

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

**YAPIŞTIRICI İLE BİRLEŞTİRİLMİŞ ÇEVRESEL YAPIŞKAN
YÜZEYLİ HALKA KESİTLİ ÇUBUKLARIN MEKANİK
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

ANIL İMAK

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Aydın TURGUT**

BİNGÖL-2020



T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**YAPIŞTIRICI İLE BİRLEŞTİRİLMİŞ ÇEVRESEL YAPIŞKAN YÜZEYLİ
HALKA KESİTLİ ÇUBUKLARIN MEKANİK DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ**

Prof. Dr. Aydın TURGUT danışmanlığında, Anıl İMAK tarafından hazırlanan bu çalışma 20/05/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makina Mühendisliği Anabilim Dalı – Mekanik Bilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Aydın TURGUT	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. Ahmet BENLİ	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. Bahattin İŞCAN	İmza	:
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Adem YAR	İmza	:
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Edip ÇETKİN	İmza	:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun// tarih ve/ nolu kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BÜBAP) kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: BAP-MMF.2018.00.003

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖNSÖZ

Lisans ve lisansüstü eğitimimin her anında bana destek olan akademik bilgi ve tecrübelerinin yanı sıra hayat tecrübelerini ve bilgi birikimini sabır ve cömertlikle benimle paylaşan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Aydın TURGUT'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazımım boyunca sürekli olarak beni motive eden, , akademik tecrübelerini benden esirgemeyen, çalışmalarımın her safhasında önerilerini ve yardımlarını eksik etmeyen kıymetli hocalarım Doç. Dr. İhsan KIRIK ve Dr. Öğr. Üyesi Edip ÇETKİN'e teşekkür ederim. Akademik eğitimim boyunca bana destek olan ve tez yazımım süresince bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen kıymetli hocalarım Prof. Dr. Ali İNAN, Prof. Dr. Kazım PIHTILI, Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ, Doç. Dr. Murat Yavuz SOLMAZ, Doç. Dr. Ahmet BENLİ, Dr. Öğr. Üyesi Adem YAR ve Dr. Öğr. Üyesi Tolga TOPKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Desteklerini ve yardımlarını benden esirgemeyen arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Süleyman İPEK, Arş. Gör. Dr. Muammer TÜRKOĞLU, Arş. Gör. Fatih DEMİR ve Arş. Gör. Serkan BATI'ya teşekkür ederim.

Yaptığım bu çalışmaya maddi destek sunan Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BÜBAP) Birimi Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Bugünlere gelmem de büyük emekleri olan, hayatımın her anında bana destek olan, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim kıymetlilerim babam Mehmet İMAK, annem Leyla İMAK ve kardeşim Andaç İMAK'a şükranlarımı sunuyor teşekkür ediyorum.

Anıl İMAK
Bingöl 2020

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xxviii
ÖZET	xxviii
ABSTRACT	xxix
1. GİRİŞ	1
1.1. Yapışma Olayı ve Yapıştırıcıların Genel Özellikleri	2
1.1.1 Yapıştırma ve Yapışma Mekanizması	2
1.1.1.1 Adhezyon Kuvveti	3
1.1.1.2. Kohezyon	4
1.1.1.3 Islanabilirlik	5
1.1.1.4. Yüzey Hazırlığı	6
1.1.1.4.1. Yapıştırılacak Yüzeylerin Yağdan ve Pisliklerden Arındırılması .	7
1.1.1.4.2. Mekanik Ön İşlem	7
1.1.1.4.3. Aşındırma	8
1.1.1.4.4. Kimyasal Ön İşlem	8
1.1.1.4.4.1. Metalik Malzemelerin Kimyasal Ön İşlemi	9
1.1.1.4.4.1.1. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları	9
1.1.1.4.4.1.2. Bakır ve Nikel Malzemeler İçin Kimyasal Ön İşlem	10
1.1.1.4.4.1.3. Bakır / Nikel Alaşımları	10
1.1.1.4.4.1.4. Düşük Mukavemetli Çelikler	11
1.1.1.4.4.1.5. Paslanmaz Çelikler	11
1.1.1.4.4.1.6. Titanyum ve Titanyum Alaşımları	12
1.1.1.4.4.2. Plastik Malzemelerin Ön İşlemi	12

1.1.1.4.4.2.1. Termosetler	13
1.1.1.4.4.2.2. Termoplastikler	13
1.1.1.4.4.2.3. Plastik Köpükler	14
1.1.1.4.4.2.4. Metalik Olmayan Honeycomb'lar	14
1.1.1.4.5. Primerler	14
1.1.1.5. Montaj	15
1.1.2. Yapıştırıcılar ve Çeşitleri	15
1.1.2.1. Kimyasal Reaksiyonla Sertleşen Yapıştırıcılar	16
1.1.2.1.1 Epoksiler	16
1.1.2.1.1.1. Epoksi Reçineleri	16
1.1.2.1.1.2. Epoksi Yapıştırıcıları	18
1.1.2.1.1.3. Epoksi-Polisülfid Yapıştırıcısı	19
1.1.2.1.1.4. Epoksi-Fenolik Yapıştırıcısı	19
1.1.2.1.1.5. Epoksi-Poliamid Yapıştırıcısı	19
1.1.2.1.1.6. Epoksi-Naylon Yapıştırıcısı	20
1.1.2.1.2. Anaerobikler	20
1.1.2.1.3. Poliüretanlar	20
1.1.2.1.4. Akrilikler	21
1.1.2.1.5. Modifiye Edilmiş Fenolikler	21
1.1.2.1.6. Cyanoacrylate'ler	21
1.1.2.2. Fiziksel Değişim ile Sertleşen Yapıştırıcılar	21
1.1.2.2.1. Sıcak Eriyikler	21
1.1.2.2.2. Kauçuk Yapıştırıcılar	21
1.1.2.2.3. PVA'lar	21
1.1.2.3. Basınç Gerektirmeyen Yapıştırıcılar	22
1.1.2.4. Formları Açısından Yapıştırıcılar	22
1.1.2.5. Reçineler	22
1.1.2.6. Köpükler	22
1.1.3 Yapıştırıcı ile Birleştirme Şekilleri	22
1.1.4. Yapıştırıcı Bağlantılarında Karşılaşılan Gerilme Halleri	23
1.1.5. Yapıştırma Bağlantılarının Diğer Çözölemeyen Bağlantılarla Karşılaştırılması	25
1.1.5.1. Perçin Bağlantıları	26

1.1.5.2. Kaynak Bağlantıları	27
1.1.5.3. Lehim Bağlantıları	27
1.1.5.4. Vida ve Cıvata ile Yapılan Bağlantılar	27
1.1.5.5. Sıkı Geçme Bağlantıları	28
1.1.5.6. Yapıştırma Bağlantıları	28
1.1.6. Yapıştırma Bağlantılarında Meydana Gelen Hasar Tipleri	30
2. KAYNAK ÖZETLERİ	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM	40
3.1. Giriş.....	40
3.2. Birleştirmelerde Kullanılan Yapıştırıcı Malzemeler	40
3.3. Çalışmada Kullanılan Transmisyon Çeliği	41
3.4. Bağlantılarda Kullanılan Temel Parametreler.....	42
3.5. Ansys Sonlu Elemanlar Yazılımı	44
3.6. Deneysel ve Nümerik Çalışmalar.....	48
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	55
4.1. Çekme Deneyi.....	55
4.1.1 DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde ‘h’ Bindirme Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi.....	55
4.1.2 DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde ‘a’ Bindirme Açısının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi.....	60
4.1.3 DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde ‘D’ Bindirme İç Çapının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi.....	64
4.1.4 DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde ‘h’ Bindirme Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi.....	73
4.1.5 DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde ‘a’ Bindirme Açısının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi.....	78
4.1.6 DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde ‘D’ Bindirme İç Çapının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi.....	82
4.2. Burulma Deneyi	91

4.2.1. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde ‘h’ Bindirme Mesafesinin Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi	92
4.2.2. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde ‘a’ Bindirme Açısının Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi	96
4.2.3. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde ‘D’ Bindirme İç Çapının Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi	101
4.2.4. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde ‘h’ Bindirme Mesafesinin Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi	110
4.2.5. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde ‘a’ Bindirme Açısının Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi	114
4.2.6. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde ‘D’ Bindirme İç Çapının Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi	119
4.3. Nümerik Sonuçlar	128
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	150
KAYNAKLAR	153
ÖZGEÇMİŞ	160

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASTM	: Amerikan Test ve Malzeme Derneği
DIN	: Alman Standartlar Enstitüsü
E	: Elastisite Modülü
ISO	: Uluslararası Standartlar Örgütü
SAE	: Amerikan Otomotiv Mühendisleri Birliği
ε	: Normal Birim Şekil Değişimi
σ_x	: X Eksenindeki Normal Gerilme
σ_y	: Y Eksenindeki Normal Gerilme
σ_z	: Z Eksenindeki Normal Gerilme
σ_{eqv}	: Von-Mises Gerilmesi
τ_{xy}	: XY Yönündeki Kayma Gerilmesi
τ_{yz}	: YZ Yönündeki Kayma Gerilmesi
ν	: Poisson Oranı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Yapıştırma bölgesinde oluşan kuvvetler.....	2
Şekil 1.2.	Kohezyon ve adezyon olayının şematik gösterimi.....	4
Şekil 1.3.	Islanabilirlik.....	5
Şekil 1.4.	Temas Açısı ile Mukavemet Değişimi.....	5
Şekil 1.5.	Yapıştırılacak yüzeylerdeki kirler adhezyonu düşürür.....	6
Şekil 1.6.	Soyulma Tabakası.....	13
Şekil 1.7.	Bazı yapıştırma bağlantı tipleri, (a) tek tesirli bindirme, (b) çift tesirli bindirme, (c) boyun bindirme, (d) açılı bindirme, (e) teraslama, (f) tek takviyeli bindirme, (g) çift takviyeli bindirme, (h) alın bağlantı, (i) silindirik bindirme, (j) soyulma.....	23
Şekil 1.8.	En yaygın yük tipleri ve bindirme bölgesindeki gerilme dağılımları.....	24
Şekil 1.9.	Kaynak, perçin ve yapıştırıcı birleştirmelerinde oluşan gerilme yığılmaları.....	26
Şekil 3.1.	Halka kesitli çubuk numunelerin teknik resimleri (a) erkek numune, (b) dişi numune.....	42
Şekil 3.2.	33 nolu numunenin teknik resmi ve katı modeli.....	44
Şekil 3.3.	ANSYS 19.0 programının ara-yüzü.....	45
Şekil 3.4.	Yapıştırıcı ile birleştirilmiş halka kesitli çubuğun sonlu elemanlar modeli.....	46
Şekil 3.5.	Yapıştırıcı ile birleştirilmiş halka kesitli çubuğun A ve B kritik hatları ve sonlu elemanlar modelleri.....	47
Şekil 3.6.	Katı model resim (a) erkek numune, (b) dişi numune.....	48
Şekil 3.7.	Millerin işlendiği CNC torna tezgahı.....	48
Şekil 3.8.	Yapıştırıcıyla birleştirilmiş numune.....	49
Şekil 3.9.	ASTM E8 standartlarına göre hazırlanmış transmisyon mili.....	49
Şekil 3.10.	Transmisyon mili mekanik özelliklerinin belirlendiği INSTRON çekme cihazı.....	50

Şekil 3.11.	Hazırlanan bulk numuneler için standart çekme numunesi.....	50
Şekil 3.12.	DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının bulk numuneleri.....	51
Şekil 3.13.	Bulk numunelerinin döküldüğü kalıp.....	51
Şekil 3.14.	DP 410 ve DP 490 yapıştırıcı tüpleri.....	52
Şekil 3.15.	Yapıştırıcı tüpleri sıkılamak için kullanılan tabanca ve karıştırıcı nozul...	52
Şekil 3.16.	SHMADZU marka çekme deneyi cihazı.....	53
Şekil 3.17.	DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının gerilme-şekil değiştirme grafikleri.....	53
Şekil 3.18.	JİNAN NDW-200 burulma test cihazı.....	54
Şekil 4.1.	Numunelerde değişkenlik gösteren parametrelerin gösterimi.....	55
Şekil 4.2.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), S3 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S5 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S7 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	56
Şekil 4.3.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S2 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), S4 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), S6 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve S8 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	56
Şekil 4.4.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), S11 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), S13 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve S15 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	57
Şekil 4.5.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S10 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), S12 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), S14 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) ve S16 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	57
Şekil 4.6.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm), S19 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm), S21 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S23 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	58

Şekil 4.7.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S18 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm), S20 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm), S22 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve S24 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	58
Şekil 4.8.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S25 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), S27 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), S29 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S31 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	59
Şekil 4.9.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S26 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), S28 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), S30 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve S32 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	59
Şekil 4.10.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), S9 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), S17 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve S25 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	60
Şekil 4.11.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S3 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S11 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), S19 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve S27 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	61
Şekil 4.12.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S5 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm), S13 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm), S21 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S29 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	61
Şekil 4.13.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S7 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm), S15 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm), S23 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve S31 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	62
Şekil 4.14.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S2 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), S10 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), S18 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) ve S26 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	62

Şekil 4.15.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S4 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), S12 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), S20 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) ve S28 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	63
Şekil 4.16.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S6 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm), S14 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm), S22 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve S30 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	63
Şekil 4.17.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S8 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm), S16 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm), S24 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) ve S32 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	64
Şekil 4.18.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm) ve S2 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	65
Şekil 4.19.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S3 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm) ve S4 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	65
Şekil 4.20.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S5 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S6 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	66
Şekil 4.21.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S7 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) ve S8 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	66
Şekil 4.22.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm) ve S10 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	67
Şekil 4.23.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S11 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm) ve S12 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	67
Şekil 4.24.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S13 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve S14 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	68

Şekil 4.25.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S15 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) ve S16 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	68
Şekil 4.26.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve S18 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	69
Şekil 4.27.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S19 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve S20 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	69
Şekil 4.28.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S21 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S22 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	70
Şekil 4.29.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S23 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve S24 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	70
Şekil 4.30.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S25 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve S26 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	71
Şekil 4.31	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S27 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) ve S28 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	71
Şekil 4.32.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S29 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S30 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	72
Şekil 4.33.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S31 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) ve S32 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	72
Şekil 4. 34.	DP 410 yapıştırıcı ile birleştirilen S33 ₄₁₀ nolu numunenin çekme kuvveti davranışı.....	73
Şekil 4.35.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), S3 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S5 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S7 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	74

Şekil 4.36.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S2 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), S4 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), S6 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve S8 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	74
Şekil 4.37.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), S11 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), S13 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve S15 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	75
Şekil 4.38.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S10 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), S12 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), S14 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) ve S16 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	75
Şekil 4.39.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm), S19 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm), S21 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S23 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	76
Şekil 4.40.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S18 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm), S20 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm), S22 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve S24 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	76
Şekil 4.41.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S25 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), S27 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), S29 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S31 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	77
Şekil 4.42.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S26 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), S28 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), S30 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve S32 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi.....	77
Şekil 4.43.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), S9 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), S17 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve S25 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	78

Şekil 4.44.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S3 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S11 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), S19 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve S27 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	79
Şekil 4.45.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S5 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm), S13 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm), S21 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S29 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	79
Şekil 4.46.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S7 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm), S15 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm), S23 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve S31 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	80
Şekil 4.47.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S2 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), S10 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), S18 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) ve S26 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	80
Şekil 4.48.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S4 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), S12 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), S20 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) ve S28 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	81
Şekil 4.49.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S6 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm), S14 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm), S22 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve S30 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	81
Şekil 4.50.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S8 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm), S16 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm), S24 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) ve S32 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi.....	82
Şekil 4.51.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm) ve S2 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	83

Şekil 4.52.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S3 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm) ve S4 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	83
Şekil 4.53.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S5 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S6 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	84
Şekil 4.54.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S7 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) ve S8 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	84
Şekil 4.55.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm) ve S10 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	85
Şekil 4.56.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S11 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm) ve S12 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	85
Şekil 4.57.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S13 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve S14 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	86
Şekil 4.58.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S15 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) ve S16 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	86
Şekil 4.59.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve S18 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	87
Şekil 4.60.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S19 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve S20 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	87
Şekil 4.61.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S21 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S22 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	88
Şekil 4.62.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve S18 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	88

Şekil 4.63.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S25 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve S26 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	89
Şekil 4.64.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S27 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) ve S28 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	89
Şekil 4.65.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S29 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S30 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	90
Şekil 4.66.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S31 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) ve S32 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi.....	90
Şekil 4.67.	DP 490 yapıştırıcı ile birleştirilmiş S33 ₄₉₀ numunesinin çekme davranışı.....	91
Şekil 4.68.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T3 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T5 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T7 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	92
Şekil 4.69.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T4 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T6 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve T8 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	93
Şekil 4.70.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), T11 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), T13 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve T15 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	93
Şekil 4.71.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T10 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), T12 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), T14 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) ve T16 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	94

Şekil 4.72.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T17 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm), T19 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm), T21 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T23 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	94
Şekil 4.73.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T18 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm), T20 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm), T22 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve T24 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	95
Şekil 4.74.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T25 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), T27 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), T29 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T31 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	95
Şekil 4.75.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T26 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), T28 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), T30 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve T32 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	96
Şekil 4.76.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T9 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), T17 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve T25 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	97
Şekil 4.77.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T3 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T11 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), T19 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve T27 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	97
Şekil 4.78.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T5 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm), T13 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm), T21 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T29 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	98
Şekil 4.79.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T7 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm), T15 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm), T23 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve T31 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	98

Şekil 4.80.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T10 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), T18 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) ve T26 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	99
Şekil 4.81.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T4 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T12 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), T20 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) ve T28 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	99
Şekil 4.82.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T6 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm), T14 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm), T22 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve T30 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	100
Şekil 4.83.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T8 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm), T16 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm), T24 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) ve T32 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	100
Şekil 4.84.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm) ve T2 ₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	101
Şekil 4.85.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T3 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm) ve T4 ₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	102
Şekil 4.86.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T5 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T6 ₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	102
Şekil 4.87.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T7 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) ve T8 ₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	103
Şekil 4.88.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm) ve T10 ₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	103

Şekil 4.89.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T11 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm) ve T12 ₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	104
Şekil 4.90.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T13 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve T14 ₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	104
Şekil 4.91.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T15 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) ve T16 ₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	105
Şekil 4.92.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T17 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve T18 ₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	105
Şekil 4.93.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T19 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve T20 ₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	106
Şekil 4.94.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T21 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T22 ₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	106
Şekil 4.95.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T23 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve T24 ₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	107
Şekil 4.96.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T25 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve T26 ₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	107
Şekil 4.97.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T27 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) ve T28 ₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	108
Şekil 4.98.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T29 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T30 ₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	108
Şekil 4.99.	DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T31 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) ve T32 ₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	109

Şekil 4.100.	DP 410 yapıştırıcısı ile alın altına birleştirilmiş T33 ₄₁₀ numunesinin burulma davranışı.....	110
Şekil 4.101.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T3 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T5 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T7 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	110
Şekil 4.102.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T4 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T6 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve T8 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	111
Şekil 4.103.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), T11 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), T13 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve T15 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	111
Şekil 4.104.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T10 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), T12 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), T14 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) ve T16 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	112
Şekil 4.105.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T17 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm), T19 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm), T21 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T23 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	112
Şekil 4.106.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T18 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm), T20 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm), T22 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve T24 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	113
Şekil 4.107.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T25 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), T27 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), T29 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T31 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	113

Şekil 4.108.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T26 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), T28 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), T30 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve T32 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘h’ bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi.....	114
Şekil 4.109.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T9 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), T17 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve T25 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	115
Şekil 4.110.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T3 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T11 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), T19 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve T27 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	115
Şekil 4.111.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T5 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm), T13 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm), T21 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T29 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	116
Şekil 4.112.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T7 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm), T15 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm), T23 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve T31 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	116
Şekil 4.113.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T10 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), T18 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) ve T26 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	117
Şekil 4.114.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T4 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T12 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), T20 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) ve T28 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	117
Şekil 4.115.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T6 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm), T14 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm), T22 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve T30 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	118

Şekil 4.116.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T8 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm), T16 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm), T24 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) ve T32 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘a’ bindirme açısının burulma açısına etkisi.....	118
Şekil 4.117.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm) ve T2 ₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	119
Şekil 4.118.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T3 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm) ve T4 ₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	120
Şekil 4.119.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T5 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T6 ₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	120
Şekil 4.120.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T7 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) ve T8 ₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	121
Şekil 4.121.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm) ve T10 ₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	121
Şekil 4.122.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T11 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm) ve T12 ₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	122
Şekil 4.123.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T13 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve T14 ₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	122
Şekil 4.124.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T15 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) ve T16 ₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	123
Şekil 4.125.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T17 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve T18 ₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	123

Şekil 4.126.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T19 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve T20 ₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	124
Şekil 4.127.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T21 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T22 ₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	124
Şekil 4.128.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T23 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve T24 ₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	125
Şekil 4.129.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T25 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve T26 ₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	125
Şekil 4.130.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T27 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) ve T28 ₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	126
Şekil 4.131.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T29 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T30 ₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	126
Şekil 4.132.	DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T31 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) ve T32 ₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi.....	127
Şekil 4.133.	DP 490 yapıştırıcı ile birleştirilmiş T33 ₄₉₀ numunesinin burulma davranışı.....	128
Şekil 4.134.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	129
Şekil 4.135.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	129
Şekil 4.136.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	130
Şekil 4.137.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	130

Şekil 4.138.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	131
Şekil 4.139.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	131
Şekil 4.140.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	132
Şekil 4.141.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	132
Şekil 4.142.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	133
Şekil 4.143.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	133
Şekil 4.144.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	134
Şekil 4.145.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	134
Şekil 4.146.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	135
Şekil 4.147.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25(a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	135
Şekil 4.148.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	136
Şekil 4.149.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	136
Şekil 4.150.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	137

Şekil 4.151.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	137
Şekil 4.152.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	138
Şekil 4.153.	DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	138
Şekil 4.154.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	139
Şekil 4.155.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	139
Şekil 4.156.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	140
Şekil 4.157.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	140
Şekil 4.158.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	141
Şekil 4.159.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	141
Şekil 4.160.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	142
Şekil 4.161.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	142
Şekil 4.162.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	143
Şekil 4.163.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	143

Şekil 4.164.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	144
Şekil 4.165.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	144
Şekil 4.166.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	145
Şekil 4.167.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	145
Şekil 4.168.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	146
Şekil 4.169.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	146
Şekil 4.170.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	147
Şekil 4.171.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	147
Şekil 4.172.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler.....	148
Şekil 4.173.	DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri.....	148

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	En önemli solventler ve temizleme kapasiteleri.....	7
Tablo 1.2.	Bakır ve Nikel Malzemeler İçin Dağlama Solüsyonlarının Hazırlanması.....	10
Tablo 1.3.	Malzemeye bağlı olarak ön işlem yöntemleri.....	15
Tablo 1.4.	Epoksi reçinelerinde kullanılan sertleştiriciler.....	17
Tablo 1.5.	Epoksi yapıştırıcılar için ticari örnekler.....	18
Tablo 1.6.	Temel hasar tipleri (ISO 10365).....	30
Tablo 3.1.	DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının özellikleri.....	41
Tablo 3.2.	Numunelerin parametreleri.....	43
Tablo 3.3.	Yapıştırıcıların mekanik özellikleri.....	54

YAPIŞTIRICI İLE BİRLEŞTİRİLMİŞ ÇEVRESEL YAPIŞKAN YÜZEYLİ HALKA KESİTLİ ÇUBUKLARIN MEKANİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Malzemelerin birleştirilmelerinde meydana gelen problemleri minimize etmek ve endüstrinin birçok sektöründe kullanım alanına sahip olan benzer ya da farklı özelliklere sahip malzemelerin birleştirilmesinden gelen zorunluluktan dolayı yapıştırıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır. Metalik malzemelerin yapıştırıcılarla birleştirilmelerinde malzemenin türüne bağlı olarak yapıştırıcının belirlenmesi oldukça büyük önem arz etmektedir. Yapıştırma işlemlerinde; yapıştırılan malzemelerin mekanik özellikleri, yapıştırma yüzey alanı, yapıştırma açısı ve yapıştırıcının mekanik özelliklerine bağlı olarak yapışma mekanizması farklı değerler gösterdiğinden, ilgili literatür ışığında bu değerler belirli aralıklarda değiştirilerek, farklı mekanik özelliklere sahip bağlantılar yapılmaktadır. Dolayısıyla metalik malzemelerin kaynak dışı birleştirilmesini ve geliştirmesini amaçlayan araştırmalar hem akademik hem de endüstriyel çalışmalarda büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada; halka kesitli transmisyon çeliği çubukların alın alına bindirmeli olarak yapıştırılmasında çevresel yapışma yüzeyinin bağlantı mukavemetine etkisi incelenmiştir. Millerin alın alına birleştirmelerinin yapılabilmesi için erkek ve dişi kalıp olarak üretimleri yapılmıştır. İki farklı (DP 410, DP 490) yapıştırıcı ile dört farklı bindirme mesafesi (10mm, 20mm, 30mm, 40mm), dört farklı bindirme açısı (30°, 45°, 60°, 90°) ve iki farklı bindirme iç açılarıyla (15mm, 20mm) çubuklar yapıştırıcı ile birleştirilmiştir. Belirlenen parametreler doğrultusunda alın alına bindirmeli olarak yapıştırılan numunelerin çevresel yapışma yüzeylerinin mekanik davranışları incelenmiştir. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş halka kesitli çubukların çekme ve burulma deneyleri yapılmıştır. Elde edilen deneysel verilerin grafikleri hazırlanmış ve nümerik analizlerle değerlendirilerek kıyaslanmıştır. DP 410 yapıştırıcıyla yapıştırılmış halka kesitli çubuklar DP 490 yapıştırıcıyla hazırlanmış olan çubuklara göre daha iyi performans göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Halka kesitli çubuk, yapıştırıcı bağlantılar, gerilme analizi, burulma, sonlu elemanlar metodu.

INVESTIGATION OF MECHANICAL BEHAVIOR OF ENVIRONMENTAL ADHESIVE SURFACE RING SECTIONED RODS COMBINED WITH ADHESIVE

ABSTRACT

The joining of materials to minimize problems from occurring and having similar applications in many sectors of industry due to the necessity or from the joining of materials with different properties are widely used adhesives. Depending on the type of material, the determination of the adhesive is of great importance in combining metallic materials with adhesive. In adhesion processes; Mechanical properties of the bonding material bonding surface area, because the bonding angle adhesive and mechanical properties depending adhesion mechanism different values shown in the relevant literature by changing these values periodically is made contact with different mechanical properties. Therefore, researches aiming to combine and develop metallic materials out of the source are of great importance in both academic and industrial studies.

In this study; the effect of connection of the peripheral bonding surface was examined for bonding strength as overlapping butt ring section of steel bar transmission. Male and female molds have been produced in order to make the joints of the shafts. Two different (DP 410, DP 490) adhesives with four different overlap distances (10mm, 20mm, 30mm, 40mm), four different overlap angles (30°, 45°, 60°, 90°) and two different overlap internal angles (15mm, 20mm) combined with adhesive. In accordance with the determined parameters, the mechanical behavior of the environmental adhesion surfaces of the samples adhered to the forehead is examined. Tensile and torsion tests were carried out with ring cross section rods combined with adhesive. The graphs of the experimental data obtained were prepared and compared with numerical analysis. Ring cross section rods glued with DP 410 adhesive performed better than rods prepared with DP 490 adhesive.

Keywords: Ring section bar, adhesive joints, stress analysis, torsion, finite elements method.

1. GİRİŞ

Otomotiv sanayisinde kullanılan güç iletiminin en önemli elemanlarından biri olan miller (şaft), çalışma yapısı olarak çoğunlukla eğilme ve burulmaya maruz kalmaktadır. Günümüzde kompozit, plastik ve metal malzemelerin birleştirmelerinde çeşitli yapıştırıcıların kullanılması gün geçtikçe hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Yapıştırma yöntemi kullanılarak yapılan birleştirmenin, kaynak yöntemine göre yüksek sıcaklık ve lehimlemede gerekli olan metal malzeme ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Kaynak ile birleştirme yönteminde perçinlemedeki malzemenin birleştirme elemanı olan perçin birleştirme bölgesinden uzaklaştırması, korozyon ve kalıntı ısı gerilimlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu oluşum metal-metal birleşimlerinde ön yüklemeye gibi bağlantı dayanımlarını düşüren dezavantajlar oluşturmaktadır. Ayrıca geleneksel yöntemler ile birleştirmede ortamdaki nemden veya sıvı ile temasında metal-metal birleşimlerin teması kesilmediğinden dolayı korozyon artarak birleştirmenin dayanım süresini azaltmaktadır. Özellikle sulu ortamlardaki yoğun olarak basınçlı akışkan taşıdığı düşünülen metal boruların kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilmesinde zamanla korozyona sebep olmaktadır. Mikro boyuttaki bir çatlakın dahi basınçlı bir akışkan taşıyan bir boruda büyük hasar boyutları oluşturabilmektedir. Metal-metal birleştirme bölgelerindeki iyileştirmelerde hassasiyetlere karşılık verebildiği için yapıştırıcı yöntemi, endüstriyel bir birleştirme yöntemi olarak tercih edilmeye başlamıştır. Yaygınlaşan yapıştırıcı kullanımı ile birlikte birleştirmede en önemli parametrelerin elde edilmesi içinde literatürde birçok araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.

Bu çalışma için hazırlanmış olan tezin toplam bölüm sayısı beştir. Öncelikli olarak tezin başlangıcını giriş bölümü oluşturmaktadır. Giriş bölümünün ardından tezin temel parametrelerinden biri olan yapıştırıcılar ile ilgili bilgiler verilmiştir. Yapıştırıcıların avantajları, dezavantajları ve kullanım alanları belirtilmiştir. İkinci bölümde, yapılan çalışma ile ilgili elde edilen kaynak özetleriyle çalışmanın literatüre olan katkısını belirten bilgiler sunulmuştur. Üçüncü bölümde, gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ve bu çalışmalar için izlenen metotlar açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, çalışmada yapılan

deneylemler ve bu deneylerin sonuçları verilmiştir. Çekme ve burulma deneylerinden elde edilen veriler yorumlanarak grafikler halinde sunulmuştur. Deneysel çalışmalardan elde edilen verilerin yanı sıra nümerik olarak yapılan analiz sonuçları da verilmiştir. Çalışmanın son bölümü olan beşinci bölümde ise deneysel ve nümerik sonuçların genel değerlendirmelerinin yanı sıra benzer konularla ilgili yapılacak araştırmalara ve çalışmalara ışık tutacak öneriler sunulmaktadır.

1.1. Yapışma Olayı ve Yapıştırıcıların Genel Özellikleri

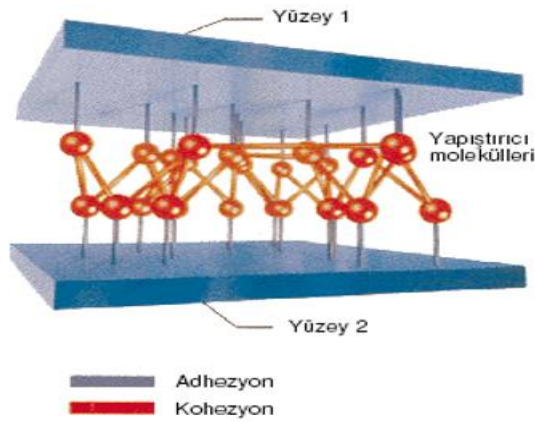
1.1.1. Yapıştırma ve Yapışma Mekanizması

Yapıştırma; civata, perçin ve kaynak gibi geleneksel birleştirme metotlarının yanında kabul gören bir tekniktir. Yapıştırma; perçin, lehim, kaynak vs. yanında endüstriyel bir birleştirme yöntemi olarak kullanılmaya başladığından beri, daha iyi bir yapıştırma için birçok araştırma, geliştirme ve mühendislik çalışması yapılmıştır. Yapıştırıcılar, aynı veya farklı malzemeden yapılmış yüzeyler arasında bir nevi köprü görevi görmektedir (Aydın 2012).

Yapışma mekanizması Şekil 1.1’de gösterilen kuvvetlere bağlıdır.

Bu kuvvetler;

- Yapıştırıcının yüzeye yapışma kuvveti olan adhezyon kuvveti,
- Yapıştırıcının iç kuvveti olan kohezyon kuvvetidir.



Şekil 1.1. Yapıştırma bölgesinde oluşan kuvvetler (Aydın 2012; Loctite 1988)

1.1.1.1. Adhezyon Kuvveti

İki farklı maddenin birbirine yapışmasını sağlayan çekim kuvvetine adhezyon kuvveti denir. Adezyonu meydana getiren iki farklı yüzey vardır; adeziv uygulandığı maddeye adherent, adezyonu oluşturan maddeye ise adeziv adı verilir. Adezyonun uygun bir şekilde sağlanabilmesi için adeziv ile adherent arasında tam bir temasın meydana gelmesi gerekir (Dayangaç 2000). Yapıştırıcının işlenmiş yüzeye teması tam olarak sağlanamazsa çekim kuvvetleri oldukça zayıflar. Bu sebepten dolayı yapıştırıcının bütün yüzeye temas etmesi önemli bir parametredir.

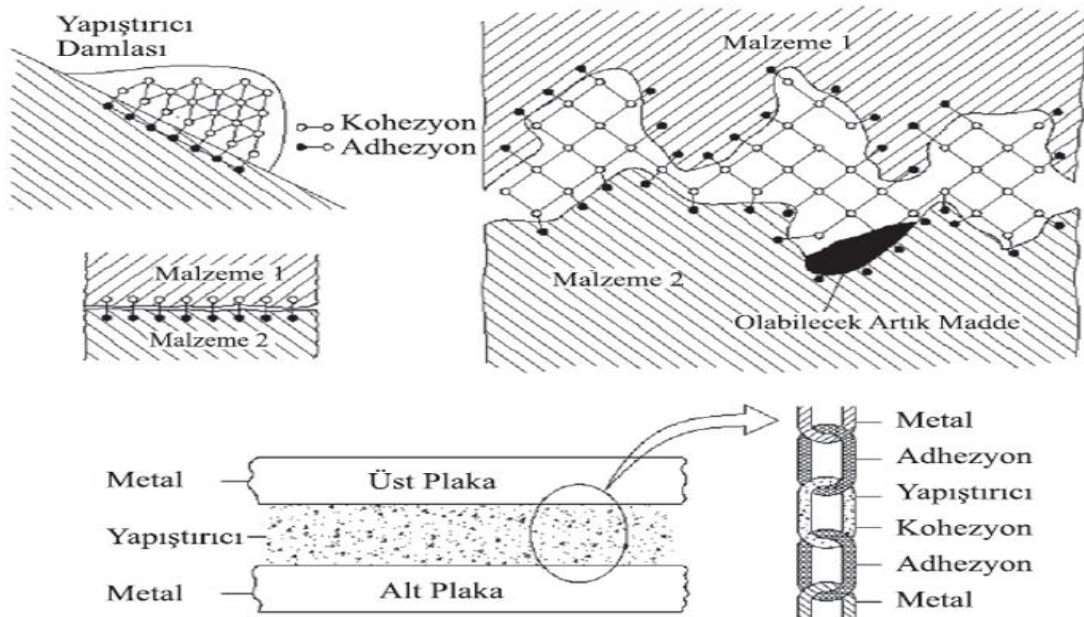
Yapılan araştırmalarda bu güne kadar farklı teoriler ortaya atılmıştır; adı geçen adhezyon teorileri şunlardır (Can 2016; Adams 1997):

- a) Mekanik Teori: Yapıştırılan malzeme ile yapıştırıcının mekanik olarak birbirine geçmesi ile oluşan yapışma olayını ifade eder. Malzeme yüzey pürüzlülüğünü arttırarak birleşme dayanımını arttırılabilir.
- b) Difüzyon Teorisi: Yan yana iki faz arasındaki molekül alışverişini ifade eder. Bu olay benzer polimerler arasında gerçekleşir fakat nadir de olsa metal ve polimer ara yüzeylerinde de oluşabilecek bir durumdur. Yapıştırıcının yapıştırılacak olan maddenin içine difüzyon derecesi, yapıştırılacak maddenin serbest hacmine aynı zamanda yapıştırıcı ile yapıştırılacak maddenin moleküler uygunluğuna bağlıdır (Carpenter 1999).
- c) Adsorpsiyon Teorisi: Bir faza ait molekül ya da iyonların, diğer fazın yüzeyinde yoğunlaşması olarak belirtilebilir. Adsorpsiyon çeşitleri üç çeşittir:
 - 1) Fiziksel adsorpsiyon, Van der Waals kuvvetlerinden veya moleküller arasındaki zayıf çekim gücünden dolayı meydana gelmektedir. Adsorbe olan molekül hareketlidir, katı yüzeyinde sabit bir yeri bulunmamaktadır.
 - 2) Kimyasal adsorpsiyon ise daha kuvvetli güçlerin etkisiyle meydana gelmektedir. Genellikle adsorbat yüzey üzerinde bir molekül kalınlığında bir tabaka oluşturmakla beraber moleküller yüzey üzerinde hareket etmemektedir.
 - 3) Değişim (exchange) adsorpsiyonu, yüzey ile adsorbat arasında meydana gelen elektriksel çekim sonucunda oluşmaktadır.

- d) Elektrostatik Teori: Elektronik bant yapıları farklı olan iki malzemenin temasıyla beraber, ara yüzeyde oluşan adezyonu sağlayan çift katlı bir elektrostatik yükü belirtmektedir (Ebnesejjad 2011).
- e) Kovalent Kimyasal Bağlanma Teorisi: Yapıştırıcı ile malzeme arasındaki kovalent bağ sonucu oluşan adezyonu ifade eder. Güçlü birleştirmelerin gerçekleşmesi için kovalent bağlar oluşmalıdır.

1.1.1.2. Kohezyon

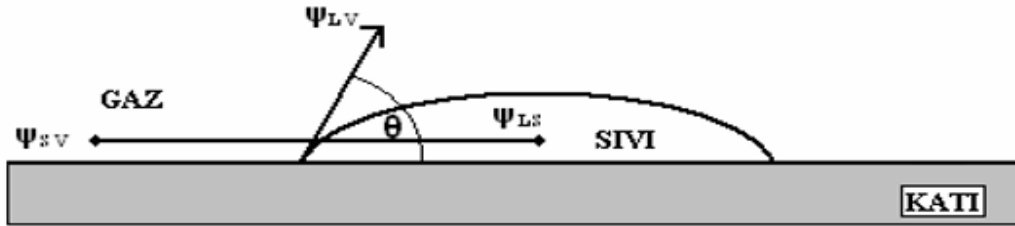
Kohezyon, bir maddenin moleküllerinin primer ve sekonder valans kuvvetleri aracılığıyla bir arada tutulması olarak ifade edilir (Carpenter 1999). İdeal bir yapıştırıcı hem kohezyon hem de adezyonu oluşturacak kadar büyük bir kapasiteye sahip olmalıdır (Walinder 2000). Kohezyon kuvveti yapıştırıcının özellikleri ile belirlenmektedir. Ancak adezyon kuvvetini arttırmak veya azaltmak mümkündür. Bu kuvveti değiştirebilmek için yapıştırma yüzeyini maksimum yapışma verimi alabilecek duruma getirmek gerekir. Bunlardan bazıları istenmeyen yüzey tabakalarının temizlenmesi, kimyasal aşılama, yüzeyi kaplama ve plazma modifikasyonu işlemleridir. Böyle hazırlanmış bir yüzey, sağlam ve uzun ömürlü yapışmanın oluşmasını sağlayacaktır (Can 2016). Şekil 1.2' de kohezyon ve adezyon olayı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Kohezyon ve adezyon olayının şematik gösterimi (Can 2016; Şekercioğlu 2012)

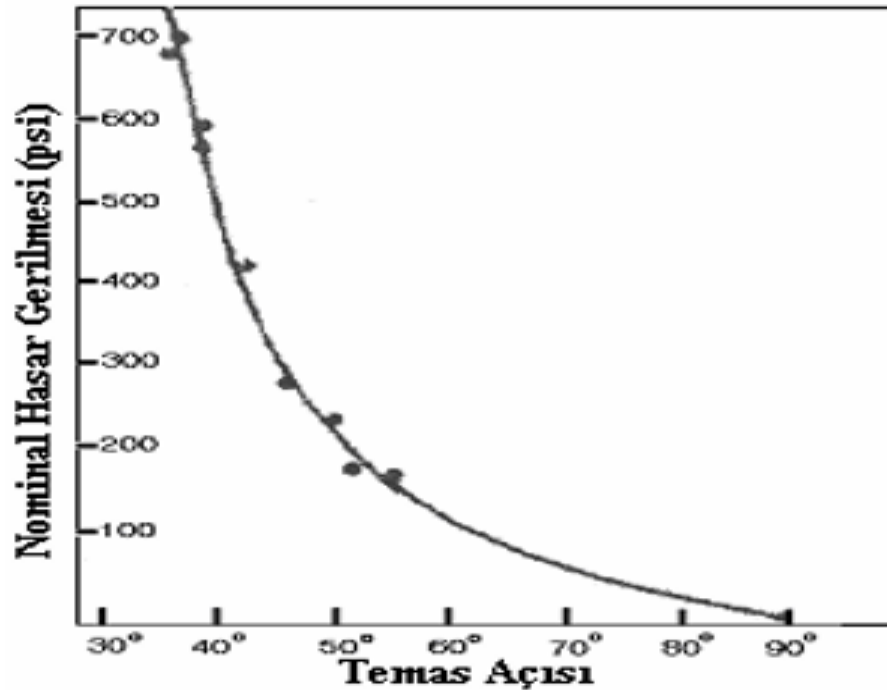
1.1.1.3. Islanabilirlik

Yapışmanın en önemli mekanizmalarından biri ıslanabilirliktir. Islanabilirlik, sıvının katı yüzeye yayılabilirliği olarak ifade edilir. Islanabilirlik şematik olarak Şekil 1.3' te gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Islanabilirlik (Can 2016)

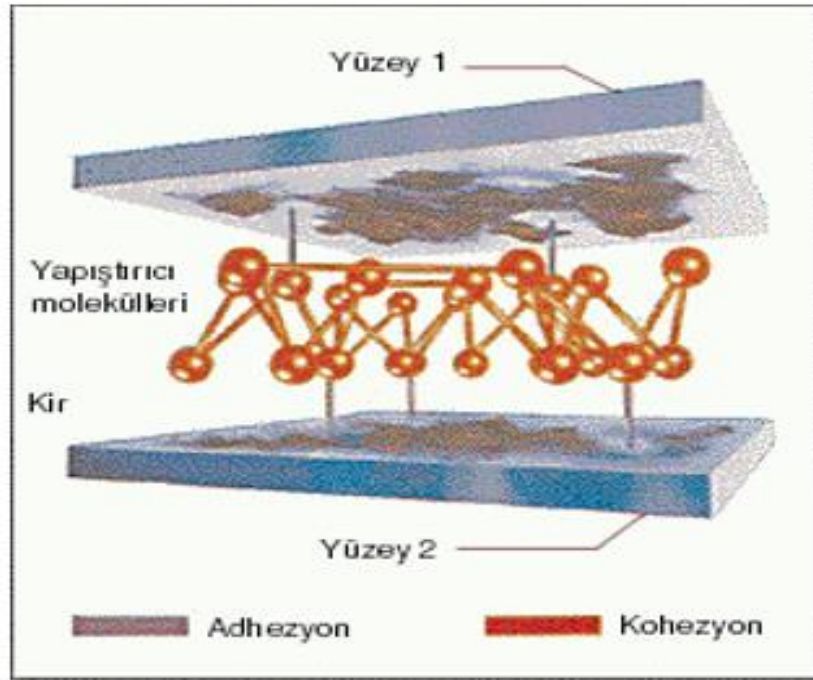
Yapışma mukavemeti temas açısı arttıkça düşmektedir bu durum temas açısı ile mukavemetin ters orantılı olduğunun göstergesidir (Şekil 1.4). Yapışma yüzeyinde kirlilik ıslanabilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden yapıştırma işleminden önce yüzey temizliğine dikkat edilmesi gerekir.



Şekil 1.4. Temas Açısı ile Mukavemet Değişimi (Can 2016)

1.1.1.4. Yüzey Hazırlığı

En iyi yapışma için önemli bir parametre iyi bir ön-işlemdir. Yapışma kuvveti yüksek oranda yapıştırılacak yüzeyler ile yapıştırıcı arasındaki adhezyon kuvveti tarafından belirlenir. Yüzeyler iyi temizlenir ve ön-işlem yapıldığı takdirde yapışma kuvveti artacaktır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Yapıştırılacak yüzeylerdeki kirler adhezyonu düşürür (Solmaz 2008; Şekercioğlu 2012)

Yüzeyler üzerinde istenmeyen malzemeler ve durumlar, yapışmanın kalitesini düşürür bu yüzden yapışmanın gerçekleştirileceği yüzeylerin temiz olması gerekir. Farklı tip malzemeler için, işlemlerin ve kullanılan kimyasalların değişebileceğini göz önünde tutmak kaydıyla aşağıda sırasıyla anlatılacak ön işlemler, yüzeyleri yapışmaya hazırlar (Solmaz 2008):

- Sadece yağ ve pislikten arındırma
- Yağını temizleme, aşındırma ve artık malzemelerin temizliği
- Tekrar yağından arındırma ve kimyasal ön işlem

1.1.1.4.1. Yapıştırılacak Yüzeylerin Yağdan ve Pisliklerden Arındırılması

Üst düzey bir yapışma elde etmek için yapıştırılacak yüzeylerden kalıntıların tamamen temizlenmesi gerekir. Kalıntı bırakmadan buharlaşabilen solventler bu duruma uygundur. En önemli solventler ve temizleme kapasiteleri Tablo 1.1 de görülebilir.

