

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**GÖVDESİNDE DELİKLER AÇILARAK
HAFİFLEŞTİRİLEN ÇELİK KİRİŞ VE EKLERİNİN
EĞİLMEDE DAVRANIŞI**

Abdullah Kadir MENGE

**Tez Danışmanı
Doç.Dr. Ziyafeddin BABAYEV**

Yozgat 2018

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**GÖVDESİNDE DELİKLER AÇILARAK
HAFİFLEŞTİRİLEN ÇELİK KİRİŞ VE EKLERİNİN
EĞİLMEDE DAVRANIŞI**

Abdullah Kadir MENGE

**Tez Danışmanı
Doç.Dr. Ziyafeddin BABAYEV**

**Bu çalışma, Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından 6601-FBE/18-140 kodu ile desteklenmiştir.**

Yozgat 2018

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

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı 70110715002 numaralı öğrencisi Abdullah Kadir MENGE hazırladığı “Gövdesinde Delikler Açılarak Hafifleştirilen Çelik Kiriş ve Eklerinin Eğilmede Davranışı” başlıklı Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 16.05.2018 günü saat 10.00’da yapılmış, tezin onayına oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile karar verilmiştir.

Başkan : Dr.Öğr.Üyesi Oğuz DÜĞENCİ



Üye : Doç. Dr. Ziyafeddin BABAYEV (Danışman)



Üye : Dr.Öğr.Üyesi Polat ÖZYİĞİT



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu’nun 25.5/2018 tarih ve 21 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

25.5/2018



Prof. Dr. Fuat KÜKSAL
Müdür

İÇİNDEKLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TABLolar LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
TEŞEKKÜR	xiii
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çelik Malzeme	2
1.3. Çelik Malzemenin Avantaj ve Dezavantajları.....	3
2. ÇELİK.....	5
2.1. Çelik Üretimi	5
2.2. Çelik Malzemenin Özellikleri	6
2.3. Çeliğin Fiziksel Özellikleri	7
2.4. Demir-Çelik Kullanılarak Gerçekleştirilen İlk Uygulama Örnekleri.....	8
2.5. Çelik Profiller	11
2.5.1. Profiller	12
2.5.2. Lamalar	14
3. ÇELİK YAPILARDA BİRLEŞİM ARAÇLARI	16
3.1. Perçinli birleşimler	16
3.2. Bulonlu (Civatalı) Birleşimler.....	17
3.2.1. Normal Bulonlar	18
3.2.2.Yüksek Mukavemetli Bulonlar (HV bulonları).....	20
3.3. Kaynaklı Birleşimler	22
3.3.1. Kaynak.....	22
3.3.2. Ergitme Kaynakları.....	22
3.3.3. Elektrik Arkı Kaynakları	23
3.3.4. Gaz Kaynağı	23

3.3.5. Basınç Kaynakları.....	23
4. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME	25
4.1. Boşluklu (Petek) Kirişlerin Tarihsel Gelişimi.....	25
4.1.1. Uygulama Alanları.....	25
4.1.2. Avantajları	26
4.1.3. Boşluklu Kirişlerin Modellenmesi.....	29
4.2. Dolu Gövdeli Kirişlerin Oluşturulması	30
4.2.1. Kaynaklı Ek Yapılması.....	33
4.2.2. Civatalı Ek Yapılması.....	36
4.3. Deney Numunelerinin Oluşturulması.....	42
4.4. Deney Düzeneği ve Deneyin Gerçekleştirilmesi.....	54
4.5. Değerlendirme ve Bulgular	108
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	130
KAYNAKLAR	132
ÖZGEÇMİŞ.....	134



GÖVDESİNDE DELİKLER AÇILARAK HAFİFLEŞTİRİLEN ÇELİK KİRİŞ VE EKLERİNİN EĞİLMEDE DAVRANIŞI

Abdullah Kadir MENGE

**Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği
Yüksek Lisans Tezi
2018; Sayfa: 134**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ziyafeddin BABAYEV

ÖZET

Dünyadaki ve ülkemizdeki kentlerin hızlı bir şekilde gelişmesine paralel olarak endüstrinin ve sanayinin hızlı bir şekilde geliştiği, zamanın paranın önüne geçtiği günümüz koşullarında bu ihtiyaçlara cevap verebilecek sanayi yapılarının inşası giderek yaygınlaşmakta ve gelişmektedir. Ayrıca kentlerin sosyal ihtiyaçlarına cevap verebilecek ekonomik, sportif, kültürel ve ticaret amaçları ile inşa edilen yapıların gereksinimi giderek artmaktadır. Bu tür yapıların daha hızlı ve ekonomik inşa edilebilme talebi çelik taşıyıcı elemanların kullanılmasına olan gereksinimi ortaya koymaktadır. Bu tür yapı elemanlarının kullanılması hem ülke ekonomisine hem de hızlı inşaat tekniklerine katkısı büyük olanak sağlayabilir. Günümüz gelişmiş ülkelerinde çeşitli şekillerle oluşturulan boşluklu kirişler üretilmekte ve kullanılmaktadır. Boşluklu kiriş kullanımı I şekilli profillerden daha mukavemetli ve daha ekonomik yapı elemanları elde edilmesine imkân vermektedir. Tez çalışmasının amacı hali hazırda bulunan I şekilli profillerin gövdesin de farklı geometrilerde delikler açarak ve ek bağlantı elemanlarını oluşturarak eğilme davranışının incelenmesinin yapılması ve hızlı üretim ve ekonomik yapı elemanları oluşturulabilmesidir. Bu çalışmanın gerçekleştirebilmesi için, standart üretimi yapılan I en kesitli profiller temin edilerek daha önceden hazırlanan kesit ölçülerinde biçimlendirilerek eğilme deneyi ve kritik noktalar belirlenmiştir. Bu kritik noktaların nasıl davrandığı analiz edilip nasıl teşkil edileceği ele alınmıştır. Aynı I şekilli Profillerin farklı şekil ve boyutlardaki hesaplama sonuçları tez çalışmasında yer almaktadır. Tez çalışması 4 Bölüm, sonuçlar ve öneriler kısmından oluşmaktadır. Tezde I şekilli profillerin gerekli ödenekleri üniversitemiz bünyesinde bulunan BAP koordinasyon merkezi tarafından karşılanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çelik yapılar, Boşluklu Kirişler, Civatalı Birleşimler, Kaynaklı Birleşimler, Petek Kirişler, I şekilli Profiller

BROKEN BY HOLES IN THE BODY BEHAVIOR OF STEEL BEAMS AND APPENDICES

Abdullah Kadir MENGE

**Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Master of Science Thesis
2018; Page: 134**

Thesis Supervisor: Doç. Dr. Ziyafeddin BABAYEV

ABSTRACT

Parallel to the rapid development of cities in the world and in our country, industry and the rapid development of the industry, in today's conditions where time is ahead of money, the construction of industrial structures that can respond to these needs is becoming increasingly widespread and developing. In addition, there is an increasing need for buildings constructed with economic, sportive, cultural and shopping center purposes that can meet the social needs of the cities. The demand for faster and more economical construction of such structures suggests the need to use steel carrier elements. The use of such construction elements can contribute greatly to both the national economy and rapid construction techniques. In present-day developed countries, hollow beams formed by various shapes are produced and used. The use of hollow beams allows for more robust and economical construction elements than I-shaped profiles. The purpose of my dissertation is to examine the bending behavior of the I shaped profiles by opening the holes in various shapes and forming additional joints and to be able to make fast production and economical building elements. In order to be able to carry out this work, I-shaped profiles were purchased from the market. The bending test was performed by forming the cross-sectional gauge that we prepared and the critical points were determined. How these critical points behave and how they behave is discussed. The calculation results of different shapes and sizes of the same I-shaped Profiles are included in the thesis study. The thesis work consists of 4 chapters, results and suggestions. in the thesis, the necessary payments of I-shaped profiles were met by the BAP coordination center in our university.

Keywords: Steel constructions, Cavity Beams, Bolted Connections, Welded Connections,, Honeycomb Beams, I-shaped Profiles

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. P1a Numunesine Ait Okumalar	108
Tablo 4.2. P1b Numunesine Ait Okumalar	109
Tablo 4.3. P1c Numunesine Ait Okumalar	110
Tablo 4.4. P2a Numunesine Ait Okumalar	111
Tablo 4.5. P2b Numunesine Ait Okumalar	112
Tablo 4.6. P2c Numunesine Ait Okumalar	113
Tablo 4.7. P3a Numunesine Ait Okumalar	114
Tablo 4.8. P3b Numunesine Ait Okumalar	115
Tablo 4.9. P3c Numunesine Ait Okumalar	116
Tablo 4.10. P4a Numunesine Ait Okumalar	117
Tablo 4.11. P4b Numunesine Ait Okumalar	118
Tablo 4.12. P4c Numunesine Ait Okumalar	119
Tablo 4.13. P5a Numunesine Ait Okumalar	121
Tablo 4.14. P5b Numunesine Ait Okumalar.	122
Tablo 4.15. P5c Numunesine Ait Okumalar	123

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Kalıplara Dökülmekte Olan Çelik Katı Eriği.....	6
Şekil 2.2. Yumuşak Çeliğin Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği	8
Şekil 2.3. Coal-brookdale Köprüsü.	8
Şekil 2.4. Schleisen Köprüsü	9
Şekil 2.5. Londra'daki Crystal Palace binası	10
Şekil 2.6. St. Louis-1850 (ilk çelik iskeletli gökdelen).....	10
Şekil 2.7. ChaoTian Men köprüsü – Çin (1932)	11
Şekil 2.8. Bir I profilin genel özellikleri	13
Şekil 2.9. Bir U Profilin Genel Özellikleri.....	13
Şekil 2.10. Bir Eşit Kollu L Profilin Genel Özellikleri.....	14
Şekil 2.11. Bir Farklı Kollu L Profilin Genel Özellikleri	14
Şekil 2.12. Bir Lamanın Genel Gösterimi.....	14
Şekil 3.1. Yuvarlak Baslı Perçin ve Gömme Baslı Perçin	17
Şekil 3.2. Bulon, Pul ve Somun.	18
Şekil 3.3. Bulon Malzemelerinin Sınır Gerilme Değerleri.	19
Şekil 3.4. Bulon İşaretleri, Çapları ve Çekirdek (Dış Dibi) Alanları [13].	20
Şekil 3.5. 4SL ve SLP Birleşimlerinde Bulon Gövde Çapları	21
Şekil 4.1. ASTA Alışveriş Merkezi	26
Şekil 4.2. Petek Kiriş Şekilleri.	27
Şekil 4.3. Petek Kirişin İmal Şekline Bir Örnek Çizim	27
Şekil 4.4. Ara Levhalı ve Ara levhasız Petek Kirişler	28
Şekil 4.5. En kesiti I şeklinde olan Profilin Gerilme Dağılımı	28
Şekil 4.6. En kesit şekli I Profil ve Petek Kirişler Arasındaki W_x (Mukavemet Momenti Artışı).....	29
Şekil 4.7. Basit Kirişin Açıklık Ortasında Tekil Yükle Yüklenmesi Durumu İçin Kesme ve Moment Diyagramı	30
Şekil 4.8. IProfilinin Kesit Ölçüleri	33
Şekil 4.9. Profili Kaynak Dikişi Şeması.....	34
Şekil 4.10. I Profilin Kaynaklı Birleşim Kesit ve Ölçü Değerleri	36
Şekil 4.11. I Profili Civatalı Birleşim Şeması	37
Şekil 4.12. I Profili Gövde ve Başlık Plakalarının Kesim ve Delik Ölçü Planı	41

Şekil 4.13. I Profili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 1.Grup Kesim ve Birleşim Şeması	43
Şekil 4.14.IProfili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 2.Grup Kesim ve Birleşim Şeması.	44
Şekil 4.15. I Profili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 3.Grup Kesim ve Birleşim Şeması	45
Şekil 4.16. I Profili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 4.Grup Kesim ve Birleşim Şeması	46
Şekil 4.17. I Profili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 5.Grup Kesim ve Birleşim Şeması.	47
Şekil 4.18. I Profillerin Ölçülendirilip Kesilmesi	48
Şekil 4.19. I Profillerin Lazerede Deliklerin Açılması ve Kesilmesi.....	49
Şekil 4.20. I Profillerin Birleştirilmesi.....	49
Şekil 4.21. I Profillerin bir kat anti pas ile boyanması.....	50
Şekil 4.22. 1.Grup profiller P1a-P1b-P1c	51
Şekil 4.23. 2.Grup Profiller P2a-P2b-P2c	51
Şekil 4.24. 3.Grup profiller P3a-P3b-P3c.	52
Şekil 4.25. 4.Grup profiller P4a-P4b-P4c.	52
Şekil 4.26. 5.Grup profiller P5a-P5b-P5c.	53
Şekil 4.27. Deney Düzenegi Şeması	53
Şekil 4.28. Kalibrasyon İçin NPI140 Profili İle Deneme Yapılması	55
Şekil 4.29. 1.Grup P1a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	56
Şekil 4.30. 1.Grup P1a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu	57
Şekil 4.31. 1.Grup P1a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu	57
Şekil 4.32. 1.Grup P1a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu	58
Şekil 4.33. 1.Grup P1a Numunesinin Başlangıç Durumu.....	59
Şekil 4.34. 1.Grup P1a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	59
Şekil 4.35. 1.Grup P1b Numunesinin Başlangıç Durumu	60
Şekil 4.36. 1.Grup P1a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	60
Şekil 4.37. 1.Grup P1c Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu	61
Şekil 4.38. 2.Grup P2a Numunesinin Başlangıç Durumu.....	62
Şekil 4.39. 2.Grup P2a Numunesinin Başlangıç Durumu.....	62

Şekil 4.40. 2.Grup P2a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu	63
Şekil 4.41. 2. Grup P2a Numunesinin 5 mm Sehim Sonrası Durumu	64
Şekil 4.42. 2.Grup P2a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	65
Şekil 4.43. 2.Grup P2a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	66
Şekil 4.44. 2.Grup P2a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	67
Şekil 4.45. 2.Grup P2b Numunesinin Başlangıç Durumu	68
Şekil 4.46. 2.Grup P2b Numunesinin Başlangıç Durumu	69
Şekil 4.47. 2.Grup P2b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.....	70
Şekil 4.48. 2.Grup P2b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnet Bölgesi.....	71
Şekil 4.49. 2.Grup P2c Numunesinin Başlangıç 5mm Sehim Sonrası Durumu	72
Şekil 4.50. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	73
Şekil 4.51. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	74
Şekil 4.52. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	75
Şekil 4.53. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Açıklıkta.....	76
Şekil 4.54. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	77
Şekil 4.55. 3.Grup P3a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu	78
Şekil 4.56. 3.Grup P3a Numunesinin 5mm Sehim Sonrası Durumu	79
Şekil 4.57. 3.Grup P3a Numunesinin 5mm Sehim Sonrası Durumu	80
Şekil 4.58. 3.Grup P3a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	81
Şekil 4.59. 3.Grup P3a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	82
Şekil 4.60. 3.Grup P3b Numunesinin Başlangıç Durumu	82
Şekil 4.61. 3.Grup P3b Numunesinin Başlangıç Durumu	83
Şekil 4.62. 3.Grup P3b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.....	84
Şekil 4.63. 3.Grup P3b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	85
Şekil 4.64. 3.Grup P3c Numunesinin Başlangıç Durumu.....	86
Şekil 4.65. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	86
Şekil 4.66. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnet Bölgesi.....	87
Şekil 4.67. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	88
Şekil 4.68. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	89
Şekil 4.69. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.....	90
Şekil 4.70. 4.Grup P4a Numunesinin Başlangıç Durumu.....	90
Şekil 4.71. 4.Grup P4a Numunesinin 5mm Sehim Sonrası Durumu.....	91

Şekil 4.72. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu. Mesnette	91
Şekil 4.73. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu. Açıklıkta	92
Şekil 4.74. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	92
Şekil 4.75. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.	93
Şekil 4.76. 4.Grup P4b Numunesinin Başlangıç Durumu.	93
Şekil 4.77. 4.Grup P4b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.	93
Şekil 4.78. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Açıklık ve Mesnette	94
Şekil 4.79. 4.Grup P4b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	95
Şekil 4.80. 4.Grup P4c Numunesinin Başlangıç Durumu.	95
Şekil 4.81. 4.Grup P4c Numunesinin Başlangıç Durumu.	96
Şekil 4.82. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnette	97
Şekil 4.83. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu	97
Şekil 4.84. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Açıklıkta	98
Şekil 4.85. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnette	98
Şekil 4.86. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	99
Şekil 4.87. 5.Grup P5a Numunesinin Başlangıç Durumu.	100
Şekil 4.88. 5.Grup P5a Numunesinin Sehim Sonrası Durumu.	100
Şekil 4.89. 5.Grup P5a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.	101
Şekil 4.90. 5.Grup P5a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.	102
Şekil 4.91. 5.Grup P5a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	103
Şekil 4.92. 5.Grup P5b Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu	104
Şekil 4.93. 5.Grup P5c Numunesinin Başlangıç Durumu.	105
Şekil 4.94. 5.Grup P5c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnette ve Açıklıkta	106
Şekil 4.95. 5.Grup P5c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması	107
Şekil 4.96. P1a-P1b-P1c Numunelerine ait Yük Sehim Grafiği	111
Şekil 4.97. P2a-P2b-P2c Numunelerine ait Yük Sehim Grafiği	114
Şekil 4.98. P3a-P3b-P3c Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği	117
Şekil 4.99. P4a-P4b-P4c Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği	120
Şekil 4.100. P5a-P5b-P5c Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği	124
Şekil 4.101. P1a-P2a-P3a-P4a-P5a Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği	124

Şekil 4.102. Kiriş Ortasına En Yakın Petek Gözündeki Gerilme Dağılımı ($\text{kN/m}^2 \times 103$) [20].....	125
Şekil 4.103. Mesnede En Yakın Petek Gözündeki Gerilme Dağılımı ($\text{kN/m}^2 \times 103$).	125
Şekil 4.104. Kiriş Ortasına Gerilme Dağılımı.....	126
Şekil 4.105. Mesnetteki Gerilme Dağılımı	126
Şekil 4.106. P1b-P2b-P3b-P4b-P5b Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği	127
Şekil 4.107. P1c-P2c-P3c-P4c-P5c Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği.....	128



KISALTMALAR LİSTESİ

f	:	Sehim
c	:	Çubuk kesiti plastik şekil değiştirmelerini göz önüne alan katsayı
q	:	Uni form yayılı yük
A_b	:	Başlık laması kesit alanı
τ_{em}	:	Kayma emniyet gerilmesi
l	:	Kiriş açıklığı
J_g	:	Gövde atalet momenti
J_b	:	Başlık atalet momenti
P	:	Tekil yük
ΣQ	:	Toplam kesme kuvveti
J	:	Atalet momenti
h	:	Yapma kiriş hesap yüksekliği
h_{opt}	:	Yapma kiriş en kesiti optimum Yüksekliği
h_{min}	:	Yapma kiriş en kesiti minimum yüksekliği
W_t	:	Talep edilen mukavemet momenti
t_g	:	Gövde laması kalınlığı
t_b	:	Başlık laması kalınlığı
b_b	:	Başlık laması eni
h_g	:	Gövde laması yüksekliği
W_k	:	Petek kiriş seçimi için kullanılacak mukavemet momenti
L	:	Kirişin hesap açıklığı
h_k	:	K kesitine etkiyen yatay kuvvet
λ_k	:	Hirschfeld'e göre k kesitinin k-1 inci dikmeye olan uzaklığı
$k, k\Delta$	:	Kesin hesap metodu matrisindeki kat sayılar
E	:	Elastisite modülü
I	:	Atalet momenti
δ	:	Deplasman değeri
h_s	:	Kirişin iki başlığı arasındaki gövde yüksekliği
N	:	Dikme normal kuvveti
M	:	Dikmeye etkiyen moment
σ_{em}	:	Emniyet gerilmesi

$M_{\max}$	:	Dikmeye etkiyen maksimum moment
z	:	Ara parçası yüksekliği
h	:	Kesimden önceki kiriş yüksekliği
e	:	Tekrarlanan kesiş yolu birimi
G	:	Birim ağırlığı
P	:	Dikmeye etkiyen kuvvet
Q	:	Yayılı yük
M_m	:	M. gözdeki moment değeri
Q_m	:	M. dikme kesitindeki kiriş kesme kuvvetinin değeri
$N_{g,m}$	:	M. gözde başlık normal kuvveti
$M_{g,m}$	:	M. gözde başlık kuvveti
h_s	:	Kirişin iki başlığı arasındaki
a	:	Başlıkların ağırlık merkezi arasındaki mesafe
f	:	Bir başlığın en kesit alanı
σ_{em}	:	başlığın ortalama emniyet gerilmesi
W_x	:	mukavemet momenti
H_1, H_2	:	Petek kiriş yüksekliği
F_{st}	:	Gövdenin dolu alanı

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın hocam Doç. Dr. Ziyafeddin BABAYEV'e, yüksek lisans eğitimim süresince bana emeği geçen Bozok Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde görev yapan değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatta desteklerini benden hiç esirgemeyen sevgili babam Aydın MENGE'ye, sevgili annem Faika MENGE'ye, her zaman benim yanımda olan hayatımı benimle paylaşan kıymetli eşim Esmâ Evin MENGE'ye, tez süresince kıymetli arkadaşım Fuat KÖKER 'e teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2018

Abdullah Kadir MENGE

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Çelik profiller kullanılarak üretilen yapılar, 1980’li yıllardan itibaren özellikle ABD, Kanada, Güney Kore ve Japonya’da yaygınlık kazanmaya başlamıştır. İnşaat süresini ve işçiliği azaltması, geri dönüşümlü ve depreme karşı emniyetli olması sebebiyle tercih edilen soğukta şekillendirilmiş çelik profillerle inşa edilen yapılar, Türkiye’de 1999 Marmara depreminden sonra yaygınlık kazanmıştır.

Soğuk şekillendirilmiş çelik profiller üzerinde yapılan çalışmalar 1930’lu yıllarda başlamış olmasına rağmen Türkiye’de konuyla ilgili yapılan çalışmalar sınırlı kalmıştır. Özellikle ABD ve Japonya’da yoğun olarak sürdürülen çalışmalar, gelişen teknolojiyle beraber profillerin kullanım alanını genişletmiştir.

İnşaat, tarım, imalat sanayi ve dayanıklı tüketim malları gibi sektörlerin çoğunda hayatımızın her alanının içinde olan çelik ve çelik mamulleri uzun yıllardan beri insanlar tarafından çeşitli yöntemlerle üretilerek kullanılmıştır. Devletler ve uluslar için çelik bir stratejik ürün olup çeşitli güç kaynağı ve üstünlük olmuştur.

Demir çelik üretimi 1990 lı yılların sonuna kadar kamu tarafından yapılmaktayken sonraki yıllarda özel şirketlerde demir çelik üretiminde önemli ölçüde söz sahibi olmuşlardır. 2000li yıllardan itibaren gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaşanan aşırı tüketim ve ihtiyaçtan dolayı talep artışları özel şirketlerin sektörde önemli bir paya sahip olmuşlardır. Gittikçe daha stratejik bir ürün haline gelen çelik ürünler günümüzde ülkeler arasında kıyasıya bir rekabet unsuru haline dönüşmüştür.

Dünyanın en hızlı büyüyen ekonomilerinden biri olan Türkiye, demir çelik sektöründe de Türk ekonomisin lokomotif sektörlerinden biridir. Türk demir çelik sektörü büyüyen ve gelişen ekonomiye hızlı bir şekilde cevap verebilecek

büyükölükte kamu ve özel şirketlere sahiptir. Türk demir çelik sektörü ihtiyaca göre birçok ölkeye ihracat yapabilme potansiyeline sahiptir.

Ölkemizde her türlü çelik mamulleri üretilmekte veya üretilemeyen bazı ürünler ise arge aşamasındadır. Ölkemizde üretilen ürünler genellikle entegre ve elektrikli ocaklı tesislerde üretim yapılmaktadır. Türkiye’de genellikle Demir çelik sanayisinde uzun ve yassı ürünler üretimi yapılmaktadır.

Demir Çelik sektöründe üretim yapan firmaların hepsi büyük ölçeklidir. Ekonomide önemli bir yeri olan pek çok iş alanına girdi sağlayan demir çelik sektörü yatırım, işletme giderleri ve modernizasyon maliyetleri yüksek olmasından dolayı deneyim gerektiren bir sektördür. Bu sektörde faaliyet gösteren firmalar genellikle finansal açıdan güçlü ve kendi sektörlerinde faaliyet gösteren firmalardır.2007 yılından sonra savunma sanayisinde faaliyet gösteren firmalar hariç sektördeki firmalar özel şirketlerdir.

