



**ÇELİK YAPILARDA KULLANILAN KOLON TABAN LEVHALARININ VE  
ANKRAJLARININ ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ**

**MUSTAFA ATILGAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI  
Dr. Öğr. Üyesi Şahin SÖZEN  
Ocak - 2019  
Her hakkı saklıdır**

**T.C.  
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇELİK YAPILARDA KULLANILAN KOLON TABAN  
LEVHALARININ VE ANKRAJLARININ ANALİTİK OLARAK  
İNCELENMESİ**

**MUSTAFA ATILGAN**

**TOKAT  
Ocak - 2019**

Her hakkı saklıdır

**Mustafa ATILGAN** tarafından hazırlanan “Çelik Yapılarda Kullanılan Kolon Taban Levhalarının ve Ankrajlarının Analitik Olarak İncelenmesi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 14 OCAK 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Şahin SÖZEN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇAVUŞ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye

Doç.Dr. Burçin Şenol ŞEKER

Amasya Üniversitesi

*Şahin Sözen*  
.....  
*Murat Çavuş*  
.....  
*Burçin Şenol Şeker*  
.....

ONAY

  
Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
14/01/2019

## **TEZ BEYANI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



**Mustafa ATILGAN**

**14 Ocak 2019**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### ÇELİK YAPILARDA KULLANILAN KOLON TABAN LEVHALARININ VE ANKRAJLARININ ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

MUSTAFA ATILGAN

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ ŞAHİN SÖZEN)

Özellikle son yıllarda meydana gelen depremler, önde gelen mühendislerin ve bilim adamlarının yapılardaki özel birleşim noktalarına dikkatlerini çekmiştir. Yapıdaki birleşimlerin kapasiteleri bütün yapıya ait kapasiteyi önemli ölçüde belirlediğinden, mühendisler yük altında yeni bağlantılar tasarlamaya ve limit durumlarını belirlemeye çalışmaktadırlar. Çelik yapılarda kolon taban levhalarının birleşimleri büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, kolon-temel birleşim yerinde kullanılan taban levhası, ankraj ve bulonlar üzerinde detaylı bir açıklama yapılmış ve taban levhasının tasarımı için önerilen tasarım hesapları incelenmiştir. Farklı kalınlıklarda taban levhaları, farklı sayıda ankraj çubukları ve farklı kolon profillerinden üretilen birleşimler statik yükler altında analiz edilerek, elemanlar üzerinde oluşan gerilme ve deformasyonlar bakımından karşılaştırmalı sonuçları sunulmuştur.

2019, 91 SAYFA

**ANAHTAR KELİMELELER:** Taban Levhası, gerilme, çelik birleşimler, sonlu eleman analizi

## **ABSTRACT**

### **MASTER THESIS**

#### **ANALYTICAL INVESTIGATION OF COLUMN BASE PLATES AND ANCHORINGS USED IN STEEL STRUCTURES**

**MUSTAFA ATILGAN**

**GAZIOSMANPASA UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

**SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. ŞAHİN SÖZEN**

Especially the earthquakes which have been occurred in recent years, lead engineers and scientists to give their attention to the special joints in structures. Because the capacities of the connections in the structure almost defines the whole structure's capacity, engineers try to design new connections and determine their limit states and capacities under loading. Column base plates connections have great importance in steel structures. In this study, a detailed explanation was given on the base plate, anchor and bolts used at the column-the foundation connection and the proposed design calculations for the base plate design were examined. Different types of column base plate connections having different thickness of base plate, different number of anchor rods and different type of column profile, are studied and comparative results are introduced in terms of stress and deformations.

2019, 91 PAGE

**KEYWORDS:** Base plate, stress, steel connections, finite element analysis

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans programında yapılmıştır. Taban levhası boyutları(en/boy) ve kolon yüksekliğinin sabit tutulduğu birleşim modellerinde, kolon en kesitine yayılı olmak üzere yatay pozisyonlu *50 kN*, *100 kN* ve *150 kN* etki değerinde yükler uygulanmıştır. Bu yüklemenin yanında 15 katlı çelik bir binanın sonlu eleman çözümlerinden elde edilen mesnet reaksiyon kuvvetleri, birleşimler üzerine Eğilme Momenti, Kesme Kuvveti ve Normal Kuvvet olarak uygulanmış ve analiz yapılmıştır. 15 katlı binanın statik/dinamik analizleri SAP2000 yazılımı ile birleşimlerin detaylı analizleri ANSYS Workbench yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler tamamlandıktan sonra, birleşimi oluşturan elemanların detaylı olarak karşılaştırması yapılmıştır. Kolon taban levhasının altında bulunan beton blok dahil olmak üzere, taban levhası, ankraj çubukları, somunlar, rijitlik levhaları ve kolon profili üzerindeki gerilme ve deformasyonlar ayrıntılı olarak izlenebilmiş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Böylece, betonarme temel-kolon birleşiminde optimizasyon yapılmıştır.

Bu tez çalışmasının yapılmasında ilgi ve desteğini esirgemeyen aileme ve bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Şahin SÖZEN'e teşekkürlerimi sunarım.

**Mustafa ATILGAN**

**14 Ocak 2019**

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

|   |      |
|---|------|
| ÖZET .....  | i    |
| ABSTRACT.....   | ii   |
| ÖNSÖZ .....   | iii  |
| İÇİNDEKİLER .....   | iv   |
| SİMGE VE KISALTMALAR .....  | vi   |
| ŞEKİL LİSTESİ.....  | viii |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....  | xii  |
| 1. GİRİŞ .....  | 1    |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ .....  | 4    |
| 3. KOLON AYAKLARI .....   | 6    |
| 3.1. Kolon Taban Levhalarının Sınıflandırılması .....   | 6    |
| 3.1.1. Açıkta Kolon Taban Levhaları.....  | 6    |
| 3.1.2. Gömülü Kolon Taban Levhaları .....   | 8    |
| 3.2. Ankraj Çubuğu ve Ankraj Bulonu Tipleri .....   | 9    |
| 3.2.1. Bulonlar .....   | 9    |
| 3.2.1.1. Normal Bulonlar .....  | 9    |
| 3.2.1.2. Yüksek Mukavemetli Bulonlar.....   | 10   |
| 3.2.1.3. Karbon Çeliği ve Alaşımli Çelikten İmal Edilmiş Bulonlar..                               | 11   |
| 3.2.2. Ankraj Bulonları.....  | 12   |
| 3.3. Taban Levhalarının Yerleşimi ve Kolon Tabanı-Temel Birleşim<br>Şekilleri .....               | 12   |
| 3.4. Malzeme Seçimi.....  | 16   |
| 3.5. Kolon Ayağı Yerleşiminde Uygulama Detayları .....  | 16   |
| 3.5.1. Düşük Basınç Yüküne Maruz Taban Levhalarının<br>Boyutlandırılması .....                    | 17   |
| 3.5.2. Dikdörtgen ve Dairesel En kesitli Kolonların Taban Levhalarının<br>Boyutlandırılması ..... | 18   |
| 3.5.3. Nervürlü Taban Levhalarının Boyutlandırılması .....  | 19   |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>4. KOLON AYAKLARININ SONLU ELEMAN YÖNTEMİ İLE ANALİZİ</b> .....                                  | <b>23</b> |
| <b>4.1. Yapısal model ve Analiz parametreleri</b> .....   | <b>24</b> |
| <b>4.2. Kolon-Taban Levhası Birleşimlerinde Analiz</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>4.2.1. HE600B kolon profilli taban levhası analizi</b> .....                                     | <b>26</b> |
| <b>4.2.2. Rijitlik levhası kullanılan HE600B kolon profilli taban levhası analizi</b> .....         | <b>34</b> |
| <b>4.2.3. Boru profilli taban levhası analizi</b> .....   | <b>41</b> |
| <b>4.2.4. Kutu profilli taban levhası analizi</b> .....   | <b>49</b> |
| <b>4.2.5. HE600B kolon profilli taban levhası analizi (F=MNT)</b> .....                             | <b>58</b> |
| <b>4.2.6. Rijitlik levhası kullanılan HE600B kolon profilli taban levhası analizi (F=MNT)</b> ..... | <b>62</b> |
| <b>4.2.7. Kutu profilli kolon-taban levhası analizi (F=MNT).</b> .....                              | <b>65</b> |
| <b>4.2.8. Boru profilli kolon-taban levhası analizi (F=MNT)</b> .....                               | <b>69</b> |
| <b>5. TEMEL KOLON BİRLEŞİMİ UYGULAMALARINDA GÖZLENEN HATALAR</b> .....                              | <b>74</b> |
| <b>6. BULGULAR veya BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....  | <b>80</b> |
| <b>7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER</b> .....  | <b>82</b> |
| <b>7.1. Sonuçlar</b> .....  | <b>82</b> |
| <b>7.2. Öneriler</b> .....  | <b>88</b> |
| <b>8. KAYNAKLAR</b> .....   | <b>89</b> |
| <b>9. ÖZGEÇMİŞ</b> .....  | <b>91</b> |

## Simgeler

## Açıklama

|               |  |
|---------------|--|
| $A_H$         | : Etkin gerilme alanı                      |
| $b_f$         | : Kolon başlık genişliği                   |
| $c$           | : Etkin alan yaklaşımı                     |
| $f_c'$        | : Beton basınç dayanımı                    |
| $F_{ck}$      | : Betonun basınç dayanımı                  |
| $F_p$         | : Taşıma dayanımı                          |
| $F_y$         | : Taban levhası veya bulonun akma dayanımı |
| $M$           | : Eğilme momenti                           |
| $P$           | : Eksenel basınç kuvveti                   |
| $P_u$         | : Gerekli eksenel basınç kuvveti           |
| $s$           | : Delikler arası minimum uzaklık           |
| $t_p$         | : Taban levhası kalınlığı                  |
| $V$           | : Toplam kesme kuvveti                     |
| $V_X$         | : X yönünde uygulanan kuvvet               |
| $V_Y$         | : Y yönünde uygulanan kuvvet               |
| $V_Z$         | : Z yönünde uygulanan kuvvet               |
| $T_{em}$      | : Makaslama gerilmesi                      |
| $\sigma_{em}$ | : Ezilme gerilmesi                         |
| $\sigma_F$    | : Akma gerilmesi                           |
| $\sigma_K$    | : Kopma gerilmesi                          |
| $\sigma_z$    | : Çekme gerilmesi                          |

## Kısaltmalar Açıklama

|         |  |
|---------|--|
| ÇYTHYE  | : Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar  |
| HE20A4  | : Kolon profili HE600B, taban levhası kalınlığı 20 mm ve ankraj adedi 4 olan birleşim                              |
| HE30A4  | : Kolon profili HE600B, taban levhası kalınlığı 30 mm ve ankraj adedi 4 olan birleşim                              |
| HE20A4R | : Kolon profili HE600B, taban levhası kalınlığı 20 mm, ankraj adedi 4 olan ve rijitlik levhası kullanılan birleşim |
| HE30A4R | : Kolon profili HE600B, taban levhası kalınlığı 30 mm, ankraj adedi 4 olan ve rijitlik levhası kullanılan birleşim |
| HE20A6R | : Kolon profili HE600B, taban levhası kalınlığı 20 mm, ankraj adedi 6 olan ve rijitlik levhası kullanılan birleşim |
| HE30A6R | : Kolon profili HE600B, taban levhası kalınlığı 30 mm, ankraj adedi 6 olan ve rijitlik levhası kullanılan birleşim |
| K20A4   | : Kolon profili 400x400x12,5, taban levhası kalınlığı 20 mm ve ankraj adedi 4 olan birleşim                        |
| K30A4   | : Kolon profili 400x400x12,5, taban levhası kalınlığı 30 mm ve ankraj adedi 4 olan birleşim                        |
| K20A6   | : Kolon profili 400x400x12,5, taban levhası kalınlığı 20 mm ve ankraj adedi 6 olan birleşim                        |
| K30A6   | : Kolon profili 400x400x12,5 mm, taban levhası kalınlığı 30 mm ve ankraj adedi 6 olan birleşim                     |

|       |   |
|-------|---|
| B20A4 | : Kolon profili 339,7x13, taban levhası kalınlığı 20 mm ve ankraj adedi 4 olan birleşim |
| B30A4 | : Kolon profili 339,7x13, taban levhası kalınlığı 30 mm ve ankraj adedi 4 olan birleşim |
| B20A6 | : Kolon profili 339,7x13, taban levhası kalınlığı 20 mm ve ankraj adedi 6 olan birleşim |
| B30A6 | : Kolon profili 339,7x13, taban levhası kalınlığı 30 mm ve ankraj adedi 6 olan birleşim |
| MNT   | : Moment, normal kuvvet ve kesme kuvveti  |
| TS    | : Türk Standartı  |
| ISO   | : Uluslararası Standartlar Örgütü   |
| DIN   | : Alman Standartlar Enstitüsü   |



## ŞEKİL LİSTESİ

| <b><u>Şekil</u></b>  | <b><u>Sayfa</u></b> |
|--|---------------------|
| Şekil 1.1. Çelik kolon taban levhası yerleşim detayı.....  | 1                   |
| Şekil 3.1. Açıkta kolon taban levhası yük aktarım mekanizması. ....                                | 7                   |
| Şekil 3.2. Açıkta kolon taban levhası birleşimi. ....  | 7                   |
| Şekil 3.3. Gömülü kolon taban levhaları. ....  | 8                   |
| Şekil 3.4. Ankraj bulonu tipleri. ....   | 12                  |
| Şekil 3.5. Kolon-temel birleşimleri .....  | 13                  |
| Şekil 3.6. Kolon-temel birleşiminin bileşenleri. ....  | 14                  |
| Şekil 3.7. Moment-normal kuvvet-kesme kuvveti etkisindeki kolon-temel birleşiminin davranışı. .... | 14                  |
| Şekil 3.8. Nervürlü kolon-temel birleşimi. ....  | 15                  |
| Şekil 3.9. Izgaralı kolon-temel birleşimi. ....  | 16                  |
| Şekil 3.10. Konsollu ve konsolsuz taban levhası.....   | 17                  |
| Şekil 3.11. Eğilme momenti için gerekli etkin gerilme alanı. ....                                  | 18                  |
| Şekil 3.12. Dikdörtgen ve dairesel en kesitli kolonların taban levhası.....                        | 18                  |
| Şekil 3.13. Eğilme momenti limit durumunda esas alınan kritik kesitler.....                        | 19                  |
| Şekil 3.14. Etkin alan yaklaşımında kullanılan c boyutları. ....                                   | 19                  |
| Şekil 3.15. Nervür kullanılan kolon-temel birleşimleri. ....                                       | 20                  |
| Şekil 3.16. Nervürlü bölgeler arasında kalan levha parçaları. ....                                 | 21                  |
| Şekil 4.1. Çelik malzeme modeline ait gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.                      | 25                  |
| Şekil 4.2. HE600B kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu. ....         | 26                  |
| Şekil 4.3. HE20A4 ve HE30A4 Taban levhasında gerilme dağılımı(F=50kN)                              | 27                  |
| Şekil 4.4. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).....                                       | 27                  |
| Şekil 4.5. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).....                                       | 28                  |
| Şekil 4.6. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).....  | 28                  |
| Şekil 4.7. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN).....                                       | 29                  |
| Şekil 4.8. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).....                                       | 29                  |
| Şekil 4.9. HE20A6 ve HE30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50 kN)....                           | 30                  |
| Şekil 4.10. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN) .....                                     | 31                  |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.11. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN) .....   | 31 |
| Şekil 4.12. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).....   | 32 |
| Şekil 4.13. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN) .....   | 32 |
| Şekil 4.14. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).....  | 33 |
| Şekil 4.15. HE600B kolon profilli ve rijitlik levhalı birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu..... | 34 |
| Şekil 4.16. HE20A4R ve HE30A4R Taban levhası gerilme dağılımı(F=50kN)..  | 34 |
| Şekil 4.17. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN) .....   | 35 |
| Şekil 4.18. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN) .....   | 35 |
| Şekil 4.19. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN) .....  | 36 |
| Şekil 4.20. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN) .....   | 37 |
| Şekil 4.21. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN) .....   | 37 |
| Şekil 4.22. HE20A6R ve HE30A6R Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN)..                                       | 38 |
| Şekil 4.23. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).....  | 38 |
| Şekil 4.24. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN) .....   | 39 |
| Şekil 4.25. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).....   | 40 |
| Şekil 4.26. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN) .....   | 40 |
| Şekil 4.27. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN) .....   | 41 |
| Şekil 4.28. Boru kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu .....                      | 41 |
| Şekil 4.29. B20A4 ve B30A4 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).....  | 42 |
| Şekil 4.30. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).....  | 42 |
| Şekil 4.31. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).....  | 43 |
| Şekil 4.32. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).....   | 44 |
| Şekil 4.33. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN) .....   | 44 |
| Şekil 4.34. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).....  | 45 |
| Şekil 4.35. B20A6 ve B30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).....  | 45 |
| Şekil 4.36. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN) .....   | 46 |
| Şekil 4.37. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN) .....   | 47 |
| Şekil 4.38. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).....   | 47 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 4.39. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN).....   | 48 |
| Şekil 4.40. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).....   | 48 |
| Şekil 4.41. Kutu kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu.....                        | 49 |
| Şekil 4.42. K20A4 ve K30A4 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).....   | 50 |
| Şekil 4.43. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).....   | 50 |
| Şekil 4.44. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).....   | 51 |
| Şekil 4.45. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).....  | 51 |
| Şekil 4.46. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN) .....  | 52 |
| Şekil 4.47. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).....   | 52 |
| Şekil 4.48. K20A6 ve K30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).....   | 53 |
| Şekil 4.49. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).....   | 53 |
| Şekil 4.50. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN) .....  | 54 |
| Şekil 4.51. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).....  | 55 |
| Şekil 4.52. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN).....   | 55 |
| Şekil 4.53. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN) .....  | 56 |
| Şekil 4.54. Taban levhası yer değiştirmeleri.....   | 57 |
| Şekil 4.55. Taban levhası üzerindeki Von Mises gerilmeleri.....   | 58 |
| Şekil 4.56. HE600B kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu .....                     | 58 |
| Şekil 4.57. HE20A4 ve HE30A4 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).....  | 59 |
| Şekil 4.58. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT) .....  | 60 |
| Şekil 4.59. HE20A6 ve HE30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT) ....  | 60 |
| Şekil 4.60. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT) .....  | 61 |
| Şekil 4.61. HE600B kolon profilli ve rijitlik levhaki birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu ..... | 62 |
| Şekil 4.62. HE20A4R ve HE30A4R Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).63  |    |
| Şekil 4.63. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT) .....  | 63 |
| Şekil 4.64. HE20A6R ve HE30A6R Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).64  |    |
| Şekil 4.65. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT) .....  | 65 |
| Şekil 4.66. Kutu kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu. ....                       | 65 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.67. K20A4 ve K30A4 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT) .....  | 66 |
| Şekil 4.68. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT) .....   | 67 |
| Şekil 4.69. K20A6 ve K30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT) .....  | 67 |
| Şekil 4.70. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT) .....   | 68 |
| Şekil 4.71. Boru kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu. ....  | 69 |
| Şekil 4.72. B20A4 ve B30A4 Taban levhası gerilme dağılımı(F=MNT).....  | 69 |
| Şekil 4.73. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT) .....   | 70 |
| Şekil 4.74. B20A6 ve B30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).....   | 71 |
| Şekil 4.75. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT) .....   | 71 |
| Şekil 4.76. Taban levhası yer değiştirmeleri.....  | 72 |
| Şekil 4.77. Taban levhası üzerindeki Von Mises gerilmeleri .....   | 73 |
| Şekil 5.1. Temel-kolon birleşim elemanlarının yetersizliği sonucu oluşan yapısal kusur.....  | 74 |
| Şekil 5.2. Taban levhasının kullanılmaması ve birleşim elemanı yetersizliği sonucunda temel-kolon birleşiminde oluşan bozulma..... | 75 |
| Şekil 5.3. Ankrajlara yetersiz epoxy sonrası durum.....  | 76 |
| Şekil 5.4. Temel kolon birleşiminde hatalı uygulama.....   | 77 |
| Şekil 5.5. Yetersiz temel uygulaması.....  | 77 |
| Şekil 5.6. Kolon temel birleşimi bağlantı elemanları hataları .....  | 78 |
| Şekil 5.7. Betonarme temel-çelik giriş birleşiminde uygulama hataları. ....  | 78 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

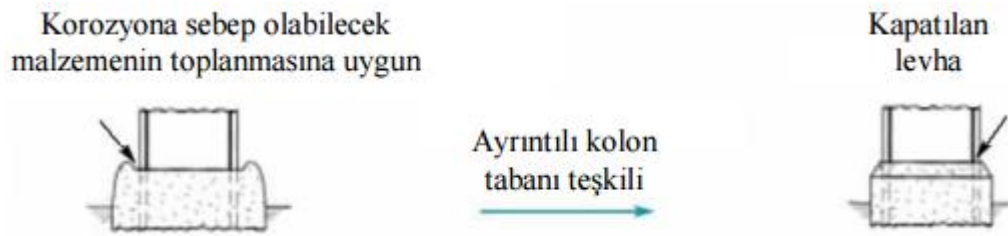
| <b><u>Çizelge</u></b>   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| Çizelge 3.1. Karakteristik delik boyutları, (mm).....   | 10                  |
| Çizelge 3.2. Minimum Bulon Önçekme Kuvveti, (kN)*.....  | 11                  |
| Çizelge 3.3. Mesnet şartları .....  | 21                  |
| Çizelge 3.4. Yükleme çeşitleri.....   | 22                  |
| Çizelge 4.1. Kolon temel birleşimleri.....  | 24                  |
| Çizelge 7.1. Ankraj sayısının değişimine göre taban levhası üzerinde oluşan gerilme değerleri.....                | 84                  |
| Çizelge 7.2. Ankraj sayısına göre birleşimlerin kolon üst ucunda oluşan en büyük yer değiştirmeler.....           | 85                  |
| Çizelge 7.3. Taban levhası kalınlığına göre birleşimlerin kolon üst ucunda oluşan en büyük yer değiştirmeler..... | 86                  |
| Çizelge 7.4. Taban levhası kalınlığına göre taban levhası üzerinde oluşan en büyük gerilmeler.....                | 87                  |



## 1. GİRİŞ

Bir çelik yapıda en önemli yapı bölgelerinin birleşimler olduğu rahatlıkla söylenebilir. Birleşimlerin yüklemeler altındaki kapasiteleri, aslında yapı toplam kapasitesini de belirleyen önemli ayrıntılardandır. Bu noktada özellikle deprem yükleri altında çelik yapıların performansı birleşimlerin performansı ile doğrudan ilgili olmaktadır. Kuşkusuz bu birleşimlerden birisi de üst yapıdan gelen yükleri temele aktaran kolon taban levhası temel birleşimidir. Bu çalışmada kolon-temel birleşimleri incelenmiştir. Çalışmada, konunun önemine dikkat çekilerek taşıyıcı sistem üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Çelik yapılara yönelim özellikle son yıllarda ülkemizde giderek artmaktadır. Çelik yapıların kullanımının artması, beraberinde yeni detay çözümleri zorunlu kılmaktadır. Birleşim detayları çelik yapılar için en önemli detaylardır. Kolon-kiriş birleşimleri, kolon ayakları, kolon ekleri, çelik yapıların en kritik kısımlarıdır (Yalçın, 2010). Kolon ayakları, kolondan gelen yükleri betonarme temele aktarır. Bu yükler, sadece düşey kuvvet veya düşey kuvvetle birlikte yatay kuvvet ve moment olabilir. Düşey ve yatay kuvvetlerin yanında, temele moment aktaran kolon ayaklarına “ankastre ayak” denir. Genellikle büyük momentler bahis konusu olduğunda, ankraj bulonlarına büyük çekme kuvvetleri gelir. Ankraj bulonlarının ve taban levhalarının temele bu kuvvetleri aktaracak şekilde bağlanmış olmaları gerekir. Kolon ayaklarından gelen yüklerin temele aktarılmasında oluşan sorunlar yapının taşıyıcı sistemini etkileyecektir (Civelek, 2010). Kolon taban levhasının betonarme temelle birleştiği bölgeler, korozif maddelerin toplanması için çok müsait yerlerdir. Bu bölgeler korozyona neden olabilecek maddelerin birikmesine yol açacak şekilde kavisli olmamalıdır(Şekil 1.1.) (Kaftan, 2006).



**Şekil 1.1.** Çelik kolon taban levhası yerleşim detayı.

Ayrıca, kolonları taban levhasına bağlarken kullanılan berkitme levhaları karmaşık yapıda olmamalıdır. Çünkü bu bölgeler korozif malzemeleri tutar ve kolay temizlenemez (Kaftan, 2006).

Genel olarak kullanılan taban levhası plakaları standart özelliklere sahiptir. Taban levhası plakaları genellikle piyasa koşullarında en kolay temin edilebilecek kalitede yapı çeliğinden imal edilmektedirler. Genel olarak taban levhaları, günümüz ileri teknolojik imkânları kullanılarak sıcak kesme ile boyutlandırılır (Fisher and Kloiber, 2006). Bu amaçla lazer ve plazma kesim tezgâhları yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Kolon taban levhalı birleşimler çelik yapı ve temel arasında kritik arayüzdür. Bu birleşimler yerçekimi yüklerine ve yanal yüke dayanıklı sistemlerin bir parçası olarak binalarda kullanılır. Bununla beraber, titreşim ve rüzgar yüklerinin sebep olduğu yorulmaya maruz kalmaları durumunda, ekipman montajında ve dış mekan destek yapılarında kullanılabilirler (Fisher and Kloiber, 2006).

Taban levhalarının malzeme seçimi ve tasarım detayları, çelik yapıların yük altındaki performansının yanında kurulum maliyetini de önemli ölçüde etkileyebilir (Fisher and Kloiber, 2006).

Bu çalışmada, çelik yapılarda taşıyıcı sistem için önemli olan kolon ayağı-temel birleşim bölgesinde kullanılan taban levhası, rijitlik levhaları ve ankraj çubukları hakkında detaylı bilgi verilmiş ve temel-kolon birleşim bölgesinin taşıyıcı sistem üzerindeki önemi tartışılmıştır. Belirli boyut ve detaylara sahip olan çelik kolon-taban levhası birleşimlerinin sonlu eleman yöntemi ile analizleri ANSYS® Workbench yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, temel kolon birleşimini oluşturan elemanlardan, yüksekliği 750 mm olarak sabit tutulan farklı tipte kolon profilleri (HE600B, KUTU 400x400x12,5 mm ve BORU 339,7x13 mm), farklı kalınlıkta taban levhaları (840x840x20 mm ve 840x840x30 mm) ve farklı sayıda ankraj çubukları (30 mm çap) kullanılarak farklı tip birleşimler tasarlanmıştır. Bazı birleşimlerde rijitlik levhaları kullanılmıştır. Birleşimlerin her biri 4 ayrı yüklemeye maruz bırakılarak toplamda, 64 farklı statik analiz gerçekleştirilmiştir. İlk üç yüklemeye, taban levhasına kaynakla bağlanmış kolonun üst ucuna 50, 100 ve 150 kN olarak değişen sabit yatay yükler uygulanmıştır. Dördüncü yükleme, SAP2000 yapısal analiz yazılımı ile ön analizleri

Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde yer alan yükleme protokollerine göre yapılmış olan 15 katlı konut binasının temel mesnet reaksiyon kuvvetlerinden ( $F=MNT$ ) oluşmaktadır. Bütün yüklemeler için gerçekleştirilen analizlerde, hem geometrik hem de malzeme için doğrusal olmayan parametreler dikkate alınmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Fisher and Kloiber (2006), Taban levhaları ve ankraj çubukları genellikle son yapısal eleman olarak tasarlanır fakat şantiyede ilk kullanılması gereken kısımdır. Yapısal çelik ve betonarme betonun arayüzünde meydana gelebilecek problemleri birlikte talep eden program sadece yapısal gereklilikleri değil aynı zamanda ankraj çubuğu düzenlemeleri ve toleranslar gibi yapılabirlik konularını da dikkate almayı gerekli kılmaktadır. Ankraj çubuklarının doğru yerleştirilmesinin önemi üzerinde çok durulmaz. Bu, yapıyı güvenli olarak kurabilmenin anahtar bileşenlerinden birisidir.

Gholampour ve ark. (2010), dairesel taban levhaları köprü halatlarının direklerinde, aydınlatma direklerinde, elektrik nakil hatlarında ve binalardaki dairesel kolonlarda yaygın olarak kullanılır. Bazı yapılarda temel ile taban levhası arasında bir boşluk olduğu düşünülür. Bu durumda taban levhasının tasarımında basınç bulonlarının temele basınç kuvvetlerini ilettiği göz önünde bulundurulur. Bu çalışmanın amacı çekme ve basınç kuvvetlerinin bulonlarla temele iletilmesi durumunda eksenel yük ve büyük burulma momenti uygulandığında dairesel taban levhasının tasarım üzerindeki etkisidir.

Lee ve ark. (2008a), tarafından zayıf eksen etrafında eğilme davranışı gösteren açıkta kolon-taban levha bağlantılarının tasarımında kullanılan Drake ve Elkins yönteminin değerlendirilmesi ve büyük kolon yerdeğiştirmeleri altında bağlantı elemanlarında (kolon, taban levha ve ankraj bulonu) relatif dayanım oranlarının bağlantı davranışına etkisini incelemek amacıyla parametrik bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, bağlantının önemli birleşim ara yüzlerindeki ve farklı taban levha kalınlığına, ankraj bulon boyutuna ve harç basınç dayanımına sahip toplamda 43 adet üç boyutlu sonlu eleman ağı oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. Sonlu eleman analizleri, bu yöntemin bağlantı elemanlarının tasarımında kullanılması durumunda özellikle bağlantılarda nihai durumda istenilen davranışın elde edilmediğini göstermiştir.

Melenciuc ve ark. (2011), açıkta çelik kolon taban levhalarının çevrimsel yükleme altındaki davranışıyla ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Kolon taban levha birleşimlerinin denenmesi için, özel tasarlanmış olan ANCO sarsma tablası kullanılmıştır. Çelik kolon deneyleri, eksenel yük uygulanmadan (kolonun kendi ağırlığı hariç), yanal

doğrultuda yatay yük etkisi altında gerçekleştirilmiştir. Deney sonunda, birleşim kolonda plastik mafsalin oluşumu ile göçmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, birleşim bölgesindeki davranışı taban levhası kalınlığının önemli oranda etkilediği görülmüştür.

Rosça ve ark. (2013), taban levhası altındaki betonun ve taban levhasının birlikte çalışmasını incelemişlerdir. Basınç etkisinde beton dayanımı, beton temel malzemesine, harç tabakasının davranışına ve karmaşık duruma sahip taban levha beton temas alanına bağlıdır. Bu bileşenlerdeki dayanımı belirlemek için çeşitli modeller sunulmuş ve deneyler ile doğrulanmıştır. Ayrıca, modelleme sırasında literatürdeki çeşitli varsayımları benimsemiştir. Sonuç olarak, taban levhası ile ilgili literatürdeki çalışmalar ve farklı yönetmelik tasarım yöntemleri incelenmiş, taban levhası altındaki basınç taşıma alanı için her modelde farklı varsayımlar kullanıldığı ve basınçta beton dayanımının taban levha kalınlığına, çelik ve beton sınıfına bağlı olduğu gösterilmiştir.

Tsavidaridis ve ark. (2015), İki eksenli moment altında veya çok sayıda sabitleme çubuğu kullanıldığında kolon taban plakası bağlantılarının analizi karmaşık olur. Bu karmaşık bağlantılar, önerilen, güncel sonlu elemanlar modelleme tekniklerine ve analitik formülasyonlara uygun olmamasına rağmen, mühendislik uygulamasında düzenli olarak bulunur. Bu uygunluk eksikliği, pratik olmayan kolon taban levhasının ideal formlarının geliştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, gerilme altında tek başlıklı ankrajların sonlu eleman çalışmaları, beton içinde gömülü başlıklı ankraj çubuğunun sertliğini tanımlayan basit bir denklemin türetilmesinin önemi tartışıldı.

Wald ve ark. (2008), bileşen yönteminin çelik kolon taban levha üzerindeki uygulamasını incelemişlerdir. Eksenel yük etkisi altındaki kolon taban levhasında mukavemet momenti ve berkitme levhalarını belirlemek için analitik bir model sunmuşlardır. Analitik model test sonuçları ile kontrol edilmiştir. Ayrıca, taban levha kalınlığı ve ankraj bulunu uzunluğu ile ilgili de bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, önerilen modelin taban levhası dayanımı ve berkitme levhasının belirlenmesi için kullanılabilmesi ve yapılan tahminin başarısının bileşenlerin doğru olarak modellenmesine bağlı olduğu sonucu elde edilmiştir.

### **3. KOLON AYAKLARI**

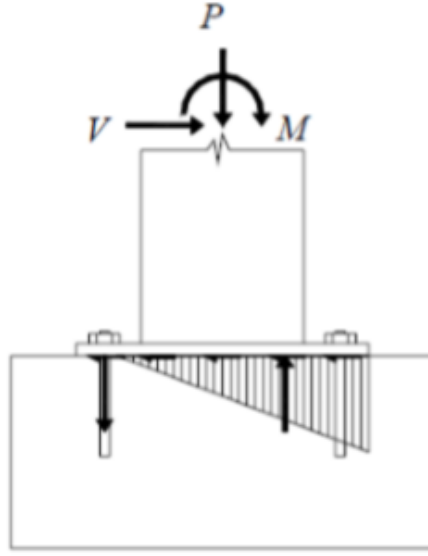
Kolon ayakları, kolondan gelen yükleri beton veya betonarme temele aktarır. Bu yükler, sadece düşey kuvvet veya düşey kuvvetle birlikte yatay kuvvet ve moment olabilir. Düşey ve yatay kuvvetlerin yanında, temele moment de aktaran ayaklara ankastre ayak denir. Genellikle büyük momentler bahis konusu olduğundan, ankraj bulonlarına büyük çekme kuvvetleri gelir ve ankraj bulonlarının temele bu kuvvetleri aktaracak şekilde bağlanmış olmaları gerekir (Şehirli 2011).

#### **3.1. Kolon Taban Levhalarının Sınıflandırılması**

Kolon taban levhaları genel olarak açıkta kolon taban levhaları ve gömülü kolon taban levhaları olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır (Grauvilardell ve ark 2005).