Korozyon önleyici temizleyiciler alkalın veya asit bazlı sulu temizleyicilerdir. Temizleme sonrası yüzeyde kalması durumunda yapışma kuvvetini azaltabilir veya yapıştırıcının kürleşmesine engel olabilir. Eğer bu tür temizleyiciler kullanılacaksa, mutlaka önceden testler yapılmalıdır. Her koşulda tüm yüzeyler iyice durulanmalı veya silinmelidir (Solmaz 2008).

Tablo 1.1. En önemli solventler ve temizleme kapasiteleri (Solmaz 2008; Loctite 1988)

Solvent	Temizleme Kapasitesi	Yanıcı veya Parlayıcı
Hidrokarbonlar (İzoparafinler)	İyi	Evet
Ketonlar (Aseton)	İyi	Evet
Alkoller (İzopropanol)	Orta	Evet
Su Bazlı	İyi	Hayır

Yağ alma banyolarında temizlik banyosunun kirlenmemesi için çok kirli yüzeylere ön-temizlik yapılması tavsiye edilir. Yağ alma, genellikle yağ alma solventleri kullanılarak tamamen kapalı makinalarda yapılır. Uygulamada yüzeylere hızlı ve etkili bir temizleyici ile ön-işlem yapılması yeterlidir. Böylece yüzeyler yağ, gres, kir ve diğer kalıntılardan temizlenir ve yüzey hazır hale gelir. Solventlerle temizlik yapılırken iyi bir netice almak için, yüzeylerden kırı ayıran kimyasal işlem mekanik olarak ta desteklenebilir (Solmaz 2008).

1.1.1.4.2. Mekanik Ön İşlem

Kirli metal yüzeyler çoğunlukla oksitlenir ve yağ alma ile temizlenemez. Bu tür durumlarda, taşlama, zımparalama veya tel fırça ile fırçalama gibi mekanik ön-işlem gereklidir. Zımparalama geniş yüzeyler için uygun bir temizlemedir. Çok kalın zımpara kullanmamak kaydıyla, zımparalamayla elde edilen yüzey pürüzlüğü iyi bir yapıştırma

imkanı sağlar. Aynı şekilde taşlama ile de iyi bir yüzey pürüzlüğü elde edilir. Bu yöntemde yüzey pürüzlüğünü iyi seçmek önemli bir parametredir. Taşlama, fırçalama veya zımparalama işlemleri yapılan parçaların işlem sonrası kalıntılarının temizlenmesi için parçalara yağ alma işlemi uygulanmalıdır (Solmaz 2008).

Plastik veya lastik parçalarda ise, yüzey tabakası, kalıp ayırıcı ve vulkanizasyon tabakası gibi yabancı maddeler öncelikle temizlenmelidir. Alaşımli döküm veya alüminyum oksit aşındırıcılar plastikler için iyi sonuç vermektedir. Lastik yüzeylerin temizlenmesi solventlerle veya taşlanarak yapılabilir.

1.1.1.4.3. Aşındırma

Yapışma yüzeylerinin hafifçe aşındırılması yapışmada daha iyi sonuç verir. Aşındırma işlemini yapmaktaki amaç yapışmada iyi bir yüzey elde etmektir. Aşındırma işleminden sonra yapışma yüzeyleri üzerindeki istenmeyen parçalar, daha sonra gerilme çatlağı ile sonuçlanır (Solmaz 2008).

Aşındırma işleminde zımpara kullanımı, aşındırılacak malzemelere bağlıdır. Örneğin alüminyum zımpara, galvanik korozyondan dolayı düşük mukavemetli çelikler için kullanılmaz. Bu yüzden, demir ya da çelik tipi zımpara kullanılır.

Zımparalama el ve makine olmak üzere iki şekilde yapılır. Makine ile zımparalamanın su ve hava ile kullanılan iki türü vardır. Demir malzemelerin aşındırılması için su ile beraber kullanılan tipi kullanılırsa, aşındırma işleminden hemen sonra parçalar kurutulmalı yada korozyon önleyici suya ilave edilmelidir. Plastik malzemelerin zımparalanmasında makine kullanılırsa, plastik malzemeler oluşan ısıdan dolayı eriyeceği için zımparalama süresinin çok kısa olması gerekir (Solmaz 2008).

1.1.1.4.4. Kimyasal Ön İşlem

Yağdan arındırma ve aşındırma ön işlemleri yapışma için yeterli olabilir fakat yapışmanın kalitesini daha üst seviyeye çekmek için, yapışma yüzeylerine kimyasal ön işleme uygulanması, maksimum yapışma mukavemeti ve dayanıklılığı artırmaktadır (Solmaz 2008).

Kimyasal ön işlem malzemelerin tipine göre iki ana başlık altında ele alınır:

- a) Metalik malzemelerin kimyasal ön işlemi
- b) Plastik malzemelerin kimyasal ön işlemi

1.1.1.4.4.1. Metalik Malzemelerin Kimyasal Ön İşlemi

Her bir metal malzeme grubu kimyasal ön işlemlerde farklı yanıtlar verecektir. Yöntemlerin birbiri üzerindeki etkisi sadece deneme ile sonuçların karşılaştırılması ile anlaşılır. Kimyasal ön işlemde önce metaller üzerinde boya varsa kesinlikle sökülmüş olmalıdır (Solmaz 2008).

1.1.1.4.4.1.1. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları

- a) Alüminyum Honeycomb

Alüminyum honeycomb'da yapışmadan önce leke izi yoksa herhangi ön işlem yapmaya gerek yoktur. Eğer lekelenme var ise, yağdan arındırma işlemi gibi honeycomb temizlenmeli ve kurutulmalıdır (Solmaz 2008).

- b) Alüminyum Levha

Yüksek sünekliğe sahip alüminyum malzemelerin yapışma yüzeylerinin aşındırılmaması gerekir. Alüminyum levhaların kimyasal ön işlemleri farklı yollarla yapılabilir. Kullanılan alaşım ve kimyasal ön işleme bağlı olan etkili alüminyum oksidin kontrol edilebilen film kalınlığı yapısal yapışma için uygun olabilir.

Alüminyum levhaların kimyasal ön işlemleri aşağıda verildiği gibi dört değişik yöntem ile yapılır (Solmaz 2008):

- Kromik /Sülfürik asit dağlama yöntemi
- Kromik asit anotlama yöntemi
- Fosforik asit anotlama yöntemi
- Sülfürik asit anotlama yöntemi

c) Anotlanmış Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları

Boyanmış yada korozyona karşı anotlanmış alüminyum ve alüminyum alaşımları, yapışma için uygun değildir. Bu tip malzemelerin üzerindeki kaplama, yapışma işleminden önce sökülmelidir alüminyum levhaların üzerindeki anodik oksit film, kromik / sülfürik asit solüsyonları ile sökülür. Sökme işlemi sonrası alüminyum ve alüminyum alaşımları için uygulanan yöntemlerden biri kullanılarak yapışma öncesi kimyasal ön işlem yapılabilir.

1.1.1.4.4.1.2. Bakır ve Nikel Malzemeler İçin Kimyasal Ön İşlem

Bakır ve nikel malzemelerin yüzeyleri ya yağından arındırma ve aşındırma yada sıcaklığı 23°C' de olan konsantre nitrik asit solüsyonunda yapışma yüzeylerinin dağlanması ile gerçekleştirilir. Dağlama için uygun solüsyon Tablo 1.2'de gösterildiği gibi hazırlanır ve işlem sonrası parçalar soğuk su ile yıkanarak sıcak hava ile kurutulur.

Tablo 1.2. Bakır ve Nikel Malzemeler İçin Dağlama Solüsyonlarının Hazırlanması (Solmaz 2008)

Malzeme	Bakır ve Bakır Alaşımları	Nikel ve Nikel Alaşımları
Dağlama	Konsantre Nitrik Asit ve 1/3	Sulandırılmış Konsantre
Solüsyonu	oranında su	Nitrik Asit
Daldırma Süresi	30 Saniye	5 Saniye

1.1.1.4.4.1.3. Bakır / Nikel Alaşımları

Bu tip malzemeler için en iyi solüsyon ve batırma süresi aynı tip malzeme ve aynı tip yapıştırıcı için, bakır ve nikel malzemeler için kullanılan dağlama solüsyonu ile aynı almak koşuluyla, yapılan sınamalarla bulunabilir (Solmaz 2008).

1.1.1.4.4.1.4. Düşük Mukavemetli Çelikler

Düşük mukavemetli çelikler için yağdan arındırma ve aşındırma yapışma evveli ön operasyon olarak kullanılabilir. Ayrıca düşük mukavemetli çelikler için, bu ön işlem yerine dağlama usulü de kullanılabilir. Sıcaklığı 60°C olan dağlama solüsyonu alttaki gibi hazırlanarak parçalar 10 dakika zaman ile bu dağlama solüsyonuna batırılır (Solmaz 2008).

Metil Alkol	2 litre
Ortofosforik Asit	1 litre

Bu operasyon sonunda parçalar dağlama banyosundan çıkarılır. Daha sonra soğuk su ile yıkanır ve yumuşak, pak, sünek naylon fırça ile fırçalanır.

Metil akolle nemlendirilmiş temiz bir bez ile parçalar üzerindeki artık malzemeler arınılarak 120°C' deki fırında 1 saat müddetle kurutulur. Düşük mukavemetli çelikler için en uygun yapışma mukavemeti aşındırma ön işlemi ile elde edilmektedir.

1.1.1.4.4.1.5. Paslanmaz Çelikler

Yapışma ile birleşmede paslanmaz çelik kullanımı oldukça güç ve dayanıklılık açısından iyi netice vermemesinden dolayı, paslanmaz çeliklerin birleştirilmesinde yapıştırıcı kullanımı genelde tercih edilmez. Ama paslanmaz çelikler için yapıştırıcı kullanmak gerekirse ön işlem olarak dağlama, yağdan temizletme ve aşındırma usulleri kullanılır.

Aşındırma ön operasyonu için, demir zımpara, cam zımpara veya alüminyum zımpara kullanılır. Şayet dağlama yapılırsa sülfürik / fosforik asit esaslı dağlama solüsyonları kullanılır. Paslanmaz çelikler ile yapışma öncesi kimyasal ön işlem, yapıştırılacak parçaların planlanan dayanıklılık süresine ve parçaların minimum çekme mukavemetine bağlıdır (Solmaz 2008).

1.1.1.4.4.1.6. Titanyum ve Titanyum Alaşımları

Yağdan temizletme, aşındırma, dağlama ve anotlama operasyonları bu cins malzemeler için ön operasyon olarak kullanılabilir. Yağdan arındırma ve aşındırma ön işleminden sonra dağlama operasyonu, oda sıcaklığındaki altta verilen solüsyona parçalar 20 dakika batırılır (Solmaz 2008).

Konsantre Nitrik Asit	4.5	litre
Hidroflorik Asit	0.045	litre
Su	10	litre

Dağlama banyosundan çıkarılan parçalar tazyikli soğuk su ile yıkanır. Ardından temiz ve sünek bir fırça ile fırçalanır. Dağlama işlemi bu şekilde sona erdikten sonra, parçalar standart anotlama için aşağıda verilen 40°C' deki solüsyona (katot oranı 1/3) daldırılır (Solmaz 2008).

Krom Trioksit (CRO3)	0.7	litre
Su	10	litre

Anotlama banyosunun voltajı, 30 dakika müddet ile 20 volta yükseltilerek parçaların özel mavi bir renge dönüşmesi ile anotlama operasyonu biter.

Anotlama banyosundan çıkarılan parçalar, şiddetli soğuk su ile yıkanır ve 45°C' yi geçmeyen fırınlarda veya temiz sıcak hava ile güzel bir biçimde kurutulur. Yapışma astarının tatbikinden sonra ve yapışmadan evvel parçalar, 1 saat 175°C' de kurutulmalıdır.

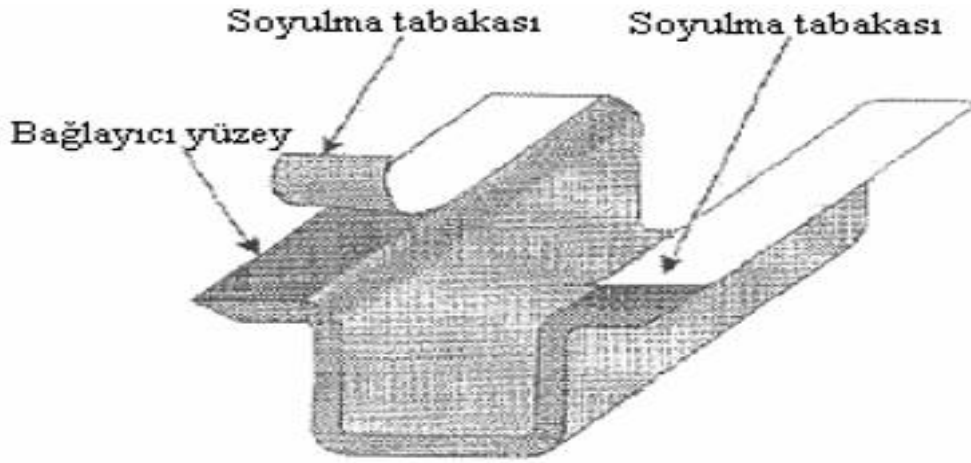
1.1.1.4.4.2. Plastik Malzemelerin Ön İşlemi

Polimerik termoplastikler ve termoset malzemelerin ön işlemi için teknik bilgilere ve testlere gerek vardır.

1.1.1.4.2.1. Termosetler

Amina, epoksi, fenolik, polyimide ya da doymamış polyester plastiklerden üretilen kalıp, eriyik, kompozit tabakalar gibi malzemeler polimerik termoset grubuna dâhildir. Islak metot ya da preprelerden oluşan fiber takviyeli termoset kompozit tabakaların yapışma işleminde yapışma yüzeyleri üzerine soyulma tabakası korunur.

Yapışmadan hemen önce bu soyulma tabakası ve yapışma için temiz bir yüzey elde edilir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Soyulma Tabakası (Solmaz 2008; Ciba-Geigy 1993)

Uygun bir yapışma mukavemeti için, tabakalar önceden kurutulmalı ve nemden arındırılmalıdır. Soyulma tabakası söküldükten sonra kurutma işlemi, tabakalara ısı kaynaklı bir zarar vermeyecek şekilde temiz sıcak hava ile yapılmalıdır. Bununla birlikte katmanlara fazla ölçüde yapıştırıcı emdirilmesi, yapışma mukavemetinin düşmesine neden olur. Bu tip malzemeler için yapışma evveli ön işlem olarak aşındırma işlemi de kullanılabilir. Aşındırma işleminde kompozit yapının hasar almamasına dikkat edilmelidir (Solmaz 2008).

1.1.1.4.2.2. Termoplastikler

Polimerik termoplastiklerin yapışmasını belirli etkenler tesirler. Bunlar; polimerin tipi ile derecesi, erime koşulları ve karışım oranlarıdır. Verilen koşullar altında yapışma

mukavemeti ve dayanıklılık testlerle bulunabilir. Bu tip plastikler için yapışma evveli flame, corona ve plazma gibi alışılmamış teknikler, iyi mukavemet ve dayanıklılık özelliklerine sahip yapışma birleşmelerini elde etmek için kullanılan çok özel kimyevi ön işlemlerdir (Solmaz 2008).

1.1.1.4.2.3. Plastik Köpükler

PVC, poliüretan ve fenolik reçine gibi malzemelerden yapılan köpükler, kirlenmedikçe ön işlem gerekmez. Kuru, temiz ve tozsuz yüzey olması yapışma için yeterlidir.

1.1.1.4.2.4. Metalik Olmayan Honeycomb'lar

Aramidden yapılan honeycomb'lar, kirlenmedikçe ön işlem gerekmez. Bununla beraber yalnızca yapışmadan önce 120°C' de 1 saat honeycomb'ların kurutulması ile daha yüksek mukavemetli ve daha dayanıklı yapışmalar elde edilir.

1.1.1.4.5. Primerler

Primerler genellikle solvent içerisinde seyreltilmiş reaktif kimyasallardan oluşur. Primer, malzeme yüzeyine fırça ile sürülerek veya sprey halinde sıkılarak kullanılır. Taşıyıcı solventin uçması beklenir, geride aktif kimyasallar kalır.

Primer çeşidine bağlı olarak (siyanoakrilatlar için poliolefin primerleri gibi) yüzey anında yapıştırma işlemine hazır hale gelebilir. Yüzey primerleri genellikle, yüzey ile yapıştırıcı arasında kimyevi köprü oluşturarak yapışabilme özelliğini artırır.

Genel olarak bir primerdeki reaktif maddeler çok işlevlidir, bir dizi reaktif grup yüzey ile tepkimeye girerken ilave gruplar yapıştırıcı ile geçimi sağlar. Tablo 1.3.'de malzemeye bağlı olarak yapıştırılacak malzemelerde uygulanması gereken ön işlemler görülmektedir (Solmaz 2008).

Tablo 1.3. Malzemeye bağılı olarak ön işlem yöntemleri (Solmaz 2008; Loctite 1988)

Malzeme	Ön-İşlem Yöntemi					
	Yağ Alma	Mekanik Aşındırma	Aşındırma	Primer	Korona	Düşük Basınç Plazma
Metaller	xxx	xxx	x	x		x
Cam	xxx	x	x	x	x	x
Seramikler	xxx		x	x	x	x
Plastikler	xxx	xxx	x	x	xxx	xxx
Lastik	xxx	x		x	x	x
Ahşap	x	xxx		x		x

xxx: tercih edilen yöntem, x: alternatif veya ilave yöntem

1.1.1.5. Montaj

Yapıştırıcı ile birleştirilen parçalarda yapıştırıcı kuruma sıcaklığına ulaşmaya kadar, yapıştırıcının akma ve erime olasılığı vardır. İyi bir yapışma elde etmek için birleştirilen parçaların, yapıştırıcı sertleşinceye kadar hareketsiz, balanslı ve hiçbir gerilmeye maruz kalmadan sabitlenmesi gerekir. Bu işlem imalat miktarına, birleştirilecek parçaların geometrisine, çevre koşullarına ve yapıştırıcının şekline bağlıdır. Yapışma işlemi çeşitli aparatlar ve farklı yöntemler aracılığı ile yapılabilir. Bu yöntemler (Solmaz 2008);

1. Hidrolik / Pnomatik basınç ile basınçlandırılan ısıtılmış levhalar
 2. Sabit aparatlar
 3. Vakum torbası
 4. Basınçlı fırın (Autoclave)
 5. Kaynak ve perçin yardımı ile yapışma
- şeklinde sıralanabilir.

1.1.2. Yapıştırıcılar ve Çeşitleri

Yapıştırıcılar, genel olarak en az iki malzemenin birbirine yapıştırılarak birleştirilmesinde istenilen tasarım özelliklerini veren epoksi, fenolik, polyamid, polyimid ve silikon gibi malzemelerin kimyevi olarak birleştirilmesinden oluşan karışımdır (Morrisey 1985). Yapıştırıcılar birleştirilmeden önce film, macun, sıvı ve toz gibi farklı formlarda

olabilirler. Kimyasal reaksiyon ile sertleşen yapıştırıcılar, yapısal yapıştırıcılar olarak adlandırılmaktadır. Yapısal yapıştırıcılar, otomotiv endüstrisi, uzay sanayisi, gemicilik vb. birçok alanda yer almaktadır.

Günümüzde modern yapıştırıcılar, kimyasal tipleri ve formları açısından iki grupta sınıflandırılmaktadır (Ciba-Geigy 1993).

a) Kimyasal tipleri açısından yapıştırıcılar

b) Formları açısından yapıştırıcılar

1.1.2.1. Kimyasal Reaksiyonla Sertleşen Yapıştırıcılar

En güçlü yapıştırıcı sınıfı bu grupta yer alır. Kimyasal reaksiyonla birleşen yapıştırıcılara kimyasal reaksiyonla sertleşen yapıştırıcılar da denilmektedir.

1.1.2.1.1. Epoksiler

1.1.2.1.1.1. Epoksi Reçineleri

Epoksi reçineleri birden fazla epoksi grubu kapsayan ve termoset ürünlere dönüşen ön polimerlerdir. Epoksi reçinesi sertleştirilmemiş haliyle viskoz sıvı veya kırılğan katı halde bulunan ve ısıtıldığında akışkan hale gelen bir polimerdir.

Epoksi reçineleri tek başına kullanılmazlar. Formülasyona katılan başka maddelerle polimerize olarak veya çapraz bağlanarak farklı özelliklere sahip termoset yapıda plastik madde meydana getirirler. Kimyevi tepkime neticesinde elde edilen sert, geri dönüşü olmayan alttaki özellikleri olan reçine meydana gelmektedir (Özenç 2007).

- Değişik yüzeylere mükemmel yapışma,
- Aşınmaya karşı dayanıklılık,
- İyi elektriksel özellikler,
- Pişerek sertleşme esnasında yan ürünlerin oluşmaması,
- Pişme sonucu büzülmenin oluşmaması,
- Boşluk doldurma özelliğine sahip olması,

- Alkali, asit ve çözücülere rutubete karşı dayanıklılık,
- Farklı malzemelerin yapıştırılması,
- Düşük sıcaklıklarda yük altında uzun süre kullanılması,

Kürleşen epoksi yapıştırıcılar sıvı halde iken, katı hale dönüşmektedirler. Kürleşme esnasında, termoplastik yapıdan termoset bir yapıya geçerler. Sertleştiriciler, polimerizasyon için ya bir katalizör ya da çapraz bağlama bileşimidir. Tablo 1.4’ te epoksi reçinelerde kullanılan sertleştiriciler ve özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.4. Epoksi reçinelerinde kullanılan sertleştiriciler (Özenç 2007)

Sertleştirici	Kürleşme Süresi	Açıkta Kalma Süresi	Özellikleri
Aromatik Sulfonik Asit	2-5 dakika	1-2 dakika	Hemen sertleşme
Primer Aminler	2-4 saat	30 dakika	Oda sıcaklığında hızlı sertleşme
Poliamid	8 saat	4 saat	Oda sıcaklığında yavaş sertleşme
Aromatik Aminler	2 saat	12 saat	120 °C’ de hızlı sertleşme, mükemmel ısı ve kimyasal direnç
Tersiyer Aminler	30 dakika	2-24 saat	120 °C’ de hızlı kürleşme
Boron Tri Florür (Lewis Asidi)	4 saat	6 aya kadar	120 °C’ de hızlı kürleşme, zayıf yapışma
Asid Anhidrit		1 hafta	150 °C’ de yavaş kürleşme, yüksek sıcaklığa dayanım

Epoksi yapıştırıcılarının özellikle iki bileşenli olan yapıştırıcıların bileşenlerinden biri sertleştiricilerdir. Epoksi reçineleri sertleştirici ile yapıştırıcı kullanılacağı zaman karıştırılmaktadır. Sertleştirici ile tepkimeye giren epoksi reçinesi katılarak malzemelerin yapışmalarını sağlarlar.

Epoksi reçineleri, termoplastik ve termoset reçineleriyle karıştırılarak farklı özelliklere sahip yapıştırıcıların yapılmasında kullanılırlar. Epoksi reçinelerinin diğer reçinelerle yapmış olduğu iki polimerli yapıştırıcılar, hem epoksi yapıştırıcılarına daha geniş bir

kullanım alanı sağlamakta hem de özel maksat ve farklı koşullarda kullanılabilen yapıştırıcıların elde edilmesini muhtemel kılmaktadır.

1.1.2.1.1.2. Epoksi Yapıştırıcıları

Değişik özelliklere sahip olan ve çok kuvvetli yapışma sağlayan epoksi yapıştırıcıları geniş kullanım alanına sahiptir. Farklı malzemeleri ve yüzeyleri yapıştırmada çok etkindirler. Metaller, plastikler, ağaç, cam, seramik, beton ve benzeri malzemeler, epoksi yapıştırıcılarının yapıştırdığı malzemeler arasında bulunanların başlıcalarıdır. Bu kadar değişik özellikte olan malzemeleri ya kendilerine ya da başka malzemelere yapıştırmak, epoksi yapıştırıcılarının nemlendirme, penetrasyon yeteneğinden, düşük viskoziteli oluşlarından ve bünyesinde polar ve nonpolar grupları bulundurmasından kaynaklanmaktadır (Özenç 2007).

Epoksi yapıştırıcıları, elektrik ve elektronik sanayisinde, otomobil endüstrisinde, uçaklarda, inşaat, metallerin, kâğıt, ağaç, seramik ve camın yapıştırılmasında kullanılmaktadırlar. Bazı firmalara ait epoksi yapıştırıcılar Tablo 1.5'te verilmiştir.

Kendi molekülleri arasındaki çekim gücü diğer yapıştırıcılara göre daha kuvvetlidir. Fakat epoksi yapıştırıcılarının bu özeliği yapıştırıcıya ilave edilen dolgu maddeleriyle değişebilmektedir.

Tablo 1.5. Epoksi yapıştırıcılar için ticari örnekler (Özenç 2007)

Üretici Firma	Ticari Adı
Loctite	3607, 3609, 3106, 3611, 3612, 3380
Loxal	31-10, 31-40, 34-15, 35-44, 36-10, 36-15
Weicon	WeiconA, WeiconC, WeiconSF, WeiconWR
Devcon	One-Minute Epoxy Gel, HP-250
Permabond	E04, E32, ESP110

1.1.2.1.1.3. Epoksi-Polisülfid Yapıştırıcısı

Polisülfid-epoksi karışımıyla elde edilen yapıştırıcının özellikleri polisülfid/epoksi oranına, kullanılan sertleştiriciye, dolgu maddesi ve diğer katkı maddelerine bağlı olarak değişmektedir. Yapıştırıcı genellikle sıvı haldedir ve kurluşme sıcaklığı oda sıcaklığıdır. Yapıştırıcı hava şartlarına, suya, hidrokarbon, alkol ve ketonlara karşı oldukça dayanıklıdır. Esnekliğin istendiği yerlerde kullanılmaktadır fakat epoksi yapıştırıcısına göre daha fazla büzülme meydana gelmektedir. Epoksi reçinesine göre dezavantajı nemi emmesi ve bazı metallerde korozyona sebep olmasıdır (Özenç 2007).

1.1.2.1.1.4. Epoksi-Fenolik Yapıştırıcısı

Yüksek sıcaklıklara karşı dirençli olarak hazırlanan epoksi-fenolik yapıştırıcısı 60°C ve 260°C gibi bir sıcaklık aralığında kullanılmaktadır ve bu aralıkta karışımın oldukça iyi mekanik özellikleri bulunmaktadır.

Yapıştırıcının kurluşmesi ise yüksek sıcaklıkta meydana gelmektedir. Epoksi-fenolik yapıştırıcıları, yüksek sıcaklıkta dayanıklı olmalarına rağmen kriyojenik sistemlerde kırılırlar ve çatlamaktadırlar. Düşük sıcaklıklarda kullanılmaları için formülasyonda değişiklik yapmak ve ilave katkı maddeleri kullanmak gerekir (Özenç 2007).

1.1.2.1.1.5. Epoksi-Poliamid Yapıştırıcısı

Epoksi reçinesine katılan poliamid miktarının artması, yapıştırıcının daha esnek olmasını, ayırma gücünün kuvvetli olmasına sebep olmaktadır. Poliamid miktarının az olmasıyla daha sert, aromatik ve alifatik çözücülere ve yağlara, tuzlu suya dayanıklı çekme-uzama dayanımı kuvvetli olan bir yapıştırıcı elde edilir.

Her iki durumda da mekaniksel özelliklerinin iyi olması ve istenen şartların tamamen sağlanması mümkün değildir. Epoksi-poliamid yapıştırıcılarının genişmesi farklı olan malzemelerin yapıştırılmasında kullanılabilir ve -70°C ile 120°C arasında değişen sıcaklıklarda dayanıklılık gösterebilir (Özenç 2007).

1.1.2.1.1.6. Epoksi-Naylon Yapıştırıcısı

Epoksi-naylon yapıştırıcısı katı, sert ve kuvvetli bir yapıdadır. Şok ve vibrasyona karşı mükemmel bir dayanıklılığa sahiptir fakat neme ve kimyasallara karşı direnci düşüktür. Isı ve basınç altında kürleşmektedir. Metallerin yapıştırılmasında ve uçak sanayisinde kullanılmaktadır (Özenç 2007).

1.1.2.1.2. Anaerobikler

Tek bileşenli, oda sıcaklığında mayalanan polyester akrilikler havada sıvı halde kalır. Ancak oksijenden uzaklaştırıldığında süratli bir şekilde mayalanır. Lastikle muamele edilmiş anaerobik mayalanma operasyonu hızlanırken kötü koku çıkarırlar, yanabilirler ve toksittirler. Yağlı yüzeylerde dahil, neredeyse her malzemeye yapışabilirler. Sızdırmazlık amacı ile kullanılır (Çalık 2008).

1.1.2.1.3. Poliüretanlar

Poliüretanlar suyun, izosiyanat grupları içeren bir katkı maddesi ile kimyevi tepkimesi sonucunda oluşurlar. Su molekülünün yapıştırıcının içine nüfuz ederek yapıştırıcı bağlarının oluştuğu her noktaya nüfuz etmesi gerekir ancak yan ürün açığa çıkmaz. Ortamın bağıl nemi kürleşme hızını etkilemektedir.

Poliüretanların genel özellikleri şunlardır:

- Mükemmel dayanıklılık
- Esneklik, yüksek uzama yeteneği
- Mükemmel boşluk doldurma
- Kürleştikten sonra boyanabilme
- Mükemmel kimyasal direnç

En iyi ve uzun ömürlü yapışma için uygun temizleyici ve primerlerin kullanılması tavsiye edilir.

1.1.2.1.4. Akrilikler

Bunların çoğu, birleştirilecek yüzeylere ilk olarak birincil katalizör sistemler için uygulanır. Sonra yapıştırıcı uygulandığı zaman anaerobik gibi davranır ve oda sıcaklığında kuvvetli bir termoset oluşturur. Yüksek mukavemetli ve hızlı sertleşmektedir. Yapışma yüzeylerinin birine reçine, ötekisine katalizör tatbik edilerek yapışma sağlanır (Çalık 2008).

1.1.2.1.5. Modifiye Edilmiş Fenolikler

Yüksek mukavemet gerektiren metal ile metal, metal ile ağaç vb. malzemelerin yapışmaları için uygundur. Isı ve basınç uygulanarak sertleşmektedir.

1.1.2.1.6. Cyanoacrylate'ler

Yapıştırma işleminin gerçekleşeceği yüzeyler üzerindeki nemin reaksiyonu ile sertleşirler. Plastik parçalar için oldukça uygun olmakla beraber çok kısa sürede kurumaktadır.

1.1.2.2. Fiziksel Değişim ile Sertleşen Yapıştırıcılar

1.1.2.2.1. Sıcak Eriyikler

Polimer esaslı olan sıcak eriyikler hafif yüklere maruz kalacak şekilde tasarlanmıştır.

1.1.2.2.2. Kauçuk Yapıştırıcılar

Su ortamının yada çözülmenin kaybolması ile sertleşen bu yapıştırıcılar yüke maruz kalan yapışmalar için uygun değildir.

1.1.2.2.3. PVA'lar

Ağaç ve karton gibi gözenekli malzemelerin yapışması için uygun olmalarının yanında endüstride oldukça geniş kullanım alanı bulmaktadır.

1.1.2.3. Basınç Gerektirmeyen Yapıştırıcılar

Bu yapıştırıcılar sertleşmemelerine rağmen çevre şartları durumlarını değiştirirler. Etiket için uygundur fakat yüke maruz yapışmalar için uygun değildirler.

1.1.2.4. Formları Açısından Yapıştırıcılar

Kullanım formlarına göre yapıştırıcılar aşağıdaki gruplarda değerlendirilebilirler;

- Macun tip yapıştırıcılar
- Film tipi yapıştırıcılar
- Düşük viskoziteli yapıştırıcılar
- Düşük yoğunluklu yapıştırıcılar
- Reçineler
- Köpükler

1.1.2.5. Reçineler

Kompozit kumaşların emdirilmesi için kullanılan, iki parçalı düşük viskoziteli epoksi reçinelerdir. Optimum yapışma kuruma eğrisine göre sertleşme işlemi tamamen sona erdikten sonra elde edilebilir. Karışma oranı yanlış yapılırsa uygulama süresi izafi olarak düşer (İşcan 2007).

1.1.2.6. Köpükler

Kuruma süresince genişleyen epoksi esaslı yapıştırıcılardır. Bu yapıştırıcılar birleşmedeki boşlukları doldurur ve birleşen parçalarının tümünü birbirine güçlü bir şekilde yapıştırır. Köpük kalınlığının en az 2 mm olması istenir (İşcan 2007).

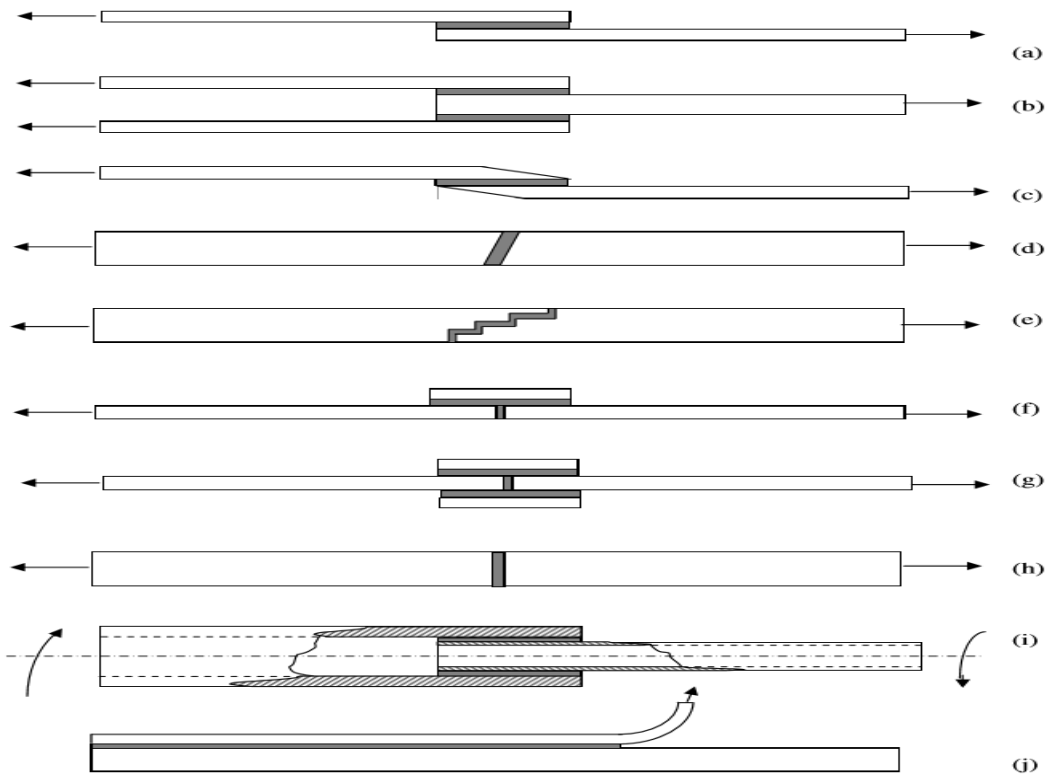
1.1.3 Yapıştırıcı ile Birleştirme Şekilleri

Yapısal mühendislik tasarımlarının esası, bir yükleme durumunda yükleri tanımlayabilmek ve oluşacak gerilmeleri hesaplamak olmalıdır. Yükleme sistemi genellikle bir işlev ile belirlenir ama tasarımcı en uygun ve maliyet açısından en etkili çözüme erişecek en iyi malzeme ve tasarım tekniğini kullanma özelliğine sahip olmalıdır.

Bu da kesintisiz olarak teknolojiye ilerlemeyi gerektirir ve yapısal yük ve gerilmeleri ölçecek çağdaş mühendisliğin ehemmiyetini artırmaktadır (Adams 1984).

Yapıştırıcı bağlantılarındaki gerilme dağılımı ve bağlantının hasar mukavemeti hakkında yeterli bilgiye sahip olmak iyi bir tasarım için en önemli gerekliliktir. Bağlantının davranışını, geometri ve malzeme davranışı gibi parametreler etkiler (Taib 2006).

Yaygın olarak kullanılan yapıştırıcı ile birleştirme şekilleri aşağıda verilmiştir (Şekil 1.7).

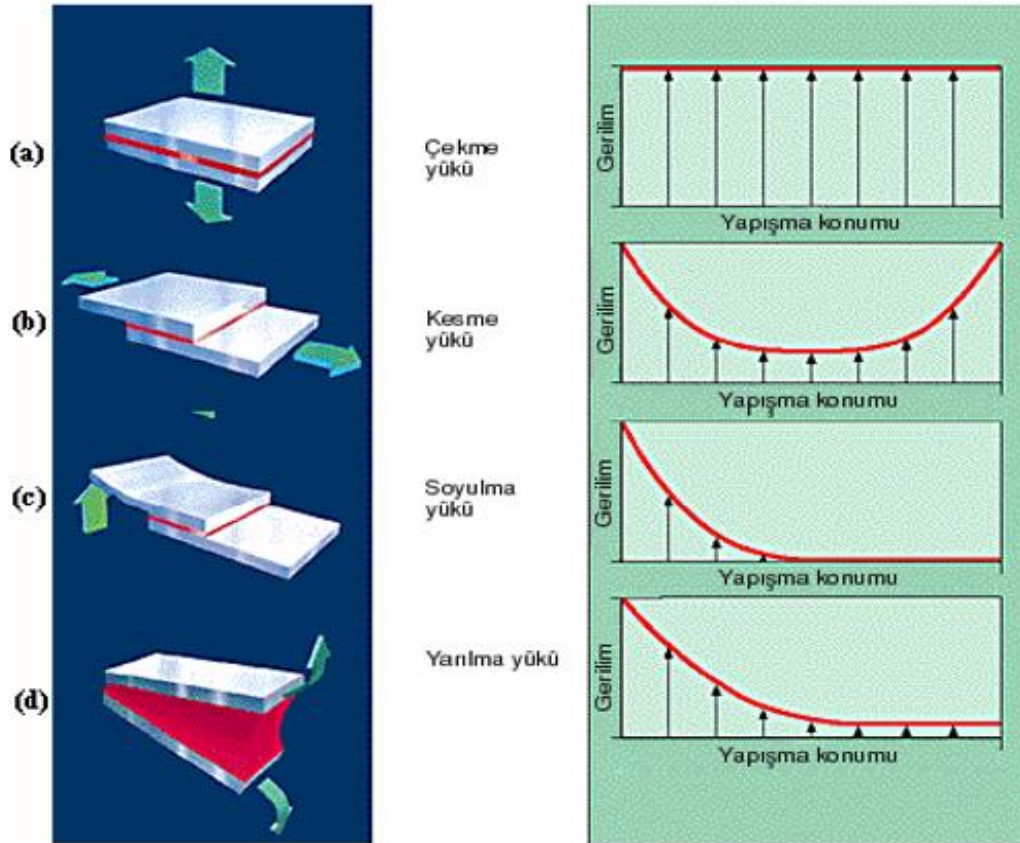


Şekil 1.7. Bazı yapıştırma bağlantı tipleri, (a) tek tesirli bindirme, (b) çift tesirli bindirme, (c) boyun bindirme, (d) açılı bindirme, (e) teraslama, (f) tek takviyeli bindirme, (g) çift takviyeli bindirme, (h) alın bağlantı, (i) silindirik bindirme, (j) soyulma (Adin 2007)

1.1.4. Yapıştırıcı Bağlantılarında Karşılaşılan Gerilme Halleri

Bir yapıştırma bağlantısına etki eden yükler farklı türde gerilmelere sebep olur. Gerilmeler genel olarak N/mm^2 olarak belirtilir. Yapışma çizgisinde gerilim dağılımı düzgündür bu durum yalnızca çekme veya yalnızca basınç yüklerindedir. Dolayısıyla yapışma çizgisinin her noktası aynı yükü taşır ve gerilimi hesaplamak için etki eden kuvvet yapışma alanına bölünür. Gerçek hayatta, yalnızca çekme ve yalnızca basma yükleri çok

enderdir ve daha çok kesme, yarıлма ve soyulma yükleriyle karşılaşılır. Yapışma alanının kenarları, orta noktaya göre daha yüksek gerilmeye dayanmalıdır. Bir ek yerine yarıлма veya soyulma kuvveti uygulandığında, gerilmenin büyük kısmı bir kenarda yoğunlaşır (Solmaz 2008).



Şekil 1.8. En yaygın yük tipleri ve bindirme bölgesindeki gerilme dağılımları (Solmaz 2008; Loctite 1988)

Belirlenen yapıştırıcıdan en yüksek verimi almakta en önemli parametre ek yeri tasarımıdır. Tasarım, yapıştırıcının özelliklerine göre ayarlanmalı ve en riskli yük koşulları göz önüne alınarak optimize edilmelidir.

Şekil 1.8’de yapıştırıcı bağlantılarında meydana gelen dört önemli gerilmeyi oluşturan yükleme tipi ve bindirme bölgesindeki gerilme dağılımları verilmiştir.

Çekme yükü altında yapıştırıcı tabakasına dik olarak etki eden kuvvetler Şekil 1.8a’da görüldüğü gibidir. Bu kuvvetlerden ötürü meydana gelen gerilme, yapışma alanına eşit olarak dağılmaktadır. Fakat bağlantıya yalnızca böyle bir gerilmenin etkidüğinden emin

olmak her zaman mümkün değildir. Eğer eksenden kaçık olarak kuvvet etki ederse yapışma alanına gerilmenin eşit yayılma avantajı kaybolacak ve bağlantının bozulma olasılığı artacaktır (Temiz 2003).

Şekil 1.8b'de kesme yükleri yapıştırılan alanın tümüne düzgün etki eder. Bu tür yüklemelerde yapışma alanının tamamının etki altında olması bağlantı ömrünü arttırarak ekonomiklik sağlar. Eğer mümkünse bağlantılar yükün büyük bir kısmını kesme yükü olarak iletilebilecek biçimde oluşturulmalıdır.

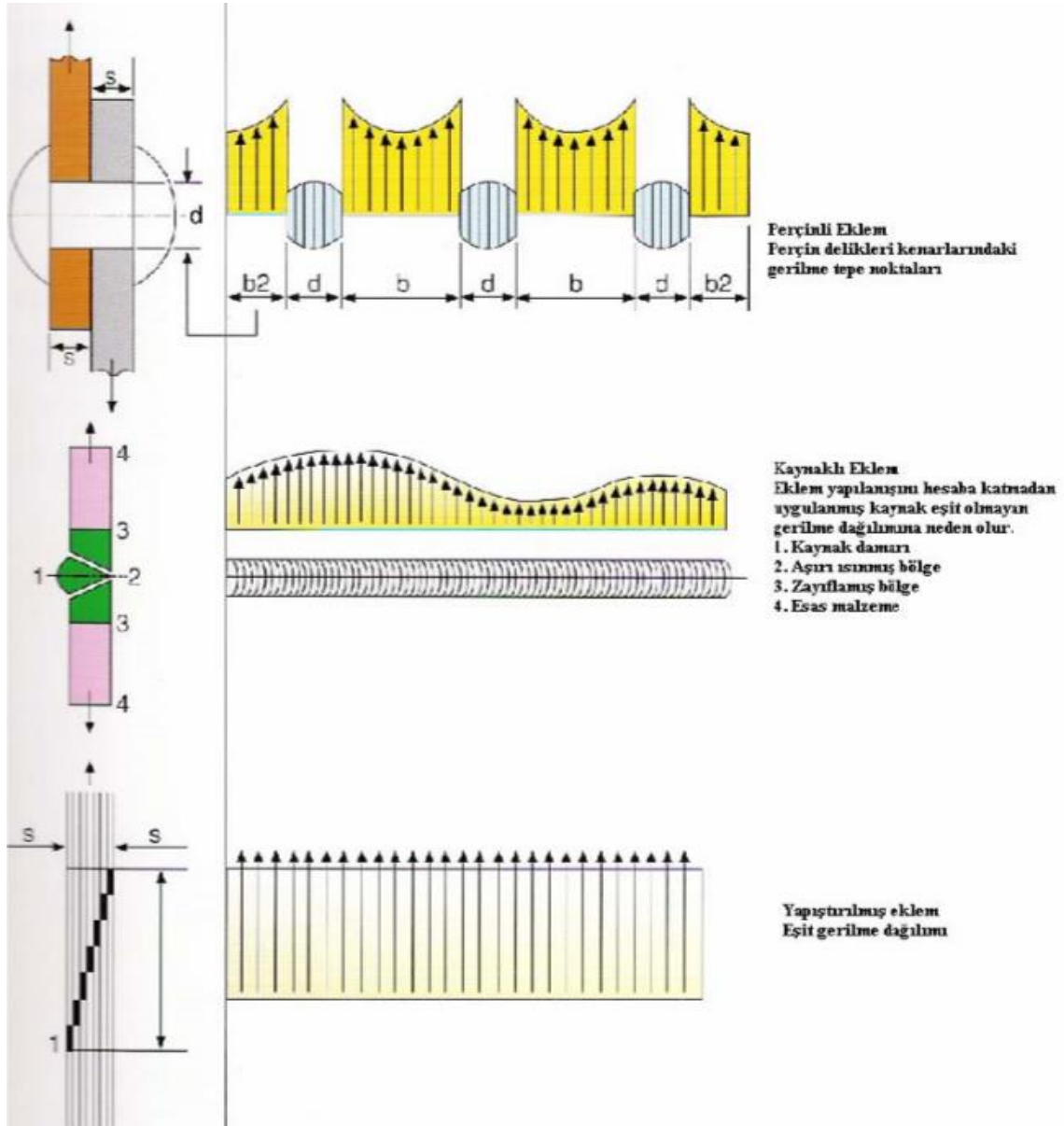
Bu tür gerilmenin oluşması için yapıştırılan malzemelerden biri veya her ikisi de esnek olmalıdır (Şekil 1.8c). Böyle yüklemelerde bağlantı sınırında oluşan gerilme çok yüksektir. Bağlantı çok geniş veya yük düşük olmadıkça yapıştırma bağlantısı hızlı bir şekilde bozulacaktır. Kaçınılması gereken bir yüklemedir.