Çalışmada NPI çeliğini kullanarak kirişlerin hafifleştirilmesi ve eklerinin eğilme dayanımı referans numunelere göre değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kiriş üzerinde farklı ölçülerde delikler açılarak kirişin eğilme altındaki davranışı gözlemlenerek kirişte hafifleştirme ve ekonomik yapılar yapma amacı sonucuna varılmak istenmektedir. Kiriş hafifleştirilirken eklerinin de davranışı gözlenecektir.

1.2. Çelik Malzeme

Çelik malzeme içerisinde ihtiva eden malzemeler karbon, manganez, sülfür, fosfor oksijen ve az bir miktarda silikon içeriğı bulunduran demir karbon alaşımlı bir malzemedir. Çeliğın karakteristik özelliğı değiştirilebilir, içeriğindeki karbon düzeyinin ayarlanması ile çelik, esnekliğı, dayanımı ve geri kazanımı nedeniyle çevre dostudur. Çelik malzemesi ucuz, doğada kolayca bulunması, ve işletme maliyetlerinin düşük olması sebebiyle mühendislik açısından en önemli yapı malzemelerinden biridir [1].

İşletme avantajı nedeniyle tepe yamaçlarına tarihin ilk demir çelik fırınları, kurulmuştur. Cüruf alma deliği bir veya iki havalandırma deliği bu fırınlarda yapılmaktaydı. Araştırmalar bu fırınların Avrupa Kıtası, Asya Kıtası, Afrika Kıtası ve Orta Doğuda yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir [2].

Çelik malzemenin üretimi malzemeye oksijen transferi tekniği ile gelişme sağlamıştır. Bu tekniği 19. yüzyıl Avrupa'sında Henry Bessemer adlı kişi, çeliğin kitlesel üretimini geliştirmiş. Sanayi ve endüstri bu teknik sayesinde hızlı bir gelişme döneminin kapılarını açmıştır [3].

1.3. Çelik Malzemenin Avantaj ve Dezavantajları

Çelik malzemelerinin çok sayıda yapı da kullanılmasının avantajları şu şekilde özetlenebilir.

Ekonomik ve Uzun Ömürlüdür,

Güvenilir ve Dayanıklısıdır,

Hafiftir ve Geçirimsizdir,

Çevre Dostu ve Geri Dönüşüm Özelliği,

Rekabet Gücü ve Teknik Üstünlük,

Kısa sürede ve her mevsimde inşa edilebilir,

Yaygın Kullanım Alanı,

Yüksek emniyet ve yoğunluğa sahip olmasından dolayı sıvı ve gaz ürünlerinin taşınmasında ve depolanmasında kullanılır.

Çelik malzemelerinin çok sayıda yapı da kullanılmasının dezavantajları şu şekilde özetlenebilir. Isı iletkenliği yüksektir ve mukavemet dayanımı bu yüzden hızlı düşüş gösterir. Yüksek sıcaklıklarda mukavemet dayanımında hızlı düşüş gözlenir. Kimyasal maddeler ve su ya maraz kalması halinde korozyona uğrar ve malzemenin ön görülen dayanımını düşürür. Korozyona uğraması sebebi ile periyodik olarak bakım ve onarımdan geçirilmesi gerekir. Bu bakımdan işletme, bakım ve onarım maliyetleri artırır. Çok iyi bir iletken olması sebebi ile ses ve ısı yalıtımına gereksin

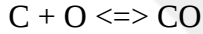
duyar. Bu sebeple yalıtım malzemeleri kullanmak gerekir. Çelik malzeme asit baz ve tuza karşı reaktif bir malzeme olduğundan dayanımda azalmalar gözlenir. Bu sebeple asit baz ve tuz içeren ortamlarda kullanırken gerekli önlemler alınmalı yada bu ortamlardan kaçınılması gerekir.



2. ÇELİK

2.1. Çelik Üretimi

Ham demirin içyapısında yüksek miktarda karbon, fosfor ve silisyum bulunduğundan ham demir ne şekil verilebilmekte ne de haddelenebilmektedir. İşlenebilirliği sağlamak karbon miktarının ayarlanması bununla birlikte Isıl işlem uygulanarak kireç katılarak malzeme işlenebilir hale getirilir. Bu işlem sırasında oluşan reaksiyon sonucunda karbon miktarı düşmekte ve içerikte bulunan karbon monoksit gaz halinde büyük bir kısmı uçmaktadır. Isıl işlem için gereken oksijen, havadan, saf halde veya demir filizinden hurda demirden temin edilmektedir [4].



Deoksidasyon işlemi sırasında, artan oksijen veya oksijen bileşiklerinin miktarı her seferinde alüminyum ve silisyum gibi maddeler katılarak azaltılır. Böylece ısıl işlem sırasında bileşimde bağlı durumda bulunan oksijenin çözülerek serbest kalması sağlanmaktadır [4].

Düşük oranlardaki kükürt miktarı (%0,02 - %0,05) ile çeliğin sert olmasında önemli etkisi olan mangan sülfürlerinin oluşması için gerekmektedir. Bu nedenle ham demirden kükürtün ayrılması gerekmektedir. Ayırma işlemi için soda, kalsiyum-karpit veya magnezyum kullanılabilir. [4].

Çelik üretimi sırasında gerçekleştirilen karbon oranı ayarlama işlemleriyle çelikler genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır;

- Yumuşak çelik (Karbon içeriği % 0,2-0,3),
- Orta sert çelik (Karbon içeriği %0,3-0,85),
- Sert çelik (Karbon içeriği % 0,8'den daha fazla),

İçeriğindeki karbon miktarının % 1'in üzerine çıkması sertliğinde herhangi bir değişime sebebiyet vermez.

Bunun yanında, sanayideki çeşitli ihtiyaçlara göre farklı özelliklerde olması istenen

alaşımli çelikler de yaygın olarak üretilmektedir. [4].



Şekil 2.1. Kalıplara Dökülmekte Olan Çelik Katı Eriği.

2.2. Çelik Malzemenin Özellikleri

Çelik, ferit, hematit, limonit gibi demir cevherinden elde edilen demirin içindeki karbon oranının ayarlanmasıyla elde edilmektedir. Demir cevheri saf halde doğada tek başına görülmez. Diğer maddelerle karışık olarak oksit, hidroksit veya karbonat halinde bulunmaktadır. Karışımda bazı zararlı maddeler karbon, kükürt, fosfor, arsen, bakır, silisyum gibi elementler bulunur. Bu yarar getirmeyen maddelerin belli bir seviyeye düşürülmesi gerekir. Düşürme işlemi için manganez bakır krom, silisyum ilave olarak kullanılabilir. Çeliğin kırılmasına ve gevrek olmasına fosfor sebebiyet verir. fosfor içeriği %2 olan çelik alaşımlar cam gibi kırılgan olmaktadır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan çelik içerisinde kükürt var ise çeliğin kırılgan bir yapı almasına sebep olur. Çeliğin içerisine ilave krom, manganez ve silisyum karıştırılırsa dayanımını fazlalaştırmaktadır [5].

Yapı çeliği ahşap ve betonarmeye oranla çok daha homojen bir malzemedir, ayrıca dayanımı da daha büyüktür. Elastisite modülü ahşapta 10000 MPa iken çelikte

210000 MPa'dır. Bu nedenle daha az malzeme kullanılarak daha büyük açıklıklar geçilebilmektedir [6].

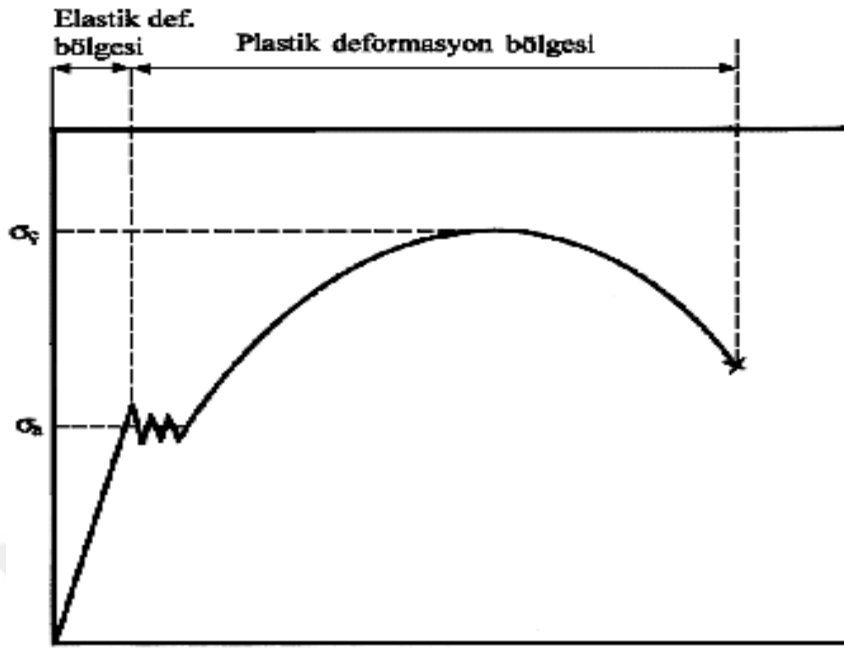
Çelik yapıları boyutlandırılmasında elastik yöntem ve standartlarda belirtilmiş olan güvenlik kat sayıları kullanılarak boyutlandırmalar yapılır. Diğer bir yöntem ise plastik tasarım yöntemleridir.

2.3. Çeliğin Fiziksel Özellikleri

Aşağıda çeliğin gerilme-şekil değiştirme grafiği görülmektedir.

(Şekil 2.2.). Bu diyagrama bakılarak elde edilen bazı mekanik özellikleri ve diğer mühendislik özelliklerinin ise genel olarak;

- 1- Çekme dayanımı
 - 2-Akma dayanımı
 - 3-Elastisite modülü ve teğet modülü
 - 4-Gerilme-şekil değiştirme ilişkisi
 - 5) Süneklik
 - 6-Sertlik
 - 7- Yorulma mukavemeti
 - 8-Kaynaklanabilme özelliği
- şeklinde olduğu bilinmektedir [7].



Şekil 2.2. Yumuşak Çeliğin Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Çelik malzemenin özgül ağırlık, ısı genleşme, ergime sıcaklığı ısı iletkenlik ve elektrik iletkenliği gibi özelliklere sahiptir [8].

2.4. Demir-Çelik Kullanılarak Gerçekleştirilen İlk Uygulama Örnekleri

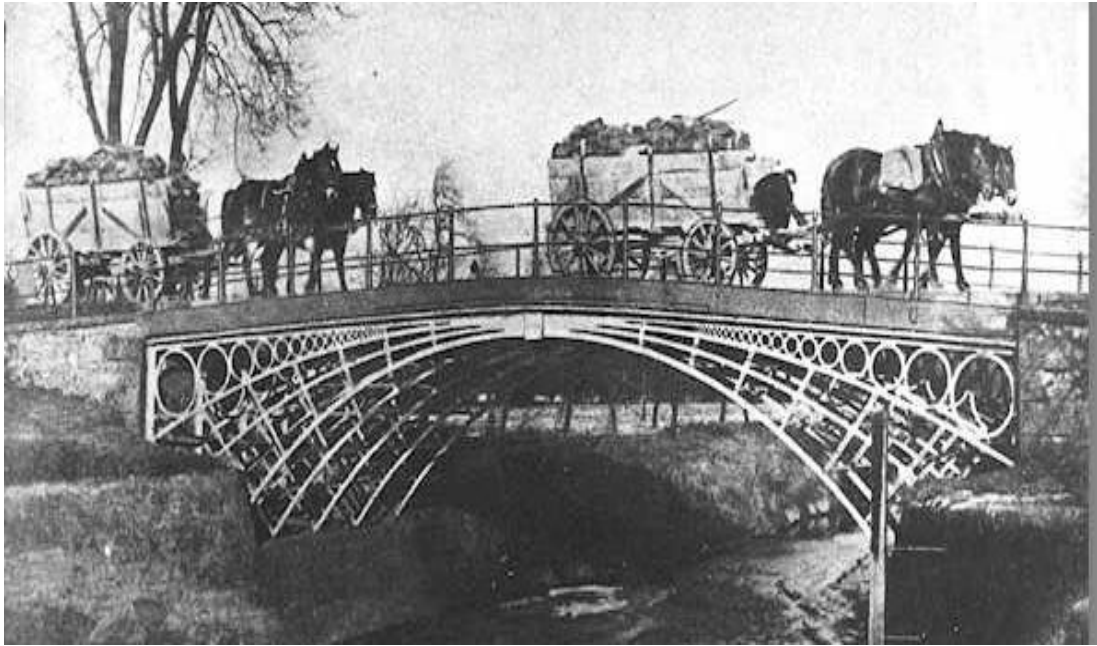
Kullanılan il demir malzeme külçe halindeki dökme fontlardır. Font dökme demir kullanılarak yapılan ilk köprü İngiltere'deki, Severn Nehri üzerinde bulunur. Ayak açıklığı 31m. olan bu köprü günümüzde hala hizmet vermektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Coal-brookdale Köprüsü.

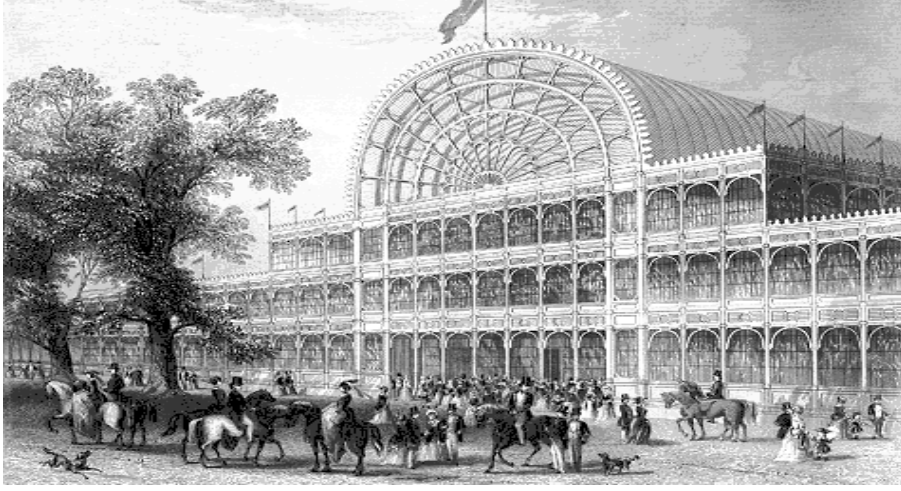
Diğer bir köprü ise font malzemeyle üretilen Almanya da bulunan ikinci en eski köprüdür (Şekil 2.4.).Çekme dayanımı ve basınç dayanımı çok yüksek olan ve mühendislere yeni olanaklar sağlayan çeliğin yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanmasıyla font kemer köprülerin dönemi 19. yüzyılın son çeyreğinde son bulmuştur.[4]

Günümüzde çelik malzemeyle yapılan köprüler bu tekniğin gelişmesiyle birlikte hayat bulmuştur.



Şekil 2.4. Schleisen Köprüsü

Çeliğin binalarda kullanımından önce köprülerin inşasında kullanıldığı bilinmekte ancak, büyük açıklıklı mekânların inşa edilmesi açısından ilk örnek sayılabilecek Londra'daki "CrystalPalace" binası teşkil edilmiştir. (Şekil 2.5) Joseph Paxton tarafından 1851'de yapılan bu fuar binası, 70.000 m² 'lik alan üzerinde 4 ay gibi bir sürede bitirilmesi, hafifliği ve kısa sürede inşa edilmesiyle çeliğin sadece köprülerde değil diğer yapı alanında da kullanılacağını habercisi olmuştur gelecekte[4].



Şekil 2.5. Londra'daki Crystal Palace binası

Zamanla çelik malzemenin konut inşasında bir veya iki katlı olarak kullanımı çoğalmış, çok katlı yapıların üretimine geçiş yapmasına olanak sağlamıştır. (Şekil 2.6). Ancak ilk dönemlerde üretilen bir veya iki katlı çelik çerçeveli konutların en sık karşılaşılan sorunu, dış cephelerde konstrüksiyonların basit metal plakalardan meydana gelmesi sebebiyle sıcak iklimlerde soğutmanın, soğuk iklimlerde ise ısıtma işinin zorluğuydu.



Şekil 2.6. St. Louis-1850 (ilk çelik iskeletli gökdelen).

Deprem yükleri karşısında gösterdiği davranış incelendikten sonra çok katlı yapıların inşasında kullanılan çelik önemli bir yapı malzeme halini almıştır. Yapı çerçevelerinin çelik iskeletlerle yapılmaya başlanması ile birlikte çelikte yatay ve düşey olarak rahatlıkla kullanılabilen yapı elemanlarının güvenle oluşturulması, basınç ve çekme kuvvetlerine karşı yüksek dayanımı sayesinde çelik yapı endüstrisinde geniş bir alanda kullanılmaya başlanması ile günümüzde de yaygınlığı giderek artmaktadır.

20. yüzyılın başından itibaren kullanılmaya başlanan kaynaklı bileşimler ise yapı sektöründe yeni bir çelik konstrüksiyon üretiminin gerçekleşmesinin önünü açtı. (Şekil 2.7).Kaynaklı birleşimler köprülerde kullanılmaya başlanması 2.Dünya Savaşından sonraya rastlamaktadır. Günümüzde kaynaklı olarak çelik atölyelerinde üretilen parçaların, şantiyelerde montaj birleşimleriyle birleştirilmek suretiyle oluşturulan yapılar, güncel çelik imalat anlayışının özünü oluşturur.



Şekil 2.7. ChaoTian Men köprüsü – Çin (1932)

2.5. Çelik Profiller

Çelik imalatında yuvarlak, kare, dikdörtgen, korniyer, I,U ve boru en kesitli olarak hazırlanan elemanlar şeklinde imalatlar gerçekleştirilmektedir.. Çelik yapı elemanları

soğuk ve sıcak haddeleme yöntemleriyle hazırlanırlar. Bu hadde ürünü olarak soğuk ve sıcak hadde olarak elde edilmektedir. Bu ürünleri çelik hazırlama fabrikalarında hazırlanır daha sonrada yapı konstrüksiyonlarında kullanılır [9]

2.5.1. Profiller

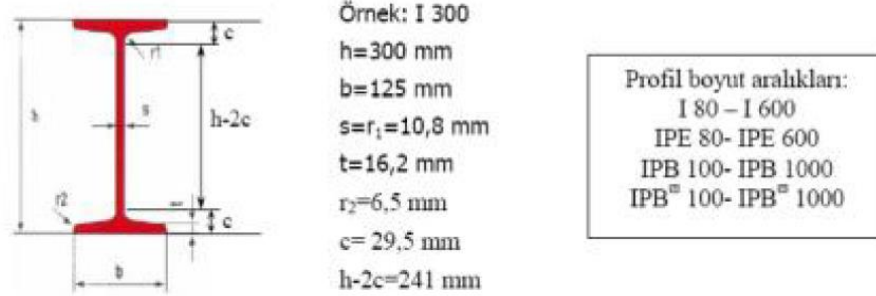
En kesit şekillerine göre isim alan profiller üretimleri 6-12-18m arasında değişen veya daha farklı standart ölçülerinde üretilen, sıcak veya soğuk hadde tekniği ile şekil verilebilen malzemelerdir. [10].

I Profiller: Çok yaygın olarak kullanılan I profilleri, en önemli profillerden olup, en kesiti I harfine benzediği için bu şekilde adlandırılmaktadır.. Birçok çeşidi bulunmakla birlikte ülkemizde normal I, IPB ve IPE profilleri üretimleri gerçekleştirilmektedir.

I profili iki başlık ve bir gövdeden meydana gelir. Malzemenin tarafsız eksenenden uzakta yığılmış olması eğilme momenti bakımından oldukça elverişli bir durum ortaya çıkarmaktadır [11]. I Normal Profil: Başlık genişliğine nazaran gövde yüksekliği daha büyük, başlıkların iç yüzeyleri %14 eğimli olan I profilleri bundan başka çeşitli en kesit oranlarında üretilmektedir.. h yüksekliği mm cinsinden profilin numarasıdır. NPI180 denince profilin h yüksekliği 180 mm demektir. Gövde düzlemindeki yükler için kiriş olarak uygun bir normal profil olarak adlandırılmaktadır. [11].

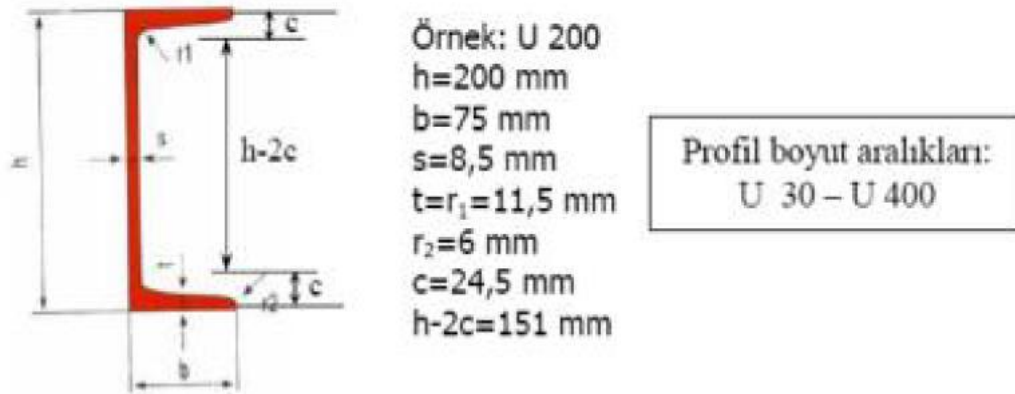
IPE Profili: I normal profilinin başlığındaki eğimsiz düz bir şekilde üretilmiş profillerdir. Başlık düzlemleri birbirine paralel olup, başlıklar (NPI) normal profiline göre et kalınlığı daha az ve daha geniştir . Bu profilde civatalı birleşimlerin montaj ve işçiliği kolaydır. Yatay taşıyıcı elamanlar için uygundur. Gösterimi NPI normal profilinde olduğu gibi isimlendirilir. Bunlardan başka çeşitli geniş başlıklı I profilleri de üretilmektedir. I normal profiline nazaran başlık genişlikleri fazla ve yüzeyleri eğimsizdir. IPE;IPB, IPBL, IPBV olmak üzere dört çeşit profil bulunmaktadır. Bunlar çalışma şekli ve narinlik bakımından birbirinden ayıran özelliklerdir. En narin

olan IPBL ve en ağır olanda IPBV' profilleridir. Geniş başlıklı I profilleri tek yönde ve iki yönde eğilme tesirine maruz kiriş olarak, kolon olarak kullanılabılırler [11].



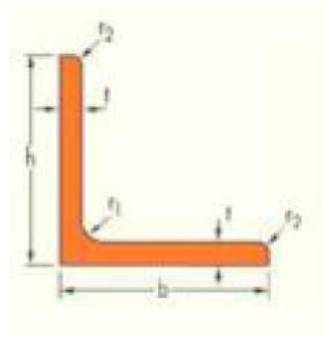
Şekil 2.8. Bir I profilin genel özellikleri [12].

U Profilleri: En kesit şekil itibariyle u harfine benzerlik gösterir. İki başlık ve bir gövdeden meydana gelir. Başlıkların iç yüzeyi eğimlidir. En çok kullanım alanları aşık, döşeme, kafes kiriş çubuğu ve iki veya daha fazlası birlikte kolon olarakta kullanılabılırler. Profilin yüksekliği mm üzerinden profil numarası aynı zamanda adlandırılmasıdır[11].



Şekil 2.9. Bir U Profilin Genel Özellikleri [12].

L Profiller (Korniyer-Köşebent): En kesit şekil itibariyle L harfine benzerlik gösterirler. Kol uzunluklarına göre eşit kollu veya farklı kollu korniyer olmak üzere iki çeşittir [11].

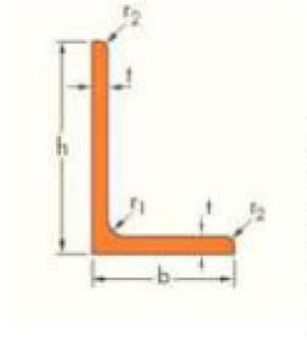


Örnek: L 50x5
 $h=b=50$ mm
 $t=5$ mm
 $r_1=7$ mm
 $r_2=3,5$ mm

Profil boyut aralıkları:
 L 20x3 – L 250x24

Şekil 2.10. Bir Eşit Kollu L Profilin Genel Özellikleri [12].

Eşit Kollu Korniyer: L 70.70.5 veya L 70x70x5 şeklinde gösterimleri vardır. 70, mm cinsinden kol uzunlukları, 5, mm cinsinden et kalınlığını gösterir [11].



