-dönme grafiği (h=50 mm-model 1)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 389.67 kN olarak bulunmuştur.

### 6.1.3.3. Ankraj Çubuğunda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=50 mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.17'de gösterilmiştir.

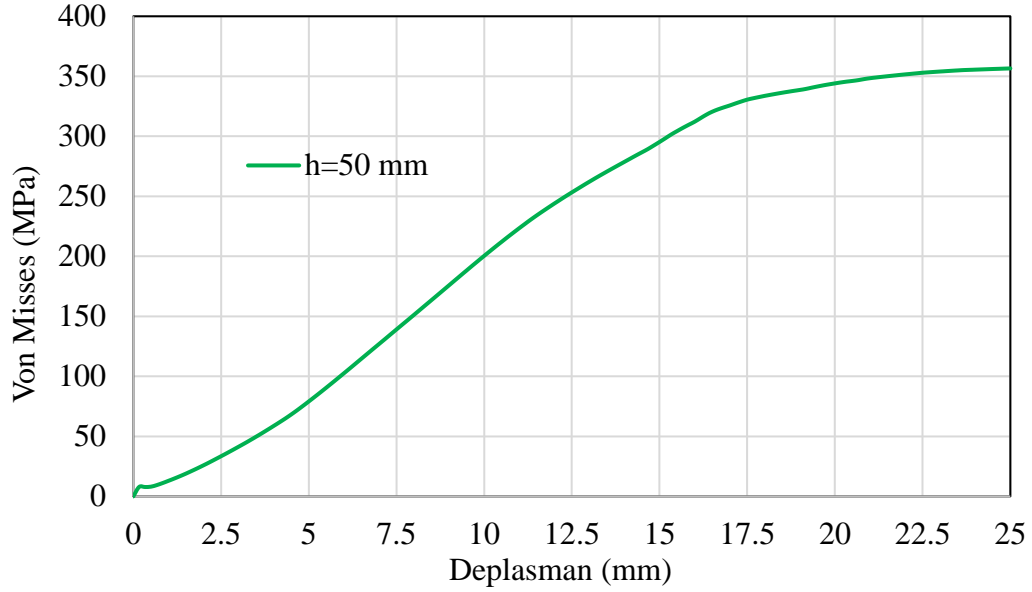


Şekil 6.17. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarının, sistemin x-yönünde (yatayda) 7.8333 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.97 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 15.5 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvvetine 499.57 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.1.3.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=50 mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.18'de gösterilmiştir.

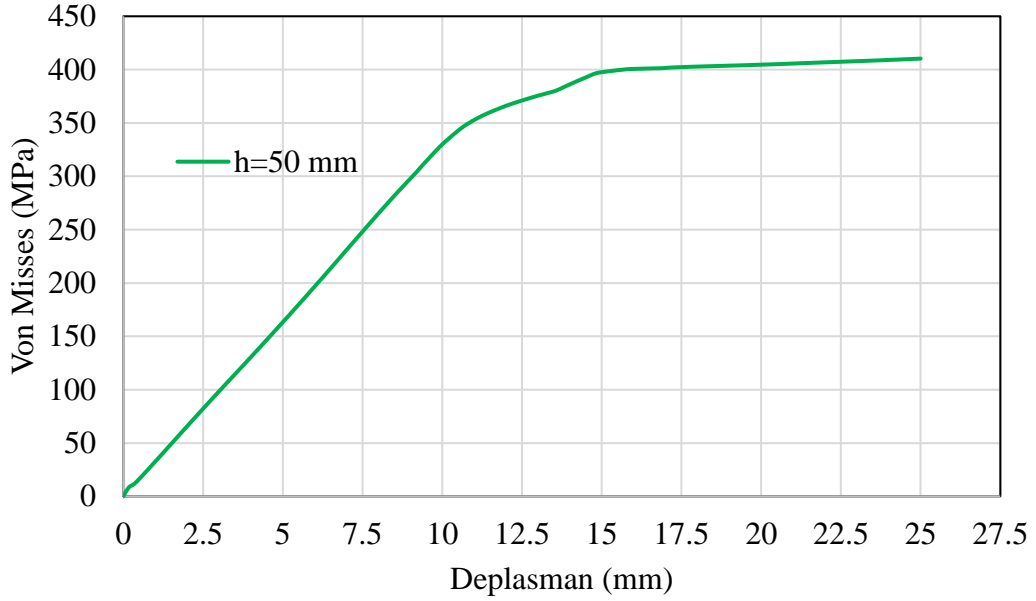


Şekil 6.18. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 356.56 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir.

#### 6.1.3.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=50 mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.19'da gösterilmiştir.



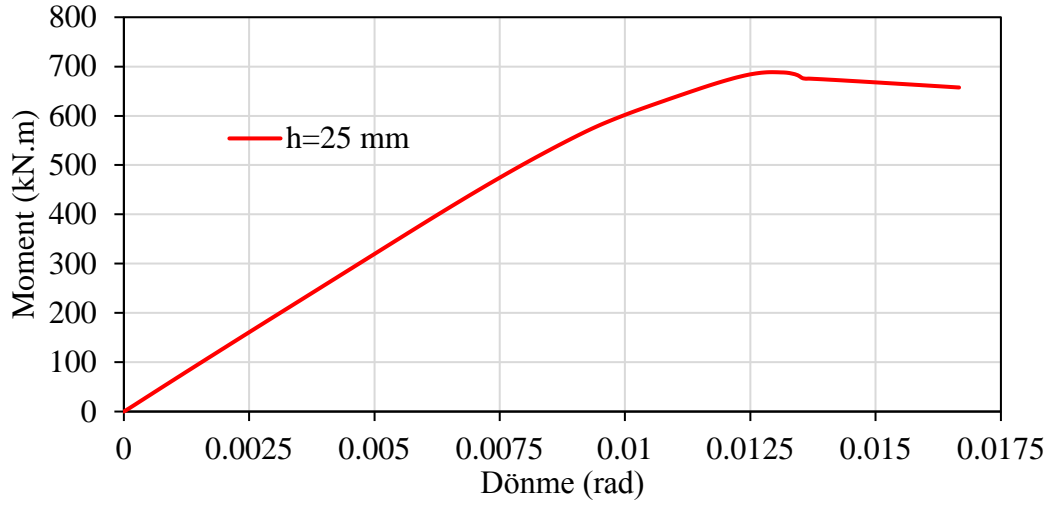
Şekil 6.19. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 15.833 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.44 MPa gerilme değeriyle akma gerilmesine ulaşmıştır. 25 mm deplasmanda ise 410.31 MPa gerilmeyle maksimum gerilme oluşmuştur.

#### 6.1.4. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 25 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 1)

##### 6.1.4.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=25 mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.20'de gösterilmiştir.

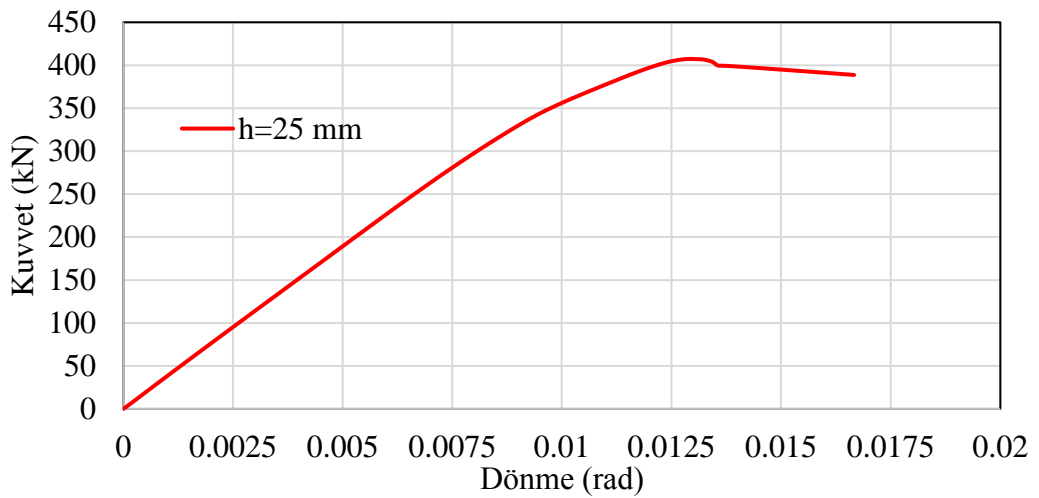


Şekil 6.20. Moment-dönme grafiği (h=25 mm-model 1)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 602 kN.m ve plastik dönme açısı 0.0091 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.1.4.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=25 mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.21'de gösterilmiştir.

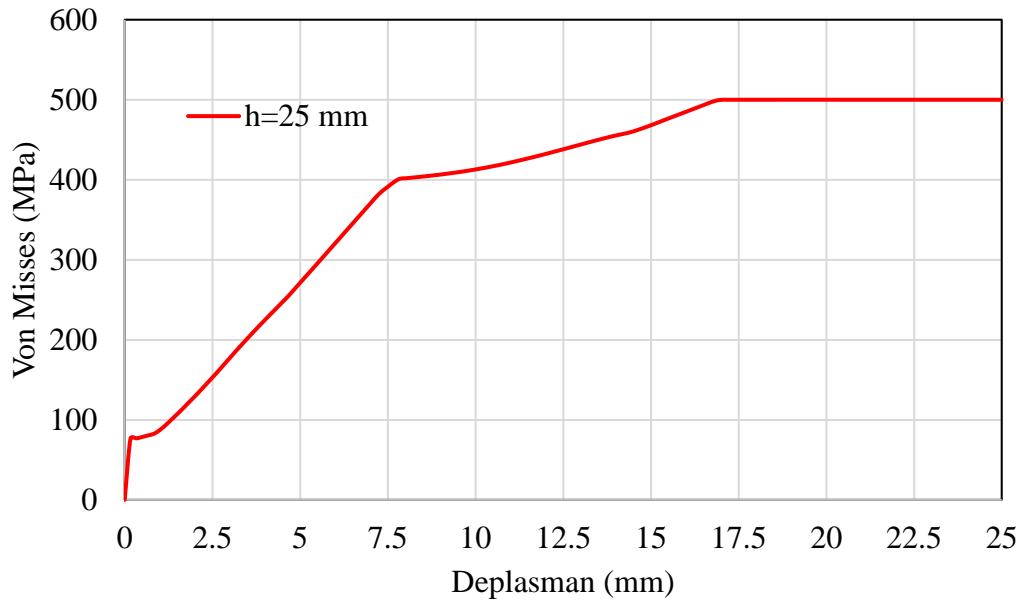


Şekil 6.21. Kuvvet-dönme grafiği (h=25 mm-model 1)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 19.333 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi (Mp) 407.29 kN.m olarak bulunmuştur. Birleşimde x yönünde yatay yönde 25 mm deplasmana karşılık ise kuvvet taşıma kapasitesi (Fp) 388.71 kN olarak bulunmuştur.

#### 6.1.4.3. Ankraj Çubuğunda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.22'de gösterilmiştir.



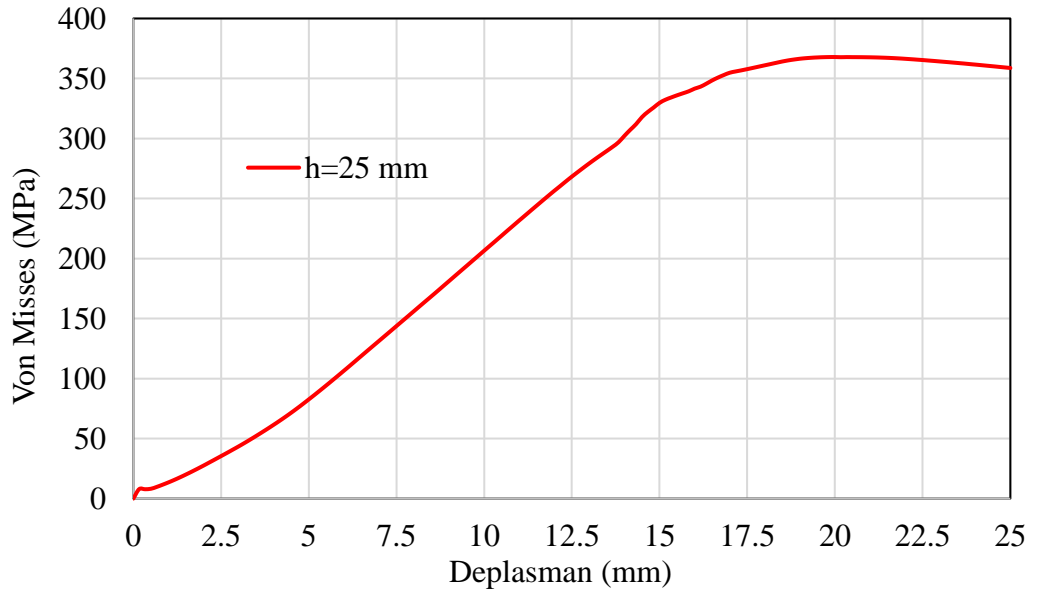
Şekil 6.22. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakıldığında

ankraj çubuklarının, sistemin x-yönünde (yatayda) 7.8333 mm yer değiştirmesi yapması halinde 401.1 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 17.5 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.99 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.1.4.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.23'te gösterilmiştir.



Şekil 6.23. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 1)

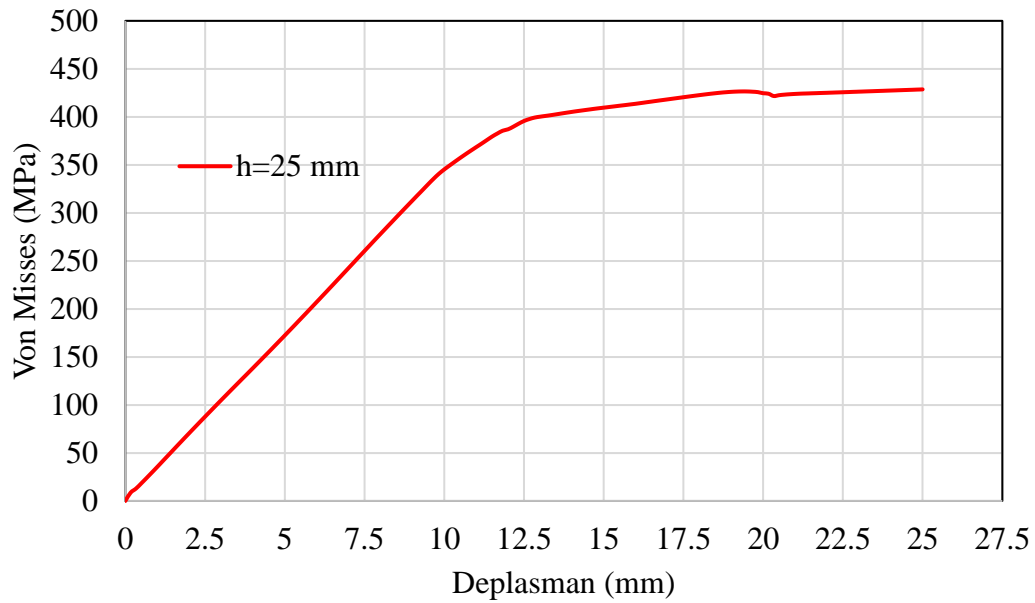
Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği



incelendiğinde sistemin yatayda 20 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 367.87 MPa gerilme oluştuğu tespit edilmiştir. 25 mm deplasmanda dahi 358.75 MPa gerilme oluşmuştur.

#### 6.1.4.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.24'te gösterilmiştir.



Şekil 6.24. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 1)

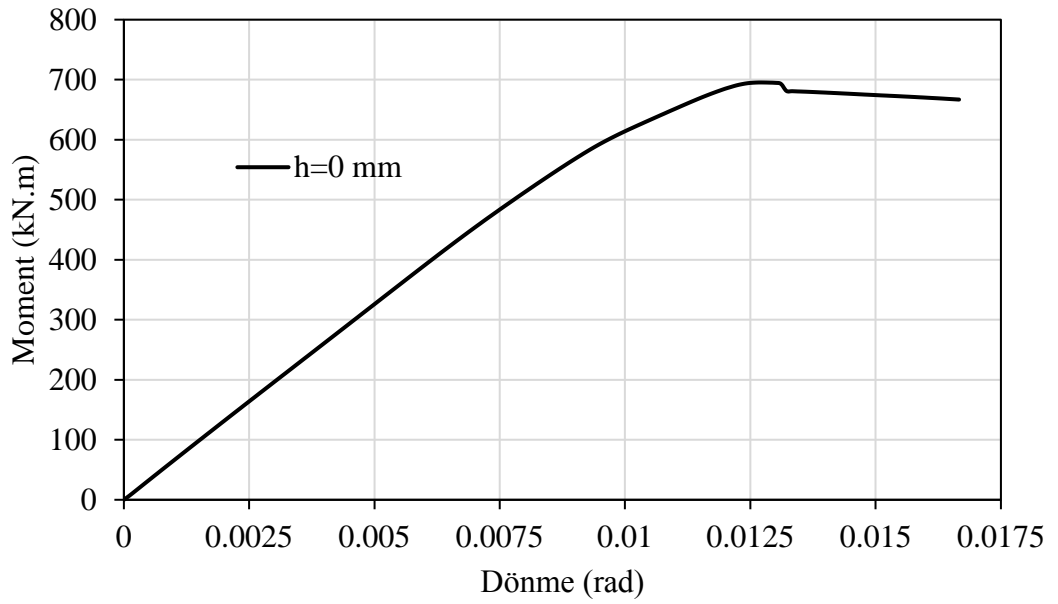
Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 13 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.18 MPa

gerilme değeriyle akma gerilmesine ulaşmıştır. 25 mm deplasmanda ise 428.61 MPa gerilmeye maksimum gerilme oluşmuştur.

### 6.1.5. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Boşluk Bırakılmaması (0 mm) Halinde Analiz Sonuçları (Model 1)

#### 6.1.5.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.25'te gösterilmiştir.

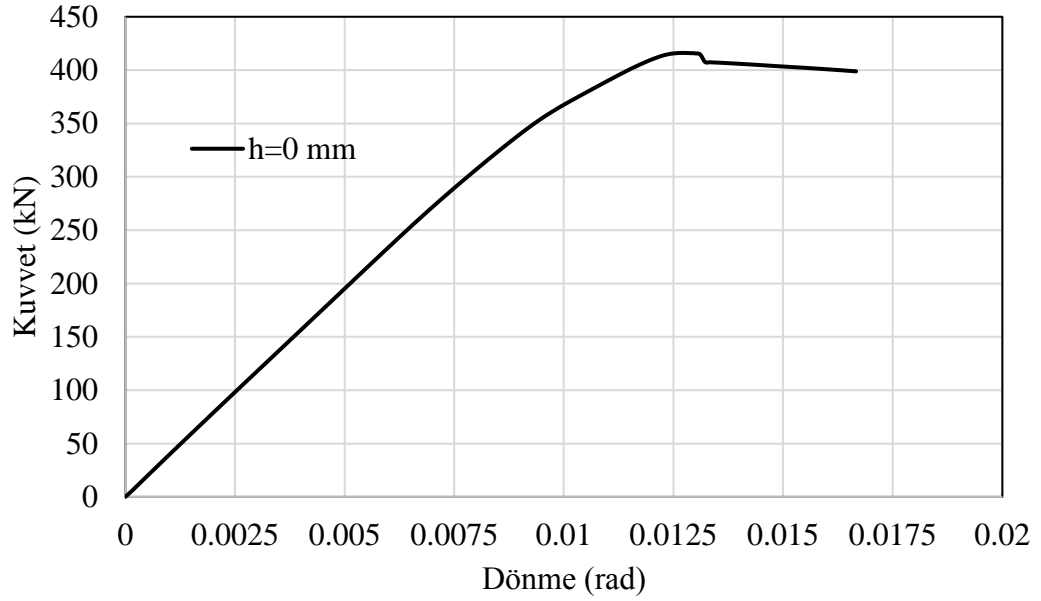


Şekil 6.25. Moment-dönme grafiği (h=0 mm-model 1)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 628 kN.m ve plastik dönme açısı 0.0095 rad. olarak bulunmuştur.

### 6.1.5.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.26'da gösterilmiştir.

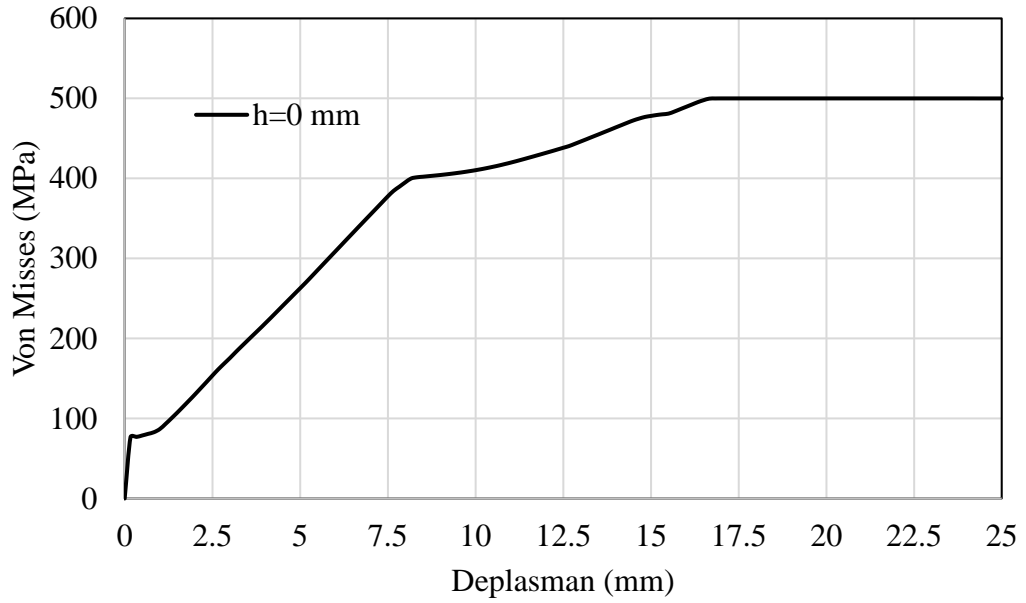


Şekil 6.26. Kuvvet-dönme grafiği ( $h=0$  mm-model 1)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 19 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 416.09 kN olarak bulunmuştur. Birleşimde x yönünde yatay yönde 25 mm deplasmana karşılık ise kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 398.83 kN olarak bulunmuştur.

### 6.1.5.3. Ankraj Çubuğunda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.27’de gösterilmiştir.

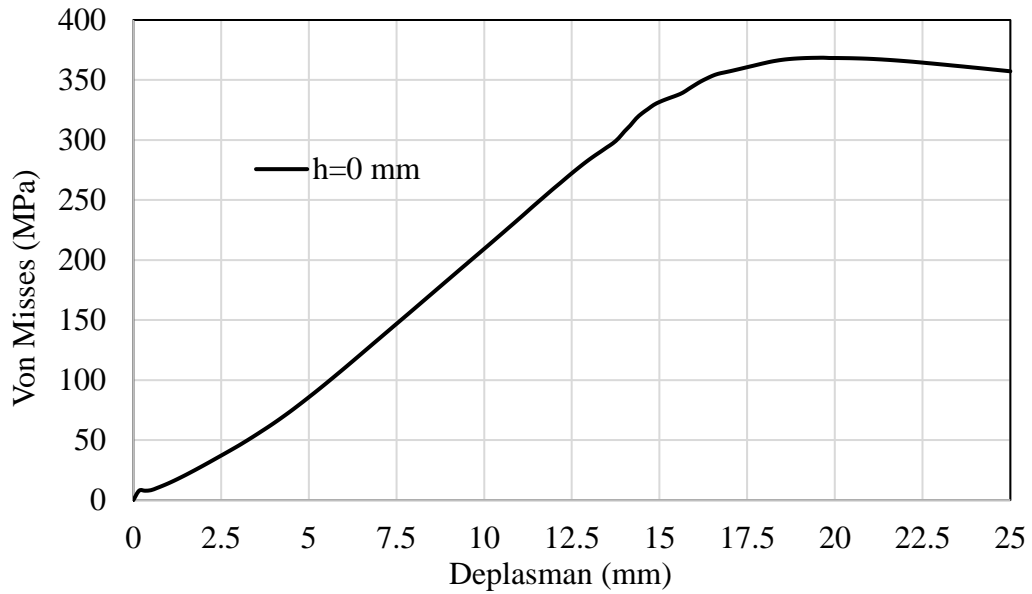


Şekil 6.27. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği ( $h=0$  mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde ankraj çubuklarının, sistemin x-yönünde (yatayda) 8.3333 mm yer değiştirmesi yapması halinde 401.44 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 18.333 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvvetine 500 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.1.5.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme- Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.28’de gösterilmiştir.

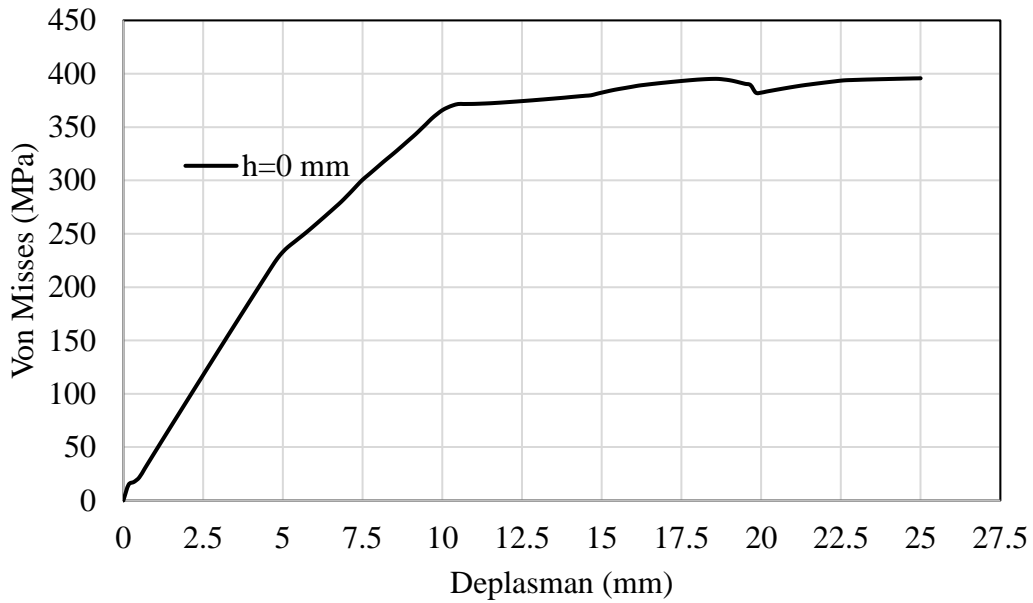


Şekil 6.28. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=0$  mm-model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 19.667 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 368.55 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir. 25 mm deplasmanda ise 357.24 MPa gerilme oluşmuştur.