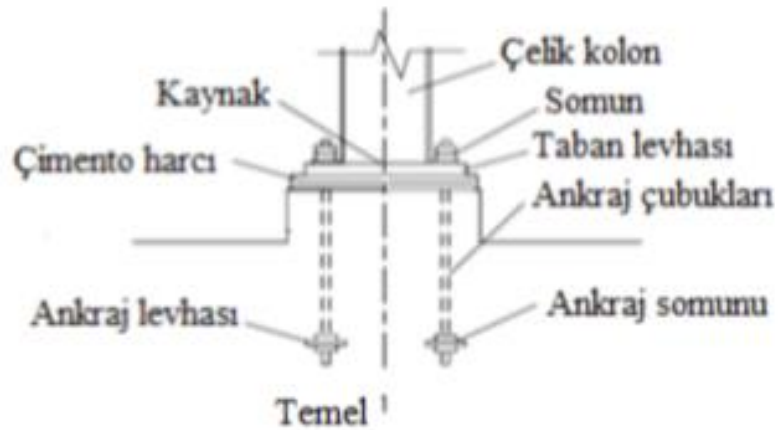
##### **3.1.1. Açıkta Kolon Taban Levhaları**

Açıkta kolon taban levha birleşimi, deprem etkisinin önemli olduğu ve olmadığı bölgelerdeki çelik yapılarda kullanılabilir. Bu tip kolon taban levhalarında meydana gelen yük aktarım mekanizması Şekil 3.1'te görülmektedir. Bu birleşim bölgesi; taban levhasına kaynaklanmış çelik kolon ile beton bloğa veya temele bulonla birleştirilmiş taban levhasından oluşmaktadır. Bu bağlantılarda, moment ve eksenel kuvvet, basınç bölgesinde beton temel bloğuyla, çekme bölgesinde ankraj bulonlarıyla karşılanmaktadır. Kesme kuvvetleri ise ankraj bulonlarında kesme ve taban levhası ile temel arasındaki sürtünme kuvveti ile karşılanmaktadır.



**Şekil 3.1.** Açıkta kolon taban levhası yük aktarım mekanizması.

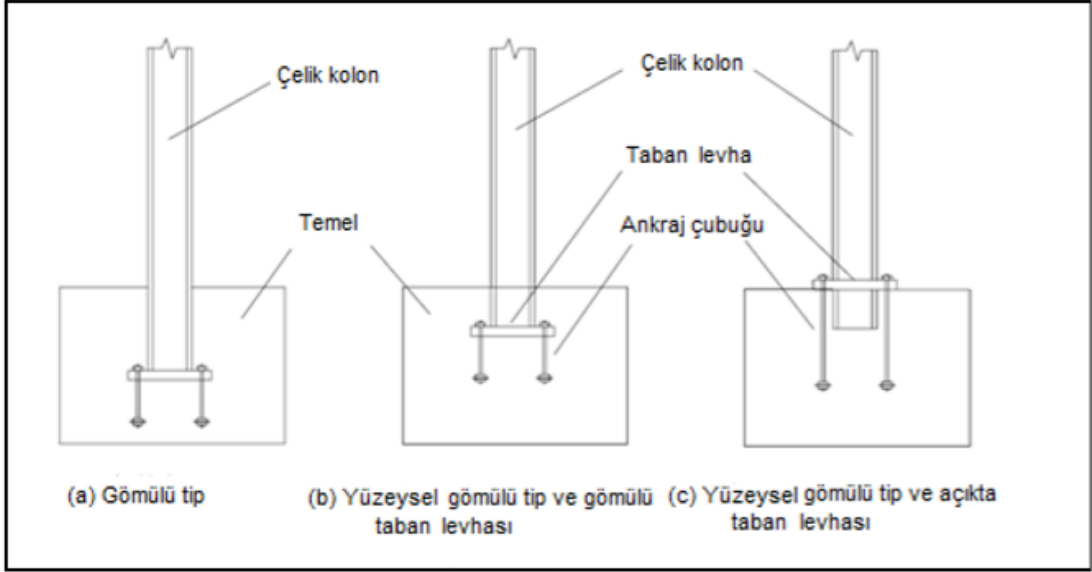
Açıkta kolon taban levhasının dönme rijitliği, taban levhasının kalınlığına ve boyutlarına, aynı zamanda ankraj bulonları tarafından karşılanan çekme kuvvetine bağlıdır(Kingsley 2005). Açıkta kolon taban levhası ile yarı ankastre uç koşulları elde edilmesine rağmen dönme rijitliğinin sınırlı olmasından dolayı genellikle mafsallı mesnet olarak modellenmektedir(Grauvilardell ve ark 2005). Şekil 3.2'te tipik bir açıkta kolon taban levhası görülmektedir.



**Şekil 3.2.** Açıkta kolon taban levhası birleşimi.

### 3.1.2 Gömülü Kolon Taban Levhaları

Bu tip kolon taban levhaları, betonarme bir temele veya bir kiriş içine doğrudan gömülmüş birleşimleri kapsamaktadır. Gömülü taban levhaları, genellikle ofis ve diğer ticari bina uygulamalarında kullanılmaktadır. Momentler, aksenal kuvvetler ve kesme kuvveti, çoğunlukla kolon ve taban levhasının betona mesnetlenmesiyle karşılanır. Yük aktarım mekanizmasında taban levhasının fonksiyonu farklıdır, birleşimin aksenal kapasitesinin artırılmasına yardım eder. Ankraj ubukları yapı yükleri için tasarlanırlar. Ankrajlar birleşim davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptirler. Kolonun gömülü kısmının ve taban plakası-ankraj çubuğunun üst üste binme davranışı mekanizmasıyla meydana gelen yalnızca yüzeysel gömülü kolon temellerin genel davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Grauvaridell ve ark 2005). Şekil 3.3'te gömülü taban levhalarının bağlantı tipleri görülmektedir.



Şekil 3.3. Gömülü kolon taban levhaları.



## **3.2. Ankraj Çubuğu ve Ankraj Bulonu Tipleri**

### **3.2.1. Bulonlar**

Yönetmelikte, bulon; başlıklı, silindirik gövdeli, dış açılmış kısmı bulunan birleşim aracı (cıvata) olarak tanımlanmıştır (ÇYTHYE, 2018). Bulonlar, Normal bulonlar (HR bulonları), Yüksek mukavemetli bulonlar (HV bulonları) ve Karbon çeliği ve alaşımli çelikten imal edilmiş bulonlar olarak sınıflandırılırlar.

#### **3.2.1.1. Normal Bulonlar**

Yönetmelikte, bu tür bulonların basit sıkma yönteminin uygulandığı ezilme etkili birleşimlerde kullanılacağı ve montajları sırasında öngörme kuvveti uygulanmayacağı belirtilmiştir (ÇYTHYE, 2018).

Bulonların kullanım alanları;

- Geçici birleşimlerde ve yapılarda,
- Şantiye birleşimleri ve eklerinde,
- Dinamik karakterli yüklerin aktarılmasında (Öngermeli Bulonlar),
- Farklı malzemelerin birbirlerine bağlanmasında (Örneğin: alüminyum ve çeliğin bağlanmasında),
- Birleşimin yapıdaki yeri, şekli ya da parçaların ebatları diğer birleşim araçlarının kullanılmasına uygun değil ise,
- Eksenleri doğrultusunda büyük çekme kuvveti alan perçinlerin yerine,
- Mafsallarda pim olarak (Yelgin 2018).

Yönetmelikte, bulonlar için maksimum delik boyutları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Kolon ayakları taban levhalarının temele ankrajı için daha büyük bulon deliklerinin kullanılmasına izin verileceği belirtilmiştir (ÇYTHYE, 2018).

**Çizelge 3.1.** Karakteristik delik boyutları, (mm).

| Bulon | Delik Boyutları                 |                              |                                      |                                      |
|-------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|       | Standart Dairesel Delik Çapları | Büyük Dairesel Delik Çapları | Kısa Oval Delik (Genişlik x Uzunluk) | Uzun Oval Delik (Genişlik x Uzunluk) |
| M16   | 18                              | 20                           | 18 x 22                              | 18 x 40                              |
| M20   | 22                              | 24                           | 22 x 26                              | 22 x 50                              |
| M22   | 24                              | 28                           | 24 x 30                              | 24 x 55                              |
| M24   | 26                              | 30                           | 26 x 32                              | 26 x 60                              |
| M27   | 30                              | 35                           | 30 x 37                              | 30 x 67                              |
| M30   | 33                              | 38                           | 33 x 40                              | 33 x 75                              |
| ≥ M36 | $d+3$                           | $d+8$                        | $(d+3) \times (d+10)$                | $(d+3) \times 2,5d$                  |

Yönetmelikte, standart dairesel delik çapları veya kuvvet doğrultusunda dik kısa oval delik çapları bu esaslar kapsamındaki koşullar altında kullanılacağı belirtilmiştir. Yönetmelikte, standart dairesel delik çapının kullanıldığı sürtünme etkili birleşimlerde, 6 mm kalınlığında parmak şeklinde besleme levhalarının, bulonların karakteristik dayanımını azaltmadan kullanılmasına izin verileceği belirtilmiştir.

Yönetmelikte, kısa oval deliklerin ezilme etkili ve sürtünme etkili birleşimlerin herhangi bir parçasında veya tümünde kullanılmasına izin verilebileceği belirtilmiştir. Sürtünme etkili birleşimlerde oval doğrultu yük doğrultusundan bağımsız olarak konumlandırılabilmesi belirtilmiştir. Ancak ezilme etkili birleşimlerde, oval doğrultu yük doğrultusuna dik olarak oluşturulacağı belirtilmiştir. Yüksek dayanımlı bulonların kullanılması halinde, en dış parça içinde yer alan kısa oval deliklerin üzerinde sertleştirilmiş pullar teşkil edileceği belirtilmiştir (ÇYTHYE, 2018).

### 3.2.1.2. Yüksek Mukavemetli Bulonlar

Yönetmelikte, bulonlar en çok kullanılan çözülebilen bağlama elemanları olarak tanımlanmıştır. Yüksek mukavemetli çelikten üretilen bulonlara yüksek mukavemetli bulon (HV bulonlar) olarak belirtilmiştir. Yüksek dayanımlı bulonlar basit sıkma yönteminin uygulandığı ezilme etkili birleşimlerde kullanılabileceği belirtilmiştir (ÇYTHYE, 2018).

Yönetmelikte, aşağıda belirtilen durumlarda, önçekme verilen yüksek dayanımlı bulonların kullanılmasının sağlanacağı belirtilmiştir.

(a) Sadece çekme kuvveti veya çekme ile kesme kuvvetlerinin ortak etkisi altındaki birleşimler,

(b) Titreşim etkisi altında bulonların gevşemesinin tasarım koşulu olduğu birleşimler,

Yönetmelikte, önçekme verilerek kullanılacak tüm yüksek dayanımlı bulonlara, Çizelge 3.2’de verilen çekme kuvvetlerinden az olmayacak şekilde ön çekme uygulanacağı belirtilmiştir. Önçekme kuvveti uygulamasında, somun döndürme, çekme kuvvetini doğrudan belirten göstergeç, çekme kontrollü bulon, göstergeli sıkma anahtar yöntemlerinden birinin kullanılabileceği belirtilmiştir (ÇYTHYE, 2018).

**Çizelge 3.2. 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         |

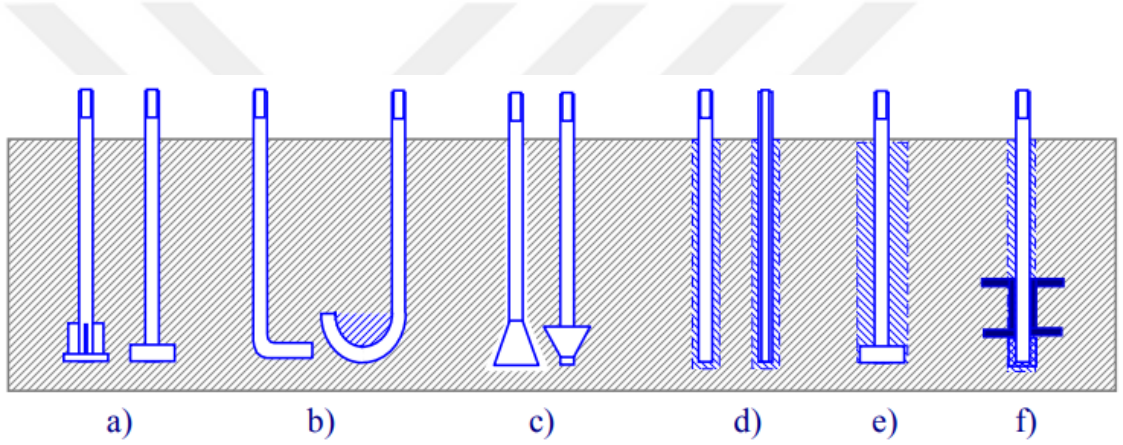
\*:Minimum önçekme kuvveti, bulonların minimum çekme kuvveti dayanımının %70’i olarak belirlenmektedir.

### **3.2.1.3. Karbon Çeliği ve Alaşımli Çelikten İmal Edilmiş Bulonlar**

Yönetmelikte, bağlama elemanlarının mekanik özellikleri TS EN ISO 898-1:2013’de belirtilen karbon çeliği ve alaşımli çelikten imal edilmiş, belirtilen mukavemet sınıfına sahip bulonlar (cıvatalar) olarak belirtilmiştir (ÇYTHYE, 2018).

### 3.2.2. Ankraj Bulonları

Bir kolon tabanı denildiğinde; kolon, taban levhası ve bunların birleşimi anlaşılmalıdır. Ankraj bulonlarının esas amacı çekme kuvvetlerini temele aktarmaktır. Bu kuvvetler çekme kuvveti veya eğilme momentinin bir bileşeni olarak kolonun bir tarafında oluşan çekme kuvvetleridir. Şekil (3.4)'de farklı tiplerde ankraj bulonları görülmektedir. En çok kullanılan tipler ekonomik olmalarından dolayı yerinde döküm başlıklı ve kancalı ankraj bulonlarıdır. Çok pahalı olması sebebiyle beton temele gömülmüş kirişlere sabitleme, sadece büyük eğilme momenti ile yüklenen kolon tabanları için tasarlanabilir (Amaral 2014).

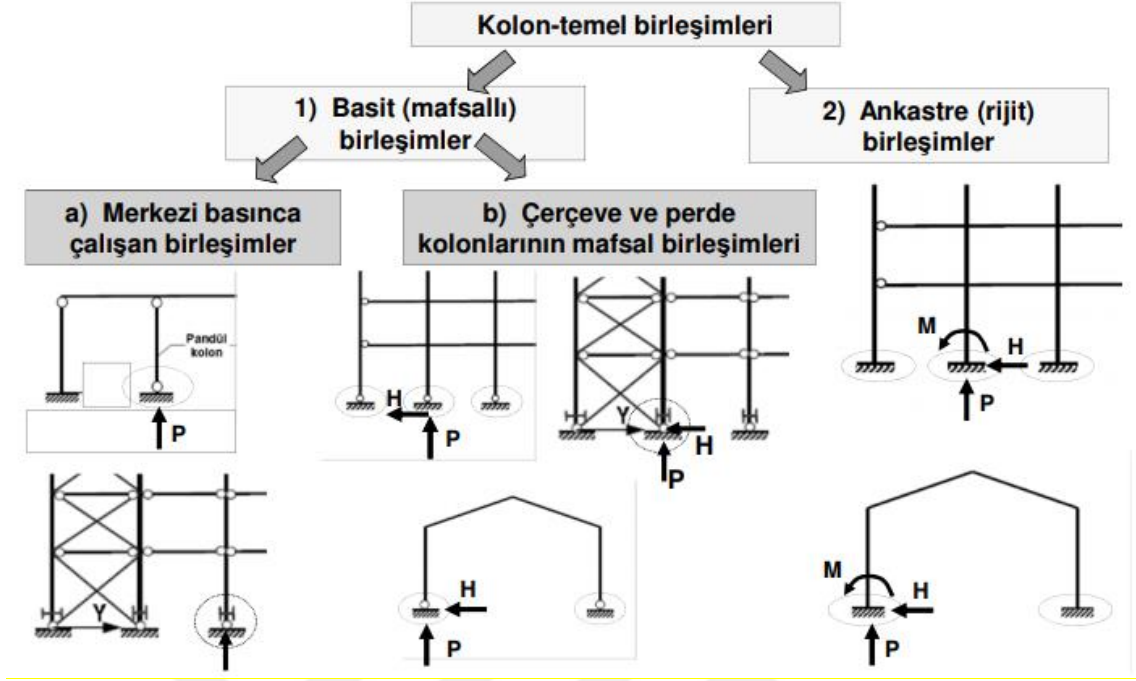


Şekil 3.4. Ankraj bulonu tipleri (CEB, 1997).

Şekil 3.4 a'da yerinde döküm başlıklı ankraj bulonları, b'de kancalı bulonlar, c'de konik uçlu ankraj bulonları, d'de sürtünmeyle yük aktaran ankraj bulonları, e'de harçla yük aktaran ankraj bulonları ve f'de enine kirişlere yük aktaran ankraj bulonları görülmektedir.

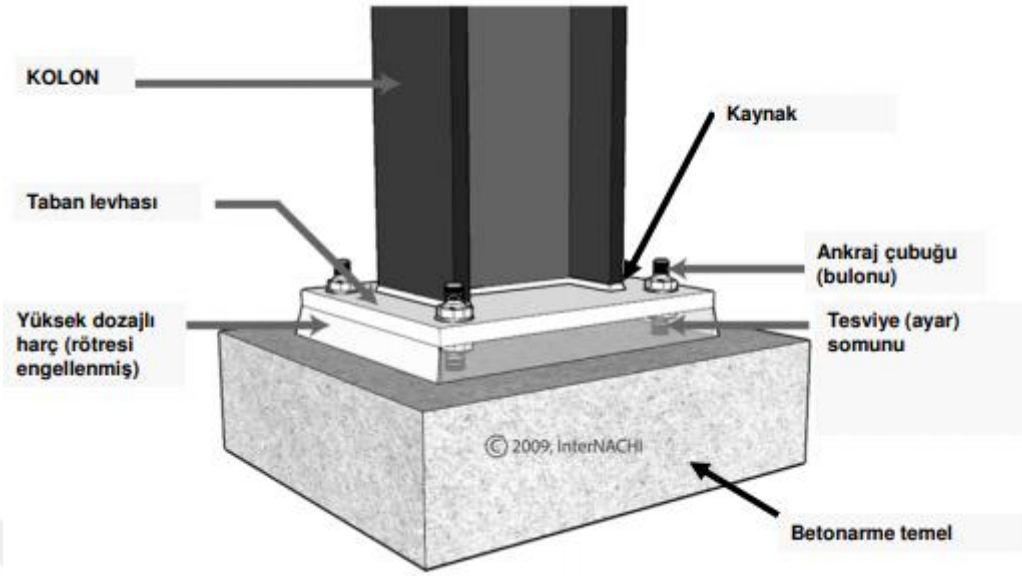
### 3.3. Taban Levhalarının Yerleşimi ve Kolon Tabanı-Temel Birleşim Şekilleri

Kolon-temel birleşimleri taşıyıcı sistemin özelliklerine bağlı olarak farklı mesnet tepkilerinin temele aktarıldığı çelik yapı bölümüdür. Şekil 3.5'de kolon-temel birleşimleri detayı görülmektedir.



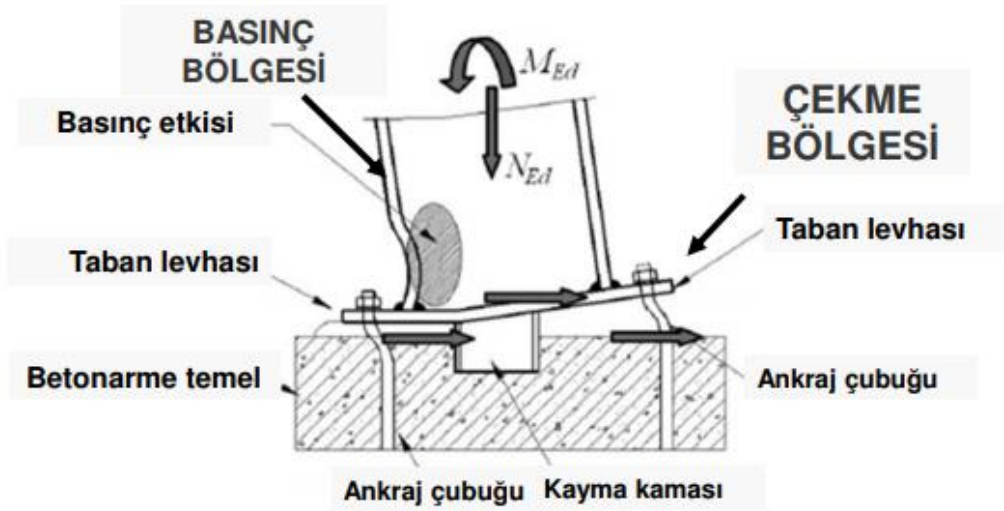
Şekil 3.5. Kolon-temel birleşimleri (Türker K., 2018).

Kolon, taban levhasına köşe veya küt kaynak dikişleri ile bağlanır. Bu işlem genellikle atölyede yapılır. Taban levhası çelik kolondaki yüksek basınç gerilmelerini betonun taşıyabileceği düzeye indirmek ve temele aktarmak amacıyla kullanılırken, ankraj çubukları çelik kolon taban levhasının bir tarafında oluşan çekme gerilmelerini ve yatay mesnet tepkisini temele aktarmak amacıyla kullanılır. Şekil 3.6'da kolon-temel birleşiminin bileşen detayı görülmektedir.



Şekil 3.6. Kolon-temel birleşiminin bileşenleri (Türker K., 2018).

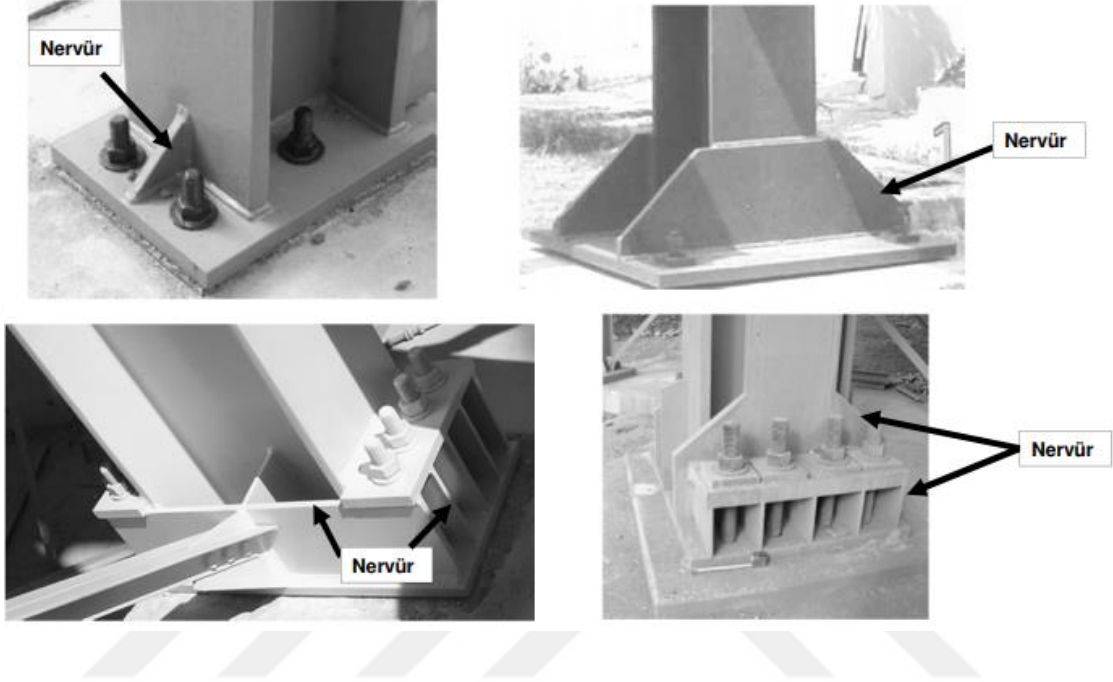
Normal kuvvet ve eğilme momenti etkisi altındaki kolon-temel birleşim davranışı Şekil 3.7'de görülmektedir (Türker K., 2018).



Şekil 3.7. Moment-normal kuvvet-kesme kuvveti etkisindeki kolon-temel birleşiminin davranışı (Türker K., 2018).

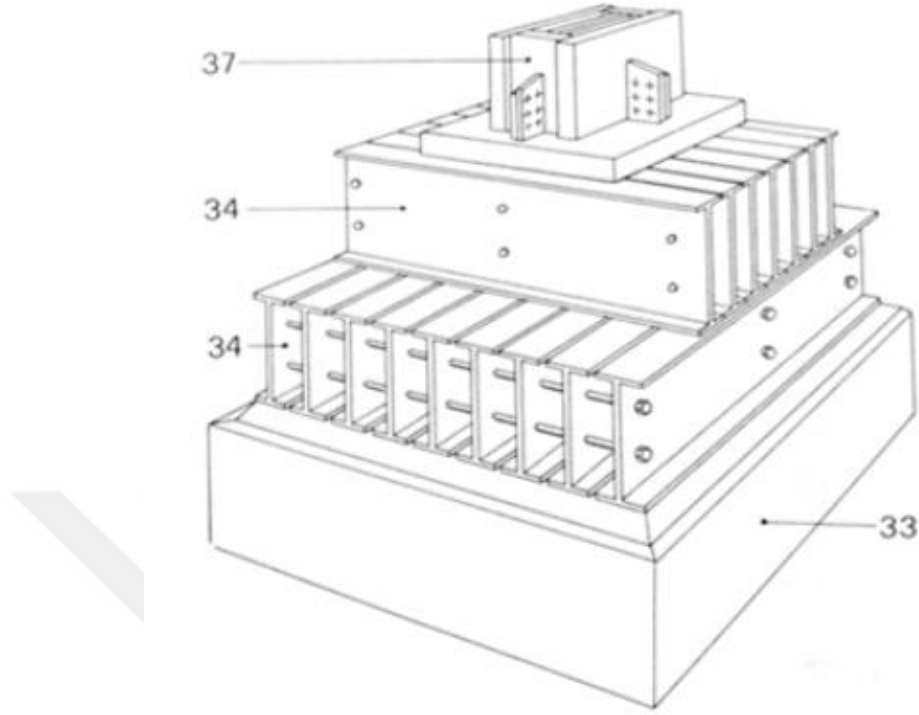
Betonun düşük kalitede olması veya büyük aksenal kuvvet olması gibi durumlarda kolon profili en kesitine göre büyük taban levhası gerektiğinde, taban levhasının kalınlığını

azaltmak için dişey nervür levhaları kullanılır. Bu nervür levhaları taban levhasının boyutlarına göre bir yönde veya iki yönde uygulanabilir. Şekil 3.8'de nervürlü kolon-temel birleşimlerinin detayı görölmektedir.



Şekil 3.8. Nervürlü kolon-temel birleşimleri (Türker K., 2018).

Eksenel yükün çok büyük olması durumunda taban levhası yerine eğilme dayanımı yüksek olan profiller (çoğunlukla I profili) kullanılabilir. Yeter sayıda profil birbirine kaynak ile bağlanarak tabanda bir ızgara teşkil edilir. Şekil 3.9'da ızgaralı kolon-temel birleşiminin detayı görölmektedir (Türker K., 2018).



**Şekil 3.9.** Izgaralı kolon-temel birleşimi (Türker K., 2018).

### **3.4. Malzeme Seçimi**

Modern yapı çeliği işçiliğinde görülen değişik birleşim tipleri arasından kolon ayakları öngörülmesi oldukça zor yarı rijit bir davranış sergilemektedirler. Bunun sebebi, başlangıç kusurları, artık gerilmeler, malzeme özelliklerinde üniform olmayan dağılım, metal plastifikasyonu gibi genel doğrusal olmayan parametrelere ilave olarak, taban levhası, ankraj çubuğu ve beton gibi farklı malzemelerden imal edilmiş ve birbirine temas eden gövdelere etkileyen yükü tek taraflı aktaran kendi temel bileşenleridir (Sophianopoulos D. S. ve ark., 2005).

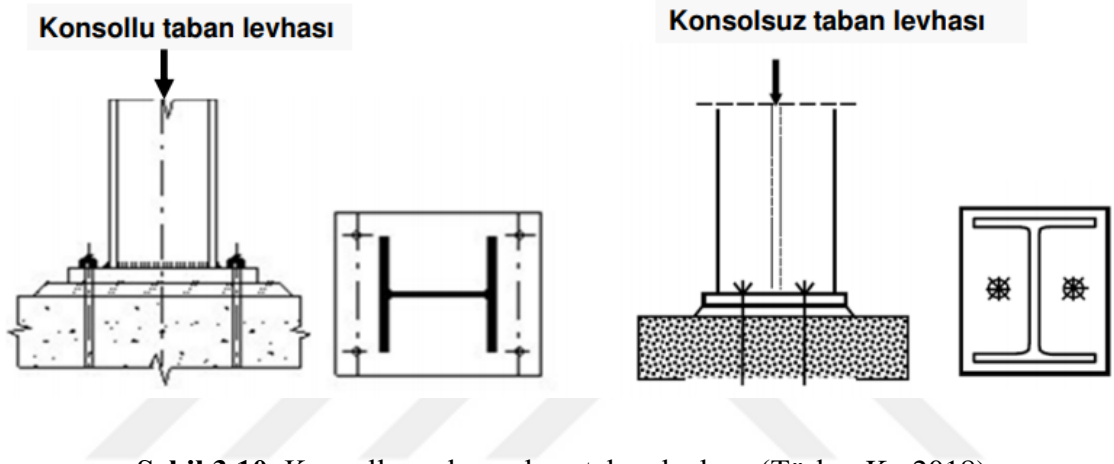
### **3.5. Kolon Ayağı Yerleşiminde Uygulama Detayları**

Taban levhaları, üst yapıdan üzerine gelen statik büyüklüklere göre boyutlandırılırlar. Taşıyacağı basınç kuvvetinin büyüklüğü, diğer statik etkilerin yanında tasarımı etkileyen önemli faktörlerdendir.



### 3.5.1. Düşük Basınç Yüküne Maruz Taban Levhalarının Boyutlandırılması

Düşük eksenel basınç kuvvetine maruz taban levhalarının boyutları profil boyutlarına eşit veya bir miktar büyük olmaktadır. Bu durumda taban levhasında konsollar oluşmamakta ve levhanın eğilme davranışı değişmektedir. Başlıklar arasında kalan bölge, konsollu duruma göre daha fazla eğilmeye maruz kalmaktadır. Konsollu ve konsolsuz taban levhalı betonarme temel-çelik kolon birleşimleri Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



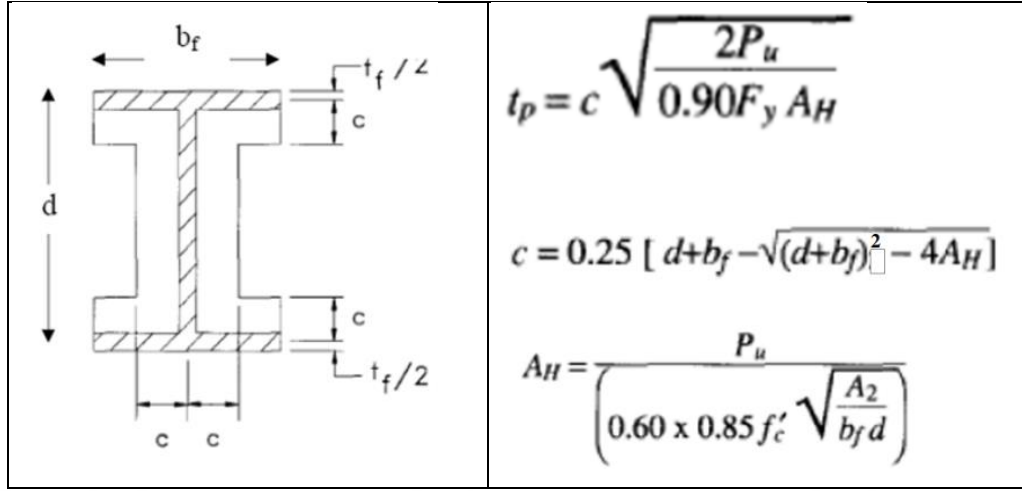
Şekil 3.10. Konsollu ve konsolsuz taban levhası (Türker K., 2018).

Bu tip taban levhalarının beton ezilme limit durumu kontrolü konsollu taban levhaları ile aynı şekilde yapılır. Taban levhası akma limit durumu için kullanılacak eğilme momenti, Şekil 3.11’de gösterilen etkin gerilme alanına dayanarak belirlenmektedir. Bunun için öncelikle  $c$  boyutu belirlenir.  $c$  boyutuna bağlı olarak minimum taban levhası kalınlığı  $t_p$ , Şekil 3.11’de verilen ifade ile belirlenir. Burada  $P_u$ , gerekli eksenel basınç kuvvetini ifade etmektedir.

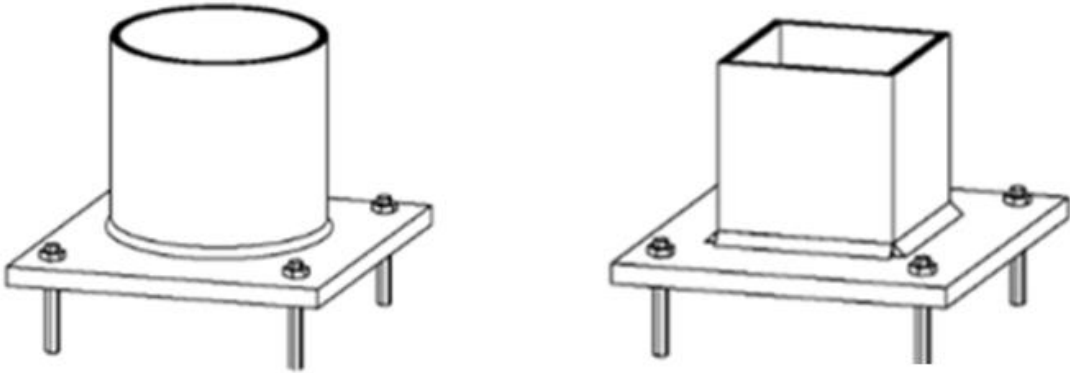
Şekil 3.11. Eğilme momenti için gerekli etkin gerilme alanı (Türker K., 2018).

### 3.5.2. Dikdörtgen ve Dairesel En kesitli Kolonların Taban Levhalarının Boyutlandırılması

Dikdörtgen ve daireSEL en kesitli kolonların taban levhası birleşimleri Şekil 3.12’de verilmiştir. Bu plakalarda konsollar oluşması durumunda hesaplamalar, I en kesitli

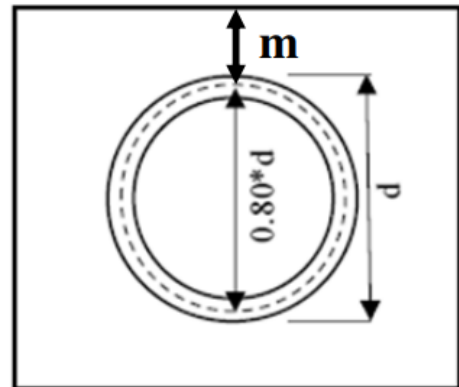
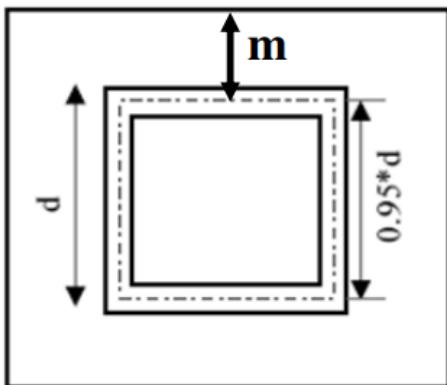


elemanlardaki levha hesaplarına benzer yaklaşımlar kullanılarak taban levhası boyutları beton ezilme limit durumuna göre benzer şekilde hesaplanır.