Örnek: L 150x75x9
 $h=150$ mm
 $b=75$ mm
 $t=9$ mm
 $r_1=10,5$ mm
 $r_2=5,5$ mm

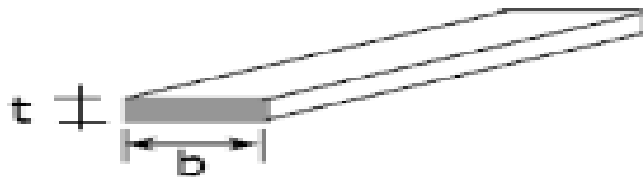
Profil boyut aralıkları:
 L 30x20x3 – L 250x90x16

Şekil 2.11. Bir Farklı Kollu L Profilin Genel Özellikleri [12].

T Profili: Normal uzunlukları 3-12 m dir. Kafes kirişlerde üst başlık, alt başlık ve örgü çubuğu olarak kullanım alanları vardır. Bu profillerin yetersiz geldiği durumlarda I profillerinden bir başlığı kesilmek suretiyle T profilleri elde edilir [11].

2.5.2. Lamalar

Dikdörtgen şekillinde en kesiti olan çubuklar lama olarak adlandırılır. Geniş,dar ve ince en kesitli olarak üçe ayrılır. [11].



Şekil 2.12. Bir Lamanın Genel Gösterimi [12].

Levhalar

Çelik imalatlarında birleşim aracı olarak kullanılırlar çeşitli şekil ve ölçülerde üretilirler. Kaba levha ince levha ve orta kalınlıkta olan levha şeklinde üretilirler. Kaba levhalar et kalınlıkları 5 mm büyüktür yapma kirişlerin gövde ve başlıklarında ek levha olarak kullanılabilirler.

İnce levhalar ise et kalınlıkları 2.75 mm küçük üretilip çeşitli kaplama ve çatı işlerinde kullanılabilirler.

Orta levhalar ise et kalınlıkları 3 mm-4,75mm arasında üretilen levhalardır. Çelik imalatlarında ek levha olarak kullanılabilirler. [11].

3. ÇELİK YAPILARDA BİRLEŞİM ARAÇLARI

Çelik yapılar, profillerin ve levhaların, birleştirme araçları ile birleştirilmesiyle üretilirler. Çelik yapılarda kullanılan birleşim araçları; kiriş-kolon birleşim noktaları, mesnetleri, kafes düğüm noktaları gibi taşıyıcı sistem elemanlarını birbirine bağlar. Birleşim araçları zayıf en kesitli veya büyük açıklıklı kafes kirişlerin üretiminde kullanılan birleşim araçlarıdır.

Birleşim araçları ,

Perçin,

Bulon,

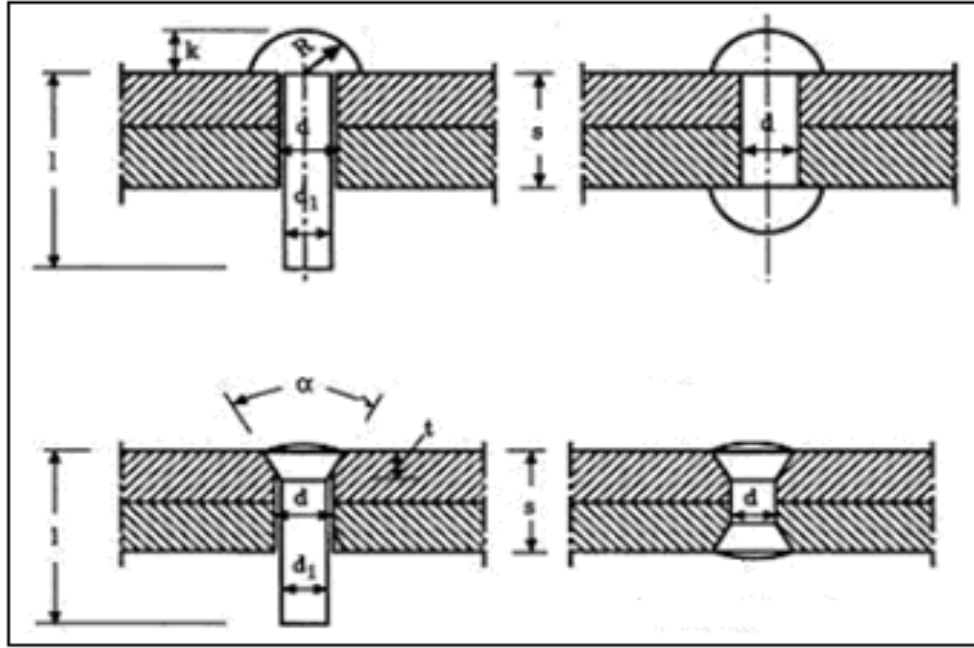
Kaynak,

çelik yapılarda kullanılan birleşimlerdir

3.1. Perçinli birleşimler

Yuvarlak çelikten presleme suretiyle elde edilen, makaslamaya ve delik çevresindeki ezilmeye göre hesaplanan, silindirik gövdeli ve yapı elemanlarının veya parçalarının birleşim kısımlarında açılan deliklere vurulmak suretiyle oluşturulan birleşim araçlarına perçin olarak isimlendirilir. Eskiden 19 yy ortalarında kazan gemi imalatlarında kullanılan en eski birleşim araçlarından biridir.

Perçin üretilirken yeterli miktarda ısıtılarak açılan deliğe yerleştirilir. Perçin başları vurularak ezilmesi sağlanır. Vurma işlemi sırasında perçin açılan deliğe hacmi genişleyerek boşluk bırakmayacak şekilde oluşturulur.(Sekil 3.1). Gömme başlı perçin delikleri önce silindirik olarak açılır. Gömme başların geleceği delik ağızları sonradan konik olarak şekillendirilir. Perçinin bir başı yuvarlak olduğu halde, diğeri gömme olabilir.



Şekil 3.1. Yuvarlak Baslı Perçin ve Gömme Baslı Perçin [13].

3.2. Bulonlu (Civatalı) Birleşimler

Bulonlu birleşimlerin ana elemanları bulon, somun ve puldan oluşmaktadır (Şekil 3.2). Silindirik gövdenin bir kısmı düz, uç kısmı da somun takılmasına uygun şekilde dişlidir. Bulonlar yerleştirilirken önceden açılmış deliklere yerleştirilir. Daha sonra altına pul yerleştirilerek köşeli somon yardımıyla sıkılır. Şantiye işlerinde kolayca yapılabildiğinden piyasada çokça çeşidi olduğundan pratik bir şekilde uygulanabilir. Atölye işlerinde pahalı bir malzeme olduğundan tercih sebebi olmazlar. Bulonlar yerleştirilirken ya el sıkım yöntemi yada havalı tabanca yardımıyla sıkım işlemi gerçekleştirilir. [14].



Şekil 3.2. Bulon, Pul ve Somun.

Birleşimlerde genellikle iki tür bulon kullanılır:

- 1- Normal cıvatalar (Bulonlar)
- 2- Yüksek mukavemetli cıvatalar (HV bulonları)

3.2.1. Normal Bulonlar

Normal Bulonlar hesapları ve kuvvet aktarımları perçinlerdeki gibidir. Delik etrafında ezilme ve makaslama gerilmelerine maruzdurlar. Gösterileri M harfi ile adlandırılırlar. Örnek olarak M16,M20 gibi yanındaki sayı bulunun çapını gösterecek şekilde konumlandırılır Avrupa ve ülkemiz dede bu şekilde metrik sistemiyle adlandırılır. Çelik yapılarda çok sıklıkla birleşim aracı olarak kullanılırlar. Hem ucuz hem de çok pratik olduğu için tercih sebebidir. Delikler açılırken bulonların rahatça yerleşebilmesi için bulon çapından 1 mm büyük delikler açılır. Açılan delikler bulonlar yerleştirilerek anahtar yardımıyla köşeli somunlar sıkılarak birleşim tamamlanır.

Normal bulonlar kaba ve uygun bulonlar olarak iki gruba ayrılırlar:

- 1- Kaba bulonlar
- 2- Uygun bulonlar

Uygun ve kaba bulonlar arasında kaba bulonlarda gövde çapı delik çapından 1mm daha az uygun bulonlarda ise gövde çapı delik çapına eşittir [15].

İkinci olarak kaba bulonlar presleme işlemi ile imal edilirler, dişli kısmı hariç gövdede herhangi bir işleme tabi tutulmazlar. Bu yüzden kaba bulonların gövdesi siyah ve düzgün olmayan bir görünümündedir. Bu sebepten dolayı birleştirilecek elemanda açılmış delik ile kaba bulon çapı arasında yaklaşık 1 mm'lik bir boşluk mevcuttur. Bu boşluk nedeniyle birleşimde kalıcı deformasyonlar oluşabilir ve özellikle hiperstatik sistemlerde kuvvet ve gerilme yayılımı büyük ölçüde değişebilir. Bu yüzden kaba bulon geçici inşaat, perçinleme bitinceye kadar parçaları istenilen biçimde tutmak için ve moment etkisi bulunmayan daha küçük kuvvetlerin etkisinde olan birleşimlerde kullanılır. Köprülerde ve moment etkisi olan birleşimlerde kullanılmaz. Uygun bulonlar ise gövdenin düz dışsız kısmı torlanarak islenmiştir. Bu işlem nedeniyle uygun bulonlar düzgün bir yapıya sahip ve parlak görünümündedir. Uygun bulonlarda birleştirilecek elemandaki delik çapı ile bulon çapı arasındaki fark sadece 0,3 mm kadardır. Bu farkın az olmasının bir sonucu olarak uygun bulon yuvasına tam uyum sağlar ve kalıcı deformasyonlara neden olmaz. Moment ve büyük kuvvet aktaran eklerde ve köprülerde uygun bulonlar kullanılır. Kaba ve uygun bulonlarda kullanılan pul ve somunun iç çapları ile delik çapları aynıdır. Malzeme mukavemeti bakımından kaba bulonlar ve uygun bulonlar incelendiğinde; yapıda St37 çeliği kullanılması halinde 4.6 çeliğinden yapılan bulonlar kaba ya da uygun, St52 çeliği kullanılması halinde 5.6 çeliğinden teşkil edilen bulonların ise uygun bulon olduğu görülmüştür (Şekil 3.3) [11].

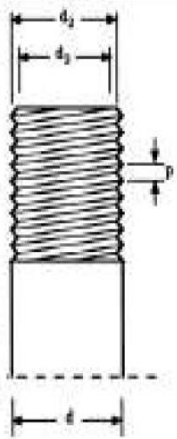
	kg/mm²	
Karakteristik değerleri	4.6	5.6
Kopma mukavemeti σ_B	4.10=40	5.10=50
Akma sınırı σ_F	0,6.40=24	0,6.50=30

Şekil 3.3. Bulon Malzemelerinin Sınır Gerilme Değerleri.

Şekil 3.2.2 belirtildiği gibi bulon malzemesinin cinsi iki rakamın çarpımı ile gösterilir. Örneğin ana malzemesi Fe37 olan bulon çeliğinin malzemesi 4.6 ifadesiyle gösterilir. Bulon çeliğinin cinsini gösteren birinci rakamın 10 ile çarpımı çeliğin kopma mukavemetini, birbiri ile çarpımı ise bulon malzemesinin akma sınırı mukavemetini gösterir.

Bulonlarda dişli gövde kısmındaki, diş dipleri esas alınarak belirlenen en kesit alanına çekirdek (diş dibi) alanı denir (Şekil 3.4.). Aynı isme sahip uygun ve kaba bulonlarda çekirdek alanları eşittir.

Bulon	M 10	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	M 33	M 36
DIN 407 ye göre işareti										
Delik Çapı D (mm)	11	13	17	21	23	25	28	31	34	37
Kaba bulon gövde çapı d (mm)	10	12	16	20	22	24	27	30	33	36
Uygun bulon gövde çapı d (mm)	11	13	17	21	23	25	28	31	34	37
Çekirdek alanı (cm ²)	0,509	0,743	1,41	2,20	2,76	3,17	4,19	5,09	6,36	7,45



Şekil 3.4. Bulon İşaretleri, Çapları ve Çekirdek (Diş Dibi) Alanları [13].

3.2.2.Yüksek Mukavemetli Bulonlar (HV bulonları)

Yüksek mukavemetli bulonlar normal bulonlara göre daha yüksek mukavemetli çelikten imal edilirler. Kullanılan çelik genellikle 10,9 kalitesindedir. Yüksek dayanımlı kaliteli çelikten yapılan hazır bulonlar termik işlemlerle üretilir.

Yüksek mukavemetli bulonlu birleşimler adi bulonlu birleşimlere nispeten büyük üstünlüklere sahiptirler. Bu birleşimler yapı elemanlarının montajında, büyük kayma kuvvetleri ve dinamik yük etkisinde bulunan yapı elemanlarının birleşimi ve hazırlanmasında kullanılır [16].

Yüksek mukavemetli bulonlar birleşimde bulon en kesit çapından büyük deliklere konulur ve somunlar özel anahtarlarla sıkılır. Bu sayede çekme kuvvetini uygulamak ve kontrolünü yapmak kolay olur. Burada oluşan büyük çekme kuvveti birlesen eleman yüzeylerinin birbirine sıkılmasını sağlar. Birleşimin emniyetli çalışmasını sağlamak için birlesen elemanların kalınlıkları aynı seçilmelidir.

İki çeşit yüksek mukavemetli bulon birleşimi vardır:

1- SL ve SLP birleşimleri: gövdesindeki makaslama gerilmelerine göre yük taşıyan birleşimlerdir.

2- GV ve GVP birleşimleri: Sürtünme kuvvetine göre yük taşıyan birleşimlerdir. SL ve SLP birleşimlerinde bulonların hazırlanışı, normal bulonlardaki gibidir. Gövde çapı (d) ile delik çapı (D) arasında bulunan ilişki de, $D-d \leq 1$ mm ise SL birleşimleri; $D-d \leq 0,3$ mm ise SLP birleşimleri söz konusudur. SL birleşimleri yapıda hareketsiz yüklerin olduğu bölümlerde kullanılabilir. (Şekil 3.5.).

Bulon	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30
Delik çapı (D)	13	17	21	23	25	28	31
SL birleşimi (d)	12	16	20	22	24	27	30
SLP birleşimi (d)	13	17	21	23	25	28	31

Şekil 3.5. 4SL ve SLP Birleşimlerinde Bulon Gövde Çapları

GV ve GVP birleşimleri yapıda hareketsiz yüklerin etkili olduğu kısımlarda kullanıldığı gibi, hareketli yüklerin etkili olduğu yapı kısımlarında da kullanılır. GV ve GVP bulonlarında da, gövde çapı ile delik çapı arasındaki ilişki SL-SLP birleşimlerinde olduğu gibidir. Delik ve gövde çapları arasındaki fark $\leq 1,0$ mm ise GV birleşimi, fark $\leq 0,3$ mm ise GVP birleşimidir. [15].

GV ve GVP birleşimleri yapıda hareketsiz yüklerin etkili olduğu kısımlarda kullanıldığı gibi, hareketli yüklerin etkili olduğu yapı kısımlarında da kullanılır. GV

ve GVP bulonlarında da, gövde çapı ile delik çapı arasındaki ilişki SL-SLP birleşimlerinde olduğu gibidir. [15]

Yüksek mukavemetli bulonlu birleşimlerde, normal bulonlu birleşimlerdeki koşullar geçerlidir. Alın levhali birleşimlerde bu koşullara uymak zorunlu değildir.

3.3. Kaynaklı Birleşimler

3.3.1. Kaynak

Metallerin ergime noktalarına kadar ısıtılarak birleştirilmesi işlemine kaynak adı verilir. Kaynak aynı veya benzer alaşımlı metaller ile yapılabilir Kaynak işlemi yapılırken ilave metallerde aynı veya benzer özellikli ek levhalar kullanılabilir.

Çelik elemanların kaynakla birleştirilmesi konstrüksiyon yapımında kullanılan işçiliği %20 kadar azaltabilir. Yapı taşıyıcı eleman şekli sadeleşir. Kaynak birleşimi uygulandığında perçin birleşimlerine oranla, kafes kirişlerinde %10~15, dolu gövdeli kren kirişlerinde %15~20, dolu gövdeli köprü kirişlerinde %15 kadar malzeme kullanımı azalır [16].

Kaynaklama işlemi iki grupta incelemek mümkündür [12].

1- Ergitme kaynakları

2- Basınç kaynakları

3.3.2. Ergitme Kaynakları

Ergitme kaynağında, birleştirilecek parçaların birbirlerine kaynaklanacak kısımları ile ilave metal ergime derecesine kadar (30000C ~50000C) ısıtılır. Isıtılan parçalar ergiyerek birlesen kısımların soğuması sonucunda birleşim gerçekleşmiş olur. Isı kaynağı olarak elektrik enerjisi ve gaz alevi kullanılabilir. Buna göre ergitme kaynakları iki grupta incelenebilir:

1- Elektrik arkı kaynakları

2- Gaz kaynağı

3.3.3. Elektrik Arkı Kaynakları

Elektrik taşıyan tellerin birbirine yaklaştırılması ile (-) uçtan (+) uca doğru bir elektron geçişi ve ark oluşur. Kaynak esnasında metalin ergimesi elektrik arkı ile ortaya çıkan yüksek ısı ile ve ilave metal kullanılarak yapılan kaynağa ark kaynağı denir. Kaynak yapılabilmesi için elektrik akımının kaynağa elverişli değerlerde olması gerekir. Kaynağa elverişli akım şiddeti değeri 60-600 amper, gerilim değeri ise 10-60 voltur. Elektrik ark kaynağı olarak dört çeşit kaynak metodu kullanılmaktadır [12].

- 1- Genel elektrik arkı kaynağı
- 2- İçsel elektrotlu elektrik arkı kaynağı
- 3- Gaz altı elektrik arkı kaynağı
- 4- Toz altı elektrik arkı kaynağı

Elektrik arkı kaynak metotlarının bir kısmı sadece kapalı mekan koşullarında yapılabilirken, diğerleri ise hem kapalı mekanlarda hem de açık mekanlarda yapılabilirler. [12].

3.3.4. Gaz Kaynağı

Yanıcı bir gazın oksijen ile yakılması sonucunda çıkan ısı ile malzeme ve kaynak teli ergime derecesine kadar ısıtılarak kaynak gerçekleştirilir. Propan, asetilen, bütan gibi gazlar yanıcı gazlar olarak kaynak işlerinde kullanılır. Gaz kaynağı uygulamasıyla çekilen kaynak dikişlerinin mukavemeti düşüktür. Normal çelik yapılarda, kuvvet aktaran dikişler için bu uygulanmaz. Önemsiz tespit dikişleri için uygulanabilirler. [12].

3.3.5. Basınç Kaynakları

Bu yönteminde, parçaların birbirine kaynaklanacak kısımları kızıl dereceye (plastik kıvama) kadar ısıtılıp, basınç veya darbe uygulamak suretiyle birleşimler gerçekleştirilir. Hafif çelik yapılarla kullanılan “elektrik direnç kaynağı”, çelik

yapılarda yaygın olarak kullanılan temel basınç kaynağı uygulamasıdır.. Elektrik direnç kaynağı kordon kaynağı ve nokta kaynağı şeklinde uygulanabilir. Basınç kaynağı, et kalınlıkları ince parçalardan oluşan elemanların birleştirilmesinde uygulanabilirler.



4. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

4.1. Boşluklu (Petek) Kirişlerin Tarihsel Gelişimi

Boşluklu (Petek) kirişlerin tarihsel gelişimi 1928 yılına kadar uzanmaktadır. Boşluklu kirişlerin ülkemizde kullanımı yakın tarihe kadar pek yaygın olarak kullanılmamasına karşın son yıllarda sanayi yapıları için sıkça kullanılırlar. Ülkemizde daha çok ekonomik olduğu için tercih konusu olan petek kirişler genel olarak altıgen boşluklu şekilde uygulanması yapılmaktadır. Avrupa’da mimari açıdan son derece kullanışlı bir form sayılan petek kirişlerin Türkiye’de mimari açıdan değerlendirilmesi söz konusu olmamaktadır bu konu üzerinde gelişmeye ihtiyacımızın olması su götürmez bir gerçektir [20].

Boşluklu (Petek) kiriş kullanımı en yaygın olduğu ülke Almanya bölgesidir. Bu sebeple hesap ve yapım standartları için en fazla gelişme bu ülkede kendini göstermektedir. [20].

4.1.1. Uygulama Alanları

- Çatı aşıkları
- Entegre tesislerinde çatı makası imalatı
- Terminallerin çatı kafes kirişleri
- Terminal kolonları
- Kat kirişleri
- Döşeme kirişleri
- Şed kirişleri (düz eksenli)
- Kemer şeklinde şed kirişleri
- Büyük açıklıklı sanayi yapılarında çatı makası
- Kompozit kat kirişleri
- Üst geçitlerde yaya
- İstasyon çatılarının imalatında
- Yük Kren köprüleri

- Köprülerin gövde levhaları takviyesinde



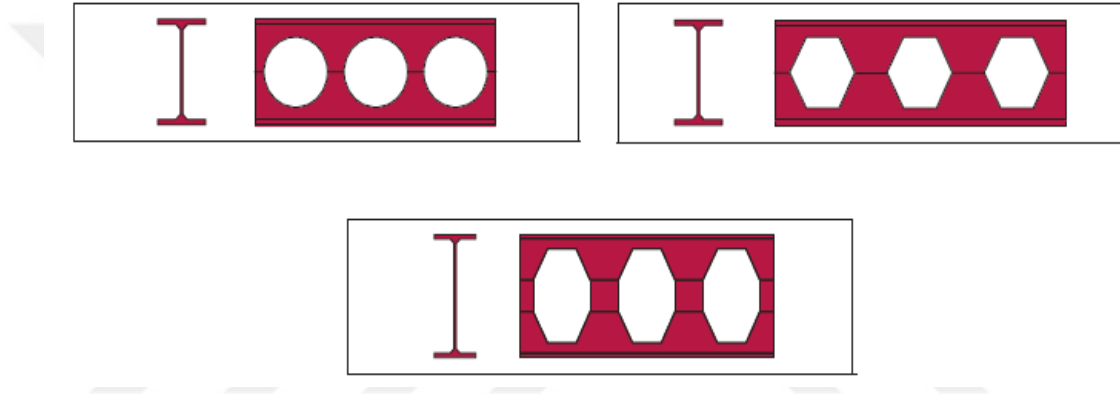
Şekil 4.1. ASTA Alışveriş Merkezi [20]

4.1.2. Avantajları

Boşluklu kirişler diğer bir ifadeyle petek kirişler il defa Almanya’da kullanılmasına başlanmasının ardından Avrupa’da hızla yaygınlaşmıştır. Genellikle I profillerinden teşkil edilen petek kirişler “birilliant idea” (zekice fikir) olarak adlandırmakta ve itibar görmektedir [17].

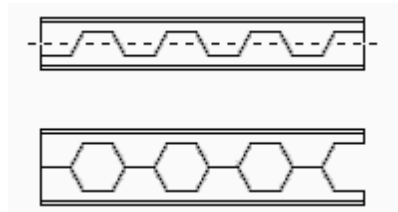
Kirişler eğilmeye çalışan yapı elamanları olup, eğilme momenti yani taşıma kapasitesi yüksekliğinin karesiyle doğru orantılı olarak artış gösterir. Dolayısıyla çelik kirişlerin de yüksekliklerini doğru orantılı olarak arttırmak ekonomik tasarımlar için daha elverişli olacaktır. Yapılan araştırmalar sonucu petek kirişlerin çelik malzemede ekonomik tasarımlar sağladığı görülmüştür. Ancak araştırmalar gereği gibi yapılmaz ise bu ekonomiklik emniyetin yeterli olmamasından dolayı herhangi bir katkıda bulunmaz. Hafif olmasında bir başka özelliğidir. Ayrıca boşluklu kirişlerin gövdesinde oluşan boşlukların da büyük faydaları olur. Bu boşluklardan yapının tesisatları geçebilmekte ve yapı yüksekliğinin gereğinden fazla olmamasını sağlamaktadır. Boya alanını, boya işçiliğini ve boya giderlerini azaltmakta olup yapı giderlerini düşürmektedir. Mimari açıdan baktığımızda da narin ve dekoratif bir görüntü ortaya koymaktadır [20].

En kesit şekli I olan hadde profillerinin (I, IP, IPE profilleri) gövdeleri boyunca testere dişine benzer şekilde kesildikten sonra özel bir sistemde tekrar kaynaklanmalarıyla elde edilen kirişlere çelik yapılarda “petek kiriş” olarak adlandırılır. Bu şekilde çeşitli yöntemlerle gövdesinde petek şeklinde altı köşeli boşluklar bulunan daha yüksek bir eleman oluşturulur. Gövde boşluklarının altı köşeli ve petek görünümlü olmaları nedeniyle, bu tür kirişlere genel olarak bu ad verilmektedir. [18] Ancak gövde boşluklarında, gelişen teknolojinin de etkisiyle, değişik şekiller uygulanabilmektedirler (Şekil 4.2) [20].