### 6.1.5.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.29'da gösterilmiştir.



Şekil 6.29. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=0$  mm-model 1)

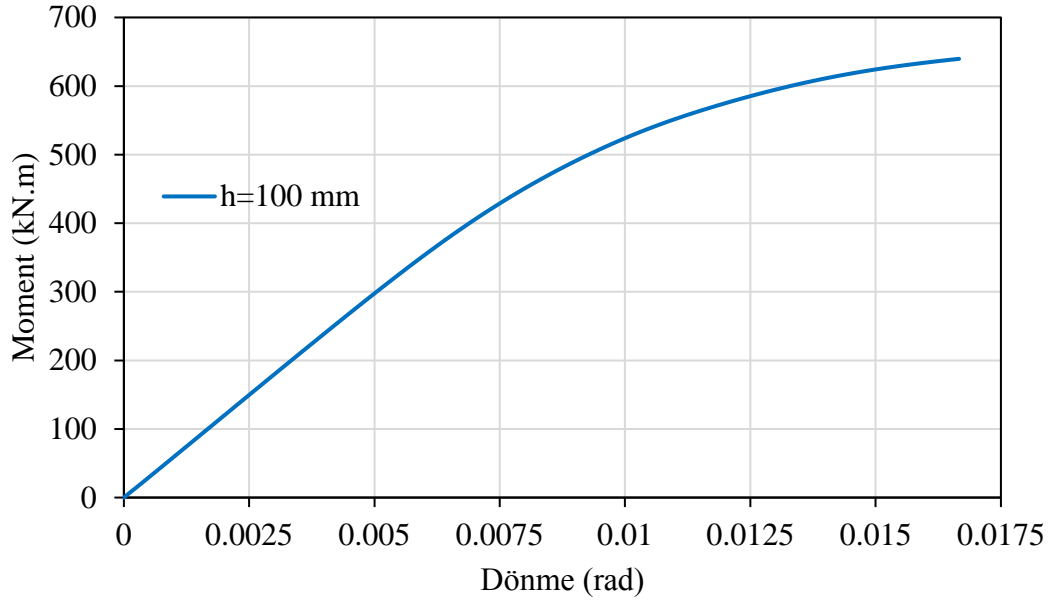
Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmadığında (0 mm) kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde maksimum 395.71 MPa gerilme değerine ulaşmıştır. Elde edilen verilerden hareketle çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmadığında (0 mm), alt somunlarda oluşan gerilme akma gerilmesine ulaşmamıştır.

## 6.2. Model 2-Analiz Sonuçları

### 6.2.1. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 100 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 2)

#### 6.2.1.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.30'da gösterilmiştir.

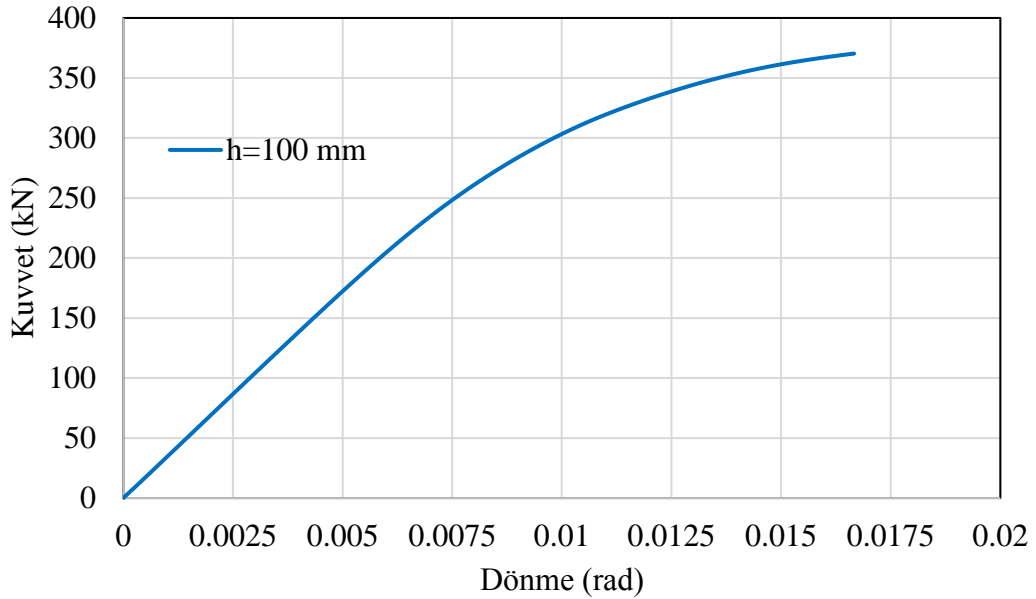


Şekil 6.30. Moment-dönme grafiği ( $h=100$  mm-model 2)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 494 kN.m ve plastik dönme açısı 0.00835 rad. olarak bulunmuştur.

### 6.2.1.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.31'de gösterilmiştir.



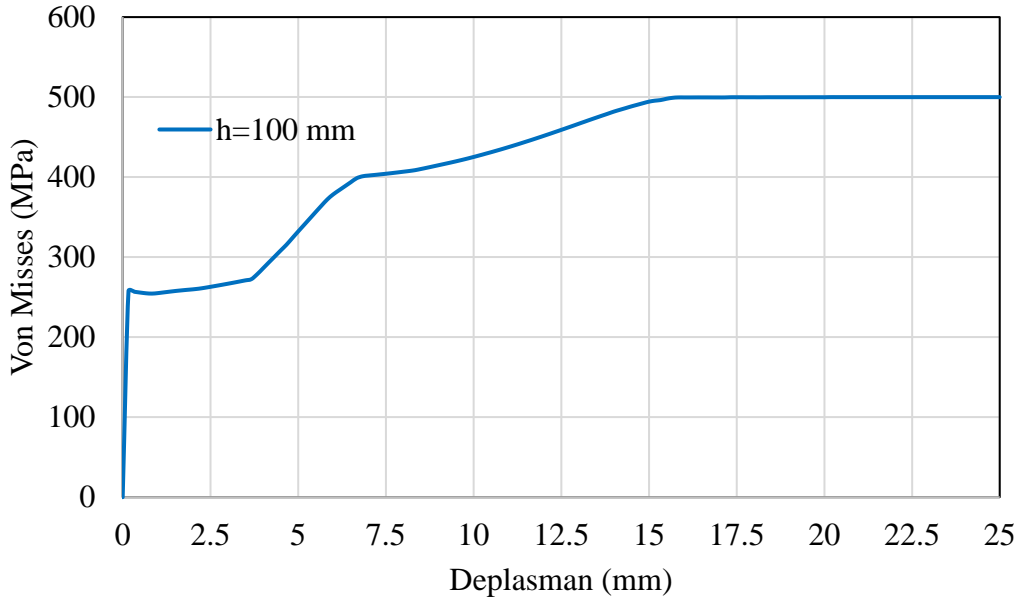
Şekil 6.31. Kuvvet-dönme grafiği ( $h=100$  mm-model 2)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 370.32 kN olarak bulunmuştur.

### 6.2.1.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.32'de gösterilmiştir.



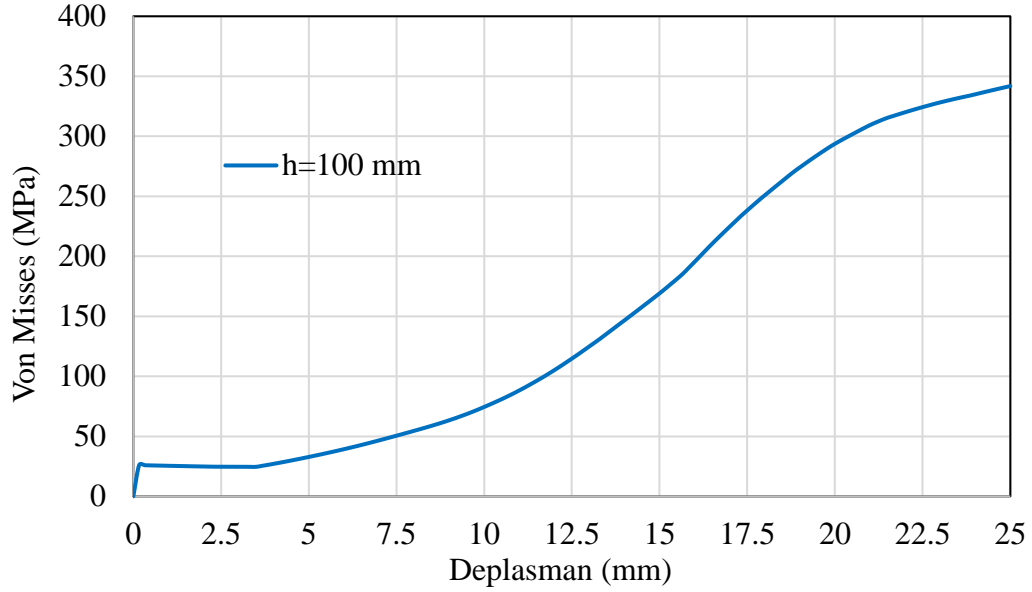


Şekil 6.32. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6.8333 mm yer değiştirmesi yapması halinde 401.02 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 17.333 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.83 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.2.1.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=100 mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.33'te gösterilmiştir.

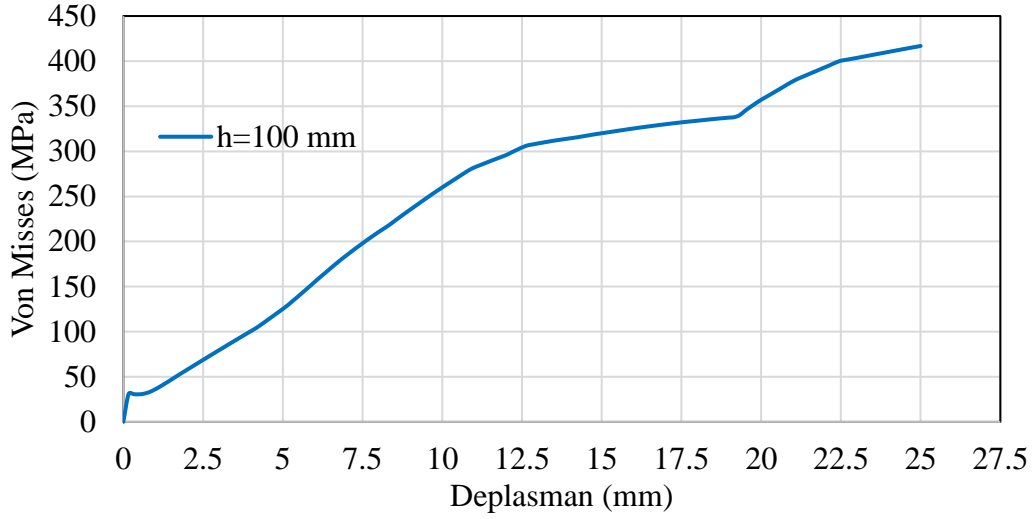


Şekil 6.33. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 341.84 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir.

#### 6.2.1.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=100 mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.34'te gösterilmiştir.



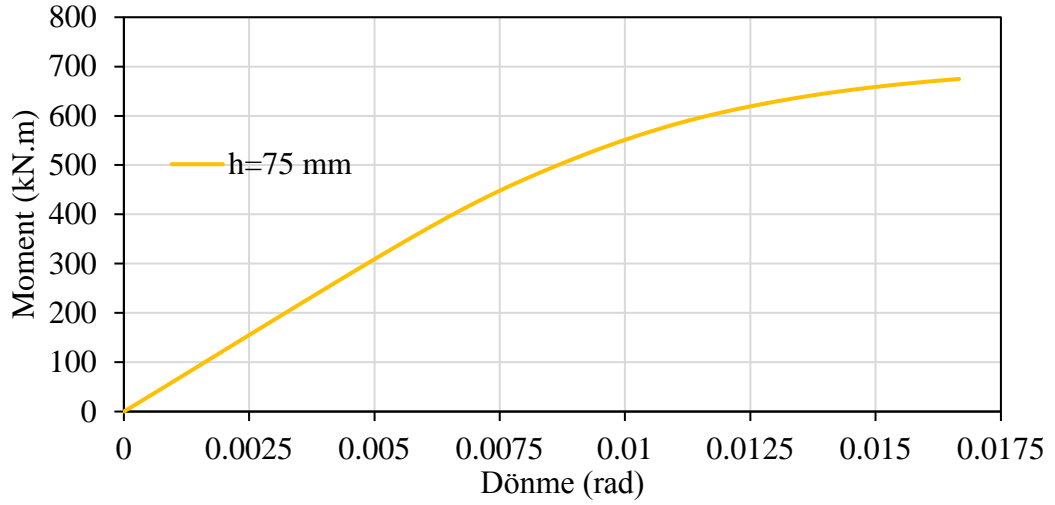
Şekil 6.34. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=100 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 22.5 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.47 MPa gerilme meydana gelerek bu noktadan sonraki deplasmanlarda akmaya başladığı tespit edilmiştir. Sistemin 25 mm deplasman yapması halinde ise maksimum gerilme değeri 416.84 MPa olmuştur.

## 6.2.2. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 75 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model-2)

### 6.2.2.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=75 mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.35'te gösterilmiştir.

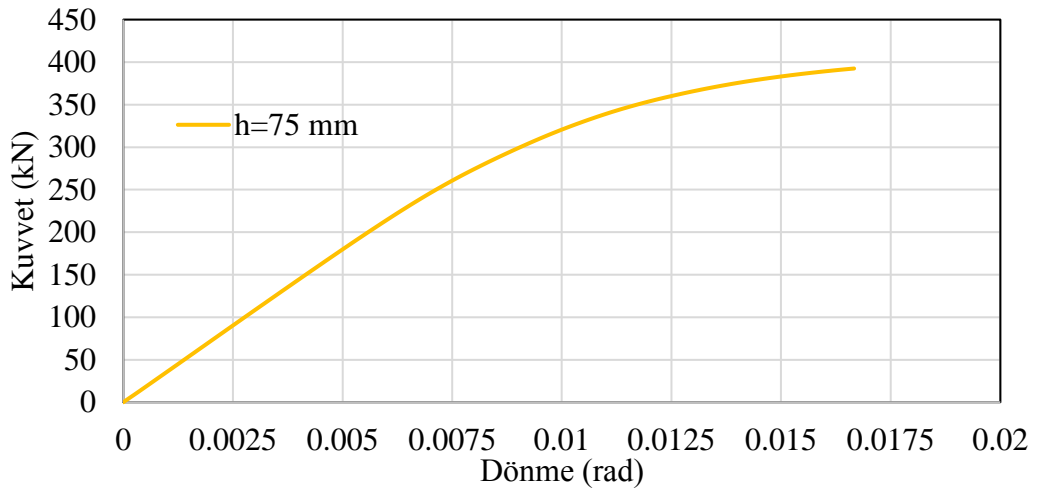


Şekil 6.35. Moment-dönme grafiği (h=75 mm-model 2)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 529 kN.m ve plastik dönme açısı 0.00852 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.2.2.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=75 mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.36'da gösterilmiştir.

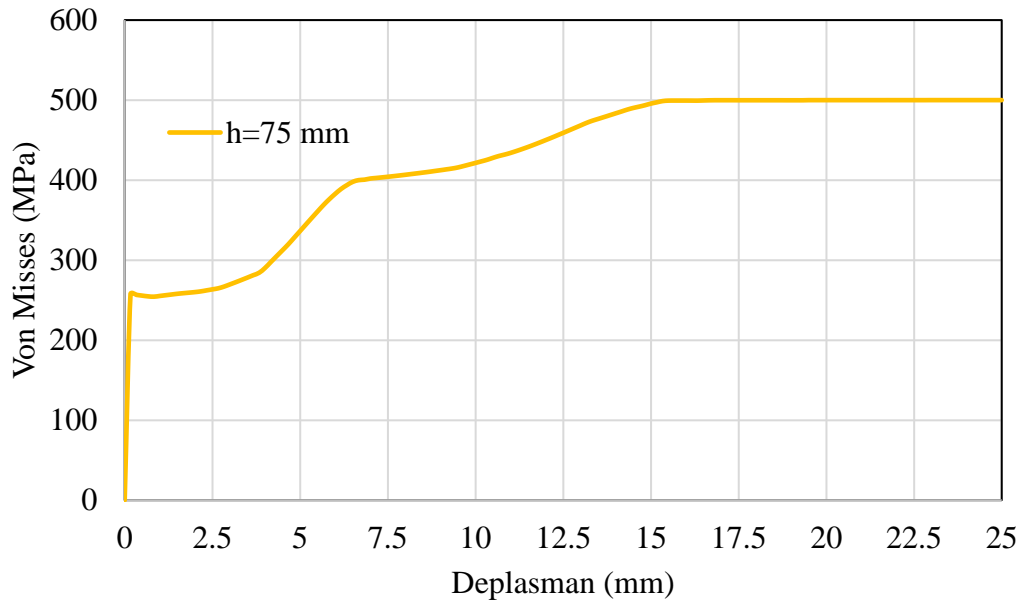


Şekil 6.36. Kuvvet-dönme grafiği (h=75 mm-model 2)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 392.48 kN olarak bulunmuştur.

### 6.2.2.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=75$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.37'de gösterilmiştir.



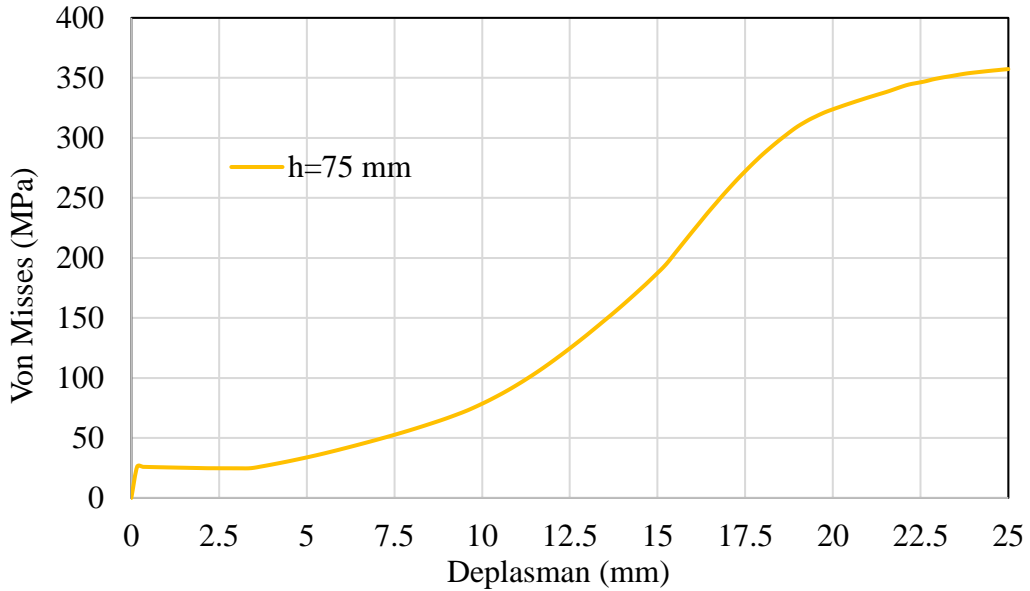
Şekil 6.37. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği ( $h=75$  mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6.8333 mm yer değiştirmesi

yapması halinde 400.57 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 16.833 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.84 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.2.2.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=75$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.38'de gösterilmiştir.



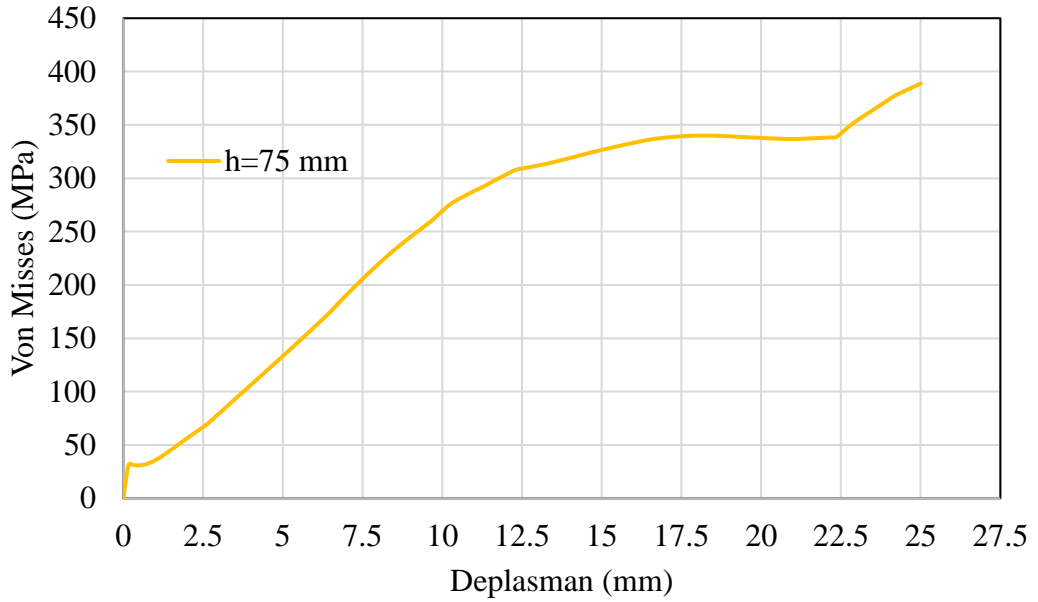
Şekil 6.38. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=75$  mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma

gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 357.32 MPa gerilme oluştuğu tespit edilmiştir.

#### 6.2.2.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=75$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.39'da gösterilmiştir.



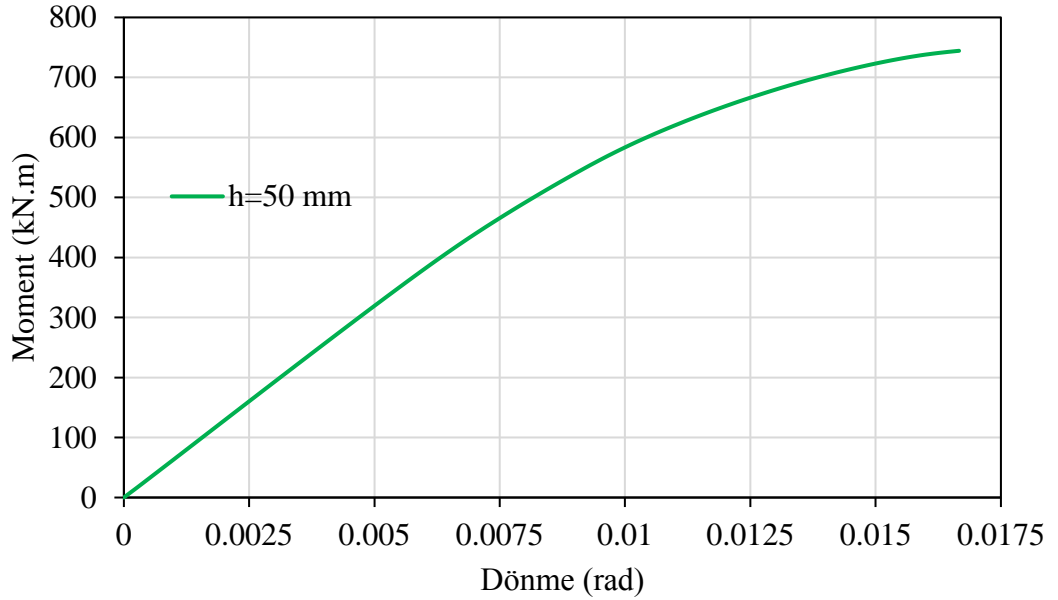
Şekil 6.39. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=75$  mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 388.72 MPa gerilme meydana gelerek akma gerilmesine ulaşmadığı tespit edilmiştir.

### 6.2.3. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 50 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 2)

#### 6.2.3.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=50$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.40'ta gösterilmiştir.



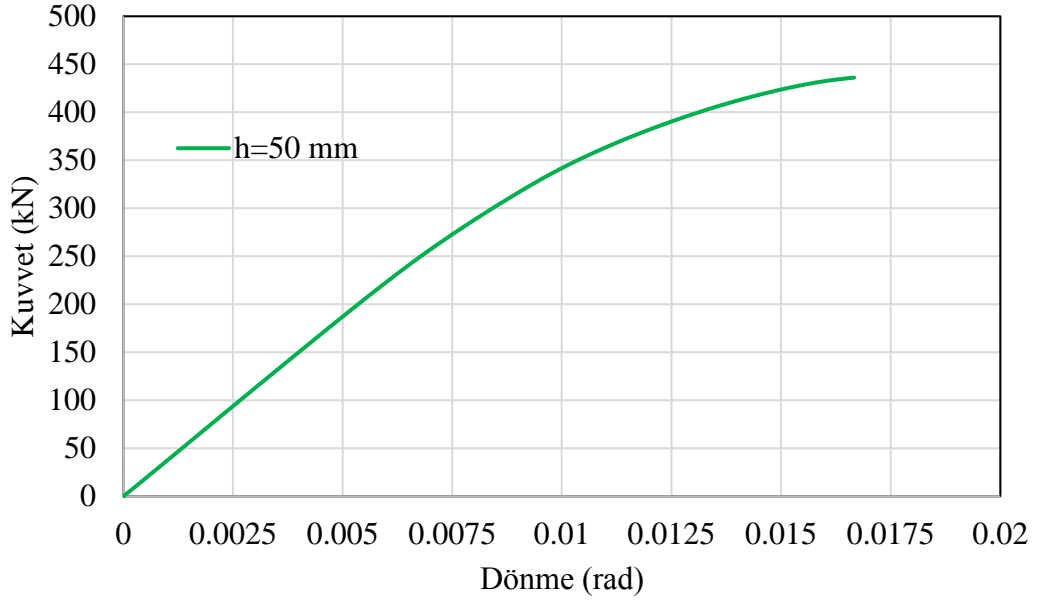
Şekil 6.40. Moment-dönme grafiği (h=50 mm-model 2)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 571 kN.m ve plastik dönme açısı 0.00883 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.2.3.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=50$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.41'de gösterilmiştir.



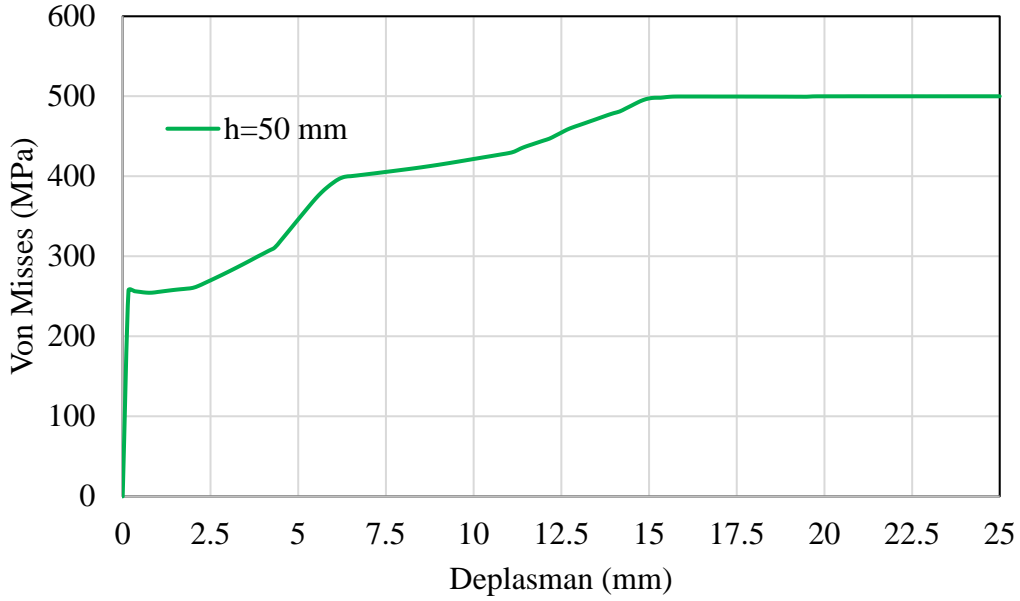


Şekil 6.41. Kuvvet-dönme grafiği (h=50 mm-model 2)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 436.15 kN olarak bulunmuştur.