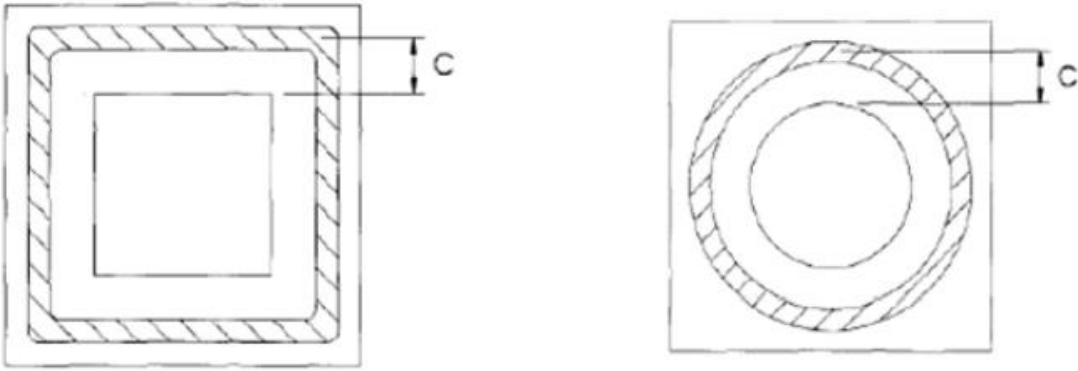
**Şekil 3.12.** Dikdörtgen ve dairesel en kesitli kolonların taban levhası (Türker K., 2018).

Taban levhası kalınlığı, Şekil 3.13’de verilen kritik kesitlerde oluşan eğilme momenti limit durumu esas alınarak belirlenir.



**Şekil 3.13.** Eğilme momenti limit durumunda esas alınan kritik kesitler (Türker K., 2018).

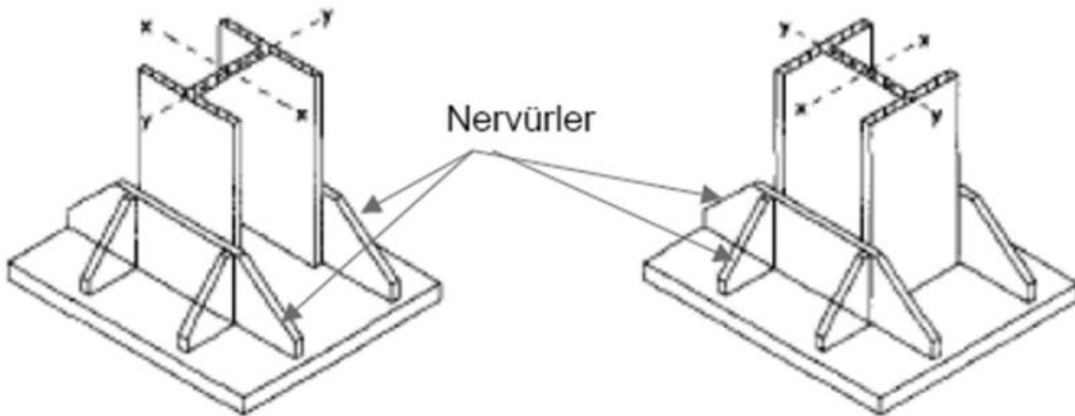
Bu tip kolonlarda kolon boyutlarına yakın, konsol boyları neredeyse sıfır olan taban levhaları kullanılırsa aşağıda Şekil 3.14’de gösterildiği gibi c boyutu ile tanımlanan etkin alan yaklaşımı kullanılabilir(Türker K., 2018).



**Şekil 3.14.** Etkin alan yaklaşımında kullanılan c boyutları (Türker K., 2018).

### 3.5.3. Nervürlü Taban Levhalarının Boyutlandırılması

Kolon aksenal yüklerinin büyük olması durumunda, taban levhalarının kalınlıklarının artması gerekmektedir. Bu kalınlıkları azaltmak amacıyla bir veya iki doğrultuda düşey nervürler kullanılabilir. Şekil 3.15’de bu nervür levhaları görülebilmektedir.

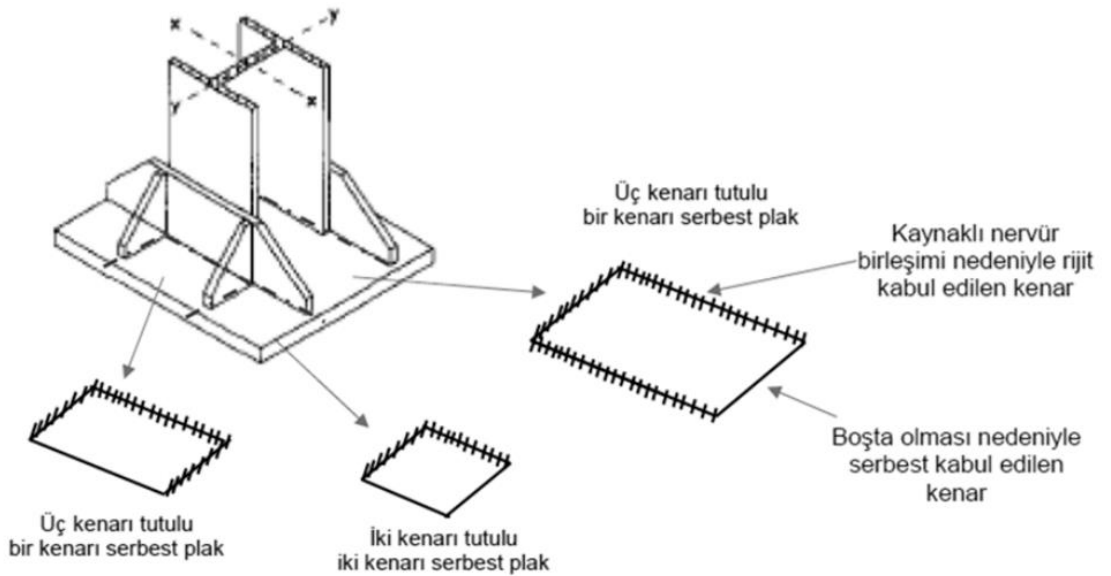


**Şekil 3.15.** Nervür kullanılan kolon-temel birleşimleri (Türker K., 2018).

Nervürlerin yerleşim düzeni taban levhasındaki eğilmeleri en aza indirecek şekilde yapılır. Nervür yükseklikleri ve kalınlıkları ise taban levhası konsollarında oluşan gerilmeleri karşılayacak özellikte olmalıdır. Eksenel kuvvetler aşırı büyük değerlerde olduğu zaman, çok sayıda nervür kullanmak yerine kolon tabanında eğilme rijitliği yüksek en kesitli profiller kullanılır. Bunlar ızgara tip kolon-temel birleşimleri olarak adlandırılır. Nervürlü taban levhalarının plan boyutları nervürsüz levhalarda olduğu gibi belirlenir.

|  |
|--|
| $F_p = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{A_2/A_1} \leq 1.7 \cdot f_{ck}$   |
| Beton için tasarım ezilme gerilmesi : $\phi_c \cdot F_p$ <span style="float: right;"><math>\phi_c = 0.65</math> alınır.</span> |

Nervürlü taban levhalarının kalınlıklarını belirleyebilmek için oluşacak maksimum eğilme momentlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Plak elemanlarda eğilme momentlerinin belirlenebilmesi için çeşitli mesnet ve yükleme koşulları için özel olarak hazırlanmış tablolardan yararlanılabilir. Ayrıca kolon ve taban levhası birlikte modellenerek sonlu elemanlar yöntemi ile de eğilme momentleri belirlenebilir. Eğilme momentlerinin belirlenmesi için, öncelikle Şekil 3.16’da gösterildiği gibi nervürlü bölgeler arasında kalan levha parçaları için uygun mesnet şartları idealleştirilir. Daha sonra her bir plak parçası için üniform taban gerilmesi ( $f_p$ ) yük olarak alınır ve tablolardan yararlanılarak maksimum eğilme momentleri belirlenir.



**Şekil 3.16.** Nervürlü bölgeler arasında kalan levha parçaları (Türker K., 2018).

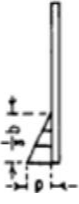
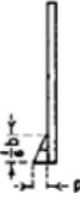
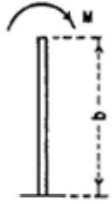
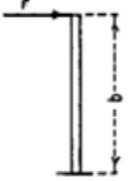
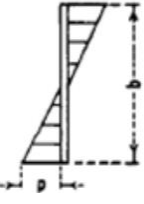
Bu aşamada, iki dik doğrultu için, hem açıklık momentleri hem de mesnet momentleri hesaplanıp büyük olan için tasarım yapılır. Çizelge 3.3'te mesnet şartları ve Çizelge 3.4'te yükleme çeşitleri durumları gösterilmiştir. Plak momentleri "Engineering Monograph No:27, Moments and Reactions for rectangular plates W.T. Moody" dokümanında verilen tablolardan yararlanarak belirlenmelidir.

**Çizelge 3.3.** Mesnet şartları

| Durum 1  | Durum 2   | Durum 3   | Durum 4   | Durum 5                         |
|--|---|---|---|---------------------------------|
| 3 kenar boyunca tutulu ve dördüncü kenar boyunca serbest levha | 3 kenar boyunca tutulu ve dördüncü kenar boyunca mafsallı levha | 1 kenar boyunca tutulu, karşı kenar boyunca serbest ve diğer iki kenar boyunca mafsallı levha | Bitişik iki kenar boyunca tutulu ve diğer iki kenar boyunca serbest levha | Dört kenar boyunca tutulu levha |

**Çizelge 3.4.** Yükleme çeşitleri

| Yükleme 1   | Yükleme 2  | Yükleme 3  | Yükleme 4  | Yükleme 5   |
|---|--|--|--|---|
| Levha yüksekliğinin tamamı üzerinde uniform yükleme | Levha yüksekliğinin 2/3'ü üzerinde uniform yükleme | Levha yüksekliğinin 1/3'ü üzerinde uniform yükleme | Levha yüksekliğinin tamamı üzerinde uniform değişken yükleme | Levha yüksekliğinin 2/3'ü üzerinde uniform değişken yükleme |

|   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| <b>Yükleme 6</b>  | <b>Yükleme 7</b>  | <b>Yükleme 8</b>  | <b>Yükleme 9</b>   | <b>Yükleme 10</b>   |
| Levha yüksekliğinin 1/3'ü üzerinde üniform değişken yükleme                       | Levha yüksekliğinin 1/6'sı üzerinde üniform değişken yükleme                      | y=b kenarı boyunca 1,2 ve 3 durumları için moment                                 | Serbest kenar boyunca 1 ve 3 durumları için üniform çizgisel yükleme               | y=b/2 yanında p=0 üniform değişken yükleme  |

#### 4. KOLON AYAKLARININ SONLU ELEMAN YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Bu bölümde kolon ayakları, sonlu eleman yöntemiyle analiz edilmiş ve analizlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, temel-kolon birleşimini oluşturan elemanlardan piyasada kullanılan farklı tipte kolon (HE600B, KUTU 400x400x12,5 mm ve BORU 339,7x13 mm profilleri), farklı kalınlıkta taban levhası (840x840x20 mm ve 840x840x30 mm) ve farklı sayıda ankraj çubukları (30 mm çap) kullanılarak farklı tipte birleşimler tasarlanmıştır. Tasarlanan birleşimlere ait detaylar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bazı birleşimlerde rijitlik levhaları kullanılmıştır. Birleşimlerin her biri 4 ayrı yüklemeye maruz bırakılarak toplamda 64 farklı statik analiz gerçekleştirilmiştir. İlk üç yüklemeye,

taban levhasına kaynakla bağlanmış kolonun üst ucuna 50, 100 ve 150 kN olarak değişen yatay yükler sırayla uygulanmıştır. Dördüncü yükleme, SAP2000 yapısal analiz yazılımı ile ön analizleri Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde yer alan yükleme protokollerine göre yapılmış olan 15 katlı konut binasının temel mesnet reaksiyon kuvvetleri, birleşimler üzerine Eğilme Momenti, Kesme Kuvveti ve Normal Kuvvet olarak uygulanmış ve analizleri yapılmıştır. Birleşimin sonlu elemanlar modeli ANSYS® Workbench yazılımı kullanılarak 3 boyutlu katı model olarak oluşturulmuştur. ANSYS Workbench programında önce kolon temel birleşimini oluşturan çelik ve beton elemanlar için malzeme özellikleri belirlenmiştir. Betonarme temel 940x940 mm ebatlarında C30 betonu malzeme mekanik özellikleri kullanılarak modellenmiştir. Sayısal analizlerin daha kolay yapılabilmesi için betonarme temel sadece 100 mm kalınlıklı olarak modele alınmıştır. Doğrusal olmayan analizlerde çeliğin gerçek davranışına yaklaşabilmek için çoklu doğrusal pekleşmeli izotropik malzeme modeli kullanılmıştır. Birleşim çeliği için akma gerilmesinin 300 MPa, kopma gerilmesinin 400 MPa, elastisite modülünün 215 GPa ve poisson oranının 0,35 olduğu varsayılmıştır (Sözen Ş., 2008). Sayısal modellerde, birleşimlerin tamamında 840x840 mm ebatlı 20 ve 30 mm kalınlıklı taban levhası ve bu taban levhasına kaynakla bağlanmış değişik enkesitli kolon profilleri dikkate alınmıştır. 30 mm çapındaki ankraj çubukları, gerçek davranışına en yakın olabilecek şekilde temel içinde sabit olarak modellenmiştir. Ayrıca, temel-taban levhası, taban levhası-bulonlar ve taban levhası-ankraj etkileşimleri sürtünmeli olarak tanımlanmıştır ve sürtünme katsayısı 0,1 olarak hesaba alınmıştır. Daha sonra malzeme özellikleri ve geometrisi tanımlanmış olan birleşimlerin kolon üst ucuna yatay yükler ve MNT kuvvetleri uygulanarak sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir. Analizlerde malzeme ve geometri bakımından doğrusal olmayan parametreler dikkate alınmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar gerilme ve yer değiştirme değerleri ve dağılımları bakımından Bölüm 4.2'de ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde Çizelge 4.1'de verilen birleşim kodları kullanılacaktır.

**Çizelge 4.1.** Kolon temel birleşimleri

| <b>Birleşim Kodu</b> | <b>Kolon Profili</b> | <b>Taban Levhası Kalınlığı</b> | <b>Ankraj Adedi</b> | <b>Rijitlik Levhası</b> |
|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|
|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|

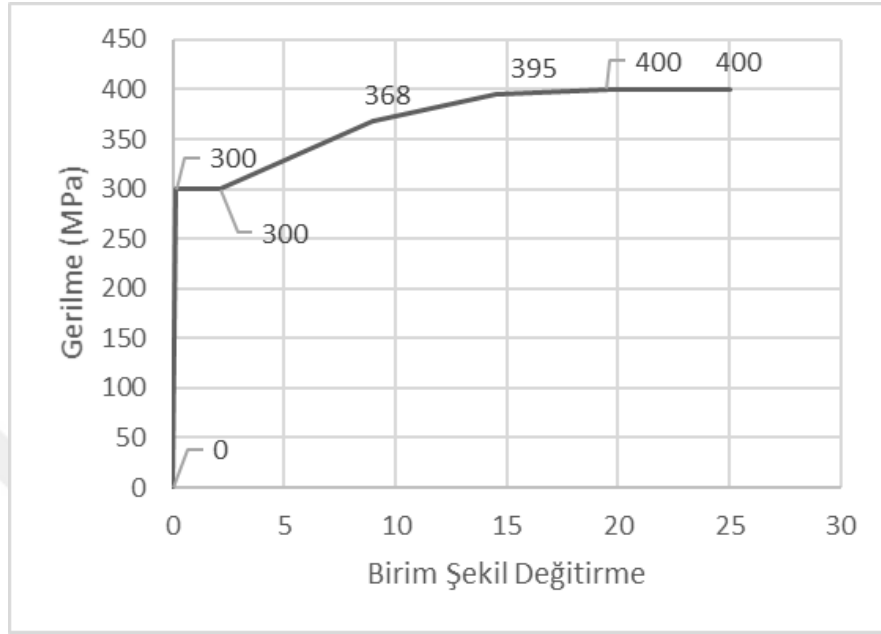
|         |              |       |   |     |
|---------|--------------|-------|---|-----|
| HE20A4  | HE600B       | 20 mm | 4 | Yok |
| HE30A4  | HE600B       | 30 mm | 4 | Yok |
| HE20A4R | HE600B       | 20 mm | 4 | Var |
| HE30A4R | HE600B       | 30 mm | 4 | Var |
| HE20A6R | HE600B       | 20 mm | 6 | Var |
| HE30A6R | HE600B       | 30 mm | 6 | Var |
| HE20A6  | HE600B       | 20 mm | 6 | Yok |
| HE30A6  | HE600B       | 30 mm | 6 | Yok |
| K20A4   | 400x400x12,5 | 20 mm | 4 | Yok |
| K30A4   | 400x400x12,5 | 30 mm | 4 | Yok |
| K20A6   | 400x400x12,5 | 20 mm | 6 | Yok |
| K30A6   | 400x400x12,5 | 30 mm | 6 | Yok |
| B20A4   | 339,7x13     | 20 mm | 4 | Yok |
| B30A4   | 339,7x13     | 30 mm | 4 | Yok |
| B20A6   | 339,7x13     | 20 mm | 6 | Yok |
| B30A6   | 339,7x13     | 30 mm | 6 | Yok |

#### 4.1. Yapısal Model ve Analiz Parametreleri

Yapısal modelleme ve analiz için ilk olarak birleşimlerde kullanılacak malzemeler ve özellikleri sonlu elemanlar programına tanımlanmıştır. Birleşimlerde temel betonunu temsil eden malzeme program kütüphanesinde yer alan malzemelerden C30 betonu olarak tanımlanmıştır. Birleşimi oluşturan yapısal elemanlardan değme yüzeyine sahip olanlar sürtünmeli birleşim olarak tasarlanmıştır. Daha sonra tüm birleşimler belirlenen yatay yüklerle ve mesnet reaksiyonlarıyla ayrı ayrı yüklenerek analizleri gerçekleştirilmiştir. Birleşimlerde kullanılan çelik malzemenin gerçek davranışına olabildiğince yakın temsil edilebilmesi için, sonlu elemanlar modelinde elastik olmayan, izotropik multi-lineer malzeme modeli kullanılmıştır. Birleşimlerde kullanılan çelik malzeme modeline ait gerilme-birim şekil değiştirme grafiği Şekil 4.1.'de verilmiştir. Bu modelde, akma gerilmesi  $\sigma_y=300 \text{ MPa}$ , kopma gerilmesi  $\sigma_u=400 \text{ MPa}$ , elastisite modülü  $215 \text{ GPa}$  ve poisson oranı  $0,35$  olarak alınmıştır. Malzeme modelinde bu gerilme değerleri için sırasıyla, akma gerilmesine karşılık %0.14 elastik birim şekil değiştirme ve kopma



gerilmesine karşılık %25 kopma birim şekil değıştirmesi malzeme modeline yansıtılmıştır.

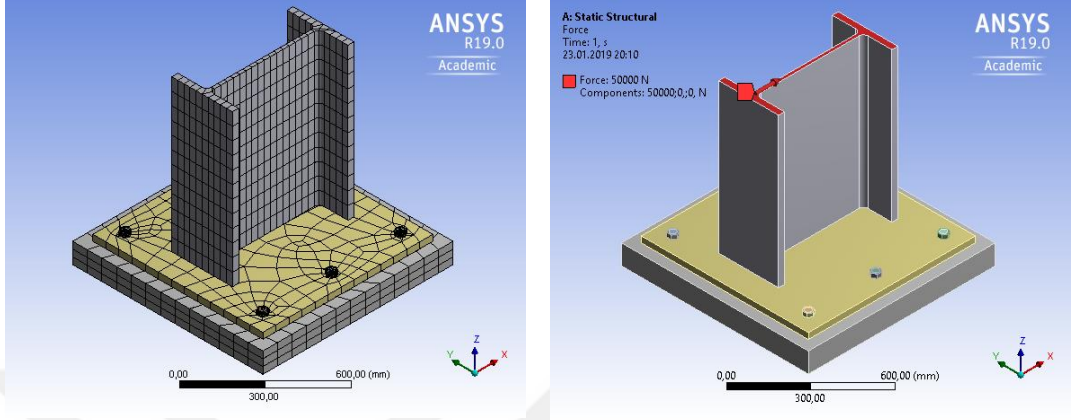


Şekil 4.1. Çelik malzeme modeline ait gerilme-birim şekil değıştirme grafiği

#### 4.2. Kolon-Taban Levhası Birleşimlerinde Analiz

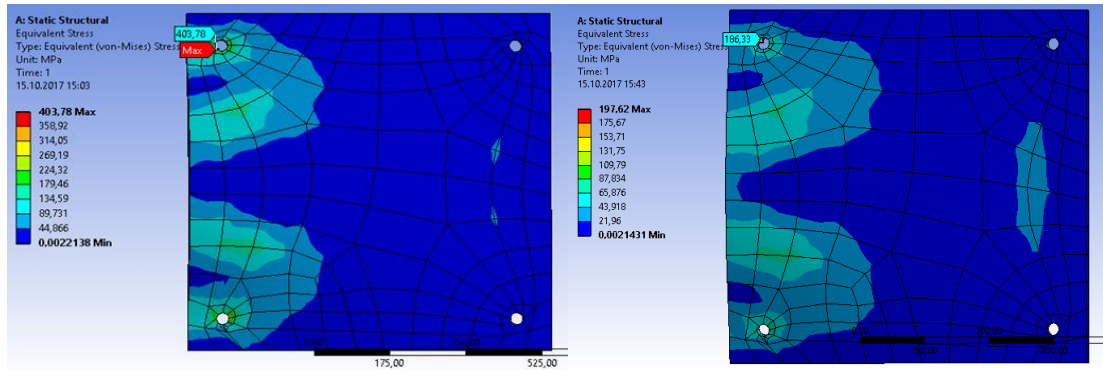
Boyutları ve detayları belirlenmiş olan açıkta çelik kolon-taban levhası birleşimlerinin analizi ANSYS Workbench programı kullanılarak sonlu eleman yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, temel kolon birleşimini oluşturan elemanlardan farklı tipte kolon, farklı kalınlıkta taban levhası, farklı sayıda ankraj çubukları ve bazı birleşimlerde rijitlik levhaları kullanılarak birleşimlerin her biri 4 ayrı yüklemeye maruz bırakılarak toplamda 64 farklı statik analiz gerçekleştirilmiştir. İlk üç yüklemeye, taban levhasına kaynakla bağlanmış kolonun üst ucuna  $F=50, 100$  ve  $150$  kN olarak değışen yatay yükler uygulanmıştır. Dördüncü yükleme, SAP2000 yapısal analiz yazılımı ile ön analizleri Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde yer alan yükleme protokollerine göre yapılmış (Aslan Z. Ü., 2015) olan 15 katlı konut binasının temel mesnet reaksiyon kuvvetleri olarak uygulanmış ( $V_x = -3223$  N,  $V_y = -21430$  N,  $N = -3047559$  N,  $M_x = 34012,2$  Nmm,  $M_y = -45005,6$  Nmm) ve 4 ayrı yükleme için sonlu eleman yöntemiyle nonlineer analiz yapılmıştır.

#### 4.2.1. HE600B kolon profilli taban levhası analizi



Şekil 4.2. HE600B kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu

HE600B kolon profilli birleşime ait sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu Şekil 4.2'de görülmektedir. Kalınlığı 20 ve 30 mm olarak değişen 840x840 mm ebatında taban levhasına sahip olan birleşimde 4 adet ankraj çubuğu kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8'de görülmektedir.



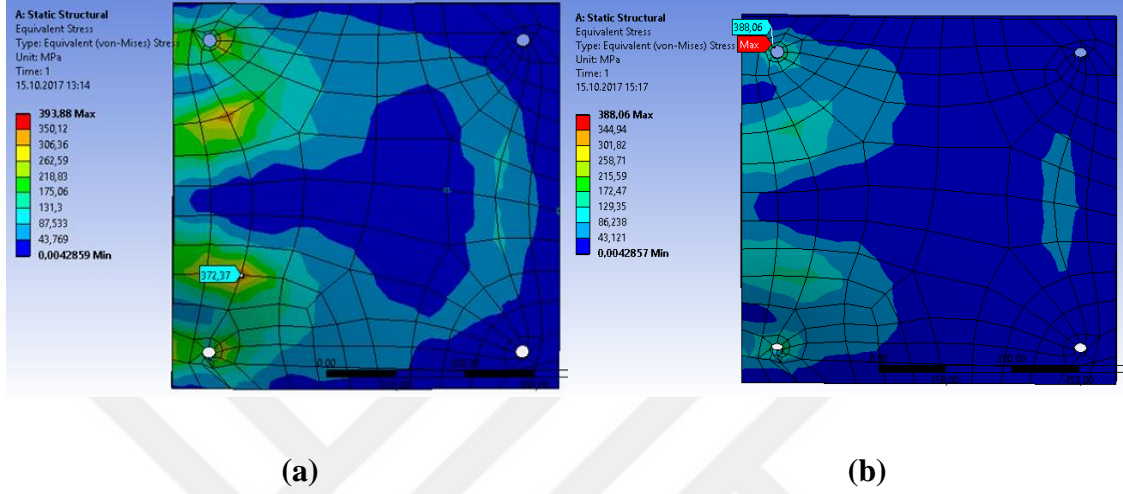
(a)

(b)

Şekil 4.3. HE20A4 ve HE30A4 Taban levhasında gerilme dağılımı (F=50kN).

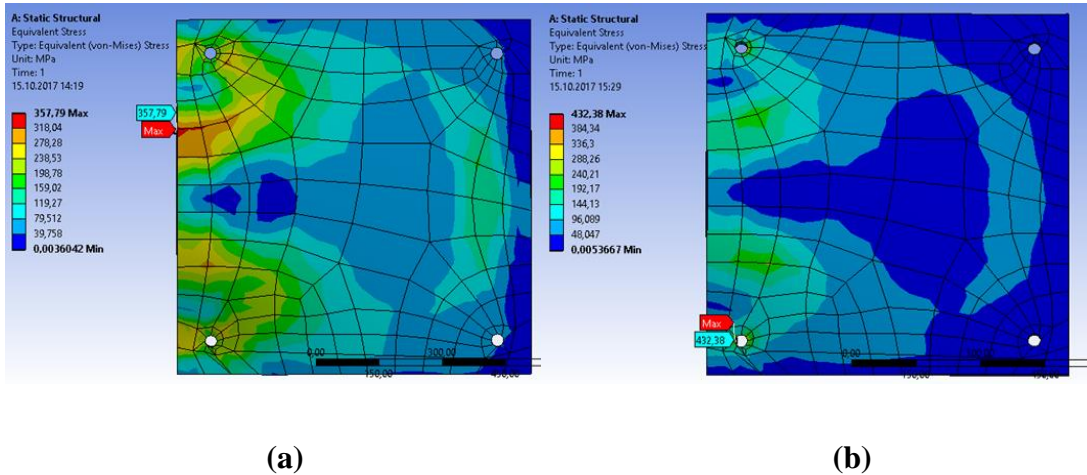
Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.3 (a)) maksimum gerilme (403,74 MPa olarak) yatak deformasyonundan dolayı ankraj deliği çevresinde oluşurken; taban levhası kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.3 (b)) maksimum gerilme,

197,62 MPa olarak aynı delik çevresinde hesaplanmıştır. Gerilme dağılım karakteristikleri benzer olmakla birlikte, taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerilmelerin azaldığı görülmektedir.



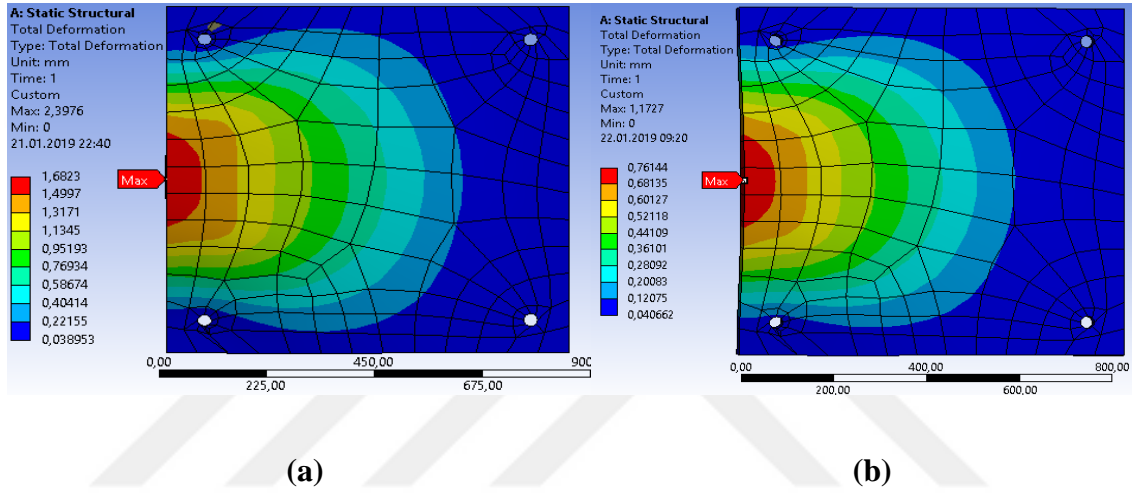
Şekil 4.4. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.4 (a)) maksimum gerilme kuvvetin geldiği yöndeki levha-kolon birleşim yerinde profil üzerinde oluşurken; taban levhası kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.4 (b)) maksimum gerilme, 388,06 MPa olarak ankraj deliği yatağında hesaplanmıştır. Gerilme dağılım karakteristikleri benzer olmakla birlikte, taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerilmelerin azaldığı görülmektedir. Kolona gelen yükün artması birleşim yerindeki elemanların (levha-ankraj ve kolon profili) birbirlerine olan etkisini göstermiştir.



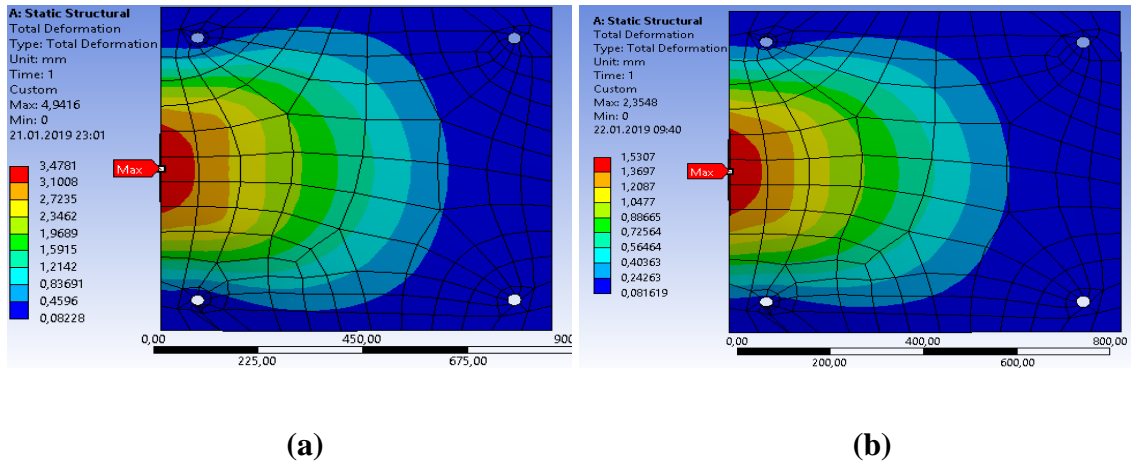
**Şekil 4.5.** Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).

Taban levha kalınlığı 20 mm (Şekil 4.5 (a)) ve 30 mm (Şekil 4.5 (b)) kalınlıkta kullanıldığında maksimum gerilmeler sırasıyla 20 mm için 357,79 MPa, 30 mm için 432,38 MPa olarak levha üzerinde hesaplanmıştır. Gerilme dağılım karakteristikleri benzer olmakla birlikte, taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerilmelerin azaldığı görülmektedir.



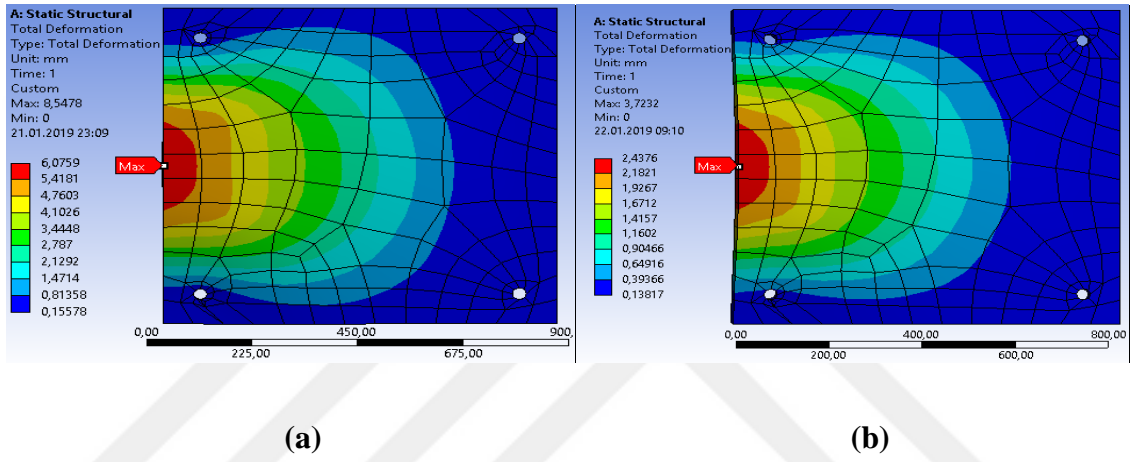
**Şekil 4.6.** Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).

Taban levha kalınlığı 20 mm (Şekil 4.6 (a)) kullanıldığında taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 1,6823 mm iken; 30 mm (Şekil 4.6 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında 0,76144 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığı arttıkça deformasyon dağılım karakteristikleri benzer olmak birlikte, levha üzerindeki deformasyonunun azaldığı ve birleşimin rijitliğinin arttığı görülmüştür.



**Şekil 4.7.** Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.7 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 3,4781 mm iken; 30 mm (Şekil 4.7 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 1,5307 mm olarak hesaplanmıştır. Yatay yükleme değeri 100 kN'a artırıldığında deformasyon oranlarının da benzer şekilde arttığı görülmüştür. Levha kalınlığı artırıldığında levha üzerindeki deformasyonun azaldığı görülmüştür.