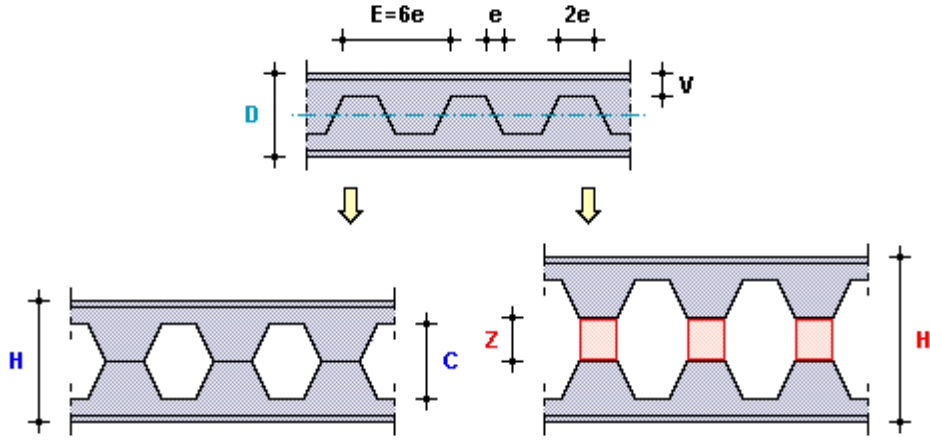


Şekil 4.2. Petek Kiriş Şekilleri.

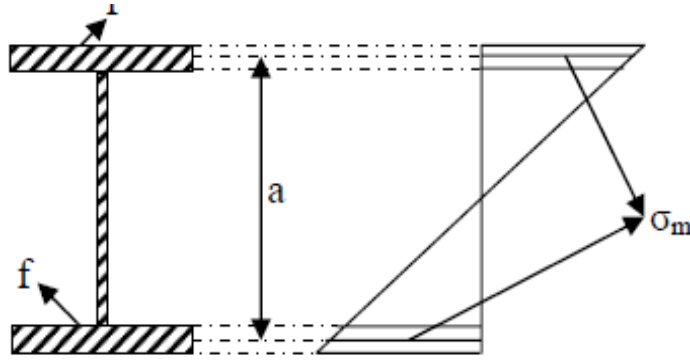
Bu tarz kirişlerin konstrüksiyonundaki prensip (Şekil 4.2) ve (Şekil 4.3) ‘de görülmektedir: [20].



Şekil 4.3. Petek Kirişin İmal Şekline Bir Örnek Çizim [20].



Şekil 4.4. Ara Levhahalı ve Ara levhasız Petek Kirişler [20].



Şekil 4.5. En kesiti I şeklinde olan Profilin Gerilme Dağılımı [20].

Bir profilin güvenli bir şekilde taşıyabileceği momenti yaklaşık olarak:

$M \approx a \times f \times \sigma_m$ dir.

Buradaki kısaltmaların açıklımı:

a = Başlıklar arasındaki mesafe ağırlık merkezinden ağırlık merkezine

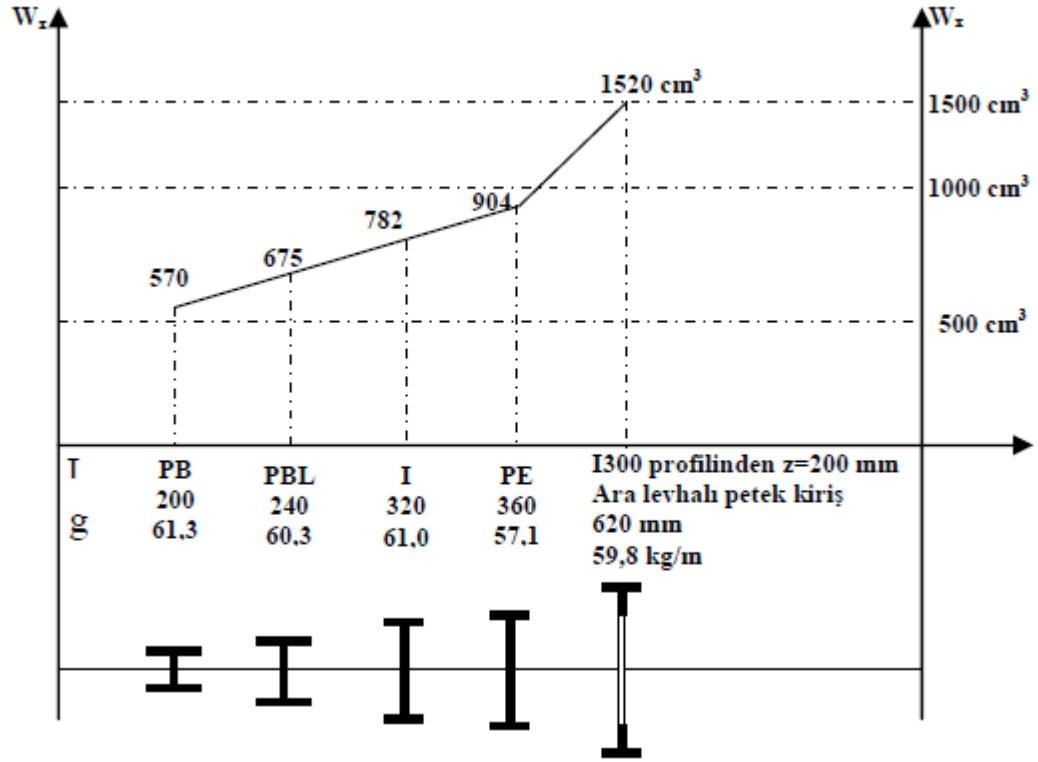
f = Başlığın en kesit alanı

σ_m = Başlığın ortalama emniyet gerilmesi değeri

Buradan görüleceği üzere a mesafesinin artırılması kirişin taşıyabileceği momenti artıracak görülecektir.. Boşluklu (Petek) kirişlerin üretilme amacı bu prensibe göre şekil alır.

Yaklaşık olarak ağırlıkları boyları aynı olan boşluklu (Petek) kirişlerin yalnızca a mesafesinin artması sonucu mukavemet momentinde artış meydana gelir. (Şekil 4.6) bu açıkça gözükmemektedir [20].

Şekil 4.6 verilen grafikten de görüleceği üzere ara levha kullanılan kirişte a mesafesindeki artışa bağlı olarak Mukavemet momenti yani W_x değeri diğer elemanlara oranla bariz şekilde artış göstermektedir.



Şekil 4.6. En kesit şekli I Profil ve Petek Kirişler Arasındaki W_x (Mukavemet Momenti Artışı) [20].

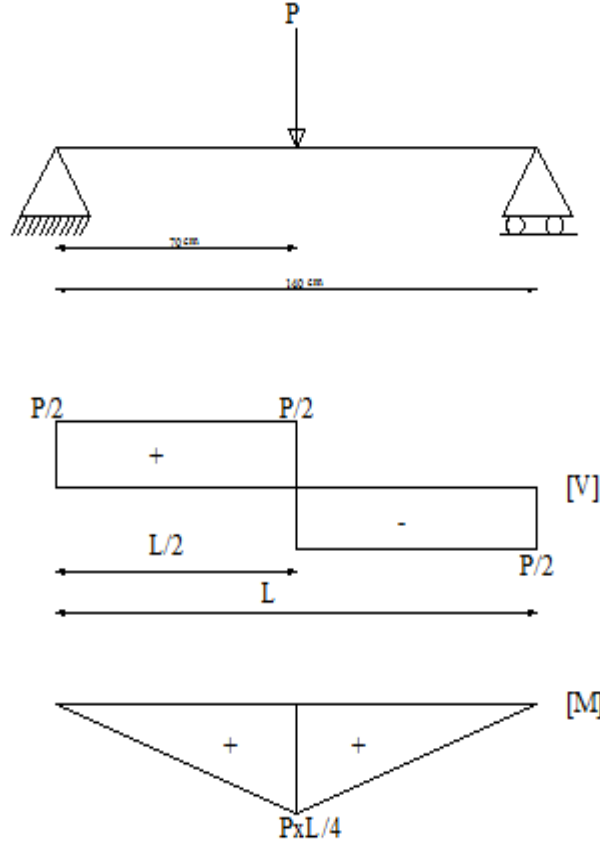
4.1.3. Boşluklu Kirişlerin Modellenmesi

Bu çalışmada petek kiriş oluşturulmayacak kendimizin belirlediği çeşitli çap ve ölçülerde delikler oluşturularak kirişlerin eğilmedeki davranışı incelenecektir. Hem kaynaklı hem cıvatalı ekler oluşturup ekli bağlantılarında eğilmedeki davranışlarını incelenecektir.

Boşluklu kiriş hesaplarında önerilen pratik yöntem

- Profil seçilmesi
- Boşluk göz düzeninin belirlenmesi ve oluşturulması
- Gerilmelerin hesabı ve gerekli tahkiklerin yapılması

4.2. Dolu Gövdeli Kirişlerin Oluşturulması



Şekil 4.7. Basit Kirişin Açıklık Ortasında Tekil Yükle Yükleneşi Durumu İçin Kesme ve Moment Diyagramı

Kiriş hesaplarına kesit şeklinin belirlenmesiyle başlanılmaktadır. Kirişe etki eden maksimum eğilme momenti “ $M_{\max}$ ” hesaplanır. Daha sonra kiriş ebatlarını seçimi gerekli mukavemet momenti için $W=M_{\max}/\sigma_{em}$ denklemi yardımıyla W (mukavemet momenti) değeri bulunur. Bulunan mukavemet momenti seçilen kirişin mukavemet momentinden küçük olması başka bir deyişle profilin mukavemet hesaplanan mukavemet momentinden büyük olması gerekir.

Kirişte boşluklar oluşturulmadan önce ilk adım boşluk sayısını ve mesnede en yakın birinci boşluk gözünün mesnede en yakın mesafesinin belirlenmesi gerekir. Böylece

kiriş ortasında boşluk gözleri veya dikmenin hangisi geleceği belirlenmiş olur. Bu bilgiler profillerin kesim tarzına uygulanışına bağlıdır.

Kirişin sistem boyuna göre “n” göz adedinin belirlenmesi $l=L-e_k$ olur. Buradan

$$n = \frac{l - 2h}{e}$$

Formülü ile yapılabilir [9].

Kirişlerin ekonomik olarak teşkil edilebilmesi farklı şekilde teşkil edilen kiriş hesapları aşağıda verilmektedir.

Açıklığı 140cm olan basit kiriş ve üzerinde tekil P yükü uygulanacak dolu gövdeli çelik kirişin tasarımı St-37 H yüklemesi profil seçimi NPI200 olarak hesap edilecektir. Hesap, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları Yönetmeliği-2016 ya bağlı olarak boyutlar kontrol edilecektir [21].

$$M = \frac{P \times L}{4}$$

$$w_x = \frac{M}{\sigma_{em}}$$

$$w_x = \frac{M}{\sigma_{ak}}$$

Profil tablosundan NPI200 özellikleri

$W_x = 214 \text{ cm}^3$, $W_y = 26$, $I_x = 2140 \text{ cm}^4$, $I_y = 117 \text{ cm}^4$, $\sigma_{cem} = 1440 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{ak} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$G = 26,3 \text{ kg/m}$, $E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$F = 33,5 \text{ cm}^2$

Bu verilere göre, emniyetli taşıma gücü ve akma sınırındaki sınır yükü aşağıda hesap edildi.

$$w_x = \frac{M}{\sigma_{em}}$$

$214 = M/1440$ buradan M emniyetli taşıma momenti;

$M = 308160 \text{ kgcm} = 3,0816 \text{ tonm}$

$$w_x = \frac{M}{\sigma_{ak}}$$

$$214 = \frac{M}{2400}$$

$$M=513600 \text{ kgcm}=5,136 \text{ tonm}$$

$$M = \frac{P \times L}{4}$$

$$3,0816 = \frac{P \times 1,4}{4}$$

$$P_{em}=8,8045 \text{ ton}$$

$$5,136 = \frac{P \times 1,4}{4}$$

$$P_{max}=14,6742 \text{ ton}$$

Sehim hesabı için
Tekil yük altında

$$f_{max}=f=\frac{P \times L^3}{48 \times E \times I_x}$$

$$f=14674,2 \times 140^3 / (2,1 \times 10^6 \times 2140) = 0,1866 \text{ cm} = 1,87 \text{ mm}$$

Kesme Kuvveti Basit kiriş Tekil yük ortada ise

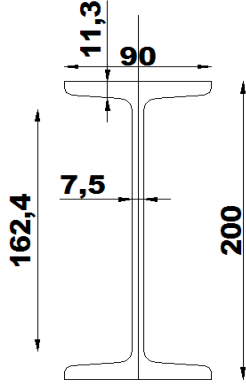
$$V = \frac{P}{2}$$

$$V = \frac{3,0816}{2}$$

$$V=1,54 \text{ ton}$$

4.2.1. Kaynaklı Ek Yapılması

Seçilen NPI200 profilinin



Şekil 4.8. IProfilinin Kesit Ölçüleri

$b_f = 90 \text{ mm}$, $t_w = 7.5 \text{ mm}$,

$I_x = 2140 \times 104 \text{ mm}^4$

$Z_x = 214 \times 103 \text{ mm}^3$

$G = 26.2 \text{ kg/m}$,

$l = 1400 \text{ mm}$, $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

$h = 200 \text{ mm}$, $t_f = 11.3 \text{ mm}$,

Profil kirişin kaynaklı eki için

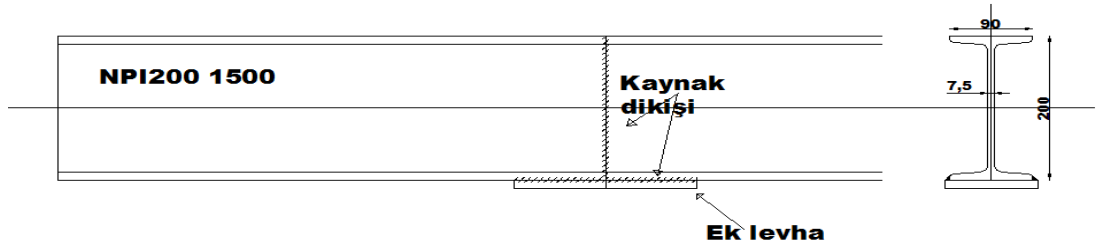
Üniversal ek

4 lama ile yapılan köşe kaynaklı ek

Çekme laşeli ek

Enine levhalı ek tipleri mevcut olup , burada çekme laşeli tipinde ek levhalı kaynak hesabı yapılacaktır.

Çekme laşeli ek için moment tesiri işaret değiştirmedeğinden seçilmiştir.



Şekil 4.9. Profili Kaynak Dikişi Şeması[21]

Şekildeki gerilme yayılımı incelendiğinde kesme kuvvetinin çok büyük bir kısmının gövde çok küçük bir kısmının başlıklar tarafından taşındığı görülür.

Bu sebeple kesme kuvvetinin tamamının profilin I gövdesi taşıdığı kabul edilir.

Moment gövde başlık atalet momentleriyle olacak şekilde taşınır. Taşınan moment M gövde atalet momenti, I_g kesitin toplam atalet momenti, I gövdenin taşıdığı moment, M_b başlık atalet momenti, I_b başlığın taşıdığı moment, M_b ise

$$M_b = M \times \frac{I_b}{I}, \quad M_g = M \times \frac{I_g}{I}$$

Tahkik yapılan Kesitte hem V , hem de M tesiri var ise bu durumda mukayese gerilmesi yapılır.

$$\tau = V/F_g, \quad \sigma = \frac{M}{I \times (h_1/2)}$$

Üniversal ek kaynak hesabı:

En basit ek şekli olup malzeme alın altına denk getirilerek kaynak yapılır bu kaynak çeşidine küt kaynak denir.

$I_p \approx I_k$, $W_p \approx W_k$, kabul edilir.

Kesitte M ve V varsa Başlık dikişlerinin tahkiki,

$$\sigma_{kb} = \frac{M}{W_k} \leq \sigma_{kem} / 2$$

$$\sigma_{kem} = 1100 \text{ kg/cm}^2$$

Gövde dikişinde tahkik,

$$\tau_k = \frac{V}{F_{kg}} = \frac{V}{a_g \times l_g} \leq \tau_{kem} / 2 = 550 \text{ kg}$$

$$\sigma_k = \frac{M}{I_k} \times y$$

NPI200 profilin gövde et kalınlığı $t_w=7,5\text{mm}$

$$a_g = 7,5 \times 0,7 = 5,25 \text{ mm}$$

$$V = P/2, V = 8,8045/2 = 4,4022 \text{ ton} = 44,02 \text{ KN}$$

Gerekli değerler yerine konur l_g buradan çekilirse

$$\tau_k = \frac{V}{F_{kg}} = \frac{V}{a_g \times l_g} \leq \tau_{kem} / 2 = 550 \text{ kg}$$

$$l_g = 12,2 \text{ cm} \quad l_g' = 12,2 + 2 \times a_g = l_g' 13,6 \text{ cm bulunur}$$

$$S_x = 17,2 > 13,6 \text{ uygun}$$

Çekme başlığı için;

$$Z = \frac{M}{M_p} \times F_b$$

Başlık laması için profil et kalınlığı $t_f=11,3\text{mm}$

Seçilen lama 12mm

Başlık genişliği $b_f= 90 \text{ mm}$

$$L_b = b + 2ab$$

Seçilen kaynak kalınlığı; $11,3 \times 0,7 = 7,91 \text{ mm}$ için

Seçilen ab 6mm

$$L_b = 9 + 2 \times 0,6 = 10,2 \text{ cm}$$

$$F_b = 1,2 \times 10,2 = 12,24 \text{ cm}^2$$

$$Z = \frac{3,08}{214} \times 12,24$$

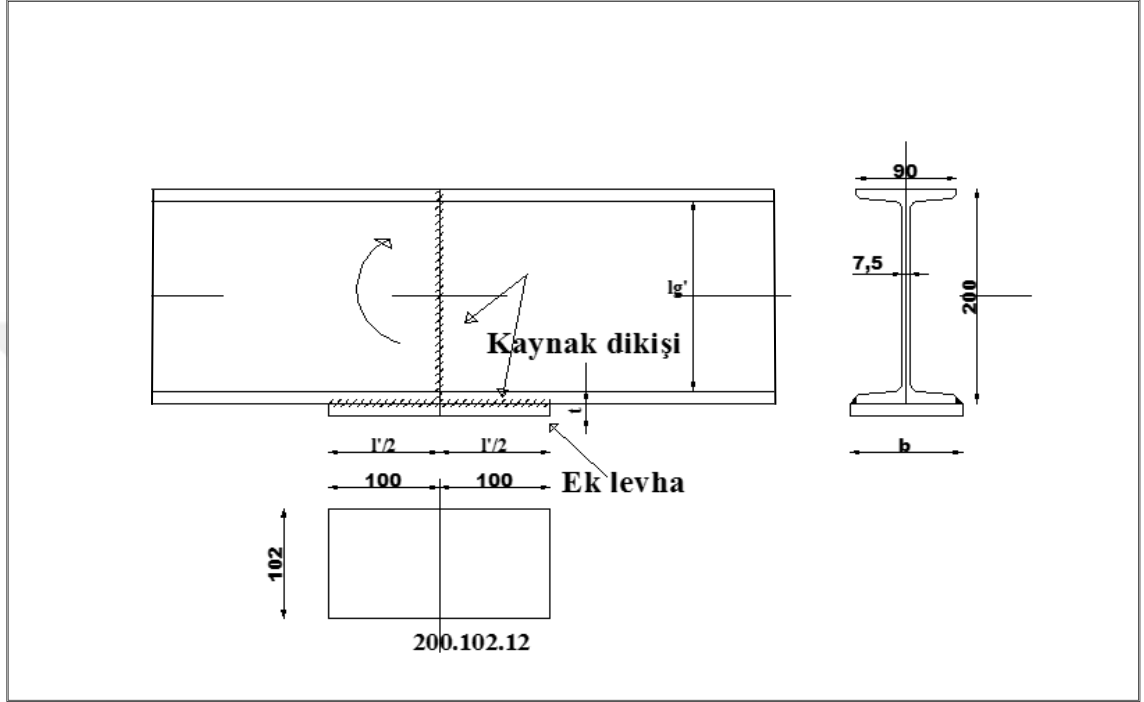
$$Z = 0,171 \text{ ton/cm} = 171 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma_{lev} = \frac{Z}{b \times t} \leq \sigma_{em}$$

$$\sigma_{lev} = \frac{171}{10,2 \times 1,2} \leq 1440 \text{ kg/cm}^2 = 13,9 \leq 1440 \text{ kg/cm}^2 \text{ uygun,}$$

$$\tau_{em} = \frac{Z}{2 \times a \times l} \leq \tau_{kem} \text{ buradan } \tau_{kem} = 1100 \text{ kg/cm}^2 \text{ alınırsa } l \text{ uzunluğu } 0,12 \text{ cm bulunur}$$

Seçilen L uzunluğu 10cm[21]



Şekil 4.10. I Profilin Kaynaklı Birleşim Kesit ve Ölçü Değerleri

$$\begin{aligned} L_g' &= 13,6 \text{ cm} & a_g &= 7,5 \text{ mm} & a_b &= 6 \text{ mm} \\ b &= 10,2 \text{ cm} & l' &= 10 \text{ cm} & t &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

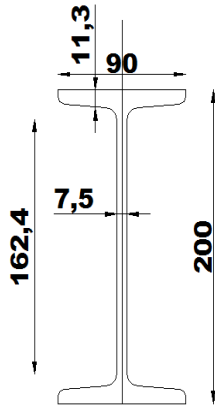
4.2.2. Civatalı Ek Yapılması

1Başlık laşeleri faydalı eksen alanı profil başlık faydalı en kesit alanından az ve et kalınlığı 8mm az olmamalıdır.

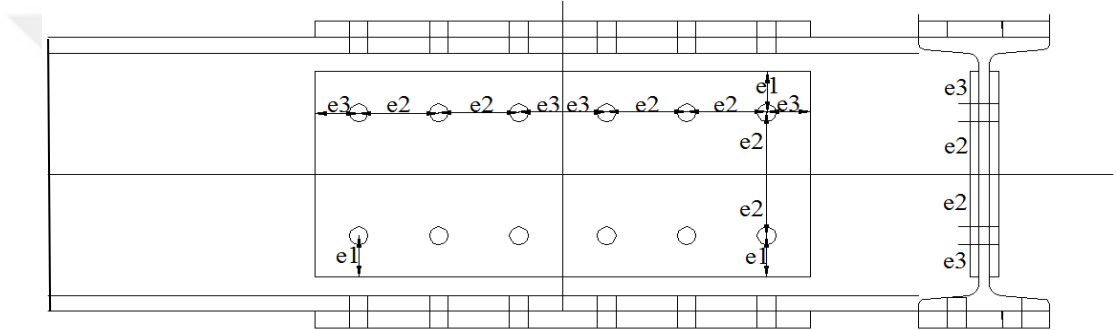
2 Gövde laşeleri profil gövde kalınlığının 0,8 kat olarak seçilmeli ve 5mm az olmamalıdır[21].

Bu şartlar sağlandıktan sonra ek levhaların tahkikine lüzum yoktur.

Buna göre $F_b > F_p$ [21].



$b_f = 90 \text{ mm}$, $t_w = 7.5 \text{ mm}$,
 $I_x = 2140 \times 104 \text{ mm}^4$
 $Z_x = 214 \times 103 \text{ mm}^3$
 $G = 26.2 \text{ kg/m}$,
 $l = 1400 \text{ mm}$, $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
 $h = 200 \text{ mm}$, $t_f = 11.3 \text{ mm}$,



Şekil 4.11. I Profili Civatalı Birleşim Şeması

$$e_1 = (3 \sim 4)d$$

$$e_2 = (3 \sim 6)d$$

$$e_3 = (2 \sim 3)d[21].$$

$$F_p = 9 \times 1,13 = 10,17 \text{ cm}^2$$

Levha kalınlığı 12 mm olarak seçilebilir

$$F_b = 9 \times 1,2 = 10,8 \text{ cm}^2 > 10,17 \text{ cm}^2$$

Seçilen levha kalınlığı 12mm

Gövde levhası için

$$F_g = t_w \times 0,8 = 7,5 \times 0,8 = 6 \text{ mm seçilir.}$$

Moment dağılımı gövde ve başlık için

$$M=M_{gövde}+M_{başlık}$$

$$M_g=M \times \frac{I_g}{I_{ek}}$$

$$I_{ek}=I_{başlık}+I_{gövde},$$

$$M_b=M-M_g$$

V=Gövde ek levhaları tarafından aktarılır.