#### 6.2.3.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=50 mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.42'de gösterilmiştir.

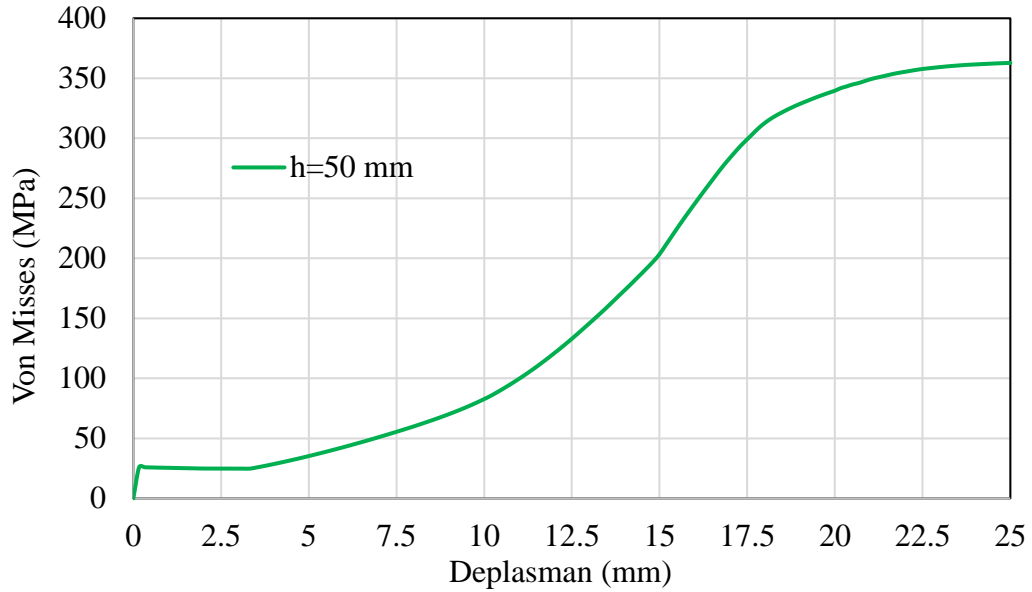


Şekil 6.42. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6.5 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.16 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 15.833 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.73 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.2.3.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=50 mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.43'te gösterilmiştir.

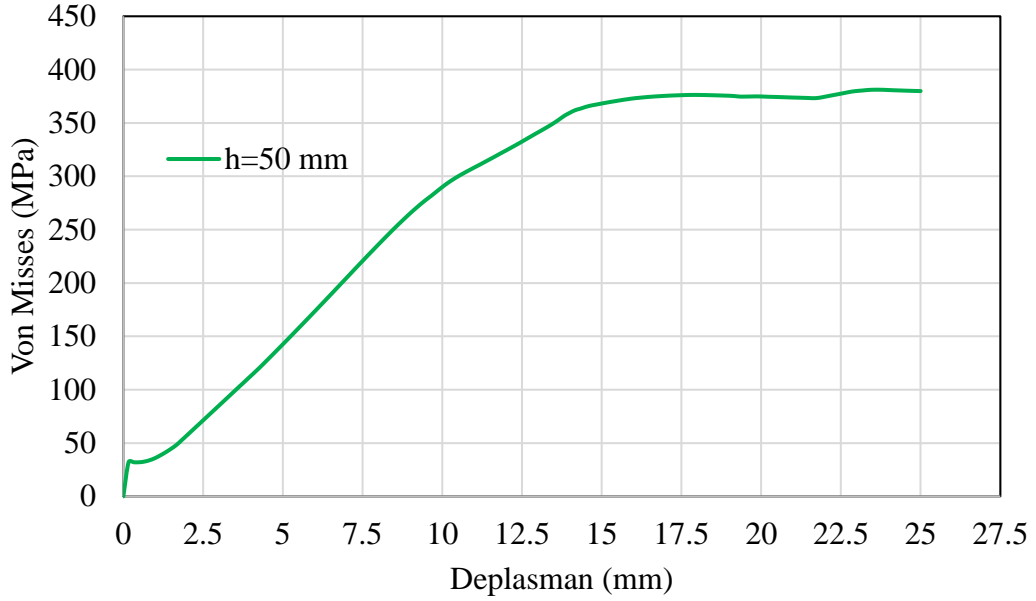


Şekil 6.43. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 362.83 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir.

#### 6.2.3.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=50 mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.44'te gösterilmiştir.



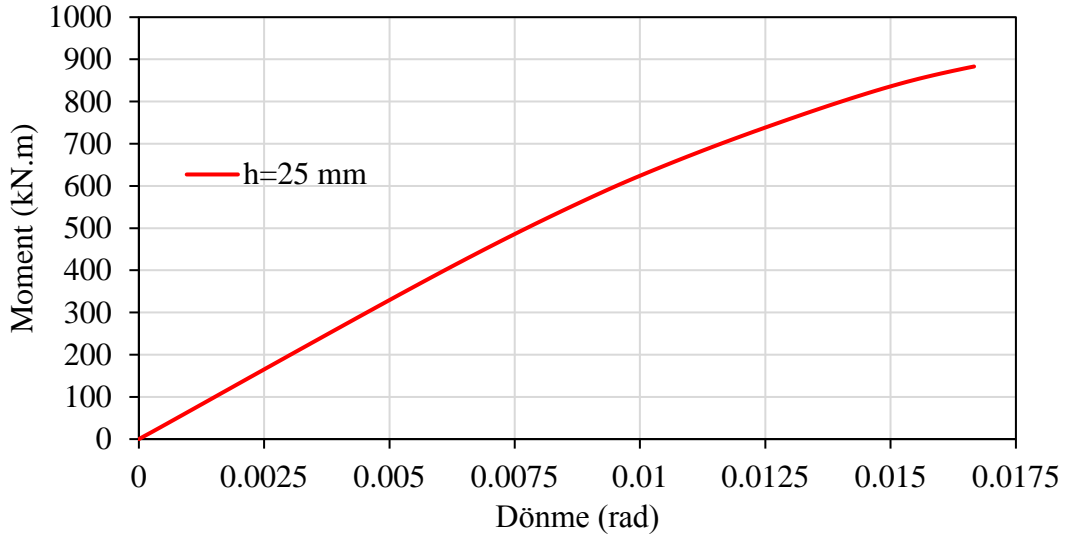
Şekil 6.44. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 23.667 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 381.17 MPa gerilme meydana gelerek akma gerilmesine ulaşmadığı tespit edilmiştir. 25 mm deplasmanda ise oluşan gerilme 379.89 MPa'dır.

#### 6.2.4. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 25 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 2)

##### 6.2.4.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=25 mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.45'te gösterilmiştir.

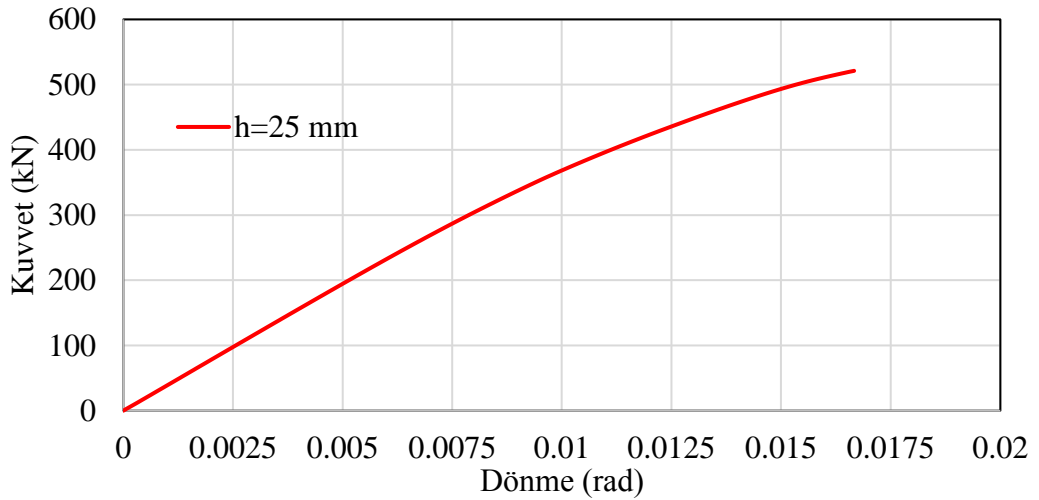


Şekil 6.45. Moment-dönme grafiği (h=25 mm-model 2)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 605 kN.m ve plastik dönme açısı 0.0092 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.2.4.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=25 mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.46'da gösterilmiştir.

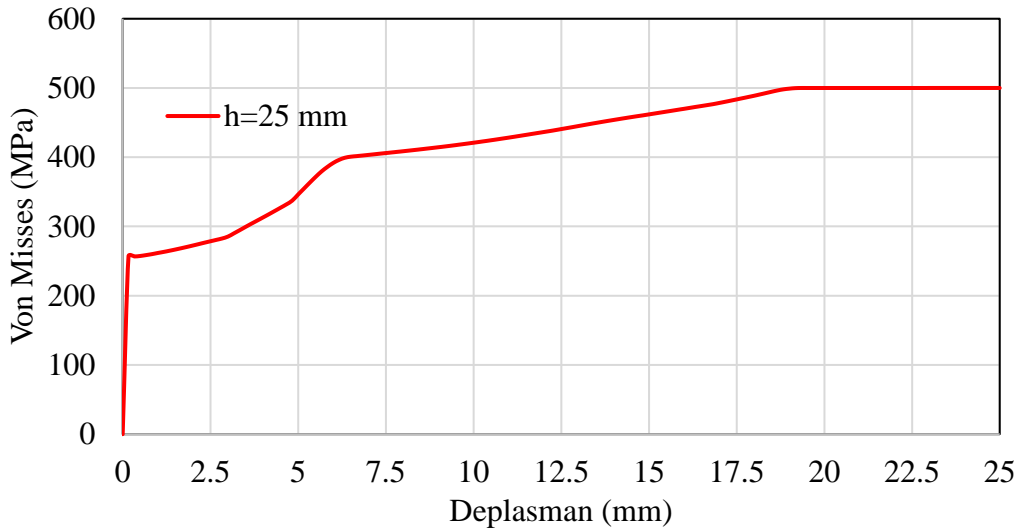


Şekil 6.46. Kuvvet-dönme grafiği (h=25 mm-model 2)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 521.15 kN olarak bulunmuştur.

#### 6.2.4.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.47’de gösterilmiştir.

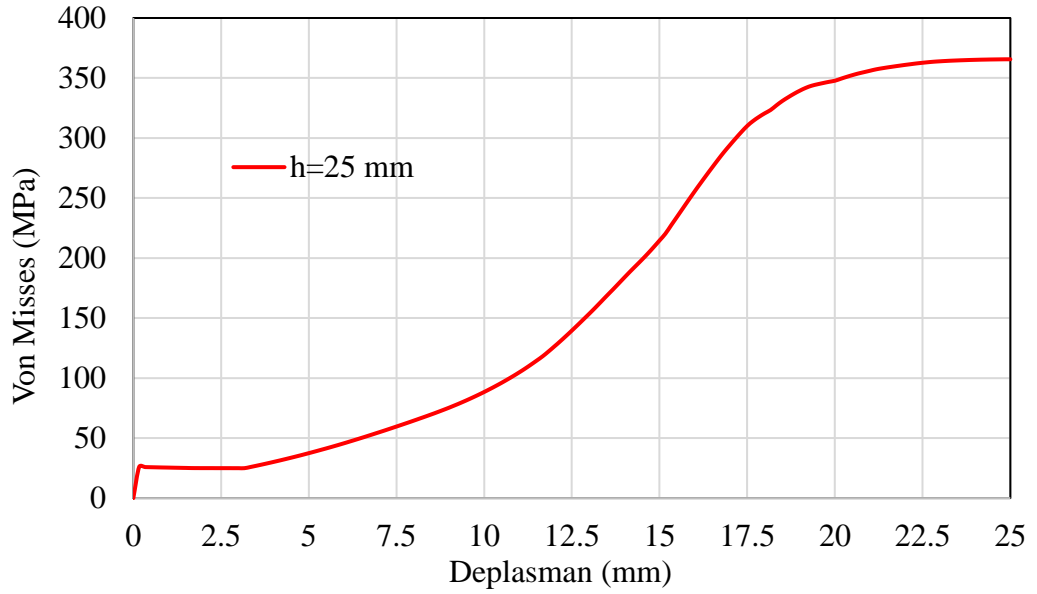


Şekil 6.47. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği ( $h=25$  mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6.5 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.76 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 19.333 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.97 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.2.4.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.48'de gösterilmiştir.

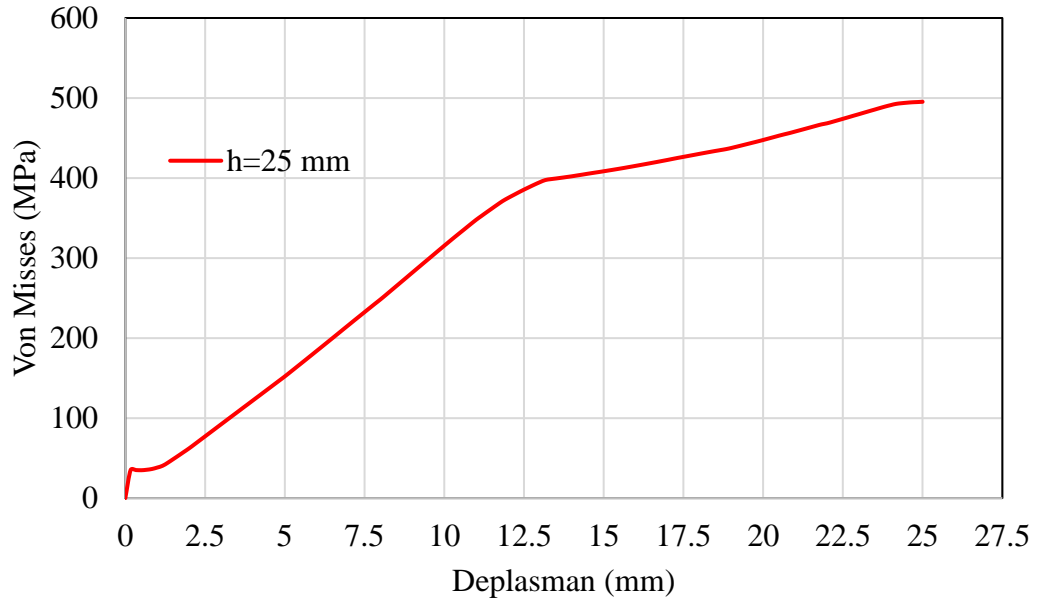


Şekil 6.48. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=25$  mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 365.61 MPa gerilme oluştuğu tespit edilmiştir.

#### 6.2.4.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.49'da gösterilmiştir.



Şekil 6.49. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 2)

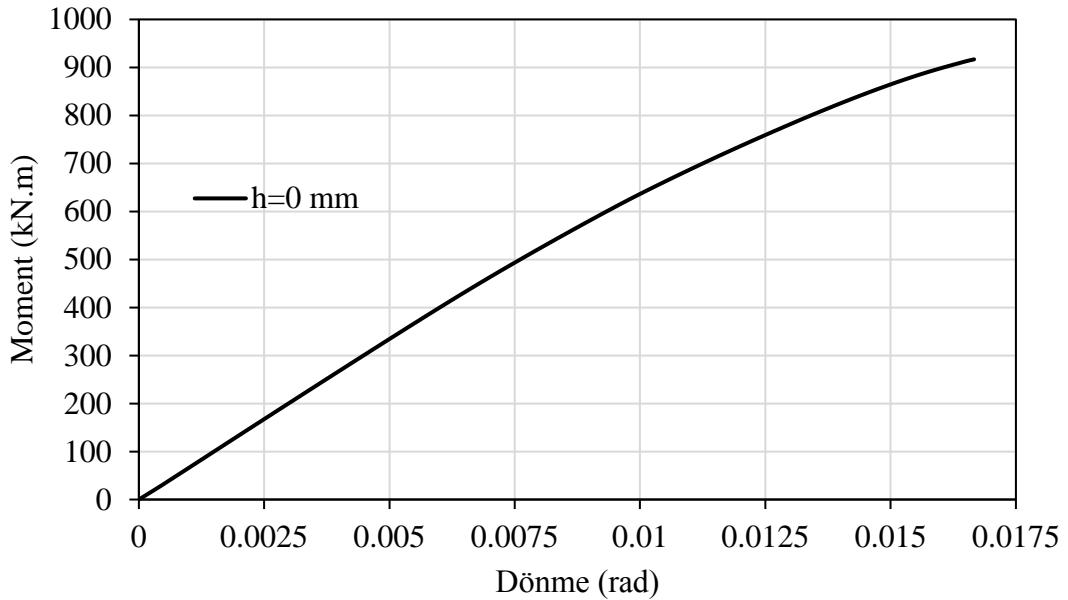
Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 13.667 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.29 MPa gerilme meydana gelerek akma gerilmesine ulaşmadığı tespit edilmiştir. 25 mm deplasmanda ise oluşan gerilme 495.26 MPa'dır.



### 6.2.5. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Boşluk Bırakılmaması (0 mm) Halinde Analiz Sonuçları (Model 2)

#### 6.2.5.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.50'de gösterilmiştir.

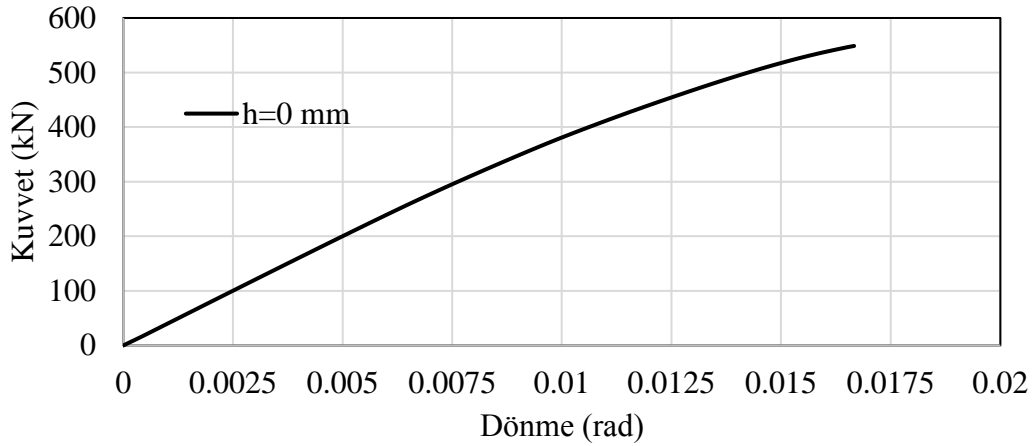


Şekil 6.50. Moment-dönme grafiği (h=0 mm-model 2)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 652 kN.m ve plastik dönme açısı 0.0099 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.2.5.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.51'de gösterilmiştir.

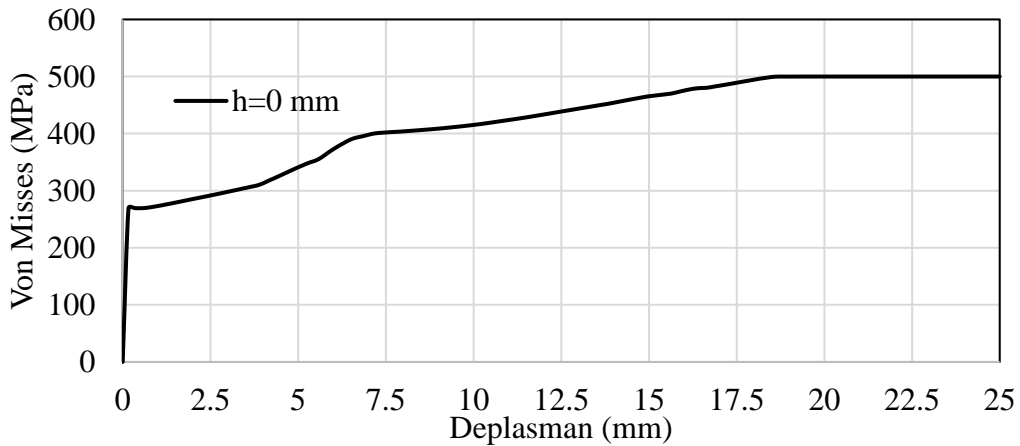


Şekil 6.51. Kuvvet-dönme grafiği (h=0 mm-model 2)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 548.74 kN olarak bulunmuştur.

### 6.2.5.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=0 mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.52’de gösterilmiştir.

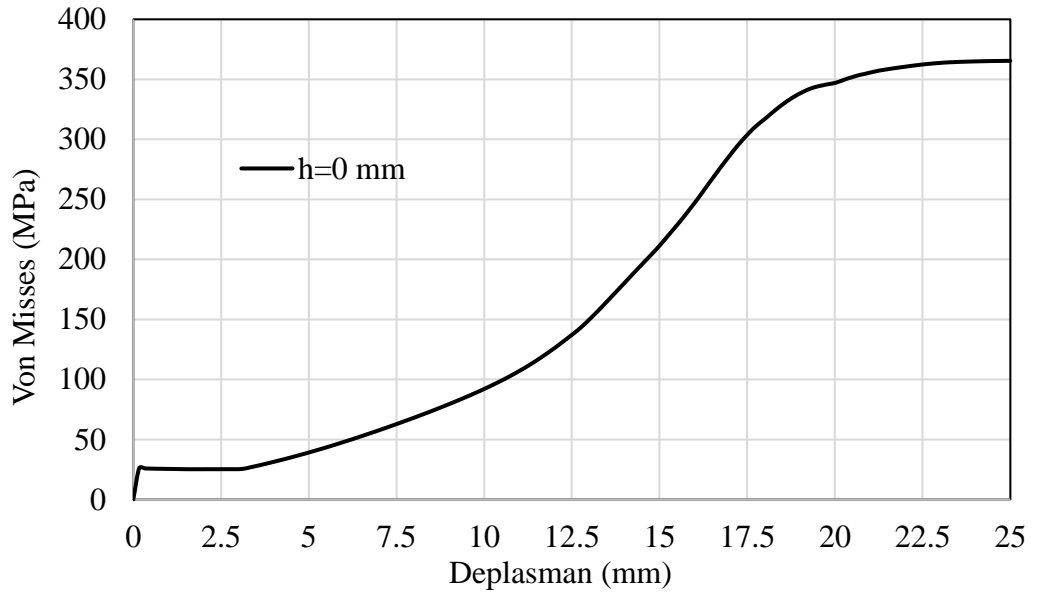


Şekil 6.52. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde ankraj çubuklarının, sistemin x-yönünde (yatayda) 7.1667 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.19 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 18.667mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvvetine 499.89 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.2.5.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.53'te gösterilmiştir.



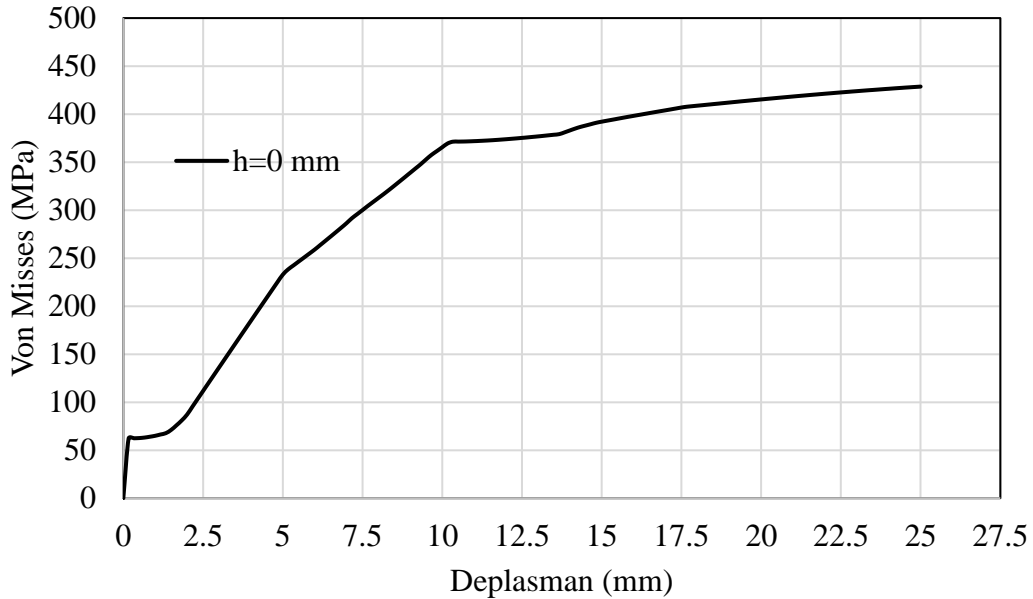
Şekil 6.53. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik

kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 365.41 MPa gerilme oluştuğu tespit edilmiştir.

#### 6.2.5.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.54'te gösterilmiştir.



Şekil 6.54. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmadığında

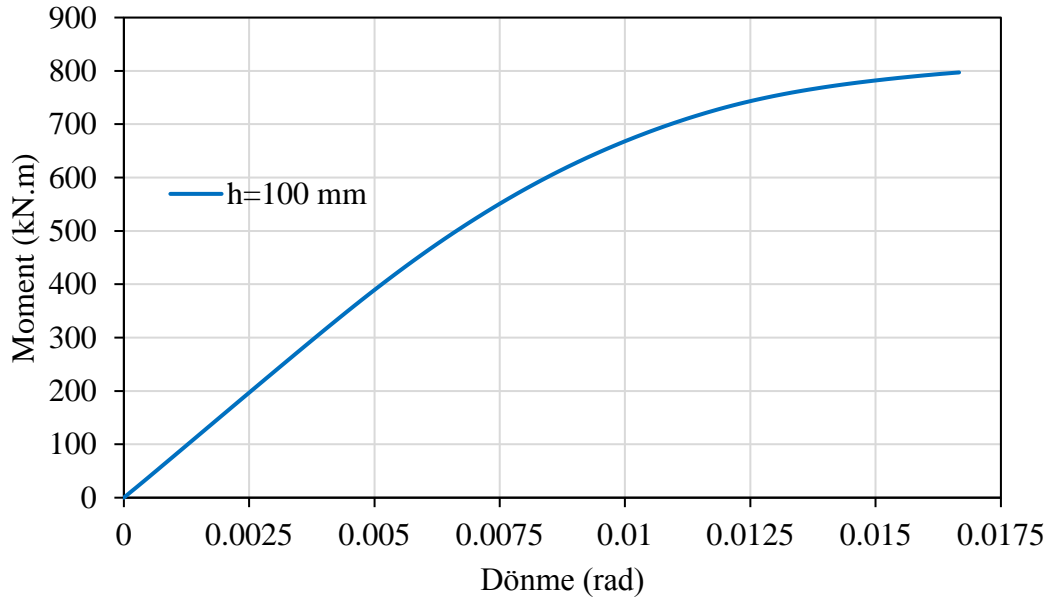
(0 mm) kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 16.333 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.12 MPa gerilme değerine ulaşarak bu noktadan sonraki deplasmanlarda akma davranışı gösterdiği sonucuna varılmıştır. 25 mm deplasmanda ise oluşan gerilme değeri 428.66 MPa'dır.