Şekil 1.8d'de görülen yükleme, ekseriyetle eksenden kaçık çekme kuvvetinin veya momentinin sonucudur. Daha önceki gerilmelerin aksine bu gerilme, yapışma alanına eşit olmayan biçimde etkimekte ve bağlantının bir tarafında yoğunlaşmaktadır.

Bu gerilmeyi karşılamak için yeterli derecede yapışma alanına gereksinim vardır. Çekme veya kesme gerilmelerine göre bu alan daha fazla olduğu için bu stil bağlantı tavsiye edilmez; zira maliyet artar (Kayacan 1988).

1.1.5. Yapıştırma Bağlantılarının Diğer Çözümeyen Bağlantılarla Karşılaştırılması

Kaynak, perçinleme ve diğer mekanik irtibatların tümünün yerini yapıştırıcı ile birleştirme tekniğinin alacağı düşünülmesi yanlıştır. Bu alışılmış birleştirme tekniklerinin her biri değişik koşullar altında kendine has üstünlüklere sahiptir. Şekil 1.9'de perçin, kaynak ve yapıştırıcı bağlantılarında meydana gelen gerilme dağılımları görülmektedir.



Şekil 1.9. Kaynak, perçin ve yapıştırıcı birleştirmelerinde oluşan gerilme yığılımları (Solmaz 2008; Sika Teknoloji 2008)

Farklı birleştirme usullerinin belirli avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi izah edilebilir ve kıyaslanabilir (Solmaz 2008; Apalak 1998; Rende 1996; Bozacı 1995).

1.1.5.1. Perçin Bağlantıları

Perçin bağlantılarında gerilme dağılışı düzgün değildir. Perçin delikleri kesiti küçültür ayrı olarak çentik tesiri hasebiyle deliklerin kenarlarında kritik gerilme uçları oluşur.

Bindirme perçin bağlantılarında kuvvet tam ortaya tesir etmediği için ek olarak bir eğilme momenti de ortaya çıkabilir.

1.1.5.2. Kaynak Bağlantıları

Parçalara uygun bir yerleştirme ve şekillendirme kaynak yoluyla verilerek, malzemelerden daha iyi faydalanıp, iyi bir birleştirme yapmak mümkündür. Fakat kaynak işlemi esnasında malzemenin ergimesi ve daha sonraki soğuma şartları, malzemelerin iç yapısındaki değişimler, iç gerilmelere ve düzgün olmayan gerilme dağılımlarına sebep olmaktadır. Bu duruma bağlı olarak mukavemet değerlerinde bir azalma muhtemeldir.

Değişik malzemelerin birbiriyle kaynak edilmesi de bir hayli meseleler doğurur. Birleştirilecek malzemelerin her ikisinin de aynı tip olması halinde kaynak uygun olabilmektedir.

Kaynak işlemi yüksek dayanımlı çeliklere ve metal alaşımlara özellikle tatbik edilebilir. Bunların da kimilerinin kaynak edilebilme kabiliyetleri oldukça düşüktür ve bu sebeple uygulamada kaynak edilemezler.

1.1.5.3. Lehim Bağlantıları

Farklı malzemeleri birleştirmek lehimleme ile mümkündür. Lehimleme sıcaklığı birleştirilen malzemenin ergime derecesinden daha düşüktür. Bunun yanı sıra sert lehimlemede içyapı değişimleri gözlemlenebilir. Lehimlemede dekapan kullanıldığı için yüzey temizliğine dikkat edilmeli yüzey lekeli olursa korozyon tehlikesi doğar.

1.1.5.4. Vida ve Cıvata ile Yapılan Bağlantılar

Vida ve cıvata ile yapılan bağlantılar için işlem önceliği uygun deliklerin matkapla veya darbeyle delinmesi gereklidir. Açılan delikler birleştirilecek parçaların zayıflamasına neden olur bu yüzden boşlukların dolgu malzemeleri ile doldurulmasını gerektirir.

Ayrıca yüklemeye beraber bağlantılarda üniform olmayan gerilmeler ortaya çıkar. Düzensiz gerilme dağılımları düşük yorulma dayanımlarına da neden olabilmektedir.

Diğer olumsuzluklar ise kılcal ve mekanik temas korozyonu riski, yüzey pürüzlülüğü, tekrarlı yükler altında yumuşamadır. Bu birleştirme yöntemi genellikle yavaş ve emek isteyen bir işlemdir.

1.1.5.5. Sıkı Geçme Bağlantıları

Bu birleştirme tipi sınırlı bir uygulama alanına sahiptir. Bu işlem çoğunlukla silindirik parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Pahalı küçük toleranslı yüzey işlemleri gerektirir. Oluşabilecek gerilmeler göz önüne alınarak birleştirilen parçaların boyutlandırılması gerekmektedir.

1.1.5.6. Yapıştırma Bağlantıları

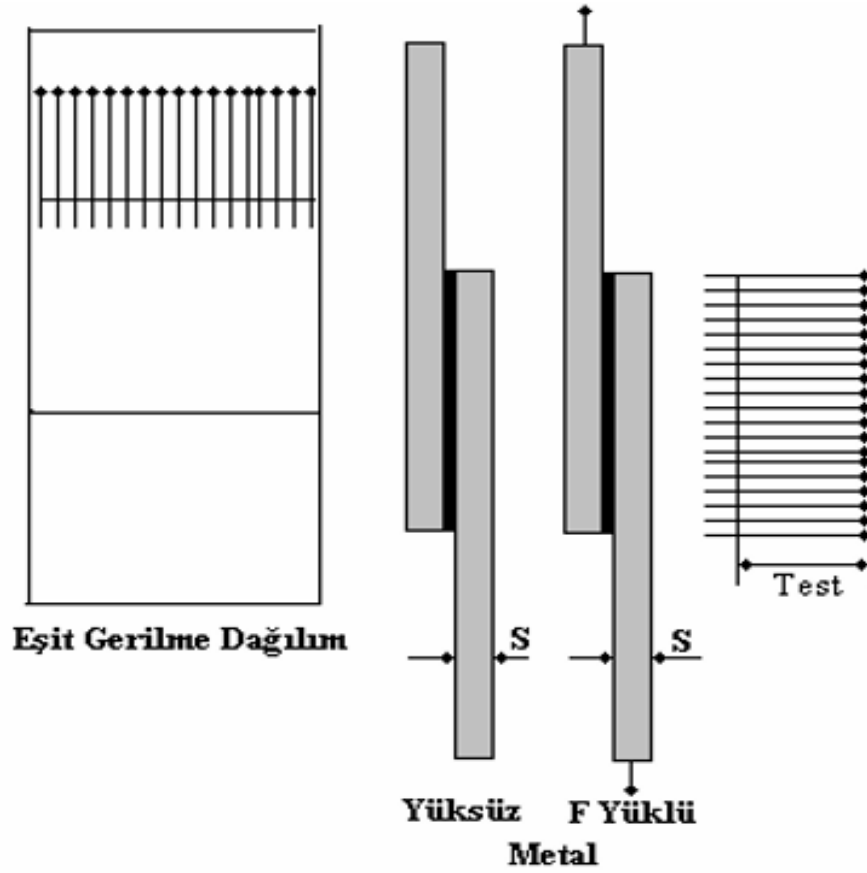
Metal yapıştırma bağlantılarında diğer bağlantılar için belirtilen sorunlar genel anlamda görülmez. Fakat yapıştırma bağlantıları, diğer bağlantıların yerini almaz onları tamamlar ve onların uygulandığı durumlarda etkili olur.

Yapıştırma bağlantıların diğer yöntemlere göre en büyük avantajı yüksek termik ve mekanik zorlamalar olmadan bağlantıları yapılabilmektedir. Bu nedenle birleştirilecek parçaların özellikleri değişmez.

Sıcak perçinleme ve kaynak bağlantılarında gözlemlenen iç gerilmeler mevcut değildir. Yük yönündeki gerilme dağılımı ile yüke dik yöndeki gerilme dağılımı aynıdır bu durum Şekil 1.10'daki gibidir.

Metal yapıştırma bağlantılarının tasarımındaki hususlar (Cerit 1994):

1. Yapıştırma bağlantıların yüzeyi çoğunlukla büyük olması gerekir.
2. Esas metalin akma sınırı dikkate alınarak yapıştırma bağlantıları hesaplanmalıdır.



Şekil 1.10. Bir yapıştırma bağlantısında gerilme dağılımı (Solmaz 2008; Gediktaş 1972)

3. Yapıştırma bağlantıları kayma gerilmelerine maruz kalacak biçimde şekillendirilmelidir. Çekme zorlamaları bu bağlantı cinsi için uygun değildir. Eğilme ve özellikle sıyrılmaya zorlanmalarından sakınılmalıdır.
4. Özel bağlantı formları ya da kombine bağlantılar kullanılarak yapıştırma bağlantılarının dinamik mukavemeti yükseltilmelidir.
5. Yapıştırılan parçaların rijitlik özelliği yüksek olmalıdır.
6. Yapıştırma bağlantıları farklı metallerin birleştirilmesinde uygundur.
7. Yapıştırıcı kalınlığı yaklaşık olarak 0.1mm olmalıdır. Yapıştırıcıya dolgu maddesi eklenmesi yapıştırıcının özelliğini değiştirmesi muhtemeldir.
8. Yapıştırma bağlantıları sızdırmazlık ve izolasyon özelliklerine sahiptir.







9. Yerinde kullanılan yapıştırma konstrüksiyonların maliyeti düşüktür.

1.1.6. Yapıştırma Bağlantılarında Meydana Gelen Hasar Tipleri

Hasar tiplerinin karakterize edilebilmesi için farklı yükleme durumlarındaki yapıştırma bağlantılarının ya da yapıştırıcının mekanik özelliklerinin tamamıyla anlaşılabilir olması gerekir. Yapıştırma bağlantılarında genellikle adhezyon ve kohezyon olmak üzere iki tür hasar modeliyle karşılaşılır.

Adhezyon hasarı yapıştırıcı-yapıştırılan malzeme ara yüzeyinde meydana gelen ayrılmadan kaynaklanan kopma olayı olarak adlandırılırken, kohezyon hasarı ise yapıştırıcı veya yapıştırılan malzemedeki hasardan dolayı meydana gelen kopma olayı olarak adlandırılmaktadır (Tablo 1.6).

Tablo 1.6. Temel hasar tipleri (ISO 10365) (Solmaz 2008)

	Hasar Tipleri	Tanımlanma Şekli
Yapıştırılan Malzeme	 <p>Yapıştırılan malzemelerin biri veya ikisinde de hasarın oluşması</p>	YH
	 <p>Kohesiv yapıştırılan malzeme hasarı</p>	KYH
	 <p>Kalkma (Deleminasyon) yoluyla hasar</p>	DH
Yapıştırıcı	 <p>Kohezyon hasarı</p>	KH
	 <p>Özel kohezyon hasarı</p>	ÖKH
	 <p>Adhezyon hasarı</p>	AH

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hosseinzadeh ve Taheri (2009), yaptıkları çalışmada bağlantılarda lineer olamayan yapıya sahip alüminyum ve kompozit malzemelerin tübüler yapıştırma bindirme mesafesine bağlı olarak burulma dayanımlarını incelemişlerdir. Elde edilen veriler neticesinde alüminyum-kompozit yapıştırılmış malzemelerin statik burulma kapasiteleri belirli bir bindirme mesafesinin artması ile artmıştır. Bindirme mesafesinin artması yüksek rijitlik sağlamasına rağmen istenilen performansı gösterememektedir.

Yazıcı (2007), farklı yapıştırıcı kalınlıklarının ve bindirme uzunluklarının gerilme üzerindeki etkilerini sonlu elemanlar yöntemiyle incelemiştir.

Sülü (2012), iç basınca maruz ve farklı yapıştırıcılar ile birleştirilen tabakalı kompozit boruların gerilme analizlerini gerçekleştirmiştir. Farklı birleştirme durumlarında, yama malzemesinin, kompozit tabaka sayısının, bindirme uzunluğunun, boru kalınlığının, oryantasyon açılarının bağlantı mukavemetine etkilerini deneysel ve sayısal olarak incelemiştir.

Xu ve Li (2010), yaptıkları çalışmada sonlu farklar metodunu kullanarak fiber takviyeli kompozit tüplerin burulma yüklemesi altındaki mekanik davranışlarını incelemişlerdir. Lif oryantasyonunun, kompozit tabaka diziliminin, yapışkan kalınlığının ve yapıştırıcı sertliğinin kayma gerilmesi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir.

Gül (2013), farklı takviye açılarından oluşan tabakalı kompozit boruları yapıştırıcı ile birleştirmiş ve boru bağlantılarına dıştan gelen basıncın etkisinde kritik burkulma yükünü incelemiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, cidar kalınlığı, yapıştırıcı takviye açısı, bindirme uzunluğu, malzeme türü gibi değerlerin kritik burkulma yüküne etkisi araştırılmıştır.

Peck ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada UV ile kürleştirilmiş FRP kompozit boruları birleştirmişlerdir. Birleştirdikleri kompozit borulara iç basınç ve eğme testleri uygulamışlardır. Denysel çalışma ile elde edilen sonuçların doğruluğunu sayısal çalışma ile pekiştirmişlerdir.

Yang ve Guan (2002), çalışmalarında kompozit borularda bağlantı şekilleri ve yöntemlerini; ısıtma örtülü bağlantı, flanş bağlantı, yapıştırma yuvalı bağlantı ve fiber takviyeli bağlantı olmak üzere dört grupta toplamışlardır. Kompozit boru bağlantısının birinci lamine kabuk teorisini kullanarak burulma ve çekme yükü altındaki analitik modelini geliştirmişlerdir.

Solmaz (2008), farklı yapıştırıcılar kullanarak farklı bindirme mesafelerinde farklı uç açısına sahip malzemeleri birleştirmiştir. Numunelerin çekme deneyi yapılmış ve bağlantıların hasar tipleri ile kuvvetleri belirlenmiştir.

Yıldırım (2016), farklı oryantasyon açılarında kompozit içi boş dairesel millerin eğilme ve burulma gerilmelerini deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde kompozit millerin mekanik davranışlarının oryantasyon açısına, fiber takviye malzemelerine, uzunluklarına ve et kalınlığına bağlı olarak değiştiğini gözlemlemiştir.

Aydın (2012), yapıştırıcı ile birleştirilmiş prizmatik geçmeli bağlantıların bağlantı mukavemetine bindirme mesafesinin, yüzey pürüzlülüğünün ve yapıştırıcı kalınlığının etkisini incelemiştir. Yüzey pürüzlülüğünün ve bindirme mesafesinin artması ile bağlantı mukavemetinin arttığı fakat belli bir değerden sonra bu değerlerin artmasının bağlantının mukavemetine etkisinin olmadığını belirtmiştir. Yapıştırıcı kalınlığının artışı ile bağlantının dayanımının azaldığını gözlemlemiştir.

Tafresri ve Bailey (2007), kombine yükler altındaki kompozit silindirin stabilitesini ve kusursuz olması durumundaki burkulma değerlerini doğrusal olmayan sonlu analiz yöntemiyle sayısal olarak araştırmışlardır.

Mertiny ve Ursinus (2007), yaptıkları çalışmada fiber takviyeli polimer kompozit boruların yorulma davranışlarını incelemiştir. Mekanik modellemeyle numune ve bağlantı noktalarındaki hasarları incelemiştir.

Öner (2009), tabakalı kompozit malzemeden yapılmış burulmaya maruz ince cidarlı dikdörtgen kesitli tüplerin burulma burkulmasını incelemiştir. Takviye açısı, kesit ve uzunluğun kritik burkulma yükü üzerine etkileri ANSYS paket programı kullanılarak araştırılmıştır.

Taş (2016), Farklı yapıştırıcılar ile birleştirilmiş konik geçme bağlantılarının burulma momenti performanslarını sayısal olarak incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda, yapıştırıcısız bağlantılarda meydana gelen tüm gerilme değerlerinin yapıştırıcılı bağlantılara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna karşılık yapıştırıcı kalınlığının artışı gerilmeye düşüşe sebep olmuştur. Koni tepe açısı artışının bağlantıların hepsinde gerilme değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Şekercioğlu ve ark. (2003), silindirik geçmeli yapıştırma bağlantılarında yüzey pürüzlülüğünün etkisini incelemiştir. Deneyler hem dinamik hem de statik yükleme koşulları için yapılmıştır. Çok pürüzlü ve çok parlak yüzeylerde düşük kayma gerilmesi değerleri bulmuşlardır.

Adams ve Peppiatt (1997), çalışmalarında aksenal ve burulma yüklemelerine maruz kalan yapıştırıcı ile birleştirilmiş tübüler bindirme bağlantılarında doğan gerilmeleri, aksenal simetrik quadratik izoparametrik sonlu elemanlar yöntemiyle analiz etmiş ve karşılaştırmıştır.

Knox ve ark. (2000), yapıştırıcı ile birleştirilmiş polimer kompozit boruların aksenal ve eğme kuvvetlerine maruz bırakılması sonucu oluşan etkiyi incelemiştir.

Labbe ve Drouetn (2012), aksenal yüklemeye maruz boruların bindirilerek birleştirilmesi ile ilgili araştırma yapmışlardır. En uygun bağlantı çeşitleri, yapıştırıcı uzunluğu, yapıştırıcı tabakası ve iç yüzey çapı ile karakterize edilirken, yüzey kalınlıkları arasında yarı-doğrusal bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Hur ve ark. (2008), kompozit silindirlerin dış hidrostatik basınç altında burkulma davranışlarını sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Sayısal çözümleme için ACOSwin programını kullanmışlar ve sonuçları kıyaslamışlardır.

Kwon ve Lee (2000), çalışmalarında silindirik çelik malzemeler epoksi yapıştırıcı ile birleştirilmiş ve burulma yorulma testine tabi tutulmuştur. Yüzey pürüzlülüğünün ve yapıştırıcı kalınlığının yorulma dayanımına olan etkisi araştırılmıştır. Numunelerin yüzey pürüzlülük değeri $Ra=0.56-5 \mu\text{m}$ arasında incelenmiştir. Yorulma mukavemeti için ise en uygun pürüzlülük değerinin $0.3 \mu\text{m}$ ve yapıştırıcı kalınlığının ise 0.17 mm olarak belirtmişlerdir.

Turgut ve Sancaktar (1991), kompozit malzemelerde fiber-matris yapışması üzerine yükleme durumlarının ve kırılmanın etkilerini incelemişlerdir.

Knox ve ark. (2001), yaptıkları çalışmada konik olarak yapıştırılmış polimer kompozit boruların çeşitli mod ve yüklemeler neticesinde sürünme performansını ve aynı zamanda bağlantılardaki hasar toleranslarını araştırmışlardır.

Shokrieh ve ark. (2004), Bir şaftın burulma davranışını incelemişler ve kritik burkulma hesabı için sonlu elemanlar metodunu kullanmışlardır. Tabaka diziliminin, takviye açısının ve sınır şartlarının kompozit şaftın mekanik davranışı üzerine etkisini araştırmışlardır.

Nemeş ve Lachaud (2010), tarafından yapılan çalışmada çift bindirmeli yapıştırıcı ile birleştirilmiş bağlantıların mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Analitik model için elde edilen verilerin doğruluğunu deneysel ve sayısal olarak göstermişlerdir.

Shi ve Cheng (1993), çalışmalarında aksenal yüke maruz silindirik mafsal bağlantılarındaki gerilmeyi incelemişlerdir. Minimum komplementer enerji prensibi kullanılarak kapalı formda çözümler elde etmişlerdir.

Zou ve Taheri (2006), boru tesisat sistemlerinde en yaygın yükleme koşullarından biri olan burulmaya maruz kalan çeşitli ortak konfigürasyonların yanıtları incelenmiştir. Analiz genel kompozit kabuk teorisine dayanmaktadır. Üst üste binme uzunluğu ve

yapışkan tabakanın kalınlığı gibi çeşitli parametrelerin fonksiyonları olarak eklemlerin ucundaki ve yakınındaki gerilme konsantrasyonları incelemiştir.

Imanaka ve ark. (1995), yapıştırıcı ile birleştirilmiş CFRP boru / çelik mil bağlantılarının yorulma dayanımlarını ve boru kalınlığı ile bindirme uzunluğunun etkisini incelemiştir. Sonlu elemanlar metodu ile yapıştırıcı tabakadaki gerilme dağılımlarını analiz etmiştir.

Turgut ve ark. (1995), birleştirme işlemlerinde kullanılan yapıştırıcıların, polimerleşme sürelerinin ve sıcaklıklarının çekme davranışı üzerine etkisini incelemiştir.

Etitem ve Dong (1995), çalışmalarında burulma ve eksenel yükleme altındaki tabakalı kompozit çubukların stabilite verilerinin doğruluğu üzerine bir parametrik çalışma sunmuşlardır.

Kim ve ark. (2004), yapıştırıcı ile birleştirdikleri cam ve karbon kompozit boruların mekanik davranışlarını deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Farklı bağlama uzunluklarının etkilerini araştırmışlardır.

Cheng ve ark. (2006), yapışkan tabakalardaki gerilme yoğunluğunu azaltmak için bağlantı kuplörüne sensör olarak entegre ederek piezoelektrik tabakaların bütünleştirilmesiyle yeni bir kompozit boru birleştirme sistemi geliştirmişlerdir. Bağlantı sistemlerinin eksenel yük altındaki karakteristiklerini araştırmışlardır.

Bert ve Kim (1995), hareketli kompozit millerin burulma davranışlarını analitik olarak incelemiştir. Ardışık yüklemelerle hareketli kompozit millerin burulma yüklerini hesaplamışlar ve teorilerine bağlı olarak bileşik burulma, saf burulma ve eğilme altındaki millerin burulma değerlerini belirlemiştir.

Ouyang ve Li (2009), yapıştırıcı ile birleştirilmiş boruların burulma yüklemesi altında göstermiş oldukları elastik davranışlarını analiz etmiştir ve analitik derivasyonlar kohesive zone model temel alınarak yapılmıştır.

Knox ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada yapıştırılarak birleştirilmiş kompozit boru bağlantılarının dış mekanik yüklemelere maruz yorulma davranışlarını deneysel olarak incelemişlerdir.

Chen (1992), yaptığı çalışmada tübüler kompozit parçalarla yapılan bindirme bağlantıda, kapalı form çözümü burulma etkisinde doğan gerilmeler için yapılmıştır. Bindirme uçlarında gerilme konsantrasyonları, yapıştırıcı kalınlığının, takviye fiberin sarım açısı ve bindirme uzunluğu fonksiyonu olarak analiz etmiştir.

Sivri (2005), çok katlı kompozit silindirlerin eksenel yük ve burulma yüklemeleri altındaki davranışlarını incelemiştir.

Huysmans ve ark. (1998), iç basınca maruz bırakılan cam fiber takviyeli plastik boruların yeni geliştirilmiş bir birleştirici türü üzerine etkileri sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmişlerdir. Birleştirici eleman köşeleri ile birleştirici eleman içindeki gerilme dağılımları ve boru içinde yer alan gerilme yoğunluklarının homojen olmadığını belirtmişlerdir.

Shahid ve Hashim (2002), yaptıkları çalışmada yüzey pürüzlülüğünün yarıma dayanımına etkisini deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar neticesinde yarıma dayanımının yüzey pürüzlülüğü arttıkça arttığını belirtmişlerdir.

Croccolo ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada anaerobik bir yapıştırıcı kullanılarak çelik bir boru içerisine karbon epoksiden üretilmiş boruyu yerleştirip birleştirmişler. Bağlantının sürünme katsayısı ve yapıştırıcı kayma mukavemeti davranışını incelemişlerdir.

Jeroen ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada standart API hat borusu kuplajının ve iki modifiye kuplajın yorulma ömrünü deneysel olarak incelemişler. Kaplinin geometrisinin bağlantı etkisi üzerindeki yorulma ömrünü, 4 noktalı eğilme yorulma testi düzeninde test etmişler ve S-N eğrileri elde etmişler. Sonuçları sonlu elemanlar modeliyle karşılaştırıp değerlendirmişlerdir.

Vaziri ve Hashemi (2002), çalışmalarında harmonik bir aksenal yüke maruz kalan yapışkan olarak bağlanmış tübüler eklemelerin dinamik tepkilerini belirlemişlerdir. Borulu eklem geometrilerinin, malzeme özelliklerinin ve yapışkan özelliklerinin sistemin dinamik tepkisi üzerine etkilerini incelemişlerdir.

Das ve Baishya (2016), yaptıkları çalışmada iç basınca maruz tabakalı FRP kompozit borular ile yapılandırılmış soket bağlantılarının üç boyutlu gerilme analizini yapmışlardır.

Li ve ark. (2015), çalışmalarında korozyon önleyici plastik alaşımlı kompozit boruya yapılandırılmış yapışkan metal parçasının gerilme analizini incelemişlerdir.

Rohem ve ark. (2016), bu çalışmada borularda tamir için yeni bir polimerik matris kompozitin incelemesini yapmışlardır. İlk önce, mekanik ve termal olmak üzere yeni geliştirilen kompozit tabakanın özelliklerini belirlemişler ve borunun performansının değerlendirilmesini hidrostatik testlerle yapmışlardır.

Liu ve ark. (2017), çalışmalarında CFRP yamaları ile tamir edilmiş çatlağı olan alüminyum alaşımlı boru performanslarını tam olarak anlamak için 7005 tipi ticari borularda bir dizi yorulma ve yarı-statik testler yapmışlardır. Yapay çatlaklar ile hasar görmüş olan boru şekillendirilmiş CFRP yamaları ile sarılmıştır. Onarım işleminde vida dişi ve mekanik taşıma yöntemleri uygulanmıştır. Yama uzunluğunun ve katman sayısının etkileri aynı zamanda değerlendirilmiştir. Optimize olarak tasarlanmış CFRP yaması onarılmış alüminyum boruların yorulma testlerinde en iyi sonuçları vermiştir.

Parashar ve Mertiny (2011), bu çalışmada boru ölçeklendirmenin, yapıştırıcı ile bağlanmış FRP borularının dayanıklılığı üzerine etkisini incelemişlerdir. Sonlu elemanlar analizi kullanılarak malzeme mukavemeti ve kırılma mekaniğindeki temeller ile yapıştırıcı bağlantılı dayanım üzerindeki boyutsal etkileri araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır.

Esmacel ve Taheri (2011), boru şeklindeki yapılandırılmış bağlantı elemanlarında oluşan delemantasyonun burulmaya maruz kalması sonucu oluşan gerilme dağılımı üzerine ABAQUS sonlu elemanlar modeli kullanılarak kapsamlı bir parametrik çalışma yapmışlardır.

Han ve ark. (2015), çalışmalarında boru bağlantılarının ara yüz davranışını incelemişlerdir. İlk olarak doğrusal olmayan kırılma mekaniği vasıtasıyla ara yüz kayma gerilmesinin analitik ifadeleri ve burulma yükleri altında boru bağlantılarının yüklü uçlarında yük yer değiştirme ilişkileri elde edilmiştir. İkinci olarak analitik çözümler ile farklı yük-yer değiştirme eğrisindeki bağ uzunlukları ve son yük incelemişlerdir.

Çitil ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada amaçları boru hatlarını hızla yeniden etkinleştirmek için emek, zaman ve malzeme kullanımını azaltan veya ortadan kaldıran alternatif bir yöntem önermektir. Bu amaçla, çatlaklı çelik borular bir yapıştırıcı kullanılarak onarılmış ve onarılmış boruların mekanik davranışları deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Onarılmış olan borular, yama kalınlığı, bindirme açısı ve bindirme uzunluğunun bağlantı dayanımı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla iç basınca maruz bırakarak incelemişlerdir.

Spaggiari ve Dragoni (2014), çalışmalarında işlevsel olarak derecelendirilmiş bir modüllü yapıştırıcıyla (FGA) boru şeklindeki tekli bir birleşme biriminin burulmasının gerilme analizini analitik olarak çalışmışlardır.

Oh (2007), kompozit yapıştırıcıların boru şeklindeki bağlantıların birleşim yerlerinin mukavemetini termal ve mekanik analizlerle incelemiştir. Yapışkanın sertleşme sıcaklığından soğuma yoluyla ortaya çıkan termal gerilimleri hesaplamak için sonlu elemanlar analiz kullanmıştır.

Şekercioğlu (2007), çalışmasında boru şeklindeki malzemelerin yapıştırılmasında bağlantı noktalarının statik ve dinamik yüklemeler altındaki mukavemetini incelemiştir.

Croccolo ve ark. (2010), sabitlenmiş ve yapışkanla yapıştırılmış silindirik mafsallarda yorulma dayanımını incelemiştir. Çelik-çelik bağlantıların mekanik davranışının alüminyum-çelik bağlantılardan oldukça farklı olduğunu belirtmişlerdir.

Turgut ve Sancaktar (1992) viskoelastisitenin fiber-matris ara yüzündeki mukavemet üzerine ve üretim şekli üzerine etkileri incelemişlerdir.

Albiez ve ark. (2019), çalışmalarında büyük ölçekte boru şekilli kesitler için geleneksel birleştirme tekniklerinin yerine yapışma üzerine yapılan araştırmaları özetlemektedir. Bu amaçla uygun yapıştırıcılar seçilerek tamamen karakterize edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yapıştırıcı kullanılarak birleştirmenin inşaat mühendisliği uygulamaları için uyarlanmış bir birleştirme tekniği olacağı belirlenmiştir.

Das ve Pradhan (2010), çalışmalarında Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) kullanılarak boru şeklindeki Fiber Takviyeli Plastik (FRP) kompozit yapılarda yapışkan ile bağlanmış bağlantıların analizi için sonlu eleman temelli bir simülasyon tekniği sunmaktadır. Yapıştırılmış tübüler bağlantıların sonuçları, literatürdeki çalışmalarla karşılaştırarak iyi bir uyum içinde olduklarını gözlemlemişlerdir.

Aimmanee ve Hongpimolmas (2007), değişken sertlikli bir kompozit kuplör ile yapışkan ile bağlanmış boru şeklindeki kuplör bağlantılarının gerilmelerini tahmin etmek için bir esneklik modeli formüle etmişlerdir.

Oh (2008), çalışmasında kompozit boru malzemelerin yapıştırıcı bağlantılarının burulma dayanımı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu analizde karbon / epoksi ve cam / epoksi olmak üzere iki farklı kompozit yapıştırıcı dikkate alınmıştır. Oryantasyon açısı ve yapışkan kalınlığının bağlantı dayanımı üzerine etkileri de incelenmiştir.

Bu çalışmada literatürden farklı olarak alın altına bindirmeli birleştirilmiş halka kesitli çubukların birleştirilmesinde yapıştırıcının ve çevresel yapışma yüzeyinin bağlantı mukavemetine etkisi incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Giriş

Bu çalışmada, alın altına geçmeli dairesel kesitli halka çubukların farklı yüzey açıları, farklı temas yüzey alanlarının bağlantı mukavemetine etkisi incelenmiştir. İki farklı yapıştırıcı kullanılıp birleştirilen halka kesitli çubukların mekanik özellikleri belirlenmiş, yapıştırıcı tutunma yüzeyleri incelenmiş ve hasar durumları belirlenmiştir.

Belirlenen parametreler ışığında üretilen numunelerin mekanik analizleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmaların yanı sıra nümerik analizler için gerekli olan halka kesitli çubuk malzemesinin ve yapıştırıcıların mekanik özellikleri belirlenmiştir. Kullanılan mil ve yapıştırıcıların standartlara uygun olarak numuneleri oluşturulmuş ve deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Nümerik analizler için sonlu elemanlar temelinde çalışan ANSYS 19.0 paket programı kullanılmış ve numunelerin apdl kodları hazırlanmıştır. Deneysel ve nümerik olarak elde edilen sonuçlar kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

Deneysel çalışmalarda halka kesitli çubukların dış ve iç çapları sabit tutulup, bindirme uzunluğu, açılı bindirmeler, et kalınlıkları ve farklı yapıştırıcılar ele alınmıştır. 4 farklı bindirme uzunluğu, açılı bindirmede 4 farklı açı, 2 farklı et kalınlığı ve 2 farklı yapıştırıcı kullanılmıştır. Yapıştırıcı tabaka kalınlığı ise 0.2 mm olarak alınmıştır.

3.2. Birleştirmelerde Kullanılan Yapıştırıcı Malzemeler

Bu tez çalışmasında iki farklı yapıştırıcı kullanılmıştır. Kullanılan yapıştırıcılar DP 410 ve DP 490'dır. Bu yapıştırıcıların özellikleri ise aşağıdaki gibidir (Tablo 3.1);

Tablo 3.1. DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının özellikleri

	DP410	DP490
Yapışkanın cinsi	Epoksi	Epoksi
Renk	Kirli Beyaz	Siyah
Viskozite	Tiksotropik	Tiksotropik
Soyma Dayanımı (Al, N/cm)	100	92
Kayma Dayanımı (Al - MPa)	34	30.2
Kürleşme Zamanı (dk)	25-30	200-240
Kuruma Zamanı (dk)	8-10	180

3.3. Çalışmada Kullanılan Transmisyon Çeliği

Ticari olarak piyasada soğuk çekilmiş SAE 1008 veya DIN St-37 kalitedeki, yuvarlak kesitli çelikler Transmisyon Çeliği (Transmisyon Çelik Milleri) olarak ifade edilmektedirler. Transmisyon Çelikleri, düşük karbon değeri sayesinde kaynak, vida veya diğer soğuk birleştirme yöntemlerine uygun olup ayrıca, CNC ve Torna tezgahlarında kolaylıkla işlenebilir olmalarından talaşlı imalata da elverişlidirler. Bu çelikler, inşaat, makine parçaları, otomotiv, beyaz eşya ve hatta savunma sanayisi gibi birçok sektörde kullanım alanı bulmaktadır. Transmisyon millerinin üretiminde soğuk çekme prosesinde, hassas tolerans ve yüksek yüzey kalitesi taleplerinde soğuk çekme tekniği uygulanır.

Soğuk Çekme üretim tekniği ile;

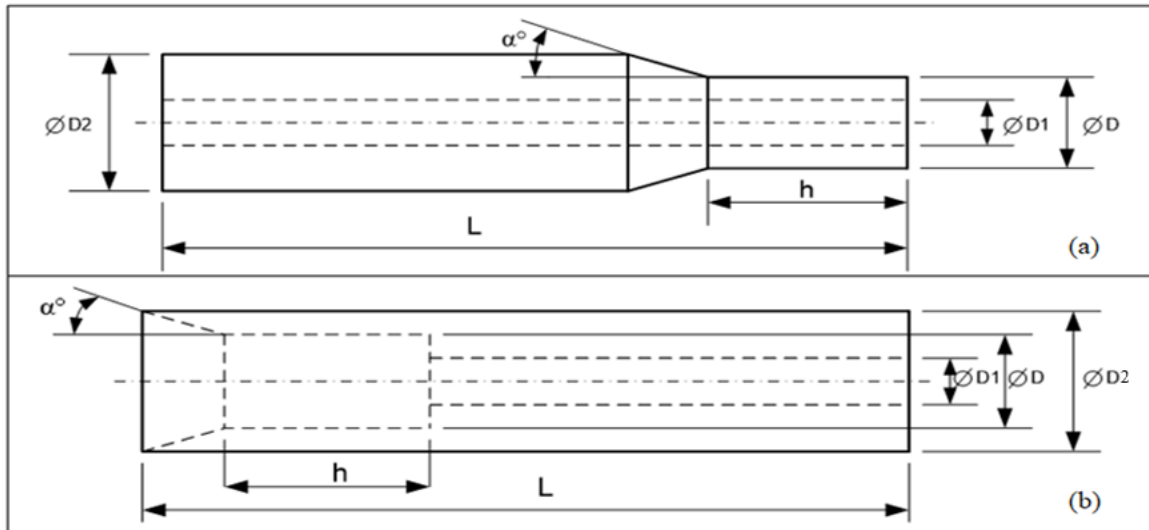
- Ürün hassas ölçü toleranslarına getirilir,
- Sıcak haddeye göre daha üstün yüzey kalitesinin elde edilir
- Ürünün akma, çekme gerilimi artar.
- Sertlik artarken, süneklik azalır.

Bu çalışmada Max. %0,2 C, %0,007 N, %0,05 P ve %0,05 S kimyasal kompozisyona sahip ve akma dayanımı 235 MPa, çekme dayanımı ise 360-460 MPa arasında olan St37 standartlarında, 30 mm çapında transmisyon çeliği kullanılmıştır (<http://transmisyoncelikleri.blogspot.com/>).

3.4. Bağlantılarda Kullanılan Temel Parametreler

Halka kesitli çubukların kademeli olarak alın altına birleştirildiği bu çalışmamızda numunelerimizde halka kesitli çubukların dış çapı ($\varnothing D2$) 30 mm ve iç çapları ($\varnothing D1$) 10 mm'dir. h değeri numunelerde 10mm, 20mm, 30mm ve 40mm olacak şekilde, a açısı ise $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ ve 90° olarak dört farklı parametreden oluşmaktadır.

$\varnothing D$ değeri 15 mm ve 20 mm olmak üzere iki farklı değer almıştır. DP 410 ve DP 490 olmak üzere iki farklı yapıştırıcı kullanılmıştır. Tablo 3.2'de halka kesitli çubuk numunelerin parametreleri belirtilmiştir. Şekil 3.1'de halka kesitli çubukların alın altına birleştirilmesi için erkek ve dişi kalıp olarak üretilen numunelerin teknik resmi verilmiştir.

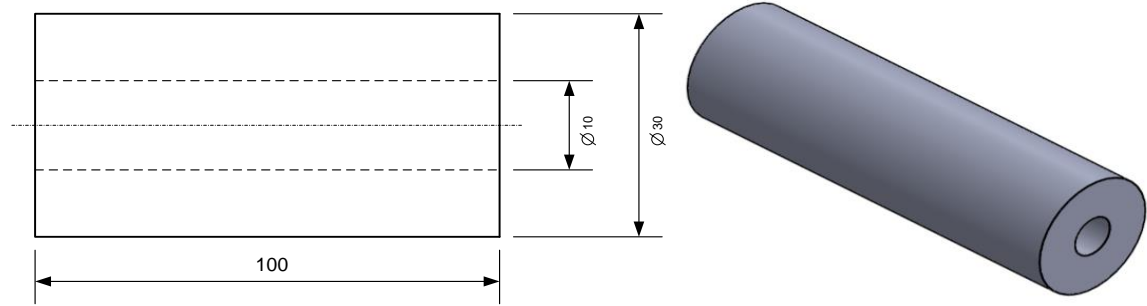


Şekil 3.1. Halka kesitli çubuk numunelerin teknik resimleri (a) erkek numune, (b) dişi numune

Tablo 3.2. Numunelerin parametreleri

Numune						
No:	D2(mm)	D1(mm)	D(mm)	L(mm)	h(mm)	a°(derece)
1	30	10	15	100	10	30
2	30	10	20	100	10	30
3	30	10	15	100	20	30
4	30	10	20	100	20	30
5	30	10	15	100	30	30
6	30	10	20	100	30	30
7	30	10	15	100	40	30
8	30	10	20	100	40	30
9	30	10	15	100	10	45
10	30	10	20	100	10	45
11	30	10	15	100	20	45
12	30	10	20	100	20	45
13	30	10	15	100	30	45
14	30	10	20	100	30	45
15	30	10	15	100	40	45
16	30	10	20	100	40	45
17	30	10	15	100	10	60
18	30	10	20	100	10	60
19	30	10	15	100	20	60
20	30	10	20	100	20	60
21	30	10	15	100	30	60
22	30	10	20	100	30	60
23	30	10	15	100	40	60
24	30	10	20	100	40	60
25	30	10	15	100	10	90
26	30	10	20	100	10	90
27	30	10	15	100	20	90
28	30	10	20	100	20	90
29	30	10	15	100	30	90
30	30	10	20	100	30	90
31	30	10	15	100	40	90
32	30	10	20	100	40	90
33	30	10	-	100	-	-

33 nolu numune diğer numunelerden farklı olarak normal bir halka kesitli çubuğun alın alına birleştirilmesidir. Şekil 3.2’de numunenin teknik resmi ve katı model hali gösterilmiştir.



Şekil 3.2. 33 nolu numunenin teknik resmi ve katı modeli

3.5. Ansys Sonlu Elemanlar Yazılımı

1970 yılında ABD’de geliştirilmiş olan bu program mühendisliğin tüm uygulama alanlarında kullanılabilen modüler bir programdır. Ansys programı lineer veya lineer olmayan sistemlerde statik, dinamik, ısı transferi, akışkanlar mekaniği ve elektromanyetik analizler yapılmaktadır. Ansys’ in başlıca kullanım alanları şunlardır;

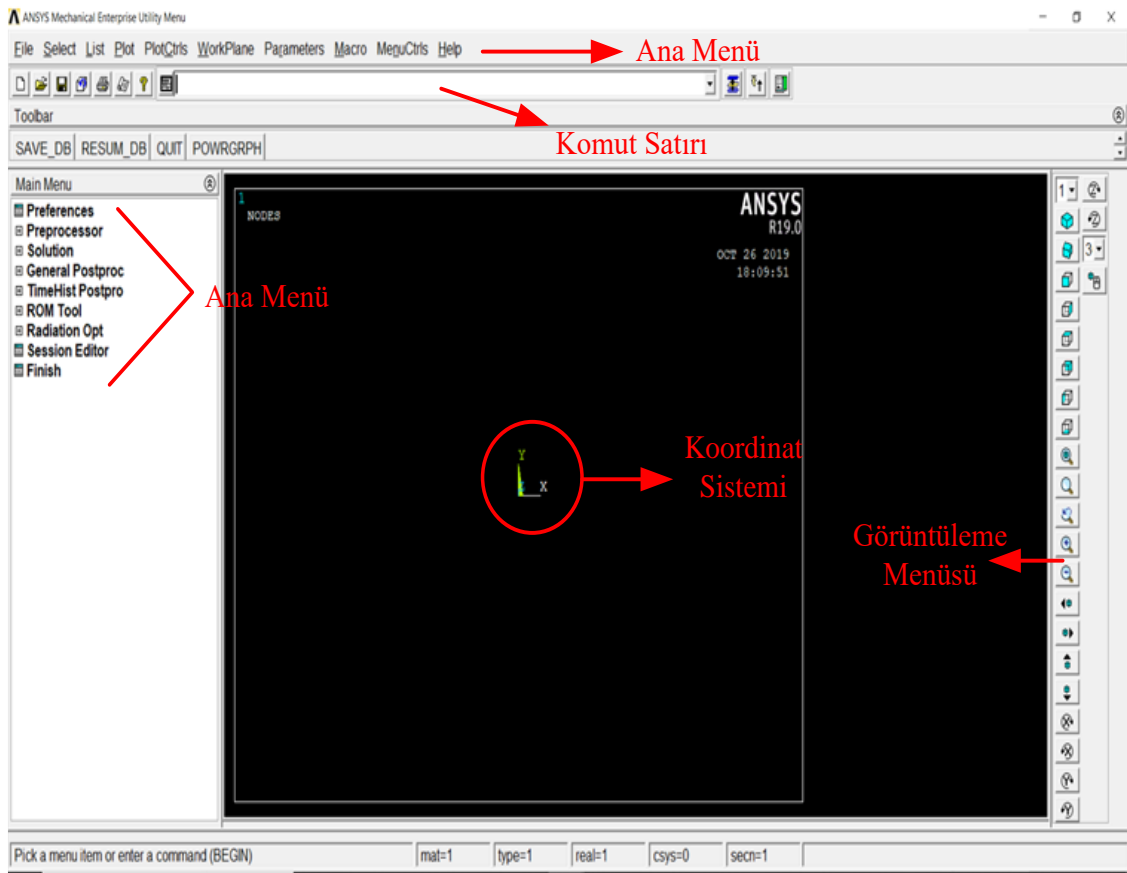
- Titreşim Hesapları
- Mekanizma Dinamiği Hesapları
- Yorulma Hesapları
- Hesaplama Akışkanlar Dinamiği
- Isı transferi Hesapları
- Sistem Modelleme
- Metal Şekillendirme Hesapları
- Mukavemet Hesapları
- Elektromanyetik Hesaplar
- Çarpma ve Devrilme Simülasyonları
- Test ve Ölçüm Sistemleri’dir

ANSYS yazılımı hem dışarıdan CAD verilerini alabilmekte hem de içindeki menü imkânları ile geometri oluşturulmasına izin vermektedir. Ansys’ te analizi yapılan model sonlu sayıda elemana bölünerek, sonlu elemanlar ağı oluşturulur. Bu programda önemli

olan geometrik modeli doğru ve sağlam bir şekilde yapmaktır. Ansys sonlu elemanlar programında çeşitli analizler için geliştirilmiş yaklaşık 140 eleman tipi bulunmaktadır.