N-normal kuvveti

$$N_{gövde}=N_g=N \times \frac{F_g}{F_{ek}}$$

$$F_{ek}=F_b+F_g$$

Cıvata seçimi

$$d = \sqrt{5 \times t_{min}} - 0,2 \text{ buradan başlık için cıvata çapı}$$

$$d = \sqrt{5 \times 0,9} - 0,2 = 1,92 > 1,7 \text{ cm seçilen cıvata başlık için M16}$$

$$d = \sqrt{5 \times 0,6} - 0,2 = 1,53 > 1,2 \text{ seçilen cıvata gövde için M12}$$

Yapım kolaylığı açısından her iki cıvata gurubu başlık ve gövde için M12 seçilmiştir.

Kiriş ekinde moment 3,08 ton/m kesme kuvveti V= 4,40 ton M12 uygun cıvata malzeme St-37 H yüklemesi olduğuna göre ekin tahkikini TS-648 göre yapalım

Seçilen kesitimiz NPI200 profili

$$h=200 \text{ mm} \quad b_f=90 \text{ mm}, t_w=7.5 \text{ mm},$$

$$F_p=33,5 \text{ cm}^2, S_x=125 \text{ cm}^3 \quad s_x=17,2 \text{ cm}$$

$$I_x=2140 \text{ cm}^4$$

$$W_x=214 \text{ x cm}^3$$

$$G=26.2 \text{ kg/m},$$

$$L_{açıklık}=1400 \text{ mm}, E=210000 \text{ N/mm}^2$$

Başlık levhası için hesap

$$t_b=12 \text{ mm seçilen genişlik } b_f=90 \text{ mm}=b$$

Gövde levhası için

$$\text{Seçilen } t_g=6 \text{ mm } h_1=172 \text{ seçilen } h_g=150 \text{ mm}$$

$$F_{ekbaşlık}=9 \times 1,2=10,8 \text{ cm}^2 > 9 \times 11,3=10,17$$

$$F_{ek \text{ gövde}} = 2 \times 15 \times 0,8 = 24 \text{ cm}^2 > 17,2 \times 0,75 = 12,9 \text{ cm}^2$$

$$F_{ek} = 2 \times F_{ek \text{ başlık}} + F_{ek \text{ gövde}}$$

$$F_{ek} = 2 \times 10,8 + 24 = 45,6 \text{ cm}^2 > F_p = 33,5 \text{ cm}^2$$

Cıvata seçimi

Yukarıda cıvatalarımızı M12 olarak seçmiştik şimdi bunun tahkiki

Gövde için ;

M12 , d=13mm

$$d = \sqrt{5 \times t_{min}} - 0,2 \text{ buradan gövde için cıvata çapı}$$

$$d = \sqrt{5 \times 0,6} - 0,2 = 1,53 > 1,3 \text{ seçilen cıvata gövde için M12}$$

Başlık için

$$d = \sqrt{5 \times t_{min}} - 0,2 \text{ buradan başlık için cıvata çapı}$$

$$d = \sqrt{5 \times 0,9} - 0,2 = 1,92 > 1,7 \text{ cm seçilen cıvata başlık için M16}$$

Yapım kolaylığı açısından her iki cıvata gurubu başlık ve gövde için M12 seçilmiştir.

$$I_b = 2426,9 \text{ cm}^4 , I_g = 337,5 \text{ cm}^4$$

$$M = 3,08 \text{ ton}$$

$$M_g = M \times \frac{I_g}{I_{ek}} , M_g = 3,08 \times \frac{337,5}{(2426,9 + 337,5)} = 0,37 \text{ tonm}$$

$$M = M_b + M_g , M_b = M - M_g$$

$$M_b = 3,08 - 0,37 = 2,71 \text{ tonm}$$

$$N_b = 2,63 / 0,2 = 8,76 \text{ ton,}$$

$$\sigma_m = \frac{N_{max}}{d \times t_{min}} \leq \sigma_{m,em}$$

$P_n = 1,91$ ton bir cıvatanın taşıyabileceği maksimum yük olur

n cıvata sayısı = $n = N_b / P_n$ buradan

$$n = 8,76 / 1,91 = 4,5 \text{ cıvata seçilen cıvata 6M12}$$

$$P_n = 8,76 / 6 = 1,46 \text{ ton}$$

$$\sigma_{e,em} = \frac{P_n}{d \times t_{min}} \leq \sigma_{e,em} , \sigma_e = \frac{1,46}{1,3 \times 1,13} = 0,99 \leq 2,8 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

Gövde cıvataları tahkiki

$$Mg'=Mg'\pm Vxa$$

$$M_g'=M_g'+Vxa$$

$$N_i=N_1 \times \frac{r_i}{r_1}$$

$$M_g'=\frac{N_1}{r_1} \times \sum_1^i r_i^2, N_2=\frac{V}{n}$$

$$N_{\max}=\sqrt{N_1^2+N_2^2}$$

$$\tau_m=\frac{N_{\max}}{2F} \leq \tau_{m,em}$$

$$\sigma_m=\frac{N_{\max}}{d \times t_{\min}} \leq \sigma_{m,em}$$

Profil kirişlerinin eki, mümkün olduğu kadar momentin az olduğu yerlerde yapılmalı ancak ek yerindeki moment ne kadar az olursa olsun profil en kesiti taşıyabileceği moment miktarı yarısından az olmamalıdır [21].

4x13=52 mm, seçilen 55 mm

2x13=26 mm seçilen 30 mm

4 tane r1 var

2tane r2 var

a=85 mm

$$r_1^2=\sqrt{5,5^2+5,5^2}$$

$$r_1=7,77\text{cm}$$

$$r_2=5,5\text{ cm}$$

$$r_3=4,5\text{ cm}$$

$$M_g'=\frac{N_1}{r_1} \times \sum_1^i r_i^2, N_2=\frac{V}{n}$$

$$\tau_m=\frac{N_{\max}}{2F} \leq \tau_{m,em}$$

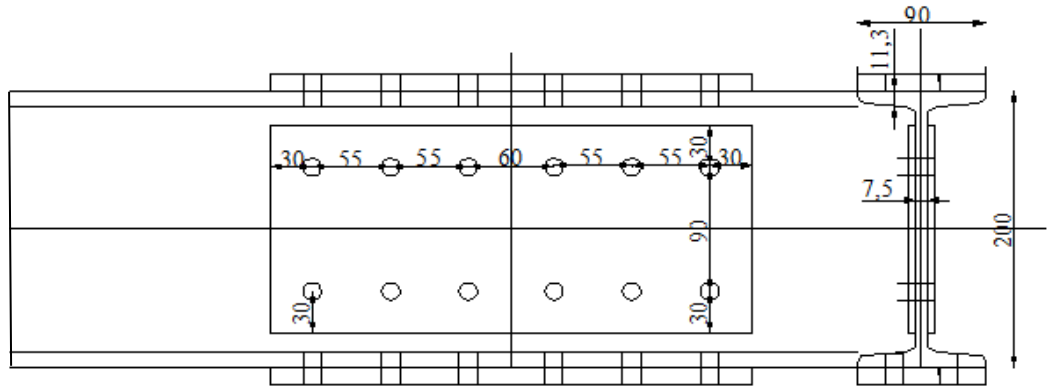
$$\sigma_m=\frac{N_{\max}}{d \times t_{\min}} \leq \sigma_{m,em}$$

Gerekli değerler yerine konursa

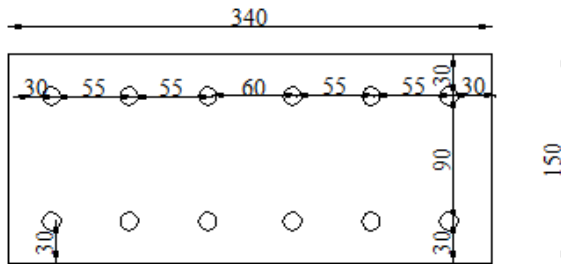
$$\tau_m = 0,74 \leq \tau_{m,em} \text{ uygun}$$

$$\sigma_m = 2,53 \leq \sigma_{m,em} = 2,8 \text{ ton/cm}^2 \text{ uygun olur}$$

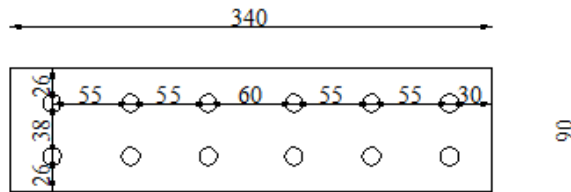
Cıvata yerleşim planı



Gövde Plakası 340.150.6



Başlık Plakası 340.90.12



Şekil 4.12. I Profili Gövde ve Başlık Plakalarının Kesim ve Delik Ölçü Planı

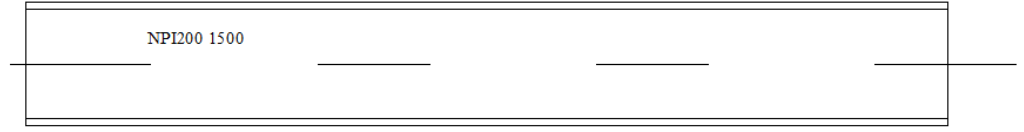
4.3. Deney Numunelerinin Oluşturulması

Deney numuneleri oluşturulurken profiller maliyeti dűőünűlerek sayısı ve adeti az tutulmuştur başlangıç numunemiz olan Pa1 numunesi 3 adet olmak üzere diğerk numunelerimiz birer adet olarak tasarlanmıştır. Numunelerimiz bir normal I profil tam kesit, civatalı birleşim ve kaynaklı birleşim olarak 1 grup yapılmıştır Toplam numune adetimiz 17 adettir.

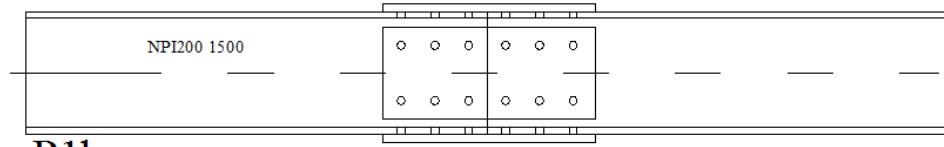
1.Grup numune boyları 150cm olarak teşkil edildi.

Grup isimleri adlandırılırken (P) profil (1) numarası (a) tam boy (b) civatalı birleşimleri (c) ise kaynaklı birleşimleri ifade eder.

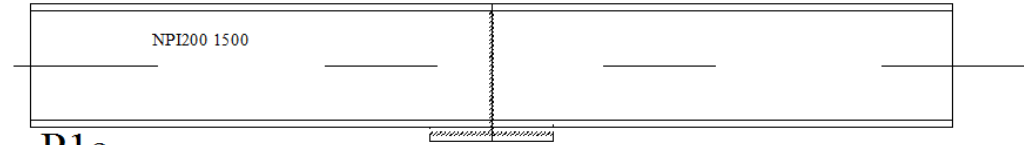
Diğerk grup numunelerimiz boyları 150cm olup içlerinde çeşitli ölçűce çapta delikler açılmıştır.



P1a Referans

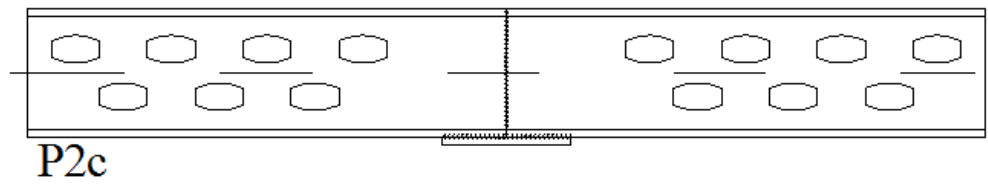
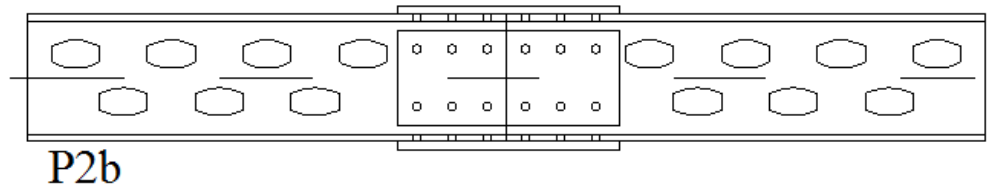
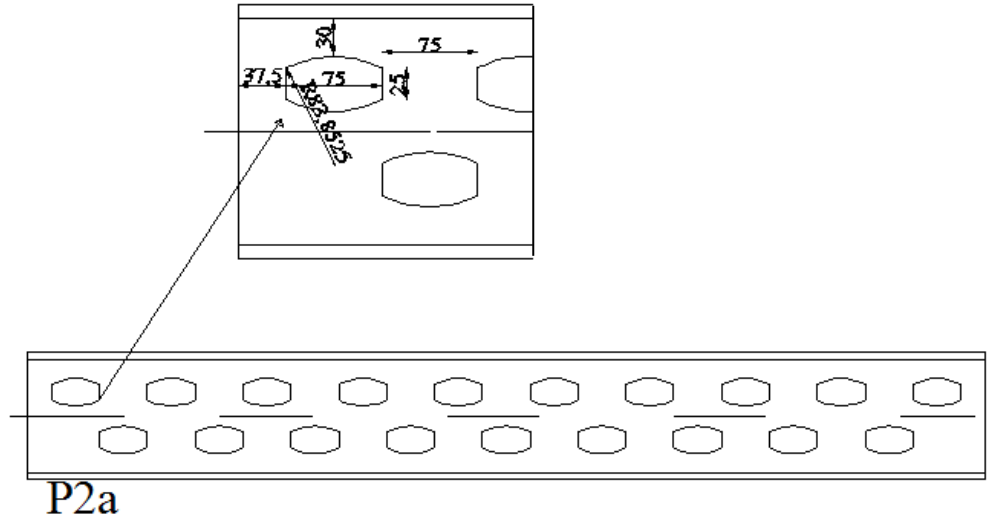


P1b

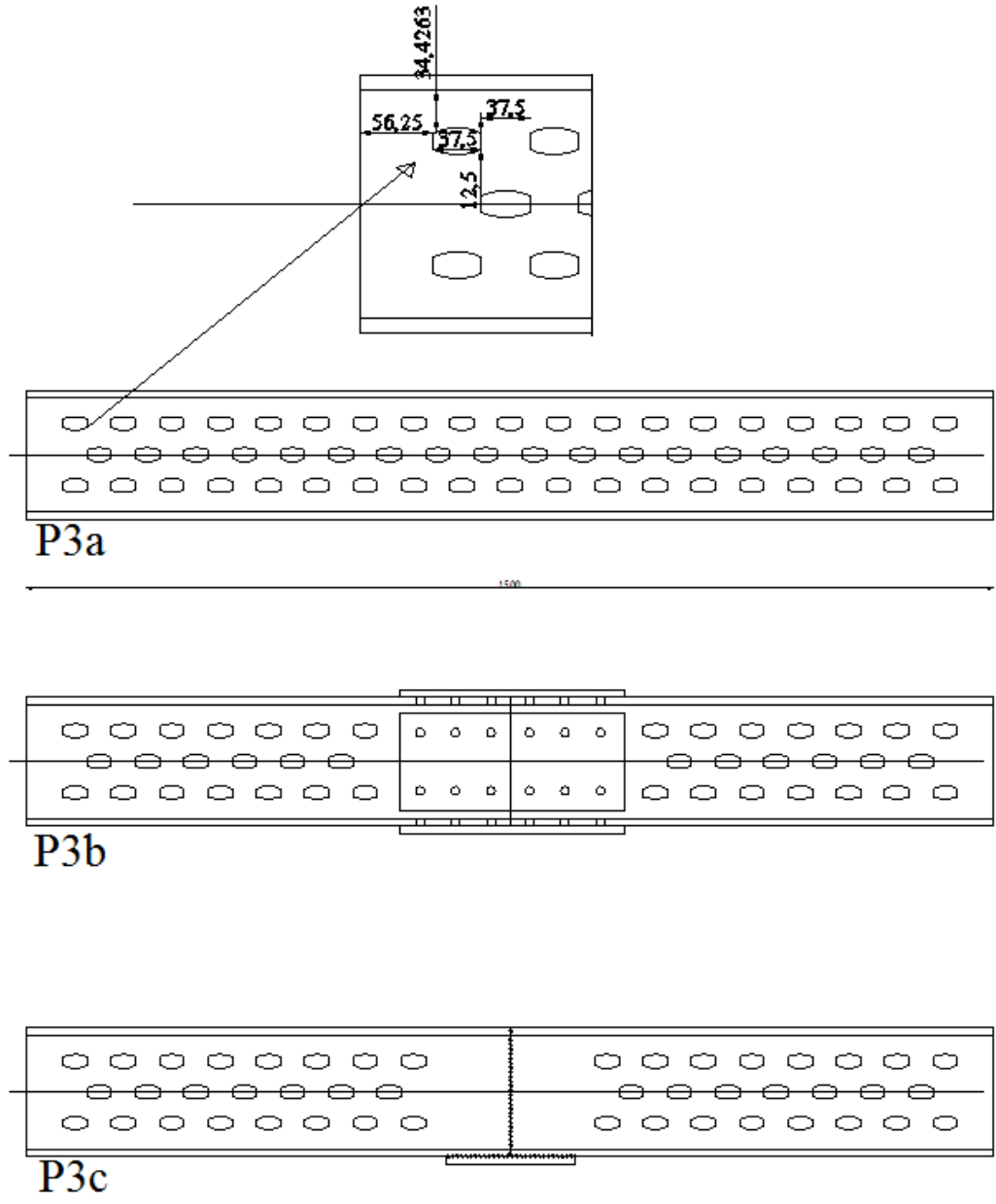


P1c

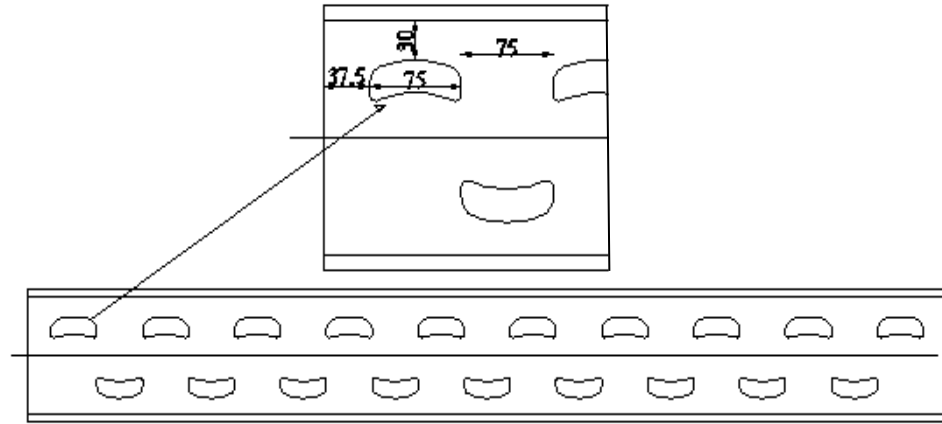
Şekil 4.13. I Profili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 1.Grup Kesim ve Birleşim Şeması



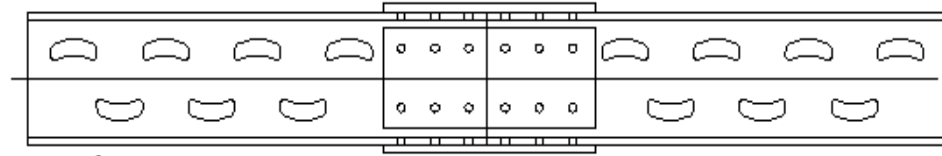
Şekil 4.14.IProfili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 2.Grup Kesim ve Birleşim Şeması.



Şekil 4.15. I Profili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 3.Grup Kesim ve Birleşim Şeması



P4a

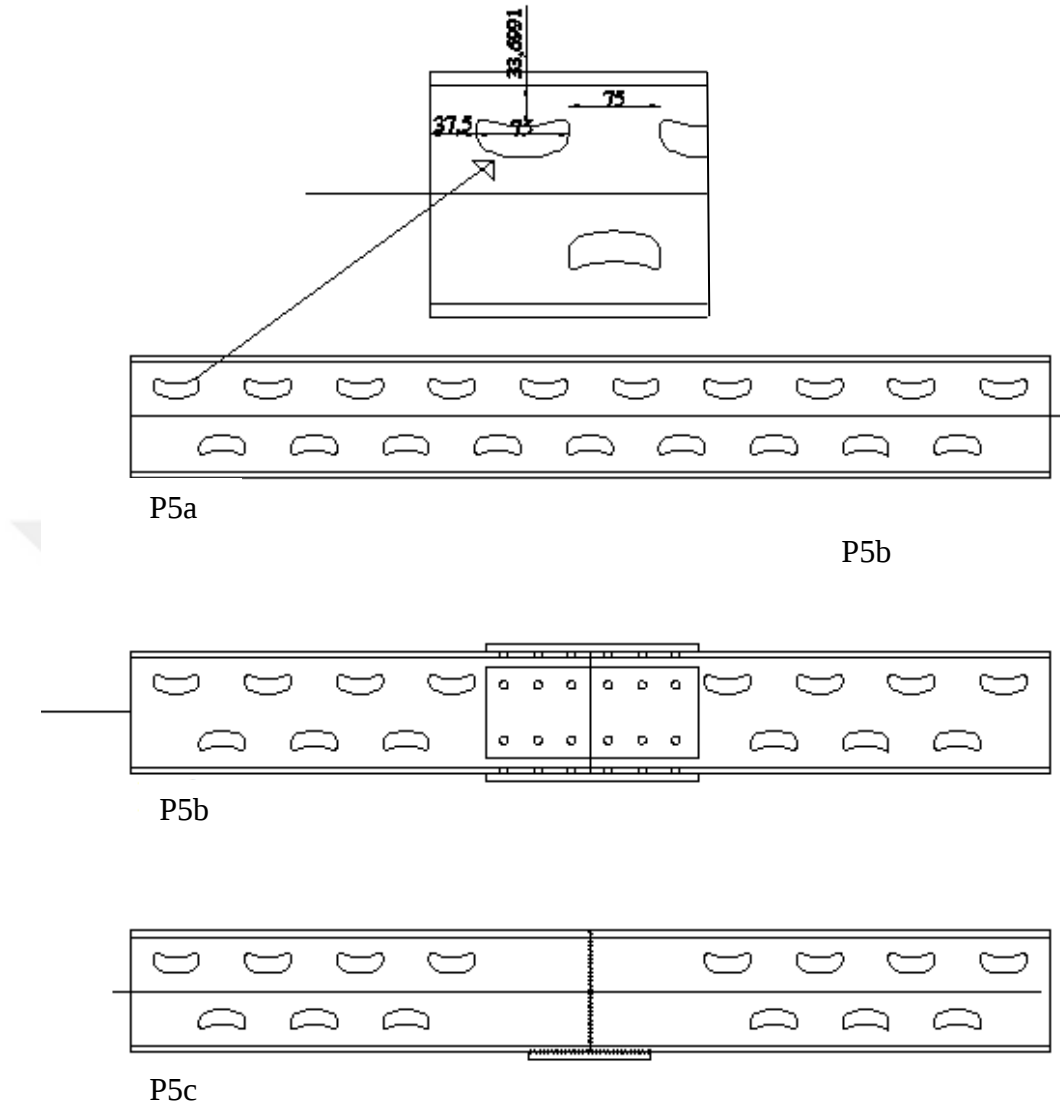


P4b



P4c

Şekil 4.16. I Profili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 4.Grup Kesim ve Birleşim Şeması



Şekil 4.17. I Profili Civatalı ve Kaynaklı Birleşim 5.Grup Kesim ve Birleşim Şeması.

Deney numunelerin Hazırlanması

NPI200 profiller ve levhalar Erdemir'de ISO 9001, TS EN ISO 14001 ve OHSAS 18001, ISO TS16949 ve TS EN ISO 50001 yönetim sistemleri standartlarına uygun üretim yapılan firmadan satın alınmıştır.

Levha olarak St52 seçildi

Deney numuneleri yukarıda verilen ölçülerde 6 m lik NPI200 profilleri kesim yapılarak plazmada delikler açılmıştır Plazma özellik olarak ESAB 360A CNC plazma tabla ebatı 3000mmx 6000mm kesim kalınlığı max 38mm olan plazma kullanılmıştır.

Cıvatalar ve pullar 8,8 özellikte olup çekme mukavemeti 800 N/mm²dir.

Kaynak için ise Kilmak Marka 300A Gaz altı kaynak makinesi kaynak teli olaraksa AS SG2 gaz altı kaynak makinesi, teli 1mm tel kalınlığı ile birleşimler yapılmıştır.