### 6.3. Model 3- Analiz Sonuçları

#### 6.3.1. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 100 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 3)

##### 6.3.1.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.55'te gösterilmiştir.

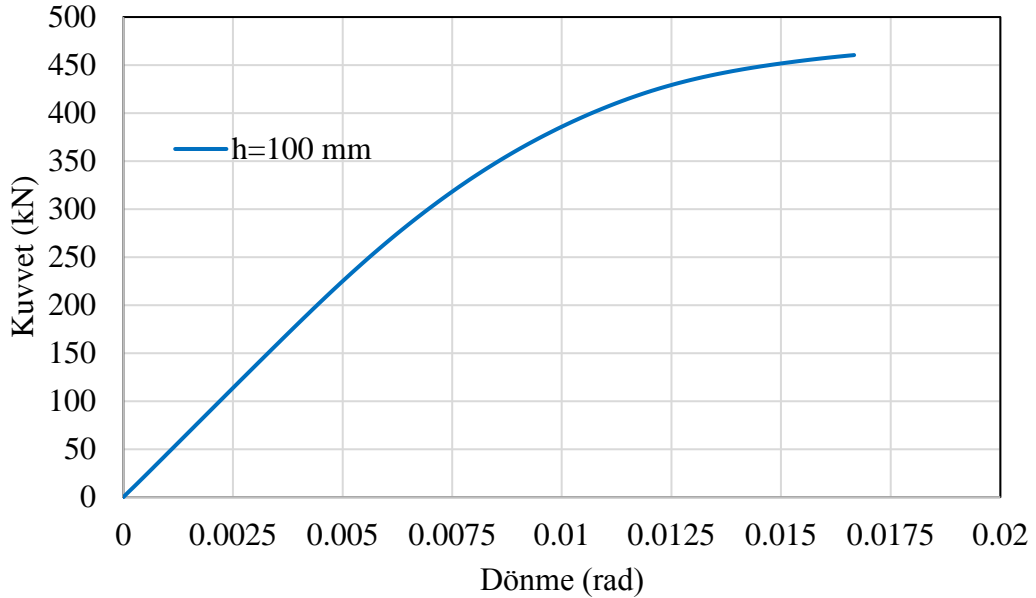


Şekil 6.55. Moment-dönme grafiği (h=100 mm-model 3)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 664 kN.m ve plastik dönme açısı 0.00849 rad. olarak bulunmuştur.

### 6.3.1.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.56'da gösterilmiştir.

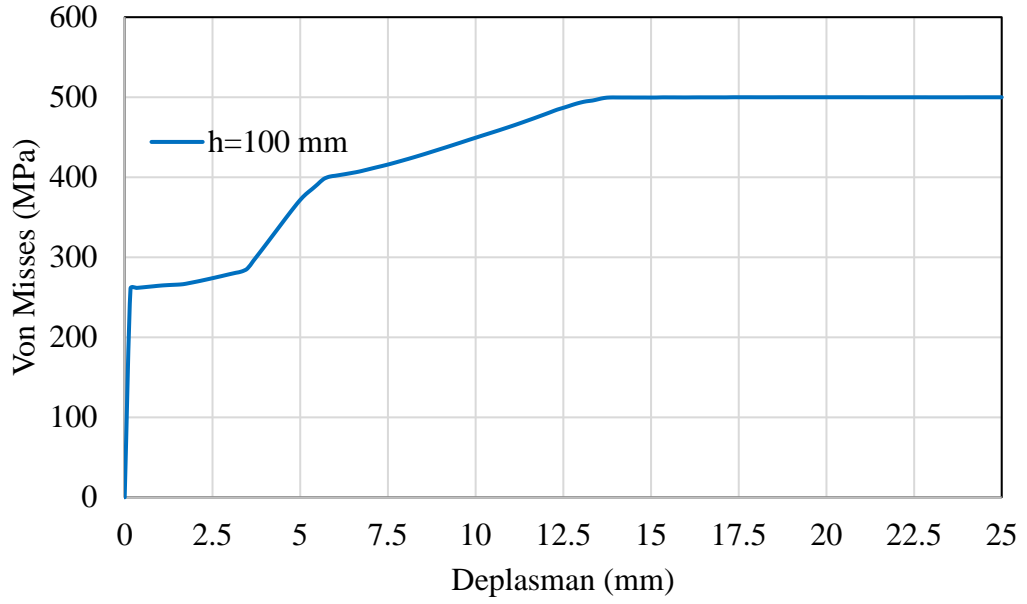


Şekil 6.56. Kuvvet-dönme grafiği (h=100 mm-model 3)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 460.37 kN olarak bulunmuştur.

### 6.3.1.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.57’de gösterilmiştir.

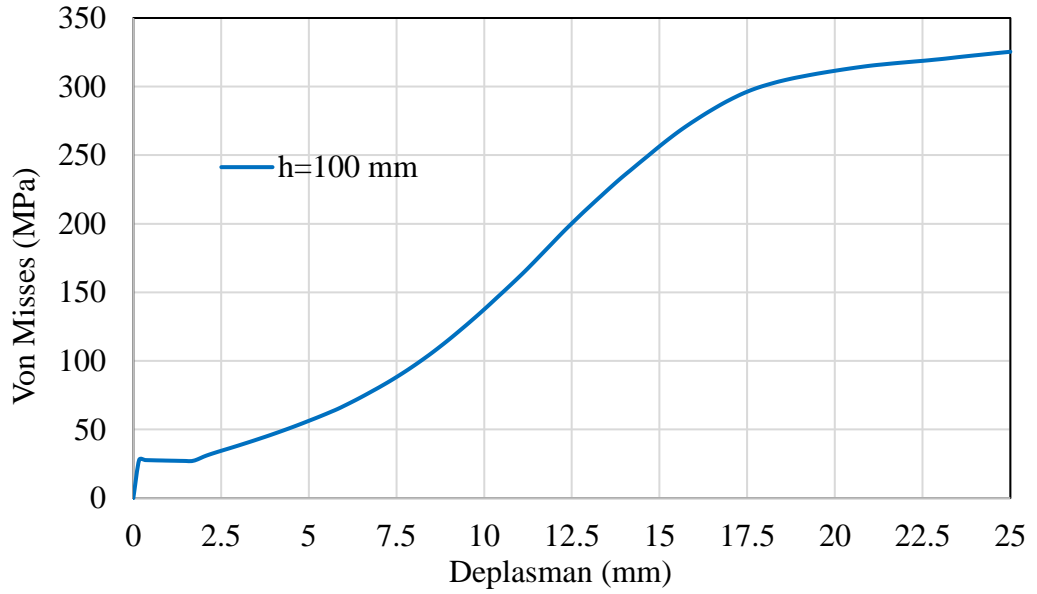


Şekil 6.57. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği ( $h=100$  mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 5.8333 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.64 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 13.833 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.64 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

### 6.3.1.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.58’de gösterilmiştir.



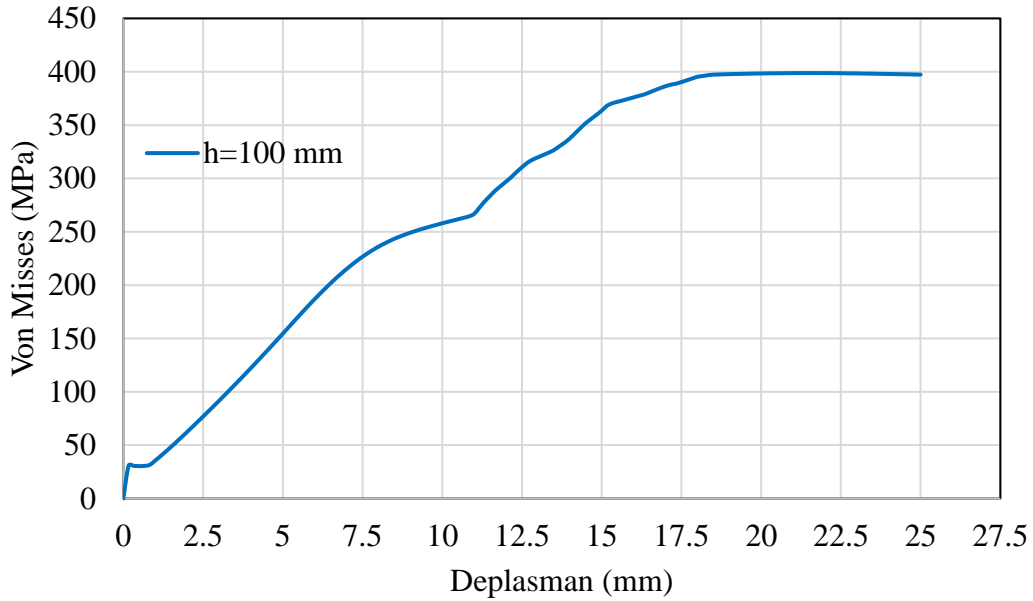
Şekil 6.58. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=100$  mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılması halinde kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 325.37 MPa gerilme oluştuğu tespit edilmiştir.



### 6.3.1.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=100$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.59'da gösterilmiştir.



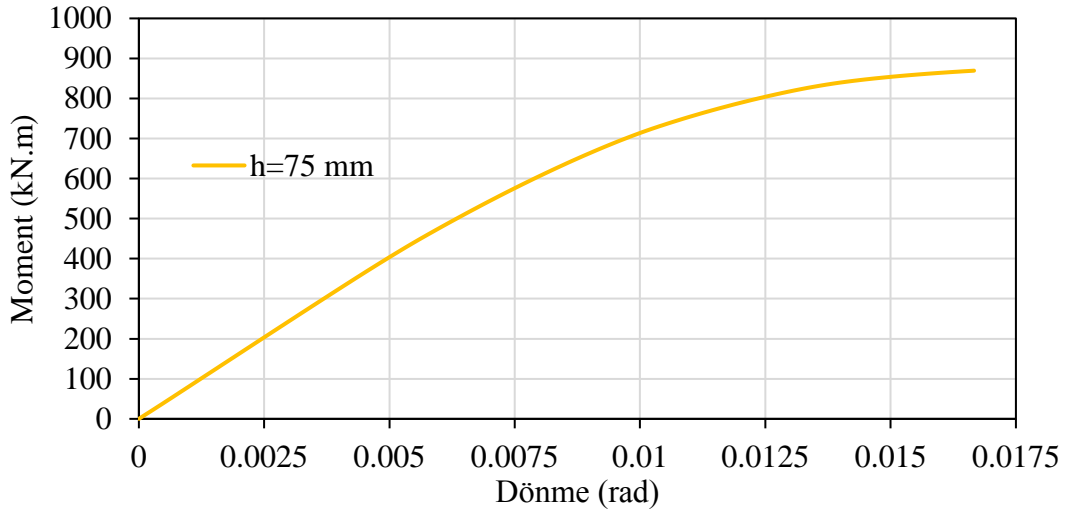
Şekil 6.59. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=100$  mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 21.833 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 398.75 MPa gerilme meydana gelmiştir. Sistemin 25 mm deplasman yapması halinde ise gerilme değeri 397.3 MPa olmuştur.

### 6.3.2. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 75 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 3)

#### 6.3.2.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=75$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.60'ta gösterilmiştir.

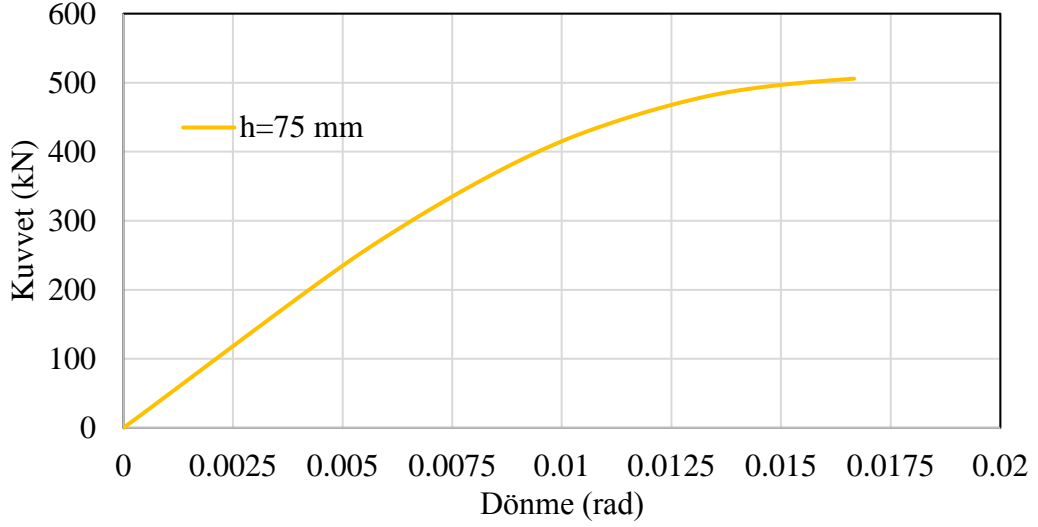


Şekil 6.60. Moment-dönme grafiği ( $h=75$  mm-model 3)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 735 kN.m ve plastik dönme açısı 0.0093 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.3.2.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=75$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.61'de gösterilmiştir.

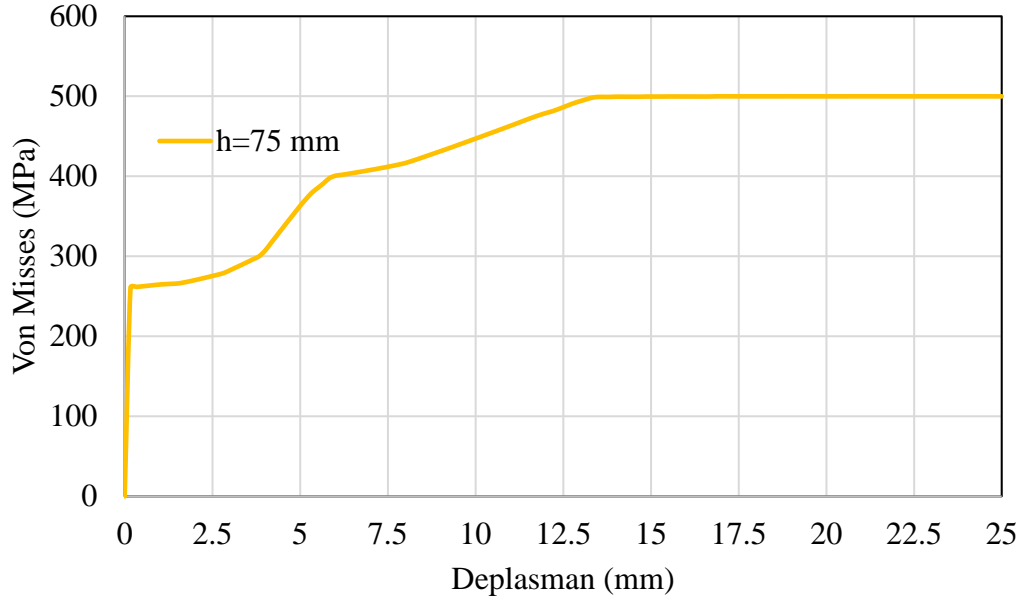


Şekil 6.61. Kuvvet-dönme grafiği (h=75 mm-model 3)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde 25 mm deplasmana karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 505.78 kN olarak bulunmuştur.

### 6.3.2.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=75 mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.62'de gösterilmiştir.

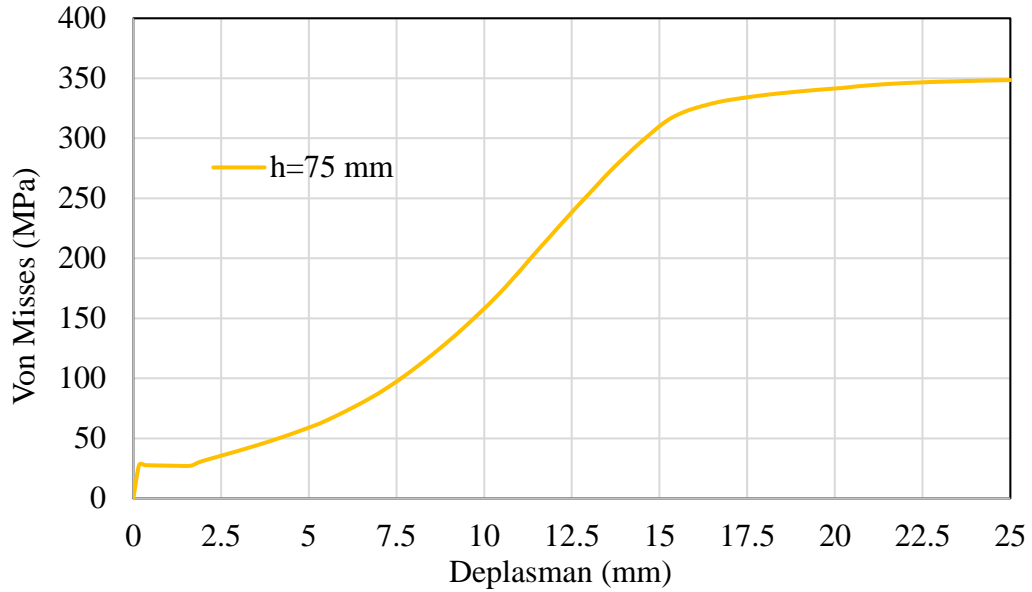


Şekil 6.62. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.6 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 14 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.48 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.3.2.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=75 mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.63'te gösterilmiştir.

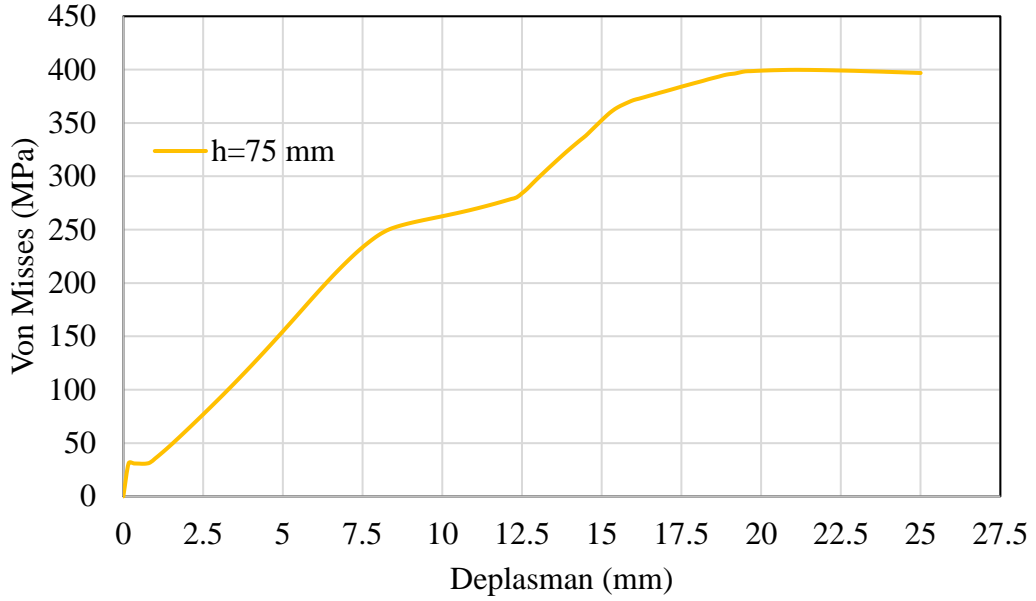


Şekil 6.63. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakılması halinde kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 348.52 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir.

#### 6.3.2.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=75 mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.64'te gösterilmiştir.



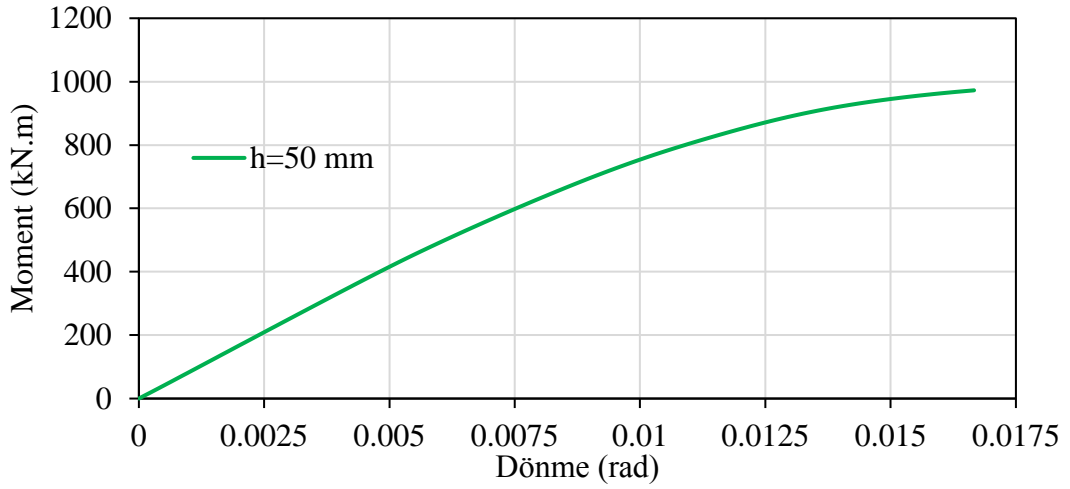
Şekil 6.64. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=75 mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 75 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 21.667 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 399.79 MPa gerilme meydana gelerek akma sınırına ulaşmıştır.

### 6.3.3. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 50 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 3)

#### 6.3.3.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=50 mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.65'te gösterilmiştir.

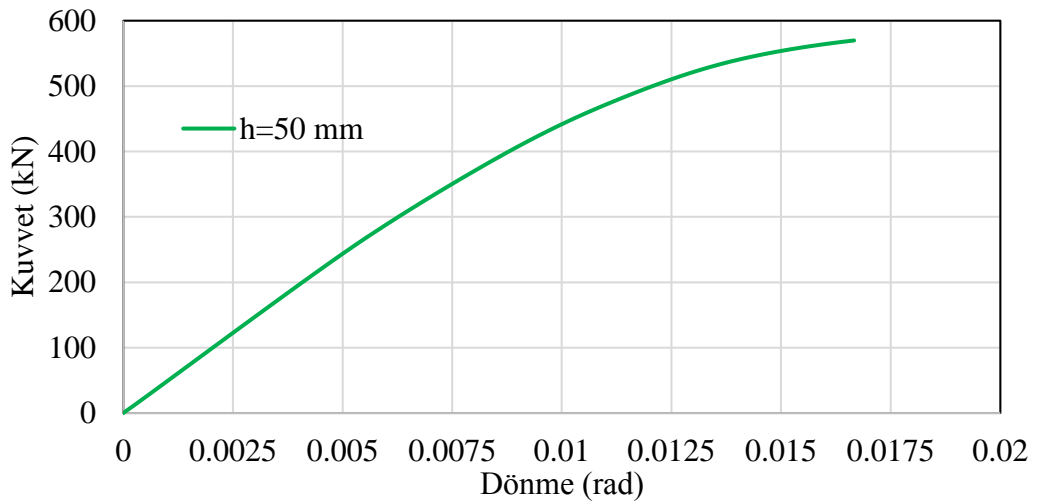


Şekil 6.65. Moment-dönme grafiği (h=50 mm-model 3)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 819 kN.m ve plastik dönme açısı 0.0098 rad. olarak bulunmuştur.

### 6.3.3.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=50 mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.66'da gösterilmiştir.

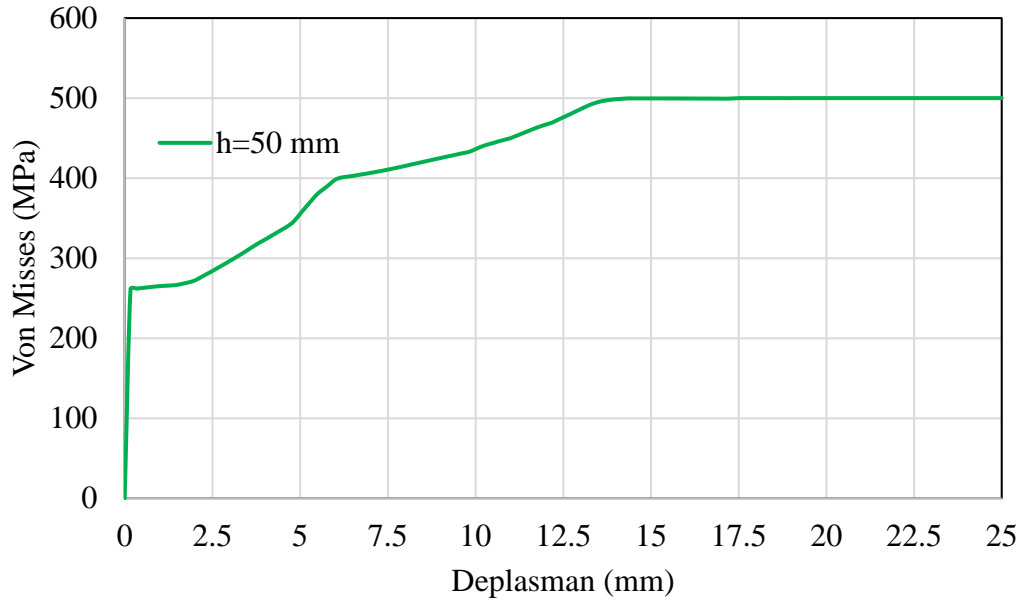


Şekil 6.66. Kuvvet-dönme grafiği (h=50 mm-model 3)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 569.76 kN olarak bulunmuştur.

### 6.3.3.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=50$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.67’de gösterilmiştir.



Şekil 6.67. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği ( $h=50$  mm-model 3)

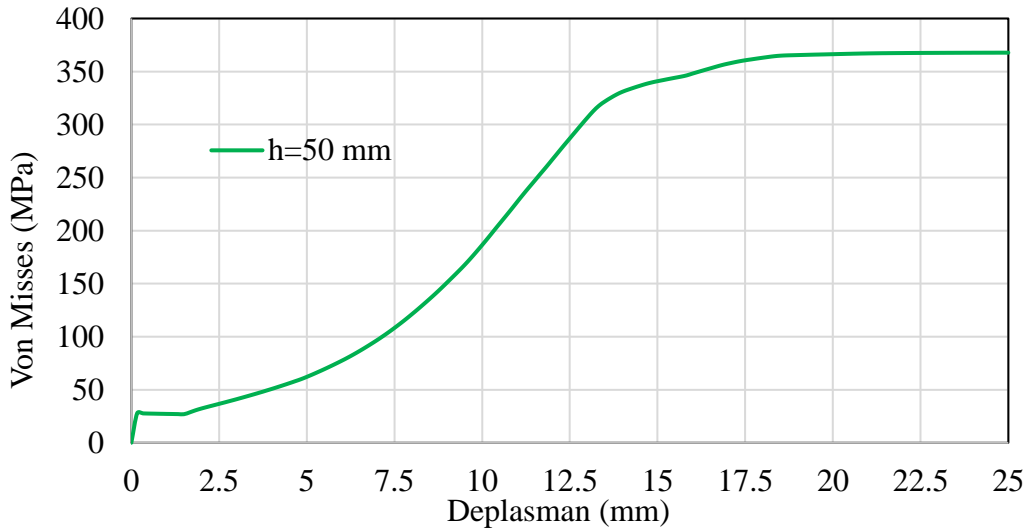
Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6.1667 mm yer değiştirmesi



yapması halinde 400.64 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 14.5 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 499.62 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.3.3.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=50$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.68'de gösterilmiştir.