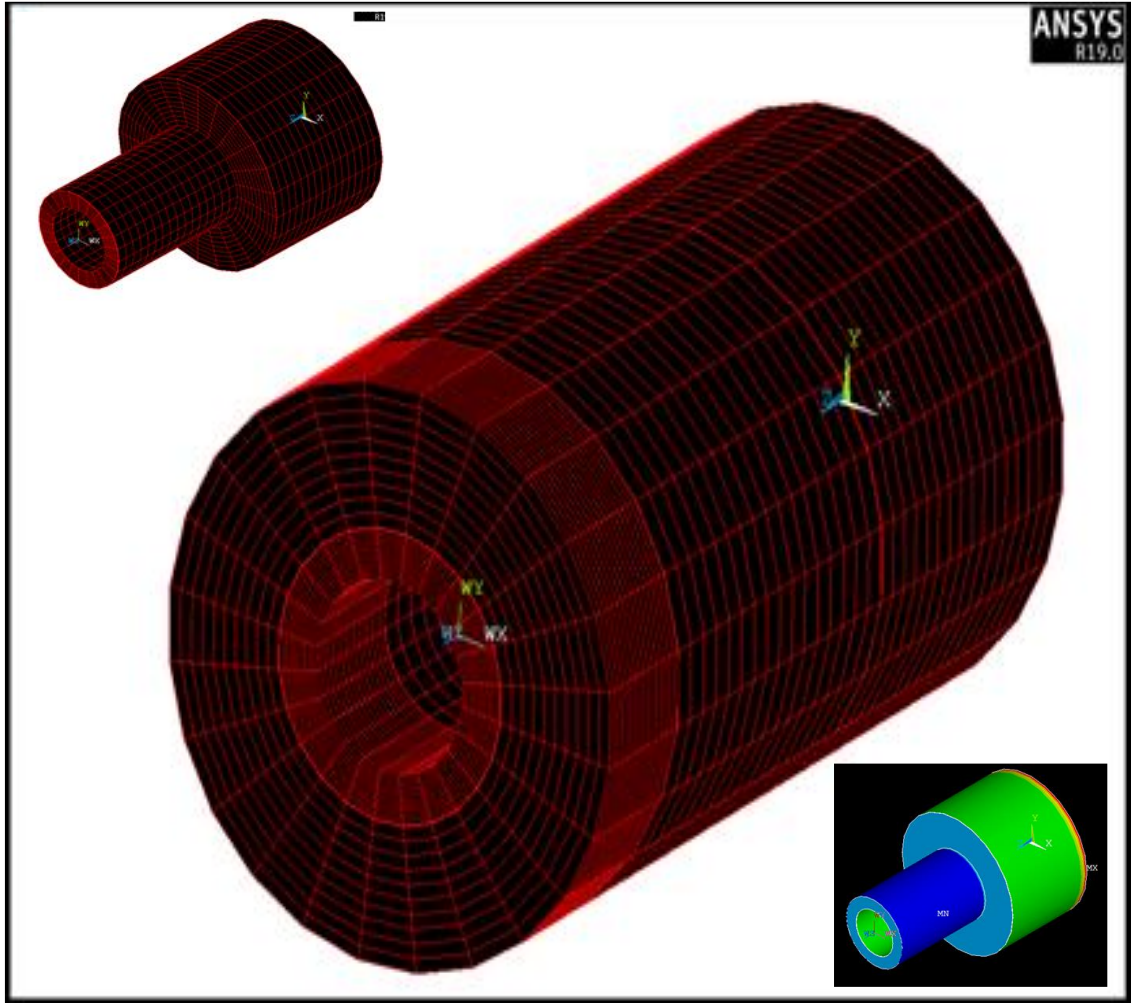
Sonlu elemanlar ağı yapıldıktan sonra yükleme ile sınır koşulları belirlenir ve programa işlenir. Bu aşamada problemin çok iyi analiz edilmesi aynı zamanda modele gelen yükler uygun bir şekilde belirlenmelidir.

DP410 ve DP490 yapıştırıcıları kullanılarak farklı parametrelerde yapıştırılması yapılan halka kesitli çubukların sonlu elemanlar analizi için Ansys'in 19.0 versiyonu kullanılmıştır. Seçilen parametrelere bağlı olarak Ansys' te analizi yapılan numunelerin çizimleri Ansys Mechanical Apdl ortamında yapıp daha sonra analizleri yapılmıştır. Şekil 3.3'te sonlu elemanlar analizlerinin yapıldığı ANSYS 19.0'ın ara-yüzü verilmiştir.



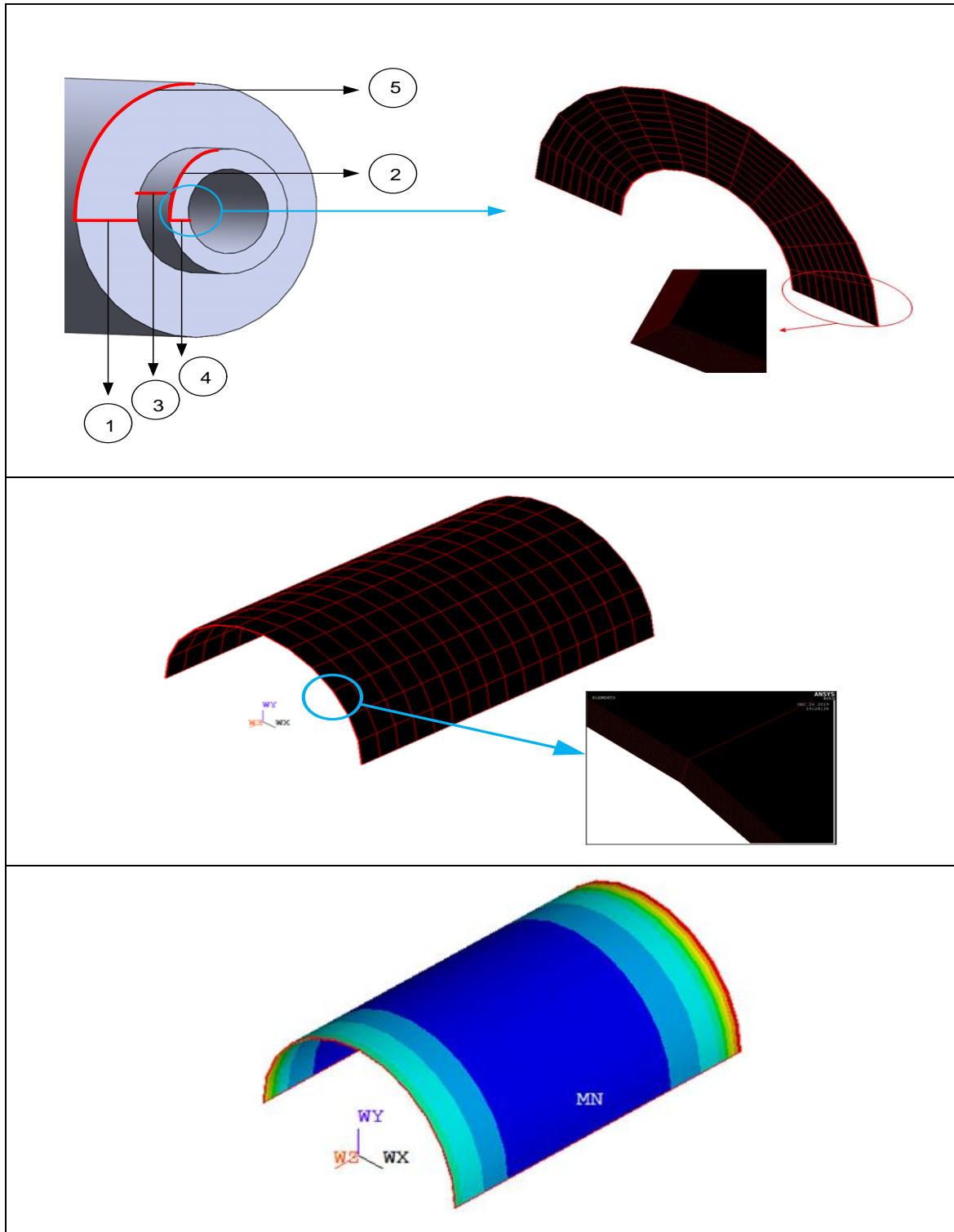
Şekil 3.3. ANSYS 19.0 programının ara-yüzü

Ansys 19.0 programının ara yüzünde numunelerin çizimleri yapıldıktan sonra her bir numunenin meshleme (sonlu elemanlara ayırma) işlemi yapılmıştır. Daha sonra numunelerin bir ucu sabitlenip diğer ucundan yük verilip ve böylece yükleme altında numunelerin numerik davranışları incelenmiştir. Şekil 3.4'te Ansys'te modeli yapıp daha sonra meshleme işlemi ve yükleme sonrası analizi yapılamaya hazır hale getirilen numunenin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.4. Yapıştırıcı ile birleştirilmiş halka kesitli çubuğun sonlu elemanlar modeli

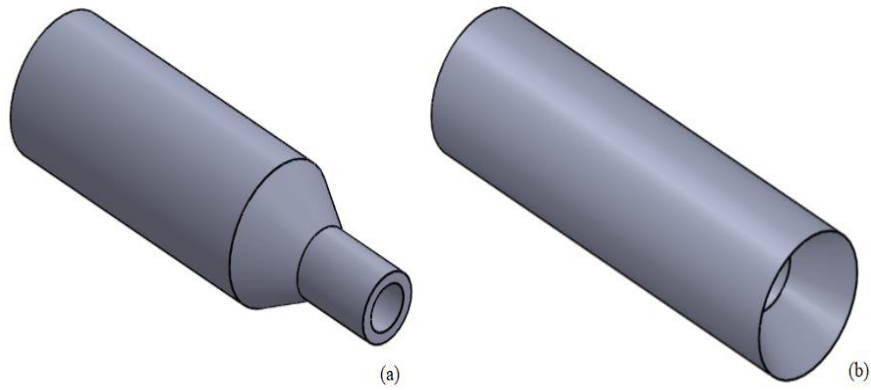
Yük verme işleminden sonra numunelerin kritik hatları belirlenmiştir. Belirlenen bu hatların bütün nodulları seçilerek bu bölgelere ait gerilmeler alınıp grafik hale getirilmiştir. Şekil 3.5'te seçilen kritik hatlar gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Yapıştırıcı ile birleştirilmiş halka kesitli çubuğun A ve B kritik hatları ve sonlu elemanlar modelleri

3.6. Deneysel ve Nümerik Çalışmalar

Bu çalışmada yapılan bütün mekanik incelemeler deneysel ve nümerik olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızın temel parametresi olan halka kesitli çubuklar için işlenebilirliği rahat olan transmisyon milleri tercih edilmiştir. 100 mm uzunluğunda ve 30 mm çapında miller Gaziantep Bayraktar Kalıpcılık A.Ş.'den alınmıştır. Belirlenen parametrelere göre erkek ve dişi numunelerin solid çizimleri yapıp cad-cam yazılımları hazırlanmıştır (Şekil 3.6). İçi dolu transmisyon milleri Bingöl Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında Şekil 3.7'deki Goodway GLS-200 model CNC torna tezgahında işlenmiştir.



Şekil 3.6. Katı model resim (a) erkek numune, (b) dişi numune



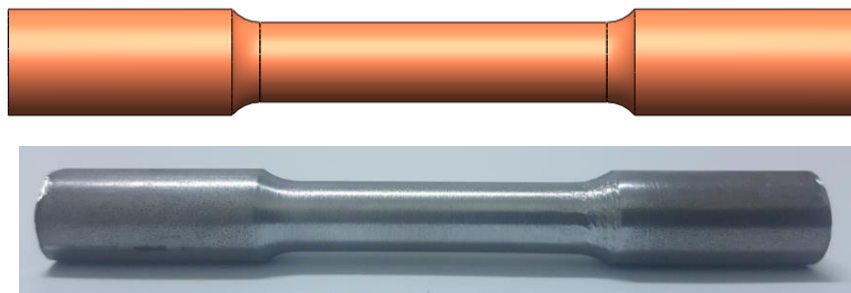
Şekil 3.7. Millerin işlendiği CNC torna tezgahı

Erkek ve dişi kalıp şeklinde üretilen numuneler deneysel çalışmalar için yapıştırıcılarla birleştirilmiştir. Halka kesitli çubukların birleşme yüzeyleri parlak olduğu için önce yüzeyler zımparalanmıştır. Böylece yüzeylerde yapıştırıcı için daha iyi bir pürüzlü yüzey olması sağlanmıştır. Zımparalama işleminin gerçekleştirilmesinin ardından yapıştırma işleminin gerçekleştirileceği yüzeyler aseton ile temizlenmiştir. Yüzeylerin temizlenmesi sürecinde aseton kullanmamızdaki neden aseton uçucu bir malzeme olup kısa sürede yüzeyden ayrılarak ıslaklık bırakmamasıdır. Yüzey temizleme işleminin ardından yüzeylere yapıştırıcılar sürülmüştür ve yapıştırıcının numunede tüm yüzeylere nüfus etmesi sağlanmıştır. Yapıştırıcı ile birleştirme işlemi yapıldıktan sonra numunelerin oda sıcaklığında kürleşmesi sağlanmıştır. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş halka kesitli çubuklardan biri Şekil 3.8’dedir.



Şekil 3.8. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş numune

Nümerik çalışmalar ANSYS 19.0 paket programında yapılmıştır. Nümerik çalışmalarda analizlerin gerçekleştirilebilmesi için kullanılan milin ve yapıştırıcıların mekanik özellikleri belirlenmiştir. Milin mekanik özelliklerini belirlemek için ASTM E8 standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır (Şekil 3.9). Hazırlanan numuneler Erzurum Teknik Üniversitesi Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde INSTRON 5900 serisi maksimum 100 kN kapasiteli çekme cihazında yapılmıştır. Kullanılan cihaz Şekil 3.10’da verilmiştir.

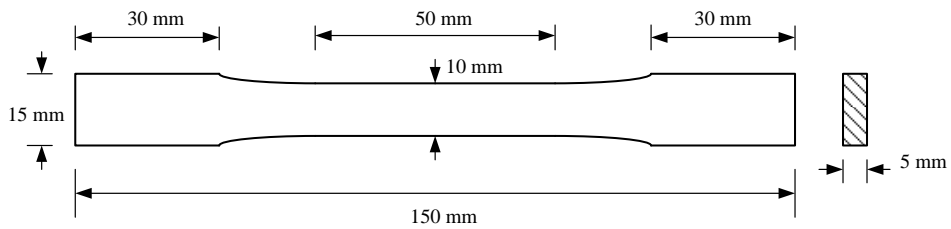


Şekil 3.9. ASTM E8 standartlarına göre hazırlanmış transmisyon mili

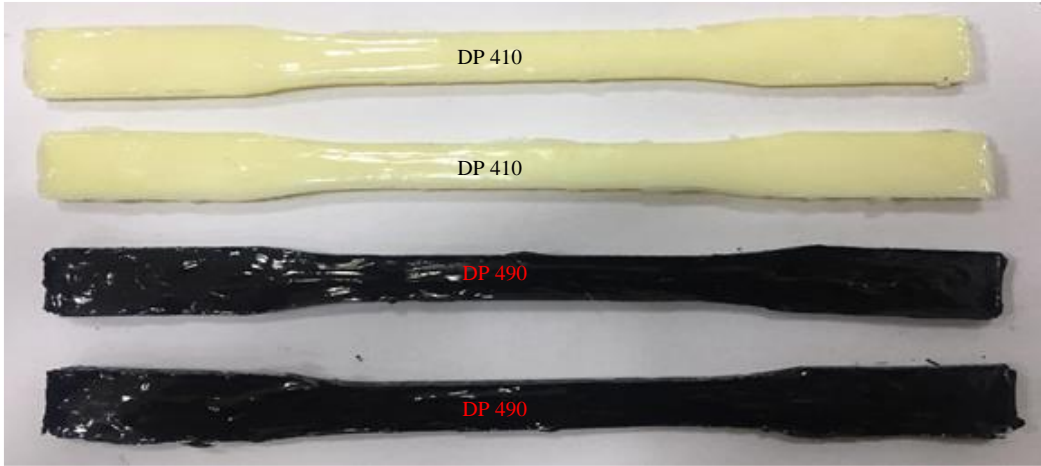


Şekil 3.10. Transmisyon mili mekanik özelliklerinin belirlendiği INSTRON çekme cihazı

Yapıştırıcı malzemeler içinde ISO 527-2 (Şekil 3.11) standartlarına uygun numuneler hazırlanmıştır. DP 410 yapıştırıcısıyla ve DP 490 yapıştırıcısıyla hazırlanan numune Şekil 3.12'de görülmektedir.

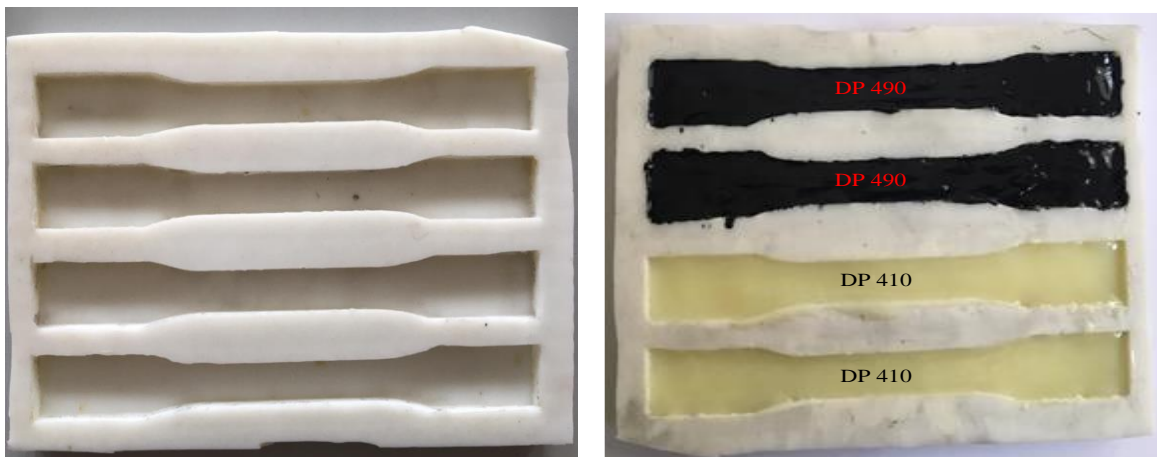


Şekil 3.11. Hazırlanan bulk numuneler için standart çekme numunesi (ISO 527-2)



Şekil 3.12. DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının bulk numuneleri

Nümerik analizler için kullanılacak olan yapıştırıcının mekanik özellikleri Şekil 3.13'teki kalıba dökülen numunelerden elde edilen sonuçlar neticesinde belirlenmiştir. Yapıştırıcılar numuneye dökülmeden önce kalıp yüzeyi aseton ile temizlenmiştir. Döküm işleminin ardından bulk numunelerin kalıptan hasarsız ve rahat çıkarılabilmesi için kalıplara yüzey ayırıcı sürülmüştür ve kuruması beklenmiştir. Şekil 3.14'teki yapıştırıcı tüpleri Şekil 3.15'teki yapıştırıcı tabancasına takılmış ve tüpün ucuna karıştırıcı nozul takılmıştır. Yapıştırıcılar kalıp üzerine tabancayla hassas bir şekilde nüfuz ettirilmiştir. Kalıba dökülen yapıştırıcılarda kabarcık oluşmaması için karıştırılmış ve numuneler kürleşmeye bırakılmıştır. Son olarak, kürleşen numuneler kalıptan çıkarılmıştır.



Şekil 3.13. Bulk numunelerinin döküldüğü kalıp

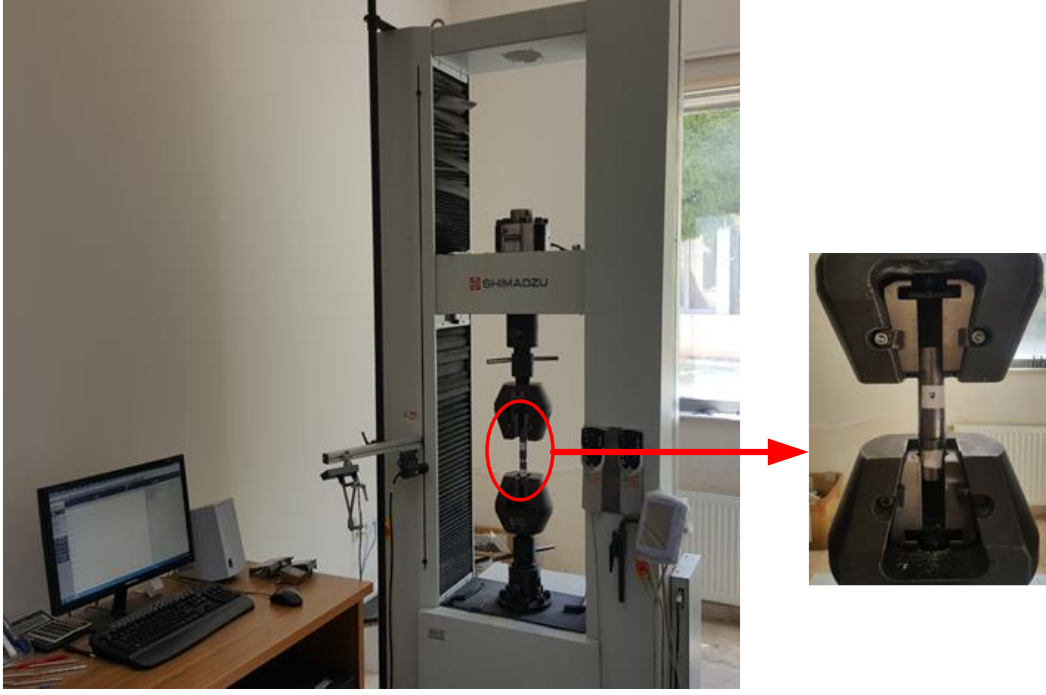


Şekil 3.14. DP 410 ve DP 490 yapıştırıcı tüpleri



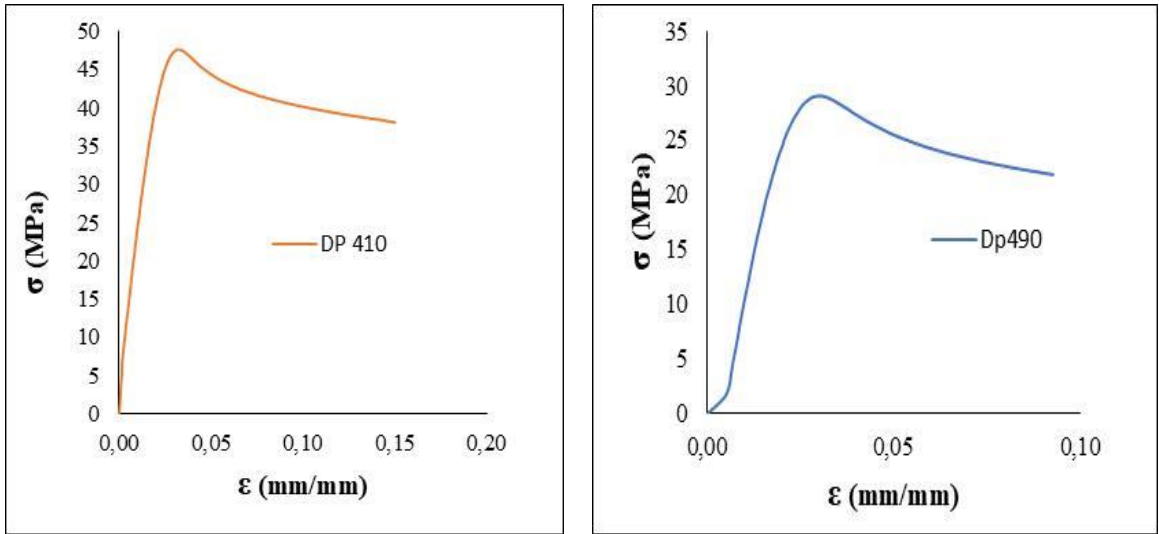
Şekil 3.15. Yapıştırıcı tüpleri sıkmak için kullanılan tabanca ve karıştırıcı nozul

Standartlara uygun olarak hazırlanan DP 410 ve DP 490 bulk numuneleri ve yapıştırıcı ile birleştirilmiş numunelerin çekme deneyleri Batman Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda bulunan SHMADZU marka ve 250000 N kapasiteye sahip çekme test cihazında yapılmıştır. Şekil 3.16'da kullanılan çekme test cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.16. SHIMADZU marka çekme deneyi cihazı

ISO 527-2 standartlarına uygun bulk numuneleri hazırlanan ve mekanik deneyleri gerçekleştirilen DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının analizler neticesinde elde edilen gerilme-şekil değiştirme diyagramları Şekil 3.17'dedir. DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının mekanik özellikleri Tablo 3.3'tedir.



Şekil 3.17. DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının gerilme-şekil değiştirme grafikleri

Tablo 3.3. Yapıştırıcıların mekanik özellikleri

Özellikler	DP 410	DP 490
E (MPa)	2283,69	1237,88
ν	0,44	0,38

Tablo 3.2’de belirtilen parametreler doğrultusunda üretilen daha sonra DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarıyla birleştirilen numunelerin burulma analizleri de yapılmıştır. Bu analizler Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı’nda JİNAN NDW-200 marka ve maksimum çalışma torku 170 N.m olan burulma cihazında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan cihaz Şekil 3.18’de gösterilmiştir. Analizler maksimum çalışma torkunu aştığı için deneyler belli bir torka kadar getirilip durdurulmuştur. Belirlenen torka karşılık gelen burulma açıları kendi aralarında değerlendirilmiştir.

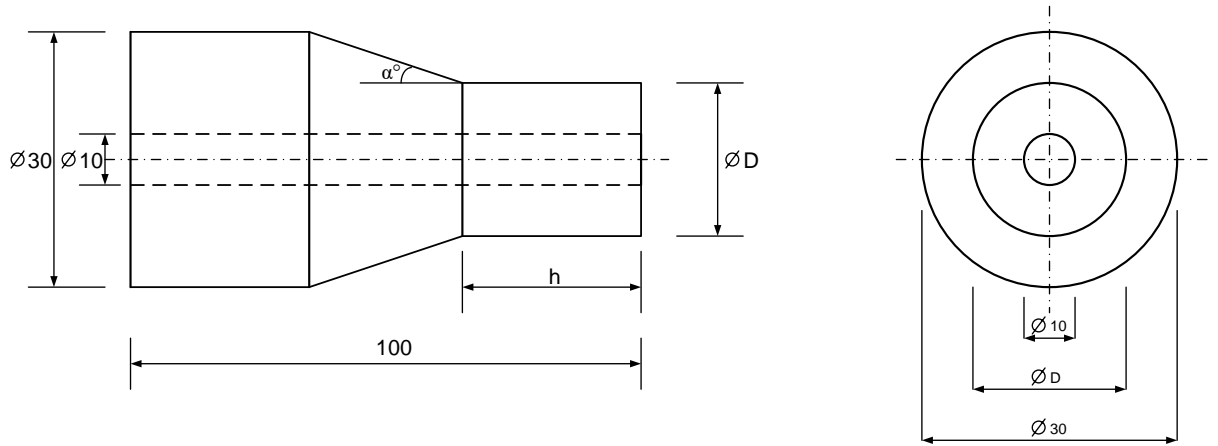


Şekil 3.18. JİNAN NDW-200 burulma test cihazı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çekme Deneyi

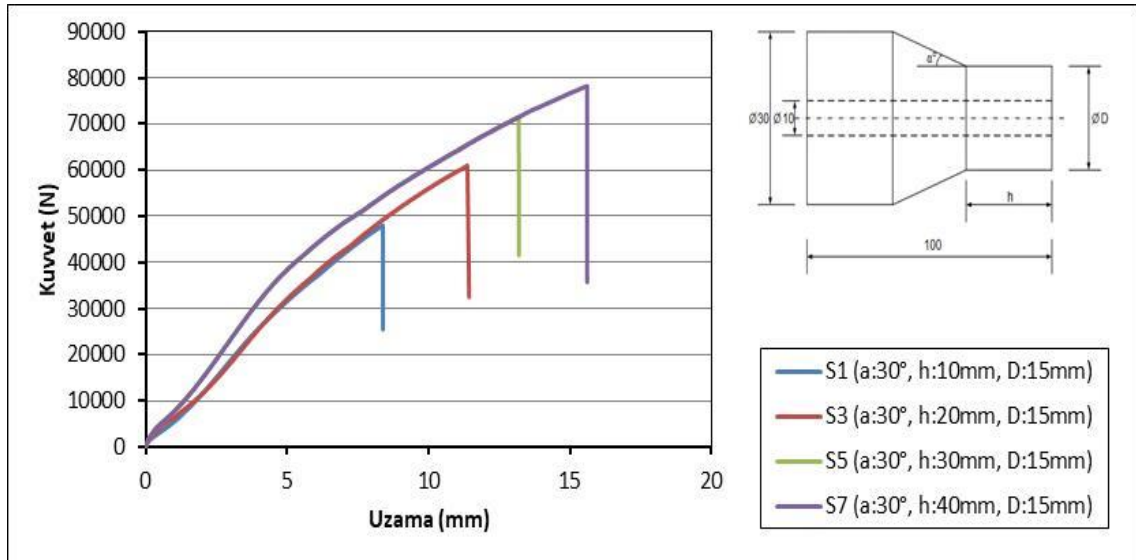
Çalışmada Tablo 3.2’de belirtilen parametrelerde numuneler üretilmiş ve birleştirme işlemi yapılmıştır. Numuneler DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarıyla birleştirilmiş olup, çekme ve burulma deneylerine tabi tutulmuştur. Sonuçlarda Şekil 4.1’de belirtilen α açısı, h mesafesi ve D çapının etkileri kıyaslanarak incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında sonuçlar yorumlanmıştır.



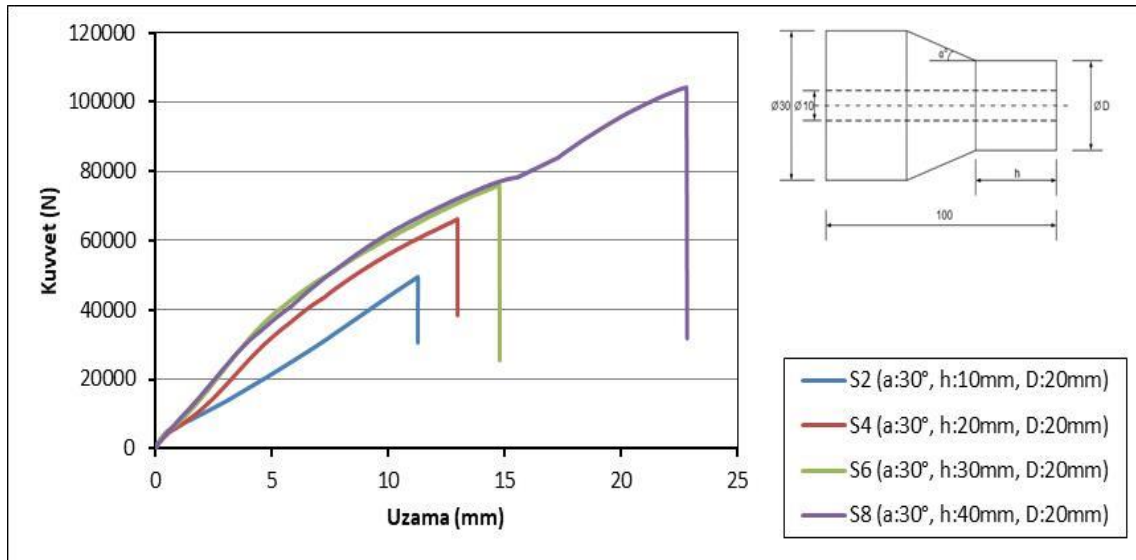
Şekil 4.1. Numunelerde değişkenlik gösteren parametrelerin gösterimi

4.1.1. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde ‘h’ Bindirme Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

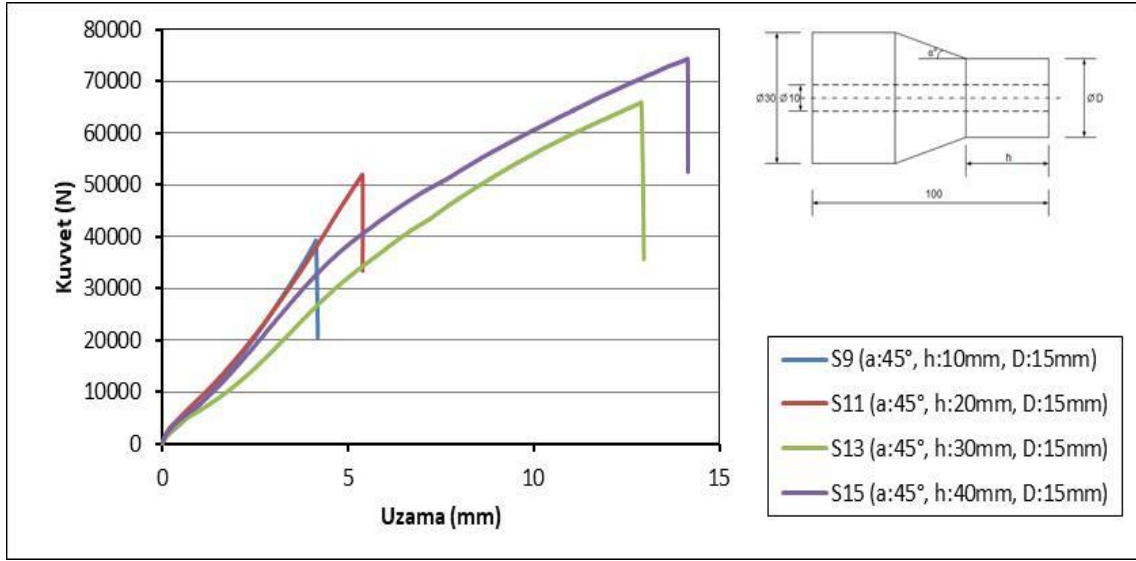
Yapıştırma işleminde DP 410 kullanılan ve aynı bindirme çapı ile iç çapına sahip numunelerde ‘h’ değişiminin etkisine bakılmıştır. Dört farklı bindirme mesafesinin kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



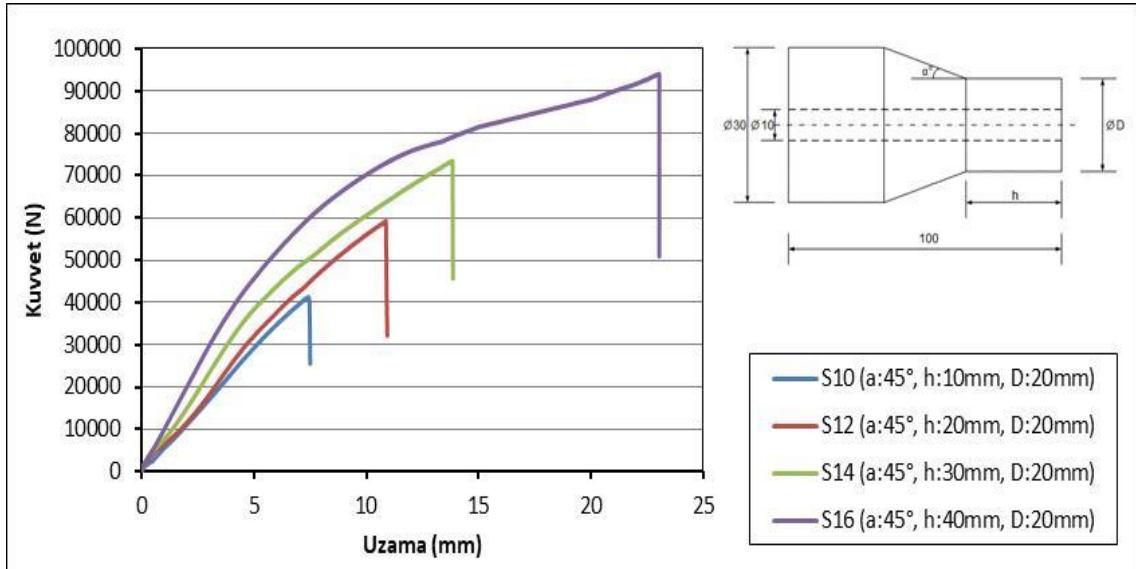
Şekil 4.2. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1₄₁₀(a:30°, h:10mm, D:15mm), S3₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S5₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S7₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



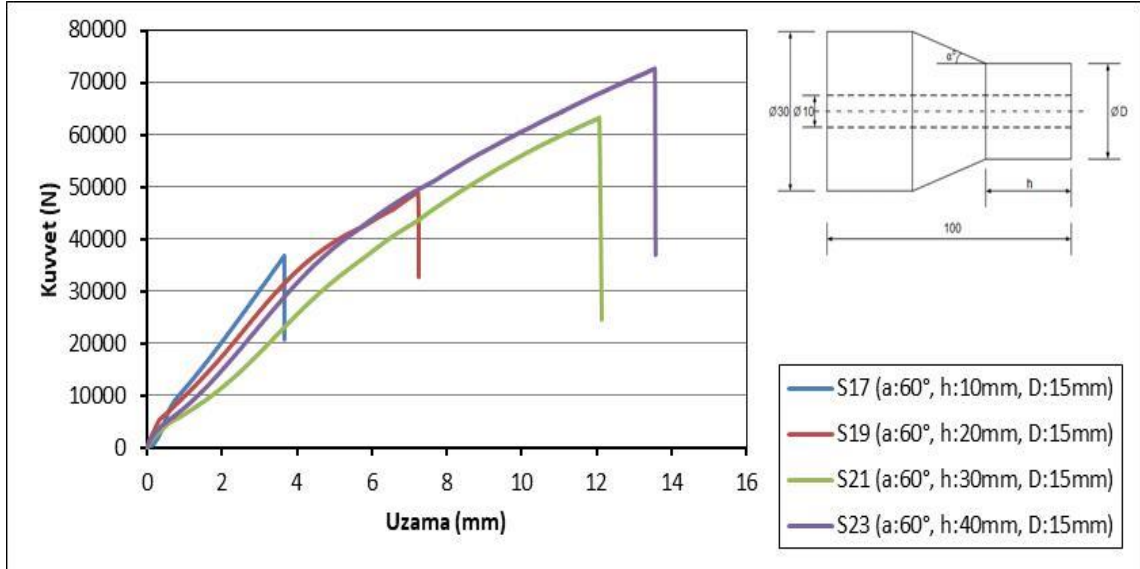
Şekil 4.3. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S2₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), S4₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), S6₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve S8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



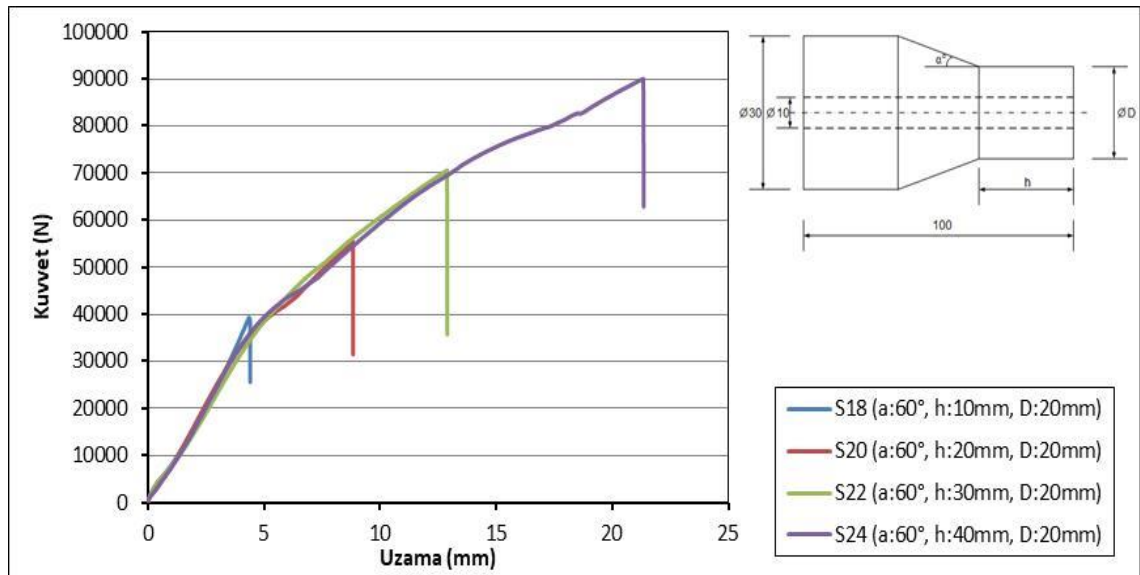
Şekil 4.4. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), S11₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), S13₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve S15₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



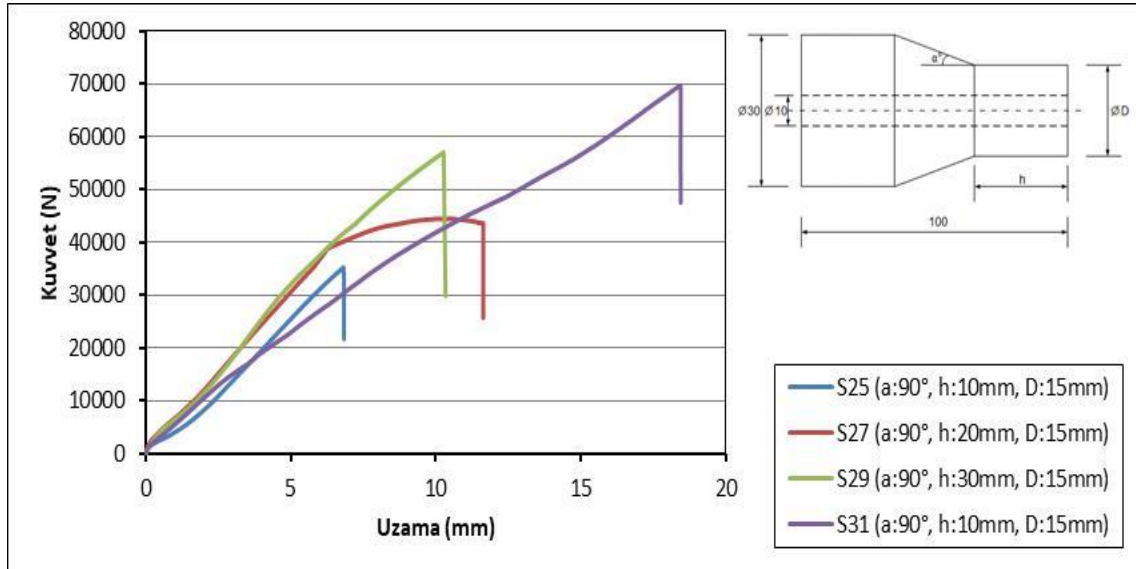
Şekil 4.5. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S10₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), S12₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), S14₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) ve S16₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



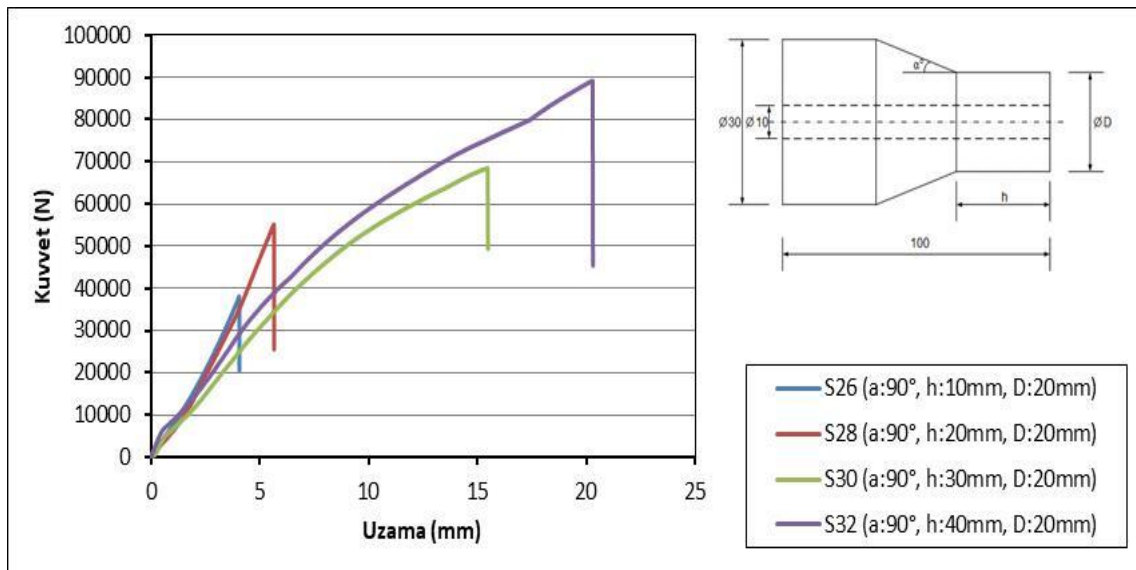
Şekil 4.6. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm), S19₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm), S21₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S23₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.7. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S18₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm), S20₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm), S22₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve S24₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.8. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S25₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$), S27₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:20\text{mm}$, $D:15\text{mm}$), S29₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:30\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) ve S31₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



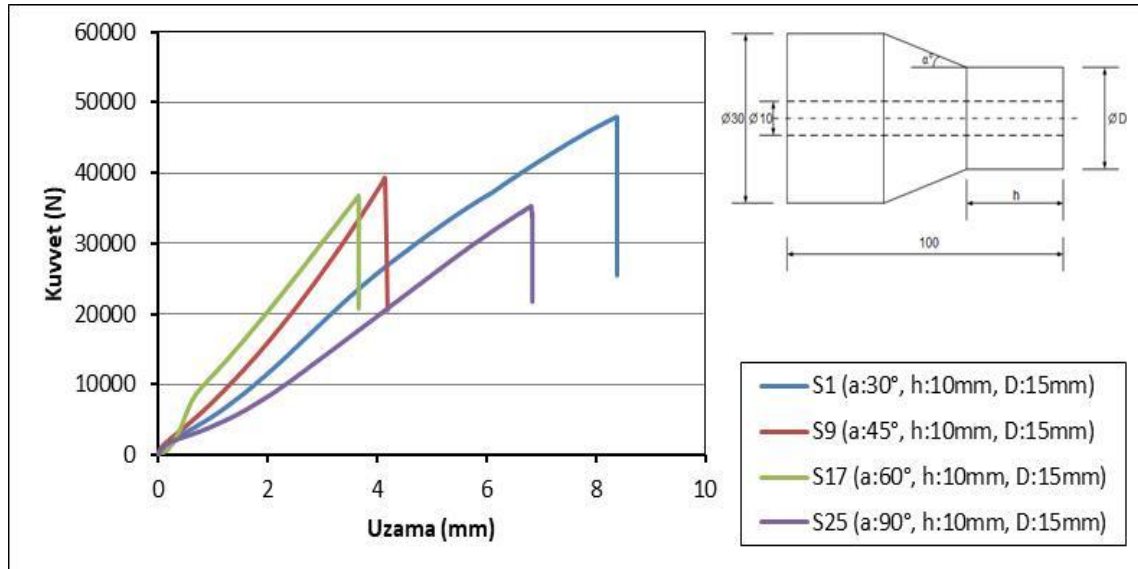
Şekil 4.9. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S26₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:20\text{mm}$), S28₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:20\text{mm}$, $D:20\text{mm}$), S30₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:30\text{mm}$, $D:20\text{mm}$) ve S32₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:20\text{mm}$) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi

DP410 yapıştırıcısı kullanılarak dört farklı (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) h bindirme mesafelerinde halka kesitli çubukların birleştirilmesi yapılmıştır. Yapılan birleştirmelerde h bindirme mesafesinin bağlantı mukavemetine etkisini incelemek için DP410 ile birleştirilmiş numuneler çekme yüküne maruz bırakılmıştır. Birleştirmelerin çekme

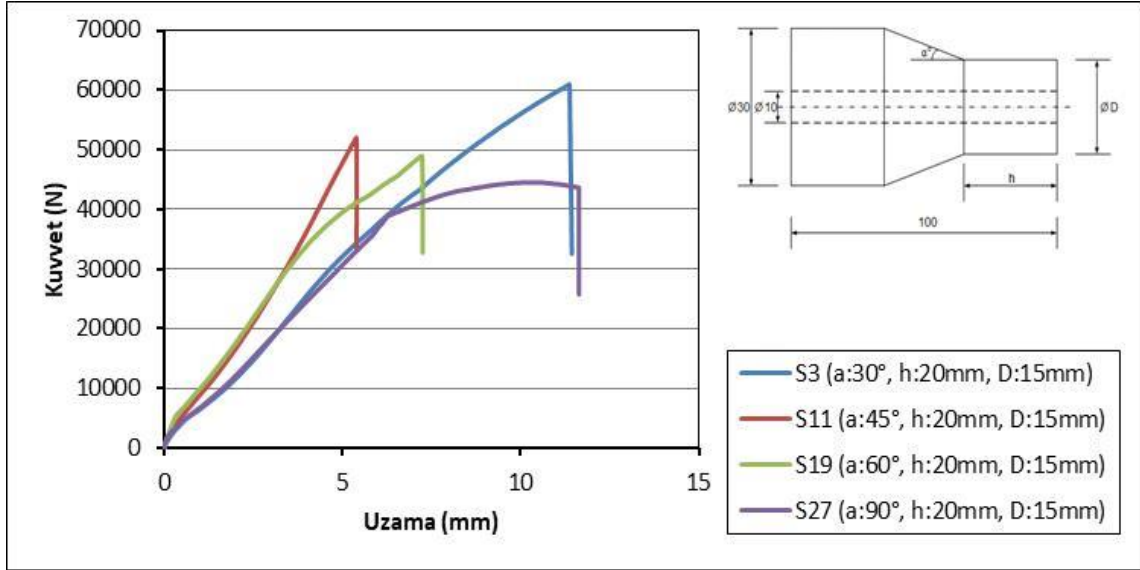
kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde genel olarak h bindirme mesafesi arttıkça çekme yükünün arttığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiği, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S8₄₁₀ ve S25₄₁₀ nolu numuneler de sırasıyla 104226.6 N ve 35328,13 N olarak elde edilmiştir. Bu durumun h bindirme mesafesinin artmasına paralel olarak yapışma yüzey alanının artmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

4.1.2. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde 'a' Bindirme Açısının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

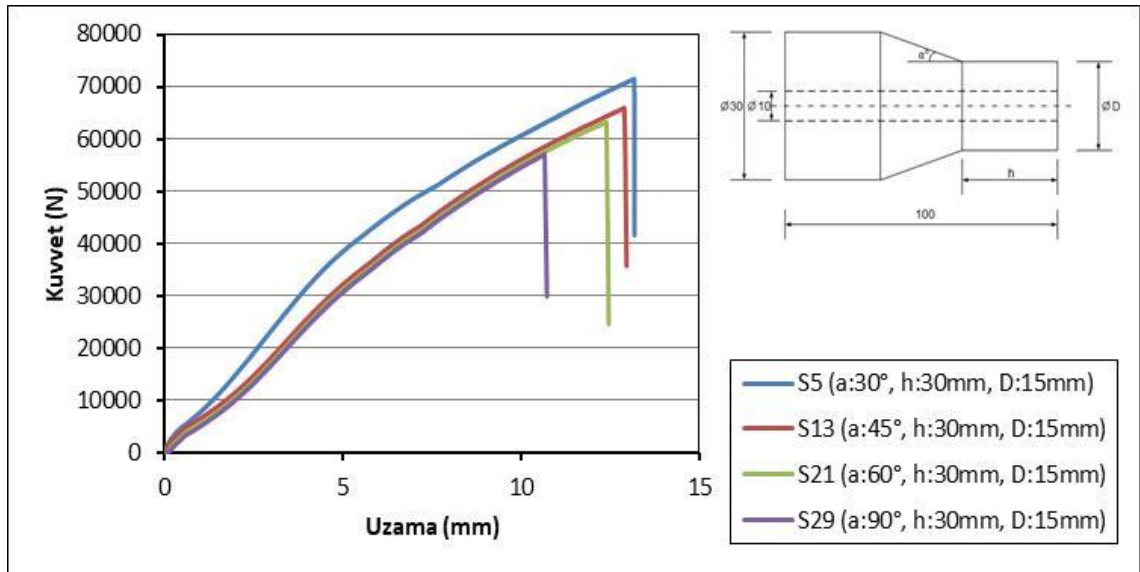
DP 410 kullanılarak birleştirilen halka kesitli çubuklarda parametrelerden a açısının etkisi incelenmiştir. Dört farklı bindirme açısının kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



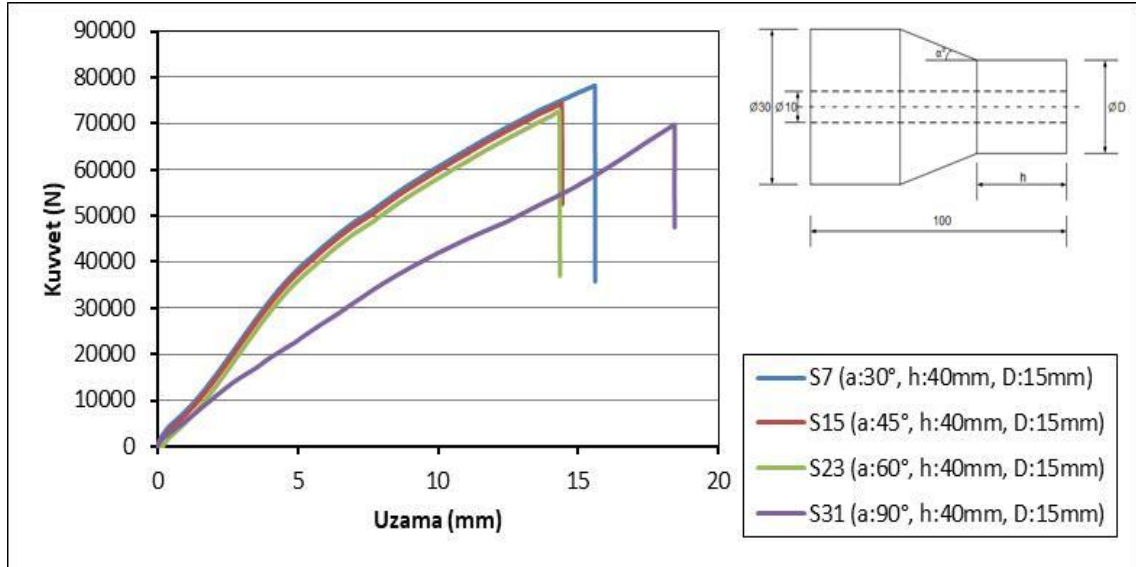
Şekil 4.10. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), S9₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), S17₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve S25₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



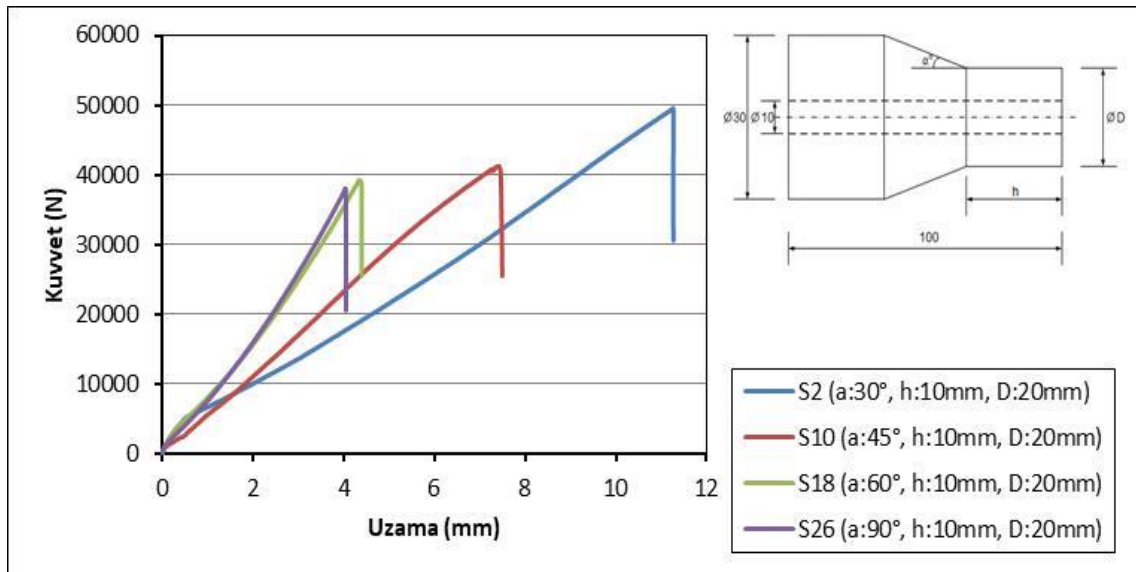
Şekil 4.11. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S3₄₁₀ ($a:30^\circ$, $h:20\text{mm}$, $D:15\text{mm}$), S11₄₁₀ ($a:45^\circ$, $h:20\text{mm}$, $D:15\text{mm}$), S19₄₁₀ ($a:60^\circ$, $h:20\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) ve S27₄₁₀ ($a:90^\circ$, $h:20\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



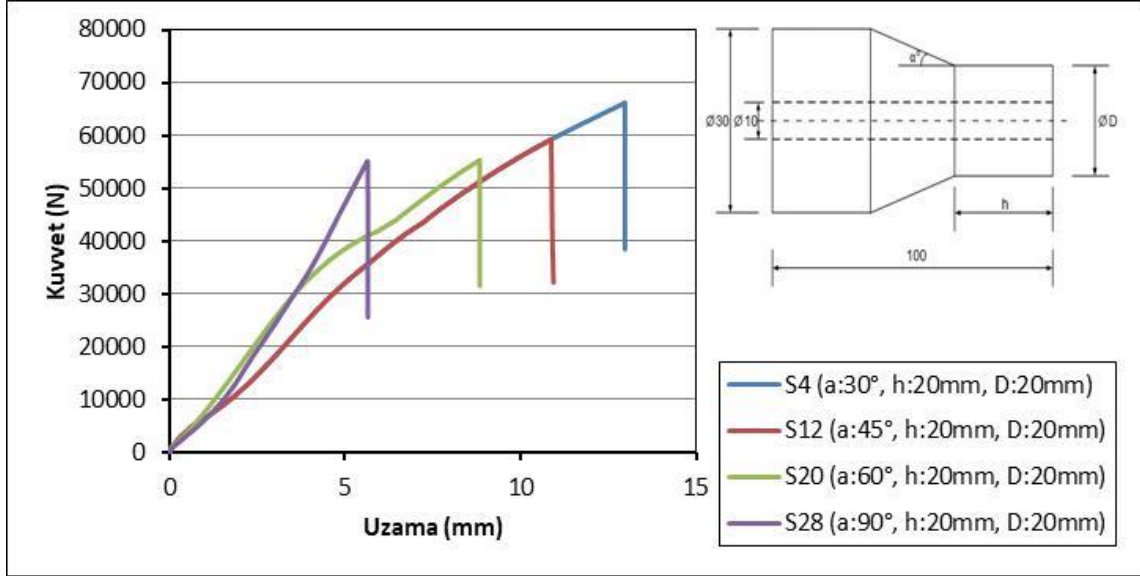
Şekil 4.12. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S5₄₁₀ ($a:30^\circ$, $h:30\text{mm}$, $D:15\text{mm}$), S13₄₁₀ ($a:45^\circ$, $h:30\text{mm}$, $D:15\text{mm}$), S21₄₁₀ ($a:60^\circ$, $h:30\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) ve S29₄₁₀ ($a:90^\circ$, $h:30\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



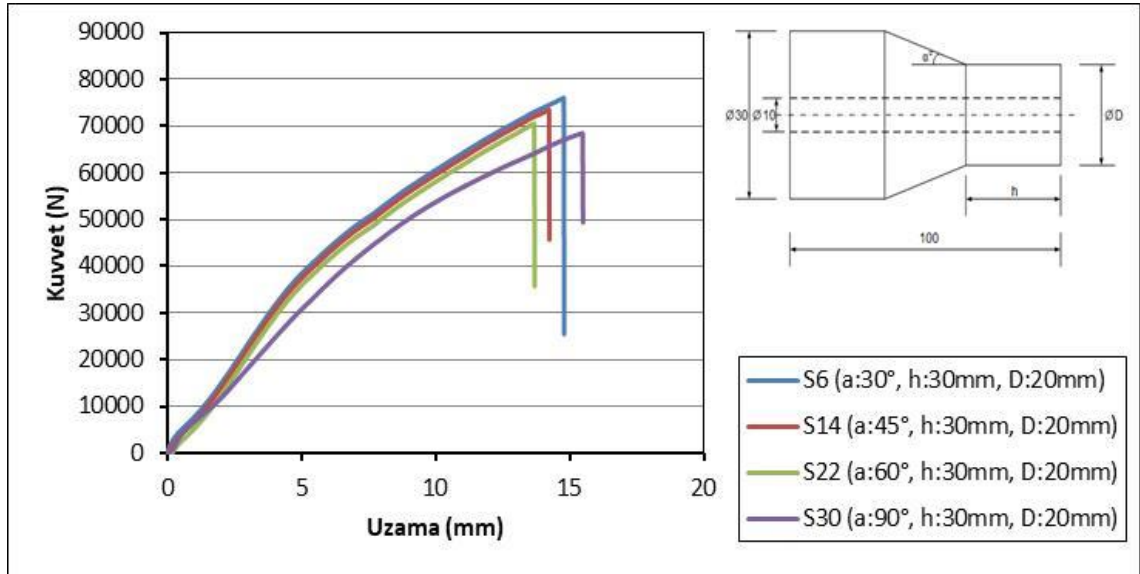
Şekil 4.13. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S7₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm), S15₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm), S23₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve S31₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



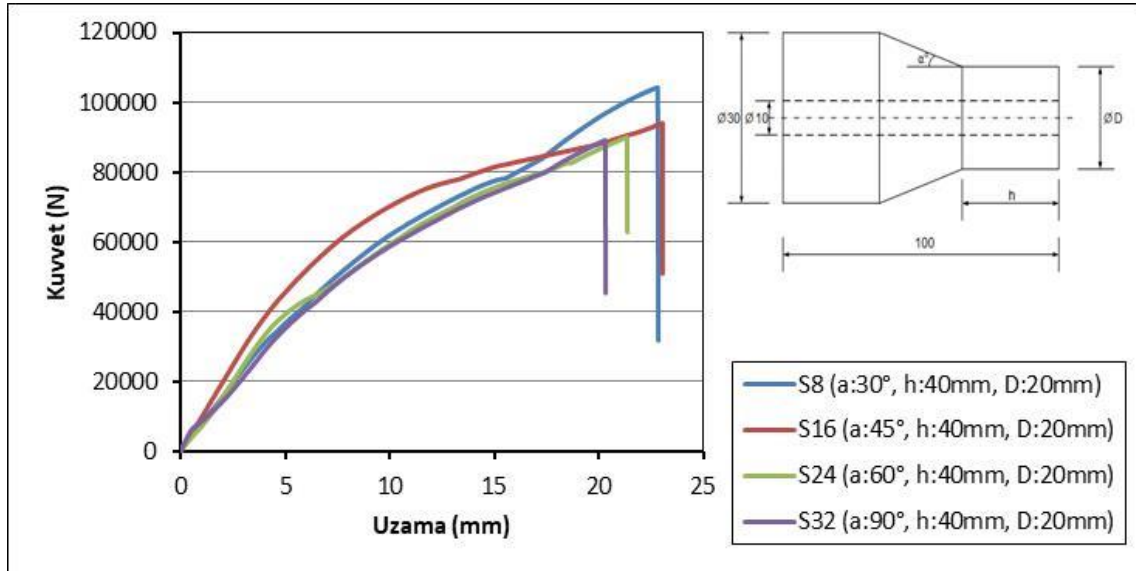
Şekil 4.14. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S2₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), S10₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), S18₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) ve S26₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.15. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S4₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), S12₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), S20₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) ve S28₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.16. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S6₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm), S14₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm), S22₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve S30₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi

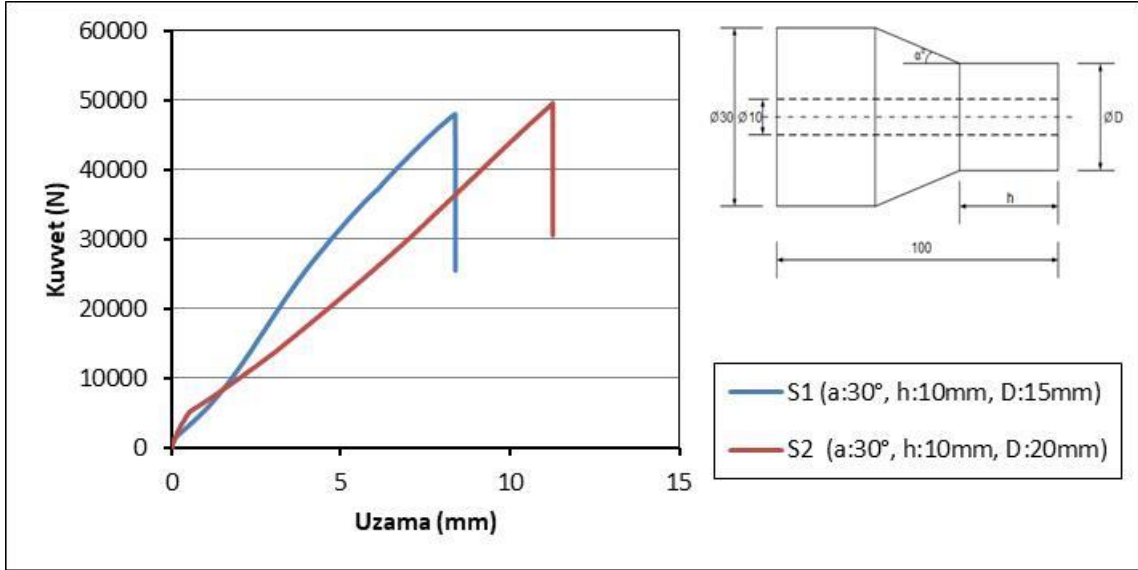


Şekil 4.17. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm), S16₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm), S24₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) ve S32₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi

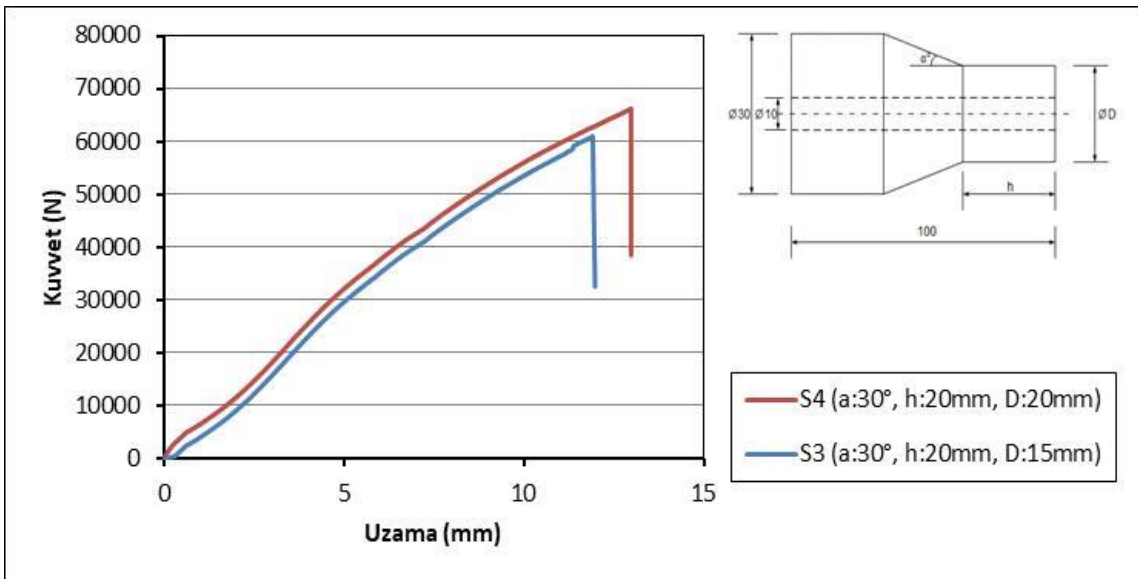
DP410 yapıştırıcısı ile dört farklı bindirme açısı (30 °,45 °,60 °,90 °) kullanılarak halka kesitli çubuklar birleştirilmiştir. Yapılan birleştirmelerde a bindirme açısının çekme yükü altındaki davranışları incelenmiştir. Numunelerin çekme kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde a bindirme açısı artıkça çekme yükünün azaldığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiği, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S8₄₁₀ (a:30° h:40mm, D:20 mm) ve S25₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15 mm) numunelerin de sırasıyla 104226.6 N ve 35328,13 N olarak elde edilmiştir. Genel olarak a bindirme açısının artmasına bağlı olarak yapışma yüzey alanının azalmasına ve çekme kuvvetinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir.

4.1.3. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde 'D' Bindirme İç Çapının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

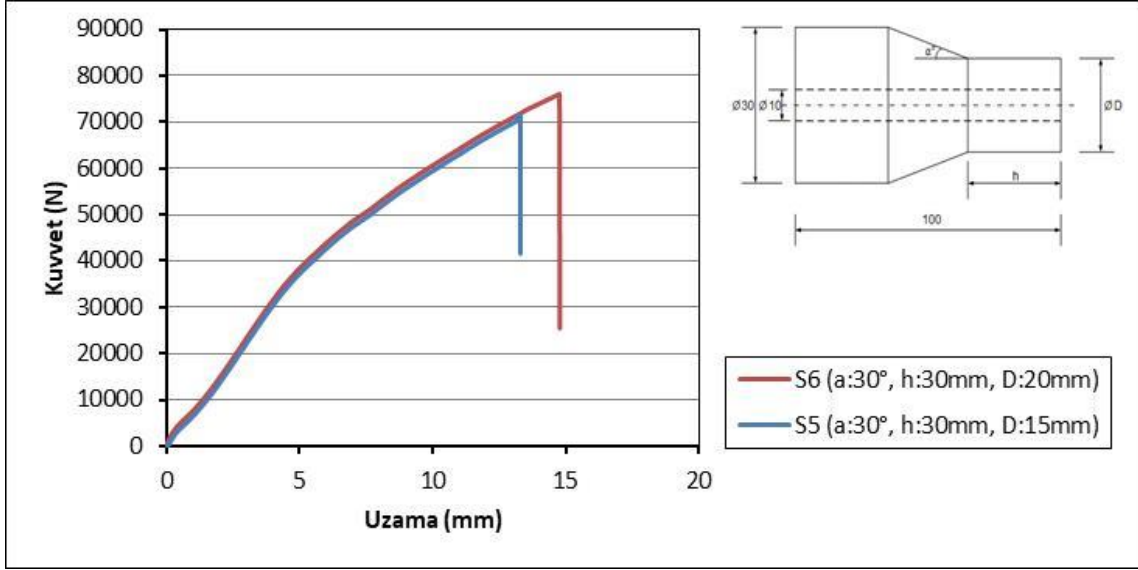
Halka kesitli çubukların birleştirilmesinde DP 410 yapıştırıcısı kullanılan numunelerde D iç çapının etkisi incelenmiştir. 15 ve 20 mm olmak üzere iki farklı bindirme iç açısının kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



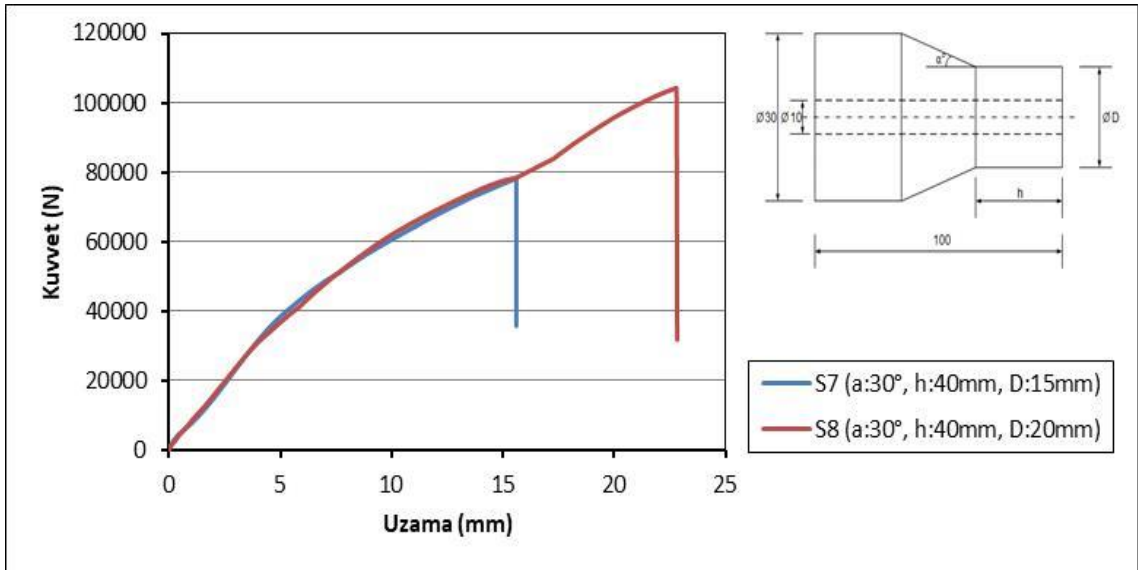
Şekil 4.18. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm) ve S2₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



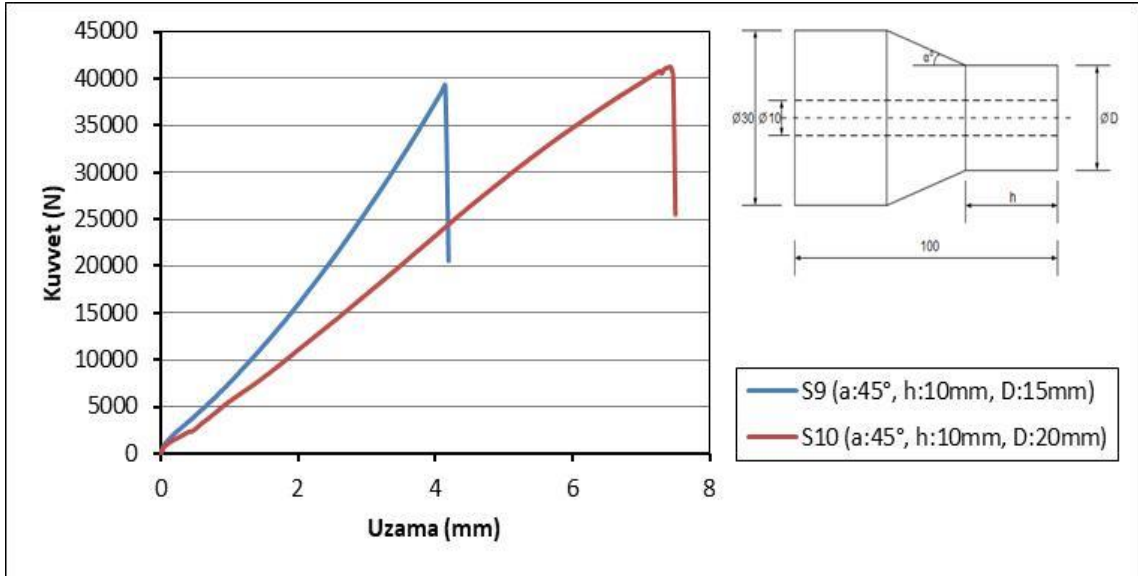
Şekil 4.19. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S3₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm) ve S4₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



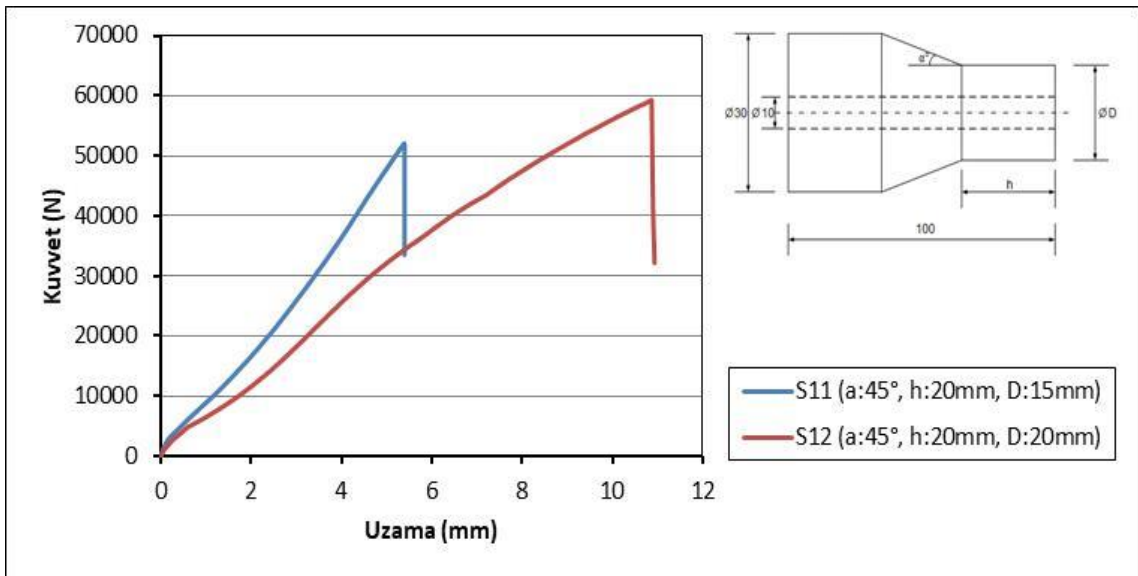
Şekil 4.20. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S5₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S6₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



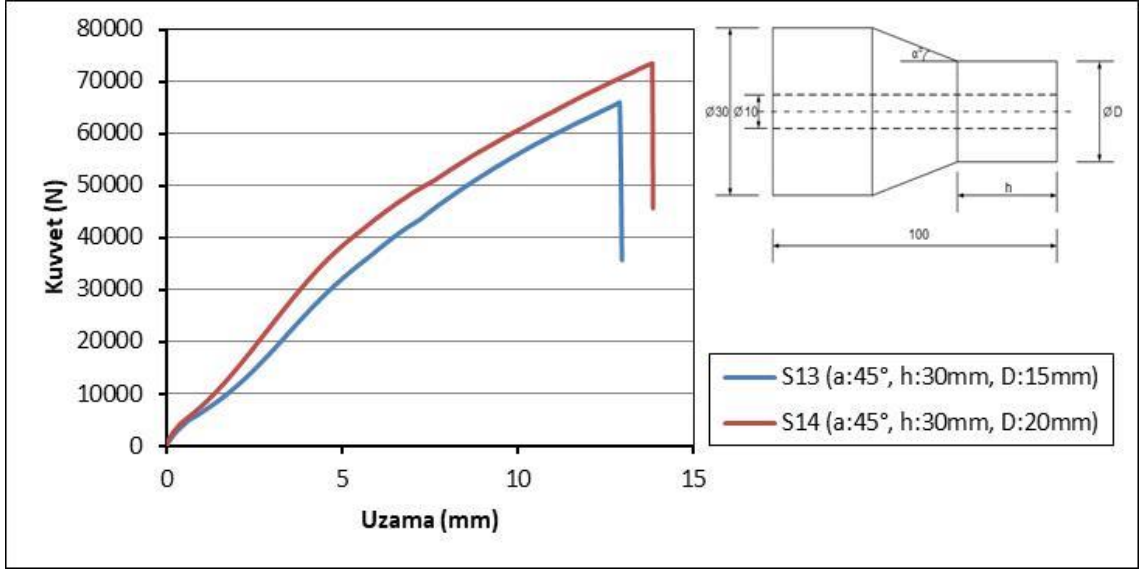
Şekil 4.21. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S7₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) ve S8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



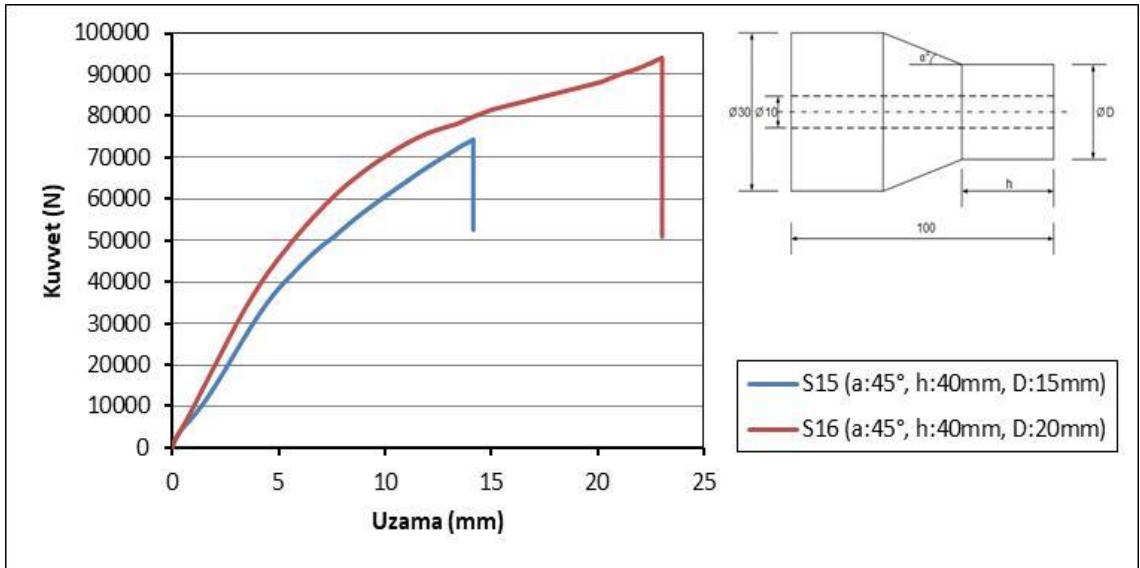
Şekil 4.22. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm) ve S10₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



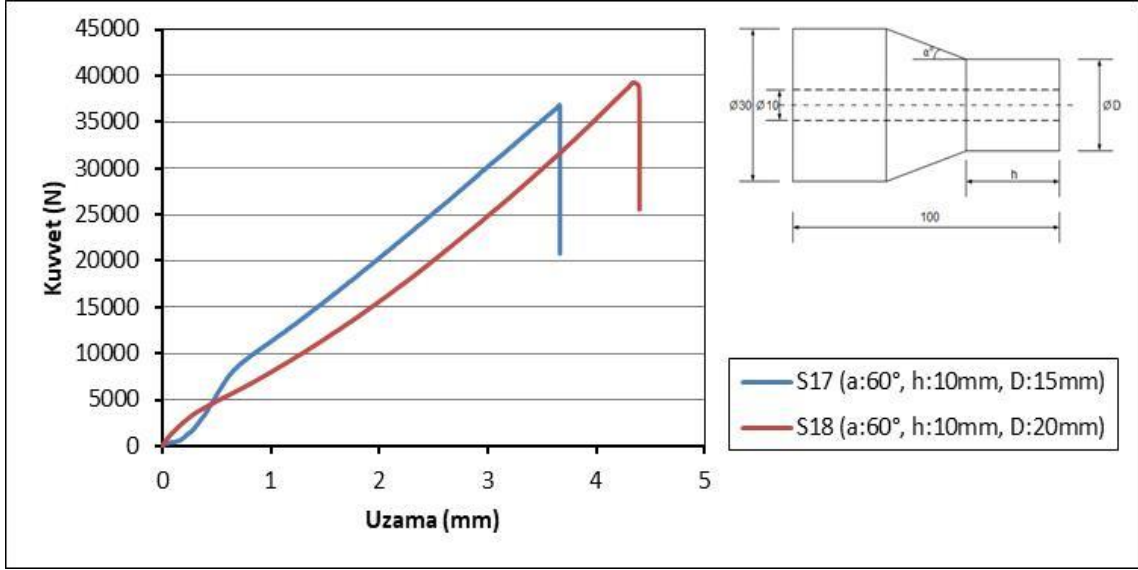
Şekil 4.23. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S11₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm) ve S12₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



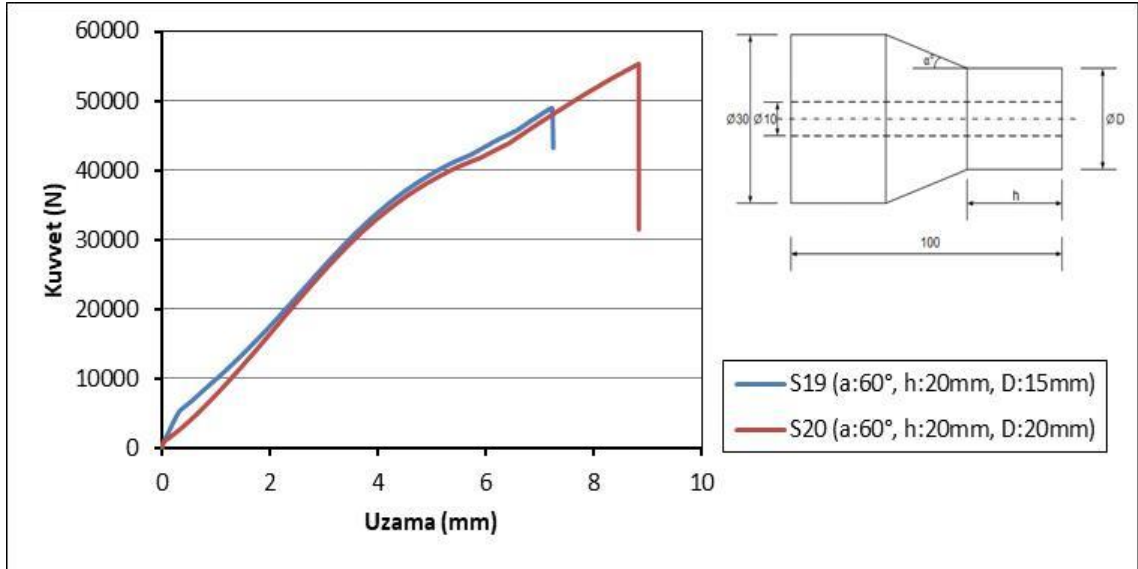
Şekil 4.24. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S13₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve S14₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



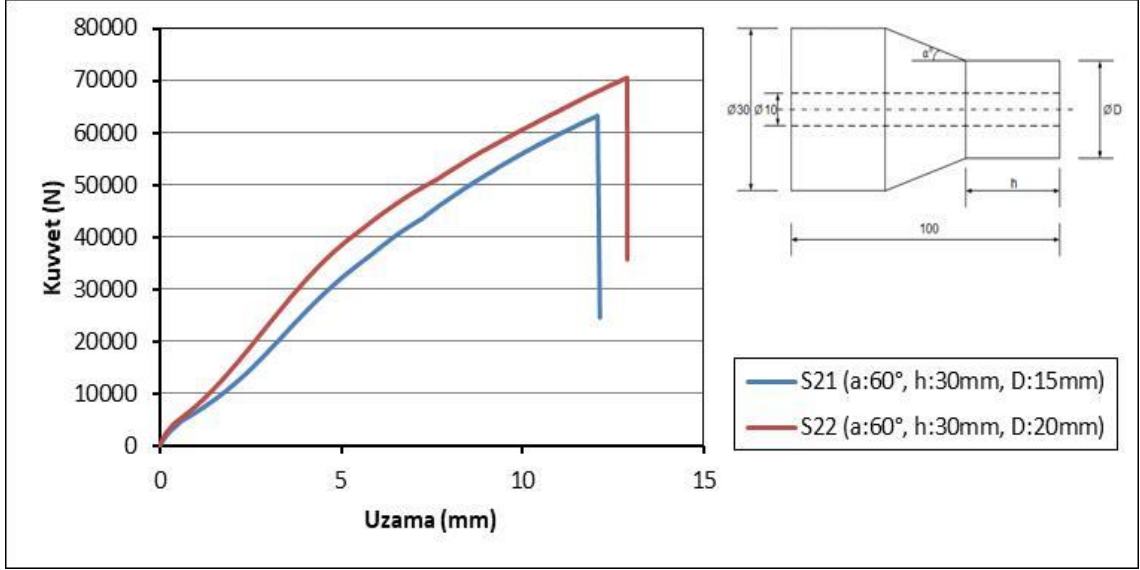
Şekil 4.25. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S15₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) ve S16₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



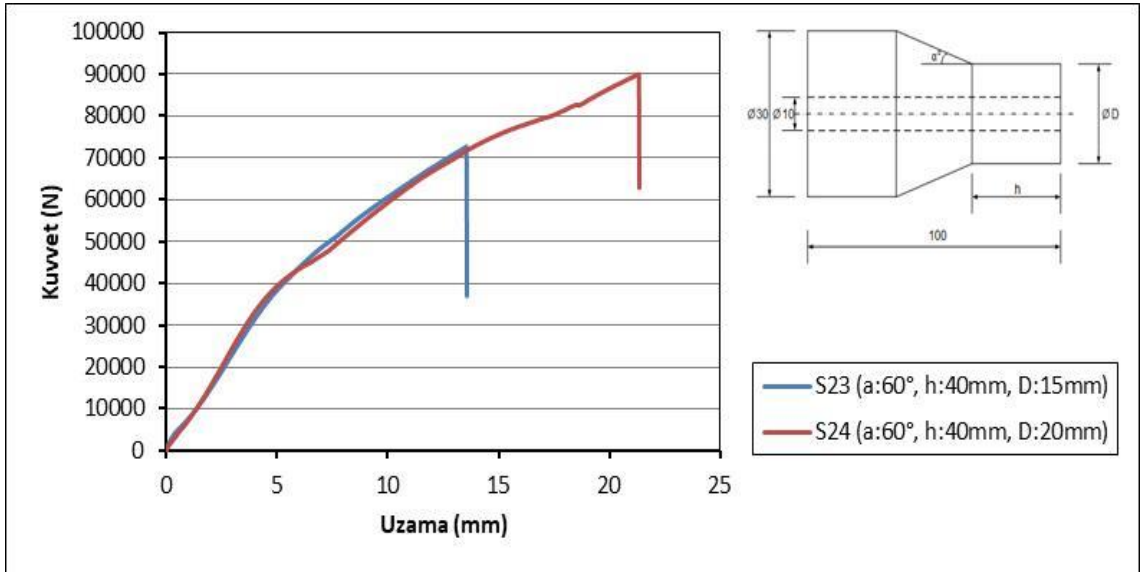
Şekil 4.26. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve S18₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



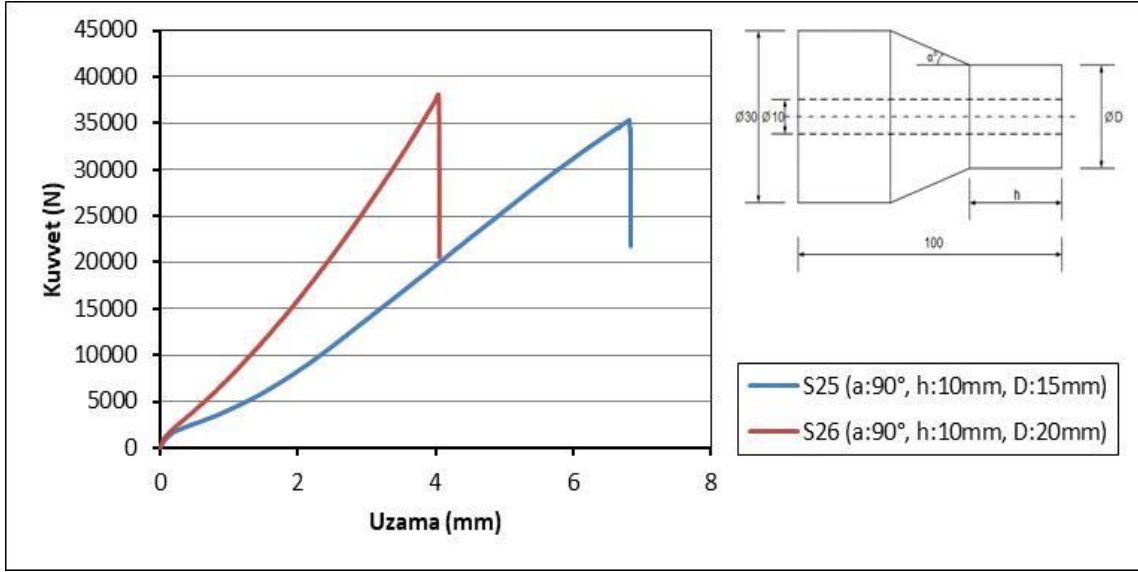
Şekil 4.27. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S19₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve S20₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