Şekil 4.18. I Profillerin Ölçülendirilip Kesilmesi



Şekil 4.19. I Profillerin Lazerede Deliklerin Açılması ve Kesilmesi



Şekil 4.20. I Profillerin Birleştirilmesi



Şekil 4.21. I Profillerin bir kat anti pas ile boyanması



Şekil 4.22. 1.Grup profiller P1a-P1b-P1c



Şekil 4.23. 2.Grup Profiller P2a-P2b-P2c



Şekil 4.24. 3.Grup profiller P3a-P3b-P3c.

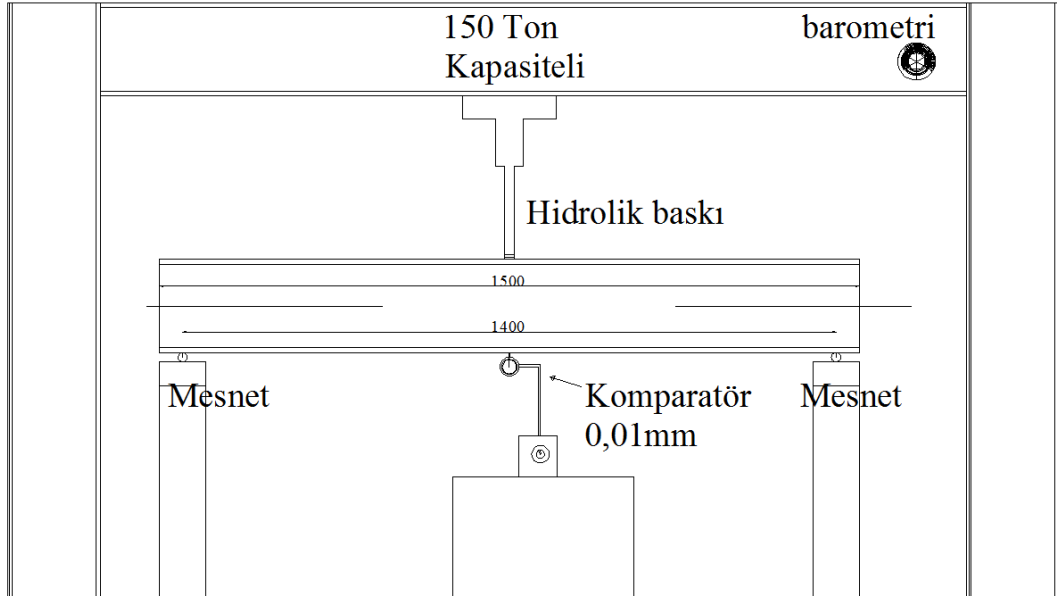


Şekil 4.25. 4.Grup profiller P4a-P4b-P4c.



Şekil 4.26. 5.Grup profiller P5a-P5b-P5c.

Deneyin yapılması



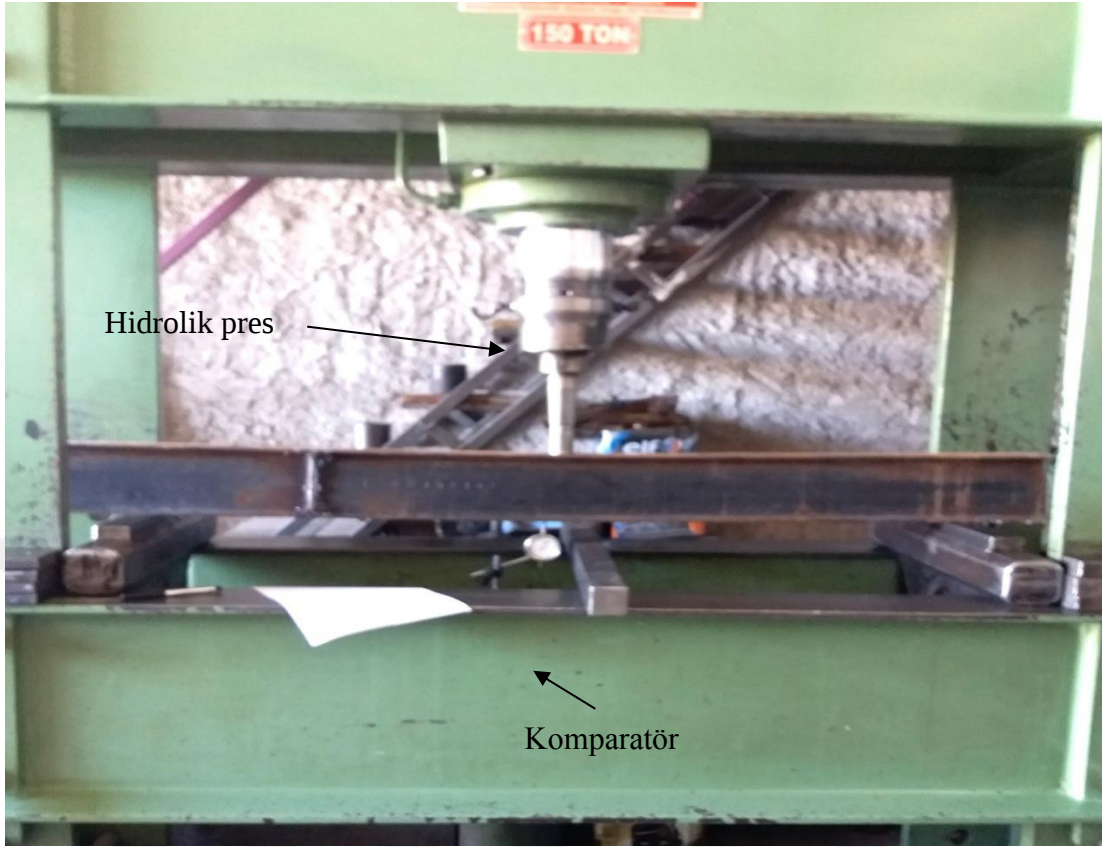
Şekil 4.27. Deney Düzeneği Şeması

4.4. Deney Düzenegi ve Deneyin Gerçeklestirilmesi

Deney düzenegi için sanayi tipi hidrolik pres makinası 150 ton basma kapasiteli bir makine 0,01mm hassasiyetli Komparatör ve elektronik kumpas aleti kullanılarak deney düzenegi olusturulur. Deneye başlamadan deneme profili olan NPI140 profille Hidrolik presimizin ölçüm değerleri ile sehım kontrolü yaparak makinemizin kalibrasyon değerlerini teyit etmeye aynı zaman dışarıdan elektronik kumpas yardımı ile de sehım kontrolü iki kez teyit etmeye yöneldik.

Deney düzenegimizin doğruluğunu teyit ettikten sonra ilk 3 profilimiz olan P1a profillerinin ölçüm değerlerini kayıt edildi. Ölçümler yapılırken 1 mm sehime karşılık gelen bar değerleri barometre yardımıyla okumlar yapılarak bu döngü her 1mm sehım artış değerleriyle tekrar edilerek profillerin akma dayanımları sabit olana kadar devam edildi her profil değerleri yaklaşık 15 mm sehım yapana kadar devam edildi Civatalı birleşimler 20 mm sehım yaptırılarak değerler ölçümlendi.

Ölçümler diğer gruplar için ise aynı şekilde ölçümler yapıldı ve kayıt edildi. Yapılan ölçümler ve kayıtlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.



Şekil 4.28. Kalibrasyon İçin NPI140 Profili İle Deneme Yapılması



Şekil 4.29. 1.Grup P1a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.30. 1.Grup P1a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.31. 1.Grup P1a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.32. 1.Grup P1a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.33. 1.Grup P1a Numunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.34. 1.Grup P1a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



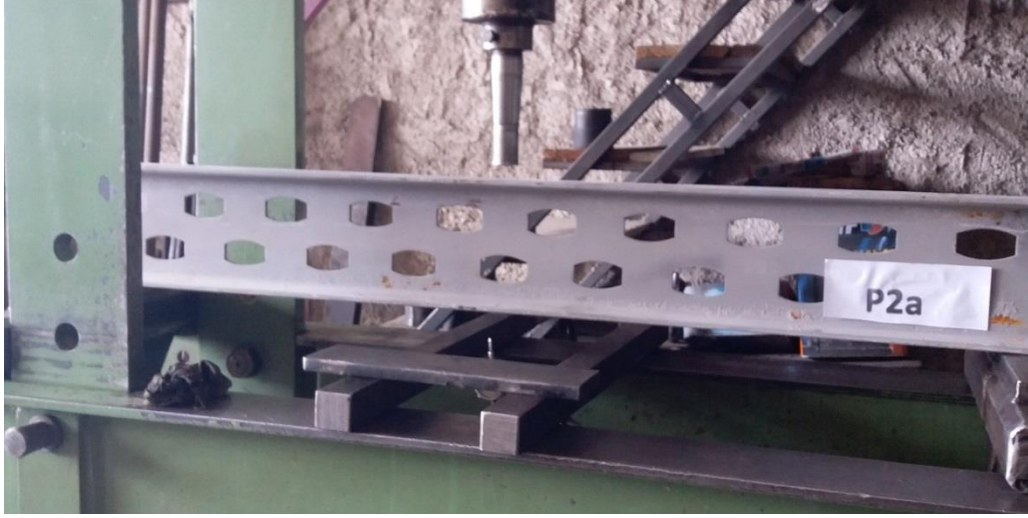
Şekil 4.35. 1.Grup P1b Numunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.36. 1.Grup P1a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.37. 1.Grup P1c Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.38. 2.Grup P2a Numunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.39. 2.Grup P2a Numunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.40. 2.Grup P2a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.41. 2. Grup P2a Numunesinin 5 mm Sehim Sonrası Durumu



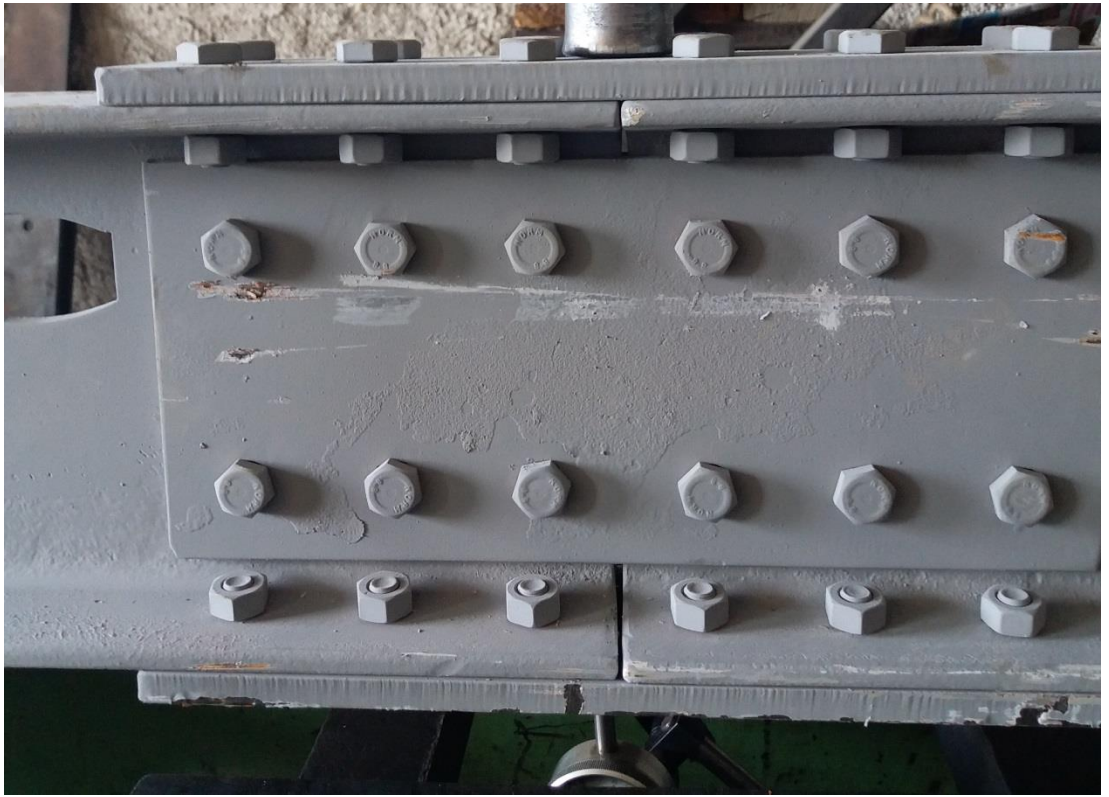
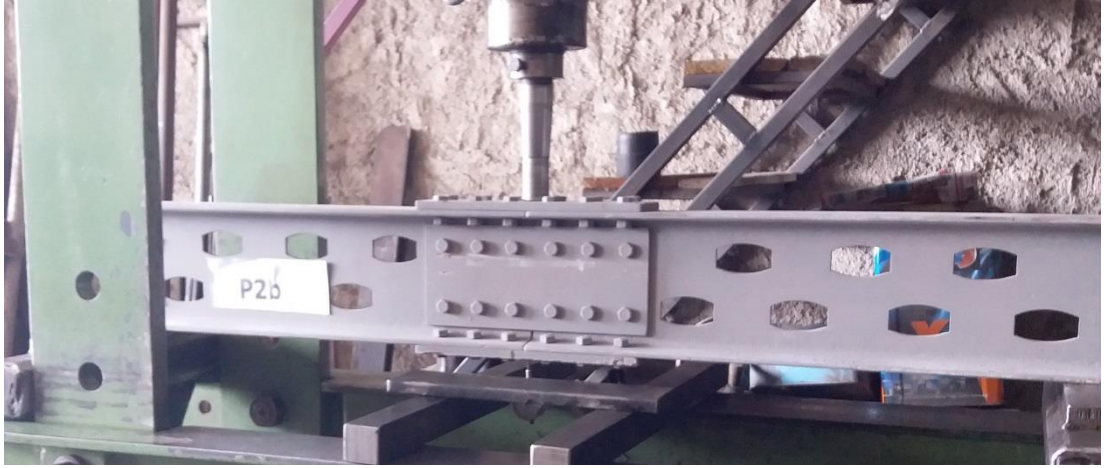
Şekil 4.42. 2.Grup P2a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.43. 2.Grup P2a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.44. 2.Grup P2a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.45. 2.Grup P2bNumunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.46. 2.Grup P2b Numunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.47. 2.Grup P2b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.48. 2.Grup P2b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnet Bölgesi





Şekil 4.49. 2.Grup P2c Numunesinin Başlangıç 5mm Sehim Sonrası Durumu





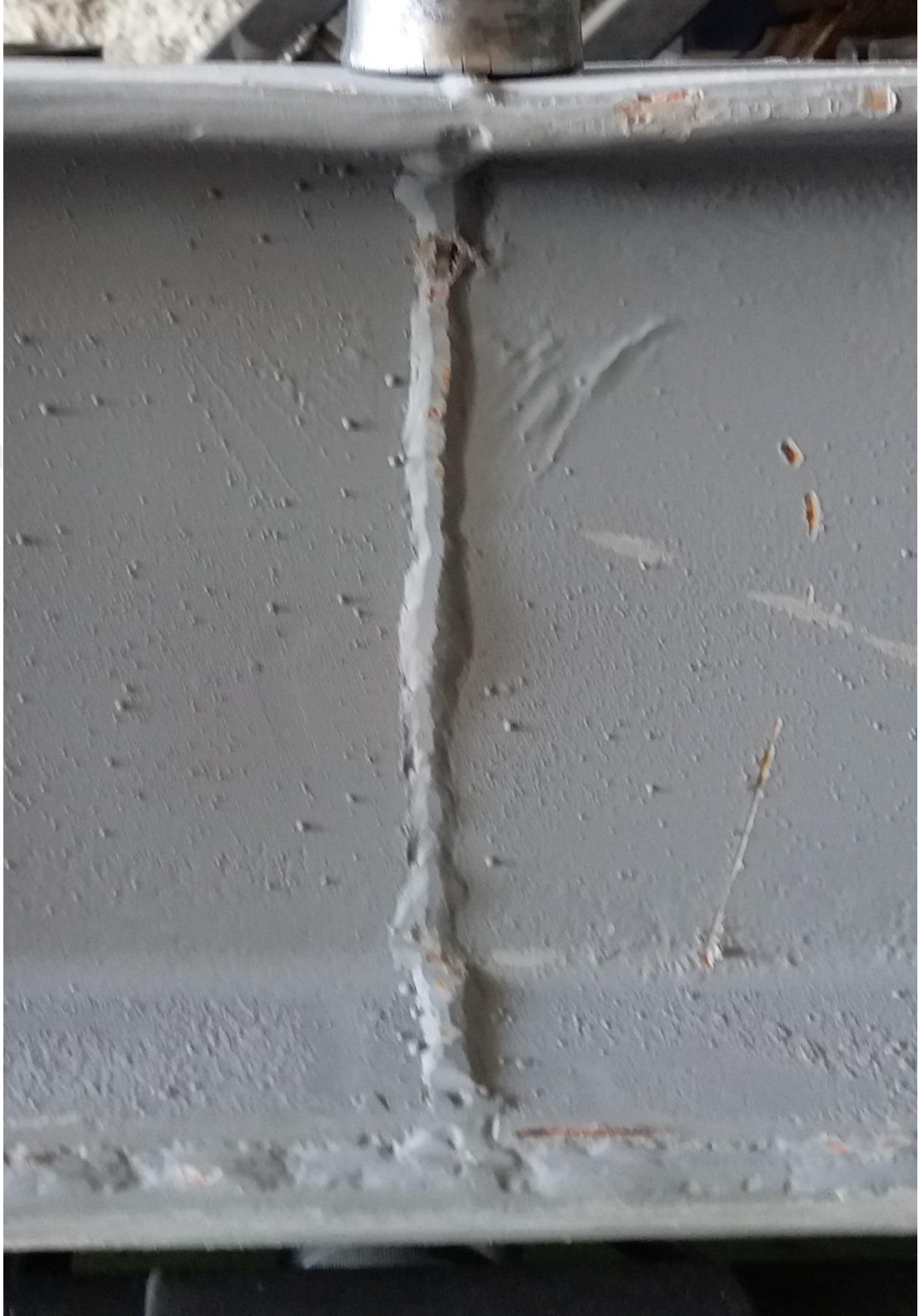
Şekil 4.50. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.51. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.52. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.53. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Açıklıkta



Şekil 4.54. 2.Grup P2c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.55. 3.Grup P3a Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.56. 3.Grup P3a Numunesinin 5mm Sehim Sonrası Durumu



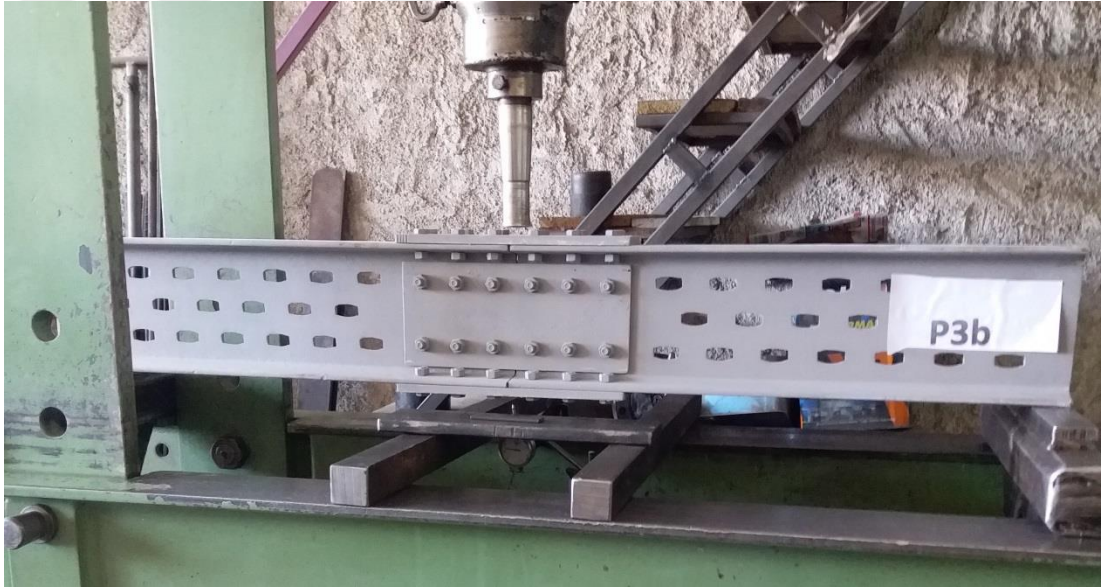
Şekil 4.57. 3.Grup P3a Numunesinin 5mm SehimSonrası Durumu



Şekil 4.58. 3.Grup P3a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.59. 3.Grup P3a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.60. 3.Grup P3b Numunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.61. 3.Grup P3b Numunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.62. 3.Grup P3b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.63. 3.Grup P3b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.64. 3.Grup P3c Numunesinin Başlangıç Durumu.



Şekil 4.65. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.66. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnet Bölgesi



Şekil 4.67. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



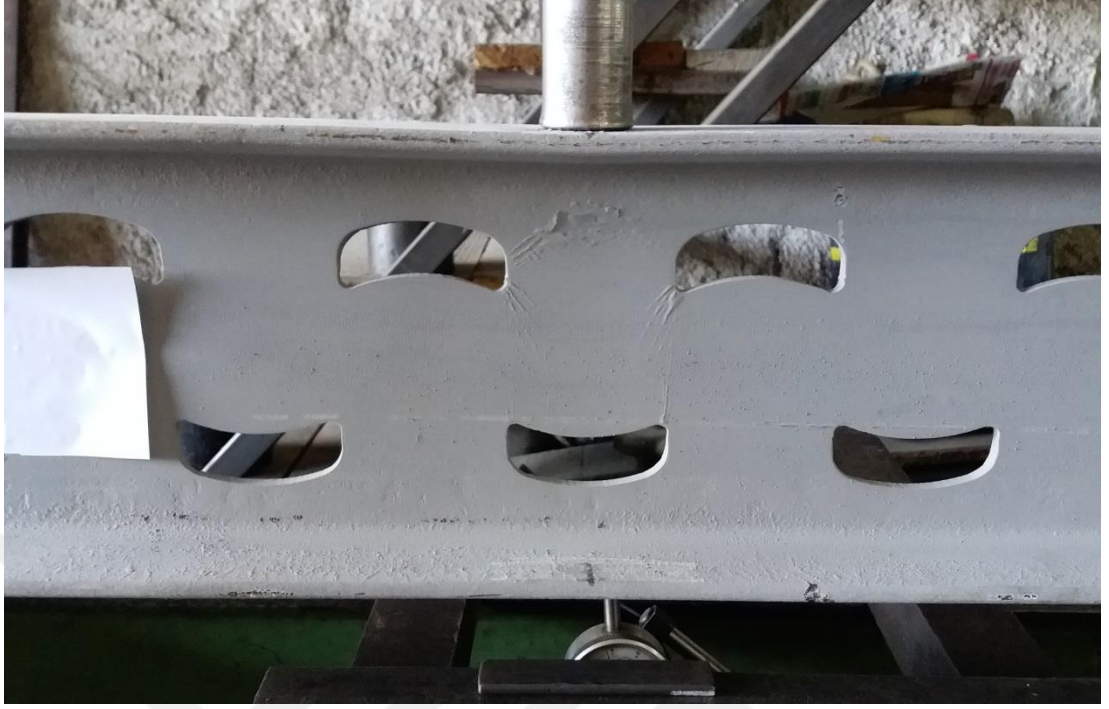
Şekil 4.68. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.69. 3.Grup P3c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.70. 4.Grup P4a Numunesinin Başlangıç Durumu.



Şekil 4.71. 4.Grup P4a Numunesinin 5mm Sehim Sonrası Durumu.