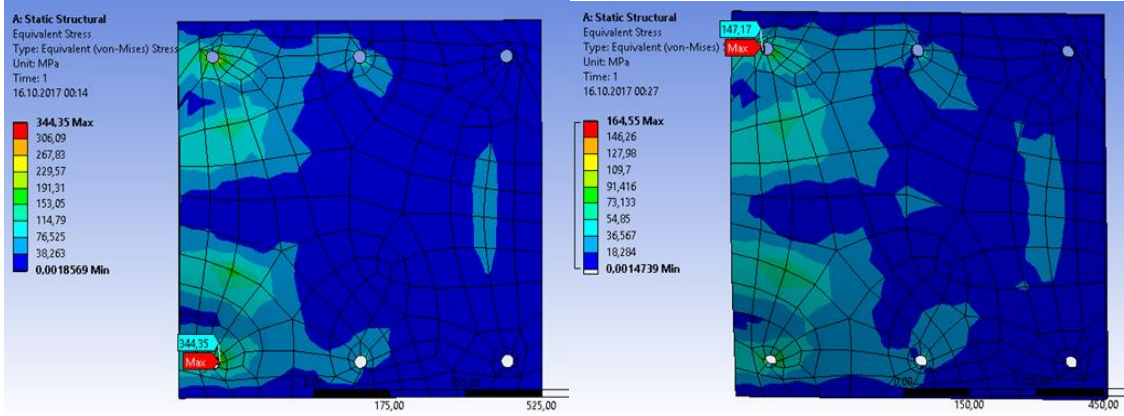


**Şekil 4.8.** Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.8 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 6,0759 mm iken; 30 mm (Şekil 4.8 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 2,4376 mm olarak hesaplanmıştır. 150 kN yatay yükleme değeri için deformasyon artış değeri, 20 mm taban levhası kullanılan birleşimde daha fazla olduğu görülmüştür.

Yatay yükler altında 6 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları şekil 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14'de görülmektedir.



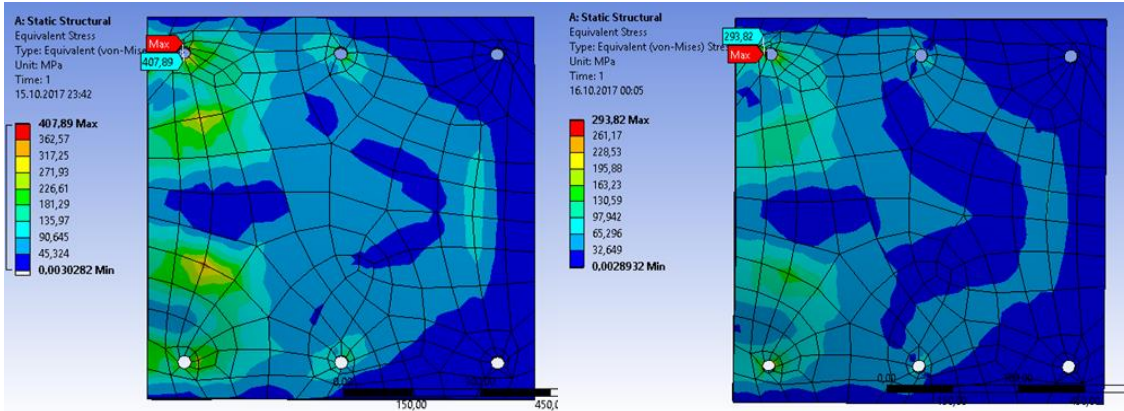


(a)

(b)

Şekil 4.9. HE20A6 ve HE30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50 kN).

Taban levha kalınlığı 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.9 (a)) maksimum gerilme 344,35 MPa olarak ve taban levha kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.9 (b)) maksimum gerilme, 147,17 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. Gerilme dağılım karakteristikleri benzer olmakla birlikte, taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerilmelerin azaldığı görülmüştür.

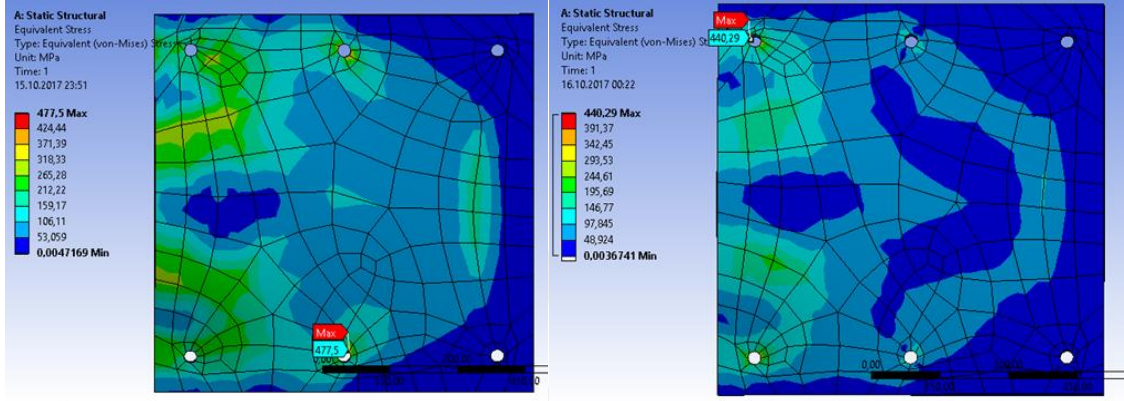


(a)

(b)

Şekil 4.10. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).

Taban levha kalınlığı 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.10 (a)) maksimum gerilme, 407,89 MPa ve taban levha kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (şekil 4.10 (b)) maksimum gerilme, 293,82 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. Gerilme dağılım karakteristikleri benzer olmakla birlikte, taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerilmelerin azaldığı görülmüştür.

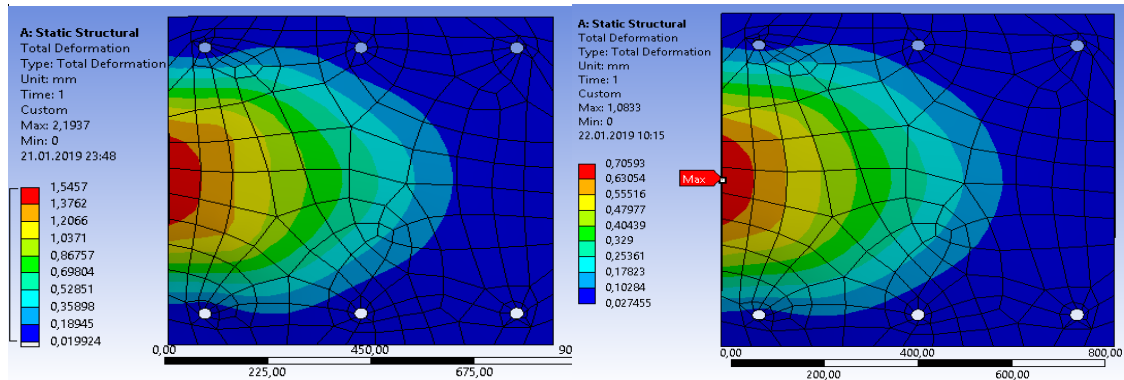


(a)

(b)

şekil 4.11. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).

Taban levha kalınlığı 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.11 (a)) maksimum gerilme, 477,5 MPa ve taban levha kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (şekil 4.11 (b)) maksimum gerilme, 440,29 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. Gerilme dağılım karakteristikleri benzer olmakla birlikte, taban levhası kalınlığının ve ankraj sayısının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerilmelerin azaldığı görülmüştür. Ankraj sayısının artmasıyla kolon-levha birleşim yerleri üzerinde gerilmelerin arttığı görülmüştür.

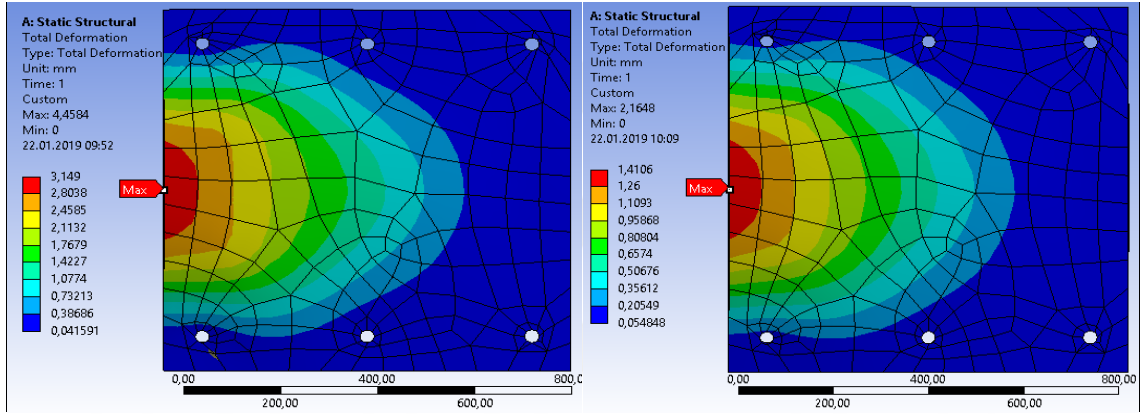


(a)

(b)

Şekil 4.12. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.12 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 1,5457 mm iken; 30 mm (Şekil 4.12 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,70593 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığı ve ankraj adedi artırıldığında taban levhası deformasyonunun azaldığı ve birleşimin rijitliğinin arttığı görülmüştür.



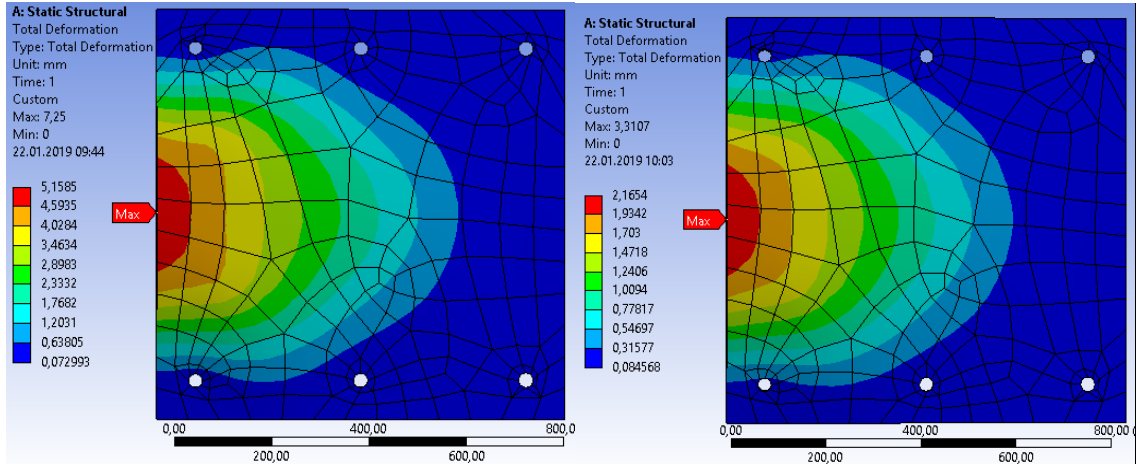
(a)

(b)

Şekil 4.13. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.13 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 3,149 mm iken; 30 mm (Şekil 4.13 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 1,4106 mm olarak gözlenmiştir. Levha kalınlığı ve ankraj adedi artırıldığında taban levhası deformasyonunun azaldığı ve birleşimin rijitliğinin arttığı görülmüştür.

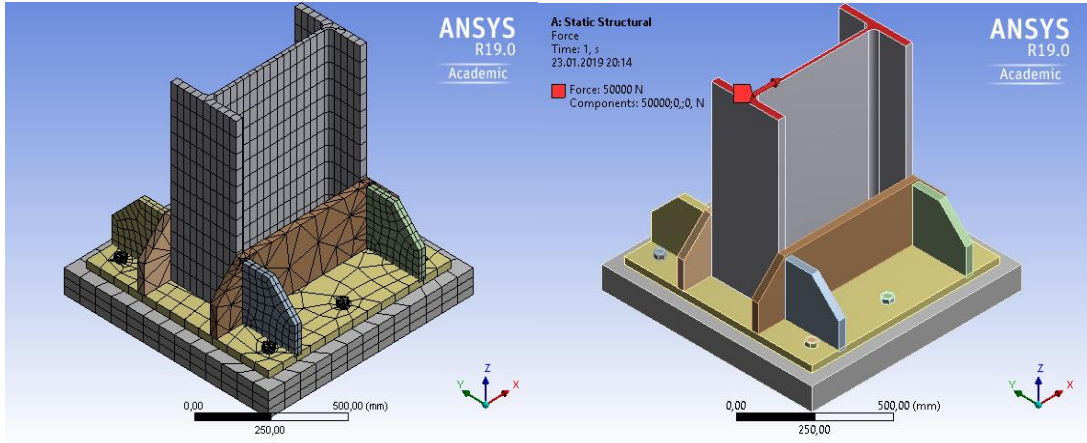




**Şekil 4.14.** Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=150\text{kN}$ ).

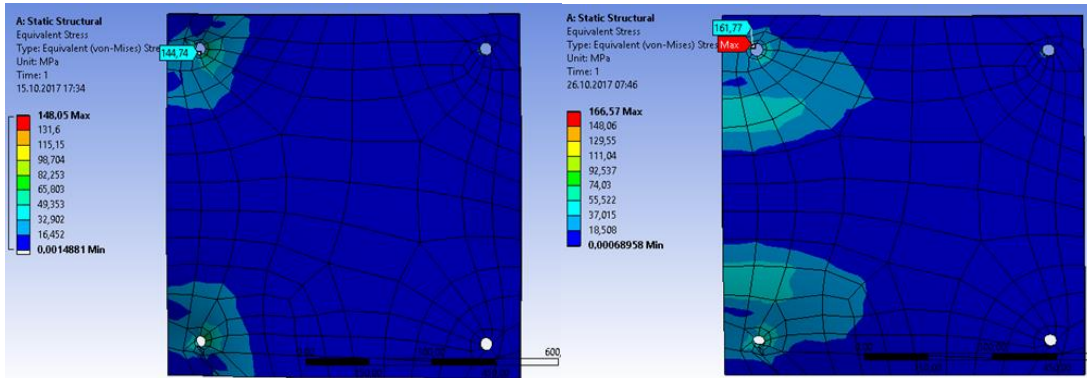
Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.14 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 5,1585 mm iken; 30 mm (Şekil 4.14 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 2,1654 mm olarak gözlenmiştir. Levha kalınlığı ve ankraj adedi artırıldığında taban levhası deformasyonunun azaldığı ve birleşimin rijitliğinin arttığı görülmüştür.

#### 4.2.2. Rijitlik levhası kullanılan HE600B kolon profilli taban levhası analizi



**Şekil 4.15.** HE600B kolon profilli ve rijitlik levhali birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu.

Rijitlik levhası kullanılan HE600B kolon profilli birleşime ait sonlu elemanlar modeli Şekil 4.15'de görülmektedir. Kalınlığı 20 ve 30 mm olarak değişen 840x840 mm ebatında taban levhası olan birleşimde 4 adet ankraj çubuğu kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 ve 4.21'de görülmektedir.



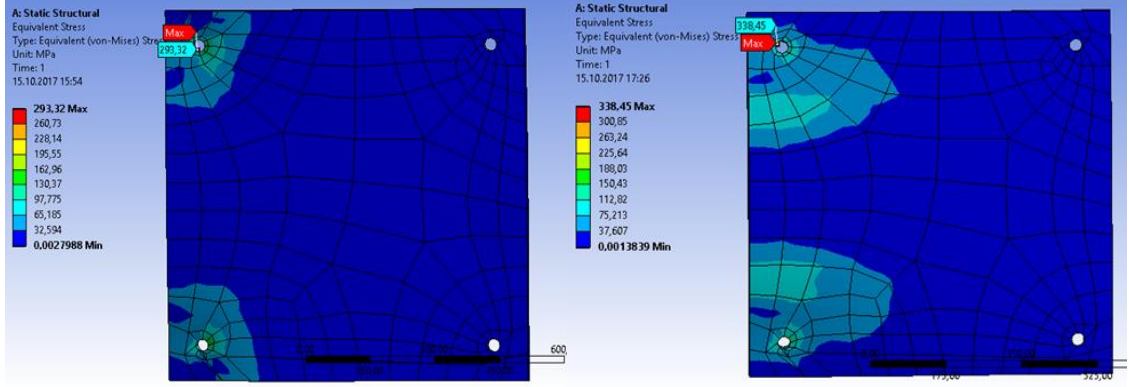
(a)

(b)

**Şekil 4.16.** HE20A4R VE HE30A4R Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).

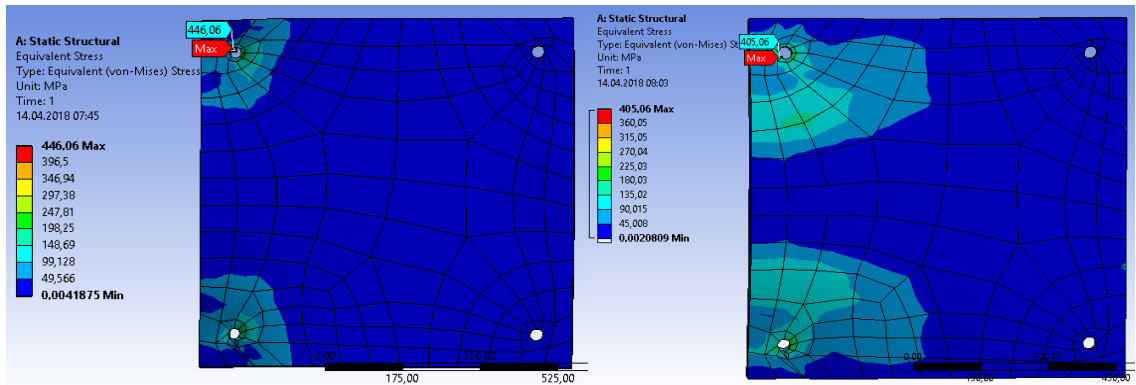
Taban levha kalınlığı 20 mm (Şekil 4.16 (a)), 30 mm (Şekil 4.16 (b)) ve rijitlik levhaları kullanıldığında her iki birleşim durumu için de maksimum gerilmenin ankraj çubukları üzerinde olduğu görülmüştür. Rijitlik levhası kullanıldığında levha üzerinde oluşan

gerilme ve deformasyonun azaldığı görülmüştür. Levha kalınlığının artırılması ve rijitlik levhası kullanımı ise levha üzerindeki gerilmeyi artırmıştır.



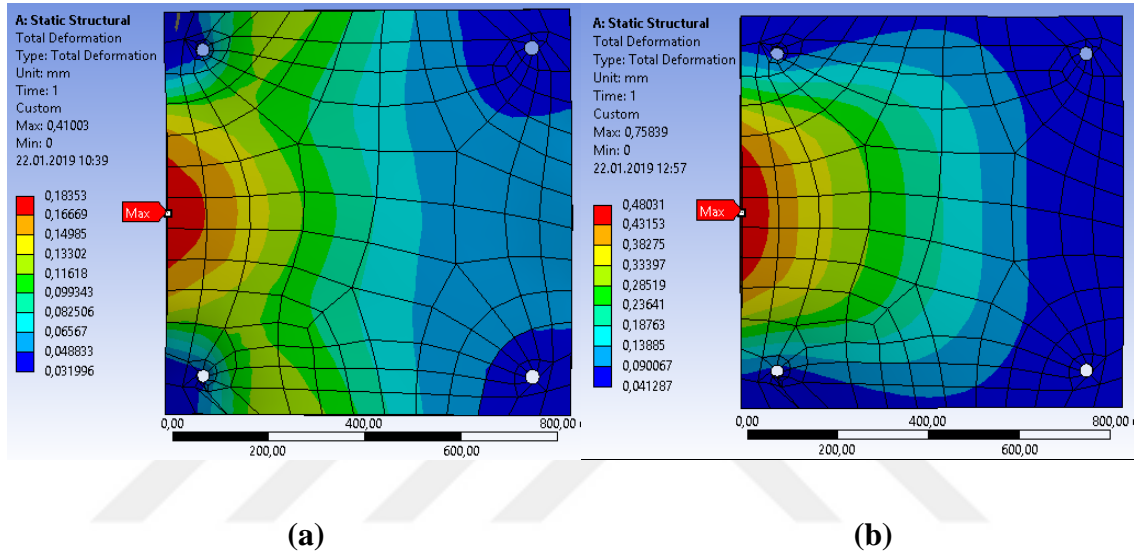
Şekil 4.17. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).

Taban levha kalınlığı 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.17 (a)) maksimum gerilme, 293,32 MPa ve taban levha kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.17 (b)) maksimum gerilme, 338,45 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. Rijitlik levhası kullanımı ve levha kalınlığının artırılması, birleşim üzerinde taban levhasının rijitliğini ve gerilme değerini artırdığı görülmüştür.



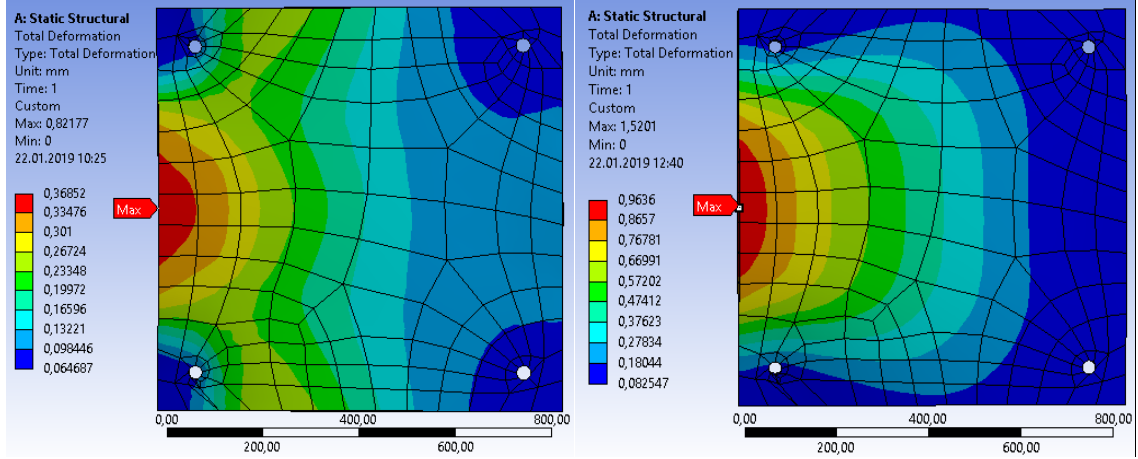
Şekil 4.18. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.18 (a)) maksimum gerilme, 446,06 MPa ve taban levha kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.18 (b)) maksimum gerilme, 405,06 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. Yüknün artmasıyla levha üzerindeki gerilmenin arttığı ve 20 mm kalınlıktaki levhanın üzerinde daha fazla gerilme oluştuğu görülmüştür. Levha kalınlığı arttıkça gerilme dağılımının levha üzerinde daha düzenli olduğu ve ankraj delikleri etrafında oluştuğu görülmüştür.



Şekil 4.19. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=50kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.19 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,18353 mm iken; 30 mm (Şekil 4.19 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,48031 mm olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanılarak taban levha kalınlığının artırılmasıyla, taban levhası-rijitlik levhası ve kolon birleşim yeri daha rijit hale geldiği için taban levhası deformasyonunun arttığı görülmüştür.

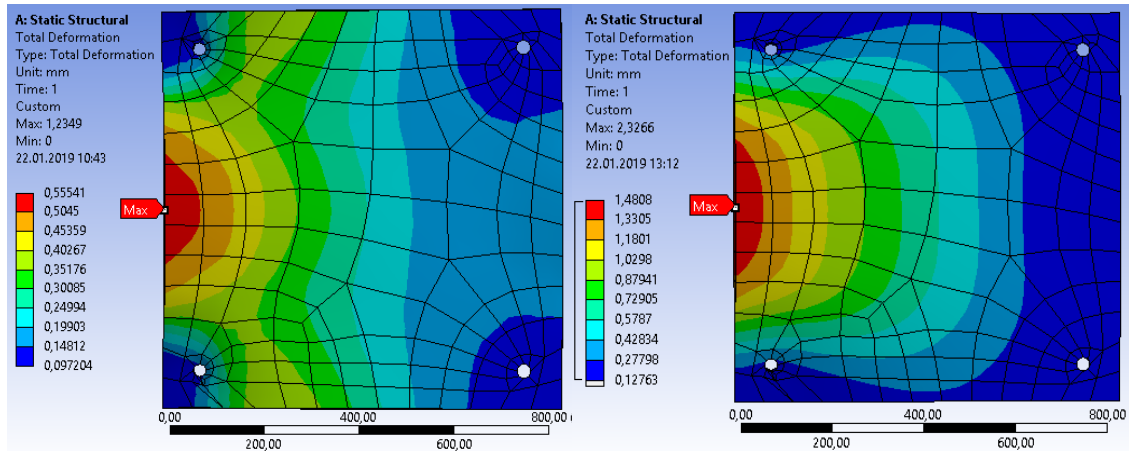


(a)

(b)

**Şekil 4.20.** Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=100\text{kN}$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.20 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,36852 mm iken; 30 mm (Şekil 4.20 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,9636 mm olarak gözlenmiştir. Rijitlik levhası kullanılarak taban levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası-rijitlik levhası ve kolon birleşim yeri daha rijit hale geldiği için taban levhası deformasyonunun arttığı görülmüştür.



(a)

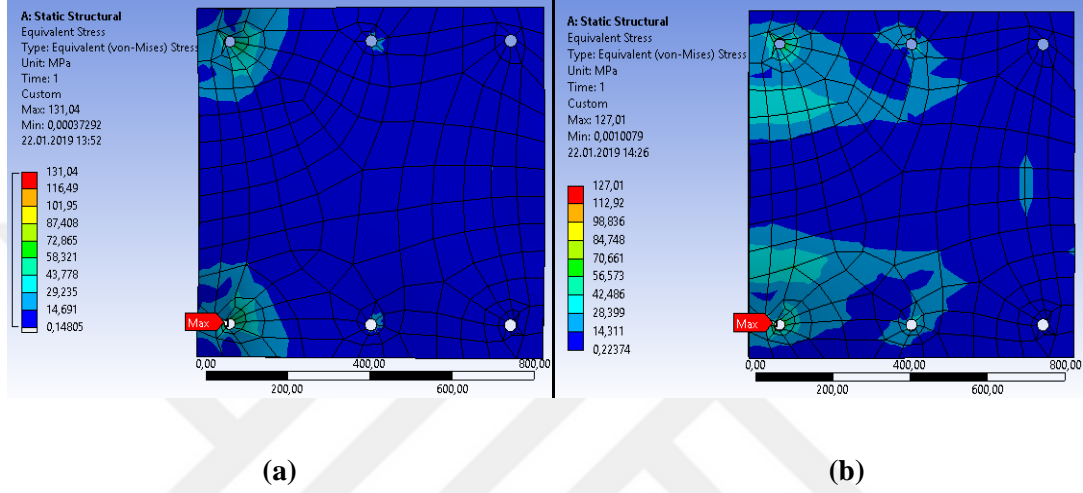
(b)

**Şekil 4.21.** Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=150\text{kN}$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.21 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,55541 mm iken; 30 mm (Şekil 4.21 (b)) kalınlıkta

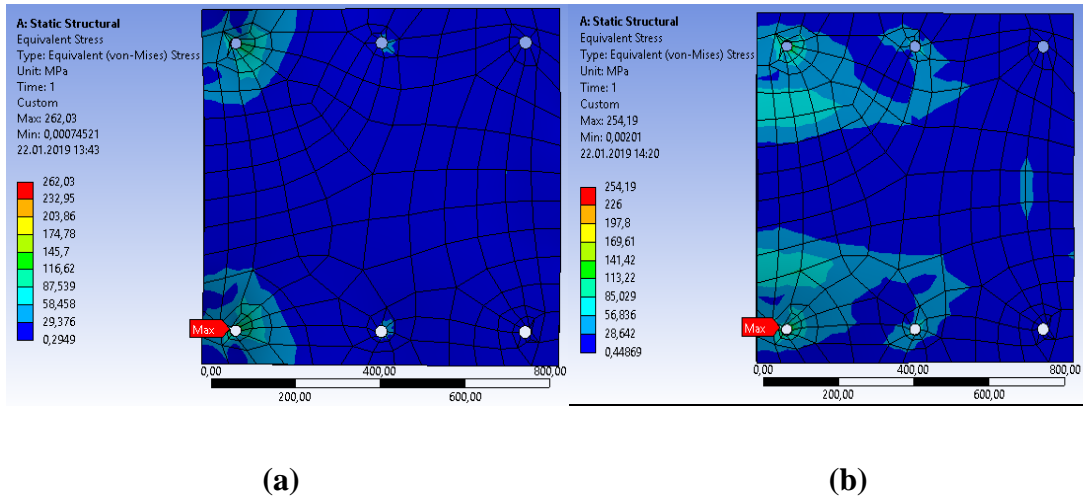
levha kullanıldığında, 1,4808 mm olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanılarak taban levha kalınlığının artırılmasıyla, taban levhası-rijitlik levhası ve kolon birleşim yeri daha rijit hale geldiği için taban levhası deformasyonunun arttığı görülmüştür.

Yatay yükler altında 6 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları Şekil 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26 ve 4.27’de görülmektedir.



Şekil 4.22. HE20A6R VE HE30A6R Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).

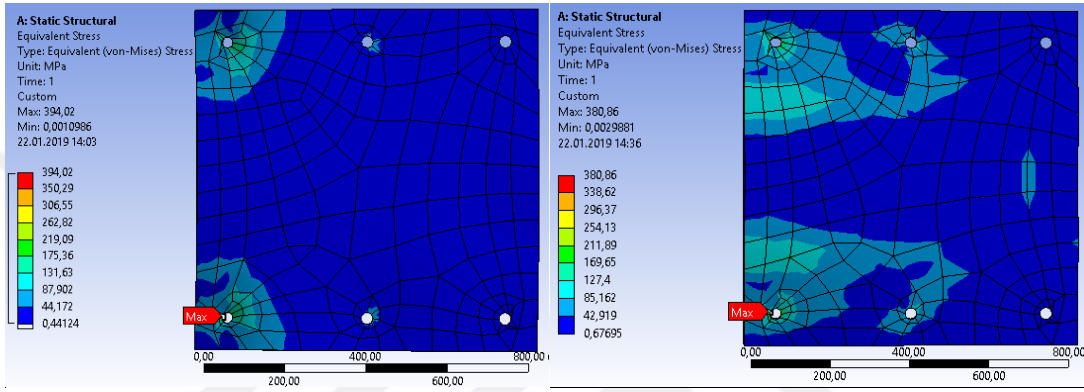
Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.22 (a)) maksimum gerilme, 131,04 MPa ve taban levha kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.22 (b)) maksimum gerilme, 127,01 MPa olarak ankraj deliği çevresinde oluşmuştur. 20 mm kalınlıktaki levhanın üzerinde daha fazla gerilme oluştuğu görüldü. Levha kalınlığı ve ankraj sayısı arttıkça levha üzerindeki gerilmenin azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.23. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).

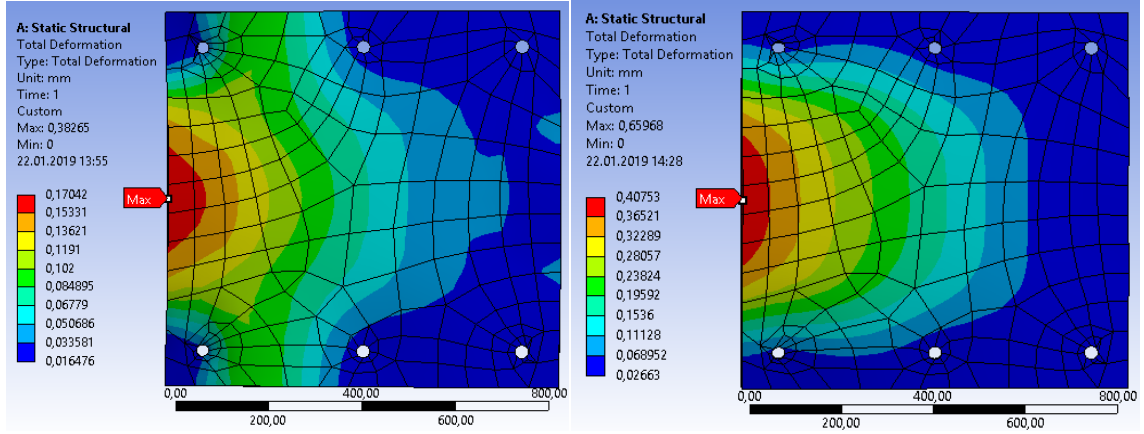


Taban levha kalınlığı 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.23 (a)) maksimum gerilme, 262,03 MPa ve taban levha kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.23 (b)) maksimum gerilme, 254,19 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. Birleşime uygulanan yük arttıkça 20 mm kalınlıktaki levhanın üzerinde daha fazla gerilme oluştuğu görülmüştür. Levha kalınlığı arttıkça, beklenildiği gibi levha üzerindeki gerilmenin azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.24. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.24 (a)) maksimum gerilme, 394,02 MPa ve taban levha kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.24 (b)) maksimum gerilme, 380,86 MPa olarak ankraj deliği çevresinde oluşmuştur. Birleşime uygulanan yük arttıkça, gerilme değerlerinin 20 mm kalınlıktaki taban levhasının üzerinde ve birleşim yerlerinde daha fazla oluştuğu görülmüştür.

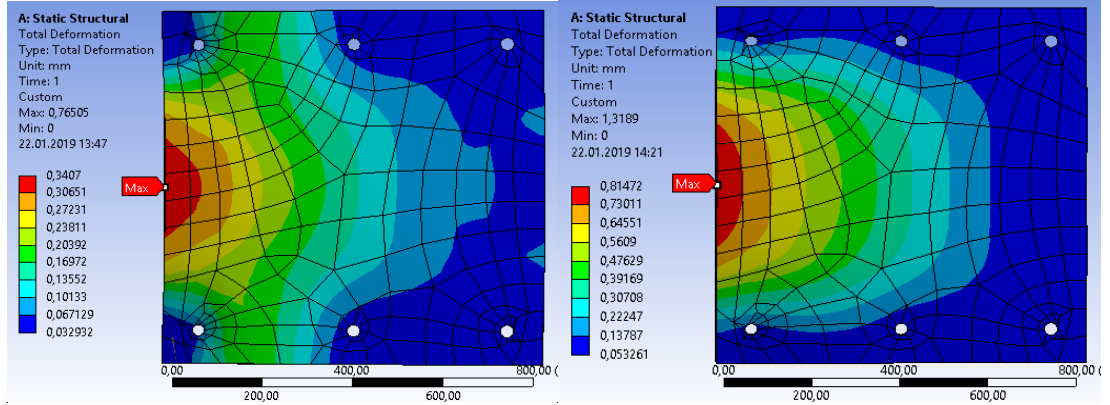


(a)

(b)

Şekil 4.25. Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=50\text{kN}$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.25 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,17042 mm iken; 30 mm (Şekil 4.25 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,40753 mm olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanılarak ankraj sayısının ve levha kalınlığının artırılmasıyla birleşimin rijitliği arttığından taban levhası deformasyonunun arttığı görülmüştür.