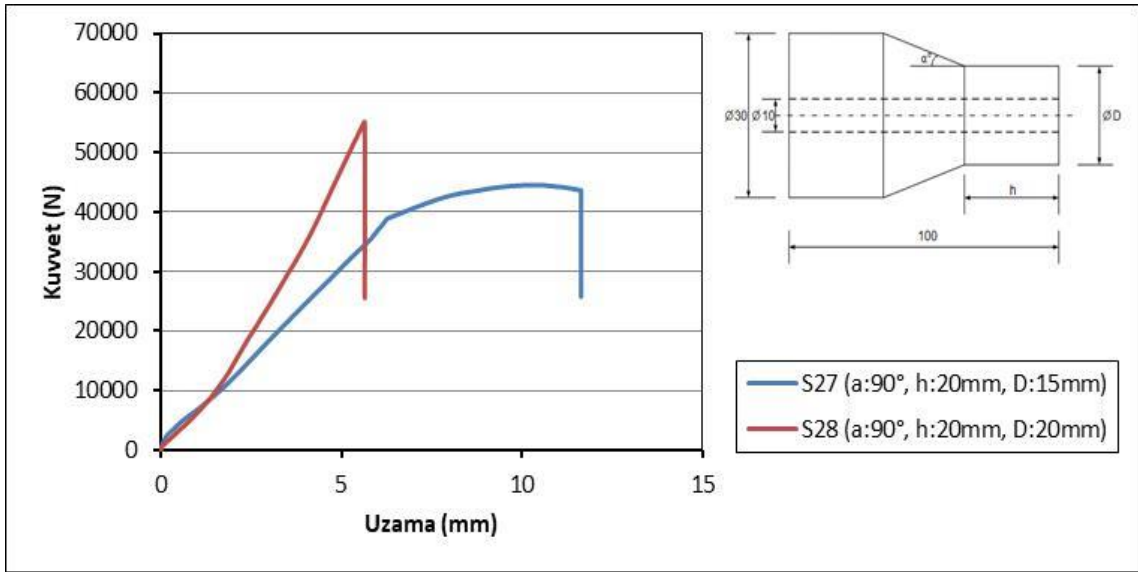
Şekil 4.28. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S21₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S22₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



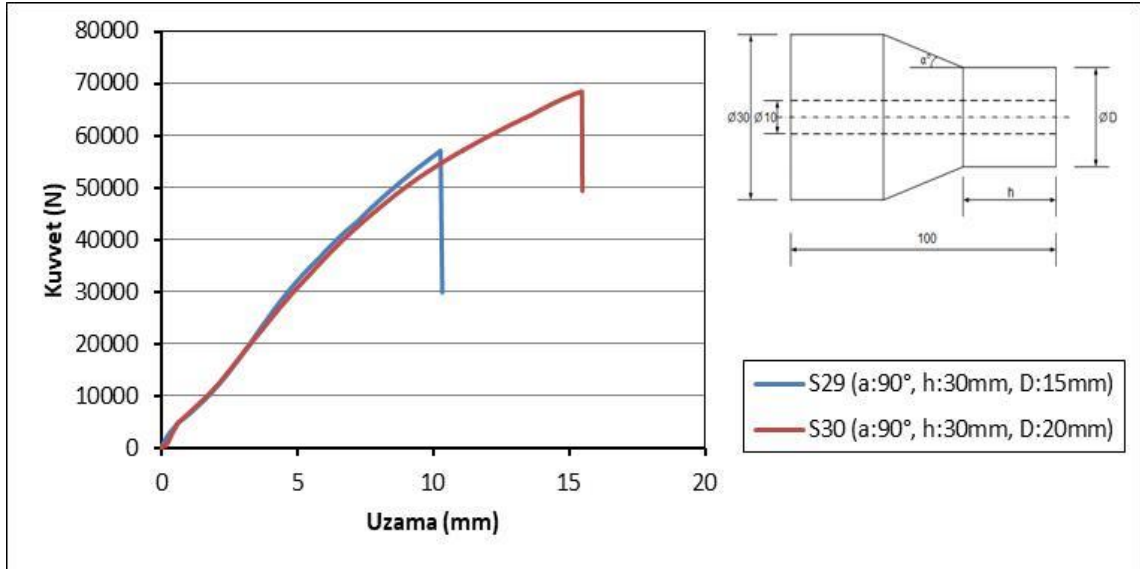
Şekil 4.29. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S23₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve S24₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



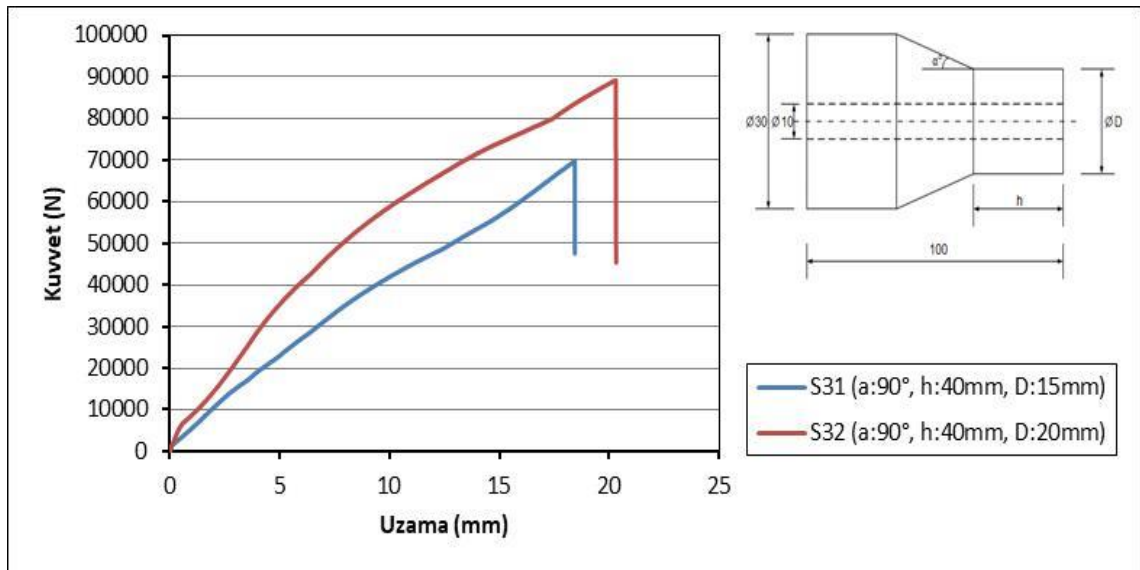
Şekil 4.30. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S25₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve S26₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.31 DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S27₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) ve S28₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.32. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S29₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S30₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi

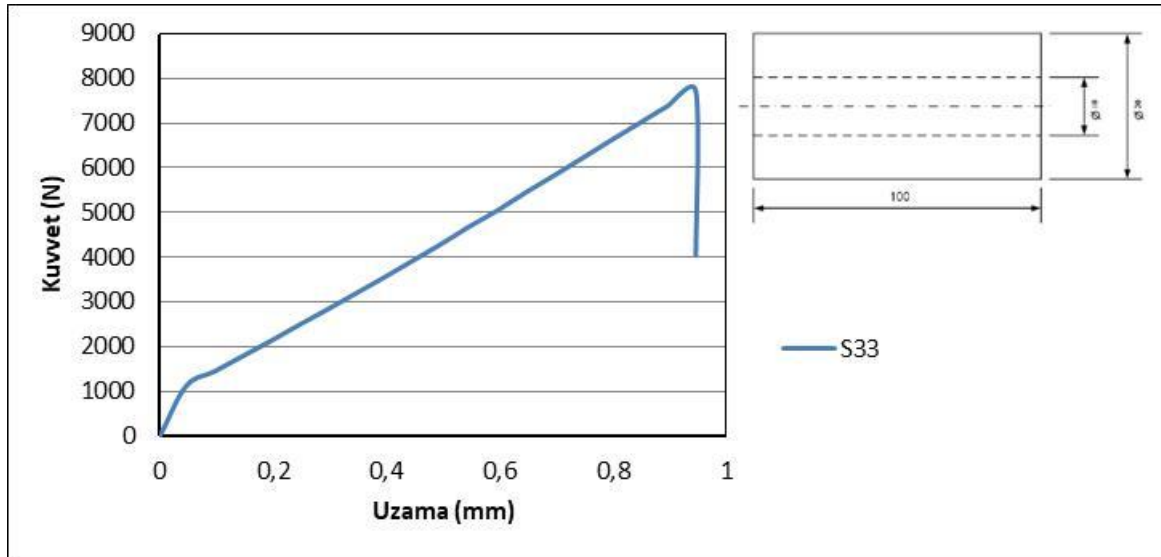


Şekil 4.33. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S31₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) ve S32₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi

DP410 yapıştırıcısı kullanılarak iki farklı (15mm, 20mm) D bindirme iç çapında halka kesitli çubuklar birleştirilmiştir. Numunelerde D bindirme iç çapının bağlantı mukavemetine etkisini incelemek için numuneler çekme yüküne maruz bırakılmıştır. Birleştirmelerin çekme kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde D bindirme iç çapı arttıkça çekme yükünün arttığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiği,

maksimum çekme kuvveti S8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20 mm) numunede ve minimum çekme kuvveti S25₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15 mm) numunesinde elde edilmiştir. Bu duruma bağlı olarak D bindirme iç çapının artışıyla yapışma yüzey alanı da artmaktadır ve bağlantı mukavemetini arttırmaktadır.

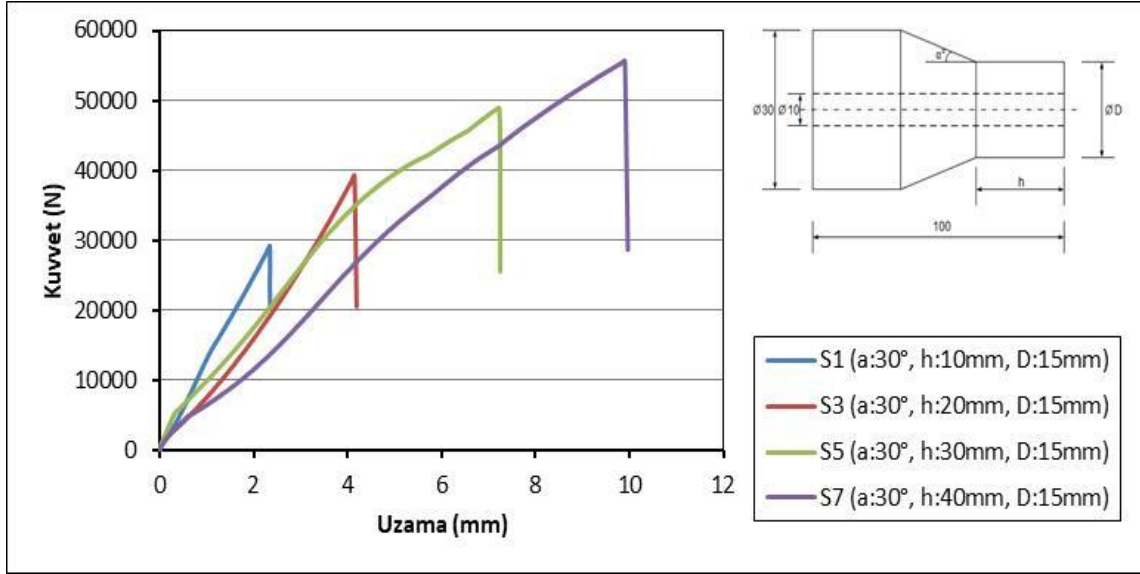
DP 410 yapıştırıcısı ile alın alına bindirmeli olarak birleştirilen numunelerin normal alına birleştirmeye göre avantajlarını görebilmek için S33₄₁₀ nolu numunenin çekme deneyleri de gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.34'te alına alına birleştirilmiş numunenin grafiği verilmiştir. DP 410 yapıştırıcısı ile bindirmeli olarak birleştirilen bütün numuneler alına alına birleştirmeye göre daha iyi mekanik davranış göstermiştir.



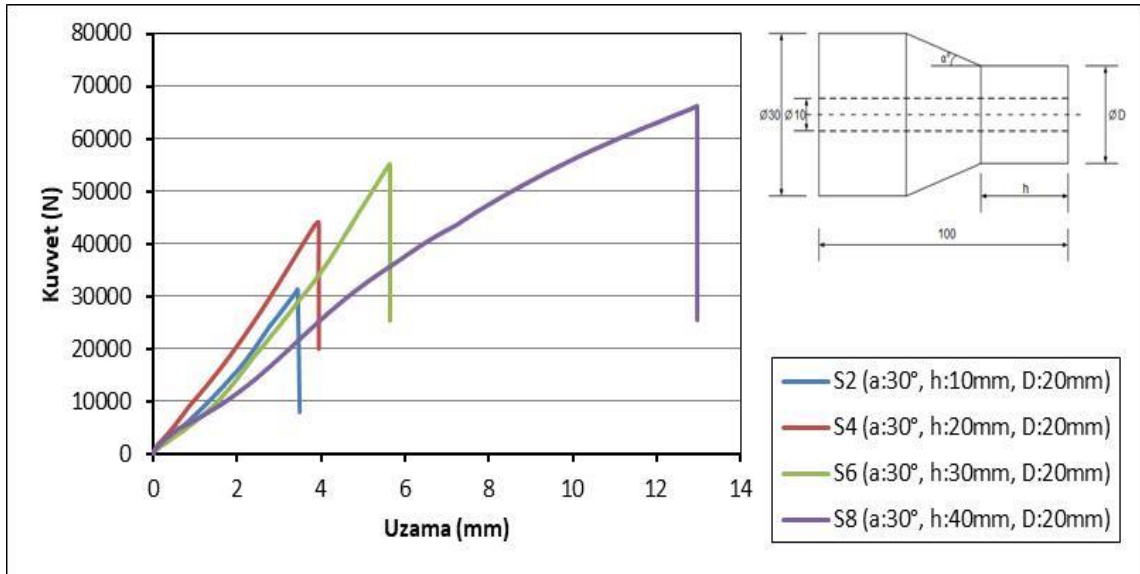
Şekil 4. 34. DP 410 yapıştırıcısı ile birleştirilen S33₄₁₀ nolu numunenin çekme kuvveti davranışı

4.1.4. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde 'h' Bindirme Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

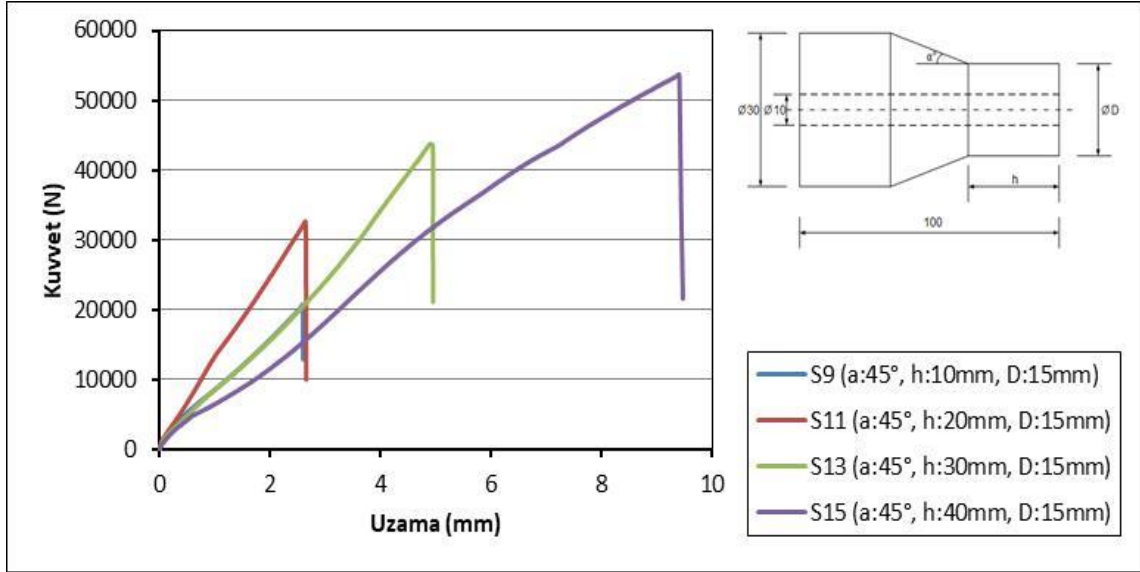
Yapıştırma işleminde DP 490 kullanılan ve aynı bindirme çapı ile iç çapına sahip numunelerde 'h' değişiminin etkisine bakılmıştır. Dört farklı bindirme mesafesinin kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



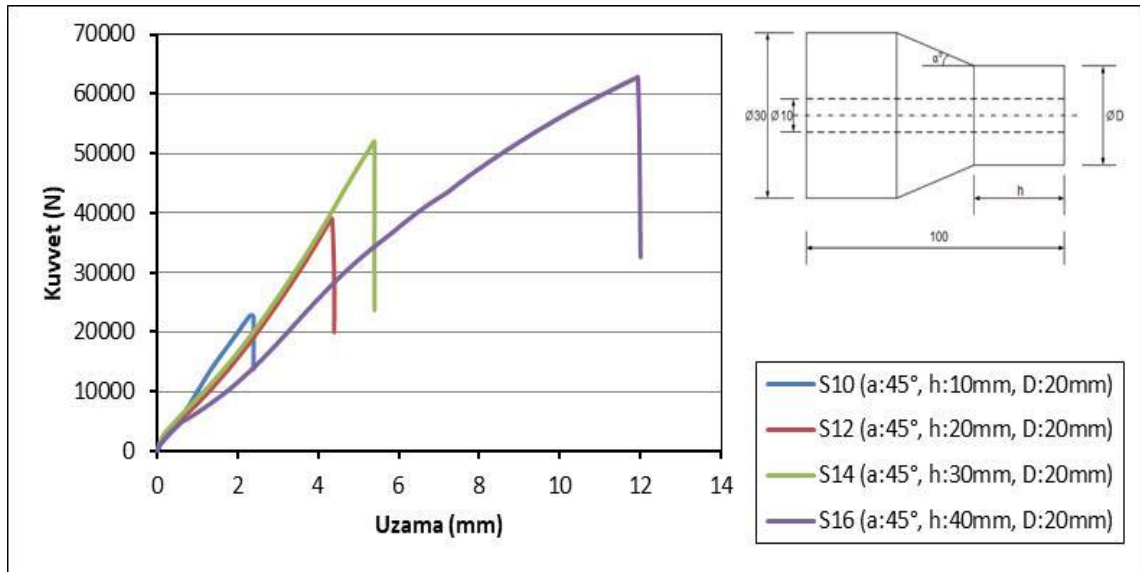
Şekil 4.35. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), S3₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S5₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S7₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



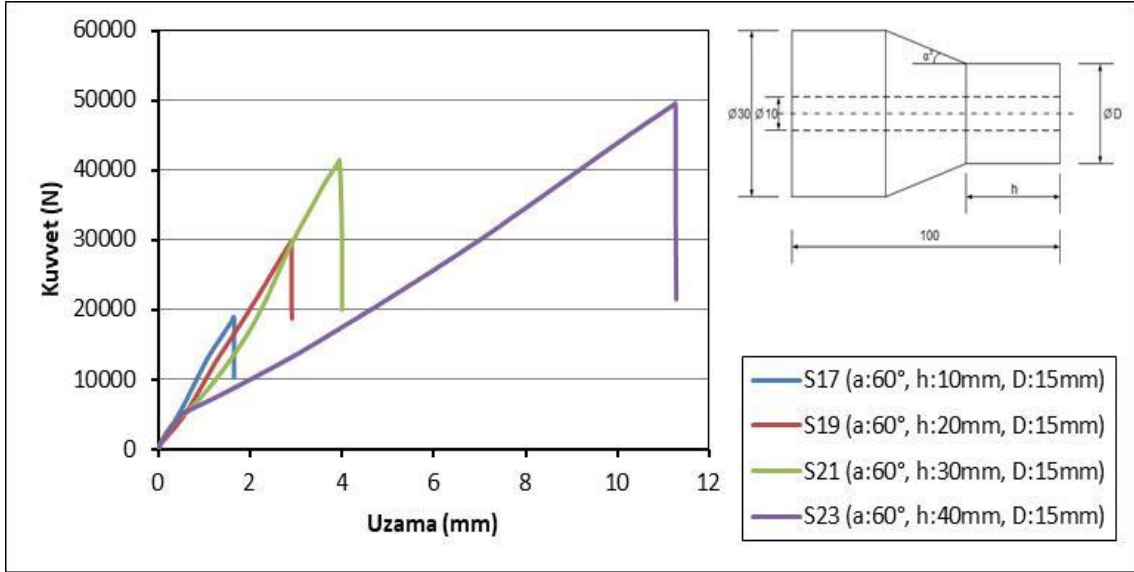
Şekil 4.36. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S2₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), S4₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), S6₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve S8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



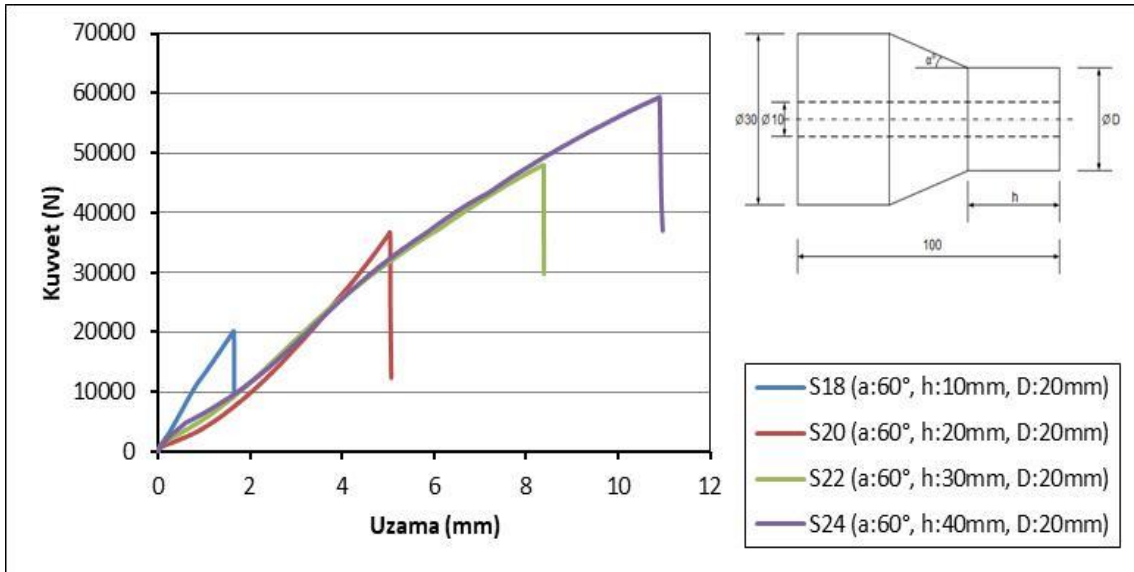
Şekil 4.37. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), S11₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), S13₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve S15₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



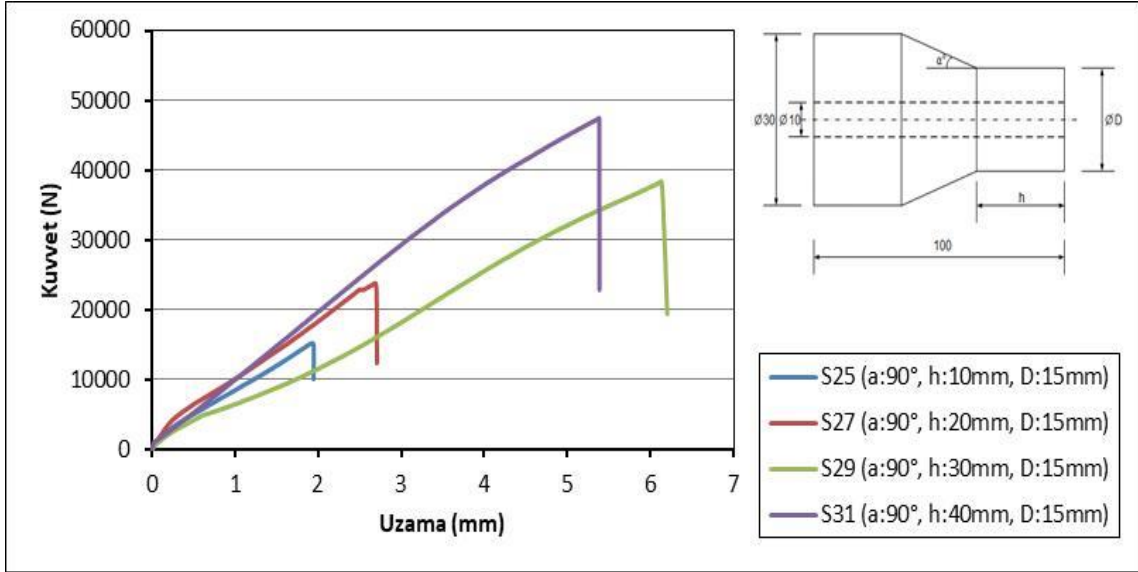
Şekil 4.38. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S10₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), S12₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), S14₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) ve S16₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



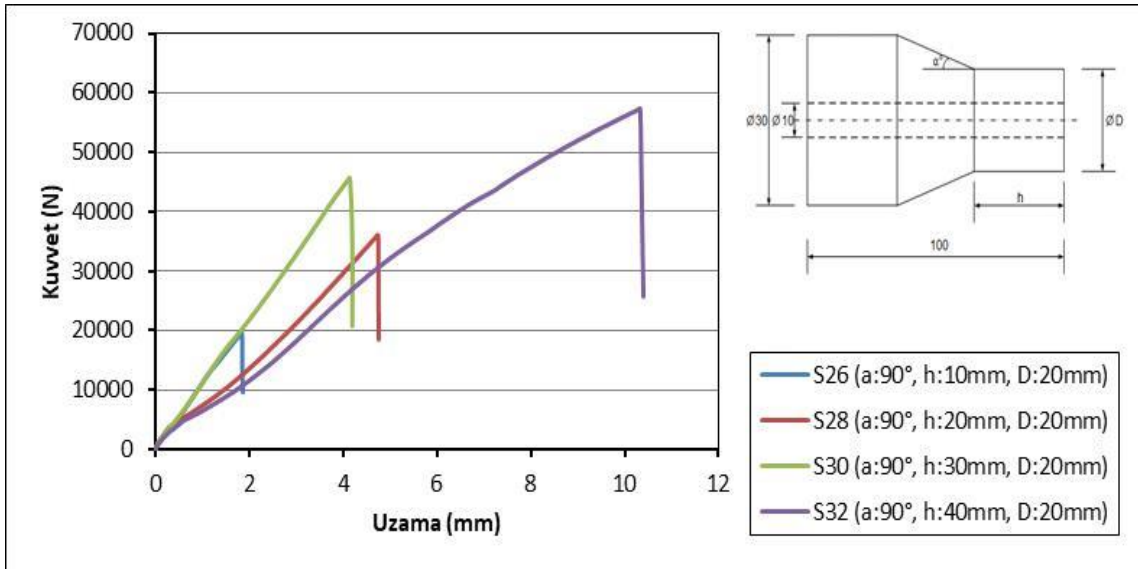
Şekil 4.39. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm), S19₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm), S21₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S23₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.40. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S18₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm), S20₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm), S22₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve S24₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.41. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), S27₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), S29₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S31₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



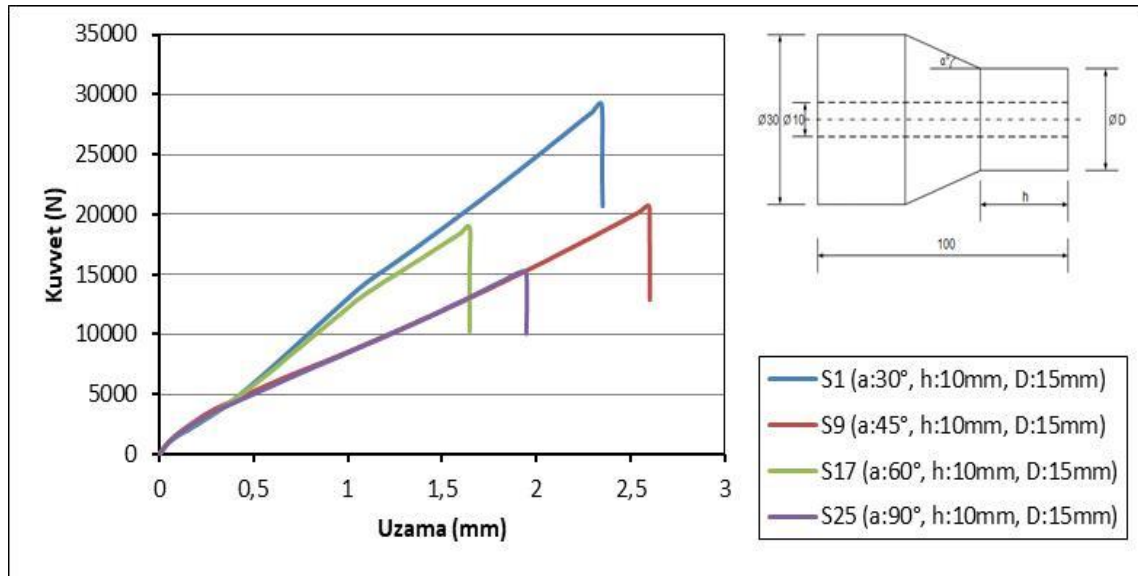
Şekil 4.42. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S26₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), S28₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), S30₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve S32₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi

DP490 yapıştırıcısı kullanılarak dört farklı (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) h bindirme mesafelerinde halka kesitli çubukların birleştirilmesi yapılmıştır. Yapılan birleştirmelerde h bindirme mesafesinin bağlantı mukavemetine etkisini incelemek için DP 490 ile birleştirilmiş numuneler çekme yüküne maruz bırakılmıştır. Birleştirmelerin çekme

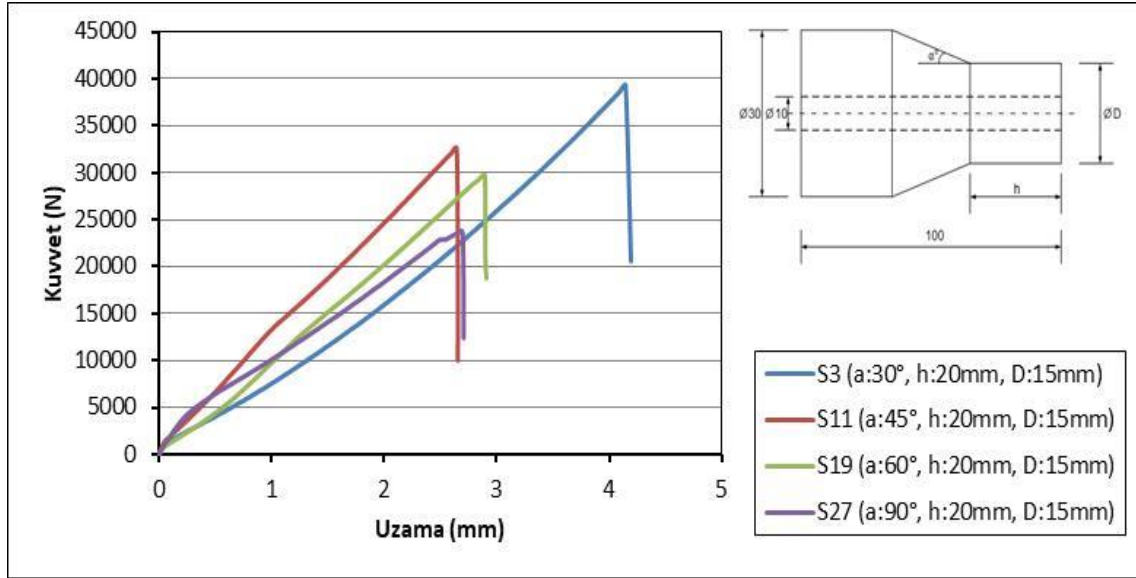
kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde genel olarak h bindirme mesafesi arttıkça çekme yükünün arttığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiği, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20 mm) ve S25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15 mm) numunelerin de sırasıyla 66183,59 N ve 15054,69 N olarak elde edilmiştir. Bu durumun h bindirme mesafesinin artmasına paralel olarak yapışma yüzey alanının artmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

4.1.5. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde 'a' Bindirme Açısının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

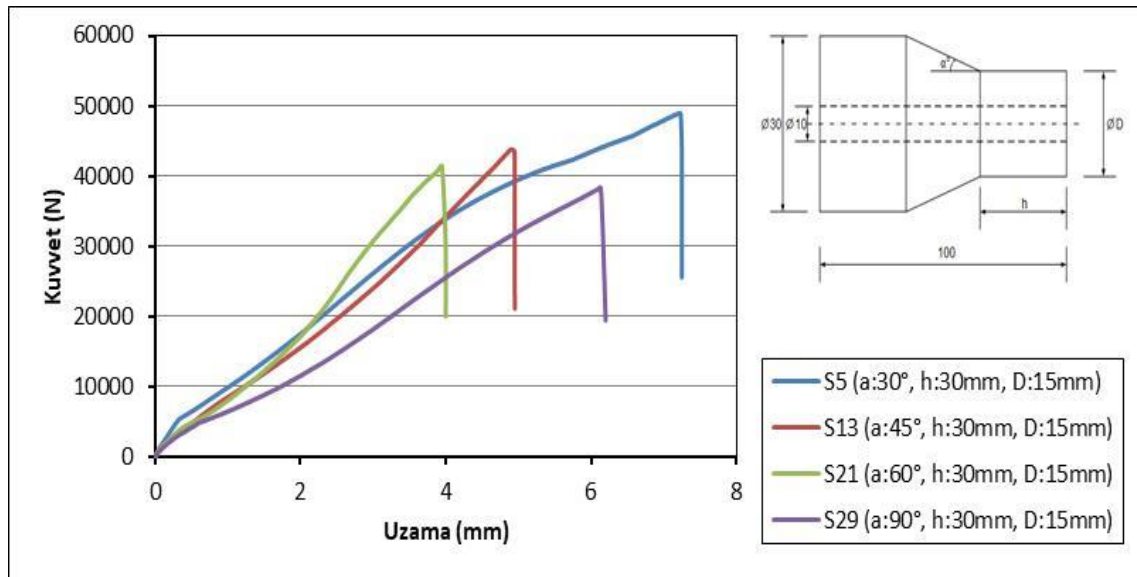
DP 490 kullanılarak birleştirilen halka kesitli çubuklarda parametrelerden a açısının etkisi incelenmiştir. Dört farklı bindirme açısının kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



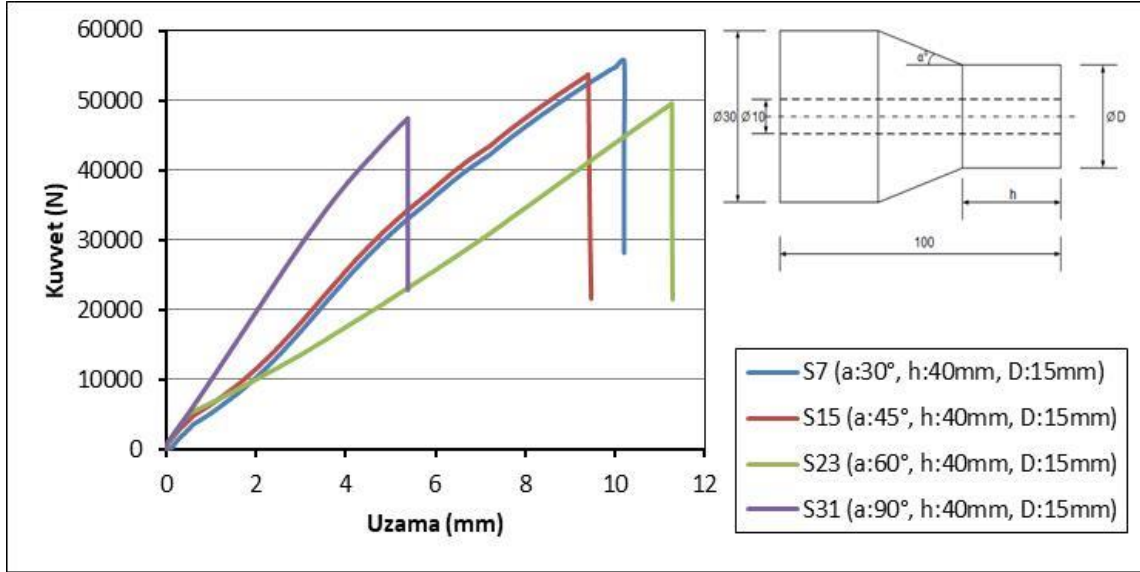
Şekil 4.43. DP 490 yapıştırıcı kullanılarak birleştirilen S1₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), S9₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), S17₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve S25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



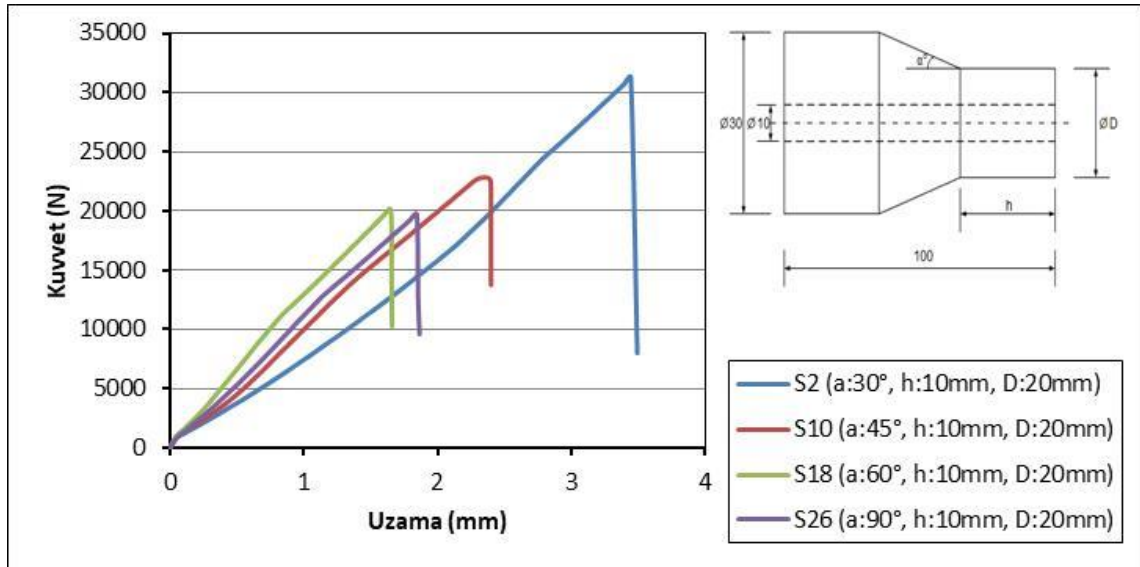
Şekil 4.44. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S3₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S11₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), S19₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve S27₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



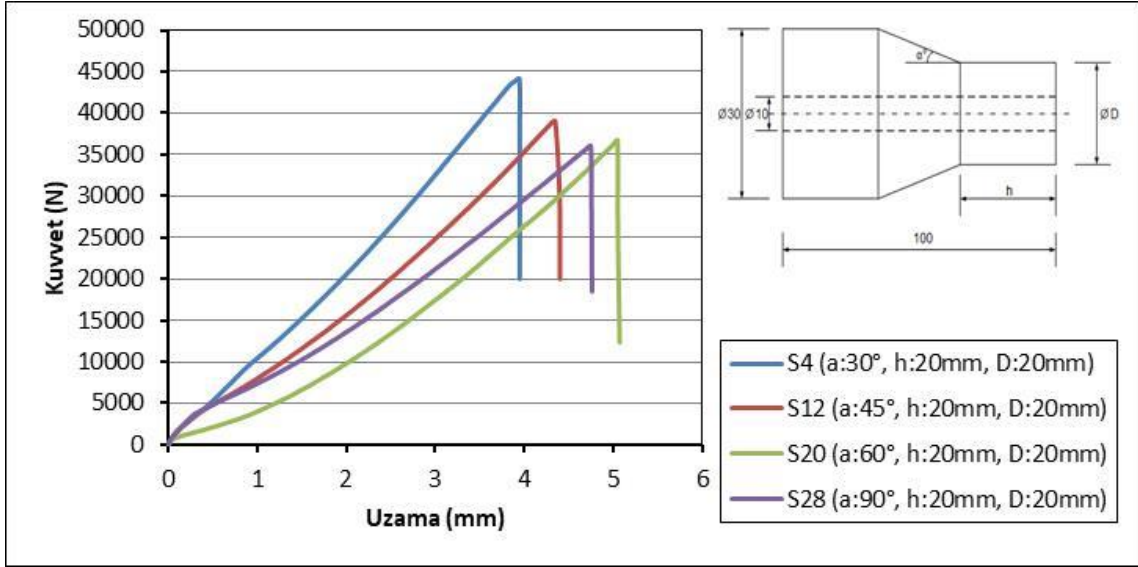
Şekil 4.45. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S5₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm), S13₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm), S21₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S29₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



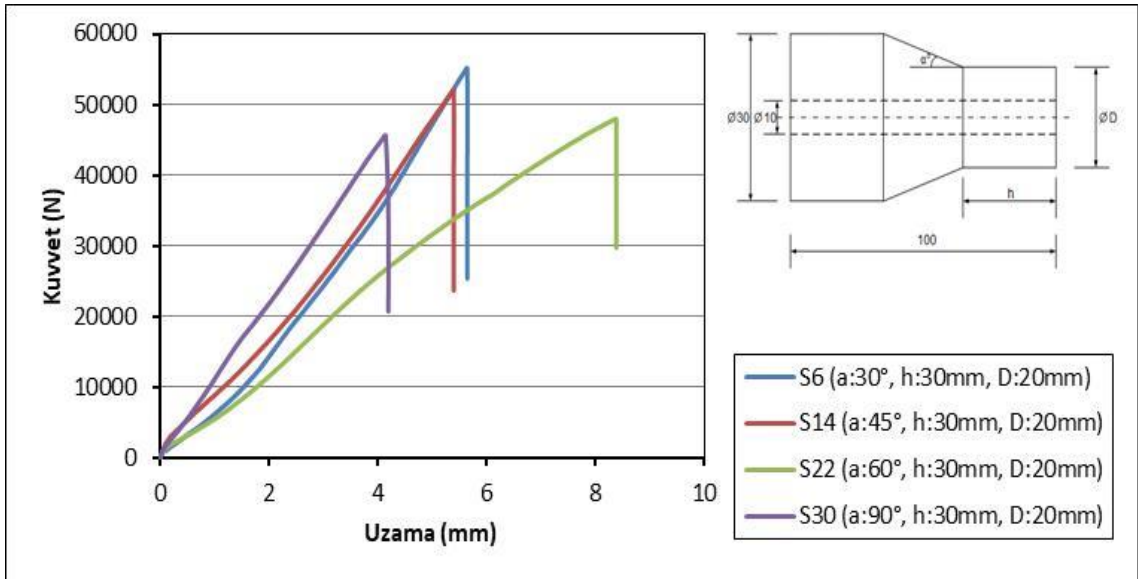
Şekil 4.46. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S7₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm), S15₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm), S23₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve S31₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



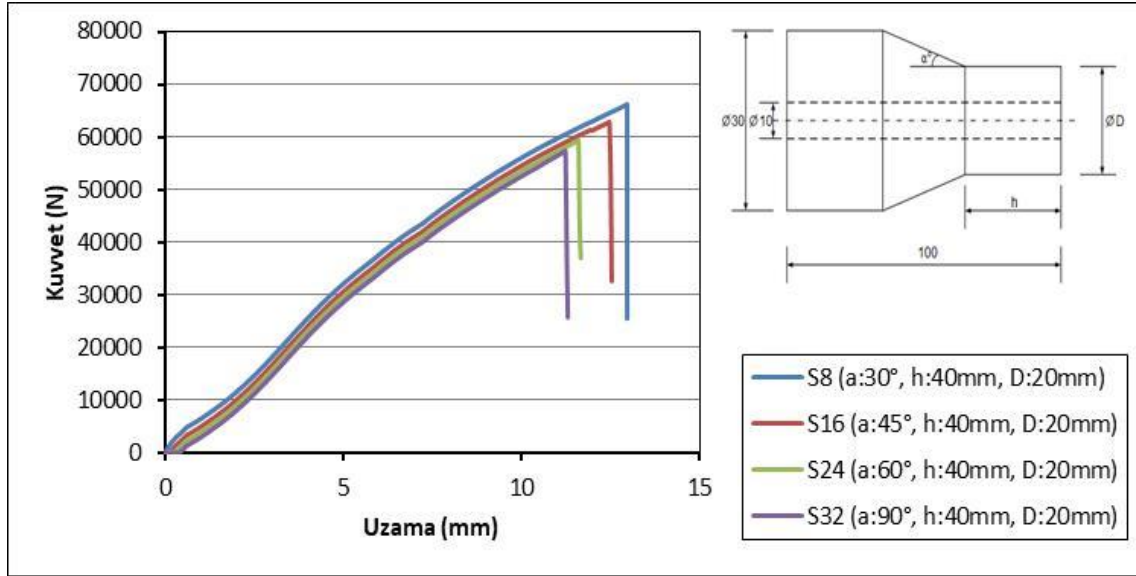
Şekil 4.47. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S2₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), S10₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), S18₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) ve S26₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.48. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S4₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), S12₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), S20₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) ve S28₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.49. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S6₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm), S14₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm), S22₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve S30₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi

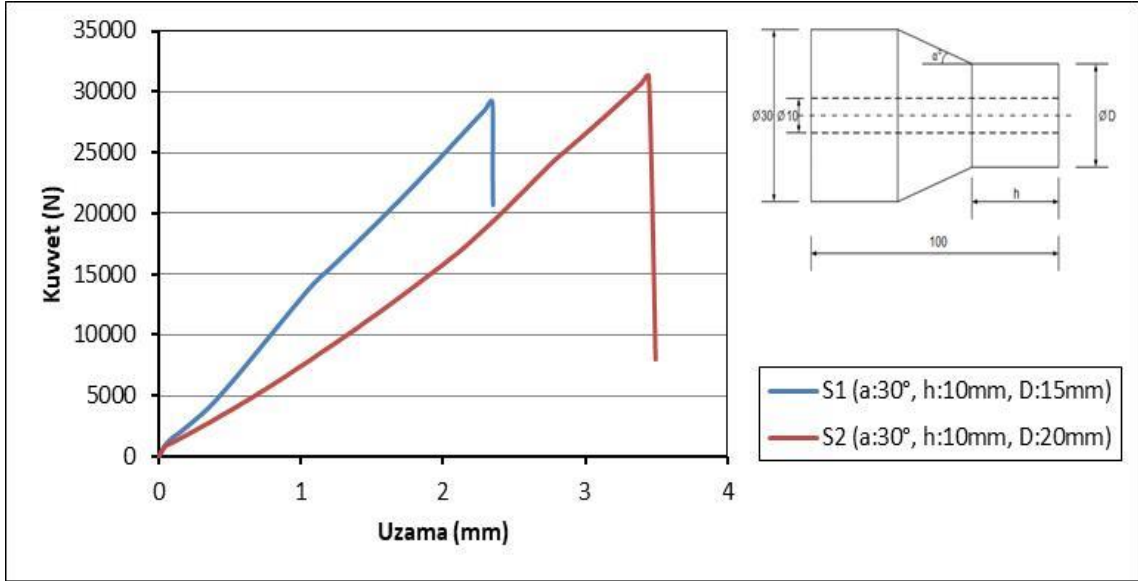


Şekil 4.50. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm), S16₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm), S24₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) ve S32₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının çekme kuvvetine etkisi

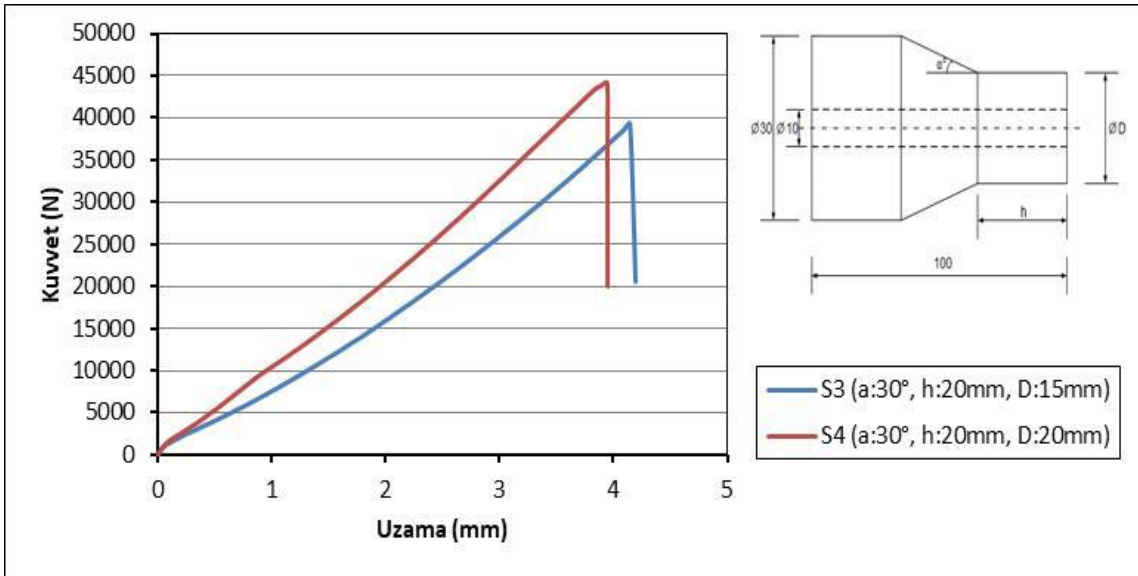
DP 490 yapıştırıcısı ile dört farklı bindirme açısı (30°, 45°, 60°, 90°) kullanılarak halka kesitli çubuklar birleştirilmiştir. Yapılan birleştirmelerde a bindirme açısının çekme yükü altındaki davranışları incelenmiştir. Numunelerin çekme kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde a bindirme açısı artıkça çekme yükünün azaldığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiği, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20 mm) ve S25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15 mm) numunelerin de sırasıyla 66183,59 N ve 15054,69 N olarak elde edilmiştir. Genel olarak a bindirme açısının artmasına bağlı olarak yapışma yüzey alanının azalmasına ve çekme kuvvetinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir.