Şekil 4.72. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu. Mesnette



Şekil 4.73. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu. Açıklıkta



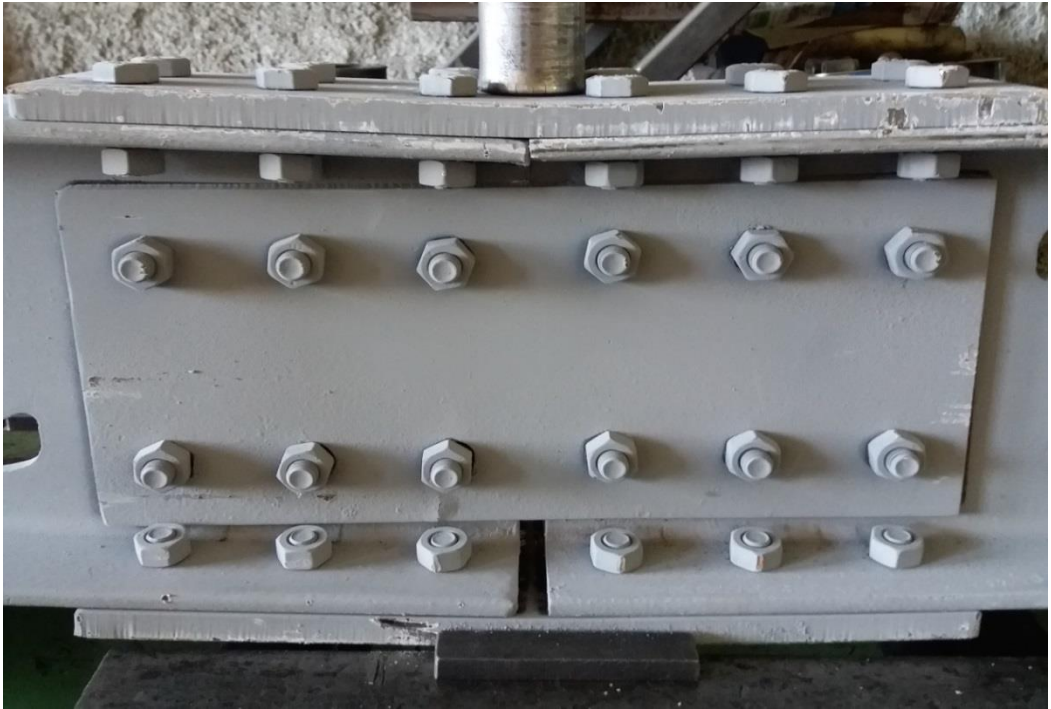
Şekil 4.74. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.75. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.



Şekil 4.76. 4.Grup P4b Numunesinin Başlangıç Durumu.



Şekil 4.77. 4.Grup P4b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.



Şekil 4.78. 4.Grup P4a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Açıklık ve Mesnette



Şekil 4.79. 4.Grup P4b Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.80. 4.Grup P4c Numunesinin Başlangıç Durumu.



Şekil 4.81. 4.Grup P4c Numunesinin Başlangıç Durumu.



Şekil 4.82. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnette



Şekil 4.83. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.84. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Açıklıkta



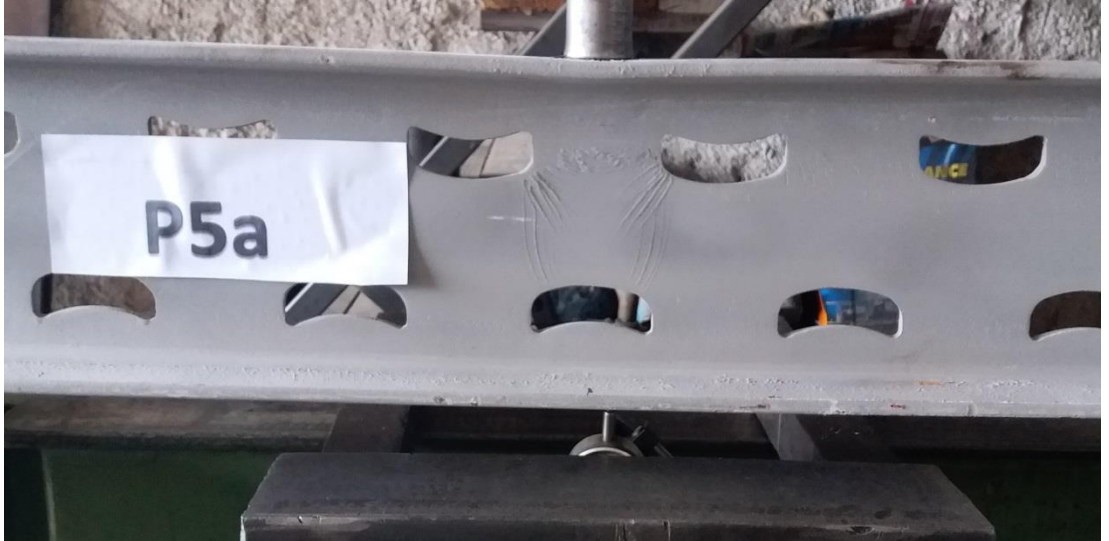
Şekil 4.85. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnette



Şekil 4.86. 4.Grup P4c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.87. 5.Grup P5a Numunesinin Başlangıç Durumu.



Şekil 4.88. 5.Grup P5a Numunesinin Sehim Sonrası Durumu.



Şekil 4.89. 5.Grup P5a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.



Şekil 4.90. 5.Grup P5a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu.



Şekil 4.91. 5.Grup P5a Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması



Şekil 4.92. 5.Grup P5b Numunesinin Başlangıç ve Eğilme Sonrası Durumu



Şekil 4.93. 5.Grup P5c Numunesinin Başlangıç Durumu



Şekil 4.94. 5.Grup P5c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu Mesnette ve Açıklıkta



Şekil 4.95. 5.Grup P5c Numunesinin Eğilme Sonrası Durumu ve Burkulması

4.5. Değerlendirme ve Bulgular

Tablo 4.1. P1a Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P1a
1	0	40,15	0	0	375
2	1	39,46	0,69	2	750
3	2	38,66	1,49	18	6750
4	3	37,79	2,36	35	13125
5	4	36,74	3,41	44	16500
6	5	35,8	4,35	54	20250
7	6	34,78	5,37	59	22125
8	7	33,79	6,36	62	23250
9	8	32,72	7,43	64	24000
10	9	31,66	8,49	64	24000
11	10	30,6	9,55	64	24000
12	11	29,82	10,33	64	24000
13	12	28,29	11,86	64	24000
14	13	28,38	11,77	64	24000
15	14	27,77	12,38	65	24375
16	15	26,9	13,25	65	24375

P1a numunesi okumaları alınarak (tablo 4.1) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 14,812$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 3,49mm hesaplanmıştır.

Tablo 4.2. P1b Numunesine Ait Okumalar

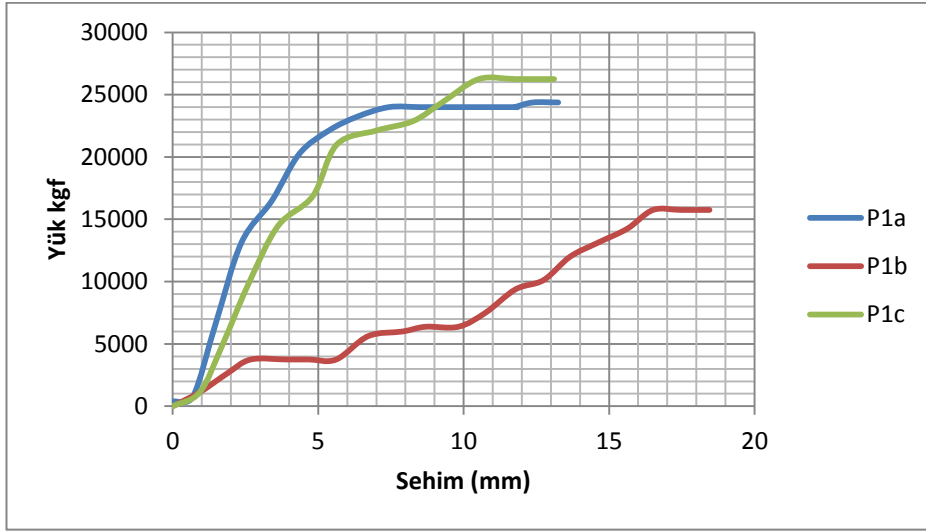
Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P1b
1	0	25,14	0	0	0
2	1	24,21	0,93	3	1125
3	2	23,27	1,87	7	2625
4	3	22,46	2,68	10	3750
5	4	21,26	3,88	10	3750
6	5	20,45	4,69	10	3750
7	6	19,52	5,62	10	3750
8	7	18,42	6,72	15	5625
9	8	17,23	7,91	16	6000
10	9	16,45	8,69	17	6375
11	10	15,32	9,82	17	6375
12	11	14,39	10,75	20	7500
13	12	13,36	11,78	25	9375
14	13	12,39	12,75	27	10125
15	14	11,48	13,66	32	12000
16	15	10,52	14,62	35	13125
17	16	9,51	15,63	38	14250
18	17	8,63	16,51	42	15750
19	18	7,68	17,46	42	15750
20	19	6,69	18,45	42	15750

P1b numunesi okumaları alınarak (tablo 4.2) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 12,560$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 14,3mm hesaplanmıştır. Buda bize civatalı birleşimlerim Cıvata boşluklarından dolayı sehimin yüksek ve yük karşısında kararsız davrandığını göstermektedir.

Tablo 4.3. P1c Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P1c
1	0	34,47	0	0	0
2	1	33,54	0,93	3	1125
3	2	32,77	1,7	13	4875
4	3	31,88	2,59	26	9750
5	4	30,86	3,61	38,5	14437,5
6	5	29,65	4,82	45	16875
7	6	28,83	5,64	56	21000
8	7	27,46	7,01	59	22125
9	8	26,21	8,26	61	22875
10	9	25,21	9,26	65	24375
11	10	23,95	10,52	70	26250
12	11	22,68	11,79	70	26250
13	12	21,36	13,11	70	26250

P1c numunesi okumaları alınarak (tablo 4.3) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 15,656$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 3,71mm hesaplanmıştır. Kaynaklı birleşimlerin civatalı birleşimlere göre daha kararlı davrandığını göstermektedir. P1a, P1b ve P1c (Şekil 4.96) de grafik olarak alta verilmiştir.



Şekil 4.96. P1a-P1b-P1c Numunelerine ait Yük Sehim Grafiği

Tablo 4.4. P2a Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P2a
1	0	45,29	0	0	0
2	1	44,41	0,88	22	8250
3	2	43,59	1,7	37	13875
4	3	42,73	2,56	42	15750
5	4	41,84	3,45	52	19500
6	5	41,01	4,28	55	20625
7	6	40,1	5,19	58	21750
8	7	39,12	6,17	58	21750
9	8	38,29	7	58	21750
10	9	37,56	7,73	58	21750
11	10	36,79	8,5	58	21750
12	11	36,15	9,14	55	20625

P2a numunesi okumaları alınarak (tablo 4.4) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{\max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{\max}= 14,812$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 2,49mm hesaplanmıştır.P1a numunesine Göre daha kararlı bir yapı aldığını sehimlerine bakarak söyleyebiliriz.

Tablo 4.5. P2b Numunesine Ait Okumalar

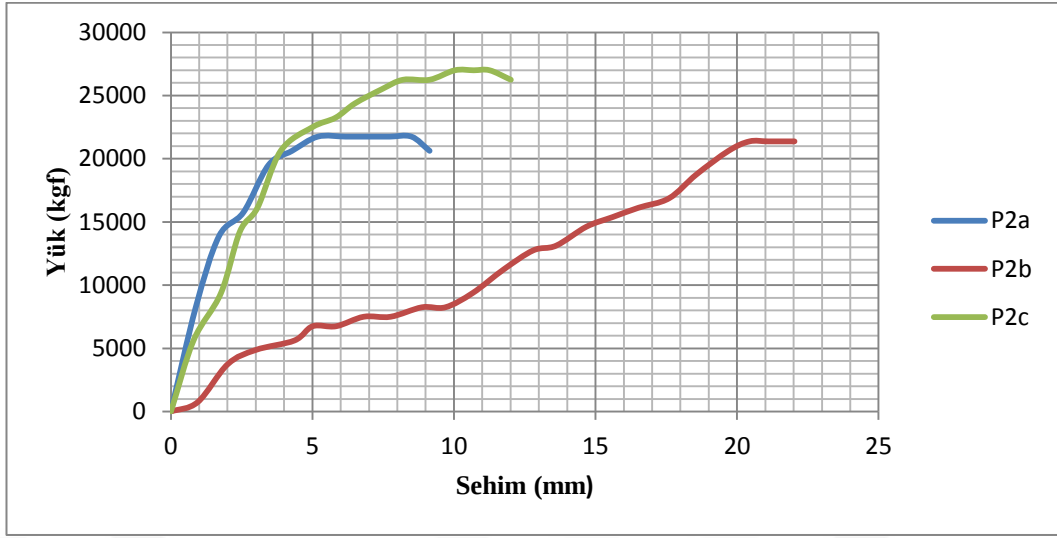
Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P2b
1	0	33,64	0	0	0
2	1	32,69	0,95	2	750
3	2	31,63	2,01	10	3750
4	3	30,64	3	13	4875
5	4	29,27	4,37	15	5625
6	5	28,63	5,01	18	6750
7	6	27,8	5,84	18	6750
8	7	26,83	6,81	20	7500
9	8	25,88	7,76	20	7500
10	9	24,77	8,87	22	8250
11	10	23,94	9,7	22	8250
12	11	22,98	10,66	25	9375
13	12	21,88	11,76	30	11250
14	13	20,84	12,8	34	12750
15	14	20,03	13,61	35	13125
16	15	18,96	14,68	39	14625
17	16	18,05	15,59	41	15375
18	17	17,12	16,52	43	16125
19	18	16,04	17,6	45	16875
20	19	15,08	18,56	50	18750
21	20	13,94	19,7	55	20625
22	21	13,2	20,44	57	21375
23	22	12,54	21,1	57	21375
24	23	11,61	22,03	57	21375

P2b numunesi okumaları alınarak (tablo 4.5) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numunemiz akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 13,875$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 14,045mm hesaplanmıştır.

Tablo 4.6. P2c Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P2c
1	0	36,69	0	0	0
2	1	35,89	0,8	15	5625
3	2	34,92	1,77	25	9375
4	3	34,25	2,44	38	14250
5	4	33,63	3,06	43	16125
6	5	32,81	3,88	55	20625
7	6	31,69	5	60	22500
8	7	30,87	5,82	62	23250
9	8	30,19	6,5	65	24375
10	9	29,24	7,45	68	25500
11	10	28,49	8,2	70	26250
12	11	27,55	9,14	70	26250
13	12	26,66	10,03	72	27000
14	13	25,99	10,7	72	27000
15	14	25,43	11,26	72	27000
16	15	24,68	12,01	70	26250

P2c numunesi okumaları alınarak (tablo 4.6) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numunemiz akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 18,375$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 3,47 mm hesaplanmıştır. Kaynaklı birleşimlerin civatalı birleşimlere göre daha kararlı davrandığını göstermektedir. P2a, P2b ve P2c (Şekil 4.97) de grafik olarak alta verilmiştir.



Şekil 4.97. P2a-P2b-P2c Numunelerine ait Yük Sehim Grafiği

Tablo 4.7. P3a Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P3a
1	0	44,85	0	0	375
2	1	43,99	0,86	22	8250
3	2	43,1	1,75	35	13125
4	3	42,24	2,61	42	15750
5	4	41,22	3,63	52	19500
6	5	40,19	4,66	57	21375
7	6	39,11	5,74	58	21750
8	7	38,13	6,72	58	21750
9	8	37,14	7,71	58	21750
10	9	36,06	8,79	58	21750
11	10	35	9,85	58	21750
12	11	33,93	10,92	58	21750
13	12	32,77	12,08	58	21750
14	13	31,76	13,09	58	21750
15	14	30,73	14,12	60	22500
16	15	29,68	15,17	60	22500
17	16	28,64	16,21	59	22125

P3a numunesi okumaları alınarak (tablo 4.7) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlansı için gereken yük $P_{\max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{\max}= 14,437$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 2,16 mm hesaplanmıştır. P2a numunesine Göre daha kararlı bir yapı aldığını sehimlerine bakarak söyleyebiliriz. P1a ve P2a numunelerine göre (tablo 4.1) ve (tablo 4.4) tabloları incelendiğinde yük artışlarında yükü karşılamasını delik boyutları küçüldükçe daha iyi karşıladığını görürüz.

Tablo 4.8. P3b Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P3b
1	0	30,79	0	0	0
2	1	29,74	1,05	2	750
3	2	28,75	2,04	5	1875
4	3	27,93	2,86	5	1875
5	4	26,88	3,91	10	3750
6	5	25,83	4,96	15	5625
7	6	24,97	5,82	19	7125
8	7	24,05	6,74	19	7125
9	8	23,2	7,59	21	7875
10	9	22,14	8,65	21	7875
11	10	21,06	9,73	20	7500
12	11	19,74	11,05	20	7500
13	12	18,87	11,92	20	7500
14	13	18,02	12,77	20	7500
15	14	16,99	13,8	21	7875
16	15	16,1	14,69	25	9375
17	16	15,01	15,78	30	11250
18	17	14,15	16,64	31	11625
19	18	13,27	17,52	34	12750
20	19	12,47	18,32	37	13875
21	20	11,28	19,51	39	14625
22	21	10,4	20,39	42	15750
23	22	9,32	21,47	45	16875

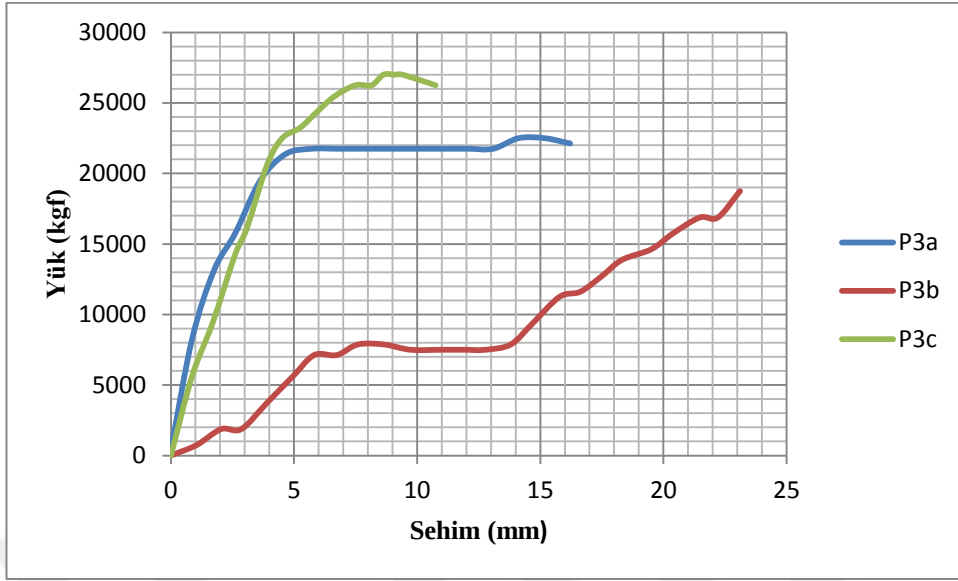
24	23	8,58	22,21	45	16875
25	24	7,68	23,11	50	18750

P3b numunesi okumaları alınarak (tablo 4.8) verilmiştir teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numunemiz akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 14,275$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 18,82mm hesaplanmıştır.

Tablo 4.9. P3c Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P3c
1	0	33,35	0	0	0
2	1	32,49	0,86	15	5625
3	2	31,66	1,69	25	9375
4	3	30,74	2,61	38	14250
5	4	30,26	3,09	43	16125
6	5	29,44	3,91	55	20625
7	6	28,83	4,52	60	22500
8	7	28,09	5,26	62	23250
9	8	27,41	5,94	65	24375
10	9	26,68	6,67	68	25500
11	10	25,85	7,5	70	26250
12	11	25,2	8,15	70	26250
13	12	24,72	8,63	72	27000
14	13	24,26	9,09	72	27000
15	14	23,94	9,41	72	27000
16	15	22,6	10,75	70	26250

P3c numunesi okumaları alınarak (tablo 4.9) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 18,375$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 3,47mm hesaplanmıştır. Kaynaklı birleşimlerin civatalı birleşimlere göre daha kararlı davrandığını göstermektedir. P2a, P2b ve P2c (Şekil 4.98) de grafik olarak alta verilmiştir.



Şekil 4.98. P3a-P3b-P3c Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği

Tablo 4.10. P4a Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P4a
1	0	41,75	0	0	375
2	1	41,01	0,74	4	1500
3	2	40,15	1,6	11	4125
4	3	39,28	2,47	25	9375
5	4	38,42	3,33	37	13875
6	5	37,6	4,15	43	16125
7	6	36,75	5	51	19125
8	7	35,87	5,88	56	21000
9	8	35	6,75	56	21000
10	9	34,18	7,57	57	21375
11	10	33,42	8,33	57	21375
12	11	32,71	9,04	57	21375
13	12	32,23	9,52	57	21375
14	13	31,63	10,12	57	21375
15	14	30,99	10,76	57	21375
16	15	30,15	11,6	57	21375

P4a numunesi okumaları alınarak (tablo 4.10) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune

deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık ortalamaya göre $P_{max}= 15$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 3,74 mm hesaplanmıştır.

Tablo 4.11. P4b Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P4b
1	0	33,66	0	0	0
2	1	33	0,66	0	0
3	2	32,11	1,55	2	750
4	3	31,17	2,49	6	2250
5	4	30,19	3,47	6	2250
6	5	29,24	4,42	15	5625
7	6	28,38	5,28	19	7125
8	7	27,34	6,32	22	8250
9	8	26,38	7,28	26	9750
10	9	25,2	8,46	30	11250
11	10	24,51	9,15	30	11250
12	11	23,61	10,05	30	11250
13	12	22,68	10,98	32	12000
14	13	21,71	11,95	37	13875
15	14	20,95	12,71	40	15000
16	15	19,9	13,76	42	15750
17	16	19,04	14,62	45	16875
18	17	18,2	15,46	50	18750
19	18	17,03	16,63	52	19500
20	19	15,96	17,7	55	20625
21	20	15,22	18,44	56	21000
22	21	14,18	19,48	56	21000
23	22	13,11	20,55	57	21375
24	23	12,88	20,78	57	21375
25	24	12,06	21,6	57	21375

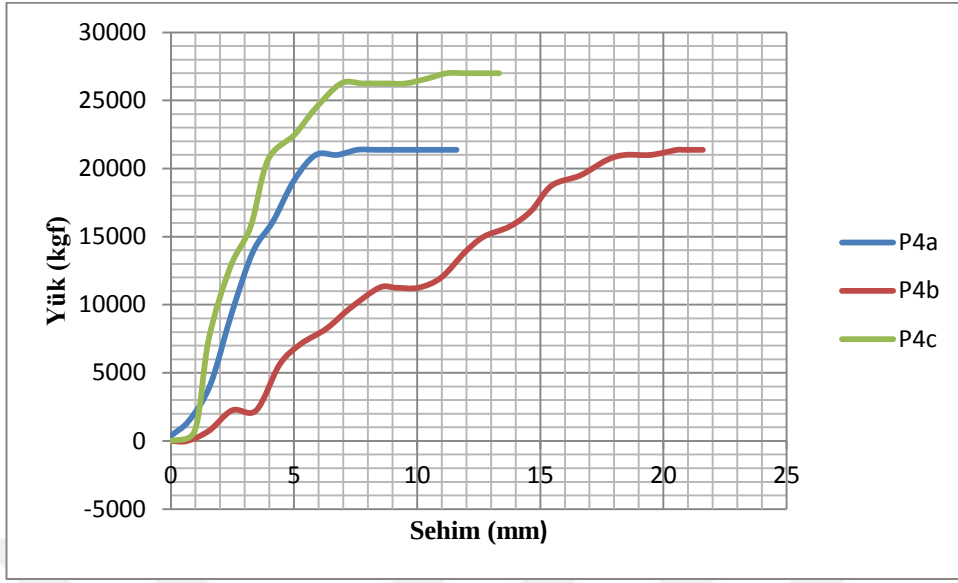
P4b numunesi okumaları alınarak (tablo 4.11) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numunemiz

akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max} = 14,437$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 12,33 mm hesaplanmıştır.

Tablo 4.12. P4c Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P4c
1	0	34,26	0	0	0
2	1	33,29	0,97	2	750
3	2	32,72	1,54	20	7500
4	3	31,85	2,41	34	12750
5	4	31,02	3,24	42	15750
6	5	30,32	3,94	55	20625
7	6	29,23	5,03	60	22500
8	7	28,41	5,85	65	24375
9	8	27,35	6,91	70	26250
10	9	26,48	7,78	70	26250
11	10	25,49	8,77	70	26250
12	11	24,73	9,53	70	26250
13	12	23,81	10,45	71	26625
14	13	23,05	11,21	72	27000
15	14	22,26	12	72	27000
16	15	21,5	12,76	72	27000
17	16	20,93	13,33	72	27000

P4c numunesi okumaları alınarak (tablo 4.12) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 18,187$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 3,59mm hesaplanmıştır. Kaynaklı birleşimlerin, civatalı birleşimlere göre daha kararlı davrandığını göstermektedir. P4a, P4b ve P4c (Şekil 4.99) de grafik olarak alta verilmiştir.



Şekil 4.99. P4a-P4b-P4c Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği

Tablo 4.13. P5a Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	Numune P5a
1	0	45,87	0	0	375
2	1	44,99	0,88	3	1125
3	2	44,21	1,66	21	7875
4	3	43,36	2,51	33	12375
5	4	42,52	3,35	43	16125
6	5	41,7	4,17	55	20625
7	6	40,83	5,04	57	21375
8	7	39,85	6,02	57	21375
9	8	39	6,87	58	21750
10	9	38,25	7,62	58	21750
11	10	37,24	8,63	58	21750
12	11	36,48	9,39	58	21750
13	12	35,72	10,15	58	21750
14	13	34,98	10,89	58	21750
15	14	34,51	11,36	58	21750
16	15	33,72	12,15	58	21750

P5a numunesi okumaları alınarak (tablo 4.13) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numunemiz akmaya başladığı değer ise yaklaşık ortalamaya göre $P_{max}= 18,375$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 3,76 mm hesaplanmıştır.