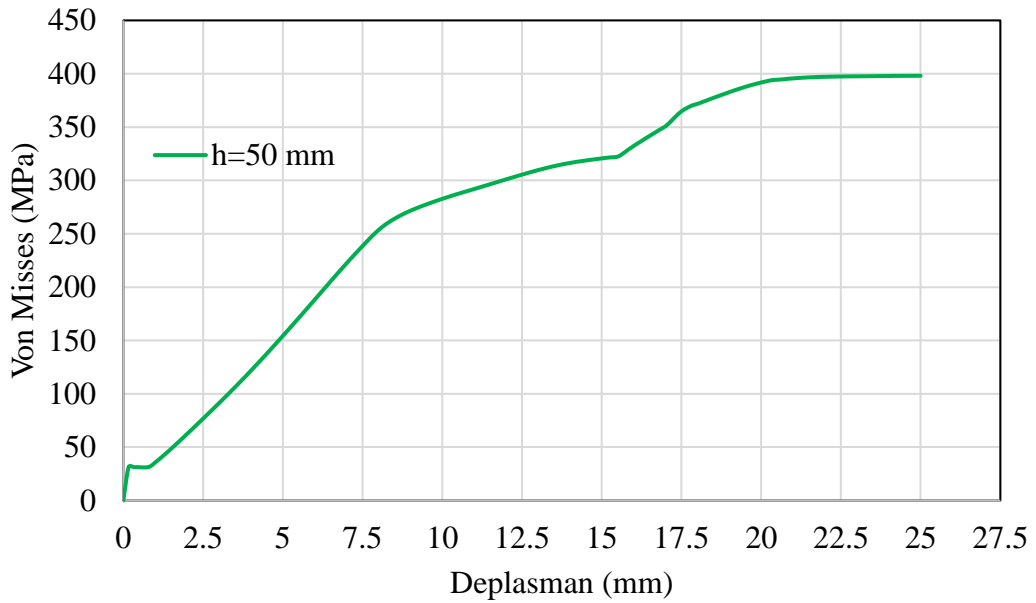


Şekil 6.68. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=50$  mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakılması halinde kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 367.8 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir.

### 6.3.3.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=50$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.69'da gösterilmiştir.



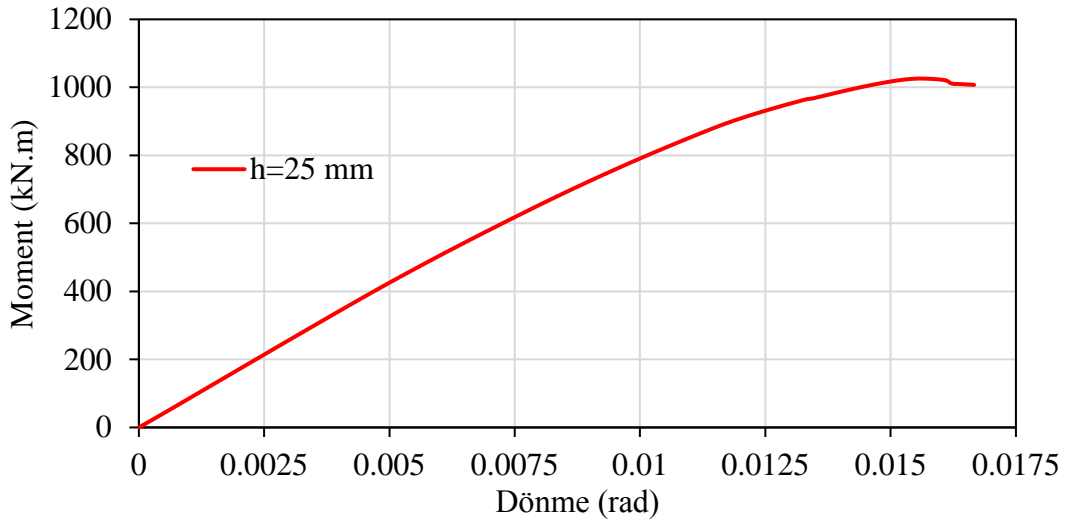
Şekil 6.69. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=50 mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 50 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 398.06 MPa gerilme meydana gelmiştir.

### 6.3.4. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında 25 mm Boşluk Bırakılması Halinde Analiz Sonuçları (Model 3)

#### 6.3.4.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.70'de gösterilmiştir.

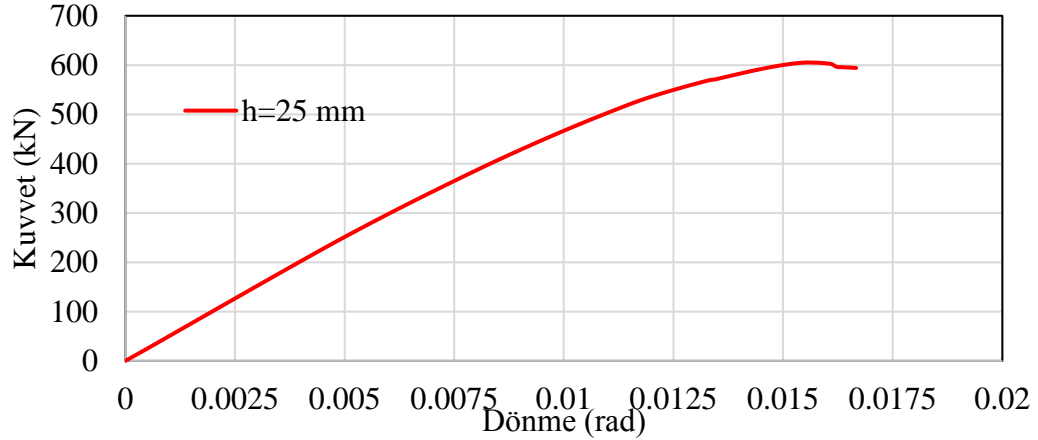


Şekil 6.70. Moment-dönme grafiği ( $h=25$  mm-model 3)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 905 kN.m ve plastik dönme açısı 0.01055 rad. olarak bulunmuştur.

#### 6.3.4.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.71'de gösterilmiştir.

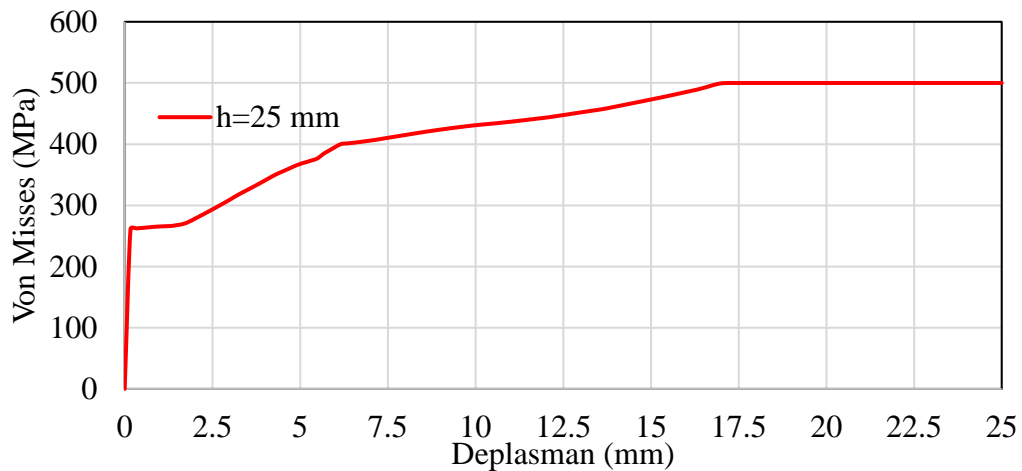


Şekil 6.71. Kuvvet-dönme grafiği (h=25 mm-model 3)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakılması halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 605.21 kN olarak bulunmuştur.

### 6.3.4.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=25 mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.72'de gösterilmiştir.

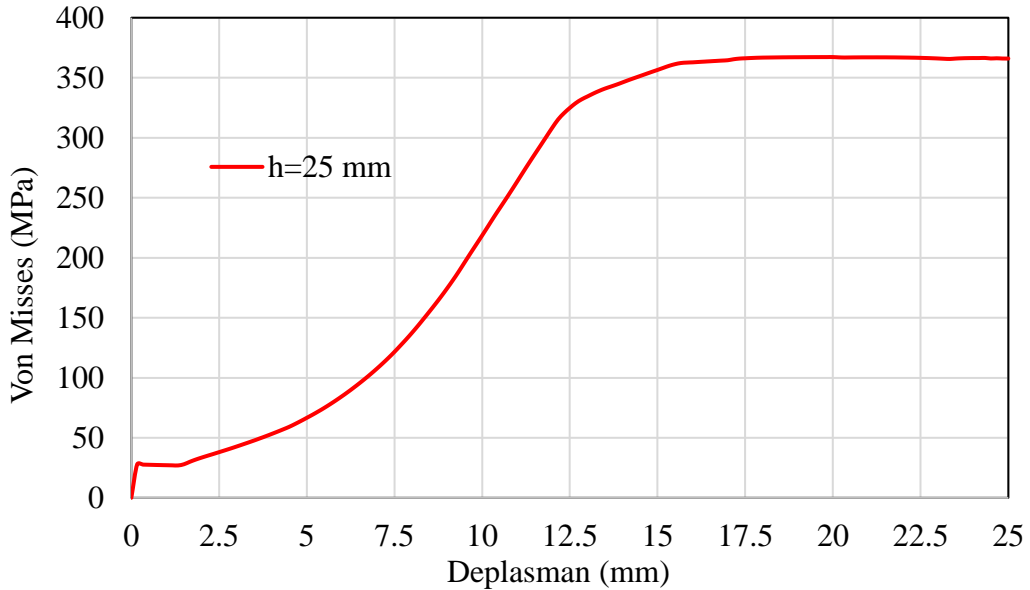


Şekil 6.72. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakıldığında ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6.1667 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.17 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 17.5 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 500 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.3.4.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.73'te gösterilmiştir.



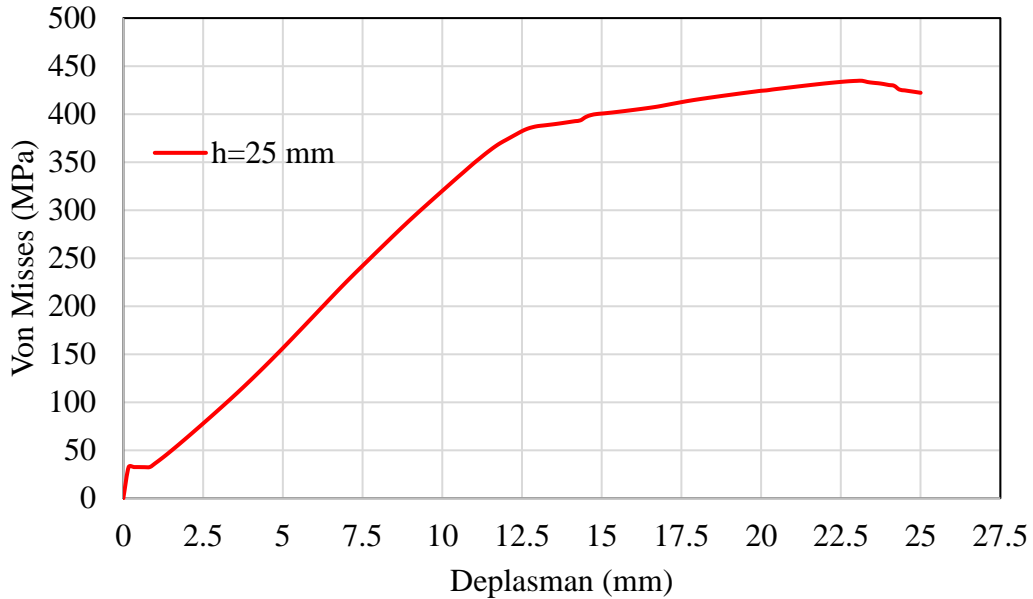
Şekil 6.73. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği ( $h=25$  mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik

kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakılması halinde kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 365.96 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir.

#### 6.3.4.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=25$  mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.74'te gösterilmiştir.



Şekil 6.74. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=25 mm-model 3)

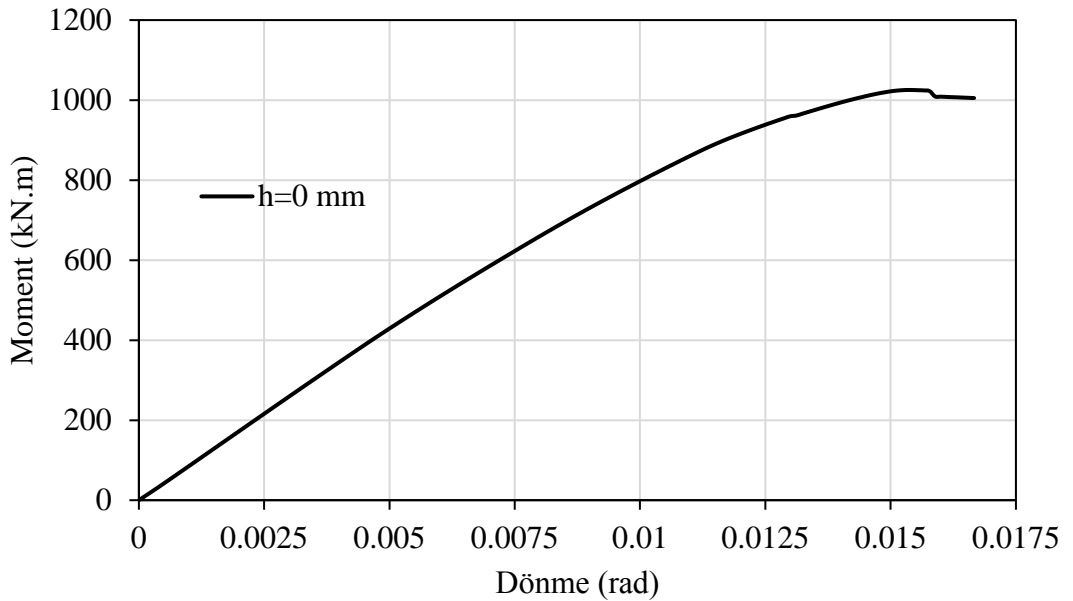
Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 25 mm boşluk bırakıldığında kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki

somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 14.833 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 400.05 MPa gerilme meydana gelerek akma gerilmesine ulaşmıştır. Sistemin 25 mm deplasman yapması halinde ise gerilme değeri 422.22 MPa olmuştur.

### 6.3.5. Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Boşluk Bırakılmaması (0 mm) Halinde Analiz Sonuçları (Model 3)

#### 6.3.5.1. Moment- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.75'te gösterilmiştir.

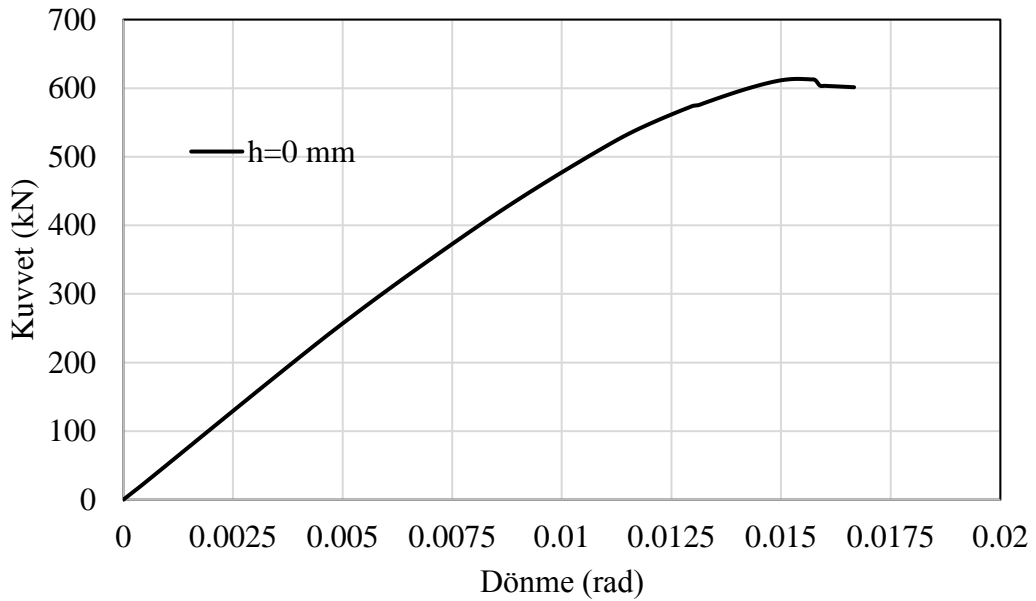


Şekil 6.75.Moment-dönme grafiği (h=0 mm-model 3)

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin moment kapasitesini ( $M_p$ ) hesaplanmıştır. Birleşimin plastik moment kapasitesi ( $M_p$ ), 911 kN.m ve plastik dönme açısı 0.01058 rad. olarak bulunmuştur.

### 6.3.5.2. Kuvvet- Dönme Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.76'da gösterilmiştir.



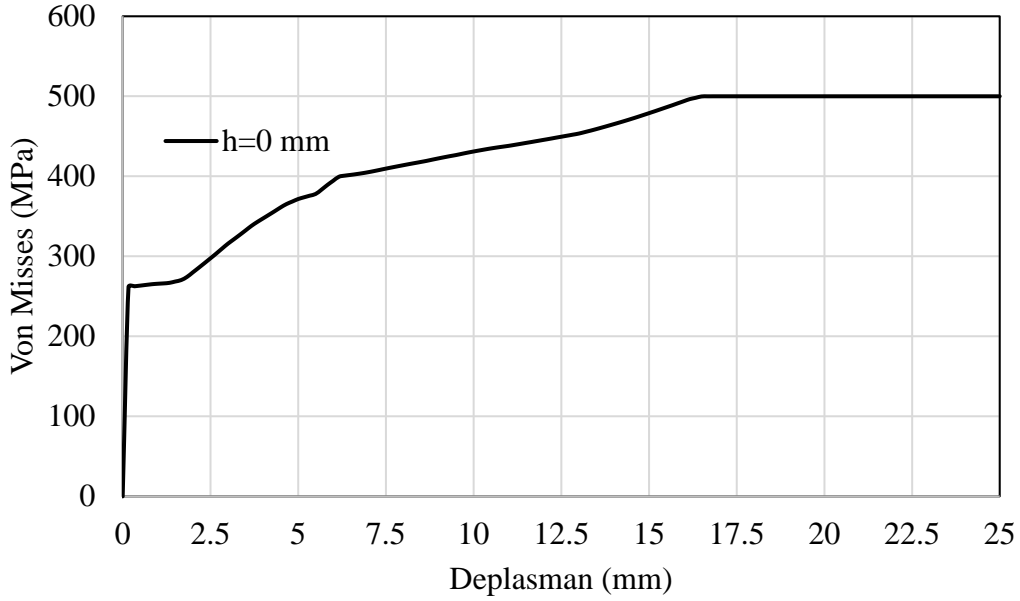
Şekil 6.76. Kuvvet-dönme grafiği (h=0 mm-model 3)

Çelik kolon ayak ile beton/betonarme temel bloğu bloğuna ait ANSYS Workbench programıyla tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde yapılan analizlerden elde edilen kuvvet (kN)-dönme (rad) grafiğinde karşılık birleşimin maksimum plastik kuvvet taşıma kapasitesi ( $F_p$ ) 613.46 kN olarak bulunmuştur.

### 6.3.5.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin  $h=0$  mm olması halinde birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.77'de gösterilmiştir.



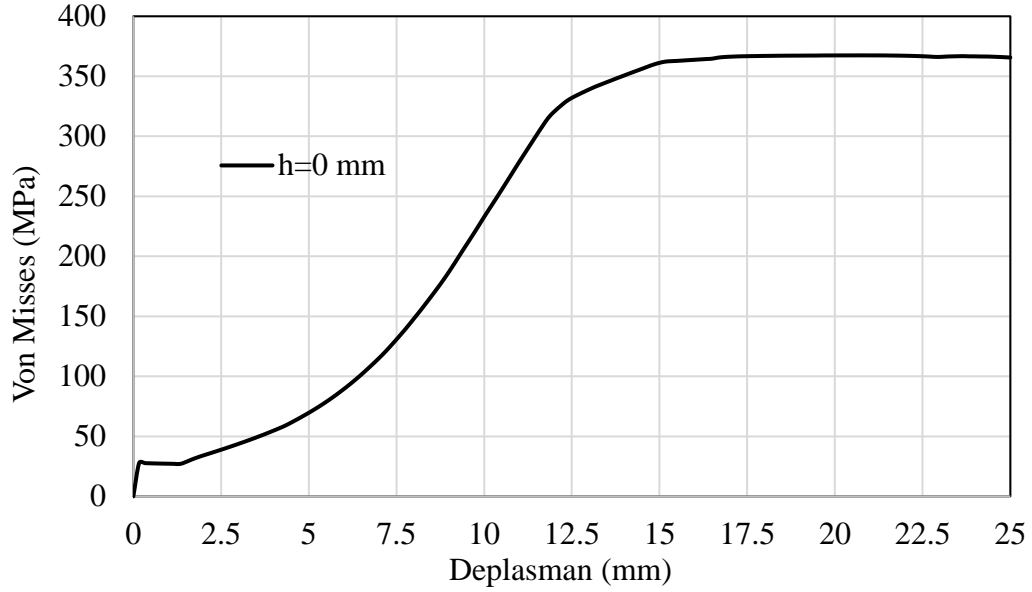


Şekil 6.77. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, ankraj çubuklarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde ankraj çubuklarında, sistemin x-yönünde (yatayda) 6.3333 mm yer değiştirmesi yapması halinde 400.85 MPa akma gerilmesine ve sistemin yatayda 17.167 mm deplasman yapması halinde ise maksimum çekme kuvveti olan 500 MPa değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

#### 6.3.5.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=0 mm olması halinde birleşimde kullanılan üst somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.78'de gösterilmiştir.

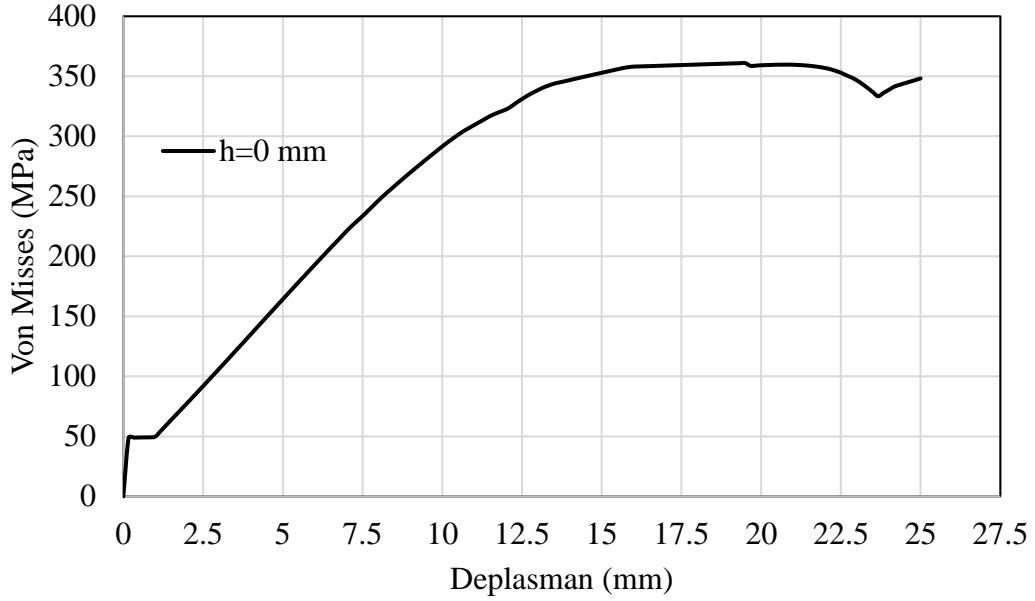


Şekil 6.78. Taban levhası bağlantısında kullanılan üst somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının üst kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde akma gerilmesine ulaşmadan, bu somunlarda en fazla 365.63 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir.

#### 6.3.5.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısmında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametresinin Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin h=0 mm olması halinde birleşimde kullanılan alt somunlara ait Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği Şekil 6.79'da gösterilmiştir.



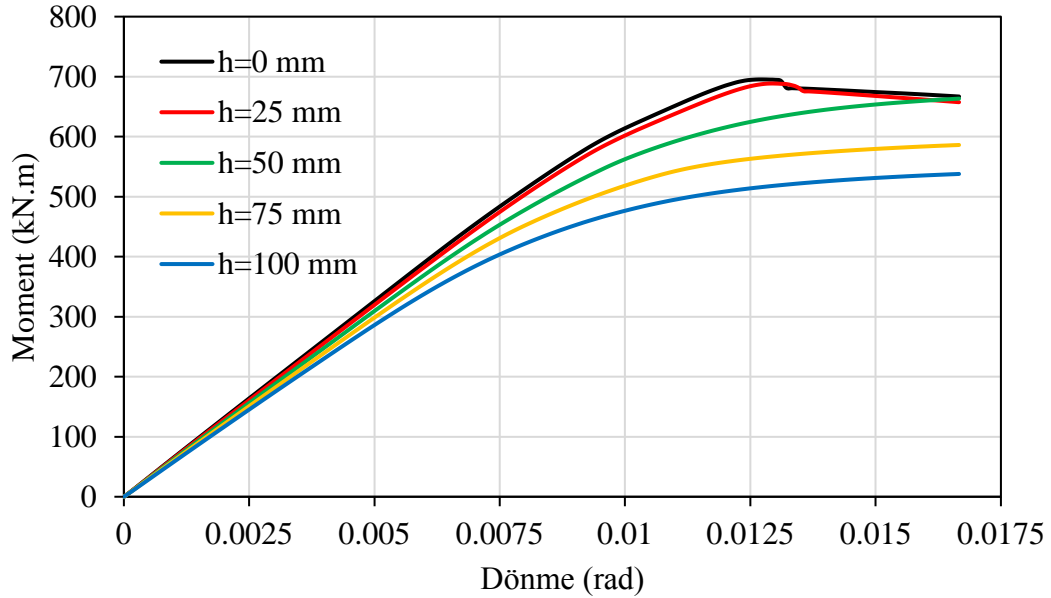
Şekil 6.79. Taban levhası bağlantısında kullanılan alt somunların gerilme-deplasman grafiği (h=0 mm-model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde ankraj somunlarının akma gerilmesi 400 MPa ve çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa tanımlanmıştır. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluk bırakılmaması halinde (0 mm) kolon taban levhasının bağlantısında kullanılan taban levhasının alt kısmındaki somunların analizi sonucu elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde birleşimin 19.5 mm yer değiştirmesi yapması halinde en fazla 361.04 MPa gerilme meydana gelmiştir. Sistemin 25 mm deplasman yapması halinde ise gerilme değeri 348.24 MPa olmuştur. Elde edilen bu gerilmelerden, beton/betonarme temel ile çelik kolon taban levhası arasında boşluk bırakılmadığında birleşimi oluşturan malzemelerden biri olan alt somunlarda oluşan gerilme akma gerilmesine ulaşmadığı görülmüştür.

#### 6.4. Model 1- Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Bırakılan Boşluğun Azaltılması/Artırılması Halinde Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması (0 mm-25 mm-50 mm-75 mm ve 100 mm)

##### 6.4.1. Moment- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin (h) 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.80'de gösterilmiştir.