4.1.6. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde 'D' Bindirme İç Çapının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

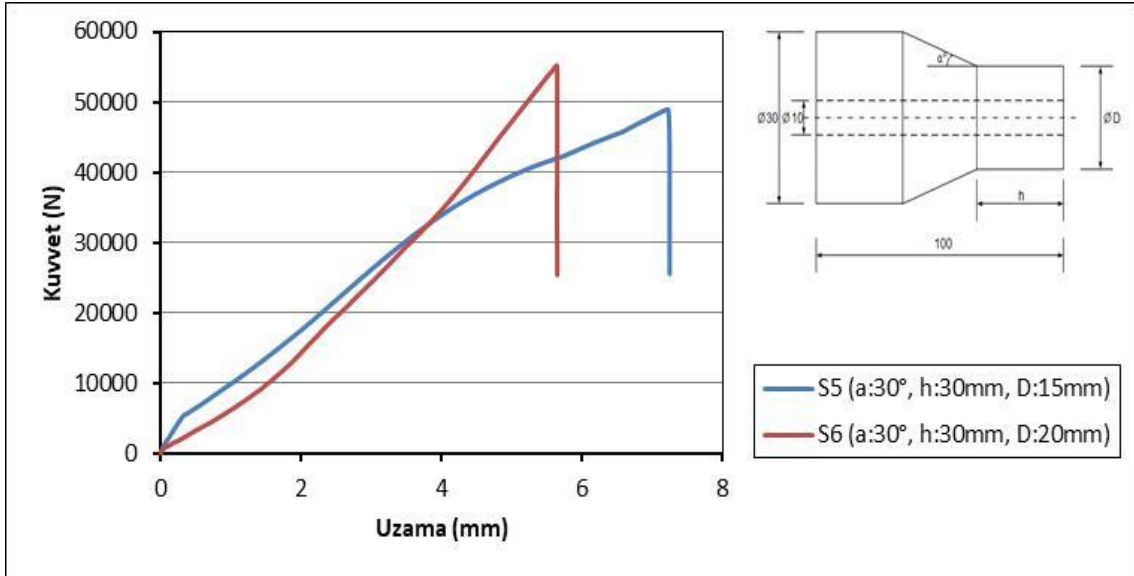
Halka kesitli çubukların birleştirilmesinde DP 490 yapıştırıcısı kullanılan numunelerde D iç çapının etkisi incelenmiştir. 15 ve 20 mm olmak üzere iki farklı bindirme iç açısının kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



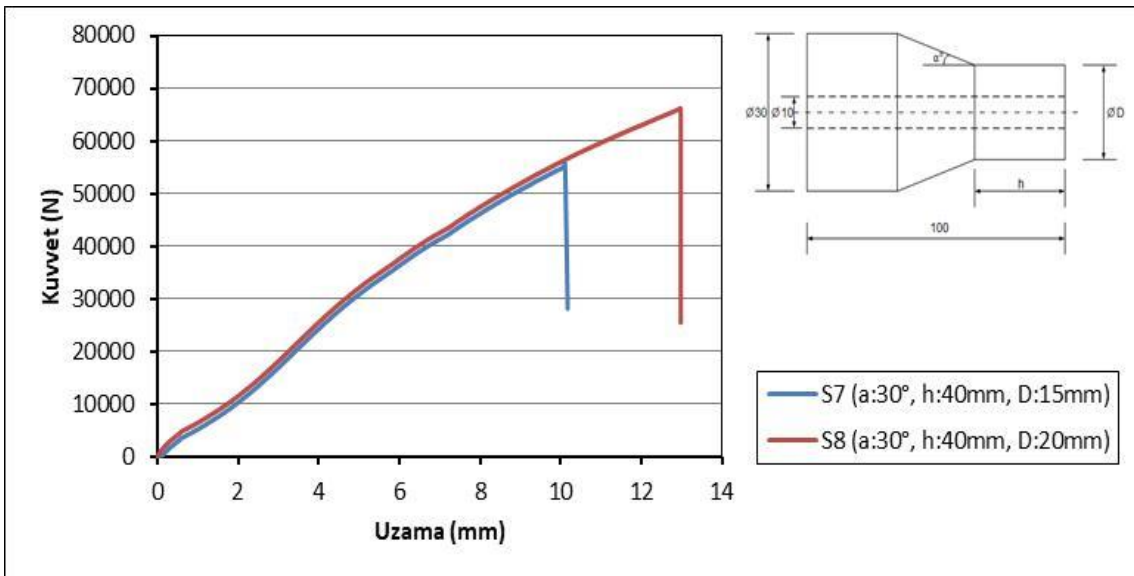
Şekil 4.51. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1₄₉₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) ve S2₄₉₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:20\text{mm}$) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



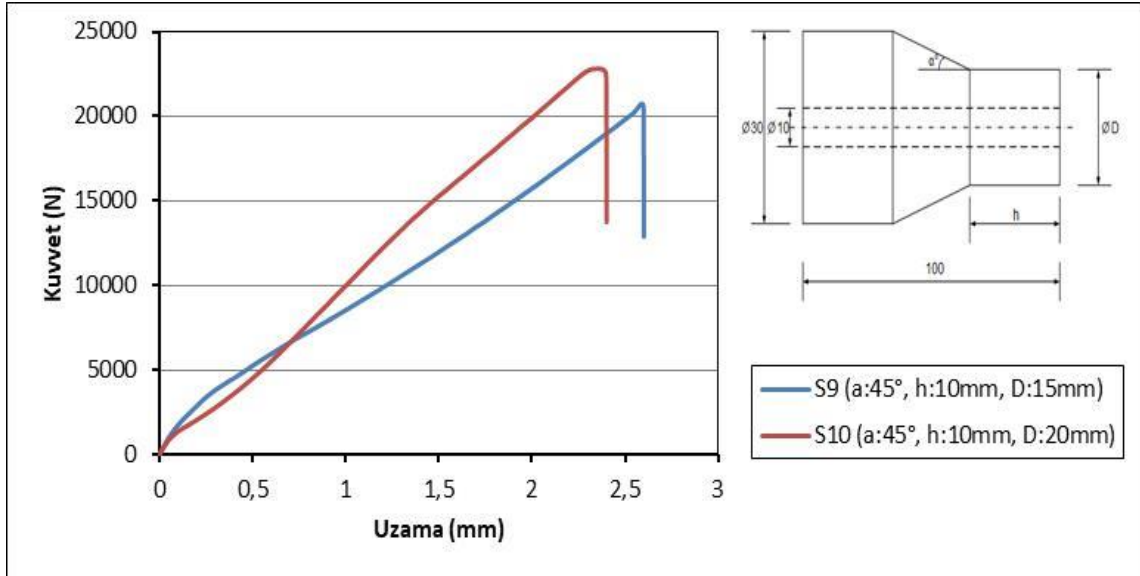
Şekil 4.52. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S3₄₉₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:20\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) ve S4₄₉₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:20\text{mm}$, $D:20\text{mm}$) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



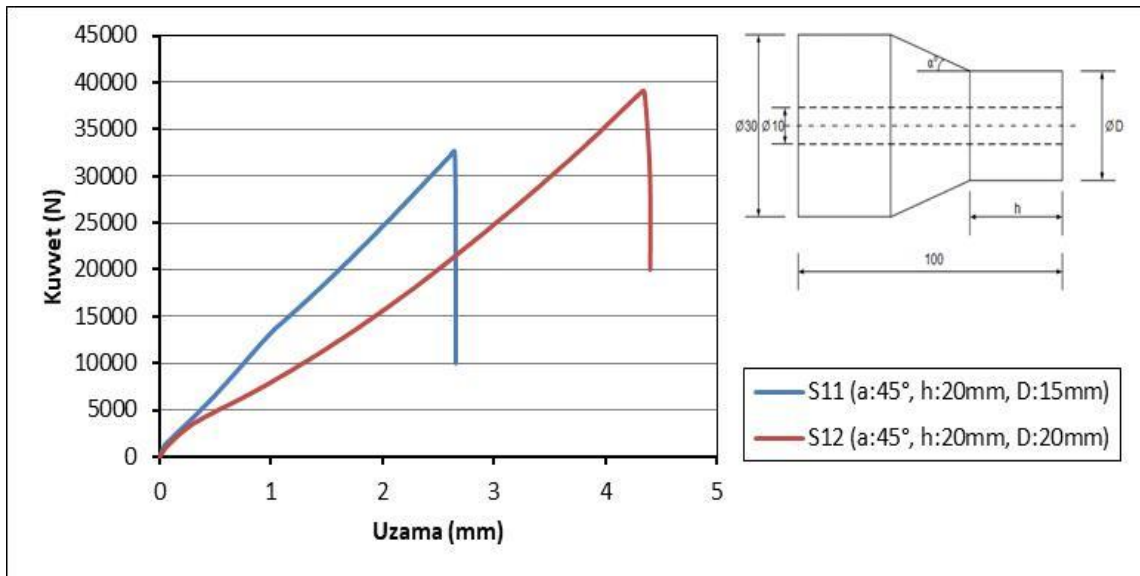
Şekil 4.53. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S5₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S6₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



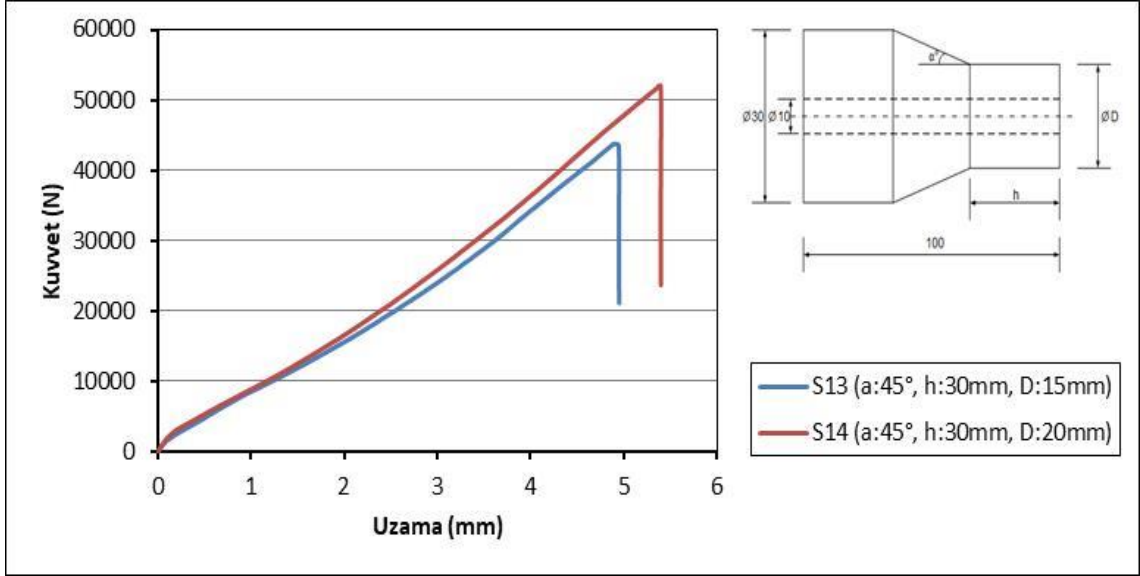
Şekil 4.54. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S7₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) ve S8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



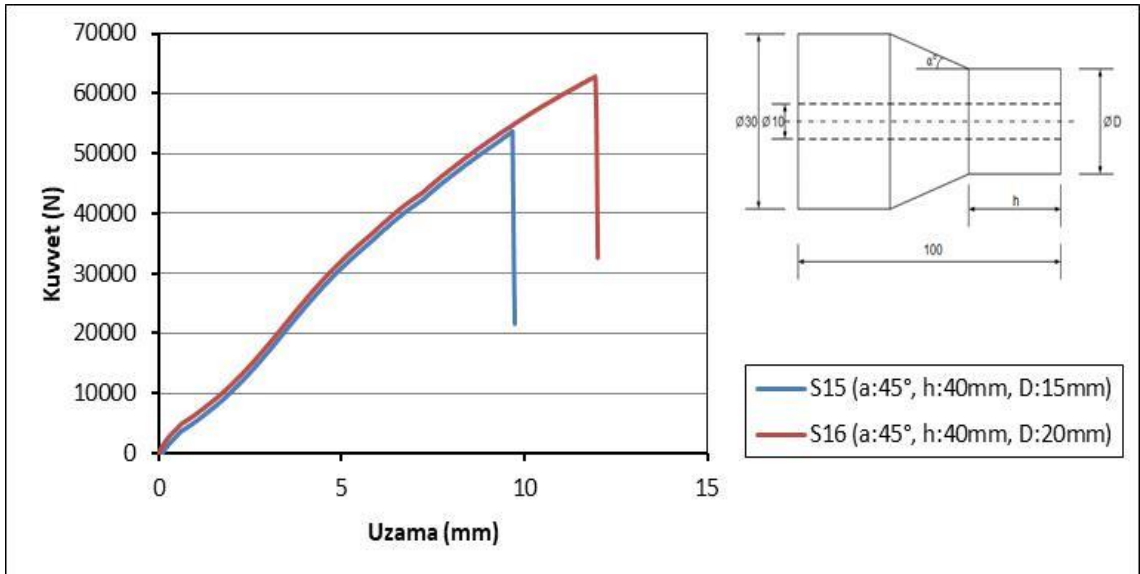
Şekil 4.55. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm) ve S10₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



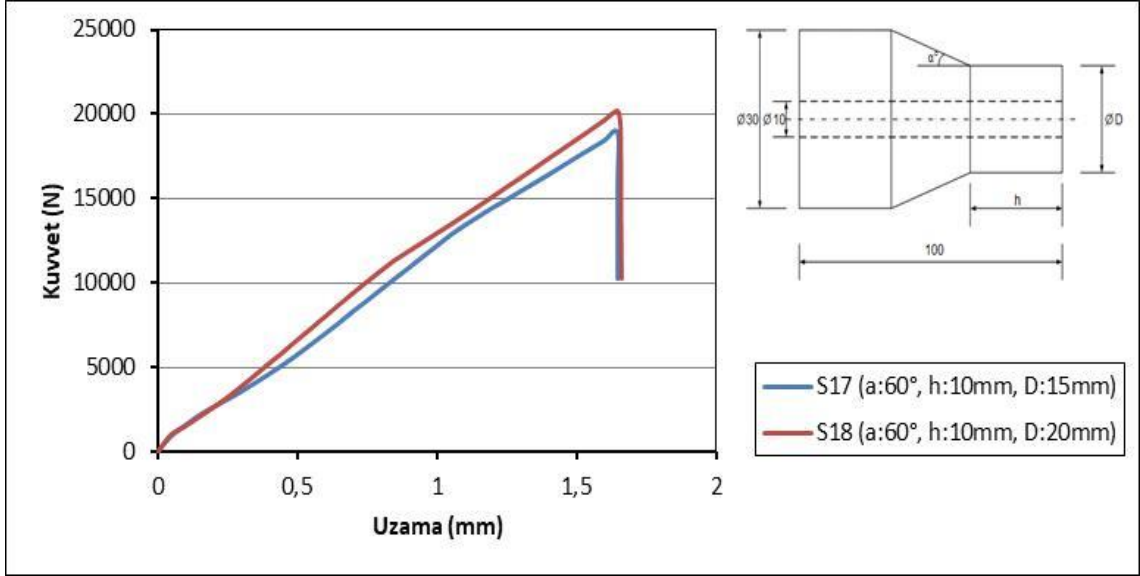
Şekil 4.56. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S11₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm) ve S12₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



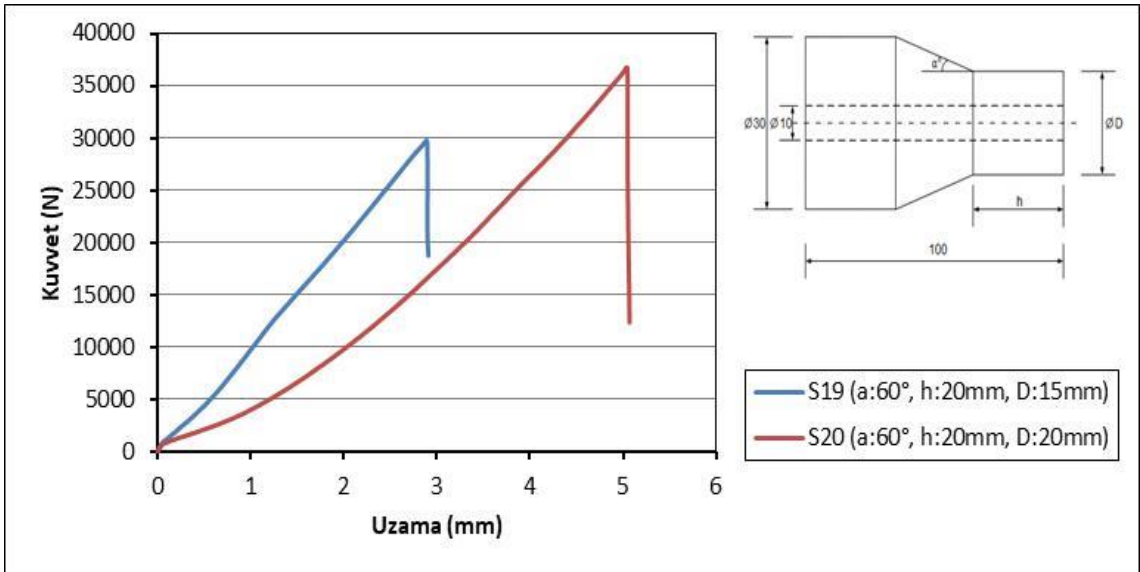
Şekil 4.57. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S13₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve S14₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



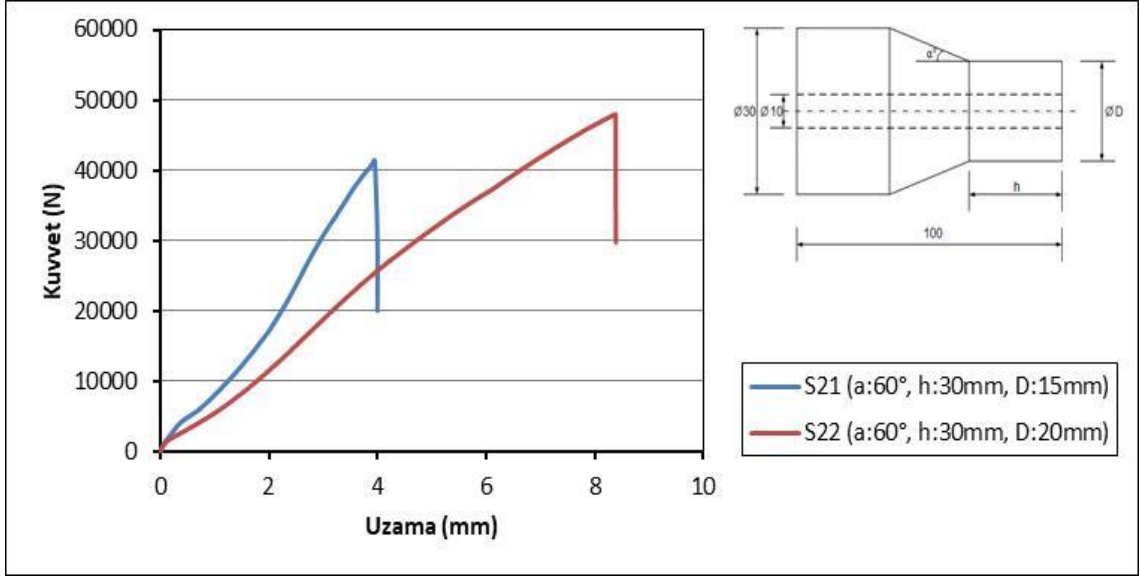
Şekil 4.58. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S15₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) ve S16₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



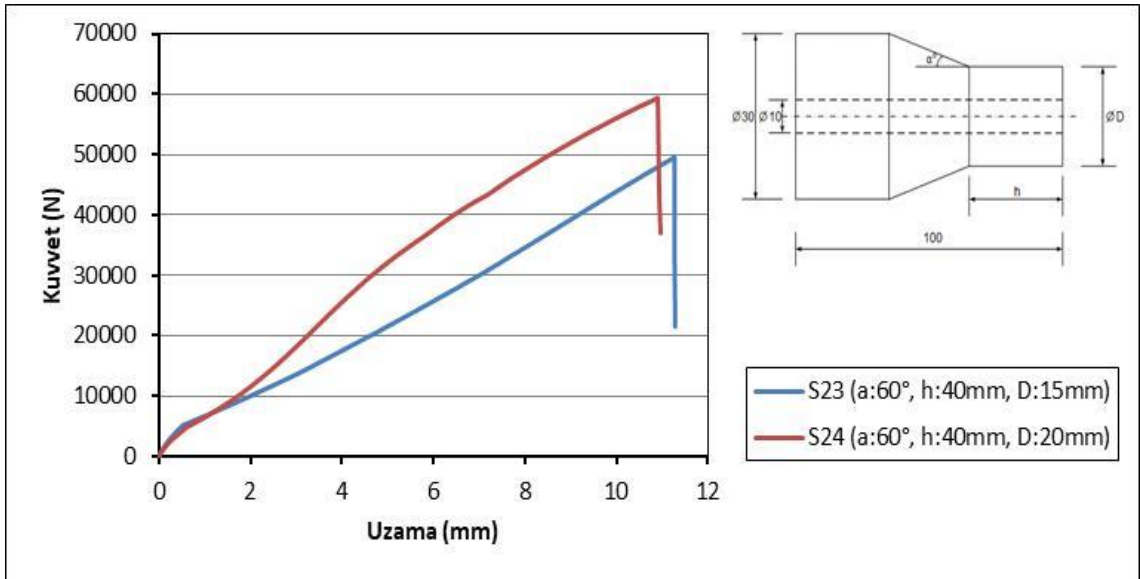
Şekil 4.59. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve S18₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



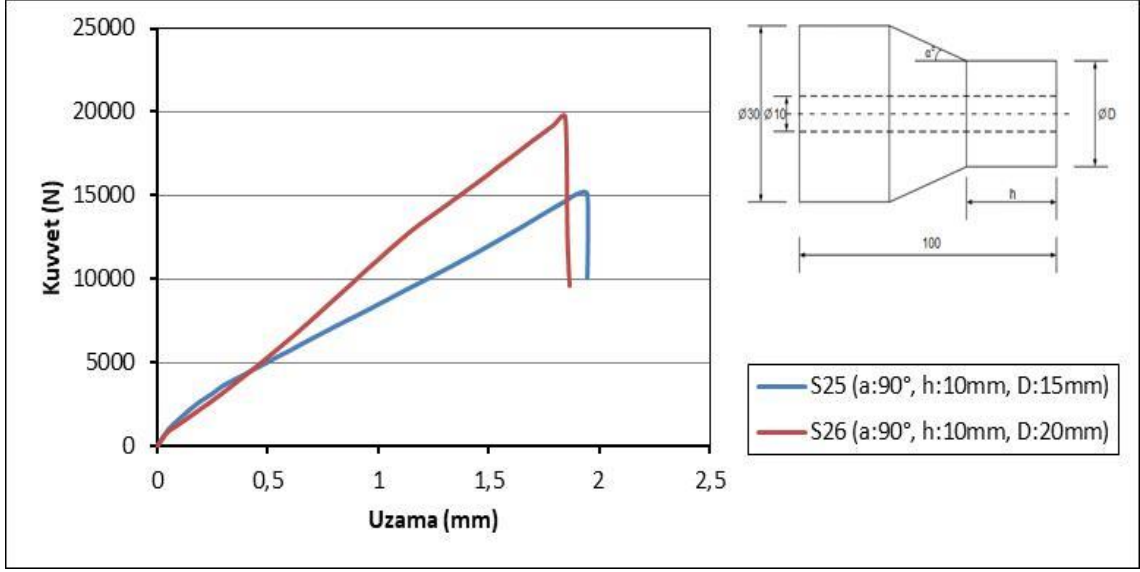
Şekil 4.60. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S19₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve S20₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



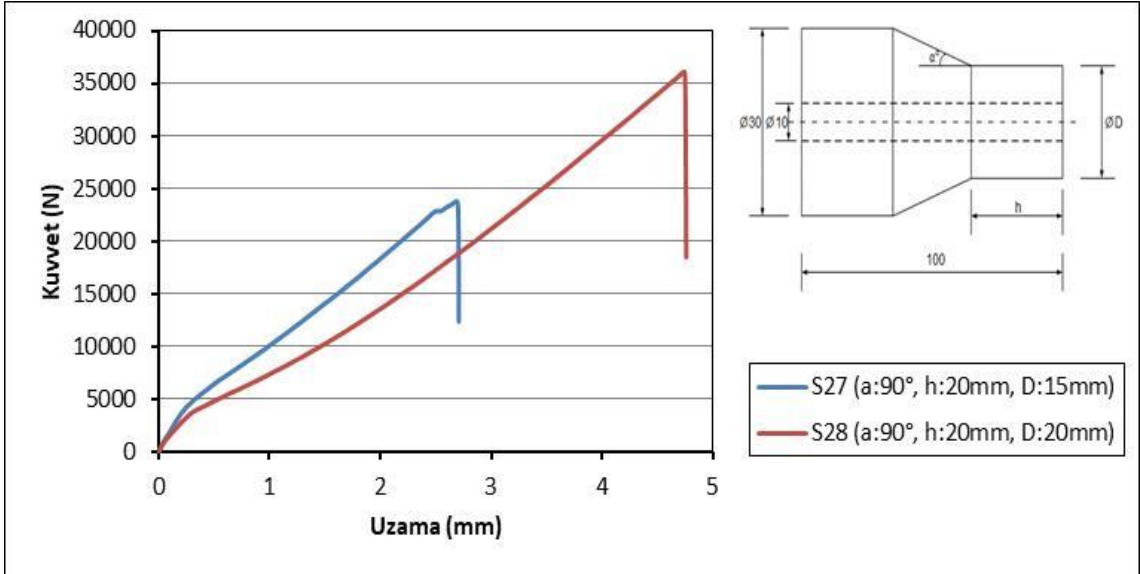
Şekil 4.61. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S21₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve S22₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



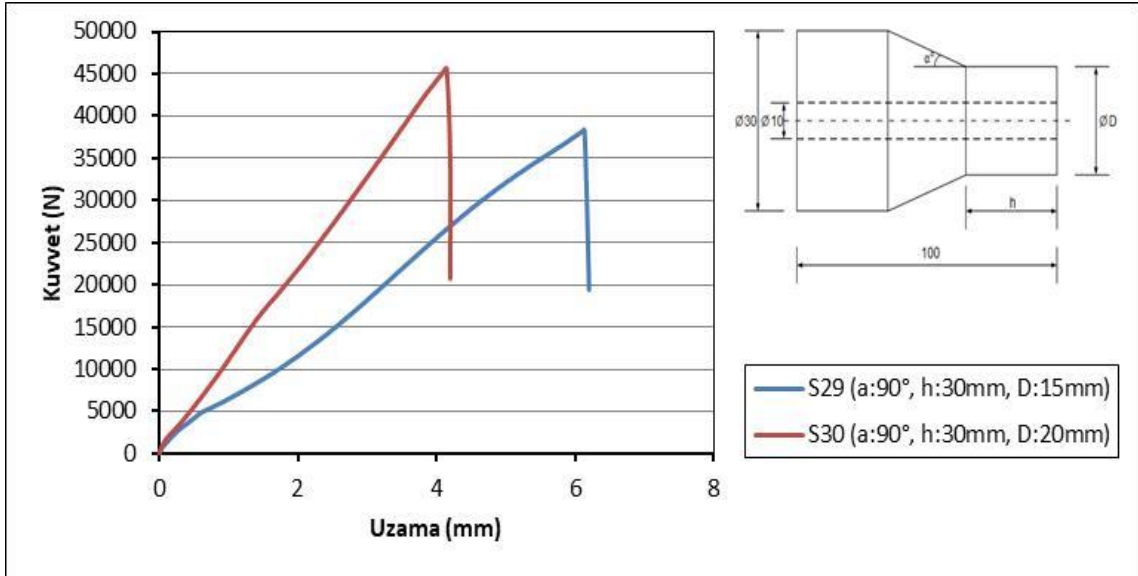
Şekil 4.62. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S17₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve S18₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



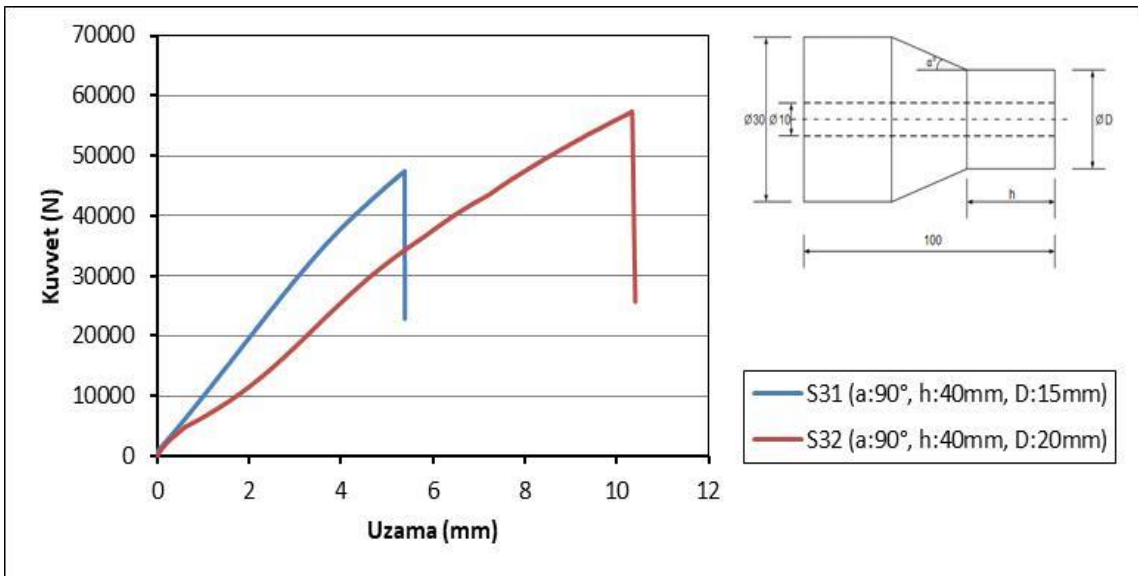
Şekil 4.63. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve S26₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.64. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S27₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) ve S28₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4.65. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S29₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S30₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi

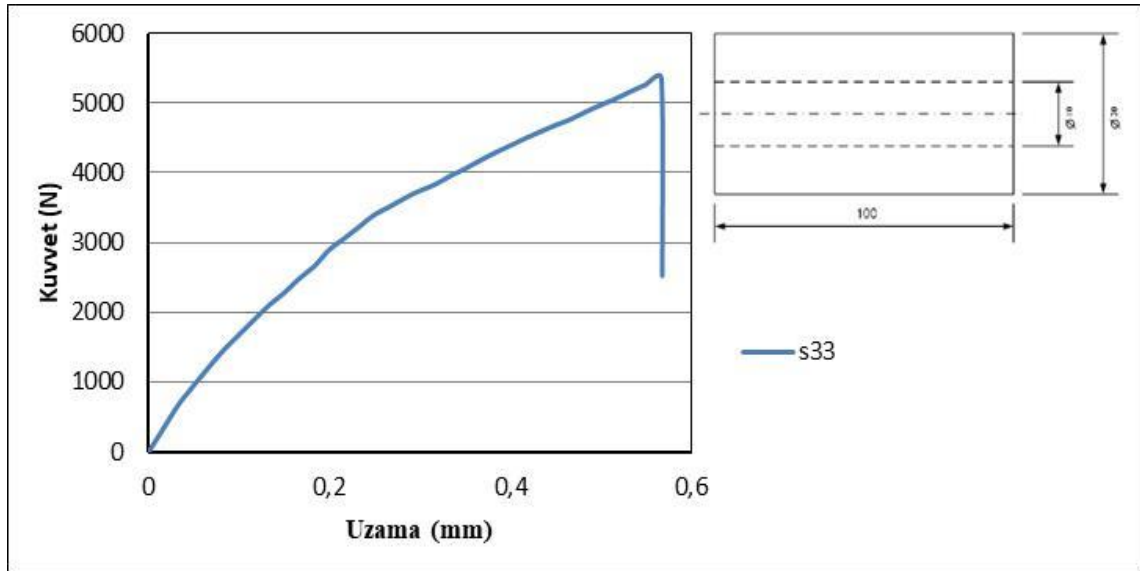


Şekil 4.66. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S31₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) ve S32₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının çekme kuvvetine etkisi

DP 490 yapıştırıcısı kullanılarak iki farklı (15mm, 20mm) D bindirme iç çapında halka kesitli çubuklar birleştirilmiştir. Numunelerde D bindirme iç çapının bağlantı mukavemetine etkisini incelemek için numuneler çekme yüküne maruz bırakılmıştır. Birleştirmelerin çekme kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde D bindirme iç çapı artıkça çekme yükünün arttığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiği,

maksimum çekme kuvveti S8₄₉₀ (a:30° , h:40mm, D:20 mm) numunede ve minimum çekme kuvveti S25₄₉₀ (a:90° , h:10mm, D:15 mm) numunesinde elde edilmiştir. Bu duruma bağlı olarak D bindirme iç çapının artışıyla yapışma yüzey alanı da artmaktadır ve bağlantı mukavemetini arttırmaktadır.

DP 490 yapıştırıcısı kullanarak alın altına bindirmeli birleştirilmiş numunelerin çekme davranışları grafikler halinde yukarıda verilmiştir. Alın altına bindirmeli bağlantıların, doğrudan alın altına bağlantılara göre farklarını görebilmek için DP 490 yapıştırıcısıyla yapıştırılmış S33₄₉₀ nolu numunenin çekme davranışı Şekil 4.67’de verilmiştir. DP 490 yapıştırıcısı ile bindirmeli olarak birleştirilmiş bütün numuneler alın altına birleştirilmiş S33₄₉₀ numunesine göre daha iyi bir davranış sergilemiştir.



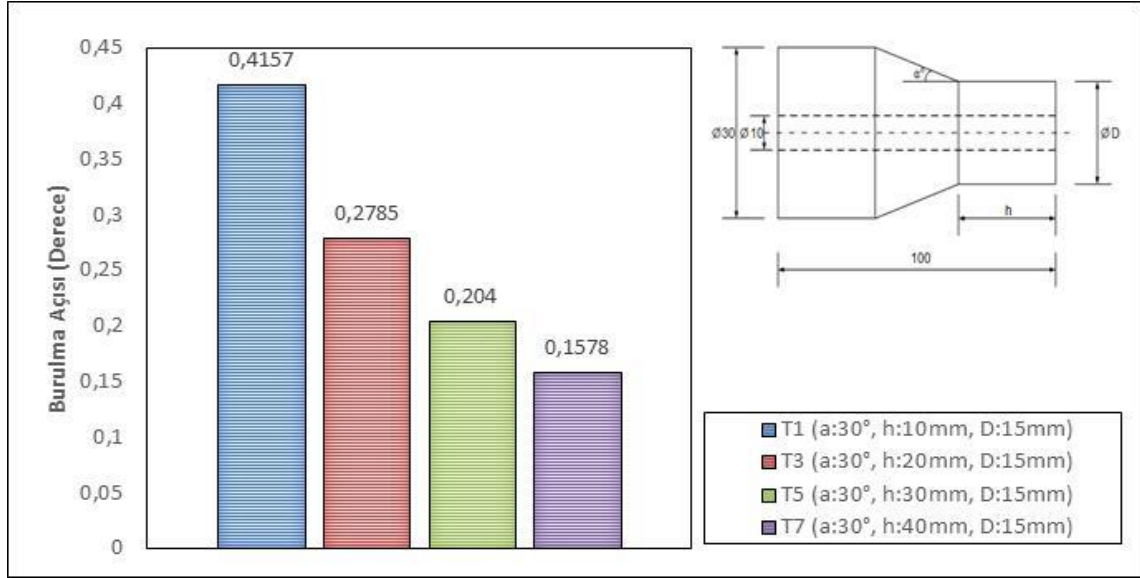
Şekil 4.67. DP 490 yapıştırıcı ile birleştirilmiş S33₄₉₀ numunesinin çekme davranışı

4.2. Burulma Deneyi

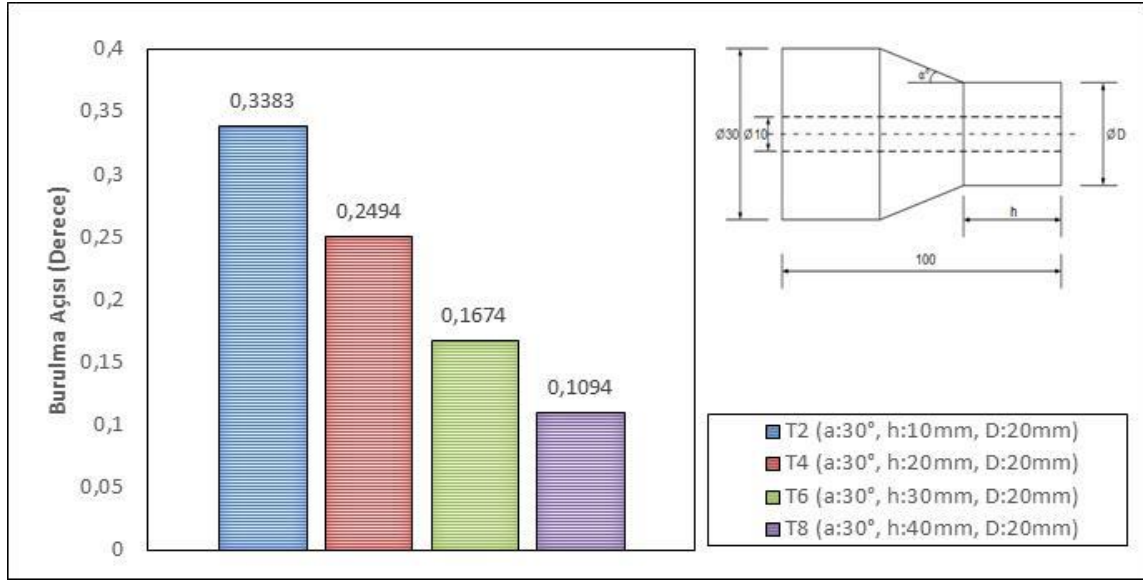
JİNAN NDW-200 marka ve maksimum çalışma torku 170 N.m olan burulma cihazında yapılan burulma deneylerinde numuneler deneyler sonucunda hasara uğramamıştır. Bunun için burulma torkunu 70 N.m seçerek bu torka denk gelen burulma açılarını numuneler arasında değerlendirilmiştir.