(a)

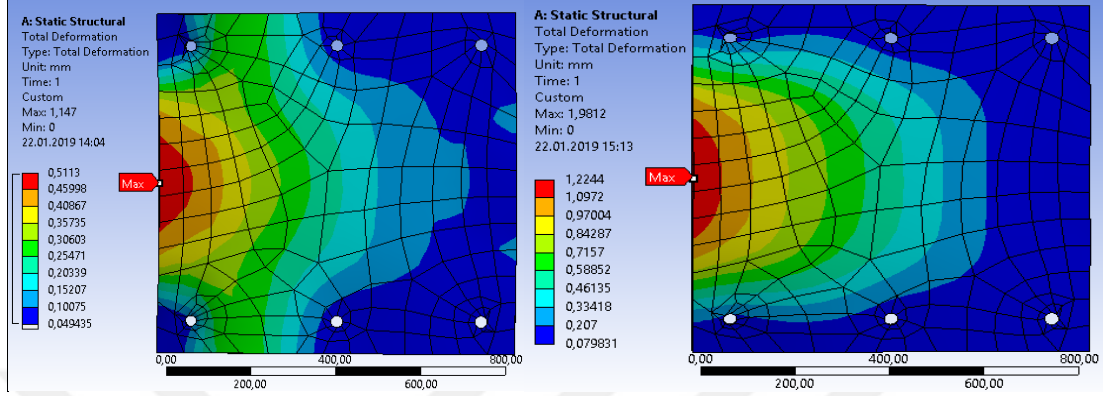
(b)

Şekil 4.26. Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=100\text{kN}$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.26 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,3407 mm iken; 30 mm (Şekil 4.26 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,81472 mm olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanılarak



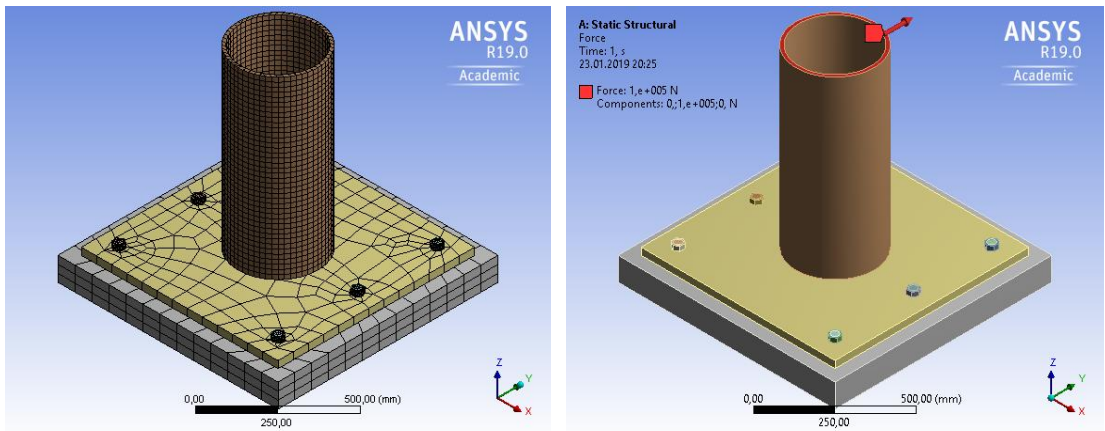
ankraj sayısının ve levha kalınlığının artırılmasıyla birleşimin rijitliği arttığından taban levhası deformasyonunun arttığı görülmüştür.



Şekil 4.27. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).

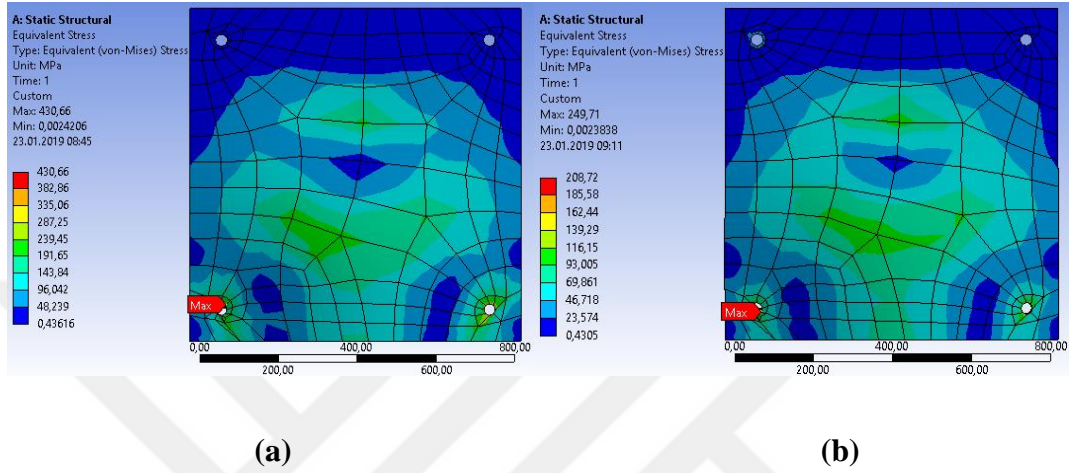
Taban levha kalınlığı 20 mm (Şekil 4.27 (a)) kullanıldığında taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,5113 mm iken; 30 mm (Şekil 4.27 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 1,2244 mm olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanılarak ankraj sayısının ve levha kalınlığının artırılmasıyla birleşimin rijitliği arttığından taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

#### 4.2.3. Boru profilli taban levhası analizi



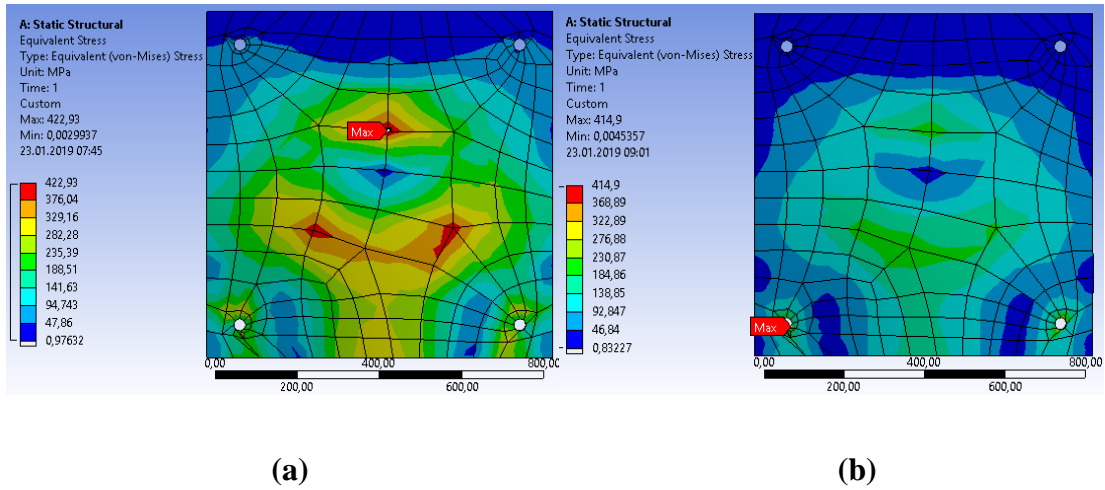
Şekil 4.28. Boru kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu

Boru profilli birleşime ait sonlu elemanlar modeli Şekil 4.28’de görülmektedir. Kalınlığı 20 ve 30 mm olarak değişen 840x840 mm ebatında taban levhası olan birleşimde 4 adet ankraj çubuğu kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33 ve 4.34’de görülmektedir.



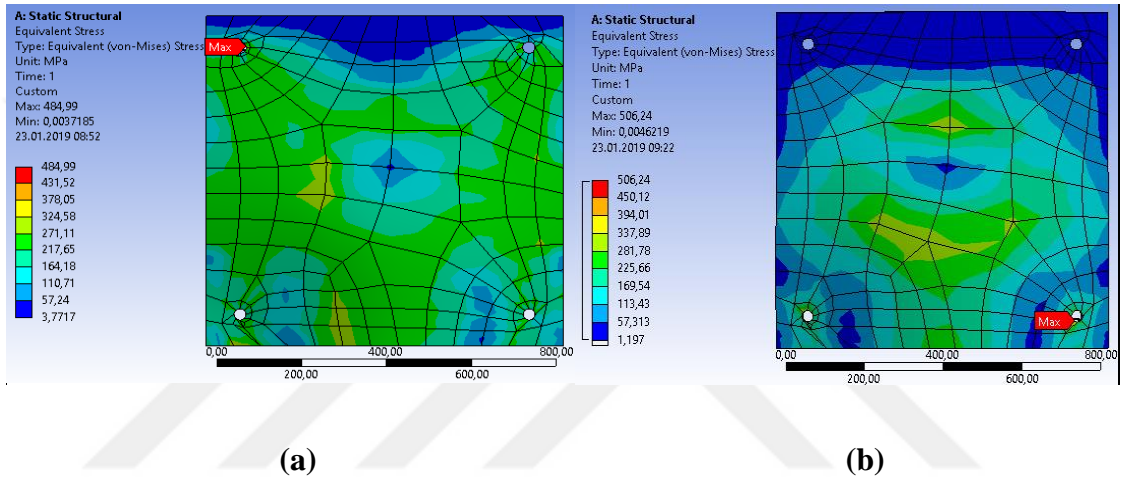
Şekil 4.29. B20A4 ve B30A4 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.29 (a)) maksimum gerilme, 430,66 MPa ve taban levhası kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.29 (b)) maksimum gerilme, 208,72 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. 20 mm kalınlıktaki levhanın üzerindeki birleşim yerlerinde, gerilmenin daha fazla olduğu görülmüştür. Gerilme dağılım karakteristikleri benzer olmakla birlikte, taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerilmelerin azaldığı görülmüştür.



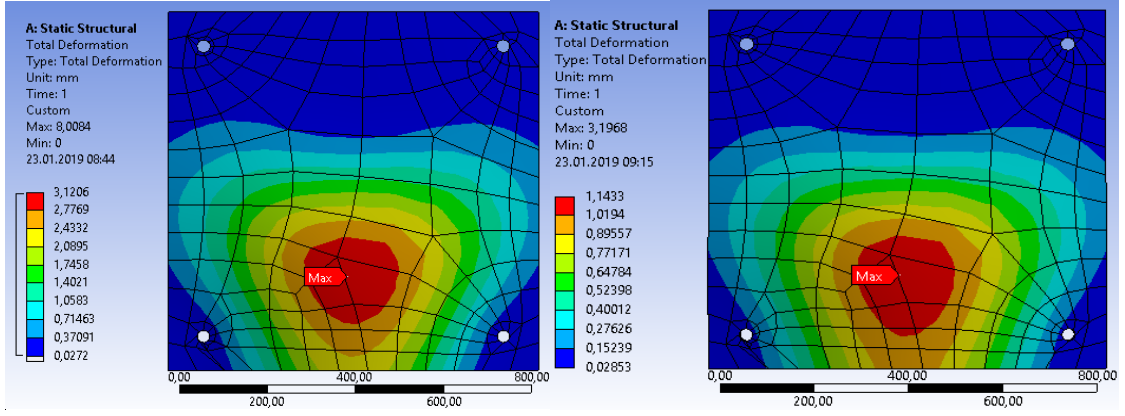
Şekil 4.30. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.30 (a)) maksimum gerilme, 422,93 MPa olarak boru profil-levha birleşim yeri üzerinde ve taban levhası kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.30 (b)) maksimum gerilme, 414,9 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. 20 mm kalınlıktaki taban levhasının üzerinde birleşim yerlerinde daha fazla gerilmenin oluştuğu görülmüştür. Levha kalınlığı arttıkça levha üzerindeki gerilmenin azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.31. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.31 (a)) maksimum gerilme, 484,99 MPa ve taban levhası kalınlığının 30 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.31 (b)) maksimum gerilme, 506,24 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluştuğu görülmüştür. Birleşime uygulanan yük arttıkça gerilmenin 20 mm kalınlıktaki levhanın üzerinde birleşim yerlerinde daha fazla oluştuğu ve gerilmenin levhanın tamamına yayıldığı görülmektedir. Levha kalınlığı arttıkça levha üzerindeki gerilmenin azaldığı görülmüştür.

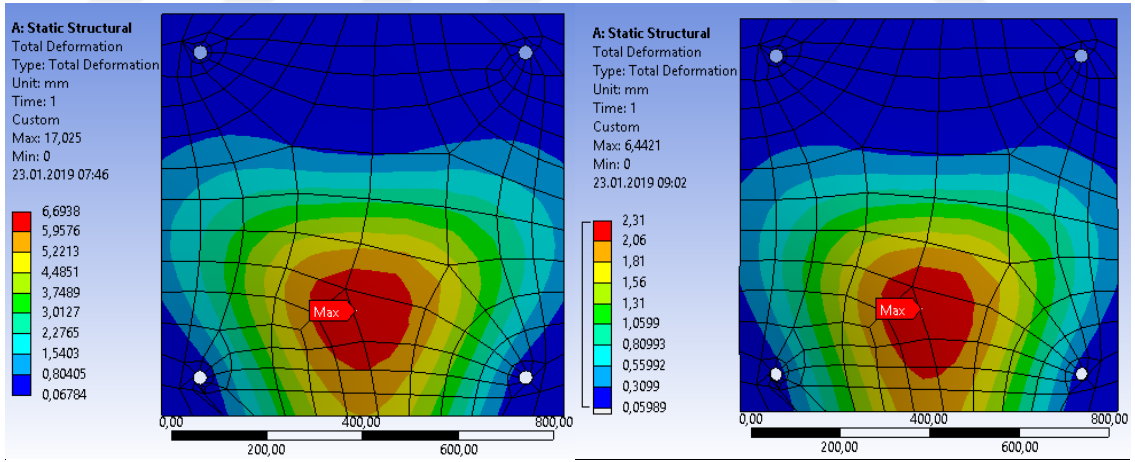


(a)

(b)

Şekil 4.32. Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=50\text{kN}$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.32 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 3,1206 mm iken; 30 mm (Şekil 4.32 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 1,1433 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.



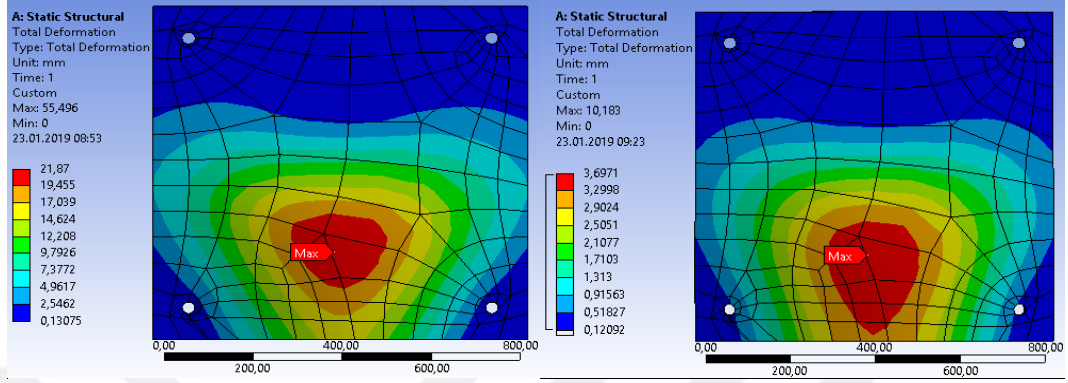
(a)

(b)

Şekil 4.33. Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=100\text{kN}$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.33 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 6,6938 mm iken; 30 mm (Şekil 4.33 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 2,31 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla

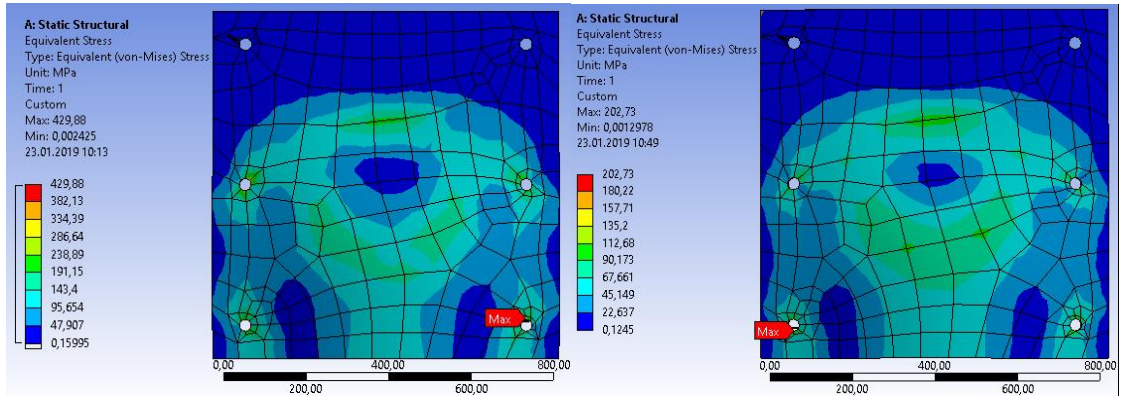
taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür. Birleşim üzerine uygulanan yükün artırılmasıyla doğrusal oranda deformasyon artışı görülmüştür.



Şekil 4.34. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.34 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 21,87 mm iken; 30 mm (Şekil 4.34 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 3,6971 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür. Birleşim üzerine uygulanan yükün 150 kN'a artırılmasıyla 20 mm levha kalınlıklı birleşimde doğrusalın çok üzerinde deformasyon artışı görülmüştür.

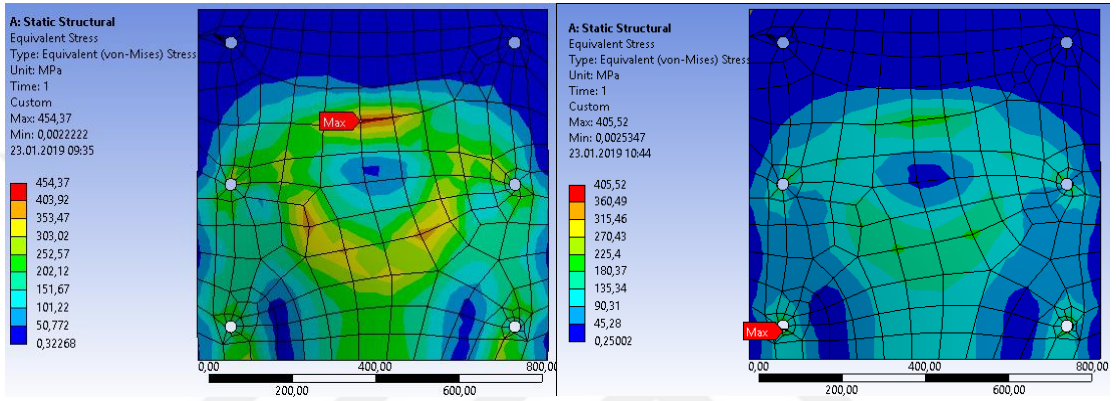
Boru profilli birleşimde 6 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları Şekil 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.39 ve 4.40'da görülmektedir.



Şekil 4.35. B20A6 ve B30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).



Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.35 (a)) maksimum gerilme, 429,88 MPa olarak olarak ankraj deliği yatağında oluşurken, 30 mm levha kalınlıktaki birleşimde (Şekil 4.35 (b)) maksimum gerilme ankrajlar üzerinde hesaplanmıştır. Gerilme dağılım karakteristikleri benzer olmakla birlikte, taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerimelerin azaldığı görülmüştür.

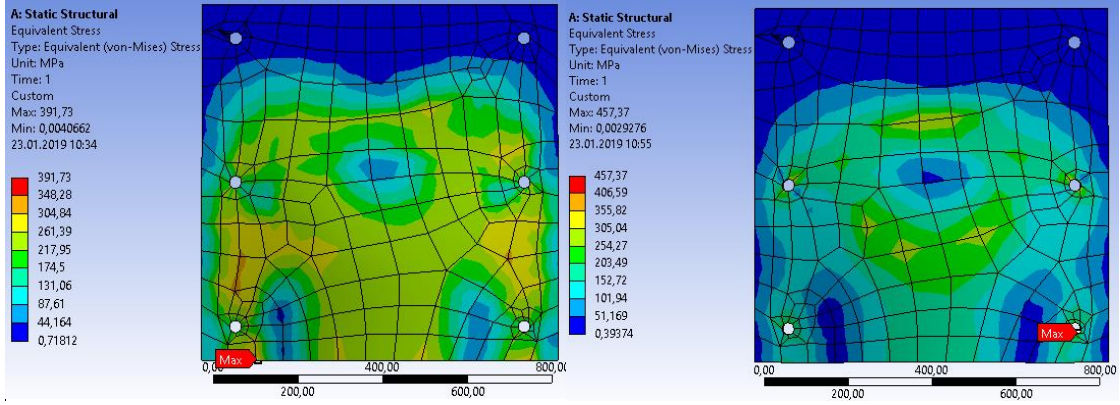


(a)

(b)

Şekil 4.36. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.36 (a)) maksimum gerilme, 454,37 MPa ve 30 mm levha kalınlıktaki birleşimde (Şekil 4.36 (b)) maksimum gerilme, 405,52 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. Taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerimelerin azaldığı ve birleşim yerleri üzerinde gerilmelerin daha fazla olduğu görülmüştür.

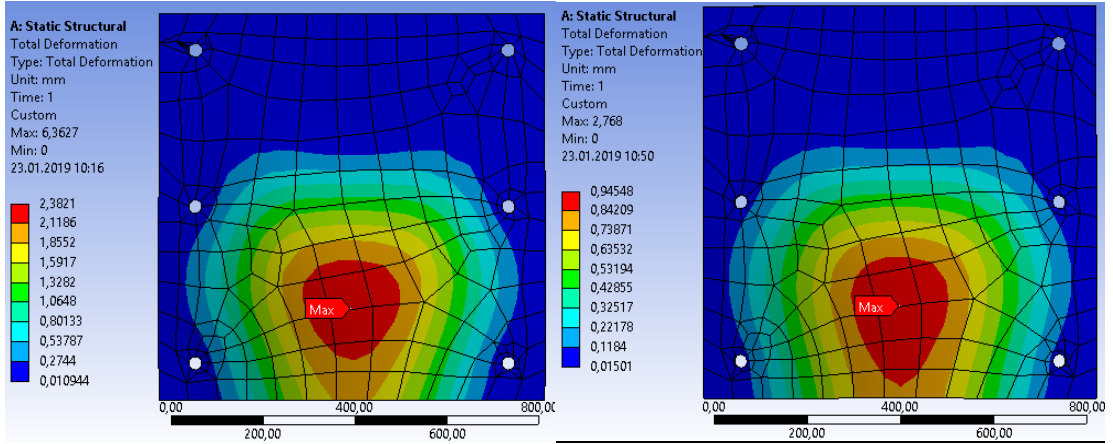


(a)

(b)

**Şekil 4.37.** Taban levhasında gerilme dağılımı ( $F=150$  kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.37 (a)) maksimum gerilme, 391,73 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşurken; 30 mm levha kalınlığındaki birleşimde (Şekil 4.37 (b)) maksimum gerilme, 457,37 MPa olarak taban levhası-boru profili birleşim yeri üzerinde oluştuğu hesaplanmıştır. Taban levhası kalınlığının artması ile birlikte, beklendiği üzere, gerimelerin azaldığı ve birleşim yerleri üzerinde gerilmelerin daha fazla olduğu görülmüştür.



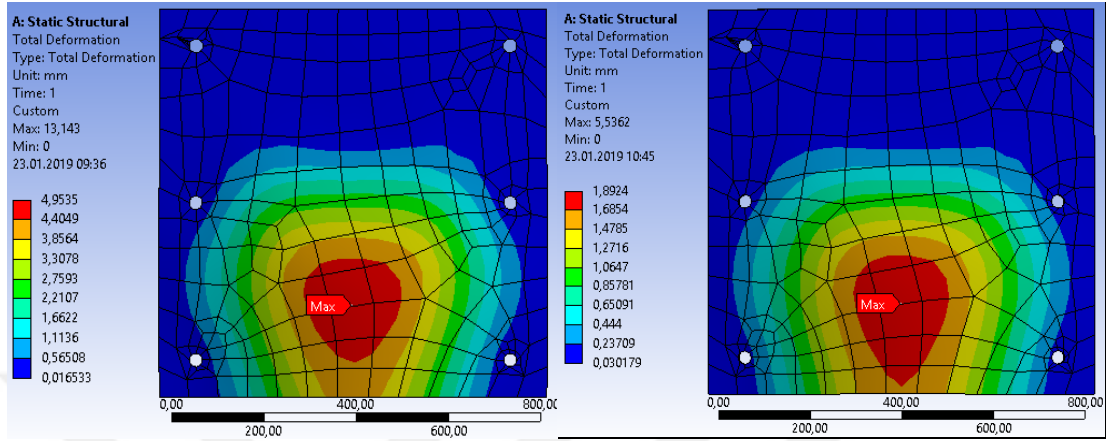
(a)

(b)

**Şekil 4.38.** Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=50$  kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.38 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 2,3821 mm iken; 30 mm (Şekil 4.38 (b)) kalınlıkta

levha kullanıldığında, 0,94548 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

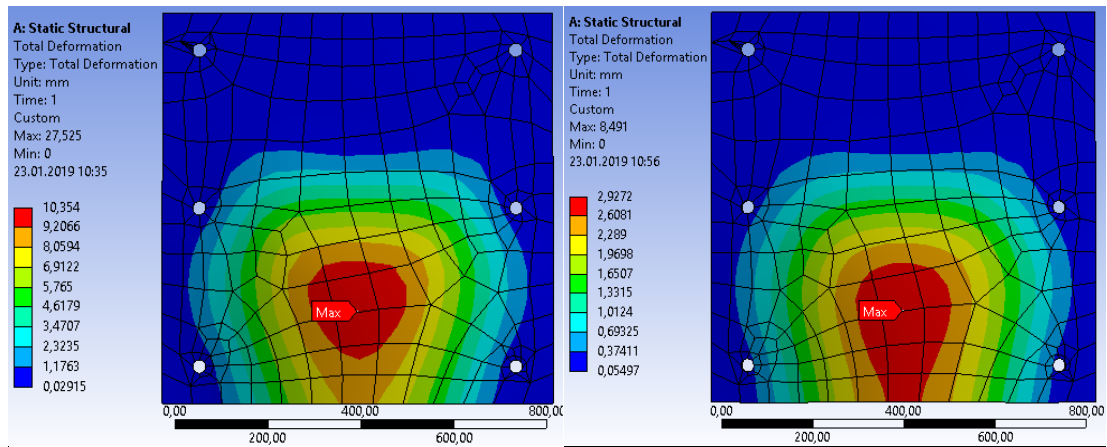


(a)

(b)

Şekil 4.39. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.39 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 4,9535 mm iken; 30 mm (Şekil 4.39 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 1,8924 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının ve ankraj sayısının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür. Birleşim üzerine uygulanan yükün artırılmasıyla doğrusala yakın oranda deformasyon artışı görülmüştür.



(a)

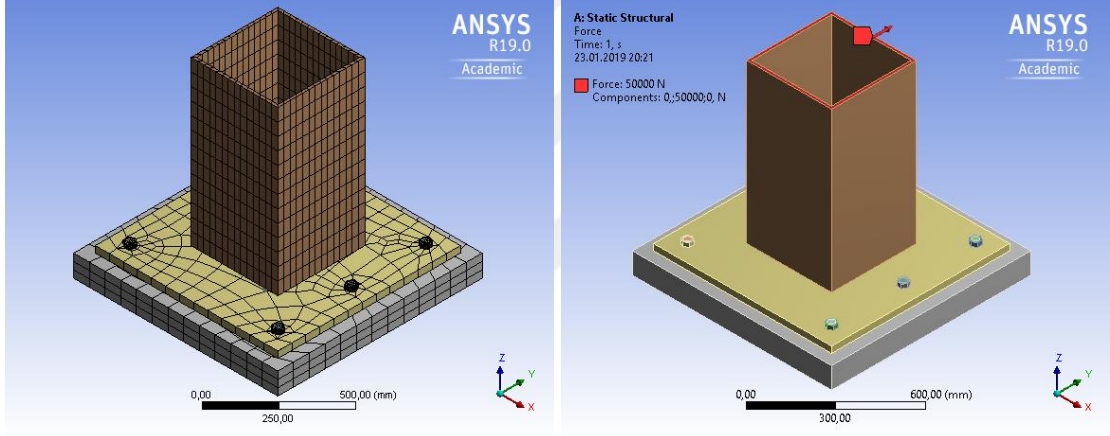
(b)

Şekil 4.40. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).



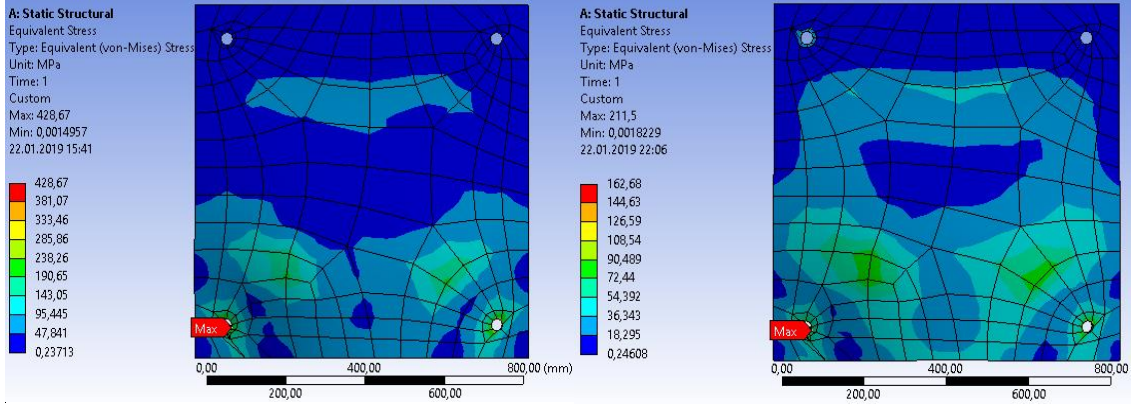
Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.40 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformeşyon, 10,354 mm iken; 30 mm (şekil 4.40 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 2,9272 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının ve ankraj sayısının artırılmasıyla taban levhası deformeşyonunun azaldığı görülmüştür. Ankraj sayısının artırılmasıyla taban levhası deformeşyonunun yarı yarıya azaldığı görülmüştür. Birleşim zerine uygulanan yükün artırılmasıyla doğrusala yakın oranda deformeşyon artışı görülmüştür.

#### 4.2.4. Kutu profilli taban levhası analizi



şekil 4.41. Kutu kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu.

Kutu profilli birleşime ait sonlu elemanlar modeli şekil 4.41’de görülmektedir. Kalınlığı 20 ve 30 mm olarak değişen 840x840 mm ebatında taban levhası olan birleşimde 4 adet ankraj çubuğu kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar şekil 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46 ve 4.47’de görülmektedir.

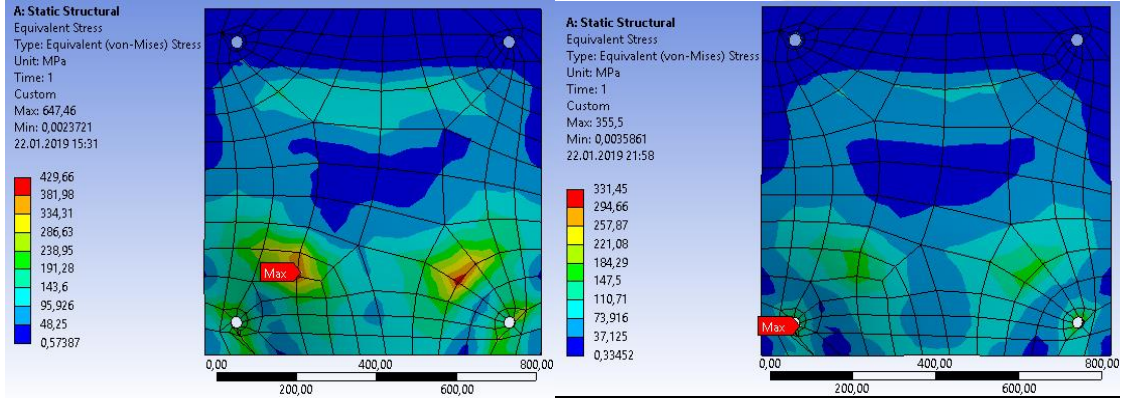


(a)

(b)

**Şekil 4.42.** K20A4 VE K30A4Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.42 (a)) maksimum gerilme, 428,67 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşurken; 30 mm (Şekil 4.42 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında maksimum gerilmenin ankraj üzerinde olduğu görülmüştür. Levha kalınlığı arttıkça levha üzerinde daha düzenli gerilme dağılımı oluştu.

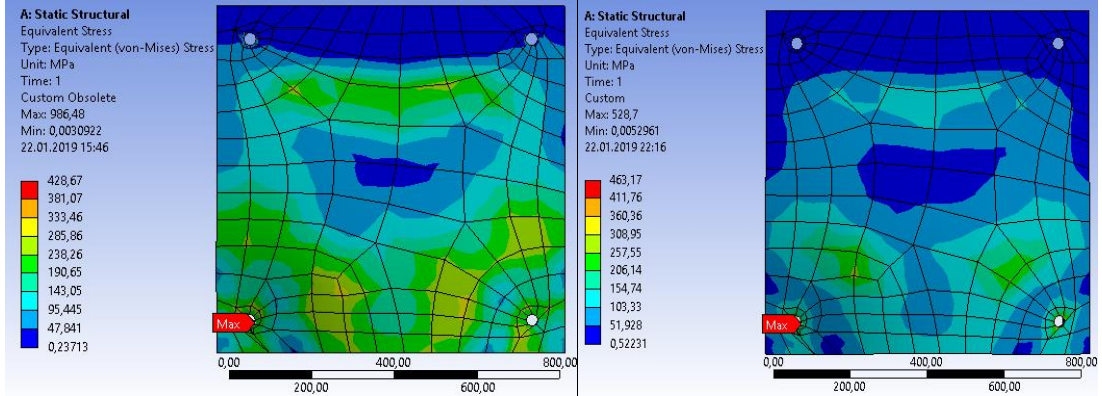


(a)

(b)

**Şekil 4.43.** Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.43 (a)) maksimum gerilme, kolon profili-rijitlik levhası birleşim yerinde hesaplanmıştır. 30 mm (Şekil 4.43(b)) kalınlıkta levha kullanıldığında maksimum gerilme, 331,45 MPa olarak ankraj deliği yatağında oluşmuştur. Levha kalınlığı arttıkça levha üzerindeki gerilmelerin azaldığı görülmüştür.