Şekil 6.80. Moment-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1)

Bu modelde beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliğinin 100 mm olması durumunda birleşimde maksimum 537.85 kN.m moment oluşmakta, 75 mm boşluk bırakıldığında maksimum 586.13 kN.m moment, 50 mm boşluk bırakıldığında maksimum 663.39 kN.m moment, 25 mm boşluk bırakıldığında maksimum 688.5 kN.m moment ve boşluk bırakılmadığında (h=0 mm) ise maksimum 695.05 kN.m moment oluşmaktadır. Momentin maksimum olduğu noktada plastik mafsallaşma meydana geldiğinden, elde edilen verilerden

hareketle tesviye harcı kullanılmadığında sistemin hızlı bir şekilde akma seviyesine ulaşarak plastik mafsallaşma olduğu sonucuna varılmıştır.

Model 1 olarak tasarlanan birleşimde; moment-dönme grafiği verileri göz önünde bulundurularak beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliğinin (h) 0-25-50-75 ve 100 mm olması halinde birleşimde oluşan maksimum momentler Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Birleşimde oluşan maksimum moment değerleri (model-1)

Beton / Betonarme Temel Bloğu İle Çelik Kolon Taban Levhası Arasında Bırakılan Boşluğun Yüksekliği (h) mm	Bırakılan Boşluğun Yüksekliğine Göre Oluşan Maksimum Moment (kN.m)
100	537.85
75	586.13
50	663.39
25	688.50
0	695.05

Tablodaki verilerden beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliği h=100 mm’den h=0 mm’ye düşürüldüğünde birleşimin maksimum moment değeri % 29.22 oranında artmaktadır.

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin plastik moment taşıma kapasiteleri (Mp) ve plastik dönme açıları hesaplanmış olup; elde edilen verilere ait değerler Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

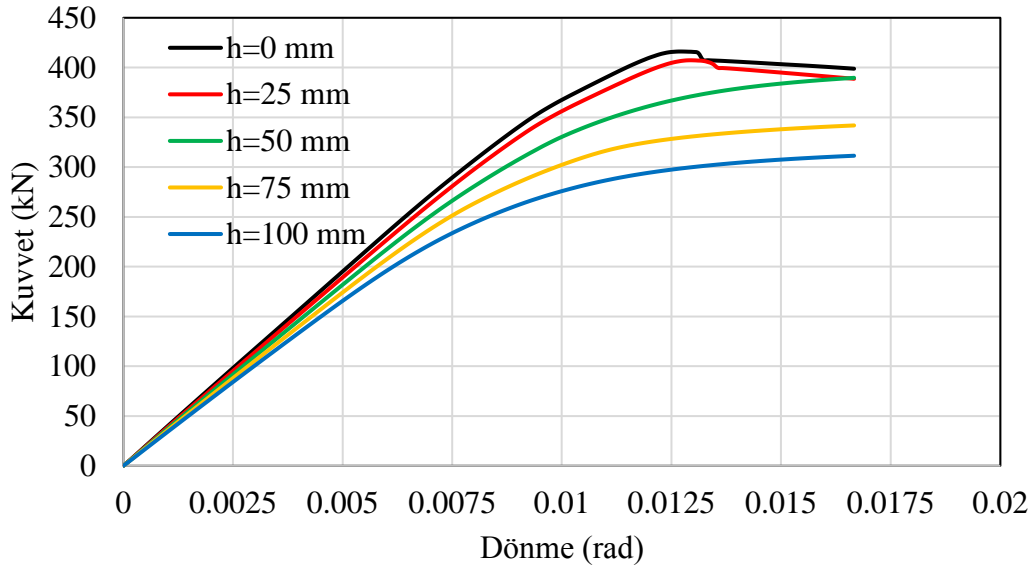
Çizelge 6.2. Birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi (Mp) ve plastik dönme açısı değerleri (model-1)

Beton / Betonarme Temel Bloğu İle Çelik Kolon Taban Levhası Arasında Bırakılan Boşluğun Yüksekliği (h) mm	Bırakılan Boşluğun Yüksekliğine Göre Birleşimin Plastik Moment Taşıma Kapasitesi (kN.m)	Plastik Dönme Açısı (radyan)
100	438	0.00749
75	485	0.008
50	540	0.00861
25	602	0.0091
0	628	0.0095

Tablodaki verilerden beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliği  $h=100$  mm'den  $h=0$  mm'ye düşürüldüğünde birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi % 43.37 oranında artmaktadır.

#### 6.4.2. Kuvvet- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.81'de gösterilmiştir.



Şekil 6.81. Kuvvet-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1)

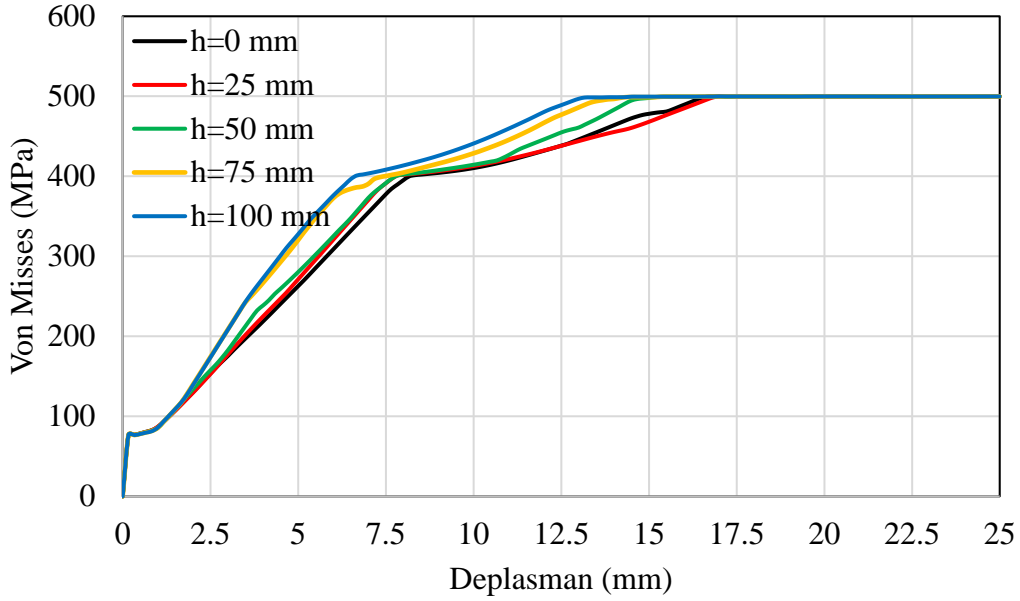
Çelik kolon ayakları ile beton/betonarme temel bloğunun tipik bir birleşimi olarak tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile temel arasında 0-25-50-75 ve 100 mm boşluk bırakılması sonucunda elde edilen kuvvet-dönme grafiği verileri incelendiğinde; 100 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 311.42 kN, 75 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 341.86 kN, 50 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 389.67 kN, 25 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 407.29 kN, ve boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde maksimum 416.09 kN kuvvet taşıma kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.

Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılmasıyla birlikte her 25 mm'lik kademelerle boşluğun azaltılması halinde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde artış görülmektedir. Kuvvet taşıma kapasitesindeki bu artış yüzde cinsinden ifade edilirse; boşluk yüksekliği 100 mm'den 75 mm'ye düşürüldüğünde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde % 9.7774'lik bir artış, 75 mm'den 50 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 75 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 13.985 oranında artmakta, 50 mm'den 25 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 50 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 4.521 oranında artmakta, 25 mm'den 0 mm'ye düşürüldüğünde ise bir önceki boşluk miktarı olan 25 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde % 2.16 oranında artış olduğu görülmektedir. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasındaki boşluk yüksekliği 100 mm'den 0 mm 'ye (boşluk bırakılmaması) düşürüldüğünde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 33.61 artmaktadır.

Yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasının tesviye harcıyla doldurulması gerekirken bu uygulamanın ihmal edilmesiyle/yapılmamasıyla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde ciddi düzeyde kayıp olduğu sonucuna varılmıştır.

#### **6.4.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.82'de gösterilmiştir.



Şekil 6.82. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1)

Model-1’de kullanılan 4 adet ankraj çubuğunda gerilme-deformasyon ilişkisi incelendiğinde, beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun artmasına ve sistemde meydana gelen deformasyona bağlı olarak, birleşimde kullanılan ankraj çubuklarının mekanik davranışlarında belirgin farklılıklar oluşarak değiştiği görülmüştür.

Grafikte yer alan verilerden hareketle boşluk yüksekliğinin 100 mm bırakılması halinde, sistemin maksimum 6.6667 mm deplasmana ulaştığı anda ankraj çubuğunun akma gerilmesi olan 400.92 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 75 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 7.5 mm deplasmanda 400.32 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 50 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 7.8333 mm deplasmanda 400.97 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 25 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 7.8333 mm deplasmanda 401.1 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı ve boşluk bırakılmaksızın (0 mm)



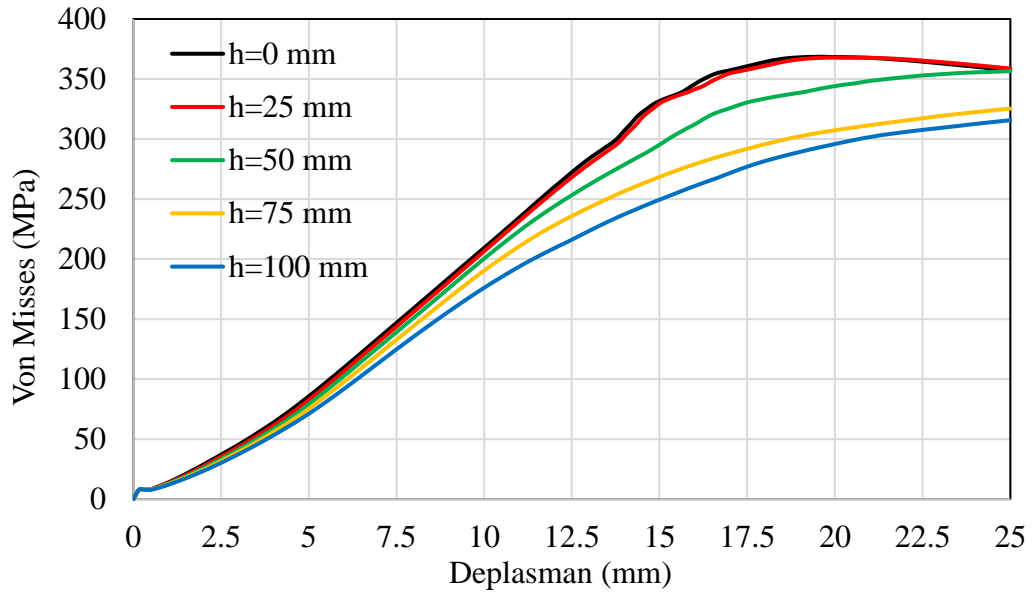
tasarlandığında ise sistemin 8.3333 mm deplasmanda 401.44 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı sonucu elde edilmiştir.

Ankraj çubuğunun çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa olarak tanımlanmış ve yapılan analizlerde beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliğinin 100 mm olması halinde kopma mukavemetine 14.5 mm deplasmanda ulaşmıştır. Aynı şekilde 75 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 15.5 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu, 50 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 15.5 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu, 25 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 17.5 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu ve boşluk bırakılmaksızın (0 mm) yani beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk tesviye harcı ile doldurulduğunda ise sistemde 18.333 mm'lik deplasmanda) çekme mukavemetine ulaştığı tespit edilmiştir.

Ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deformasyon grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasındaki boşluğun artırılması ile daha büyük deplasmanlarda akma dayanımına ulaşılmaktadır. Rijitlik kapasitesindeki bu artış birleşimin yapacağı deplasman-akma gerilmesi açısından değerlendirilerek yüzde cinsinden ifade edilirse; boşluk yüksekliği 100 mm'den 75 mm'ye düşürüldüğünde birleşimin rijitlik kapasitesinde % 12.49'luk bir artış, 75 mm'den 50 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 75 mm'ye kıyasla birleşimin rijitlik kapasitesinde % 4.4 oranında artmakta, 50 mm'den 25 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 50 mm'ye kıyasla birleşimin rijitlik kapasitesinde fark edilir bir değişme olmadığı, 25 mm'den 0 mm'ye düşürüldüğünde ise bir önceki boşluk miktarı olan 25 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde % 6.38 oranında artış olduğu görülmektedir. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasındaki boşluk yüksekliği 100 mm'den 0 mm 'ye (boşluk bırakılmaması) düşürüldüğünde birleşimin rijitlik kapasitesinde % 24.99'luk artış meydana gelmiştir.

#### 6.4.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan üst somunlara ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.83'te gösterilmiştir.



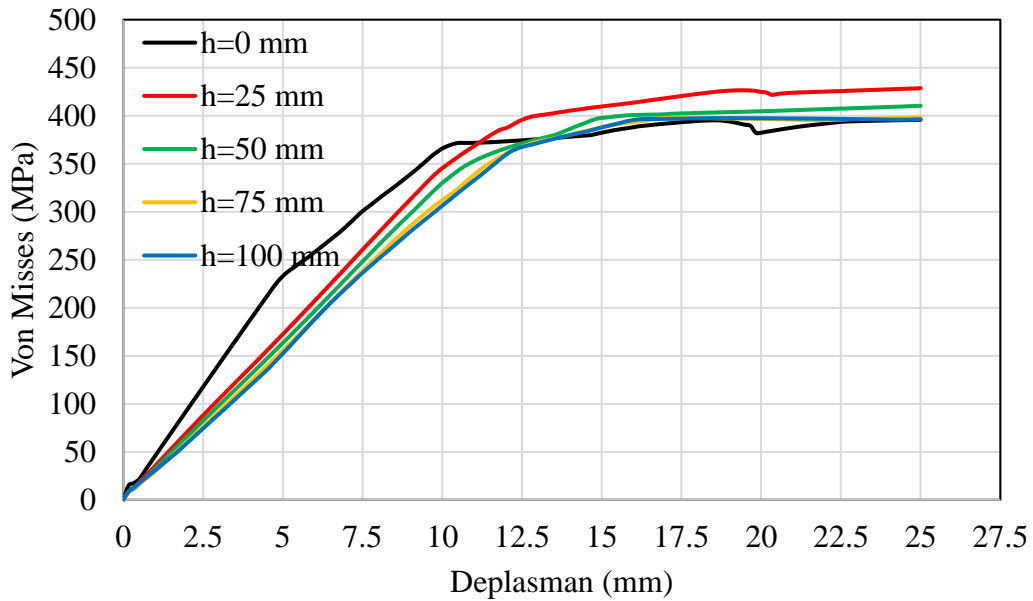
Şekil 6.83. Kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde çelik kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlar ile ilgili olarak ANSYS Workbench programıyla yapılan analiz neticesinde elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında sırasıyla 100-75-50-25-0 mm boşluk bırakıldığında sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde somunların akma gerilmesine (400 MPa) ulaşmadığı sonucu elde edilmiştir. 100 mm boşluk bırakılması ile boşluk bırakılmaması (0 mm) durumu incelendiğinde üst somunlarda oluşan maksimum gerilmeler sırasıyla 315.7

MPa ve 368.55 MPa'dır. Bu iki değer arasında % 16.74 oranında bir değişim söz konusu olmakla birlikte üst somunlarda gerilme artışının olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 6.4.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan alt somunlara ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.84'te gösterilmiştir.



Şekil 6.84. Kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 1)

Tasarlanan Model-1 olarak isimlendirilen birleşimde çelik kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlar ile ilgili olarak ANSYS Workbench programıyla yapılan analiz neticesinde elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında sırasıyla 100-75-50-25-0 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda belirgin fiziksel ve mekanik davranışlar olduğu tespit edilmiştir. 100 mm boşluk bırakıldığında alt

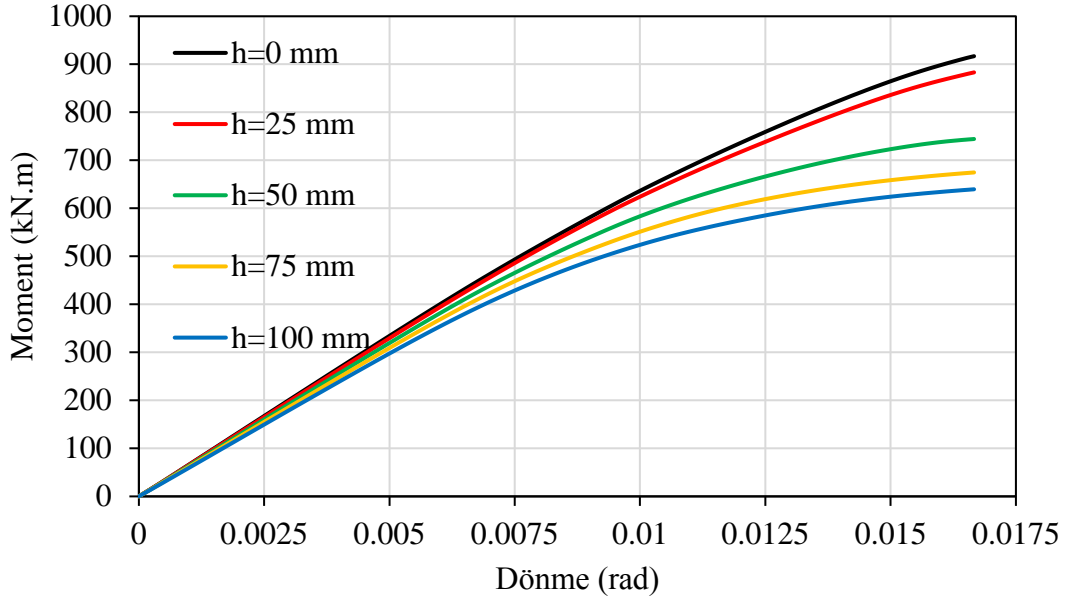
somunlarda oluşan maksimum gerilme değeri olan 397.45 MPa değerine birleşimin 18.833 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı ve alt somunlarda akma olmadığı, 75 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda oluşan maksimum gerilme değeri olan 398.35 MPa değerine birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı ve alt somunlarda akma olmadığı, 50 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda birleşimin 15.833 deplasman yaptığı andan itibaren akma davranışı gösterdiği ve bu noktadaki gerilme değerinin 400.44 MPa olduğu, maksimum gerilme değeri olan 410.31 MPa değerine ise birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı, 25 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda birleşimin 13 mm deplasman yaptığı andan itibaren akma davranışı gösterdiği ve bu noktadaki gerilme değerinin 400.18 MPa olduğu, maksimum gerilme değeri olan 428.61 MPa değerine ise birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı, boşluk bırakılmadığında (0 mm) ise alt somunlarda oluşan maksimum gerilme değeri olan 395.71 MPa değerine birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı ve alt somunlarda akma olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan analizlerden elde edilen verilerden hareketle; beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde alt somunların akma gerilmesi değeri olan 400 MPa değerine ulaşmadığı ve etki eden kuvvet ve moment etkilerine karşı daha rijit davrandığı sonucuna varılmıştır.

#### **6.5. Model 2- Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Bırakılan Boşluğun Azaltılması/Artırılması Halinde Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması (0 mm-25 mm-50 mm-75 mm ve 100 mm)**

##### **6.5.1. Moment- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.85'te gösterilmiştir.



Şekil 6.85. Moment-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2)

Bu modelde beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliğinin 100 mm olması durumunda birleşimde maksimum 639.62 kN.m moment oluşmakta, 75 mm boşluk bırakıldığında maksimum 674.69 kN.m moment, 50 mm boşluk bırakıldığında maksimum 744.36 kN.m moment, 25 mm boşluk bırakıldığında maksimum 883.09 kN.m moment ve boşluk bırakılmadığında ( $h=0$  mm) ise maksimum 916.83 kN.m moment oluşmaktadır. Momentin maksimum olduğu noktada plastik mafsallaşma meydana geldiğinden, elde edilen verilerden hareketle tesviye harcı kullanılmadığında sistemin hızlı bir şekilde akma seviyesine ulaşarak plastik mafsallaşma oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Model 2 olarak tasarlanan birleşimde; moment-dönme grafiği verileri göz önünde bulundurularak beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliğinin ( $h$ ) 0-25-50-75 ve 100 mm olması halinde birleşimde oluşan maksimum momentler Çizelge 6.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. Birleşimde oluşan maksimum moment değerleri (model-2)

Beton / Betonarme Temel Bloğu İle Çelik Kolon Taban Levhası Arasında Bırakılan Boşluğun Yüksekliği (h) mm	Bırakılan Boşluğun Yüksekliğine Göre Oluşan Maksimum Moment (kN.m)
100	639.62
75	674.69
50	744.36
25	883.09
0	916.83

Tablodaki verilerden beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliği  $h=100$  mm'den  $h=0$  mm'ye düşürüldüğünde birleşimin maksimum moment değeri % 43.33 oranında artmaktadır.

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin plastik moment taşıma kapasiteleri ( $M_p$ ) ve plastik dönme açıları hesaplanmış olup; elde edilen verilere ait değerler Çizelge 6.4'te gösterilmiştir.

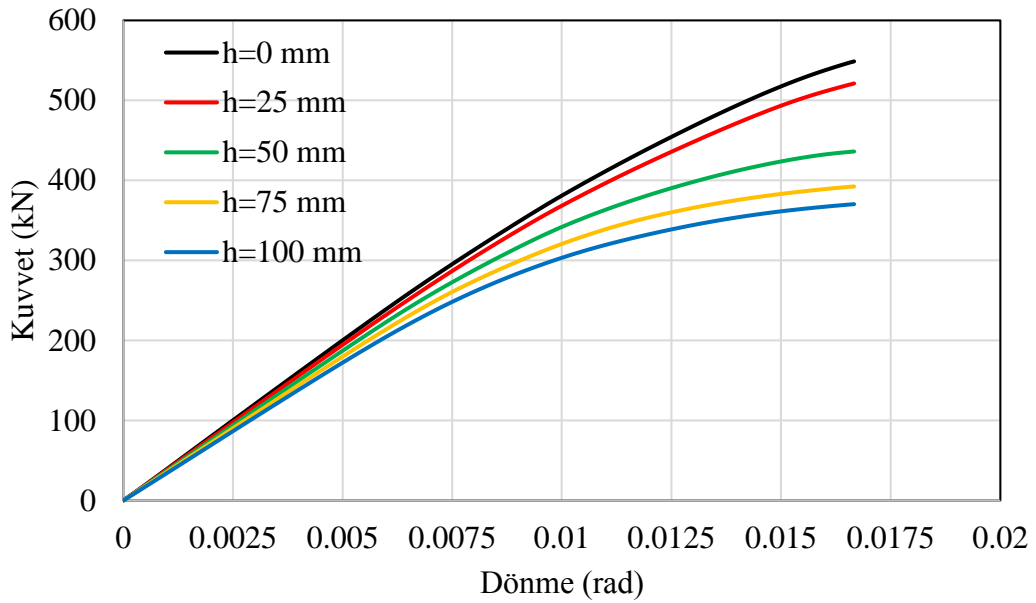
Çizelge 6.4. Birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi ( $M_p$ ) ve plastik dönme açısı değerleri (model-2)

Beton / Betonarme Temel Bloğu İle Çelik Kolon Taban Levhası Arasında Bırakılan Boşluğun Yüksekliği (h) mm	Bırakılan Boşluğun Yüksekliğine Göre Birleşimin Plastik Moment Taşıma Kapasitesi (kN.m)	Plastik Dönme Açısı (radyan)
100	494	0.00835
75	529	0.00852
50	571	0.00883
25	605	0.0092
0	652	0.0099

Tablodaki verilerden beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliği  $h=100$  mm'den  $h=0$  mm'ye düşürüldüğünde birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi % 31.98 oranında artmaktadır.

### 6.5.2. Kuvvet- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.86'da gösterilmiştir.



Şekil 6.86. Kuvvet-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2)

Çelik kolon ayakları ile beton/betonarme temel bloğunun tipik bir birleşimi olarak tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile temel arasında 0-25-50-75 ve 100 mm boşluk bırakılması sonucunda elde edilen kuvvet-dönme grafiği verileri incelendiğinde; 100 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 370.32 kN, 75 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 392.48 kN, 50 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 436.15 kN, 25 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 521.15 kN, ve boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde maksimum 548.74 kN kuvvet taşıma kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.

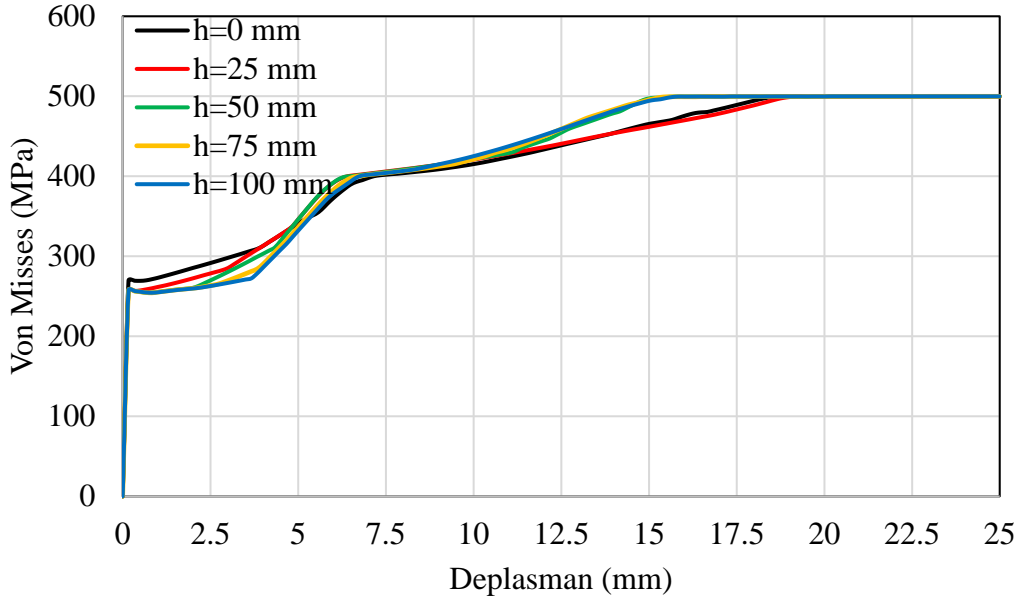
Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılmasıyla birlikte her 25 mm'lik kademelerle boşluğun azaltılması halinde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde artış görülmektedir. Kuvvet taşıma kapasitesindeki bu artış yüzde cinsinden ifade edilirse; boşluk yüksekliği 100 mm'den 75 mm'ye düşürüldüğünde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde % 5.984'lik bir artış, 75 mm'den 50 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 75 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 11.126 oranında artmakta, 50 mm'den 25 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 50 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 19.488 oranında artmakta, 25 mm'den 0 mm'ye düşürüldüğünde ise bir önceki boşluk miktarı olan 25 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde % 5.294 oranında artış olduğu görülmektedir. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasındaki boşluk yüksekliği 100 mm'den 0 mm 'ye (boşluk bırakılmaması) düşürüldüğünde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 48.179 oranında artmıştır.

Yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasının tesviye harcıyla doldurulması gerekirken bu uygulamanın ihmal edilmesiyle/yapılmamasıyla ve boşluk yüksekliğinin artmasına bağlı olarak birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde ciddi düzeyde kayıp olduğu sonucuna varılmıştır.

### **6.5.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.87'de gösterilmiştir.





Şekil 6.87. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2)

Model-2’de kullanılan 6 adet ankraj çubuğunda gerilme-deformasyon ilişkisi incelendiğinde, beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun artmasına ve sistemde meydana gelen deformasyona bağlı olarak, birleşimde kullanılan ankraj çubuklarının mekanik davranışlarında belirgin farklılıklar oluşarak değiştiği görülmüştür.