Tablo 4.14. P5b Numunesine Ait Okumalar.

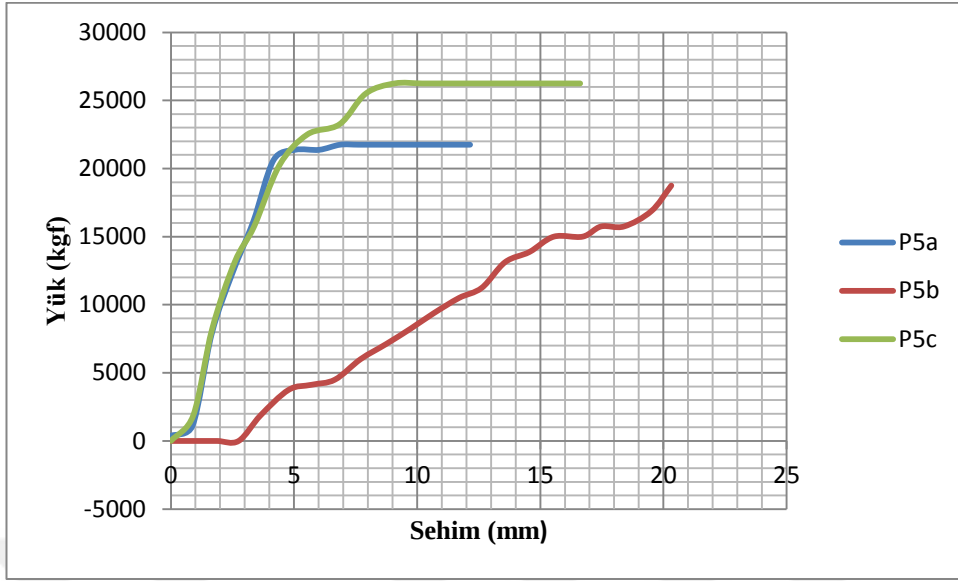
Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P5b
1	0	24,8	0	0	0
2	1	23,87	0,93	0	0
3	2	22,92	1,88	0	0
4	3	22,05	2,75	0	0
5	4	21,16	3,64	5	1875
6	5	20,02	4,78	10	3750
7	6	19,09	5,71	11	4125
8	7	18,14	6,66	12	4500
9	8	17,1	7,7	16	6000
10	9	16,05	8,75	19	7125
11	10	15,06	9,74	22	8250
12	11	14,13	10,67	25	9375
13	12	13,1	11,7	28	10500
14	13	12,17	12,63	30	11250
15	14	11,23	13,57	35	13125
16	15	10,24	14,56	37	13875
17	16	9,25	15,55	40	15000
18	17	8,08	16,72	40	15000
19	18	7,33	17,47	42	15750
20	19	6,4	18,4	42	15750
21	20	5,29	19,51	45	16875
22	21	4,48	20,32	50	18750

P5b numunesi okumaları alınarak (tablo 4.14) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 14,437$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 15,05mm hesaplanmıştır.

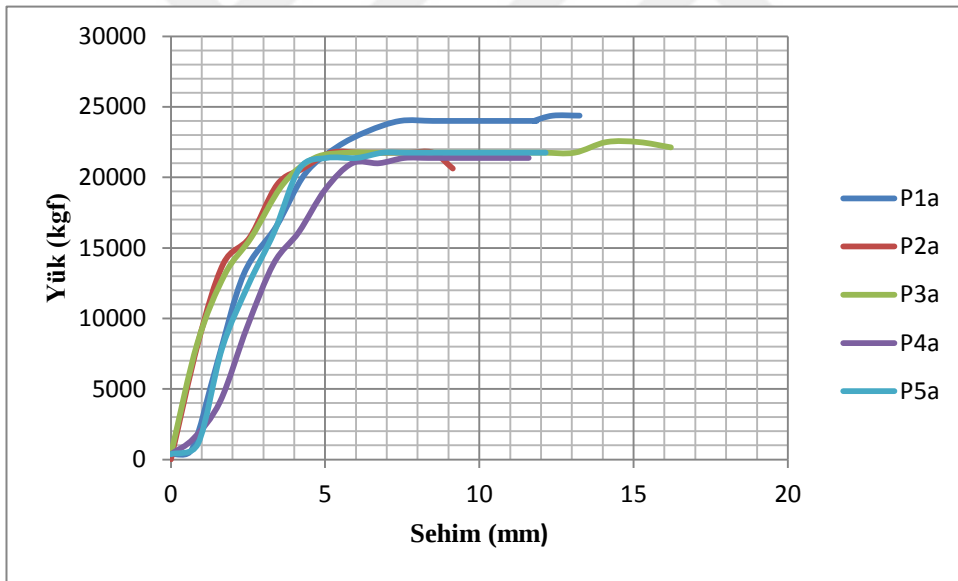
Tablo 4.15. P5c Numunesine Ait Okumalar

Okumalar	Komparatör (mm)	Kumpas(mm)	Sehim(mm)	Bar(1 bar 375 kg kuvvet)	P Kuvveti (Kgf) P5c
1	0	36,53	0	0	0
2	1	35,62	0,91	5	1875
3	2	34,85	1,68	22	8250
4	3	33,94	2,59	35	13125
5	4	33,15	3,38	42	15750
6	5	32,12	4,41	54	20250
7	6	30,99	5,54	60	22500
8	7	29,68	6,85	62	23250
9	8	28,62	7,91	68	25500
10	9	27,45	9,08	70	26250
11	10	26,32	10,21	70	26250
12	11	25,1	11,43	70	26250
13	12	23,52	13,01	70	26250
14	13	22,32	14,21	70	26250
15	14	20,81	15,72	70	26250
16	15	19,91	16,62	70	26250

P5c numunesi okumaları alınarak (tablo 4.15) verilmiştir. Teoride hesaplanan akmaya başlaması için gereken yük $P_{max}=14,6742$ ton olarak bulunmuş numune deneyde akmaya başladığı değer ise yaklaşık olarak $P_{max}= 18$ ton olarak gerçekleşmiştir. Sehim olarak ara değer okuması yapılarak 3,89 mm hesaplanmıştır. Kaynaklı birleşimlerin civatalı birleşimlere göre daha kararlı davrandığını göstermektedir. P5a, P5b ve P5c (Şekil 4.100) de grafik olarak alta verilmiştir



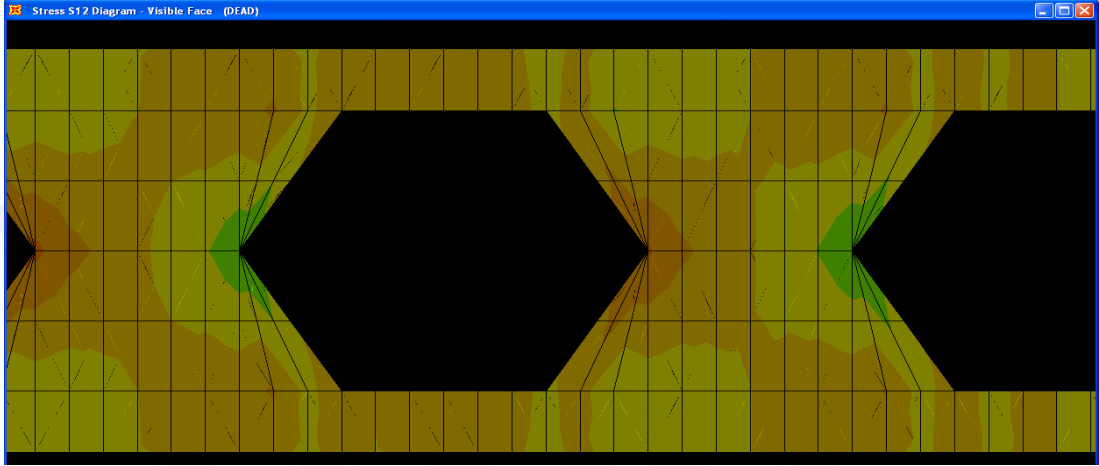
Şekil 4.100. P5a-P5b-P5c Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği



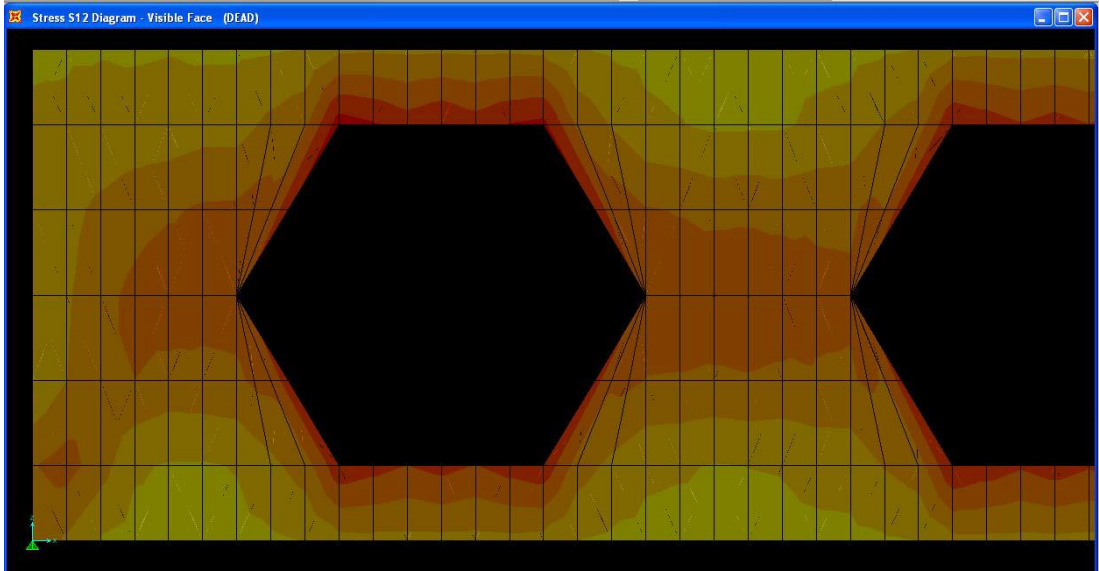
Şekil 4.101. P1a-P2a-P3a-P4a-P5a Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği

(Şekil 4.101) P1a-P2a-P3a-P4a-P5a numunelerine ait yük sehim grafiği ne bakıldığında akma dayanımları birbirlerine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. İçlerinde boşluklar oluşturduğumuz profiller ise hemen hemen aynı dayanımı sergilemektedirler. Okunan değerlere ve oluşan yük sonrası şekillere bakılacak olursa

Delik boşlukları küçüldükçe sehim azalmakta ve yük taşıma kapasitesi artmaktadır. Buradan hareketle P3a numene yük karşısında sehimin daha az kaldığı görülmüştür. Ayrıca delikler etrafında gerilme dağılımına baktığımızda daha önceden yapılmış olan çalışmalar karşılaştırıldığında benzer bir yük dağılımı göstermiştir. Aşağıda bununla ilgili (Şekil 4.102-103) resimler incelendiğinde görülecektir.



Şekil 4.102. Kiriş Ortasına En Yakın Petek Gözündeki Gerilme Dağılımı ($\text{kN/m}^2 \times 10^3$) [20].



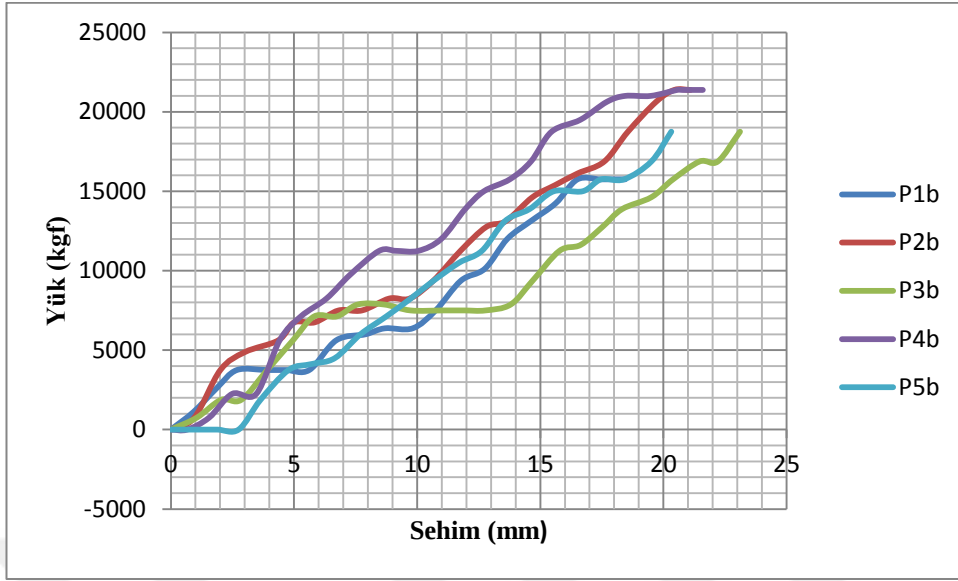
Şekil 4.103. Mesnede En Yakın Petek Gözündeki Gerilme Dağılımı ($\text{kN/m}^2 \times 10^3$).[20].



Şekil 4.104. Kiriş Ortasına Gerilme Dağılımı

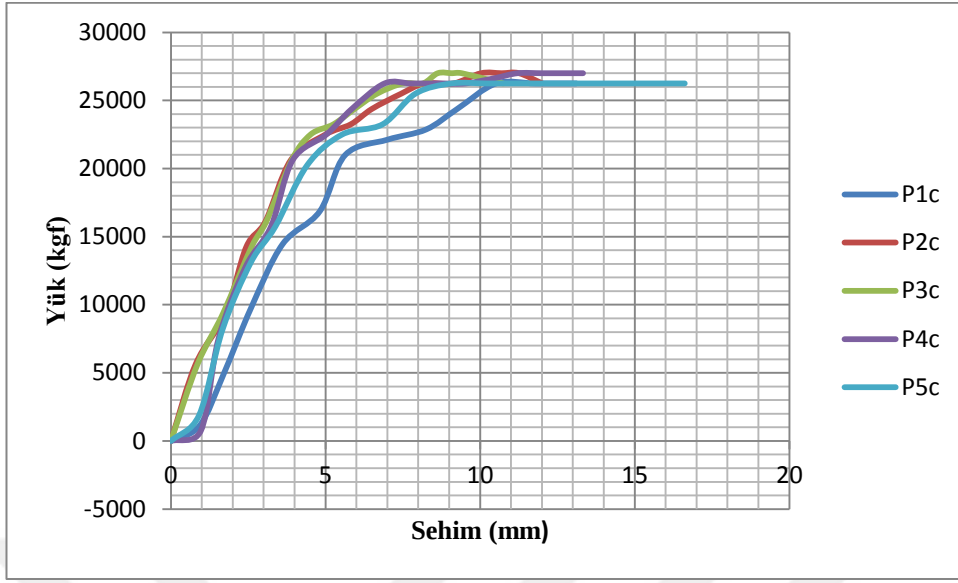


Şekil 4.105. Mesnetteki Gerilme Dağılımı



Şekil 4.106. P1b-P2b-P3b-P4b-P5b Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği

(Şekil 4.106).P1b-P2b-P3b-P4b-P5b numunelerine ait yük sehim grafiği incelendiğinde civatalı birleşimlerin yük karşısında kararsız bir tutum sergilemediği mesnete yakın bölgelerde gerilmelerin yığıldığı yukarıda verilen fotoğraflarda mevcuttur. Ayrıca civatalı birleşimler civata delik boşluklarında ve birleşim için gerekli kılınana ölçülerden dolayı sehimim istenilen sınırları aştığı gözlemlenmiştir. Bunun için gerekli tedbirlerin alınması gerekebilir. Ya perçinli yada ek flaşlarla tedbirler alınabilir.



Şekil 4.107. P1c-P2c-P3c-P4c-P5c Numunelerine Ait Yük Sehim Grafiği

(Şekil 4.107) P1c-P2c-P3c-P4c-P5c numunelerine ait yük sehim grafiği incelendiğinde kaynaklı birleşimlerin yük karşısında kararlı bir tutum sergilediği mesnete yakın bölgelerde gerilmelerin yığıldığı yukarıda verilen fotoğraflar da mevcuttur. Kaynaklı birleşimler eksiz olarak verilen profillerden daha fazla yük taşıdığı da yukarıda verilen tablolardan ve grafiklerden anlaşılmaktadır. Zaten istenilen düzeyde budur Ekli birleşimlerin ek yerlerinin daha fazla yük taşıması emniyet açısından önemlidir.

Tüm grafikler ve tablolar incelediğinde P3a numunesi daha fazla yük taşıdığı ve ekli birleşimlerde ise kaynaklı birleşimlerin civatalı birleşimlere göre daha kararlı davrandığı görülür.

Ayrıca delik şekillerine bakılacak olursa P2a numunesine ait kesimlerin P3a numunesine ait kesimlerden daha az yük ve daha fazla sehim yaptığı, P4a numunesine ait fasulye formasyonlu kesimimiz ile P5a numunesine ait kesimlerin aynı ölçülerde fakat P5a numunemize ait kesim P4a numune şeklinin ters formasyonudur. Buradan Yukarıda verilen tablo ve şekiller incelendiğinde P5a numunesine ait kesim formasyonumuzun daha iyi netice verdiği anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak bakıldığında şekiller açısından en iyi performansı vere eklimiz P3a numunesine ait formasyondur diyebiliriz. P5a numunemiz ise yükü daha iyi karşıladığı ve yaydığını söyleyebiliriz.



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında yapılan inceleme sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1-Ülkemizde büyük kentlerin oluşumu ve doğal olarak insan ihtiyaçlarının arttığı buna paralel olarak sanayinde gittikçe gelişmesi endüstriyel yapıların inşasını zorunlu bir hal aldırıştır. Daha sade, güvenilir ve ekonomik yapı elamanlarının kullanımını gerektirmektedir.

2- Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde geniş açıklıklı yapı inşaatının mühendislik olarak irdelenmesi bu tip yapılarda boşluklu kiriş uygulamasının ekonomik ve teknik olarak daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Bu durum Ülkemiz için, gelişmekte olan ülkeler sürecinde olduğu için daha da ehemmiyet kazanmaktadır. Ülke gelişimine paralel olarak endüstriyel sanayi, kültürel ve sportif yapılara duyulan gereksinimin artması bu yapıların projelendirilmesinde ülke ekonomisine ve gelişmesine katkısı olacak sade güvenilir ve ekonomik projelendirmelerin göz önünde tutulmasını gerektirmektedir. Boşluklu kirişlerin yapının oluşumuna sağladığı ekonomisel katkı bu bağlamda değerlendirilmelidir.

3- Çeşitli şekiller dizayn edilerek araştırmada hem profil içereninde açılan deliklerin nasıl davrandığı en kritik noktaların açılan delik çapları ve çevresi olduğu saptanmıştır.

4- Delik çapları ve şekillerin önemli olduğu ve delik çaplarının küçüldükçe daha iyi yük taşıdıkları görülmüştür.

5- Köşeli kesimlerim köşelerinde yük biriktirdikleri ve buralardan yırtılmalar meydana geldiği buna karşın daha oval kesimlerin yükü daha iyi yaydığı gözlemlenmiştir.

6- Kaynaklı birleşimlerin civatalı birleşimlere göre yük karşısında daha kararlı bir yapı sergilediği verilmiştir (Şekil 4.106) ve (Şekil 4.107).

7- Günümüz gelişen teknolojisinde profillerin içeresinde delikler açılarak çeşitli tesis atların geçirilmesi elzem bir durum olmakta iken açılacak deliklerin çaplarını küçük ve oval bir yapı da açılması daha iyi sonuçlar vereceği öngörülmektedir.

8- Birleşimler yapılırken Petek kiriş kuraları uygulanarak mesnet ve orta açıklık için birer boşluk atlanarak yapılması daha uygun olacaktır. Civatalı birleşimler için ilave

tedbirler alınması gerekirken kaynaklı birleşimler için herhangi bir ilave tedbire gerek kalmaksızın birleşimler yapılabilir.

9- Yük kapasite artışı beklenmeyen yapı elemanları için içerisinde boşluklar oluşturmak hem daha ekonomik hem de daha hızlı imalat imkânı vermekte olup kısmı de olsa profillerin daha hafif olmasını sağlamaktadır.

10- Profil içerisinde açılacak deliklerde yanal burkulma için gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

11-Açılacak delilerde herhangi bir yük taşıma kapasitesinde önemli bir değer kaybı olmamakla birlikte titreşime ve darbelere maruz kalan yapılarda boşluklu kirişlerin yükü daha iyi sönümlediği sehim tablolarından görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Callister, William (1997); Materials Science and Engineering, John & Wiley Sons Inc., New York, USA, 1997
2. Sesen, Arısoy vd. (2005); “19. yy’da Bina İnşaatlarında Kullanılan Çelik Malzeme ve Aletlerin Metalurjisi,” 3. Demir Çelik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Eregli – Zonguldak, s. 19-26.
3. Wikipedia (2006); “Demir Çelik,” <http://tr.wikipedia.org/wiki/Demir>, (Erişim Tarihi:11.11.2006).
4. Deren, H. ve Uzgider, E., Çelik Yapılar, Çağlayan Basımevi, İstanbul, 2002.
5. Balcı, E., Betonarme ve Çelik Hafif Taşıyıcı Yapı Sistemlerinin Kaba Yapı Aşamasında Maliyetlerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
6. Erşen, N., Çelik Yapılar ve Çözümlemiş Problemleri, Birsen Yayınevi, İstanbul 1996
7. Yıldırım, S. G., Hafif Çelik Taşıyıcı Endüstrileşmiş Konutlarda Tasarım Verileri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
8. Bahadır, Ş.S., Büyük Açıklıklı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
9. Eyyubov, C., 2011. Çelik Yapılar. Birsen Yayınevi, İstanbul, 511s.
10. Ekinci, S., 2006. Hafif Çelik Yapım Sistemleri. MSÜ Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 259s.
11. Karaduman, M., 2010. Çelik Yapılar. Nobel Yayınları, Ankara, 211s.
12. Özhenekçi, D.. YTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Çelik Yapılar I Ders Notları. <http://www.belgeler.com/blg/2ktd/devrim-ozhenekci-celik-1-ders-notu-1> (Erişim tarihi: 12 Ekim 2011)
13. Türker, K., 2010, Ahşap ve Çelik Yapılar I Ders Notları, <http://w3.balikesir.edu.tr/~kturker>.
14. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar, 2007, Ankara, 159 s.
15. Deren, H., Uzgider, E. ve Piroğlu, F., 2005, Çelik Yapılar, Çağlayan Kitabevi, 822 s.
16. Eyyubov, C., 2004, Çelik Yapılar 1. Cilt, Birsen Yayınevi, 391s.
17. Tama Y. S., Çelik Yapılarda Petek Kiriş Uygulamaları, TUCSA, Türkiye Yapısal Çelik Derneği, Çelik Yapılar Dergisi, Şubat 2006
18. Odabaşı, Y., Petek Kirişler Hesap ve Yapım Yöntemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1982

19. Bradley, T. P., Stability of Castellated Beams During Erection, Virginia Technical University, Ocak 2003
20. Kalaycıgil, M. Petek Kirişlerin Davranışları ve Tasarım Esasları, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2007.
21. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları Yönetmeliği-2016



ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Malatya’da doğan Abdullah Kadir MENGE, orta ve lise öğrenimini sırasıyla Başpınar İlkokulu, Kolukısa Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2004 yılında kazandığı Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümünü 2008 yılında başarıyla bitirmiştir.

2015 yılında yüksek lisans eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalında başlamıştır. Doç.Dr. Ziyafeddin BABAYEV danışmanlığında hazırladığı “Gövdesinde Delikler Açılarak Hafifleştirilen Kirişlerin Eklerinin Eğilmede Davranışı” başlıklı teziyle 2018 yılında mezun olmuştur.

2015 yılından beri Bozok Üniversitesi Sorgun Meslek Yüksek Okulu İnşaat Teknolojileri bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalışmakta olan Abdullah Kadir Menge, evlidir.

İletişim Bilgileri

Adres: Bozok Üniversitesi, Sorgun Meslek Yüksekokulu, Ahmet Efendi Mah. Toki konutları Yanı 3500.Cad.No:4 66700 SORGUN/YOZGAT

Telefon:(354) 502 00 55

Faks: (354) 502 00 54

E-posta:akadir.menge@bozok.edu.tr