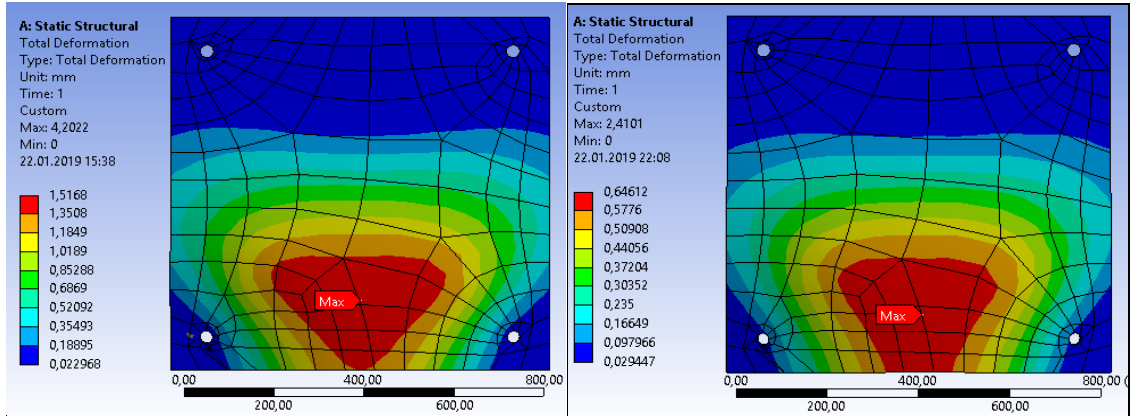


(a)

(b)

Şekil 4.44. Taban levhasında gerilme dağılımı ( $F=150$  kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.44 (a)) ve 30 mm (Şekil 4.44 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında her iki durumda da maksimum gerilme kolon profili-rijitlik levhası birleşim yerinde hesaplanmıştır. Levha kalınlığı arttıkça levha üzerindeki gerilmelerin azaldığı görülmüştür.

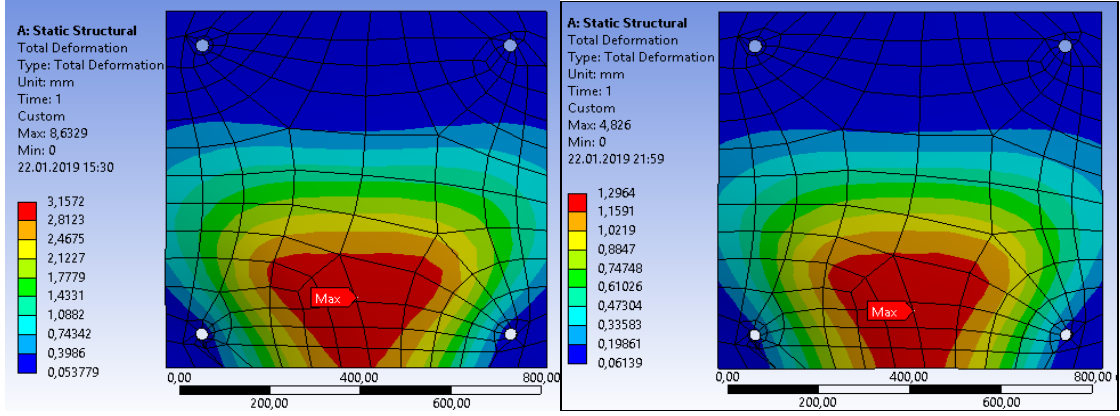


(a)

(b)

Şekil 4.45. Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=50$  kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.45 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 1,5168 mm iken; 30 mm (Şekil 4.45 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,64612 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

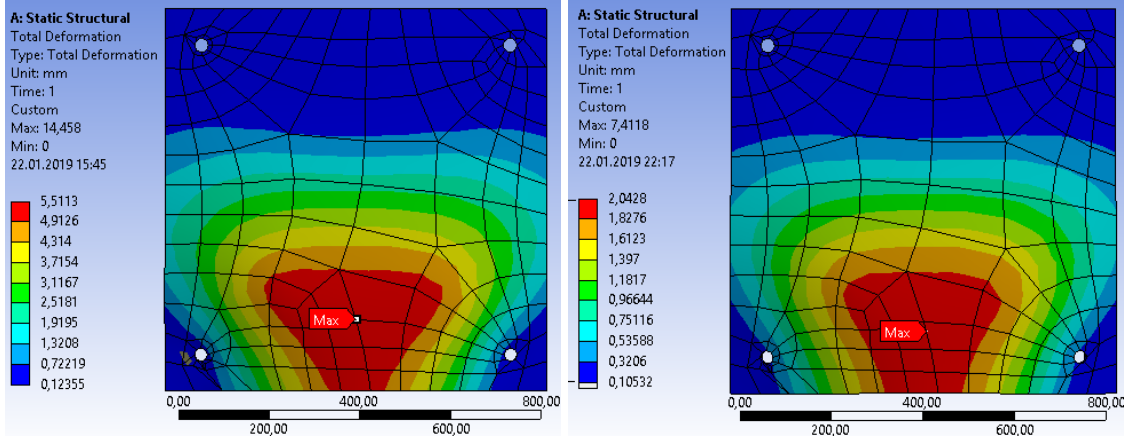


(a)

(b)

Şekil 4.46. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=100kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.46 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 3,1572 mm iken; 30 mm (Şekil 4.46 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 1,2964 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür. Birleşim üzerine uygulanan yükün artırılmasıyla doğrusal oranda deformasyon artışı görülmüştür.



(a)

(b)

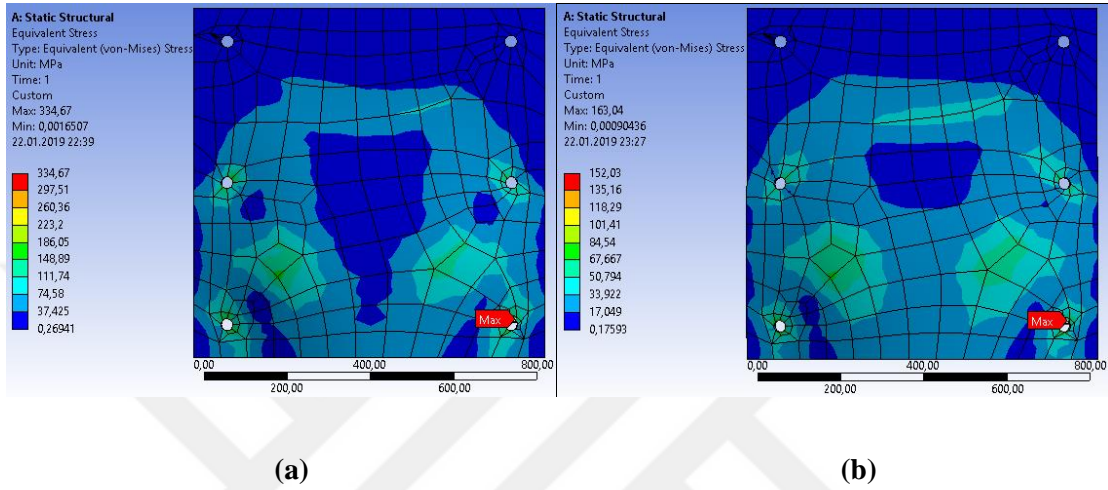
Şekil 4.47. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.47 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 5,5113 mm iken; 30 mm (Şekil 4.47 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 2,0428 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla



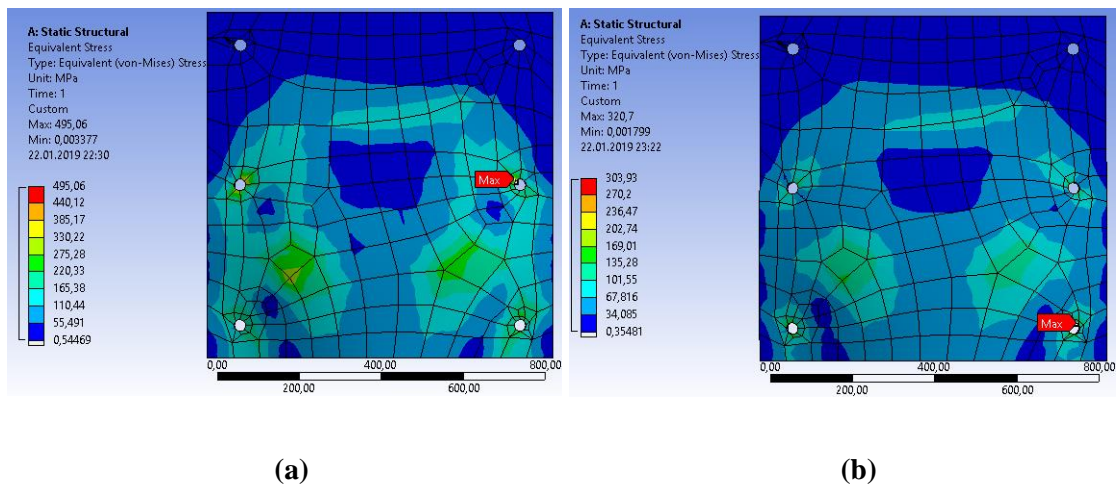
taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür. Birleşim üzerine uygulanan yükün artırılmasıyla doğrusala yakın oranda deformasyon artışı görülmüştür.

Kutu profilli birleşimde 6 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları şekil 4.48, 4.49, 4.50, 4.51, 4.52 ve 4.53’de görülmektedir.



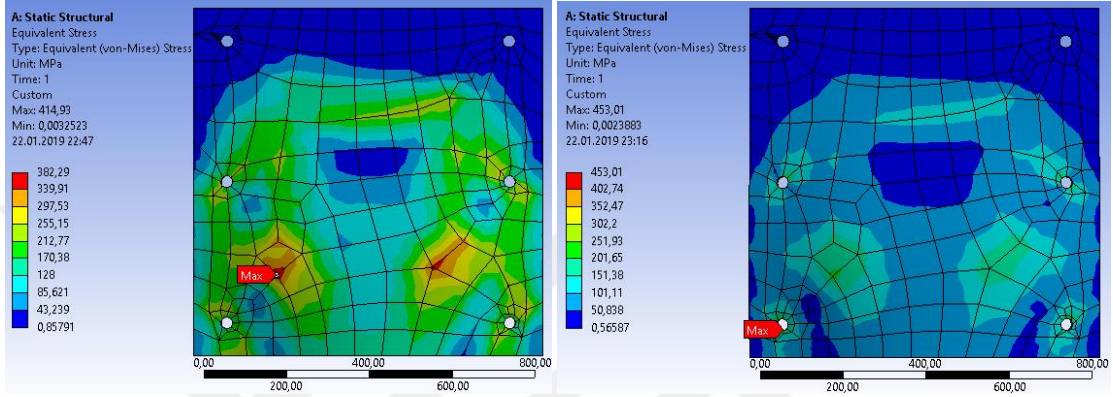
**Şekil 4.48.** K20A6 ve K30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=50kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.48 (a)) maksimum gerilme, 334,67 MPa olarak ankraj bulonu deliği çevresinde oluşurken; 30 mm (Şekil 4.48 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, maksimum gerilmenin ankraj üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Ankraj sayısının artırılmasıyla ve taban levhası kalınlığının artması ile levha üzerinde oluşan gerilmelerin beklendiği üzere azaldığı görülmüştür.



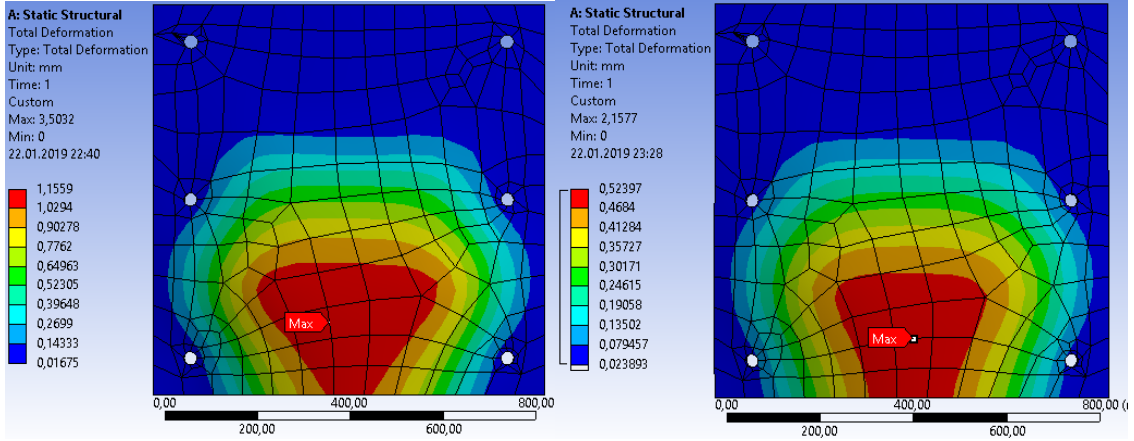
**Şekil 4.49.** Taban levhasında gerilme dağılımı (F=100 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.49 (a)) maksimum gerilme, 495,06 MPa olarak olarak ankraj bulonu deliği çevresinde oluşurken; 30 mm (şekil 4.49 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında maksimum gerilme ankraj çubuğu üzerinde oluştuğu hesaplanmıştır. Taban levhası kalınlığının artması ile birlikte gerimelerin azaldığı görölmüştür.



şekil 4.50. Taban levhasında gerilme dağılımı (F=150 kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.50 (a)) maksimum gerilme, 382,29 MPa olarak levha üzerinde kolon profili birleşim yeri üzerinde hesaplanırken; 30 mm (şekil 4.50 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında maksimum gerilmenin 453,01 MPa olarak hesaplanmıştır. Taban levhası kalınlığının artması ile birlikte gerimelerin azaldığı ve gerilmelerin birleşim yeri üzerinde arttığı görölmüştür.

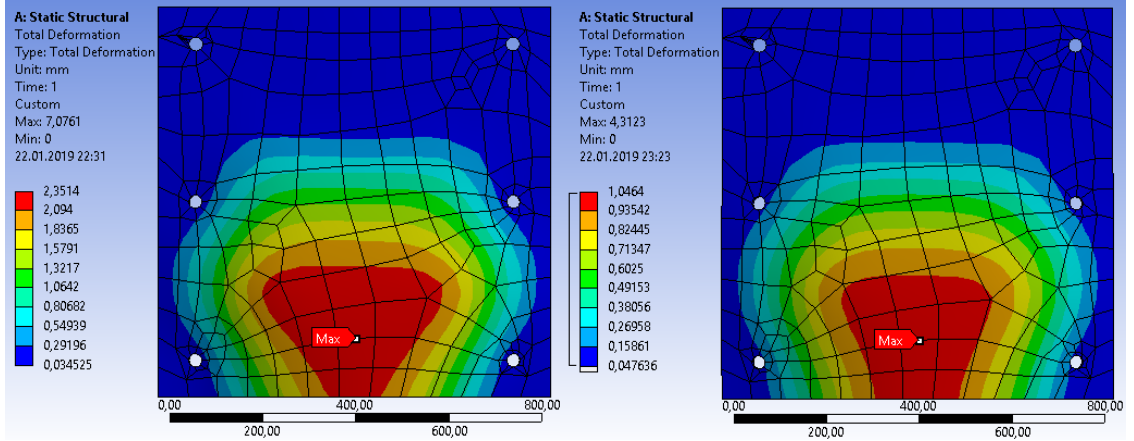


(a)

(b)

Şekil 4.51. Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=50\text{kN}$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.51 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 1,1559 mm iken; 30 mm (Şekil 4.51 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,52397 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının ve ankraj sayısının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.



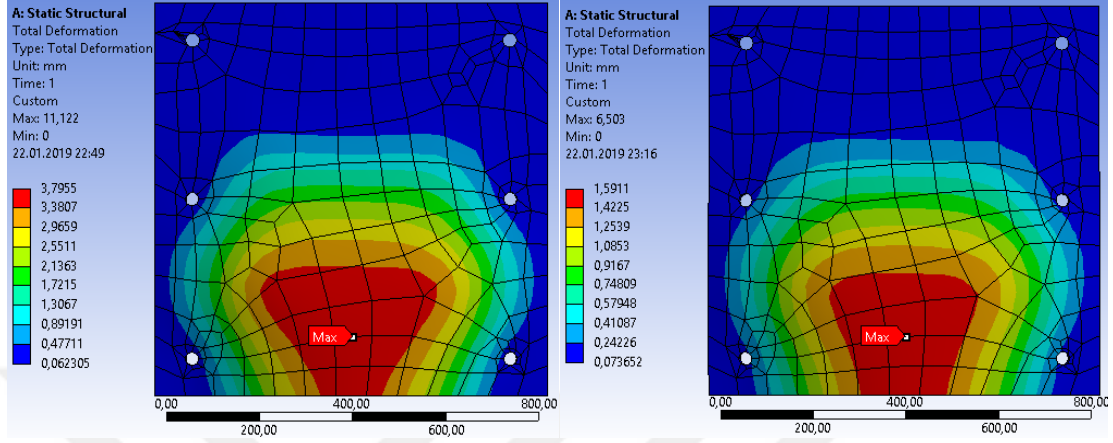
(a)

(b)

Şekil 4.52. Taban levhası deformasyon dağılımı ( $F=100\text{kN}$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.52 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 2,3514 mm iken; 30 mm (Şekil 4.52 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında 1,0464 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla

taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür. Birleşim üzerine uygulanan yükün artırılmasıyla doğrusala yakın oranda deformasyon artışı görülmüştür.



(a)

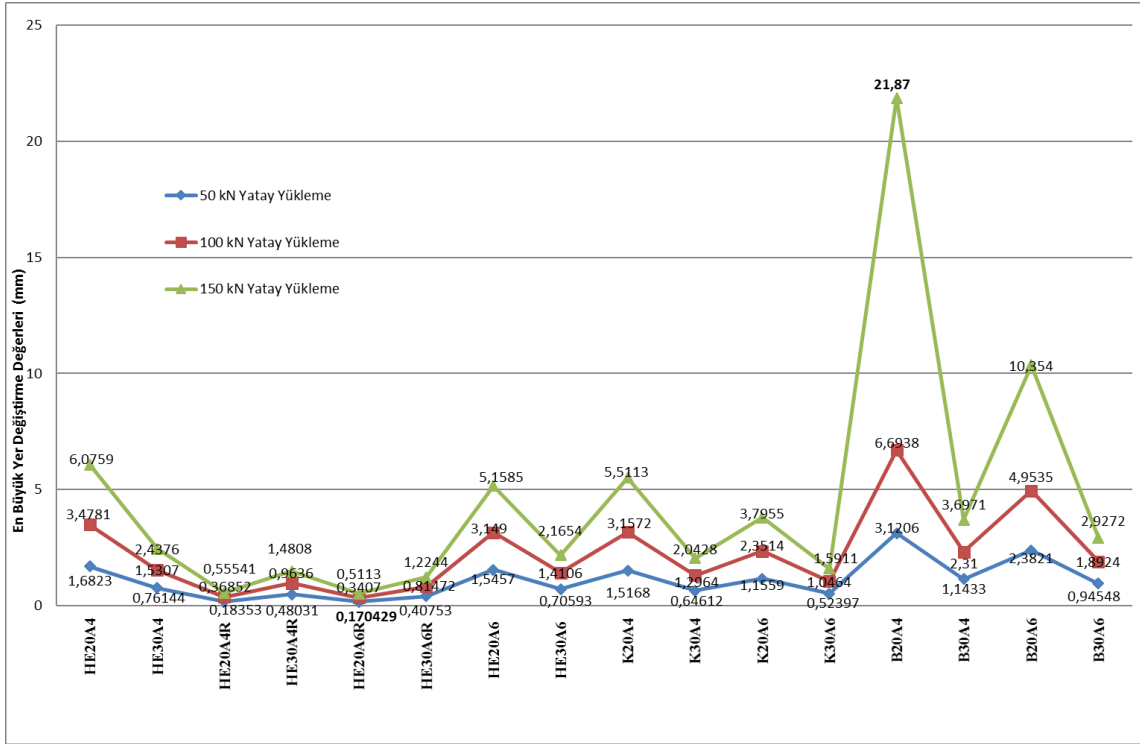
(b)

Şekil 4.53. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=150kN).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.53 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 3,7955 mm iken; 30 mm (Şekil 4.53 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 1,5911 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür. Birleşim üzerine uygulanan yük artışına oranla doğrusala yakın oranda deformasyon artışı görülmüştür.

Yukarıda detayları verilen analiz sonuçlarından taban levhası yer değiştirmeleri Şekil 4.54'de topluca verilmiştir.



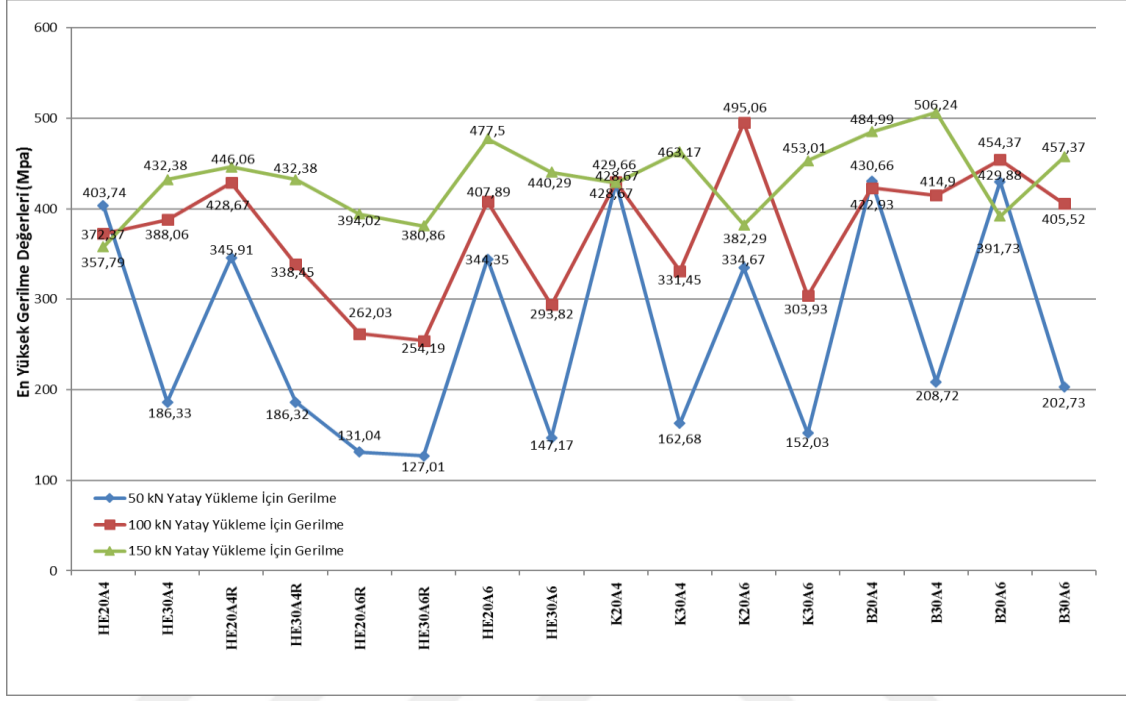


**Şekil 4.54.** Taban levhası yer değiştirmeleri.

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi kolon profil tipine göre HE600B profilinin kutu ve boru profillere göre daha rijit olması sebebiyle ve daha az yer değiştirme yaptığı görülmektedir. Çelik kolon-temel birleşim tiplerinde rijitlik levhası kullanmanın, levha kalınlığını ve ankraj sayısını artırmanın yer değiştirmeyi azalttığı görülmüştür.

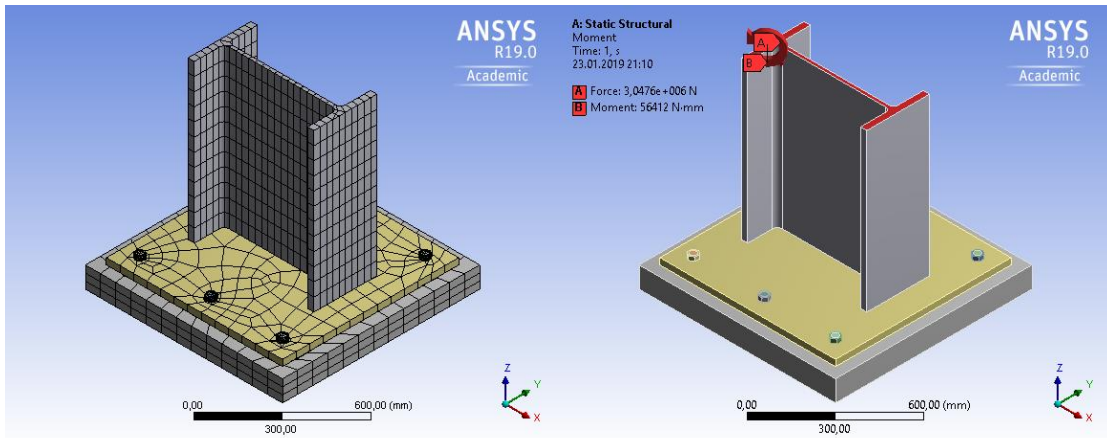
Analizlerden elde edilen ve levha üzerinde oluşan gerilmelerin en büyük değerleri Şekil 4.54'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; levha kalınlığı artırıldığında levha üzerinde oluşan gerilmenin azaldığı görülmüştür. Şekil 4.55'e bakıldığında gerilmelerin en fazla boru profilli birleşimdeki levha üzerinde olduğu görülmüştür. Çelik kolon-temel birleşimlerinde rijitlik levhası kullanımının ve ankraj sayısını artırmanın levha üzerinde oluşan gerilmeleri azalttığı görülmüştür. Şekil 4.55'e bakıldığında 50 kN yükleme için; HE20A4R, HE20A6 ve K20A6 birleşimlerinin çeliğin akma gerilmesi sınırını (300 MPa) geçtiği ve HE20A4, K20A4, B20A4 ve B20A6 birleşimlerinin çeliğin kopma gerilmesi sınırını (400 MPa) geçtiği görülmüştür. 100 kN yükleme için; HE20A4, HE30A4, HE30A4R, K30A4 ve K30A6 birleşimlerinin akma gerilmesi sınırını geçtiği ve HE20A4R, HE20A6, K20A4, K20A6, B20A4, B30A4, B20A6 ve B30A6 birleşimlerinin kopma gerilmesi sınırını geçtiği görülmüştür. 150 kN yükleme için;

HE20A4, HE20A6R, HE30A6R, K20A6 ve B20A6 birleşimlerinin akma gerilmesi sınırını geçtiği kalan diğer birleşimlerinde kopma sınırını geçtiği görülmüştür.



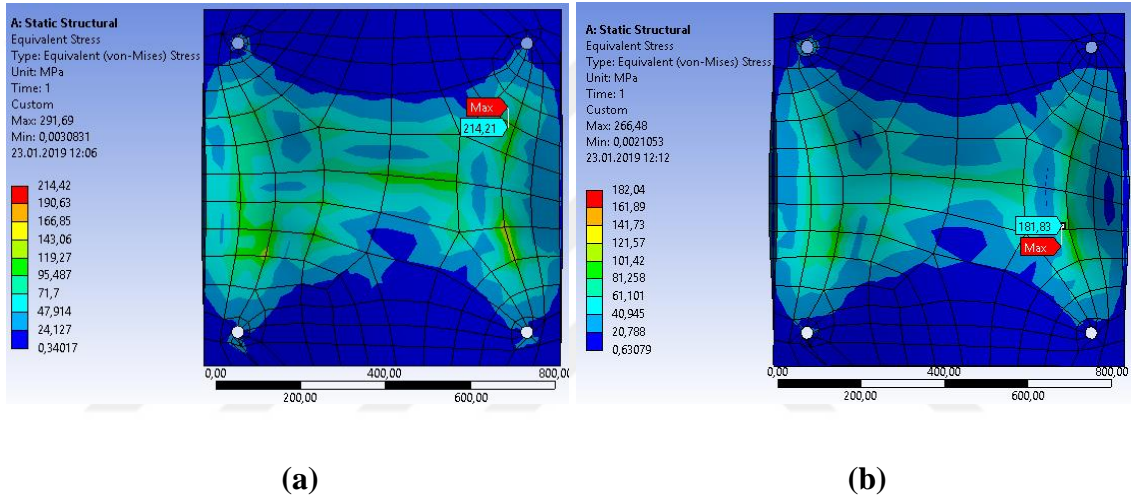
Şekil 4.55. Taban levhası üzerindeki Von Mises gerilmeleri.

#### 4.2.5. HE600B kolon profilli taban levhası analizi (F=MNT Reaksiyonu)



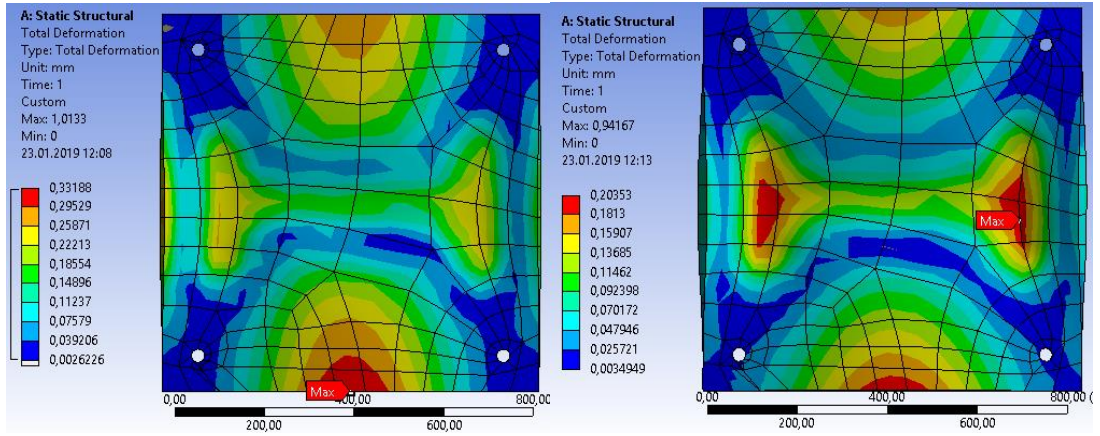
Şekil 4.56. HE600B kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu

HE600B profilli birleşime ait sonlu elemanlar modeli Şekil 4.56'da görülmektedir. Kolon kesiti, HE600B olan temel-kolon birleşiminde taban levha boyutları 840x840 mm, levha kalınlıkları 20 mm ve 30 mm kullanılmıştır. 30 mm çapında ankraj çubuğu kullanılmıştır. Birleşim, SAP2000 yapısal analiz yazılımı ile ön analizleri Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde yer alan yükleme protokollerine göre yapılmış olan 15 katlı konut binasının temel mesnet reaksiyon kuvvetleri,  $F=MNT$  altında 4 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları Şekil 4.57 ve 4.58'de görülmektedir.



Şekil 4.57. HE20A4 ve HE30A4 Taban levhası gerilme dağılımı ( $F=MNT$ ).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.57 (a)) maksimum gerilme, 30 mm (Şekil 4.57 (b)) kalınlıkta levha kullanılmasına göre daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Her iki kolon-levha birleşim durumu için gerilmelerin kolon-taban levhası birleşim yerinde arttığı ve maksimum gerilmenin kolon-levha birleşim yerine yakın olarak profil üzerinde olduğu görülmüştür. Taban levhası kalınlığının artması ile birlikte gerilmelerin azaldığı görülmüştür.



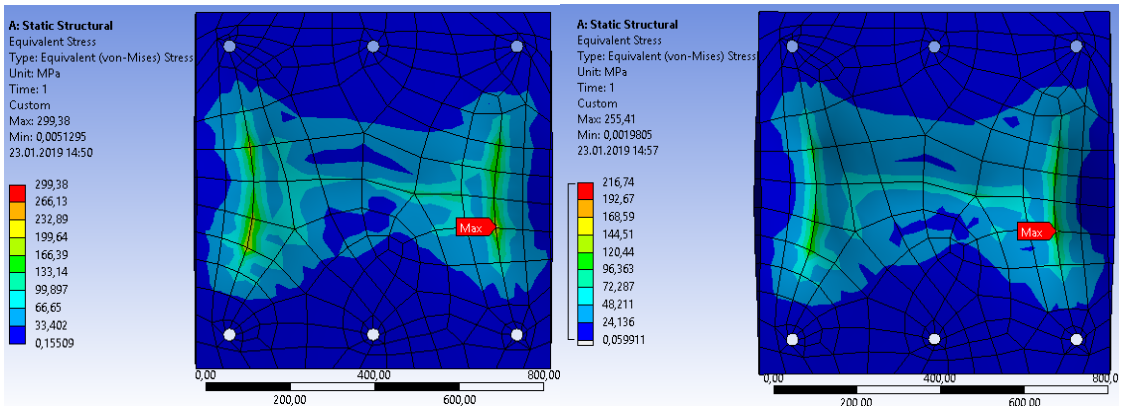
(a)

(b)

Şekil 4.58. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.58 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,33188 mm iken; 30 mm (Şekil 4.58 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,20353 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

Mesnet reaksiyonlarına göre HE600B profilli birleşimde 6 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları Şekil 4.59 ve 4.60'da görülmektedir.

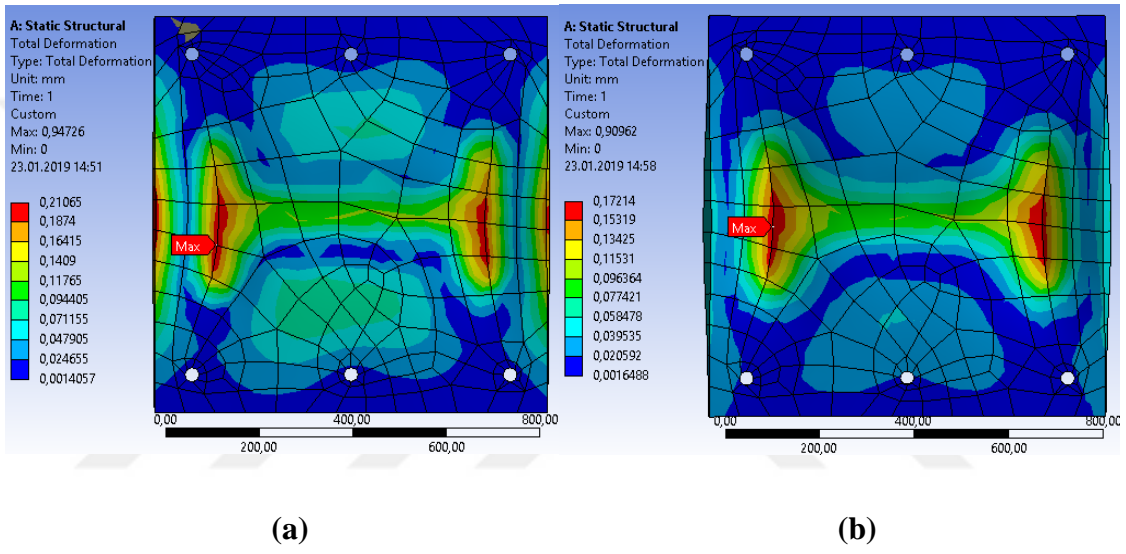


(a)

(b)

Şekil 4.59. HE20A6 ve HE30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.59 (a)) maksimum gerilme levha üzerinde (299,38 MPa) ve 20 mm levha kalınlıklı birleşimde levha üzerindeki gerilme değerlerinin 30 mm (Şekil 4.59 (b)) kalınlıkta levha kullanılmasına göre daha fazla olduğu görülmüştür. Her iki kolon-levha birleşim durumu için gerilmelerin kolon-taban levhası birleşim yerinde arttığı ve maksimum gerilmelerin kolon-levha birleşim yerine yakın olarak profil üzerinde oluştuğu görülmüştür. Taban levhası kalınlığının artması ile birlikte gerilmelerin azaldığı görülmektedir.