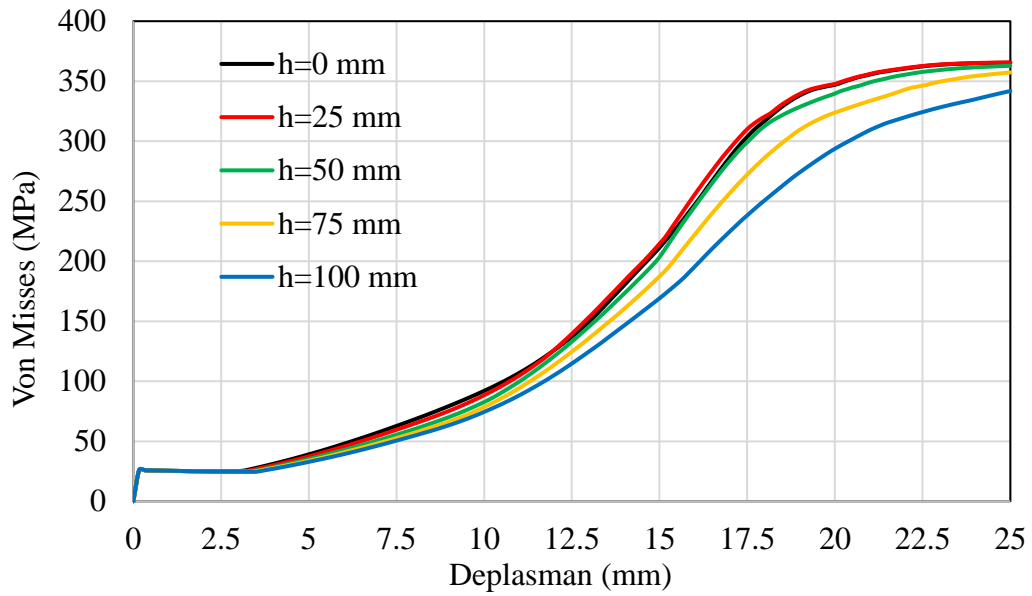
Grafikte yer alan verilerden hareketle boşluk yüksekliğinin 100 mm bırakılması halinde, sistemin maksimum 6.8333 mm deplasmana ulaştığı anda ankraj çubuğunun akma gerilmesi olan 401.02 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 75 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 6.8333 mm deplasmanda 400.57 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 50 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 6.5 mm deplasmanda 400.16 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 25 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 6.5 mm deplasmanda 400.76 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı ve boşluk bırakılmaksızın (0 mm) tasarlandığında ise sistemin 7.1667 mm deplasmanda 400.19 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı sonucu elde edilmiştir.

Ankraj çubuğunun çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa olarak tanımlanmış ve yapılan analizlerde beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliğinin 100 mm olması halinde kopma mukavemetine 17.333 mm deplasmanda ulaşmıştır. Aynı şekilde 75 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 16.833 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu, 50 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 15.833 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu, 25 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 19.333 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu ve boşluk bırakılmaksızın (0 mm) yani beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk tesviye harcı ile doldurulduğunda ise sistemde 18.667 mm'lik deplasmanda) çekme mukavemetine ulaştığı tespit edilmiştir.

Ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deformasyon grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılmasıyla birlikte her 25 mm'lik kademelerle boşluğun azaltılması halinde birleşim elemanları olan ankraj çubuklarının rijitlik kapasitesinde belirgin bir artış olmuştur. Rijitlik kapasitesindeki bu artış birleşimin yapacağı deplasman-akma gerilmesi açısından değerlendirilerek yüzde cinsinden ifade edilirse; boşluk yüksekliği 100 mm'den 75 mm'ye düşürüldüğünde birleşimin rijitlik kapasitesinde belirgin bir artış olmadığı, 75 mm'den 50 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 75 mm'ye kıyasla birleşimin rijitlik kapasitesinde % 4.87 oranında artmakta, 50 mm'den 25 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 50 mm'ye kıyasla birleşimin rijitlik kapasitesinde fark edilir bir değişme olmadığı, 25 mm'den 0 mm'ye düşürüldüğünde ise bir önceki boşluk miktarı olan 25 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde % 10.25 oranında artış olduğu görülmektedir. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasındaki boşluk yüksekliği 100 mm'den 0 mm 'ye (boşluk bırakılmaması) düşürüldüğünde (boşluk tesviye harcı ile doldurulduğunda) birleşimin rijitlik kapasitesinde % 4.87'lik artış meydana gelmiştir.

#### 6.5.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan üst somunlara ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.88’de gösterilmiştir.

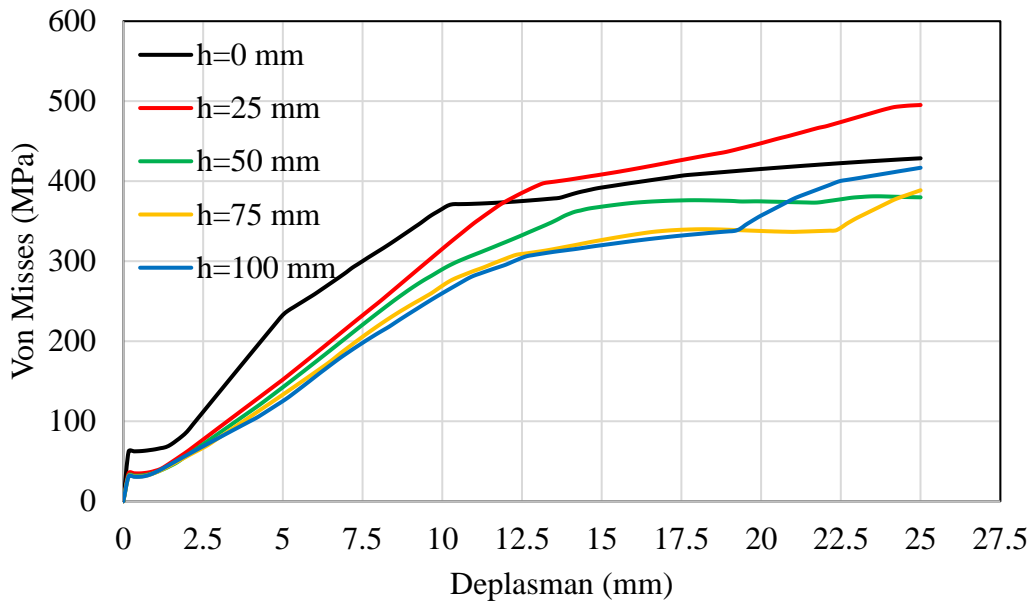


Şekil 6.88. Kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2)

Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde çelik kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlar ile ilgili olarak ANSYS Workbench programıyla yapılan analiz neticesinde elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında sırasıyla 100-75-50-25-0 mm boşluk bırakıldığında sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde somunların akma gerilmesine (400 MPa) ulaşmadığı sonucu elde edilmiştir. 100 mm boşluk bırakılması ile boşluk bırakılmaması (0 mm) durumu incelendiğinde üst somunlarda oluşan maksimum gerilmeler sırasıyla 341.84 MPa ve 365.41 MPa’dır. Bu iki değer arasında % 6.89 oranında bir değişim söz konusu olmakla birlikte üst somunlarda gerilme artışının olduğu görülmektedir.

### 6.5.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan alt somunlara ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.89’da gösterilmiştir.



Şekil 6.89. Kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 2)

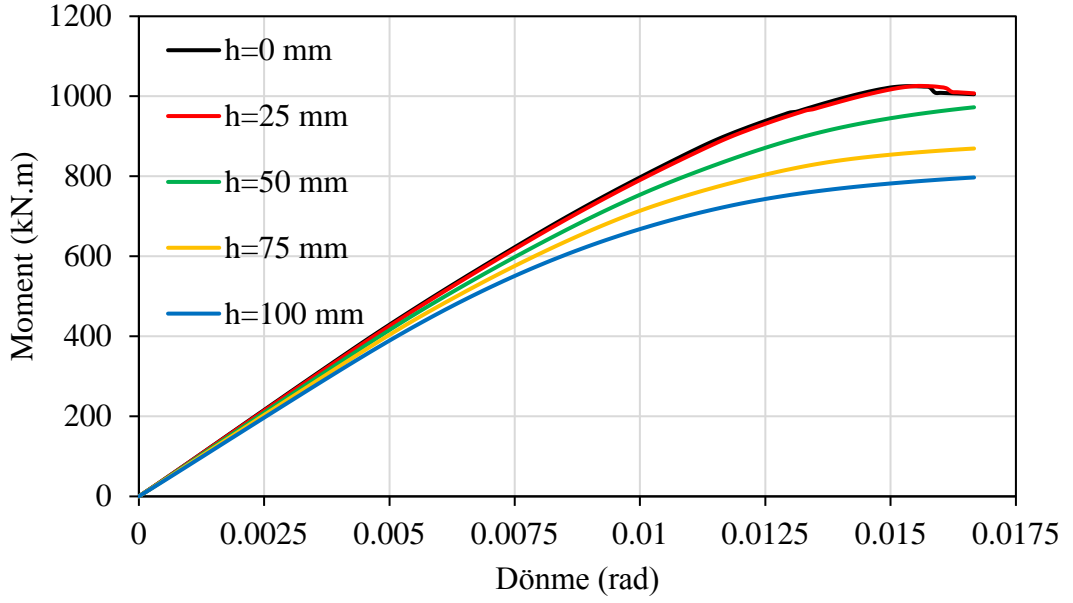
Tasarlanan Model-2 olarak isimlendirilen birleşimde çelik kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlar ile ilgili olarak ANSYS Workbench programıyla yapılan analiz neticesinde elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında sırasıyla 100-75-50-25-0 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda belirgin fiziksel ve mekanik davranışlar olduğu tespit edilmiştir. 100 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda birleşimin x-yönünde (yatay yönde) 22.5 mm deplasman yaptığı andan itibaren akma davranışı göstererek plastik şekil değiştirme olduğu ve bu noktadaki gerilme değerinin ise 400.47 MPa olarak bulunmuş, 75 mm boşluk bırakıldığında alt

somunlarda oluşan maksimum gerilme değeri olan 388.72 MPa değerine birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı ve alt somunlarda akma olmadığı, 50 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda birleşimin 23.667 deplasman yaptığı anda 381.17 MPa değeriyle maksimum gerilme oluştuğu gösterdiği ve birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda alt somunlarda oluşan gerilme değeri 379.89 MPa olduğu, 25 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda birleşimin 13.667 mm deplasman yaptığı andan itibaren akma davranışı gösterdiği ve bu noktadaki gerilme değerinin 400.29 MPa olduğu, maksimum gerilme değeri olan 495.26 MPa değerine ise birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı, boşluk bırakılmadığında (0 mm) ise alt somunlarda oluşan maksimum gerilme değeri olan 428.66 MPa değerine birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı ve birleşimin 16.333 mm deplasman yaptığı andan itibaren alt somunlar akma davranışı göstermiştir.

### **6.6. Model 3- Kolon Taban Levhası ile Beton/Betonarme Temel Bloğu Arasında Bırakılan Boşluğun Azaltılması/Artırılması Halinde Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması (0 mm-25 mm-50 mm-75 mm ve 100 mm)**

#### **6.6.1. Moment- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşime ait moment-dönme grafiği Şekil 6.90'da gösterilmiştir.



Şekil 6.90. Moment-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3)

Bu modelde beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliğinin 100 mm olması durumunda birleşimde maksimum 797.12 kN.m moment oluşmakta, 75 mm boşluk bırakıldığında maksimum 869.47 kN.m moment, 50 mm boşluk bırakıldığında maksimum 972.54 kN.m moment, 25 mm boşluk bırakıldığında maksimum 1024.9 kN.m moment ve boşluk bırakılmadığında ( $h=0$  mm) ise maksimum 1025.3 kN.m moment oluşmaktadır. Momentin maksimum olduğu noktada plastik mafsallaşma meydana geldiğinden, elde edilen verilerden hareketle tesviye harcı kullanılmadığında sistemin hızlı bir şekilde akma seviyesine ulaşarak plastik mafsallaşma oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Model 3 olarak tasarlanan birleşimde; moment-dönme grafiği verileri göz önünde bulundurularak beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliğinin ( $h$ ) 0-25-50-75 ve 100 mm olması halinde birleşimde oluşan maksimum momentler Çizelge 6.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Birleşimde oluşan maksimum moment değerleri (model-3)

Beton / Betonarme Temel Bloğu İle Çelik Kolon Taban Levhası Arasında Bırakılan Boşluğun Yüksekliği (h) mm	Bırakılan Boşluğun Yüksekliğine Göre Oluşan Maksimum Moment (kN.m)
100	797.12
75	869.47
50	972.54
25	1024.9
0	1025.3

Tablodaki verilerden beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliği  $h=100$  mm'den  $h=0$  mm'ye düşürüldüğünde birleşimin maksimum moment değeri % 28.62 oranında artmaktadır.

A.Abidelah ve diğerleri (2012) tarafından sunulan yöntem esas alınarak birleşimin plastik moment taşıma kapasiteleri ( $M_p$ ) ve plastik dönme açıları hesaplanmış olup; elde edilen verilere ait değerler Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

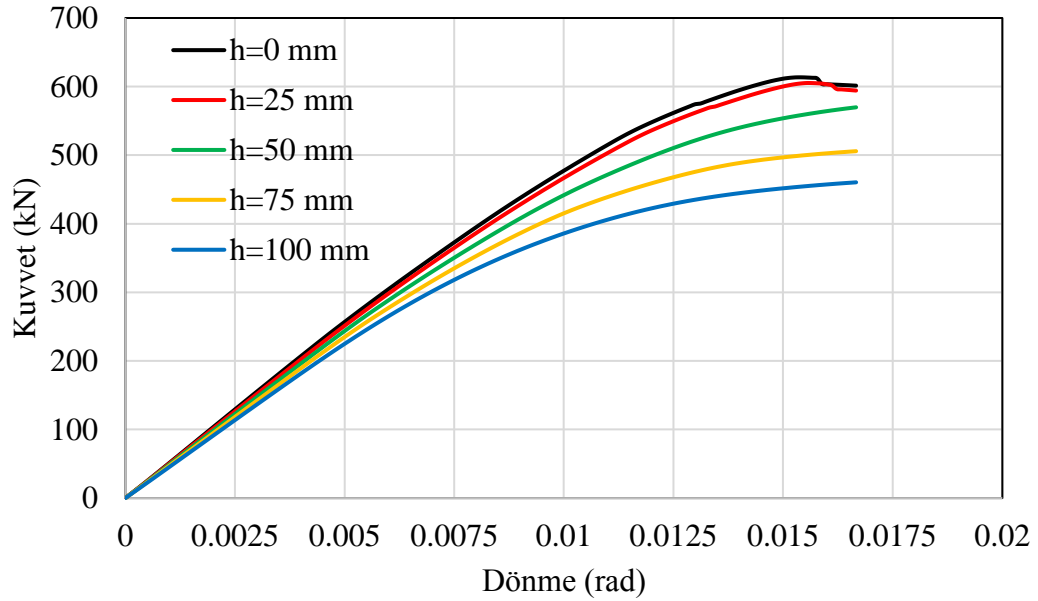
Çizelge 6.6. Birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi ( $M_p$ ) ve plastik dönme açısı değerleri (model-3)

Beton / Betonarme Temel Bloğu İle Çelik Kolon Taban Levhası Arasında Bırakılan Boşluğun Yüksekliği (h) mm	Bırakılan Boşluğun Yüksekliğine Göre Birleşimin Plastik Moment Taşıma Kapasitesi (kN.m)	Plastik Dönme Açısı (radyan)
100	664	0.00849
75	735	0.00930
50	819	0.00980
25	905	0.01055
0	911	0.01058

Tablodaki verilerden beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliği  $h=100$  mm'den  $h=0$  mm'ye düşürüldüğünde birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi % 37.19 oranında artmaktadır.

### 6.6.2. Kuvvet- Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşime ait kuvvet-dönme grafiği Şekil 6.91'de gösterilmiştir.



Şekil 6.91. Kuvvet-dönme parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3)

Çelik kolon ayakları ile beton/betonarme temel bloğunun tipik bir birleşimi olarak tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde, çelik kolon taban levhası ile temel arasında 0-25-50-75 ve 100 mm boşluk bırakılması sonucunda elde edilen kuvvet-dönme grafiği verileri incelendiğinde; 100 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 460.37 kN, 75 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 505.78 kN, 50 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 569.76 kN, 25 mm boşluk bırakılması halinde maksimum 605.21 kN, ve boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde maksimum 613.46 kN kuvvet taşıma kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.

Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılmasıyla birlikte her 25 mm'lik kademelerle boşluğun azaltılması halinde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde artış olmuştur. Kuvvet taşıma kapasitesindeki

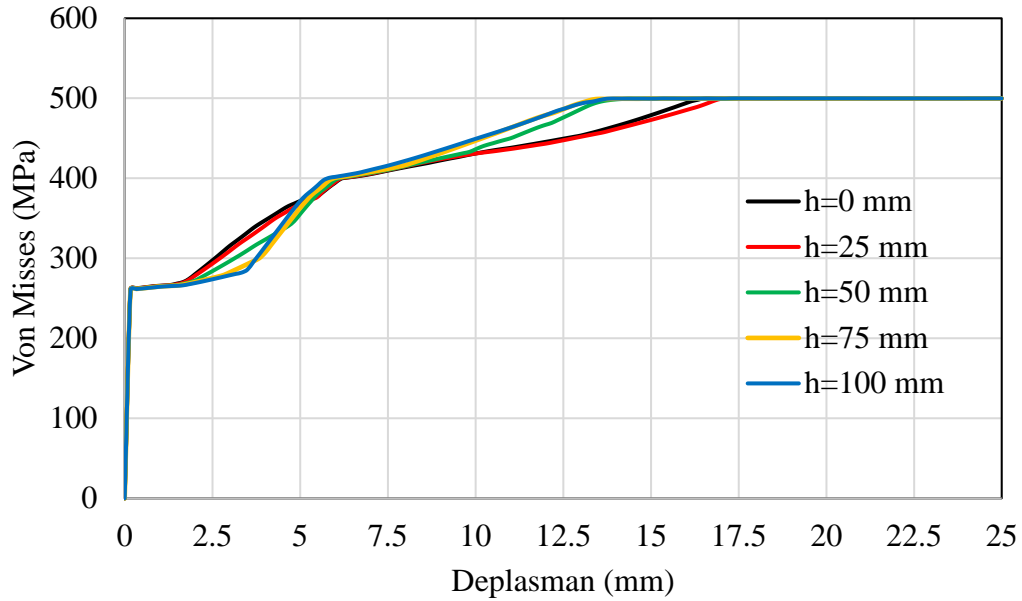


bu artış yüzde cinsinden ifade edilirse; boşluk yüksekliği 100 mm'den 75 mm'ye düşürüldüğünde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde % 9.86'lık bir artış, 75 mm'den 50 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 75 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 12.649 oranında artmakta, 50 mm'den 25 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 50 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 6.22 oranında artmakta, 25 mm'den 0 mm'ye düşürüldüğünde ise bir önceki boşluk miktarı olan 25 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde % 1,36 oranında artış olduğu görülmektedir. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasındaki boşluk yüksekliği 100 mm'den 0 mm 'ye (boşluk bırakılmaması) düşürüldüğünde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesi % 33.25 oranında artmıştır.

Yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasının yüksek mukavemetli tesviye harcıyla doldurulması gerekirken bu uygulamanın ihmal edilmesiyle/yapılmamasıyla ve boşluk yüksekliğinin artmasına bağlı olarak birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde ciddi düzeyde kayıp olduğu sonucuna varılmıştır.

### **6.6.3. Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan ankraj çubuklarına ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.92'de gösterilmiştir.



Şekil 6.92. Ankraj çubuklarında gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3)

Model-3’de kullanılan 6 adet ankraj çubuğunda gerilme-deformasyon ilişkisi incelendiğinde, beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun artmasına ve sistemde meydana gelen deformasyona bağlı olarak, birleşimde kullanılan ankraj çubuklarının mekanik davranışlarında belirgin farklılıklar oluşarak değiştiği görülmüştür.

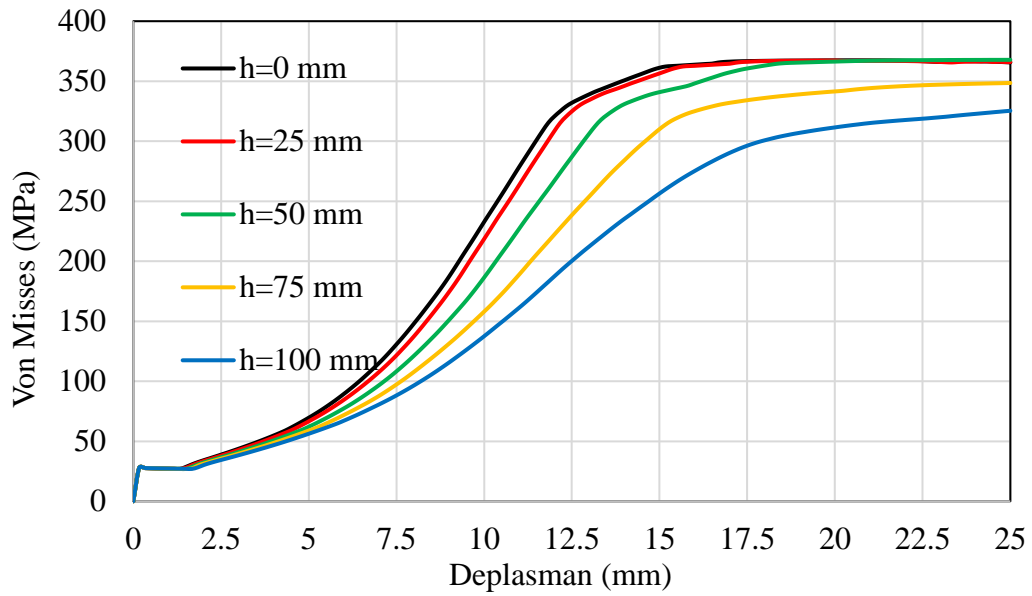
Grafikte yer alan verilerden hareketle boşluk yüksekliğinin 100 mm bırakılması halinde, sistemin maksimum 5.8333 mm deplasmana ulaştığı anda ankraj çubuğunun akma gerilmesi olan 400.64 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 75 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 6 mm deplasmanda 400.6 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 50 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 6.1667 mm deplasmanda 400.64 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı, 25 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 6.1667 mm deplasmanda 400.17 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı ve boşluk bırakılmaksızın (0 mm) tasarlandığında ise sistemin 6.3333 mm deplasmanda 400.85 MPa değerine ulaşarak malzemenin plastik deformasyon davranışı göstererek aktığı sonucu elde edilmiştir.

Ankraj çubuğunun çekme (kopma) mukavemeti 500 MPa olarak tanımlanmış ve yapılan analizlerde beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluğun yüksekliğinin 100 mm olması halinde kopma mukavemetine 13.833 mm deplasmanda ulaşılmıştır. Aynı şekilde 75 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 14 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu, 50 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 14.5 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu, 25 mm boşluk yüksekliği bırakıldığında sistemin 17.5 mm deplasmana ulaştığı anda kopma mukavemetine ulaşarak koptuğu ve boşluk bırakılmaksızın (0 mm) yani beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk tesviye harcı ile doldurulduğunda ise sistemde 17.167 mm'lik deplasmanda) çekme mukavemetine ulaştığı tespit edilmiştir.

Ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deformasyon grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında 100 mm boşluk bırakılmasıyla birlikte her 25 mm'lik kademelerle boşluğun azaltılması halinde birleşim elemanları olan ankraj çubuklarının rijitlik kapasitesinde belirgin bir artış olmuştur. Rijitlik kapasitesindeki bu artış birleşimin yapacağı deplasman-akma gerilmesi açısından değerlendirilerek yüzde cinsinden ifade edilirse; boşluk yüksekliği 100 mm'den 75 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 100 mm'ye kıyasla birleşimin rijitlik kapasitesi % 1.2 oranında artmış, 75 mm'den 50 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 75 mm'ye kıyasla birleşimin rijitlik kapasitesi % 3.57 oranında artmakta, 50 mm'den 25 mm'ye düşürüldüğünde bir önceki boşluk miktarı olan 50 mm'ye kıyasla birleşimin rijitlik kapasitesi % 20.68 oranında artmakta, 25 mm'den 0 mm'ye düşürüldüğünde ise bir önceki boşluk miktarı olan 25 mm'ye kıyasla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde belirgin bir değişim olmadığı görülmektedir. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasındaki boşluk yüksekliği 100 mm'den 0 mm 'ye (boşluk bırakılmaması) düşürüldüğünde (boşluk tesviye harcı ile doldurulduğunda) birleşimin rijitlik kapasitesinde % 24.1'lik artış meydana gelmiştir.

#### 6.6.4. Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan üst somunlara ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.93'te gösterilmiştir.

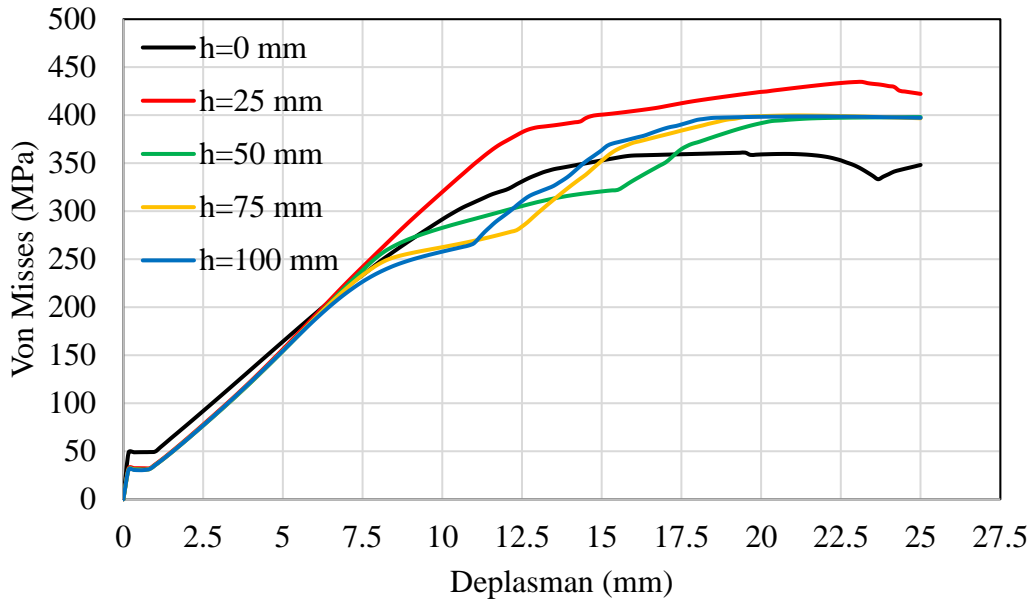


Şekil 6.93. Kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde çelik kolon taban levhasının üst kısmında kullanılan somunlar ile ilgili olarak ANSYS Workbench programıyla yapılan analiz neticesinde elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında sırasıyla 100-75-50-25-0 mm boşluk bırakıldığında sistemin yatayda 25 mm yer değiştirmesi yapması halinde somunların akma gerilmesine (400 MPa) ulaşmadığı sonucu elde edilmiştir. 100 mm boşluk bırakılması ile boşluk bırakılmaması (0 mm) durumu incelendiğinde üst somunlarda oluşan maksimum gerilmeler sırasıyla 325.37 MPa ve 365.63 MPa'dır. Bu iki değer arasında % 12.37 oranında bir değişim söz konusu olmakla birlikte üst somunlarda gerilme artışının olduğu görülmektedir.