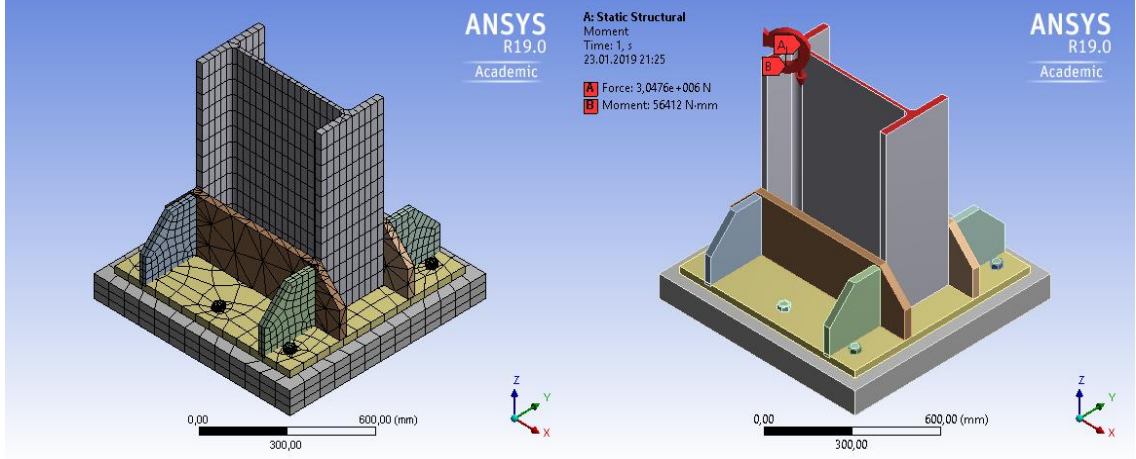


**Şekil 4.60.** Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.60 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,21065 mm iken; 30 mm (Şekil 4.60 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,17214 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür. Ankraj sayısının artırılmasıyla taban levhası deformasyonlarının azaldığı görülmüştür.

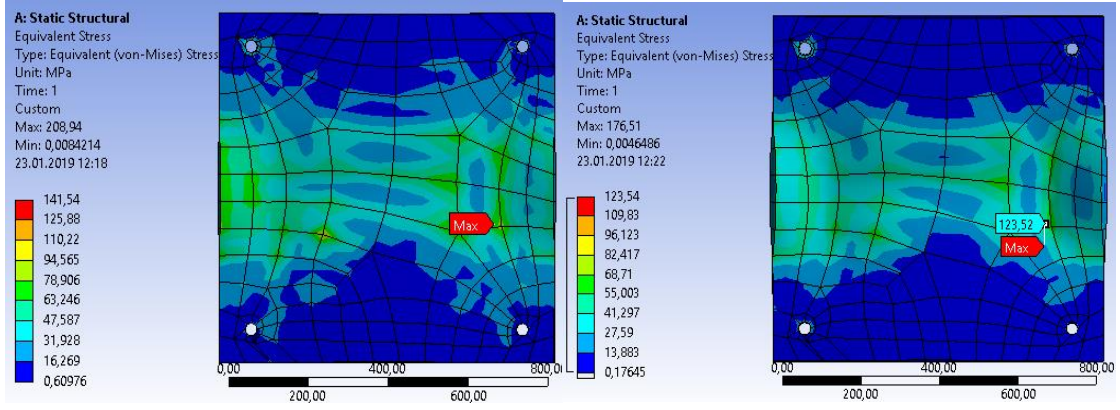


#### 4.2.6. Rijitlik levhası kullanılan HE600B kolon profilli taban levhası analizi (F=MNT)



Şekil 4.61. HE600B kolon profilli ve rijitlik levhalı birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu

HE600B profilli ve rijitlik levhalı birleşime ait sonlu elemanlar modeli Şekil 4.61’de görülmektedir. Kolon kesiti, HE600B olan temel-kolon birleşiminde taban levha boyutları 840x840 mm, levha kalınlıkları 20 mm ve 30 mm, rijitlik levhaları (840x240x30 mm ve 240x240x30 mm) ve 30 mm çapında ankraj çubuğu kullanılmıştır. Birleşim SAP2000 yapısal analiz yazılımı ile ön analizleri Türkiye Deprem Yönetmeliği’nde yer alan yükleme protokollerine göre yapılmış olan 15 katlı konut binasının temel mesnet reaksiyon kuvvetleri,  $F=MNT$  altında 4 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları Şekil 4.62 ve 4.63’de görülmektedir.

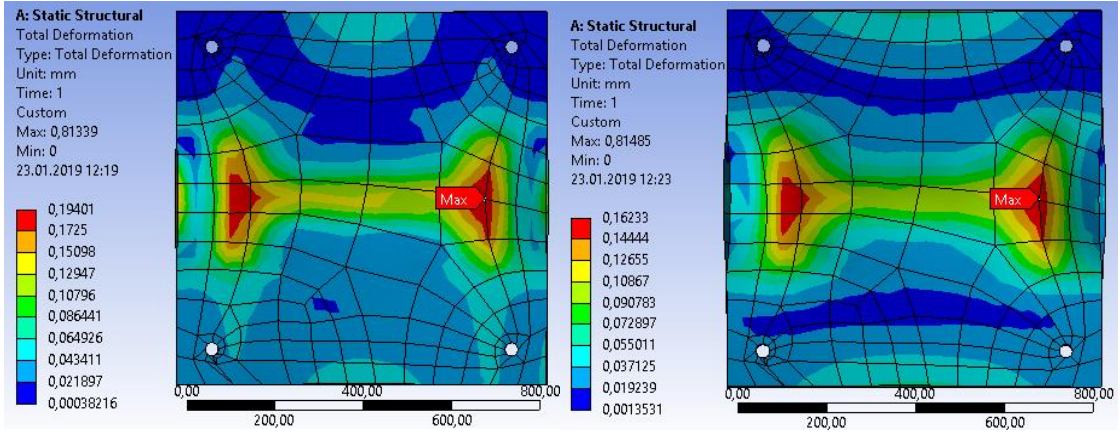


(a)

(b)

**Şekil 4.62.** HE20A4R ve HE30A4R Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.62 (a)) maksimum gerilme, 30 mm (Şekil 4.62 (b)) kalınlıkta levha kullanılmasına göre daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Her iki kolon-levha birleşim durumu için gerilmelerin kolon-taban levhası birleşim yerinde arttığı ve maksimum gerilmenin kolon-levha birleşim yerine yakın olarak profil üzerinde olduğu görülmüştür. Taban levhası kalınlığının artması ile birlikte gerilmelerin azaldığı görülmüştür.



(a)

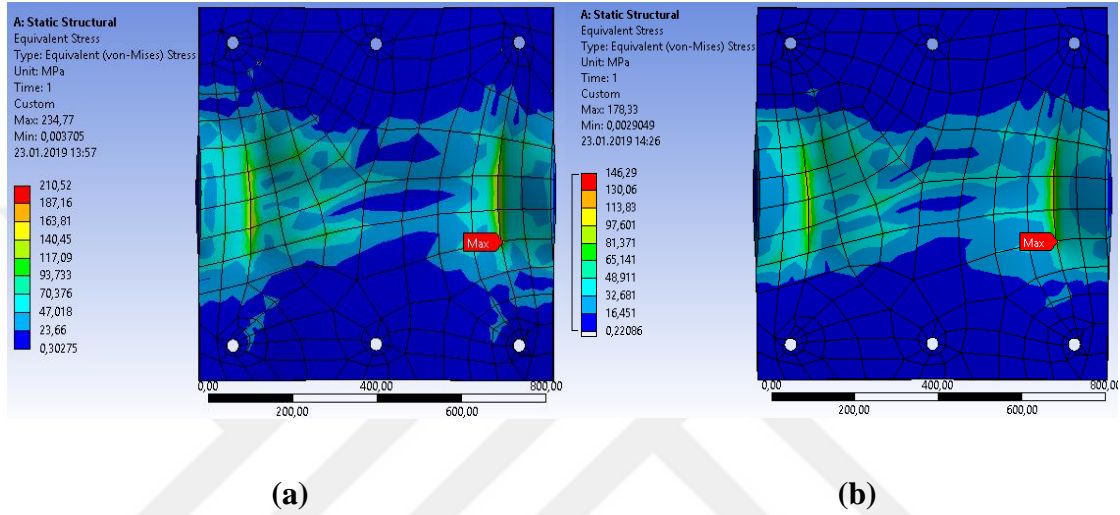
(b)

**Şekil 4.63.** Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.63 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,19401 mm iken; 30 mm (Şekil 4.63 (b)) kalınlıkta

levha kullanıldığında, 0,16233 mm olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanıldığında taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

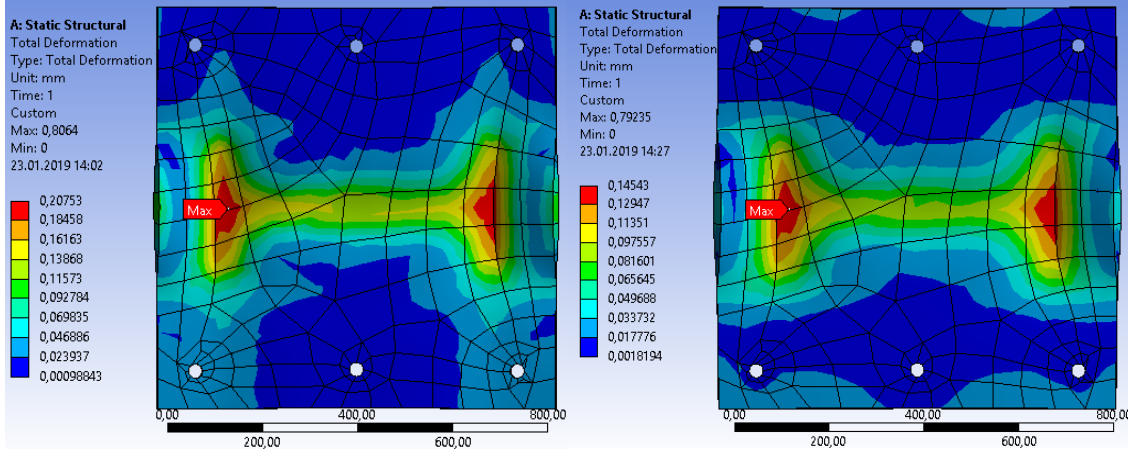
Mesnet reaksiyonlarına göre HE600B profilli birleşimde 6 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları Şekil 4.64 ve 4.65’de görülmektedir.



Şekil 4.64. HE20A6R ve HE30A6R Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.64 (a)) maksimum gerilmenin levha üzerinde olduğu (210,52 MPa) ve 20 mm levha kalınlıklı birleşimde levha üzerindeki gerilme değerlerinin 30 mm (Şekil 4.64 (b)) kalınlıkta levha kullanılmasına göre daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Her iki kolon-levha birleşim durumu için gerilmelerin kolon-taban levhası birleşim yerinde arttığı ve maksimum gerilmenin kolon-levha birleşim yerine yakın olarak profil üzerinde olduğu görülmüştür. Rijitlik levhası kullanılarak levha kalınlığı ve ankraj sayısı arttıkça birleşimin rijitliğinin arttığı ve gerilmelerin azaldığı görülmüştür.





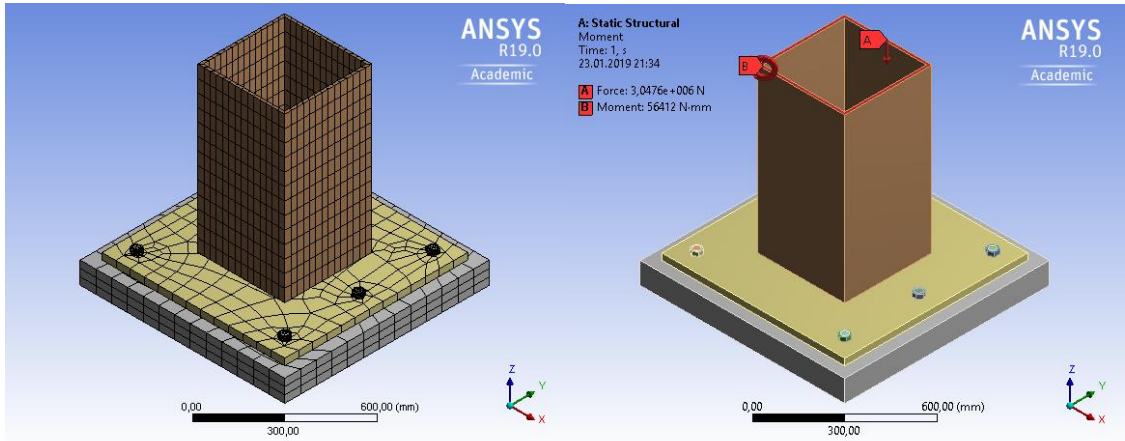
(a)

(b)

Şekil 4.65. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT).

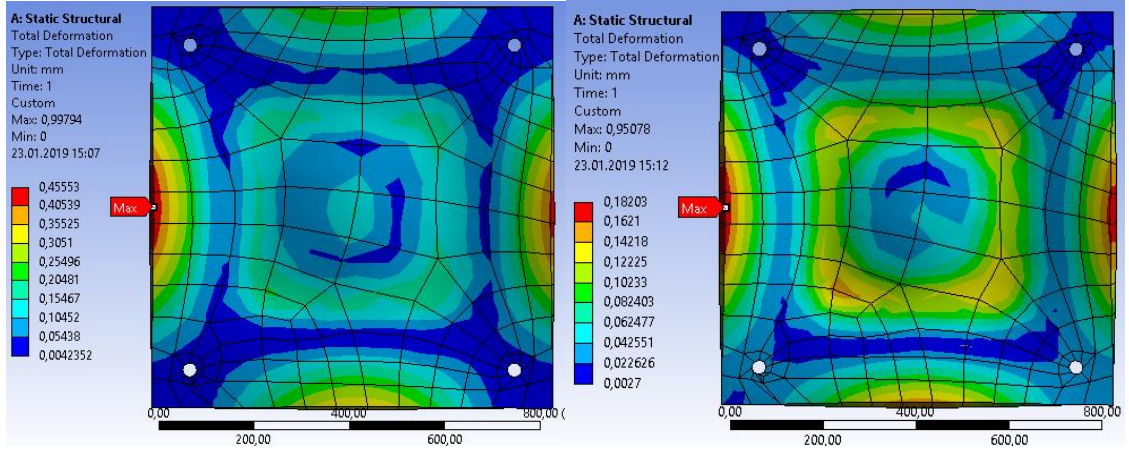
Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.65 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,20753 mm iken; 30 mm (Şekil 4.65 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,14543 mm olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanıldığında ve ankraj sayısı artırıldığında taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

#### 4.2.7. Kutu profilli kolon-taban levhası analizi (F=MNT)



Şekil 4.66. Kutu kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu.





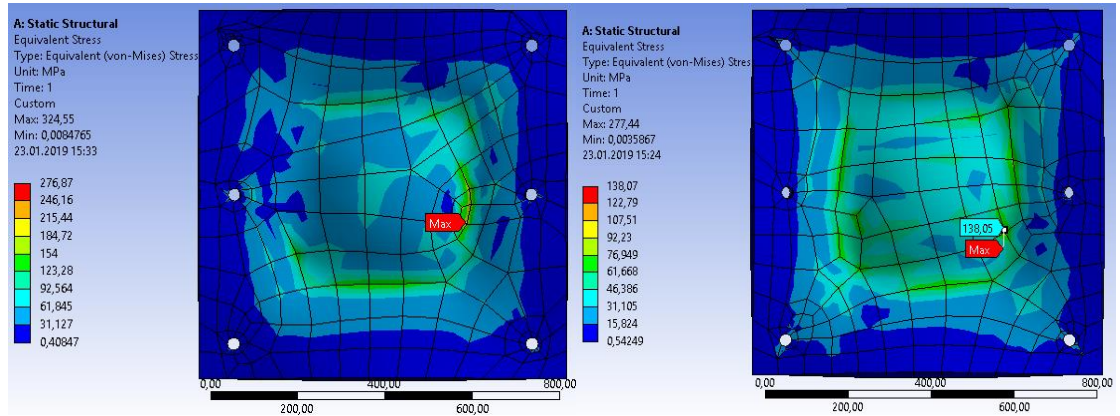
(a)

(b)

Şekil 4.68. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.68 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,45553 mm iken; 30 mm (Şekil 4.68 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,18203 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

Yatay yükler altında kutu profilli birleşimde 6 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları Şekil 4.69 ve 4.70’de görülmektedir.

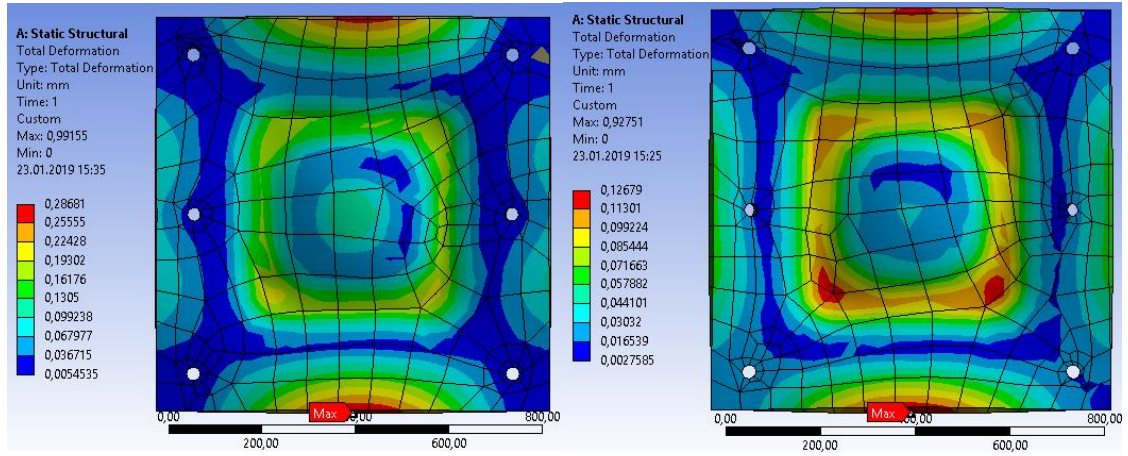


(a)

(b)

Şekil 4.69. K20A6 ve K30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.69 (a)) levha üzerinde oluşan gerilme 30 mm (şekil 4.69 (b)) kalınlıkta levha kullanılmasına göre daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Her iki kolon-levha birleşim durumu için gerilmelerin kolon-taban levhası birleşim yerinde arttığı ve maksimum gerilmenin kolon-levha birleşim yerine yakın olarak profil üzerinde oluştuğu görülmüştür. Levha kalınlığı ve ankraj sayısı arttıkça birleşimin rijitliğinin arttığı ve gerilmelerin azaldığı görülmüştür. Profil tipinin değişmesiyle (kutu profil kullanılması) ve ankraj sayısının artmasıyla kolon-taban levhası birleşiminde gerilmelerin arttığı görülmüştür.

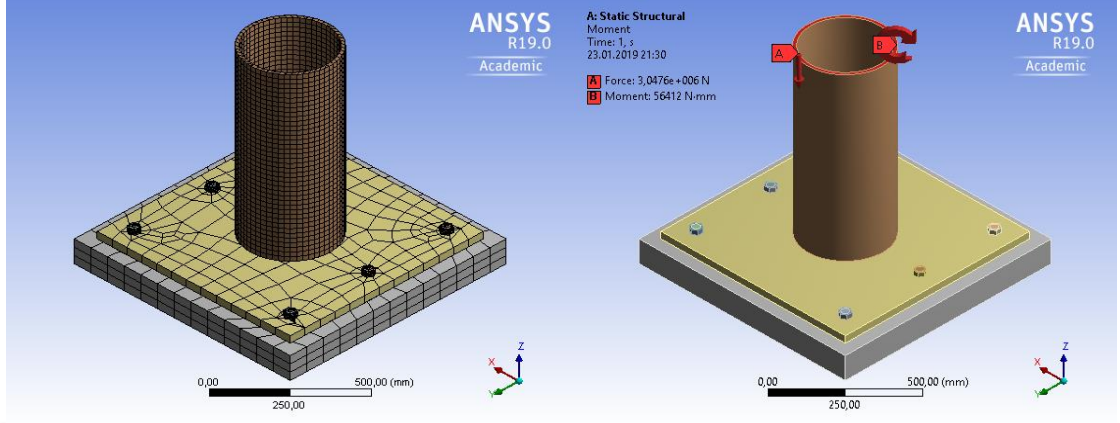


(a) (b)  
**şekil 4.70.** Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.70 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,28681 mm iken; 30 mm (şekil 4.70 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,12679 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

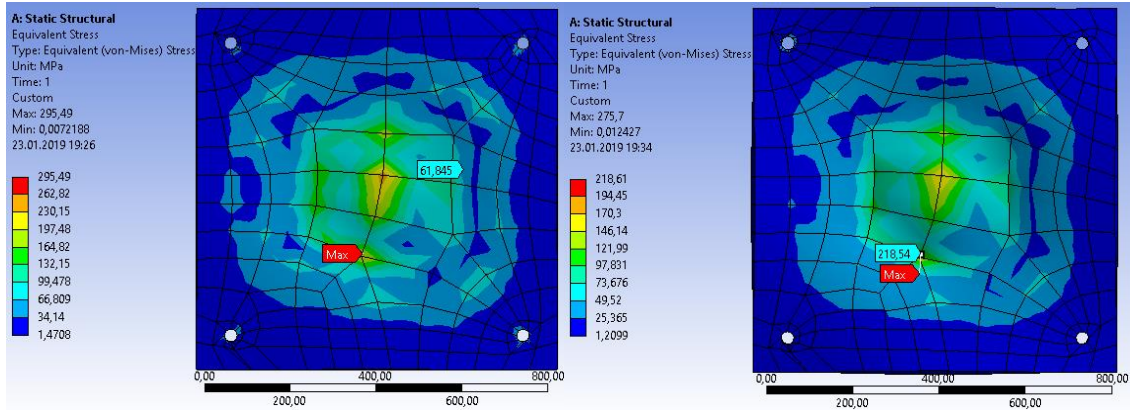


#### 4.2.8. Boru profilli kolon-taban levhası analizi (F=MNT)



Şekil 4.71. Boru kolon profilli birleşimin sonlu elemanlar modeli ve yükleme durumu.

Boru kolon profilli ve rijitlik levhalı birleşime ait sonlu elemanlar modeli Şekil 4.71’de görülmektedir. Kolon kesiti, boru profili (339,7x13 mm) olan temel-kolon birleşiminde taban levha boyutları 840x840 mm, 30 mm çapında ankraj çubuğu ve levha kalınlıkları 20 mm ve 30 mm kullanılmıştır. Birleşim SAP2000 yapısal analiz yazılımı ile ön analizleri Türkiye Deprem Yönetmeliği’nde yer alan yükleme protokollerine göre yapılmış olan 15 katlı konut binasının temel mesnet reaksiyon kuvvetleri,  $F=MNT$  altında 4 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları Şekil 4.72 ve 4.73’de görülmektedir.

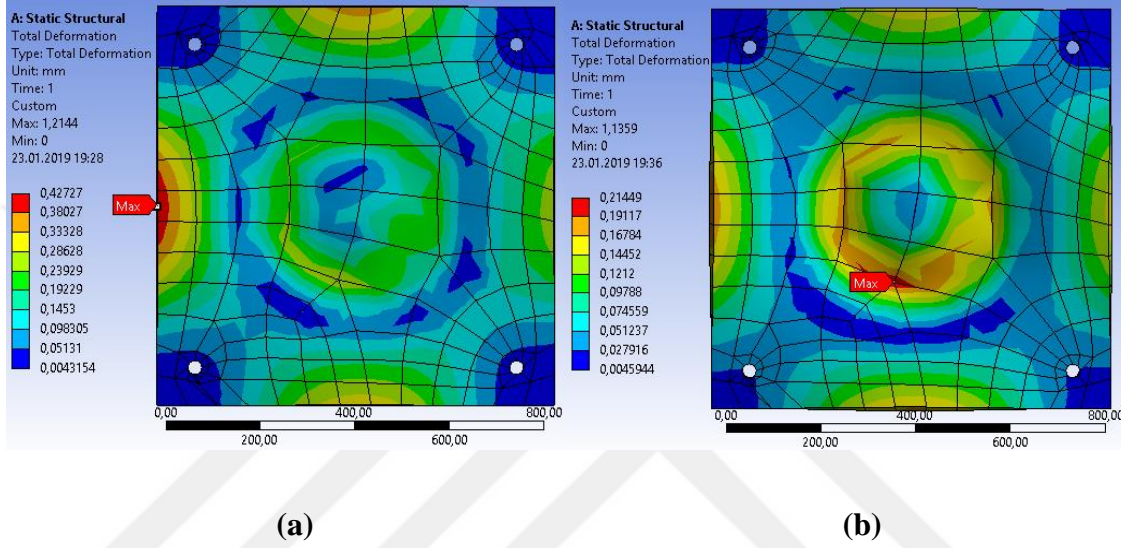


(a)

(b)

Şekil 4.72. B20A4 ve B30A4 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).

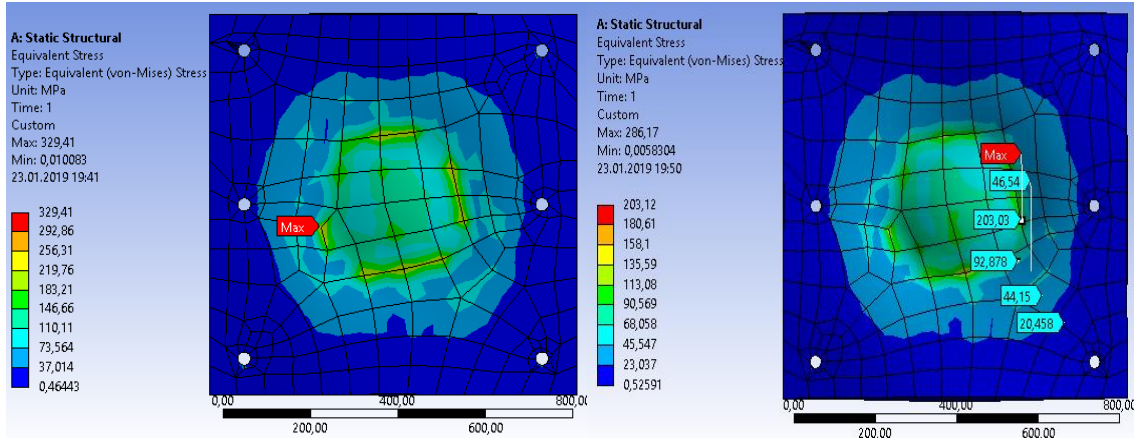
Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.72 (a)) levha üzerinde oluşan gerilmenin (295,49 MPa) ve 30 mm (şekil 4.72 (b)) kalınlıkta levha kullanılmasına göre daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Her iki kolon-levha birleşim durumu için gerilmelerin kolon-taban levhası birleşim yerinde arttığı görülmüştür. Levha kalınlığı arttıkk birleşimin rijitliğinin arttığı görülmüştür.



şekil 4.73. Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (şekil 4.73 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,42727 mm iken; 30 mm (şekil 4.73 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,21449 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

Yatay yükler altında boru profilli birleşimde 6 adet ankraj çubuğu kullanılarak yapılan sonlu elemanlar analiz sonuçları şekil 4.74 ve 4.75’de görülmektedir.

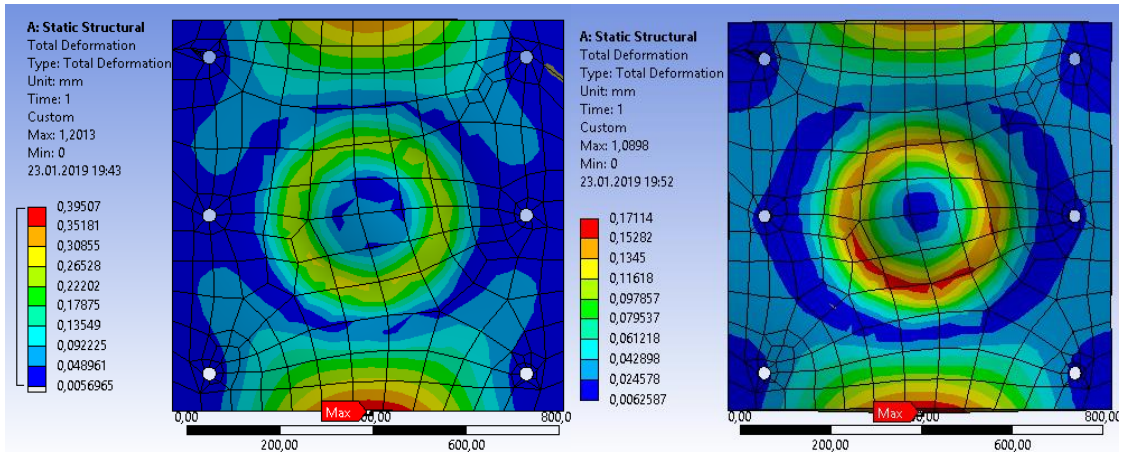


(a)

(b)

**Şekil 4.74.** B20A6 ve B30A6 Taban levhası gerilme dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.74 (a)) levha üzerinde oluşan gerilmenin (329,41 MPa) ve 30 mm (Şekil 4.74 (b)) kalınlıkta levha kullanılmasına göre daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Her iki kolon-levha birleşim durumu için gerilmelerin kolon-taban levhası birleşim yerinde arttığı görülmektedir. Levha kalınlığı arttıkça levha üzerinde oluşan gerilmelerin azaldığı fakat ankraj sayısı artırıldığında levha üzerinde gerilmelerin arttığı görülmektedir.



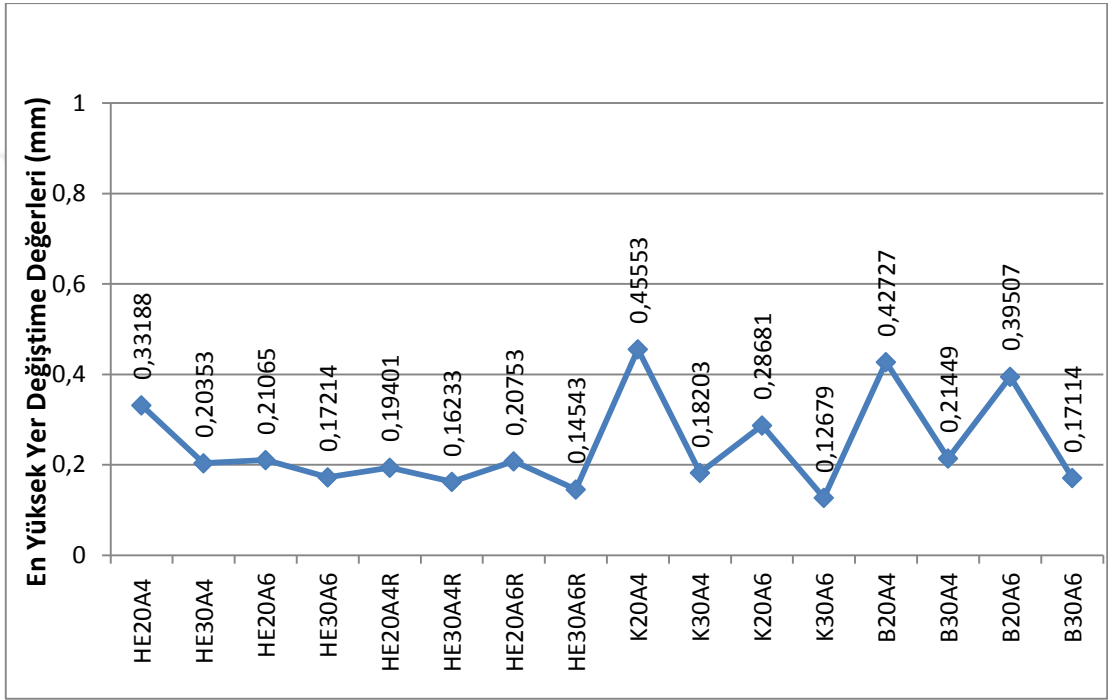
(a)

(b)

**Şekil 4.75.** Taban levhası deformasyon dağılımı (F=MNT).

Taban levha kalınlığının 20 mm olduğu birleşimde (Şekil 4.75 (a)) taban levhası üzerindeki maksimum deformasyon, 0,39507 mm iken; 30 mm (Şekil 4.75 (b)) kalınlıkta levha kullanıldığında, 0,17114 mm olarak hesaplanmıştır. Levha kalınlığının ve ankraj sayısının artırılmasıyla taban levhası deformasyonunun azaldığı görülmüştür.

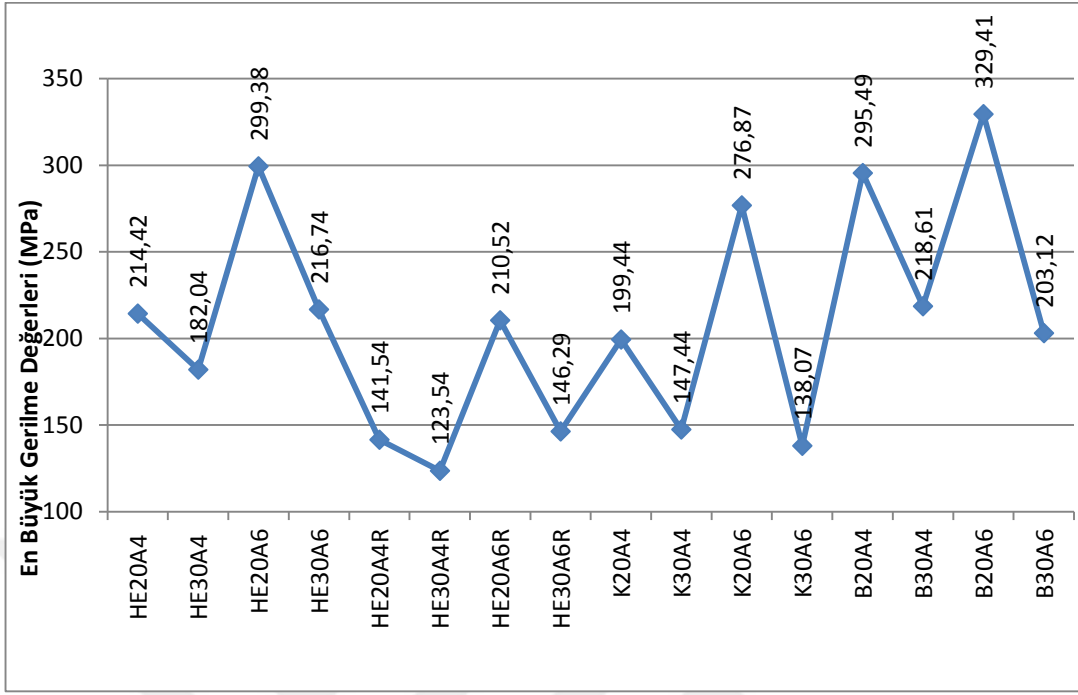
Yukarıda analiz detayları verilen birleşimler için taban levhası yer değıştirmeleri Şekil 4.76'da verilmiştir.



Şekil 4.76. Taban levhası yer değıştirmeleri.

Elde edilen sonuçlara göre; Şekil 4.76'ya bakıldığında birleşimlerde levha kalınlığının artırılmasının kolon üst ucu yer değıştirmesini azalttığı görülmektedir. Bu birleşimler için kolon taban levhasında oluşan en büyük gerilme değeri Şekil 4.77'de verilmiştir. Şekil 4.77'ye bakıldığında mesnet reaksiyonlarına göre çözümde HE20A6 ve B20A4 birleşimlerinin çeliğin akma gerilmesi sınırına (300 MPa) yakın olduğu ve B20A6 birleşiminin akma gerilmesi sınırını geçtiği görülmüştür.





**Şekil 4.77.** Taban levhası üzerindeki Von Mises gerilmeleri.

Şekil 4.77 incelendiğinde kolon taban levhası üzerinde oluşan en büyük gerilmenin boru profilli birleşimdeki levha üzerinde oluştuğu görülmektedir.

## 5. TEMEL KOLON BİRLEŞİMİ UYGULAMALARINDA GÖZLENEN HATALAR

Yapı bütünlüğü içinde kolon taban levhası birleşimlerinin önemi önceki bölümlerde verilmiştir. Bu önemin tersine uygulamada bu birleşimlerin son derece hatalı yapılabildiğini üzülererek ifade etmek gerekmektedir. Bu bölümde çelik yapılarda temel-kolon birleşimi uygulamalarında gözlenen hatalardan örnekler sunularak konuya dikkat çekilmek istenmiştir.



**Şekil 5.1.** Temel-kolon birleşim elemanlarının yetersizliği sonucu oluşan yapısal kusur.

Taban levhası boyutlarının ve birleşim elemanlarının yetersizliği (ankraj ve rijitlik levhası kullanılmaması), taban levhasının simetrik olmaması ve taban levhasının betonarme temel üzerine yanlış konumlandırılması sonucu Şekil 5.1’de gösterilen yapısal kusur oluşmuştur.



**Şekil 5.2.** Taban levhasının kullanılmaması ve birleşim elamanı yetersizliği sonucunda temel-kolon birleşiminde oluşan bozulma.

Çelik kolonlardan gelen yüklerin temele doğru bir şekilde aktarılması için birleşim elemanlarının (ankrajlar, bulonlar, taban levhası ve rijitlik levhaları) yeterli taşıma gücünde, uygun sayıda ve gerekli malzeme kalitesine sahip olması gerekmektedir. Taban levhası, rijitlik levhası kullanılmaması ve temel-kolon birleşimi arasında harç tabakası yer almaması sonucu oluşan yapı kusuru Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.3.** Ankrajlara yetersiz epoxy sonrası durum.

Yetersiz aderansla ankraj implantasyonu yapılması durumunda ciddi statik problemlerine yol açılabilmektedir. Şekil 5.3'de beton temel-kolon birleşiminde yetersiz aderanstan dolayı ankrajların sıyrılarak betondan kopmasına sebep olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.4.** Temel kolon birleşiminde hatalı uygulama.

Temel kolon birleşiminde kolondan gelen yükleri temele aktaran birleşim elemanlarının yanlış uygulanması ve betonarme temelin segregasyona uğraması sonucunda taşıyıcı sistemi etkileyen önemli yapı kusurları oluşabilmektedir. Şekil 5.4'te gösterilen temel-kolon birleşiminde, betonarme temelin segregasyona uğradığı, temelin mukavemetini kaybettiği ve birleşim elemanlarının (taban levhasının, ankrajların ve bulonların) hatalı uygulanması sonucunda statik olarak taşıyıcılıklarını kaybettikleri görülmektedir.



**Şekil 5.5.** Yetersiz temel uygulaması.



Temel kolon birleşiminde şekil 5.5’de görüldüğü gibi yetersiz temel yüzey alanı, betonda çatlakların olması, temel donatısı ile ankrajların korozyona uğraması ve taban levhası-temel arasında bağlantı harcının bulunmaması taşıyıcı sistem için ilerde sorun oluşturabilecektir.



**Şekil 5.6.** Kolon temel birleşimi bağlantı elemanları hataları.

Milimetre hassasiyetinde projelendirilen çelik yapılarda, özellikle saha uygulamalarında dikkat edilmesi gereken birleşim elamanlarının hatalı uygulanması sonucunda taşıyıcı sistem büyük zarar görebilmektedir. Şekil 5.6’da gösterilen kolon temel birleşiminde ankrajların, bulonların ve rijitlik levhalarının yetersiz olduğu, eksik ve yanlış uygulandığı görülmektedir.



**Şekil 5.7.** Betonarme temel-çelik kiriş birleşiminde uygulama hataları.

Şekil 5.7’de verilen betonarme temel-çelik kiriş bağlantısında üst yapıdan gelen yüklerin temele düzgün yayılmasını sağlayacak olan harç tabakasının olmadığı, ankrajların levha üzerinde uzun bırakılmış olduğu, taban levhası boyutunun yetersiz olduğu, birleşim elemanlarının ve taban levhasının paslandığı görülmektedir.



## 6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bir çelik yapıda temel-kolon birleşim bölgesi taşıyıcı sistem için en önemli birleşim yerleridir. Kolondan gelen yüklerin betonarme temel yüzeyine yayılmasını sağlamak için taban levhası kullanılması gereklidir. Bu çalışmada kolondan temele iletilen yatay yüklerin oluşturduğu moment etkisini karşılayabilmek ve dolayısıyla da sistem taşıyıcılığını devam ettirmek için kolonların temele ankrajlar ve bulonlar vasıtasıyla uygun sayı ve yeterlilikte kullanılmasının önemli olduğu görüldü.

Bu çalışmada boyutları ve detayları belirlenmiş olan açıkta çelik kolon-taban levhası bağlantılarının ANSYS® Workbench programında sonlu eleman yöntemi ile analizi gerçekleştirilmiştir. Ankraj bulonlarının ve temel-kolon birleşim elemanlarının yük aktarmadaki etkisi incelenmiştir. Temel kolon birleşimini oluşturan elemanlardan farklı tipte kolon (HE600B, KUTU(400x400x12,5 mm) ve BORU (339,7x13mm) profilleri), farklı kalınlıkta taban levhası (840x840x20 mm ve 840x840x30 mm) ve farklı sayıda ankraj çubukları (30 mm çap) kullanılarak farklı birleşimler tasarlanmıştır. Bazı birleşimlerde rijitlik levhaları (840x240x30 mm ve 240x240x30 mm) kullanılmıştır. Birleşimlerin her biri 4 ayrı yüklemeye tabi maruz bırakılarak toplamda 64 farklı statik analiz gerçekleştirilmiştir. İlk üç yüklemeye, taban levhasına kaynakla bağlanmış kolonun üst ucuna 50, 100 ve 150 kN olarak değişen yatay yükler uygulanmıştır. Dördüncü yüklemeye ise, SAP2000 yapısal analiz yazılımı ile ön analizleri Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde yer alan yüklemeye protokollerine göre yapılmış olan 15 katlı konut binasının temel mesnet reaksiyon kuvvetleri olarak uygulanmış ( $V_x = -3223$  N,  $V_y = -21430$  N,  $N = -3047559$  N,  $M_x = 34012,2$  Nmm,  $M_y = -45005,6$  Nmm) ve 4 ayrı yüklemeye için sonlu eleman yöntemiyle doğrusal olmayan analiz yapılmıştır.

Çalışmadaki analiz sonuçlarına göre birleşimde kullanılan kolon profil tiplerinden HE600B profilli birleşimlerin kutu ve boru profilli birleşimlere göre daha fazla rijitlik ve dayanım gösterdiği görülmüştür. Rijitlik levhası kullanımının ve ankraj sayısını artırmanın temel-kolon birleşimi üzerinde rijitliği artırdığı ve levha üzerindeki gerilmeleri azalttığı görülmüştür. Levha kalınlığı artırıldığında birleşimin rijitliğinin arttığı ve levha üzerinde oluşan gerilmenin azaldığı görülmüştür. Levha üzerinde oluşan gerilme dağılımının yatay yüklemeler için ankraj deliklerinde ve çevresinde daha fazla oluştuğu, mesnet reaksiyonuna göre yüklemeler içinse gerilmelerin taban levhası-kolon profili



birleşim yerleri üzerinde daha fazla oluştuğu görülmüştür. Çalışmada yer alan tüm birleşim tipleri karşılaştırıldığında yatay yükler altında boru ve kutu kolon profilli birleşimlerde taban levhası yer değiştirme değerlerinin HE600B profilli birleşimlere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Birleşimlerde kullanılan bağlantı elemanlarından taban levhası kalınlığının ve ankraj sayısının artırılmasının ve rijitlik levhası kullanılmasının yer değiştirmeyi azalttığı ve birleşimin rijitliğini artırdığı gözlenmiştir. Mesnet reaksiyonları altında tüm birleşim tipleri incelendiğinde; taban levhası kalınlığını, ankraj sayısını artırmanın ve rijitlik levhası kullanmanın taban levhası yer değiştirmesini azalttığı görülmüştür. Mesnet reaksiyonları altında birleşimler incelendiğinde taban levhası kalınlığının artırılmasının birleşimin rijitliğini artırdığı, deformasyonu ve yatay yer değiştirmeyi azalttığı görülmüştür.

## 7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 7.1. Sonuçlar

Bu çalışmada boyutları ve detayları belirlenmiş olan açıkta çelik kolon-taban levhası bağlantılarının ANSYS® Workbench programı kullanılarak sonlu eleman yöntemi ile analizi gerçekleştirilmiştir. Temel-kolon birleşim elemanlarının yük aktarmadaki etkisi ve mekanik davranışı incelenmiştir. Buna göre:

- Birleşimlerin farklı yükleme tiplerine göre bir karşılaştırması yapılırsa; yatay yükleme altındaki tüm birleşimlerde taban levhası üzerindeki gerilmelerin ankraj-levha birleşim yerinde yoğunlaştığı görülürken, mesnet reaksiyonuna göre yapılan yüklemelerde ise gerilmeler taban levhası-kolon profili birleşim bölgesinde yoğunlaşmıştır. Birleşimlerin taban levhası yer değiştirme değerleri karşılaştırıldığında, mesnet reaksiyonuna göre yapılan yüklemelerde 30 ve 20 mm taban levha kalınlığı kullanılan birleşimlerin birbirine yakın yer değiştirme yaptığı görülürken, yatay yüklemeler altında ortaya çıkan yer değiştirme değerlerinin levha kalınlığının 20 mm den 30 mm'e çıkarıldığında yarıya düştüğü görüldü. Yatay yükleme için HE30A6R birleşimi hariç tüm birleşim tiplerinde ve MNT yüklemeleri için tüm birleşimlerde, levha kalınlığının 20 mm'den 30 mm'ye çıkarıldığında taban levhası yer değiştirme değerlerinin azaldığı görülmüştür.
- Kullanılan kolon profilleri bakımından değerlendirildiğinde, yatay yükleme altında taban levhası üzerinde oluşan Von Mises gerilme değerleri BORU profilli birleşimlerde yüksekken (506,24 MPa), mesnet reaksiyonuna göre yükleme yapılan birleşimlerde de HE600B ve BORU profilli birleşimlerde daha yüksek gerilme değerleri (299,38 MPa ve 329,41 MPa) elde edilmiştir. Yatay yükler altında HEB, kutu ve boru profilli birleşimlerin taban levhası en yüksek yer değiştirme değerleri sırasıyla 50 kN için B20A4 birleşiminde 3,1206 mm, 100 kN için B20A4 birleşiminde 6,6938 mm ve 150 kN için B20A4 birleşiminde 21,87 mm olarak elde edilmiştir. F=MNT mesnet reaksiyonları altında HEB, kutu ve

boru profilli birleşimlerin taban levhası en yüksek yer değiştirme değeri K20A4 birleşiminde 0,45553 mm olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak hem yatay yükleme için hem de mesnet reaksiyonlarına göre yükleme için taban levhası yer değiştirmelerinin, HEB profilli birleşimlerde BORU (339,7x13 mm) ve KUTU (400x400x12,5 mm) profilli birleşimlere göre daha az olduğu görülmüştür.

- Rijitlik levhası kullanılan HEB profilli birleşimlerde, taban levhasının en yüksek yer değiştirme değerleri 50, 100 ve 150 kN için sırasıyla 0,48031 mm, 0,9636 mm ve 1,4808 mm iken; rijitlik levhası kullanılmayan birleşimlerde sırasıyla 1,6823 mm, 3,4781 mm ve 6,0759 mm olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanılan HEB profilli birleşimlerde, MNT çözümüne göre taban levhasının en yüksek yer değiştirme değerleri için sırasıyla 0,20753 mm iken rijitlik levhası kullanılmayan birleşimlerde 0,33188 olarak hesaplanmıştır. Rijitlik levhası kullanılmasının her iki yükleme tipine göre de taban levhası yer değiştirme değerlerini azalttığı görülmüştür. Taban levhası üzerindeki gerilmelere bakıldığında, rijitlik levhası kullanılan HEB profilli birleşimlerde 50, 100 ve 150 kN yatay yükler altında sırasıyla en yüksek gerilmeler 345,91 MPa, 428,67 MPa ve 446,06 MPa olarak hesaplanırken, aynı birleşimlerde rijitlik levhası kullanılmadığında ise gerilme değerleri 403,74 MPa, 407,89 MPa ve 477,5 MPa olarak hesaplanmıştır. MNT çözümüne göre de rijitlik levhası kullanılan birleşimlerde taban levhası üzerindeki en yüksek gerilme 210,52 MPa iken rijitlik levhası kullanılmayan birleşimlerde 299,38 MPa olarak hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre tüm birleşim ve yükleme tiplerine göre bakıldığında en düşük taban levhası yer değiştirme değerleri rijitlik levhası kullanılan HEB profilli birleşimlerde elde edilmiştir. Yine taban levhası üzerindeki gerilmelere bakıldığında hem yatay yükleme hem de mesnet reaksiyonlarına göre yüklemelerde rijitlik levhası kullanmanın levha üzerindeki gerilmeleri azalttığı görülmüştür.
- Birleşimlerde kullanılan ankraj sayısındaki değişime göre meydana gelen gerilme değerleri Çizelge 7.1'de verilmiştir.

**Çizelge 7.1.** Ankraj sayısının değişimine göre taban levhası üzerinde oluşan gerilme değerleri.

| <b>En Büyük Gerilme Değerleri</b> |                              |          |             |   |          |             |                               |          |             |                               |          |             |
|-----------------------------------|------------------------------|----------|-------------|---|----------|-------------|-------------------------------|----------|-------------|-------------------------------|----------|-------------|
| <b>Kuvvet<br/>(kN)</b>            | <b>HEB Profilli Birleşim</b> |          |             | <b>Rijitlik Levhalı HEB Profilli Birleşim</b> |          |             | <b>KUTU Profilli Birleşim</b> |          |             | <b>BORU Profilli Birleşim</b> |          |             |
|                                   | 4 Ankraj                     | 6 Ankraj | Değişim (%) | 4 Ankraj                                      | 6 Ankraj | Değişim (%) | 4 Ankraj                      | 6 Ankraj | Değişim (%) | 4 Ankraj                      | 6 Ankraj | Değişim (%) |
| <b>F=50</b>                       | 403,74                       | 344,35   | -14,710     | 345,91  | 131,04   | -62,117     | 428,67                        | 334,67   | -21,928     | 430,66                        | 429,88   | -0,181      |
| <b>F=100</b>                      | 388,06                       | 407,89   | 5,110       | 428,67  | 262,03   | -38,874     | 429,66                        | 495,06   | 15,221      | 422,93                        | 454,37   | 7,434       |
| <b>F=150</b>                      | 432,38                       | 477,5    | 10,435      | 446,06  | 394,02   | -11,667     | 463,17                        | 453,01   | -2,194      | 506,24                        | 457,37   | -9,654      |
| <b>F=MNT</b>                      | 214,42                       | 299,38   | 39,623      | 141,53  | 210,52   | 48,746      | 199,44                        | 276,87   | 38,824      | 295,49                        | 329,41   | 11,479      |

Taban levhası üzerinde oluşan maksimum gerilmeler için Çizelge 7.1.'e bakıldığında yatay yükleme ve mesnet reaksiyonlarına göre yüklemeler altında rijitlik levhalı HEB profilli birleşimlerde ankraj sayısının artırılması gerilmeyi azalttığı görülürken, rijitlik levhası kullanılmayan birleşimlerde 100 ve 150 kN yüklemeleri için gerilmelerin arttığı ve mesnet reaksiyonları altındaki yüklemelerde gerilmelerin arttığı görülmüştür. Boru ve Kutu profilli birleşimlerde ankraj sayısının artırılması taban levhası üzerindeki gerilmeleri, yatay yüklemelerde azaltırken MNT yüklemesinde ise artırdığı görülmüştür. Ankrajlar mesnet momentinden kaynaklanan çekme gerilmelerinin temele aktarılmasında ve temel-kolon birleşimi arasındaki bağlantıyı sağlamada kullanılmaktadır. Çalışmada kolon-temel birleşimi bağlantı elemanlarından ankrajların yeterli miktarda kullanılmasıyla yatay mesnet tepkilerini temele iletmede olumlu katkı sağladığı levha üzerindeki gerilmeyi azalttığı görülmüştür.

**Çizelge 7.2.** Ankraj sayısına göre birleşimlerin taban levhası üzerinde oluşan en büyük yer değiştirmeler.

| En Büyük Yer Değiştirme Değerleri (mm) |                       |          |             |                                       |          |             |                        |          |             |                        |          |             |
|--|-----------------------|----------|-------------|---------------------------------------|----------|-------------|------------------------|----------|-------------|------------------------|----------|-------------|
| Kuvvet                                 | HEB Profilli Birleşim |          |             | Rijitlik Levhah HEB Profilli Birleşim |          |             | KUTU Profilli Birleşim |          |             | BORU Profilli Birleşim |          |             |
| (kN)                                   | 4 Ankraj              | 6 Ankraj | Değişim (%) | 4 Ankraj                              | 6 Ankraj | Değişim (%) | 4 Ankraj               | 6 Ankraj | Değişim (%) | 4 Ankraj               | 6 Ankraj | Değişim (%) |
| <b>F=50</b>                            | 1,6823                | 1,5457   | -8,120      | 0,4803                                | 0,407    | -15,153     | 1,5168                 | 1,1559   | -23,794     | 3,1206                 | 2,3821   | -23,665     |
| <b>F=100</b>                           | 3,4781                | 3,149    | -9,462      | 0,9636                                | 0,814    | -15,450     | 3,1572                 | 2,3514   | -25,523     | 6,6938                 | 4,9535   | -25,999     |
| <b>F=150</b>                           | 6,0759                | 5,1585   | -15,099     | 1,4808                                | 1,224    | -17,315     | 5,5113                 | 3,7955   | -31,132     | 21,87                  | 10,354   | -52,657     |
| <b>F=MNT</b>                           | 0,3318                | 0,21065  | -36,528     | 0,1940                                | 0,207    | 6,969       | 0,4555                 | 0,2868   | -37,038     | 0,4272                 | 0,3950   | -7,536      |

Birleşimlerin Çizelge 7.2.'deki taban levhası en büyük yer değiştirmeleri incelendiğinde; tüm birleşim tipleri için yatay yükleme ve mesnet reaksiyonları altında ankraj sayısının artırılmasıyla taban levhası yer değiştirmelerinin azaldığı temel-kolon birleşimlerinin rijitliğinin arttığı görülmüştür.

- Birleşimlerde kullanılan taban levhası kalınlığına göre bir karşılaştırma yapılırsa;

Birleşimlerin taban levhası yer değiştirmeleri incelendiğinde; HEB profili kullanılan birleşimlerde levha kalınlığı 20 mm için 50 kN, 100 kN, 150 kN ve mesnet reaksiyonlu yükler altında sırasıyla taban levhasının en yüksek yer değiştirme değerleri 1,6823 mm, 3,4781 mm, 6,0759 mm ve 0,33188 mm iken; levha kalınlığı 30 mm için 0,76144 mm, 1,5307 mm, 2,4376 mm ve 0,20353 mm yer değiştirme elde edilmiştir. Rijitlik levhah HEB profili kullanılan birleşimlerde levha kalınlığı 20 mm için 50 kN, 100 kN, 150 kN ve mesnet reaksiyonlu yükler altında sırasıyla en yüksek yer değiştirme değerleri 0,18353 mm, 0,36852 mm, 0,55541 mm ve 0,20753 mm iken; levha kalınlığı 30 mm için 0,48031 mm, 0,9636 mm, 1,4808 mm ve 0,16233 mm olarak yer değiştirmeleri elde edilmiştir. 400x400x12,5 mm profili kullanılan tüm birleşimlerde levha kalınlığı 20 mm için 50 kN,100 kN, 150 kN ve mesnet reaksiyonlu yükler altında sırasıyla en yüksek

yer değiştirme değerleri 1,5168 mm, 3,1572 mm, 5,5113 mm, ve 0,45553 mm iken; levha kalınlığı 30 mm için 0,64612 mm, 1,2964 mm, 2,0428 mm ve 0,18203 mm yer değiştirme elde edilmiştir. 339,7x13 profili kullanılan tüm birleşimlerde levha kalınlığı 20 mm için 50 kN, 100 kN, 150 kN ve mesnet reaksiyonlu yükler altında sırasıyla taban levhasının en yüksek yer değiştirme değerleri 3,1206 mm, 6,6938 mm, 21,87 mm ve 0,42727 mm iken; levha kalınlığı 30 mm için 1,1433 mm, 2,31 mm, 3,6971 mm ve 0,21449 mm yer değiştirme elde edilmiştir. Çizelge 7.3. de levha kalınlığına göre karşılaştırmalı yer değiştirme değerleri verilmiştir.

**Çizelge 7.3.** Taban levhası kalınlığına göre birleşimlerin taban levhasında oluşan en büyük yer değiştirmeler.

| <b>En Büyük Yer Değiştirme Değerleri (mm)</b> |                              |                       |             |   |                       |             |                               |                       |             |                               |                       |             |
|---|------------------------------|-----------------------|-------------|---|-----------------------|-------------|-------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Kuvvet</b>                                 | <b>HEB Profilli Birleşim</b> |                       |             | <b>Rijitlik Levhalı HEB Profilli Birleşim</b> |                       |             | <b>KUTU Profilli Birleşim</b> |                       |             | <b>BORU Profilli Birleşim</b> |                       |             |
| <b>(kN)</b>                                   | Levha kalınlığı 20 mm        | Levha kalınlığı 30 mm | Değişim (%) | Levha kalınlığı 20 mm                         | Levha kalınlığı 30 mm | Değişim (%) | Levha kalınlığı 20 mm         | Levha kalınlığı 30 mm | Değişim (%) | Levha kalınlığı 20 mm         | Levha kalınlığı 30 mm | Değişim (%) |
| <b>F=50</b>                                   | 1,6823                       | 0,7614                | -54,738     | 0,1835  | 0,4803                | 161,70      | 1,5168                        | 0,6461                | -57,402     | 3,1206                        | 1,1433                | -63,363     |
| <b>F=100</b>                                  | 3,4781                       | 1,5307                | -55,990     | 0,3685  | 0,9636                | 161,47      | 3,1572                        | 1,2964                | -58,938     | 6,6938                        | 2,31                  | -65,490     |
| <b>F=150</b>                                  | 6,0759                       | 2,4376                | -59,881     | 0,5554  | 1,4808                | 166,61      | 5,5113                        | 2,0428                | -62,934     | 21,87                         | 3,6971                | -83,095     |
| <b>F=MNT</b>                                  | 0,3318<br>8                  | 0,2035                | -38,674     | 0,1940  | 0,1623                | -16,329     | 0,4555                        | 0,1820                | -60,040     | 0,4272                        | 0,2144                | -49,800     |

Birleşimlerin Çizelge 7.3.'deki taban levhası yer değiştirmeleri incelendiğinde; levha kalınlığının artırılmasının rijitlik levhalı birleşimler hariç tüm yükleme değerleri için yer değiştirme değerlerini azalttığı ve birleşimin rijitliği artırdığı görülmüştür. Birleşimlerin taban levhası üzerindeki maksimum gerilmeleri incelendiğinde; HEB profili kullanılan birleşimlerde levha kalınlığı 20 mm için 50 kN, 100 kN, 150 kN ve mesnet reaksiyonlu yükler altında sırasıyla en yüksek gerilme değerleri 403,74 MPa, 407,89 MPa, 477,5 MPa ve 299,38 MPa iken; levha kalınlığı 30 mm için 186,33 MPa, 388,06 MPa, 440,29 MPa ve 216,73 MPa elde edilmiştir. Rijitlik levhalı HEB profili kullanılan birleşimlerde levha kalınlığı 20 mm için 50 kN, 100 kN, 150 kN ve mesnet reaksiyonlu yükler altında en yüksek gerilme değerleri sırasıyla 345,91 MPa, 428,67 MPa, 446,06 MPa ve

210,52 MPa iken; levha kalınlığı 30 mm için 186,32 MPa, 338,45 MPa, 446,06 MPa ve 146,29 MPa elde edilmiştir. 400x400x12,5 mm profili kullanılan birleşimlerde levha kalınlığı 20 mm için 50 kN, 100 kN, 150 kN ve mesnet reaksiyonlu yükler altında en yüksek gerilme değerleri sırasıyla 428,67 MPa, 495,06 MPa, 428,67 MPa ve 276,87 MPa iken; levha kalınlığı 30 mm için 162,68 MPa, 331,45 MPa, 463,17 MPa ve 147,44 MPa elde edilmiştir. 339,7x13 profili kullanılan tüm birleşimlerde levha kalınlığı 20 mm için 50 kN, 100 kN 150 kN ve mesnet reaksiyonlu yükler altında en yüksek gerilme değerleri sırasıyla 430,66 MPa, 454,37 MPa, 484,99 MPa ve 329,41 MPa iken; levha kalınlığı 30 mm için 208,72 MPa, 414,9 MPa, 506,24 MPa ve 329,41 MPa elde edilmiştir. Çizelge 7.4. ile levha kalınlığına göre taban levhası üzerindeki karşılaştırmalı gerilme değerleri verilmiştir.

**Çizelge 7.4.** Taban levhası kalınlığına göre taban levhası üzerinde oluşan en büyük gerilmeler.

| En Büyük Yer Değiştirme Değerleri (mm) |                       |                       |             |                                       |                       |             |                        |                       |             |                        |                       |             |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|-------------|
| Kuvvet                                 | HEB Profilli Birleşim |                       |             | Rijitik Levhalı HEB Profilli Birleşim |                       |             | KUTU Profilli Birleşim |                       |             | BORU Profilli Birleşim |                       |             |
| (kN)                                   | Levha kalınlığı 20 mm | Levha kalınlığı 30 mm | Değişim (%) | Levha kalınlığı 20 mm                 | Levha kalınlığı 30 mm | Değişim (%) | Levha kalınlığı 20 mm  | Levha kalınlığı 30 mm | Değişim (%) | Levha kalınlığı 20 mm  | Levha kalınlığı 30 mm | Değişim (%) |
| <b>F=50</b>                            | 1,682                 | 0,7614                | -54,738     | 0,1835                                | 0,4803                | 161,70      | 1,5168                 | 0,6461                | -57,402     | 3,1206                 | 1,1433                | -63,363     |
| <b>F=100</b>                           | 3,478                 | 1,5307                | -55,990     | 0,3685                                | 0,9636                | 161,47      | 3,1572                 | 1,2964                | -58,938     | 6,6938                 | 2,31                  | -65,490     |
| <b>F=150</b>                           | 6,075                 | 2,4376                | -59,881     | 0,5554                                | 1,4808                | 166,61      | 5,5113                 | 2,0428                | -62,934     | 21,87                  | 3,6971                | -83,095     |
| <b>F=MNT</b>                           | 0,331                 | 0,2035                | -38,674     | 0,1940                                | 0,1623                | -16,329     | 0,4555                 | 0,1820                | -60,040     | 0,4272                 | 0,2144                | -49,800     |

Çizelge 7.4’de verilen taban levhası üzerindeki en büyük gerilme değerleri incelendiğinde; levha kalınlığının artırılmasının levha üzerindeki en büyük gerilmeleri azalttığı ve birleşimin rijitliğini arttırdığı görülmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada birleşimlerin her biri 4 ayrı yüklemeye maruz bırakılarak toplamda 64 farklı statik analiz gerçekleştirilmiştir. Birleşimlerde farklı tipte kolon, farklı kalınlıkta taban levhası, farklı sayıda ankraj ve bazı

birleşimlerde rijitlik levhaları kullanılmıştır. Birleşimlere 3 farklı yatay yükleme ve ön analizleri Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde yer alan yükleme protokollerine göre yapılmış olan 15 katlı konut binasının temel mesnet reaksiyon kuvvetleri uygulanmıştır. Uygulanan bu yüklemelere göre sonlu elemanlar analizi yapılarak taban levhaları üzerindeki gerilme ve taban levhası yer değiştirme sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre; temel-kolon birleşimlerinde kullanılan taban levhası, ankrajlar ve rijitlik levhası bağlantı elemanlarının çelik taşıyıcı sistemler için statik olarak etkili parametreler olduğu belirlenmiştir. Yapılan 64 farklı analize göre, birleşim kodu HE30A6R (rijitlik levhası kullanılan, ankraj-bulon sayısı 6 olan, profil tipi HEB olan ve levha kalınlığı 30 mm) olan temel-kolon birleşiminde gerilme, yer değiştirme ve deformasyonların daha iyi olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada yapılan analizlere göre temel-kolon birleşimlerinde yer alan bağlantı elemanlarından taban levhası üzerindeki ankraj deliği yataklarının ve ankrajların levha ile temas eden yüzeylerinin çoğunlukla yüksek gerilime maruz kaldığı ve birleşimler için zayıf noktalar oluşturduğu tespit edilmiştir.

## **7.2. Öneriler**

Statik analizi yapılan birleşimlerin deneysel çalışmaları da yapılarak elde edilecek sonuçlar ile sayısal analiz sonuçları karşılaştırılabilir. Örnek bir yapı ele alınarak bütün yapı dinamik etkilerin de dikkate alındığı analize tabi tutulabilir ve böylece bu çalışmada ele alınan birleşimlerin yapının diğer unsurlarına etkisi araştırılabilir. Ayrıca betonarme temel ile çelik yapı ve yapı elemanları ile birleşimlerin etkileşimi de incelenebilir.



## 8. KAYNAKLAR

- ANSYS®, 2018. <https://www.ansys.com/>.
- Aslan Z. Ü., 2015. Mevcut Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Çok Katlı Çelik Yapı Olarak Tasarlanması ve Maliyetlerinin Karşılaştırılması: Tokat Ahi Evleri Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Asteris P. G., Michaltsos G. T. and Sophianopoulos D.S., 2005. Equilibrium based evaluation of stress distribution under steel column base plates. I: Governing Equations. Electronic Journal of Structural Engineering, Greece.
- Amaral PM, 2014. Steel column bases under biaxial loading conditions, University of porto Porto, Portugal.
- CEB Guide, 1997. Models of design resistance of anchoring compatible with Eurocode were published in CEB Guidebased on Eligehausen [Eligehausen 1990].
- Civelek, O., 2010. Süneklik Düzeyi Yüksek Çok Katlı Bir Çelik Yapının Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÇYTHYEY, 2018. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik. T.C. Resmi Gazete, 30333, 15 Şubat 2018.
- Fisher, J.M., and Kloiber L.A., May 2006. Base plate and anchor rod design. Steel Design Guide 1. Gholampour A-A, Naghipour M, Sobati A, 2010. Design of circular base plate under large bending moment which there is a little gap between base plate and foundation. Second International Conference on Computer Research and Development. At Kuala Lumpur, Malaysia.
- 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.
- Kaftan, M. A., 2006. Çelik Yapılarda Korozyon Oluşumu ve Korozyondan Korunma Yöntemlerinin Maliyet Açısından Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Kingsley AM, 2005. Experimental and analytical investigation of embedded columnbase connections for concrete filled high strength steel tubes.

- Lee D-Y, Goel SC, Stojadinovic B, 2008a. Exposed column-base plate Connections bending about weak axis: I. Experimental study International Journal of Steel Structures, 8, 11-27.
- Rosça V-E, Teleman E-C, Axinte E, Băetu G, 2013. Design of steel column base connections for large eccentricities Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi-Construction &Architecture Section, 63, 6.
- Sözen Ş., 2008, Çelik Çekme Elemanlarının Eklerinde Oluşan Doğrusal Yer Değiştirmelerin Görüntü Yöntemiyle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL.
- Şehirli A.S., 2011, 10 Katlı Çelik Bir Ofis Binasının Boyutlandırılması ve İlerlemeli Çökme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL.
- Tsavdaridis K-D, Shaheen M-A, Baniotopoulos C, Salem E, 2015. Analytical approach of anchor rod stiffness and steel base plate calculation under tension. Structures 5 (2016) 207-218.
- Türker K., 2018, Çelik Yapılar Ders Notları, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Wald F., Sokol Z., Steenhuis C., Jaspart J-P, 2008. Component method for steel column base plates. Heron, 53, 1/2.
- Yalçın H.F., 2010. Eksenel Kuvvet Etkisindeki Çelik Kolon Ayaklarının Boyutlandırılması İçin Hesap Çizelgesi Programı Hazırlanması ve Tasarım Uygulamaları, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Yelgin, A. N., 2018. Çelik Yapılar Ders Notları, Sakarya Üniversitesi İnşaat Müh. Böl.

## 9. ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Mustafa ATILGAN  
**Uyruğu** : TC  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Turhal/TOKAT, 1985  
**Telefon** : 05367471142  
**Faks** :  
**e-mail** : mustafaatilgan@hotmail.com.tr

### EĞİTİM DURUMU

**Üniversite** : Ege Üniversitesi  
**Mezuniyet Tarihi** : 2007

### İŞ DENEYİMLERİ

#### TARİH

#### Çalışılan Kurum/Şirket

2010-2018 Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu TOKAT  
2009-2010 Key International Contracting Abu DHABİ/BİRLEŞİK  
ARAP EMİRLİKLERİ  
2008-2009 Askerlik (Yedek Subay)  
2007-2008 Galeri Kristal Tur. İnş. Paz. Boğazkent/ANTALYA

#### YABANCI DİLLER

İngilizce

#### YAYINLAR

Çelik Yapılarda Kullanılan Kolon Taban Levhalarının Analitik Olarak İncelenmesi, 1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies Abstracts Book, 100-101, November 2-4, 2017