### 6.6.5. Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasındaki boşluk yüksekliğinin 0-25-50-75-100 mm olduğu birleşimde kullanılan alt somunlara ait gerilme-deplasman grafiği Şekil 6.94'te gösterilmiştir.



Şekil 6.94. Kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlarda gerilme-deplasman parametrelerinin kıyaslanmasıyla elde edilen analiz sonuçları (model 3)

Tasarlanan Model-3 olarak isimlendirilen birleşimde çelik kolon taban levhasının alt kısmında kullanılan somunlar ile ilgili olarak ANSYS Workbench programıyla yapılan analiz neticesinde elde edilen Von Mises gerilmesi-deplasman grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında sırasıyla 100-75-50-25-0 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda belirgin fiziksel ve mekanik davranışlar olduğu tespit edilmiştir. 100 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda birleşimin x-yönünde (yatay yönde) 21.333 mm deplasman yaptığı andan itibaren akma davranışı göstererek plastik şekil değiştirme olduğu ve bu noktadaki gerilme değerinin ise 398.75 MPa olarak bulunmuş, 75 mm boşluk bırakıldığında alt

somunlarda oluşan maksimum gerilme değeri olan 399.79 MPa değerine birleşimin 21.167 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı ve akma davranışı gösterdiği, 50 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda oluşan maksimum gerilme değeri olan 398.06 MPa değerine birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı ve akma gerilmesine ulaşmadığı, 25 mm boşluk bırakıldığında alt somunlarda birleşimin 14.833 mm deplasman yaptığı andan itibaren akma davranışı gösterdiği ve bu noktadaki gerilme değerinin 400.05 MPa olduğu, maksimum gerilme değeri olan 434.71 MPa değerine ise birleşimin 23.167 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı, boşluk bırakılmadığında (0 mm) ise alt somunlarda oluşan maksimum gerilme değeri olan 348.24 MPa değerine birleşimin 25 mm deplasman yaptığı anda ulaştığı ve alt somunların akma davranışı göstermediği sonucuna varılmıştır.

### 6.7. Model-1, Model-2 ve Model-3 Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması

#### 6.7.1. Model-1, Model-2 ve Model-3'te Moment-Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analize tabi tutulan modeller arasında moment-dönme açısı grafiğinden elde edilen maksimum moment değerleri Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Analize tabi tutulan Model 1, Model-2 ve Model 3'e Ait Moment-Dönme Açısı Grafiğinden Elde Edilen Maksimum Moment Verileri

Beton/Betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluk yüksekliği(h) (mm)	MODEL-1 Moment (kN.m)	MODEL-2 Moment (kN.m)	MODEL-3 Moment (kN.m)
100 mm	537.85	639.62	797.12
75 mm	586.13	674.69	869.47
50 mm	663.39	744.36	972.54
25 mm	688.50	883.09	1024.9
0 mm	695.05	916.83	1025.3

Çizelge 6.7’de gösterilen verilerden, beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliği  $h=100$  mm’den  $h=0$  mm’ye düşürüldüğünde, diğer ifadeyle boşluk tesviye harcı ile doldurulmasıyla Model 1 olarak isimlendirilen birleşimin maksimum moment değeri % 29.22 artışla 695.05 kN.m değerine ulaşmış, Model 2 olarak isimlendirilen birleşimin maksimum moment değeri % 43.33 artışla 916.83 kN.m değerine, Model 3 olarak isimlendirilen birleşimin maksimum moment değeri ise % 28.62 artışla 1025.3 kN.m değerine ulaşmıştır.

Analize tabi tutulan modeller birbirleriyle kıyaslandığında ise Model 3 olarak isimlendirilen birleşimde; bağlantı elemanı olarak kullanılan ankraj bulonlarının sistemin yapacağı deplasman yönü olarak belirlenen yatay doğrultu (x yönü) istikameti yerine y yönüne ilave edilmesiyle sistemin rijitlik kapasitesinin daha fazla arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 6.8 Analize tabi tutulan Model 1, Model-2 ve Model 3’e Ait Moment-Dönme Açısı Grafiğinden Elde Edilen Plastik Moment Taşıma Kapasitesi (Mp) Verileri

Beton/Betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluk yüksekliği(h) (mm)	MODEL-1 Plastik Moment Taşıma Kapasitesi (kN.m)	MODEL-2 Plastik Moment Taşıma Kapasitesi (kN.m)	MODEL-3 Plastik Moment Taşıma Kapasitesi (kN.m)
100 mm	438	494	664
75 mm	485	529	735
50 mm	540	571	819
25 mm	602	605	905
0 mm	628	652	911

Çizelge 6.8’de gösterilen verilerden, beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliği  $h=100$  mm’den  $h=0$  mm’ye düşürüldüğünde, diğer ifadeyle boşluk tesviye harcı ile doldurulmasıyla Model 1 olarak isimlendirilen birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi (Mp) % 43.37 artışla 628 kN.m değerine ulaşmış, Model 2 olarak isimlendirilen birleşimin plastik moment

taşıma kapasitesi (Mp) % 31.98 artışla 652 kN.m değerine, Model 3 olarak isimlendirilen birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi (Mp) ise % 37.19 artışla 911 kN.m değerine ulaşmıştır.

Ankraj bulonlarının sayısının artırılmasıyla sistemin plastik moment taşıma kapasitesi (Mp) belirgin oranda bir artış olduğu ve sistemin taşıma kapasitesindeki kayıpların azaldığı sonucuna varılmıştır. Birleşime ilave edilecek ankraj bulonlarının deplasman olmayan yön istikametine ilave edilmesiyle birleşimin plastik moment taşıma kapasitesi daha fazla artmaktadır. Analize tabi tutulan modeller içerisinde 6 adet ankraj bulonunun kullanıldığı Model 3 olarak isimlendirilen birleşimde; sistemin daha rijit davrandığı ve olası deformasyon risklerinin azaldığı görülmüştür.

Yapı sistemlerinde birleşimler; başlangıç rijitliği esas alındığında basit birleşim, yarı rijit birleşim ve tam rijit birleşim olmak üzere 3 ana grup altında sınıflandırılır. Moment-dönme açısı grafiği incelendiğinde çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bloğu arasında boşluk bırakılmaksızın (0 mm) tasarlandığında, sistemin daha rijit davrandığı tespit edilmiştir. Boşluk yüksekliği artırıldığında oluşturulan birleşimde, birleşimin ankastre yerine yarı-ankastre duruma benzer şekilde davrandığı tespit edilmiştir. Bu yüzden temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasının tesviye harcıyla doldurularak sistemin rijitlik düzeyi ve plastik moment taşıma kapasitesi artırılmalıdır.

### **6.7.2. Model-1, Model-2 ve Model-3'te Kuvvet-Dönme Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

ANSYS Workbench programıyla analizleri yapılan çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bloğuna ait tipik birleşimler olan Model 1, Model 2 ve Model 3 olarak isimlendirilen birleşimlerde; kuvvet-dönme grafiklerinden elde edilen veriler Çizelge 6.9'da gösterilmiştir.



Çizelge 6.9. Model 1, Model 2 ve Model 3 olarak isimlendirilen birleşimlerde; kuvvet-dönme grafiklerinden elde edilen veriler

Beton/Betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluk yüksekliği (mm)	MODEL-1 (kN)	MODEL-2 (kN)	MODEL-3 (kN)
100 mm	311.42	370.32	460.37
75 mm	341.86	392.48	505.78
50 mm	389.67	436.15	569.76
25 mm	407.29	521.15	605.21
0 mm	416.09	548.74	613.46

Çizelge 6.9’da gösterilen verilerden, beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliği  $h=100$  mm’den  $h=0$  mm’ye düşürüldüğünde, diğer ifadeyle boşluk tesviye harcı ile doldurulmasıyla Model 1 olarak isimlendirilen birleşimin kuvvet kapasitesi % 33.61 artışla 416.09 kN değerine, Model 2 olarak isimlendirilen birleşimin kuvvet kapasitesi % 48.17 artışla 548.74 kN değerine, Model 3 olarak isimlendirilen birleşimin kuvvet kapasitesi ise % 33.25 artışla 613.46 kN değerine ulaşmıştır.

4 ankraj bulonu kullanılan Model 1’e kıyasla 6 adet, ankraj bulonu kullanılarak modellenen Model 2 ve Model 3’teki birleşimlerin rijitlik düzeylerinin daha fazla arttığı görülmektedir.

### 6.7.3. Model-1, Model-2 ve Model-3’te Ankraj Çubuklarında Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analize tabi tutulan modellerde; birleşimde kullanılan ankraj çubuklarında meydana gelen deformasyon değerleri ve ankraj çubuklarının akma gerilmesine ve çekme gerilmesine ulaştığı andaki deformasyon değerleri Çizelge 6.10’da verilmiştir.

Çizelge 6.10. Ankraj çubuklarında oluşan akma gerilmesi ve çekme gerilmesine ulaşıldığı andaki deplasman verileri

Modeller	Deplasman	Beton/Betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluk yüksekliği (mm)				
		100	75	50	25	0
Model 1	Akma Gerilmesine (400 MPa) Ulaştığı Andaki Deplasman (mm)	6.66	7.5	7.83	7.83	8.33
Model 2	Akma Gerilmesine (400 MPa) Ulaştığı Andaki Deplasman (mm)	6.83	6.83	6.5	6.5	7.16
Model 3	Akma Gerilmesine (400 MPa) Ulaştığı Andaki Deplasman (mm)	5.83	6	6.16	6.16	6.33
Model 1	Çekme Gerilmesine (500 MPa) Ulaştığı Andaki Deplasman (mm)	14.5	15.5	15.5	17.5	18.33
Model 2	Çekme Gerilmesine (500 MPa) Ulaştığı Andaki Deplasman (mm)	17.33	16.83	15.83	19.33	18.66
Model 3	Çekme Gerilmesine (500 MPa) Ulaştığı Andaki Deplasman (mm)	13.83	14	14.5	17.5	17.16

Tablodaki verilerde, Model 3'te kullanılan ankraj bulonlarının diğer modellere kıyasla daha hızlı bir şekilde akma ve çekme gerilmesine ulaştığı görülmektedir. Model 3'te ankraj bulonlarında meydana gelen fiziksel ve mekanik davranışın temel sebebi ise modellenen tüm birleşimlerde yatay yönde (x yönünde) 25 mm deplasman yapacak şekilde yükleme yapılmış olup; Model 1'de 4 adet ankraj bulonu kullanılarak modellenmiş, deplasman yönü olan x yönü doğrultusunda olmak üzere ilave 2 adet ankraj bulonu eklenerek toplam 6 adet ankraj bulonlu Model 2 tasarlanarak analize tabi tutulmuştur ve Model 3 te ise ilave ankraj bulonları y yönü doğrultusuna eklenerek 6 adet ankraj bulonlu birleşim tasarlanmıştır. Model 3'te y yönü doğrultusuna ilave edilerek tasarlanan birleşimde; ankraj bulonları diğer modellerdeki bulonlara kıyasla daha fazla kesme kuvveti ve moment etkisinde kalarak daha küçük deformasyonlarda akma dayanımına ulaşmaktadır.

#### 6.7.4. Model-1, Model-2 ve Model-3'te Kolon Taban Levhasının Üst Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analize tabi tutulan çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bloğunun bağlantısına yönelik birleşimlere ait tasarlanan modellerde kullanılan üst somunlarda meydana gelen maksimum Von Mises gerilmeleri Çizelge 6.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.11. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bağlantısında kullanılan üst somunlarda meydana gelen maksimum gerilme değerleri

Beton/Betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluk yüksekliği (mm)	MODEL-1 Maksimum Gerilmeler (N/mm <sup>2</sup> )	MODEL-2 Maksimum Gerilmeler (N/mm <sup>2</sup> )	MODEL-3 Maksimum Gerilmeler (N/mm <sup>2</sup> )
100 mm	315.70	341.84	325.37
75 mm	325.38	357.32	348.52
50 mm	356.56	362.83	367.8
25 mm	367.87	365.61	367.21
0 mm	368.49	365.41	367.42

Çizelge 6.11'de gösterilen verilerden, beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliği h=100 mm'den h=0 mm'ye düşürüldüğünde (tesviye harcıyla boşluk doldurulduğunda), Model 1 olarak isimlendirilen birleşimde meydana gelen gerilme değeri % 16.72 artışla 368.49 N/mm<sup>2</sup> değerine, Model 2 olarak isimlendirilen birleşimde meydana gelen gerilme değeri % 6.89 artışla 365.41 N/mm<sup>2</sup> değerine, Model 3 olarak isimlendirilen birleşimde meydana gelen gerilme değeri ise % 12.92 artışla 367.42 N/mm<sup>2</sup> değerine ulaşmıştır. Sistemde 25 mm'lik deplasman oluşması durumunda üst somunlarda oluşan gerilmenin, akma gerilmesine ulaşmadığı görülmektedir.

### 6.7.5. Model-1, Model-2 ve Model-3 Kolon Taban Levhasının Alt Kısımında Kullanılan Somunlarda Gerilme-Deplasman Parametrelerinin Kıyaslanmasıyla Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analize tabi tutulan çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bloğunun bağlantısına yönelik birleşimlere ait tasarlanan modellerde kullanılan alt somunlarda meydana gelen maksimum Von Mises gerilmeleri Çizelge 6.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12. Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bağlantısında kullanılan alt somunlarda meydana gelen maksimum gerilme değerleri

Beton/Betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluk yüksekliği (mm)	MODEL-1 Maksimum Gerilmeler (N/mm <sup>2</sup> )	MODEL-2 Maksimum Gerilmeler (N/mm <sup>2</sup> )	MODEL-3 Maksimum Gerilmeler (N/mm <sup>2</sup> )
100 mm	397.45	416.84	398.75
75 mm	398.35	388.72	399.79
50 mm	410.31	381.17	398.06
25 mm	428.61	495.26	434.71
0 mm	395.71	428.66	361.04

Çizelge 6.12’de gösterilen verilerden, beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında bırakılan boşluğun yüksekliği h=100 mm’den h=0 mm’ye düşürüldüğünde (tesviye harcıyla boşluk doldurulduğunda), Model 1 olarak isimlendirilen birleşimde meydana gelen gerilme değerinde belirgin bir değişimin olmadığı, Model 2 olarak isimlendirilen birleşimde meydana gelen gerilme değeri % 2.83 artışla 428.66 N/mm<sup>2</sup> değerine, Model 3 olarak isimlendirilen birleşimde meydana gelen gerilme değeri ise % 9.45 azalışla 367.42 N/mm<sup>2</sup> değerine düşmüştür.

**7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER**

Yapı sistemleri içerisinde dayanıklılığı ile ön plana çıkan çelik yapı sistemlerinde, birleşim bölgeleri kritik öneme sahip olup; bunlar arasında en önemlilerinden birisi kolon-temel birleşim bölgeleridir. Çelik yapı sistemlerinde birleşimi sağlayan bağlantı elemanları, yapının fiziksel ve mekanik davranışlarını etkiler. Birleşim bölgelerinde davranışsal farklılıklar, etki eden yüklere ve birleşim elemanlarının taşıma gücü ile doğrudan ilişkilidir. Bu açıdan karmaşık bir davranış sergileyen birleşim bölgelerinde kullanılan yapı elemanlarının özelliklerinin, etki eden yükleri taşıyacak şekilde boyutlandırılması özellikle de teknik açıdan yönetmeliklere ve usullere uygun olarak inşa edilmesinin önemi büyüktür.

Çelik kolon taban levhaları ile temel döşemesi arasındaki bölgede, bağlantı elemanları olan ankrajlar ve somunların mekanik davranışlarını doğrudan etkileyen betonun, bu alana doldurulması gerektiği halde uygulamalarda bu bölgeler boş bırakılmaktadır. Burada çelik ile beton olmak üzere farklı özelliklere sahip malzemelerin birlikte kullanılması; bu iki malzeme arasında oluşan moment, kesme kuvveti ve eksenel yük, yapının farklı davranışlar sergilemesine sebep olur.

Çelik kolon ayakları ile temel döşemesi arasında bağlantı elemanları ile birlikte kullanılan taban levhaları arasındaki etkileşim, çelik yapıların mekanik davranışlarının belirlenmesinde temel kritik bölgelerdir. Çelik kolon ayaklarının betonarme temel ile bağlantılarının sağlanmasında ankraj bulonları, ankraj çubukları, takviye levhaları, süreklilik levhaları olmak üzere etki eden yüke ve tasarıma göre bileşenler kullanılır. Bulonların çapı, bulonların sayısı, taban levhasının ebatları, profil türü, bileşenlerin çelik sınıfları, betonarme temel ile çelik kolon taban levhası arasında ankraj çubuklarını saracak betonun dayanımı gibi tüm detaylar, yapı sisteminin etki eden yüklere karşı dayanım prensibine uygun olarak belirlenir ve belirlenen tasarımın uygulamaları yapılır.

Çelik kolon ayaklarının betonarme temel ile bağlantılarının yapılmasında kullanılan birleşim tipleri içerisinde genel tipik birleşimler, ANSYS Workbench yazılım programı yardımıyla modellenmesi yapılmıştır. Seçilen modelde çelik kolon profili I profil olarak belirlenmiş ve çelik kolon taban levhası ile kolon profilin temas

yüzeyi sürtünmesiz yüzey olarak kabul edilmiştir. Ankraj bulonları ve ankraj çubuklarının çelik sınıfı ise standartlara uygun olarak belirlenerek, ANSYS Workbench programı ile analizler yapılmıştır.

Bu çalışmada ANSYS Workbench programı kullanılarak yapılan analizler sonucunda;

- Yapı sistemlerinde birleşimler; başlangıç rijitliği esas alındığında basit birleşim, yarı rijit birleşim ve tam rijit birleşim olmak üzere 3 ana grup altında sınıflandırılır. Birleşimlere ait modellerin moment-dönme grafikleri incelendiğinde çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme temel bloğu arasında boşluk bırakılmaksızın (0 mm) tasarlandığında, sistemin daha rijit davrandığı tespit edilmiştir. Boşluk yüksekliği artırıldığında oluşturulan birleşimde, birleşimin ankastre yerine yarı-ankastre duruma benzer şekilde davrandığı tespit edilmiştir. Bu yüzden temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasının tesviye harcıyla doldurularak sistemin rijitlik düzeyi ve plastik moment taşıma kapasitesi artırılmalıdır.
- Çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasında boşluğun azaltılması halinde birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinin arttığı tespit edilmiştir.
- Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda, çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasının yüksek mukavemetli tesviye harcıyla doldurulması gerekirken bu uygulamanın ihmal edilmesiyle/yapılmamasıyla birleşimin kuvvet taşıma kapasitesinde ciddi düzeyde kayıp olduğu sonucuna varılmıştır.
- Ankraj çubuklarına ait Von Mises gerilmesi-deformasyon grafiği incelendiğinde; çelik kolon taban levhası ile beton/betonarme bloğu arasındaki boşluğun artırılması ile daha küçük deplasmanlarda akma dayanımına ulaşılmaktadır.
- Yapılan analizlerden elde edilen verilerden hareketle; beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında boşluk bırakılmaması (0 mm) halinde alt somunların akma gerilmesi değeri olan 400 MPa değerine

ulaşmadığı ve etki eden kuvvet ve moment etkilerine karşı daha rijit davrandığı sonucuna varılmıştır.

- Momentin maksimum olduğu noktada plastik mafsallaşma meydana geldiğinden, elde edilen verilerden hareketle beton/betonarme temel bloğu ile çelik kolon taban levhası arasında tesviye harcı kullanılmadığında sistemin hızlı bir şekilde akma seviyesine ulaşarak plastik mafsallaşma oluştuğu sonucuna varılmıştır.
- Bağlantı elemanı olarak kullanılan ankraj bulonlarının sistemin yapacağı deplasman yönü olarak belirlenen yatay doğrultu (x yönü) istikameti yerine y yönüne ilave edilmesiyle sistemin rijitlik kapasitesinin daha fazla arttığı tespit edilmiştir. Ankraj bulonlarının sayısının artırılmasıyla sistemin moment kapasitesinde belirgin oranda bir artış olduğu ve sistemin taşıma kapasitesindeki kayıpların azaldığı sonucuna varılmıştır.
- Kolon ayak birleşimlerinde yeterli moment direnci oluşturabilmek, yanıl deplasmanları ve ötelemeleri azaltmak için ankraj çubukları, ankraj bulonları, kolon taban levhaları, kolon temeli olmak üzere tüm bileşenlerin tasarımında birleşim esaslarına dikkat edilmelidir.

**KAYNAKLAR**

- [1] Shafieifar M, Khonsari S, 2012. Studying the behaviour of base plates with high degree of rigidity. 15th WCEE 24-8, Lisbon, Portugal.
- [2] Moore D, Wald F, da Vinci L, 2003. Design of structural connections to Eurocode 3- Frequently asked questions, Czech Technical University.
- [3] Astaneh-Asl A, Bergsma G, 1993. Cyclic behavior and seismic design of steel base plates. Structural Engineering in Natural Hazards Mitigation, 409-14.
- [4] DeWolf JT, Sarisley EF, 1980. Column base plates with axial loads and moments. Journal of the Structural Division, 106, 11, 2167-84.
- [5] Şahin S, Mustafa A, 2021. Çelik Kolon Taban Levhalarının Mekanik Davranışlarının İncelenmesi, Academic Platform Journal of Engineering and Science, 9-1,19-27
- [6] Özdemir, S. Baytak, T., Tosun, M., Bulut, O., “Çelik Taban Levhalarının Bağlantı Deliklerinde Tasarıma Aykırı Geometrik Değişimin Gerilme Dağılımına Etkisi” El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2020, 7(2); 461-473.
- [7] Alpaslan H, “Çift Te Moment Birleşimlerin Çevrimsel Yük Altında İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 2020
- [8] Hantouche, E. G., Kukreti, A. R., Rassati, G. A., (2012), Investigation Of Secondary Prying In Thick Built-up T-stub Connections Using Nonlinear Finite Element Modeling. Engineering Structures, 36,113–122.
- [9] Saberi, H., Kheyroddin, A., Gerami, M., (2016). Welded Haunches For Seismic Retrofitting Of Bolted T-stub Connections and Flexural Strengthening Of Simple Connections. Engineering Structures, 129,31-43.
- [10] Fisher, J.M. ve Kloiber, L.A. Steel Design Guide 1: Base Plate and Anchor Rod Design, 2006.
- [11] A. P. Kulkarni, M. K. Sawant, M.S.S., “Experimental Study using Earthquake Shake Table”, International Research Journal of Engineering and Technology, 2017, 4(4), 3612-3617.



- [12] Tsavdaridis, K.D., Shaheen, M.A., Baniotopoulos, C. ve Salem, E., “Analytical approach of anchor rod stiffness and steel base plate calculation under tension”, *Structures*, 2016, 5, 207-218.
- [13] Dumas, M., Beaulieu, D. ve Picard, A., “Characterization equations for steel column base connections”, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2006, 33(4), 409–420.
- [14] Di Sarno, L., Pecce, M.R. ve Fabbrocino, G., “Inelastic response of composite steel and concrete base column connections”, *Journal of Constructional Steel Research*, 2007, 63(6), 819–832.
- [15] Cui, Y., “Shear behavior of exposed column base connections”, *Steel and Composite Structures*, 2016, 21(2), 357–371.
- [16] J. Pertold, R. Xiao, and F. Wald, "Embedded steel column bases: I. Experiments and numerical simulation," *Journal of constructional steel research*, vol. 56, no. 3, pp. 253-270, 2000.
- [17] S. Adany, L. Calado, and K. Dunai, "Experimental studies on cyclic behavior modes of base-plate connections," in *Proceedings of the Third International Conference on the Behavior of Steel Structures in Seismic Areas (STESSA 2000)*, Montreal, Canada, 2000, pp. 97-104.
- [18] <https://insapedia.com/celik-yapilarda-kolon-ayaklari-temel-kolon-birlesimleri/> [URL- Erişim Tarihi: 06.05.2021].
- [19] <http://www.ozcedemir.com.tr/> [URL- Erişim Tarihi : 06.05.2021].
- [20] Grauvilardell JE, Lee D, Hajjar JF, Dexter RJ, 2005. Synthesis of design, testing, and analysis research on steel column base plate connections in high-seismic zones, Department of Civil Engineering, University of Minnesota.
- [21] Hitaka T, Suita K, Kato M, 2003. CFT Column base design and practice in Japan. *Proceedings of the International Workshop on Steel and Concrete Composite Construction*.
- [22] Hussein P, “Çelik Yapılarda Kullanılan Kolon Taban Levhalarının Analitik Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2015
- [23] Kingsley AM, 2005. Experimental and analytical investigation of embedded column base connections for concrete filled high strength steel tubes.

- [24] ACI COMMITTEE 355, 1991. State-of-The-Art-Report on Anchorage to Concrete. ACI 355.1R-91, American Concrete Institute, Detroit.
- [25] Sansak, M.F., “ Ankraj Çubuklarının Çekme Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, 2019
- [26] Zienkiewicz, Olek C.; Taylor, Robert L.; Zhu, J. Z. (2013). The finite element method: Its basis and fundamentals (İngilizce). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-08-095135-5.
- [27]<https://muhendistan.com/ansys-nedir-nerelerde-kullanilir/> [URL Erişim Tarihi: 08.05.2021].
- [28] Honeck, William C., and Derek Westphal. 1999. Practical Design And Detailing Of Steel Column Base Plates. Steel Tips. Moraga, CA: Structural Steel Educational Council
- [29] Aghayere, Abi. and Vigil, Jason. Structural Steel Design-A Practice Oriented Approach
- [30] Shneur, Victor. 24 Tips For Simplifying Braced Frame Connections. Modern Steel Construction (May 2006):33-35
- [31] American Concrete Institute, 2011, ACI 318-11: Building Code Requirements For Structural Concrete And Commentary, Farmington Hills, MI.
- [32] Akbaş, B. ve Eğilmez, O.Ö., Çelik Yapı Tasarımı, Uygulamaya Yönelik Bir Yaklaşım, İkinci Basımdan Çeviri. Ankara: Nobel,2018
- [33] Kavinde, Amit M., and Deierlein, Gregory G. Recent Research On Column Base Connections. Modern Steel Construction (April 2011)
- [34] Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling
- [35] ASTM F1554-20, Standard Specification for Anchor Bolts, Steel, 36, 55, and 105-ksi Yield Strength, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, [www.astm.org](http://www.astm.org)
- [36] Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018

[37] Abidelah A., Bouchaïr A., Kerdal, D.E. (2012). Experimental and analytical behavior of bolted end-plate connections with or without stiffeners. Journal of Constructional Steel Research,76,13-27.

**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Yaşar GÜLERYÜZ  
Doğum Yeri : Malatya  
Doğum Tarihi : 1982  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : yguleryuz@adiyaman.edu.tr

**Eğitim Durumu**

Derece	Alan	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Yapı Eğitimi Bilim Dalı	Fırat Üniversitesi	2008
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Harran Üniversitesi	2014
Lisans	Yapı Öğretmenliği	Fırat Üniversitesi	2004

**Yayımlar**

T. Teker, E. M. Karakurt, M. Özabacı, and Y. Güleryüz, “Investigation of the weldability of AISI304 and AISI1030 steels welded by friction welding,” *Metallurgical Research Technology*, vol. 117, no. 6, pp. 601–609, Sep. 2020.