4.2.1. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde 'h' Bindirme Mesafesinin Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi

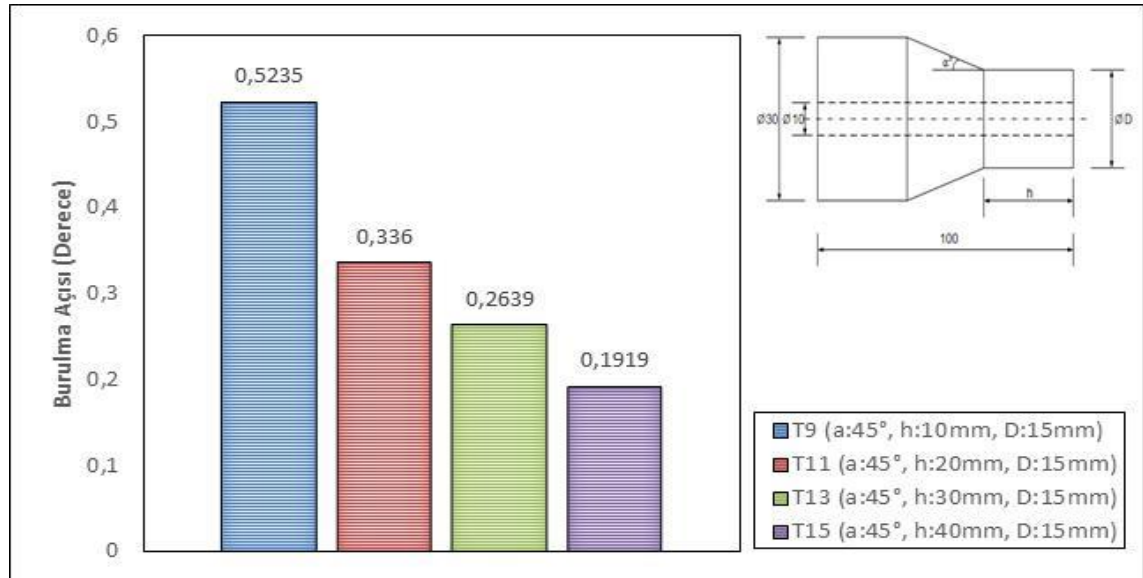
DP 410 kullanılarak birleştirilen halka kesitli çubuklarda h bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi incelenmiştir. Dört farklı bindirme mesafesinin (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



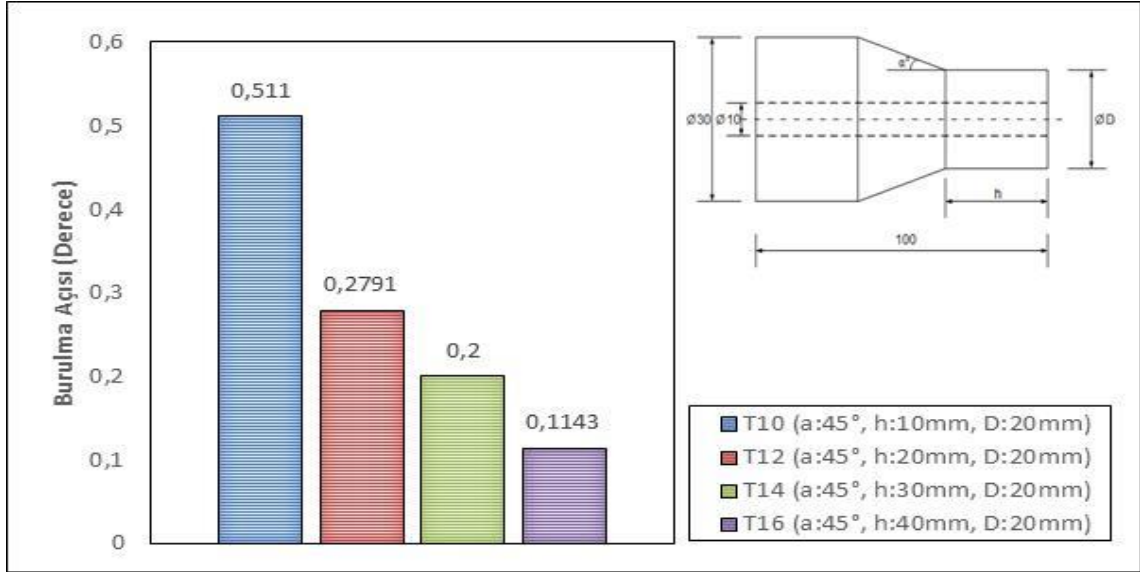
Şekil 4.68. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T3₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T5₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T7₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



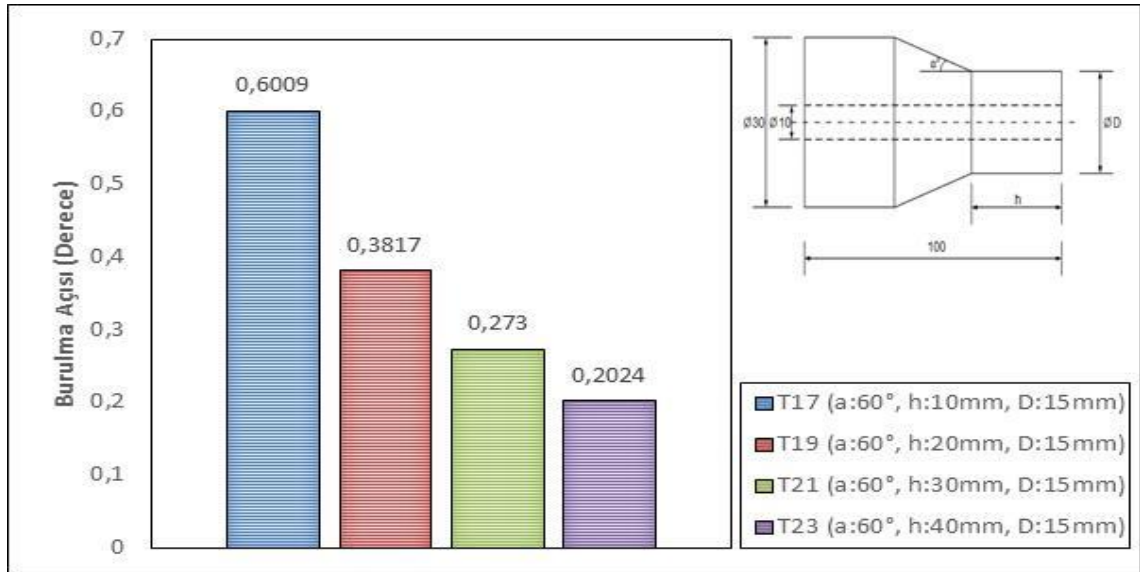
Şekil 4.69. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T4₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T6₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve T8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



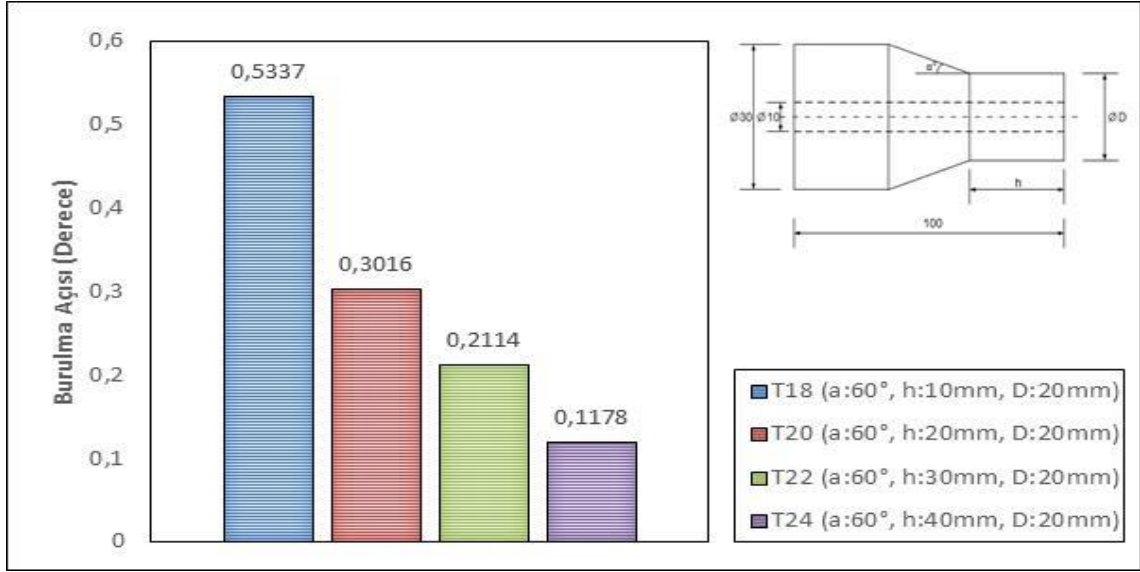
Şekil 4.70. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), T11₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), T13₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve T15₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



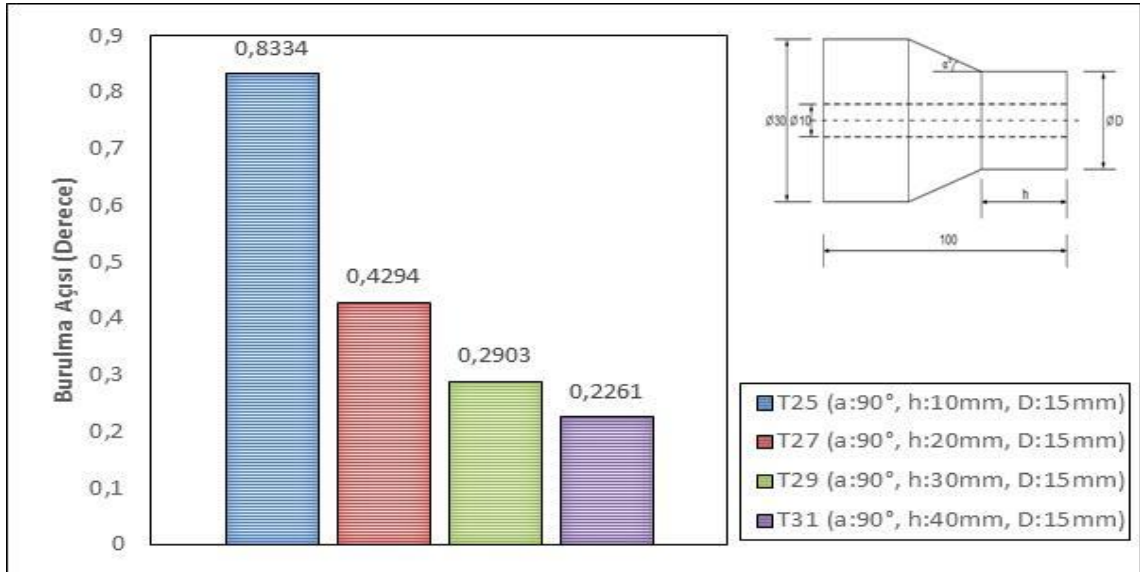
Şekil 4.71. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T10₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), T12₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), T14₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) ve T16₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



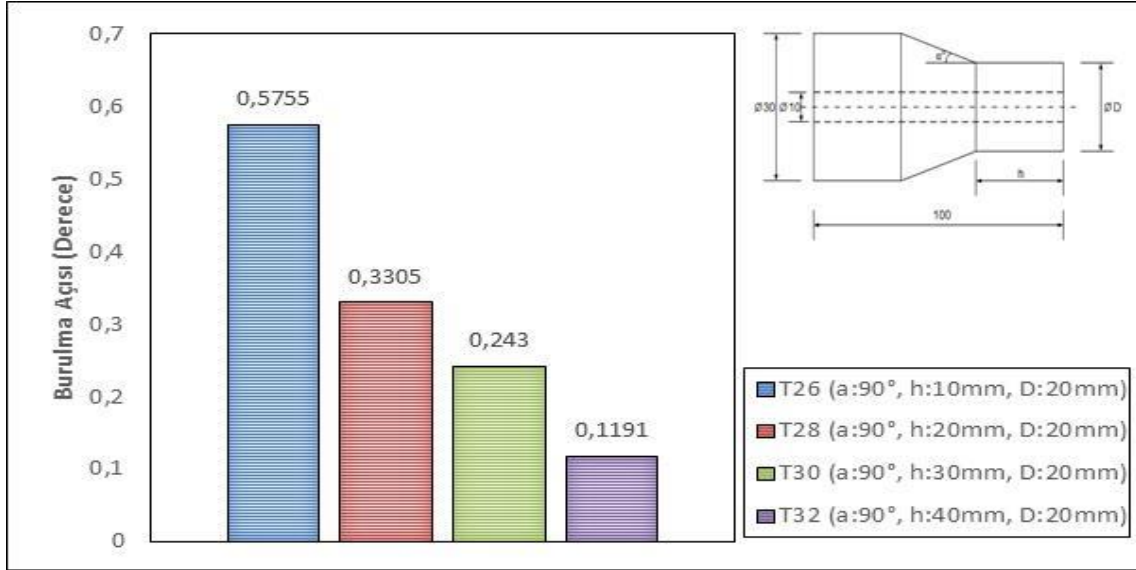
Şekil 4.72. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T17₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm), T19₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm), T21₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T23₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



Şekil 4.73. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T18₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm), T20₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm), T22₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve T24₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



Şekil 4.74. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T25₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), T27₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), T29₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T31₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

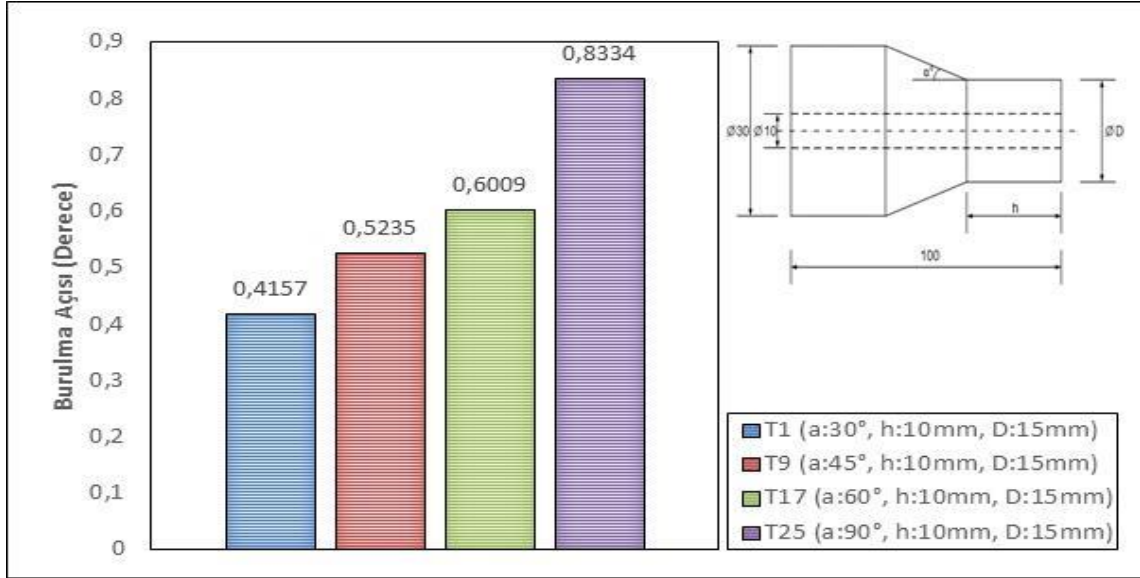


Şekil 4.75. DP 410 yapıştırıcısı kullanılarak birleştirilen T26₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), T28₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), T30₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve T32₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

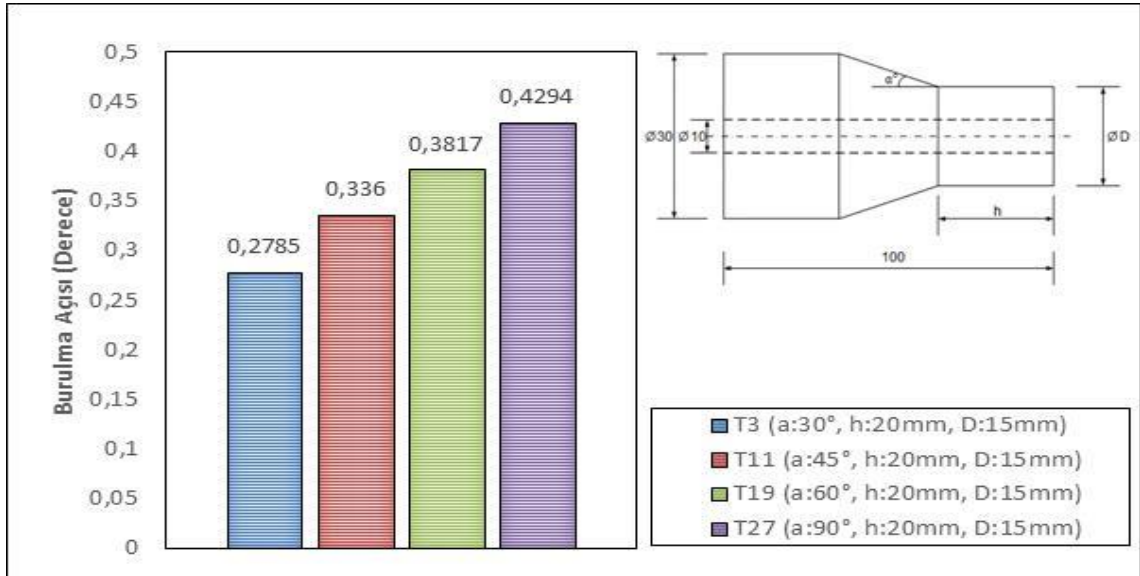
DP 410 yapıştırıcısı kullanılarak dört farklı (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) h bindirme mesafelerinde halka kesitli çubukların birleştirilmesi yapılmıştır. Yapılan birleştirmelerde h bindirme mesafesinin burulma açısına etkisini incelemek için DP 410 ile birleştirilmiş numuneler burulmaya maruz bırakılmıştır. Numunelerin burulma altındaki davranışları incelendiğinde genel olarak h bindirme mesafesi artıkça burulma açısının azaldığı görülmüştür. Burulma açısı değerleri incelendiğinde, maksimum ve minimum burulma açıları T25₄₁₀ ve T8₄₁₀ nolu numuneler de sırasıyla 0,8334° ve 0,1094° olarak elde edilmiştir. Bu durumun h bindirme mesafesinin artmasına paralel olarak yapışma yüzey alanının artmasına bunun bağlantı mukavemetini arttırması ve burulma açısının azalmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

4.2.2. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde 'a' Bindirme Açısının Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi

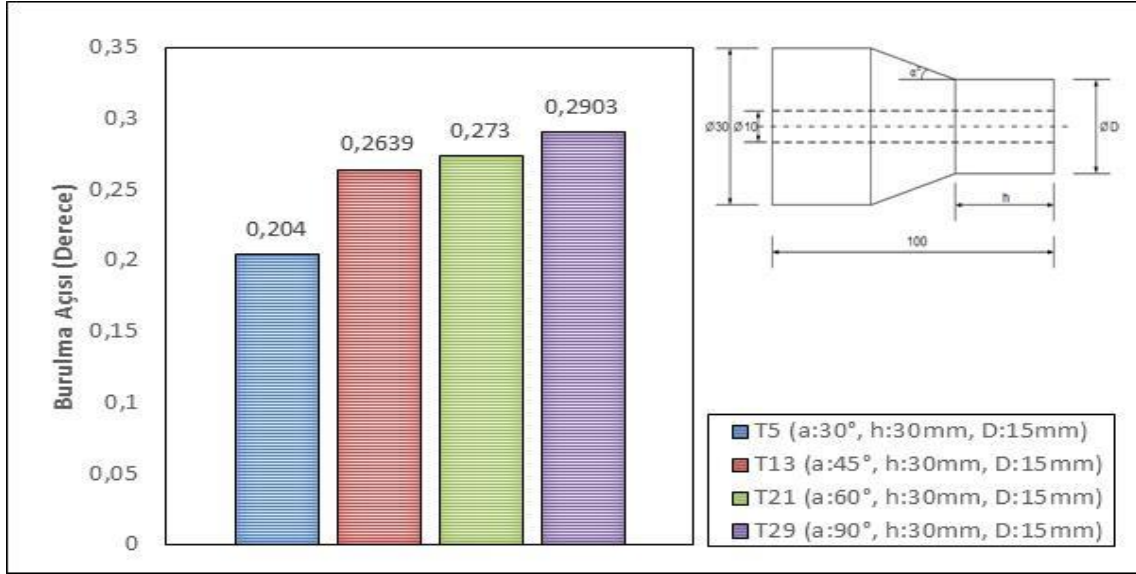
DP 410 ile birleştirilen ve dört farklı bindirme açısının (30°, 45°, 60°, 90°) kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



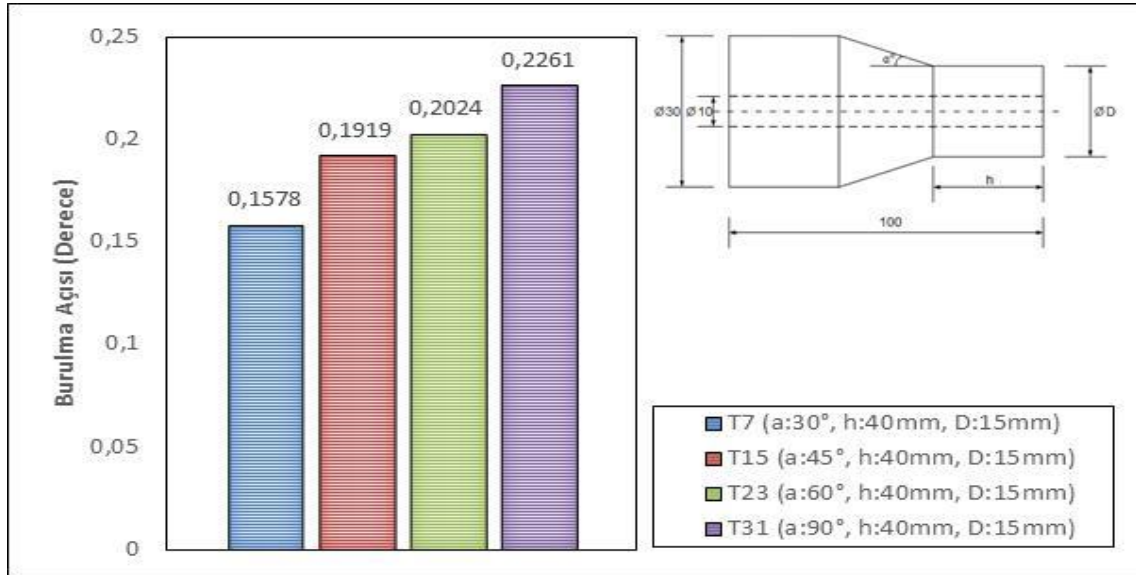
Şekil 4.76. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T9₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), T17₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve T25₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



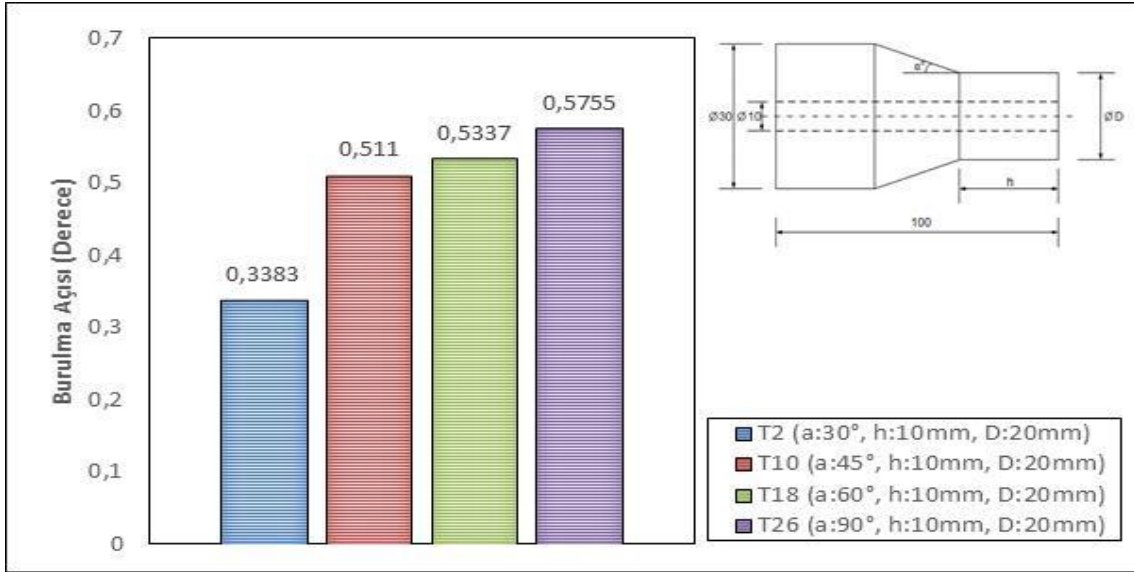
Şekil 4.77. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T3₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T11₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), T19₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve T27₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



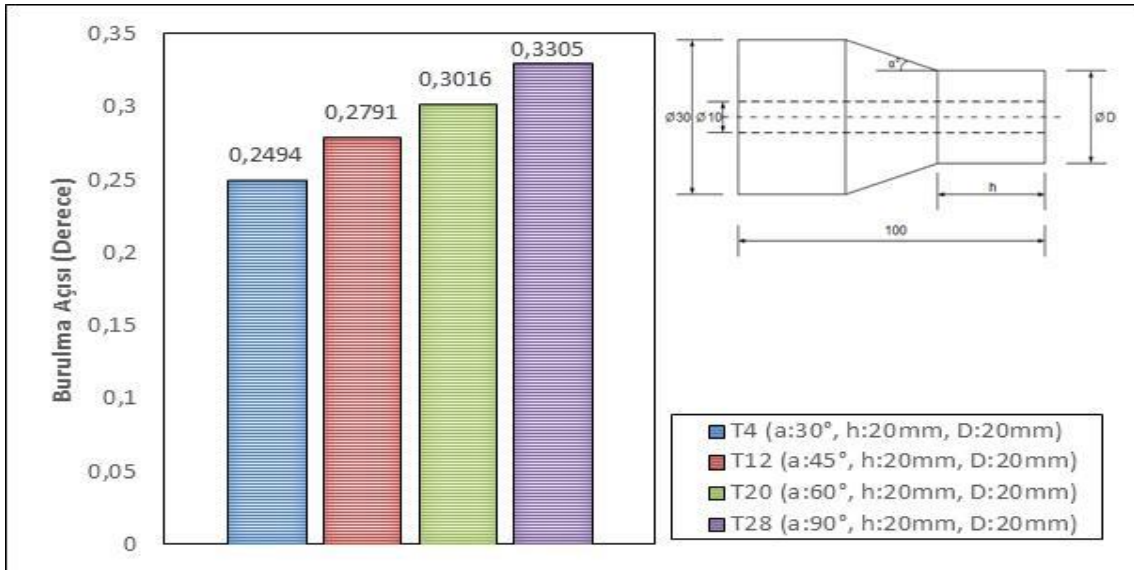
Şekil 4.78. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T5₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm), T13₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm), T21₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T29₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



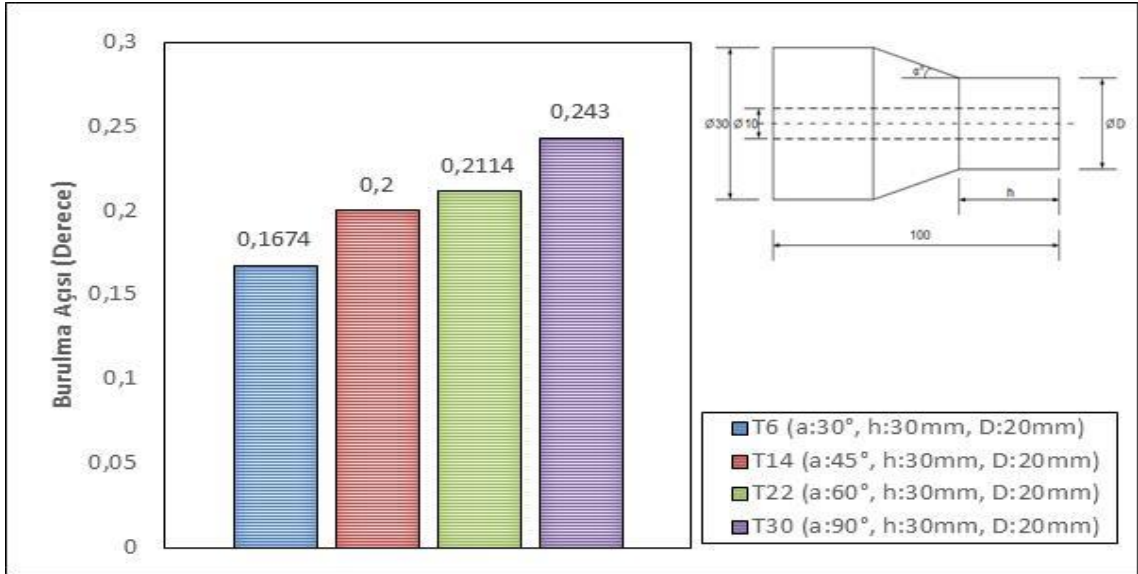
Şekil 4.79. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T7₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm), T15₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm), T23₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve T31₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



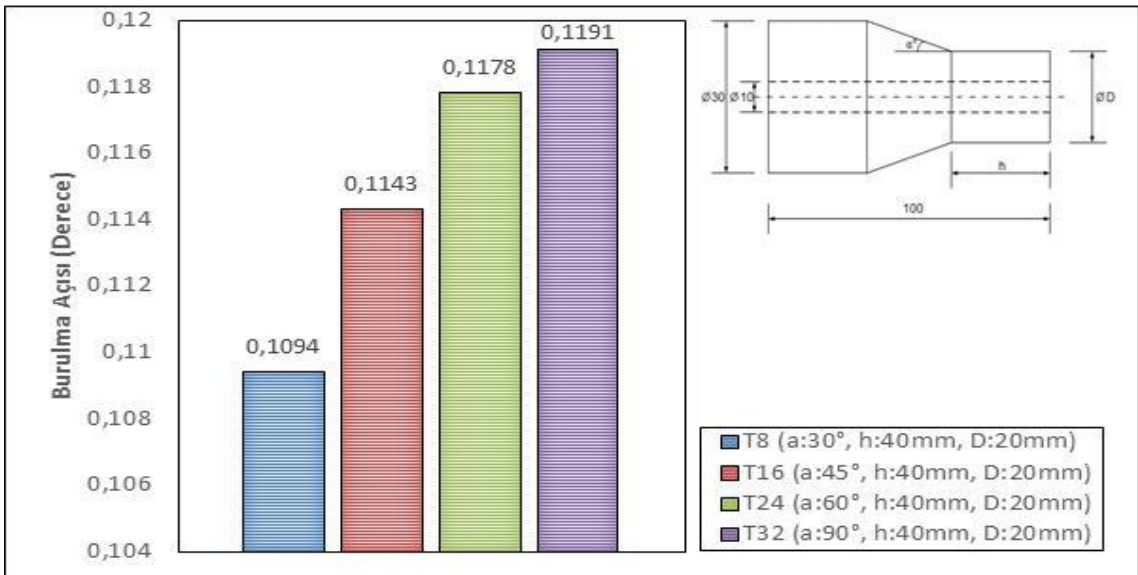
Şekil 4.80. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T10₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), T18₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) ve T26₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



Şekil 4.81. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T4₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T12₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), T20₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) ve T28₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



Şekil 4.82. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T6₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm), T14₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm), T22₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve T30₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



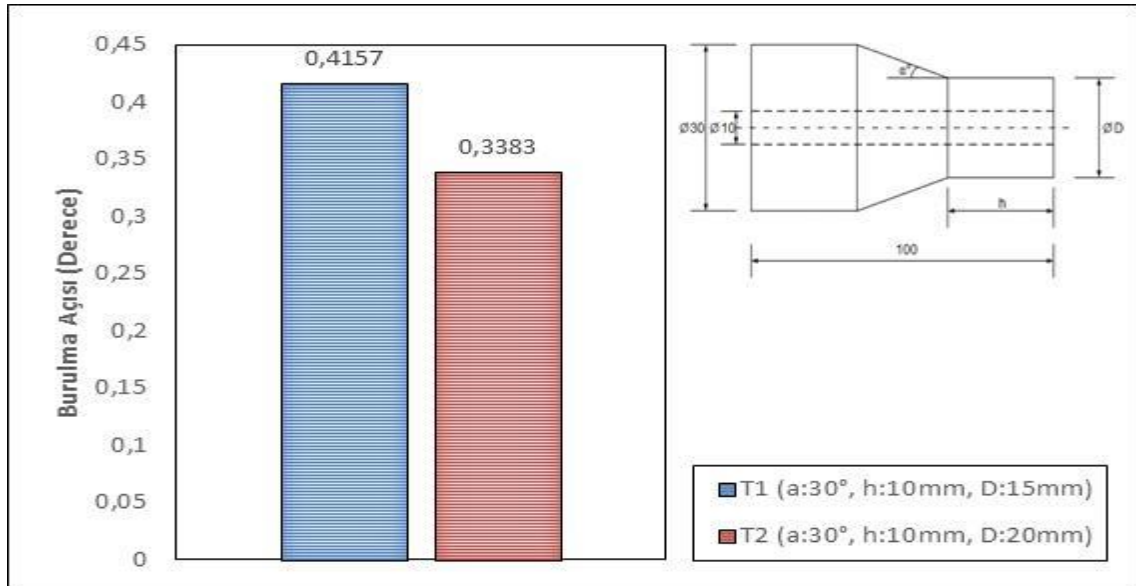
Şekil 4.83. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm), T16₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm), T24₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) ve T32₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi

Dört farklı (30°,45°,60°,90°) bindirme açısına sahip halka kesitli çubuklar DP 410 yapıştırıcısı ile birleştirilmiştir. Yapıştırılmalarda a bindirme açısının burulma altındaki davranışları incelenmiştir. Numunelerin burulma altındaki davranışları incelendiğinde a bindirme açısı arttıkça burulma açısının arttığı gözlemlenmiştir. Burulma açlarına

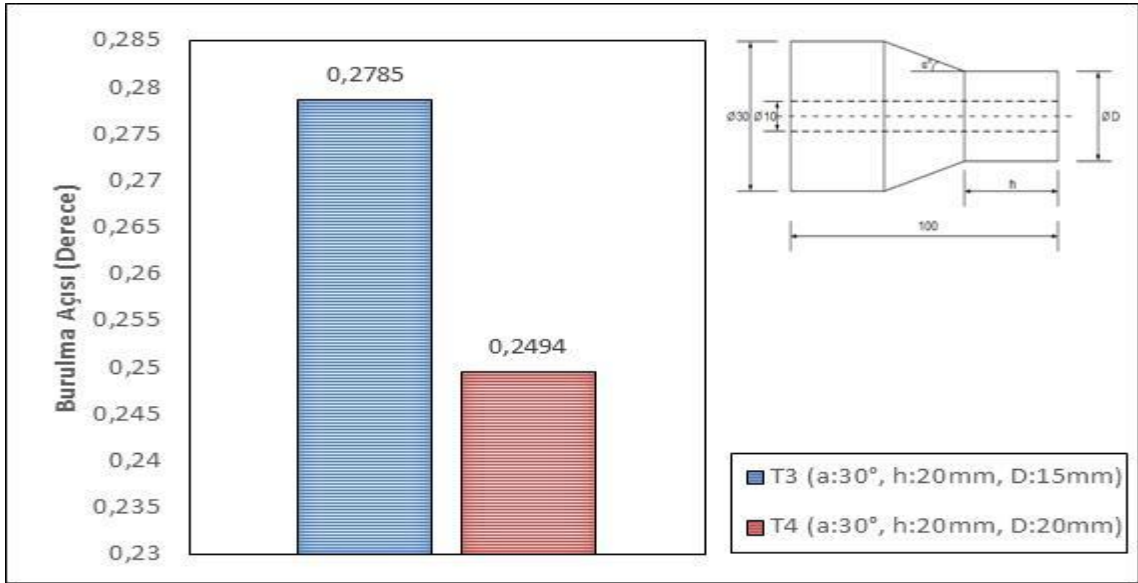
bakıldığında maksimum ve minimum burulma açısı T25₄₁₀ ($\alpha:90^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{ mm}$) ve T8₄₁₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:20\text{ mm}$) numunelerin de sırasıyla $0,8334^\circ$ ve $0,1094^\circ$ olarak elde edilmiştir. Genel olarak α bindirme açısının α açısının artışıyla burulma açılarında artış meydana gelmiştir. Bunun sebebi açı artışıyla yüzey alanında azalma olmaktadır ve bu durum burulma açısında artışa neden olmaktadır.

4.2.3. DP 410 ile Birleştirilen Numunelerde 'D' Bindirme İç Çapının Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi

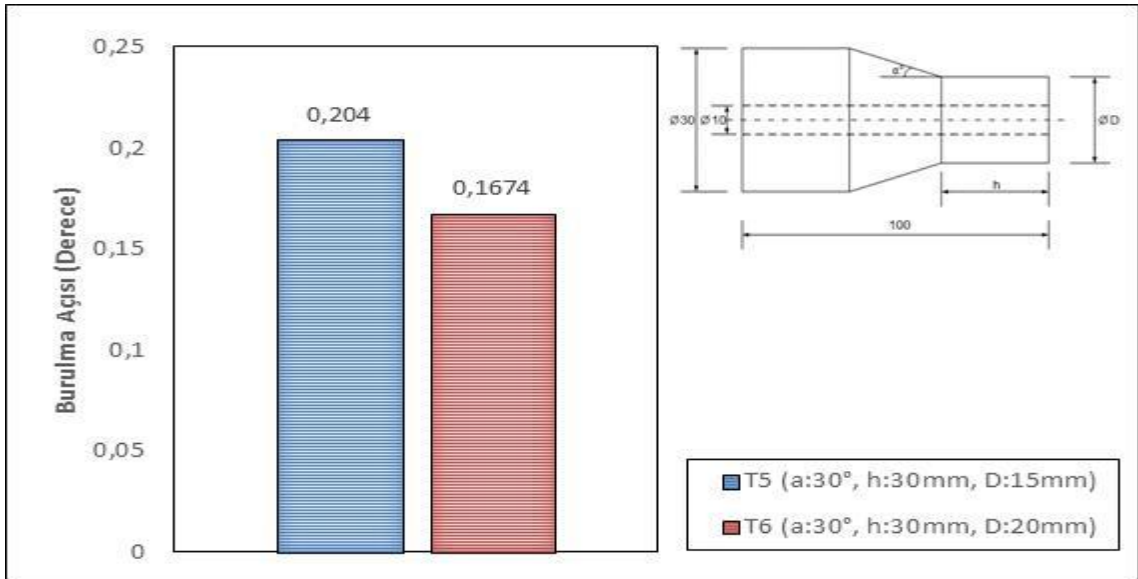
Halka kesitli çubukların birleştirilmesinde DP 410 yapıştırıcısı kullanılan numunelerde D iç çapının etkisi incelenmiştir. 15 ve 20 mm olmak üzere iki farklı bindirme iç çapının kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



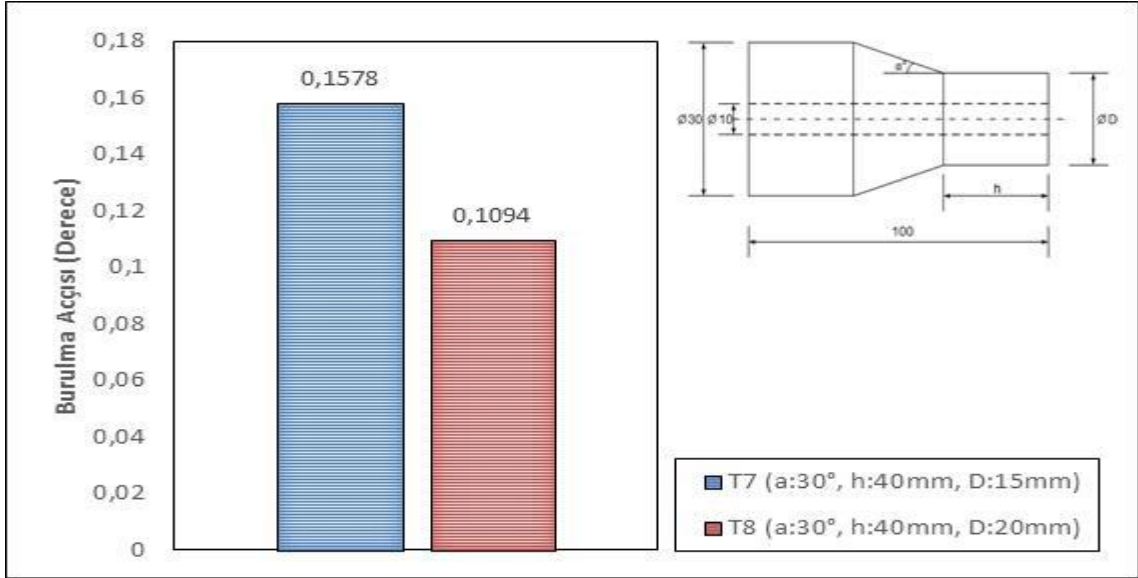
Şekil 4.84. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1₄₁₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) ve T2₄₁₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:20\text{mm}$) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



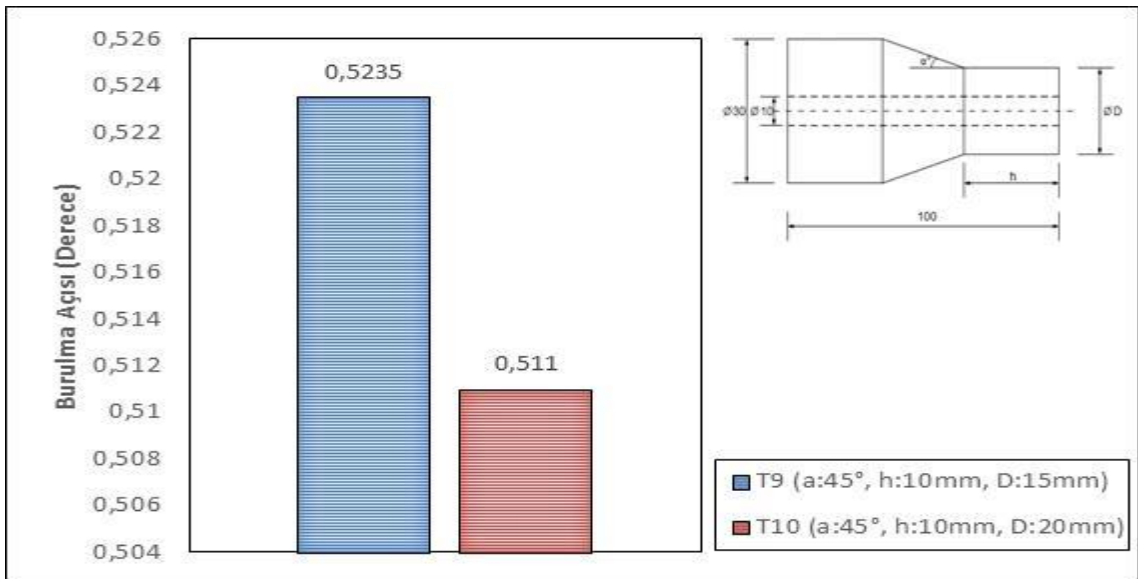
Şekil 4.85. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T3₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm) ve T4₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



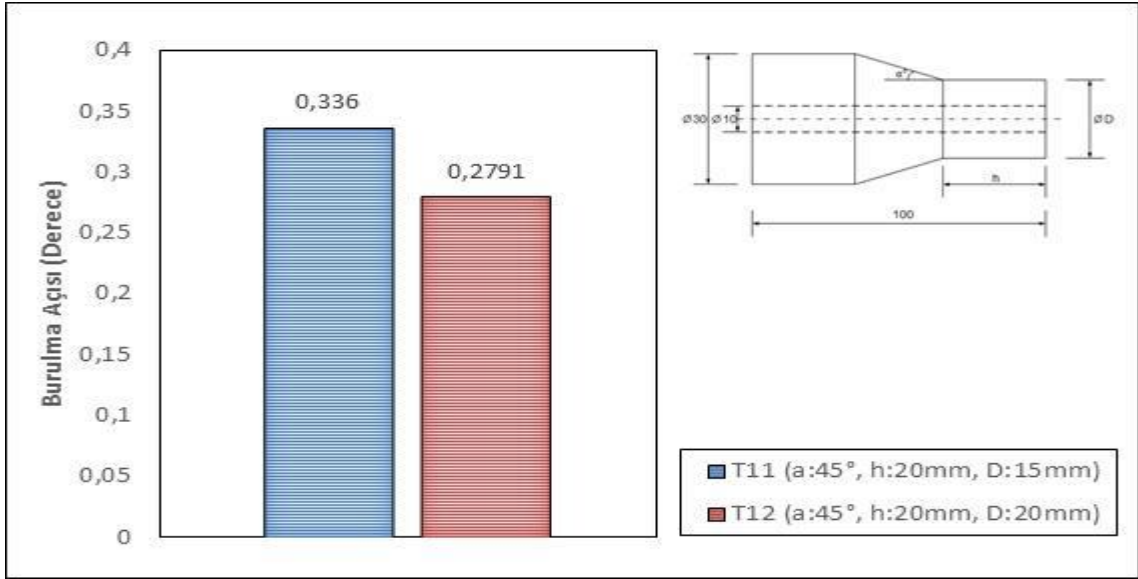
Şekil 4.86. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T5₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T6₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



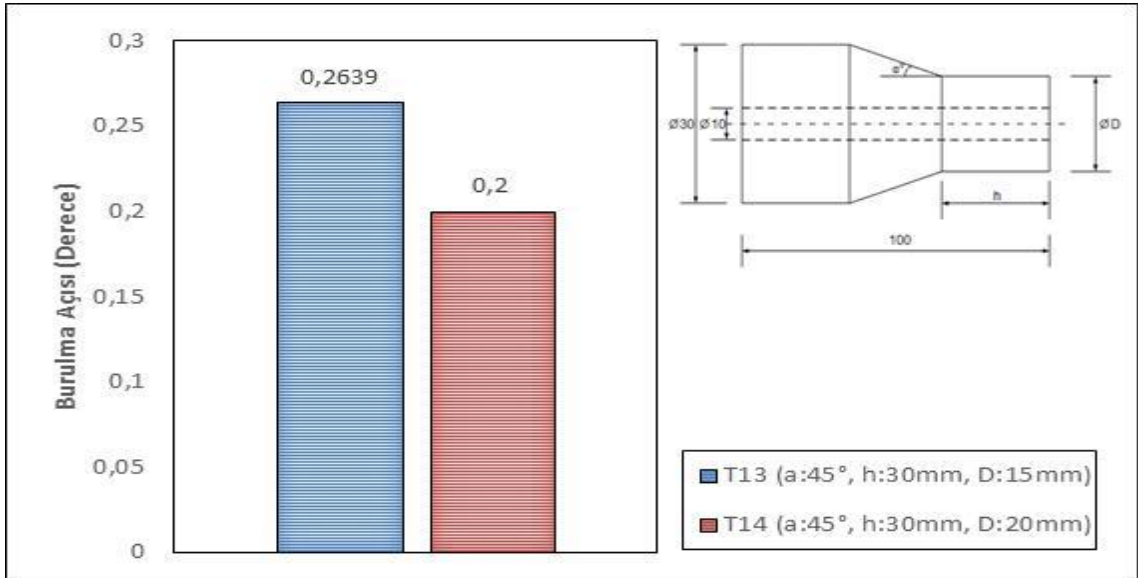
Şekil 4.87. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T7₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) ve T8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



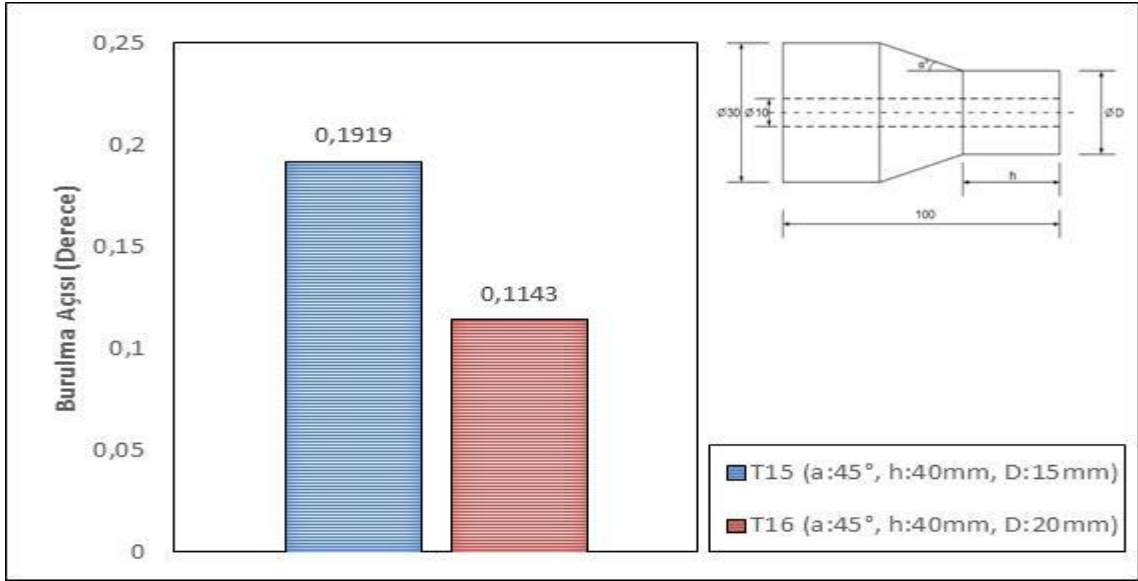
Şekil 4.88. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm) ve T10₄₁₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



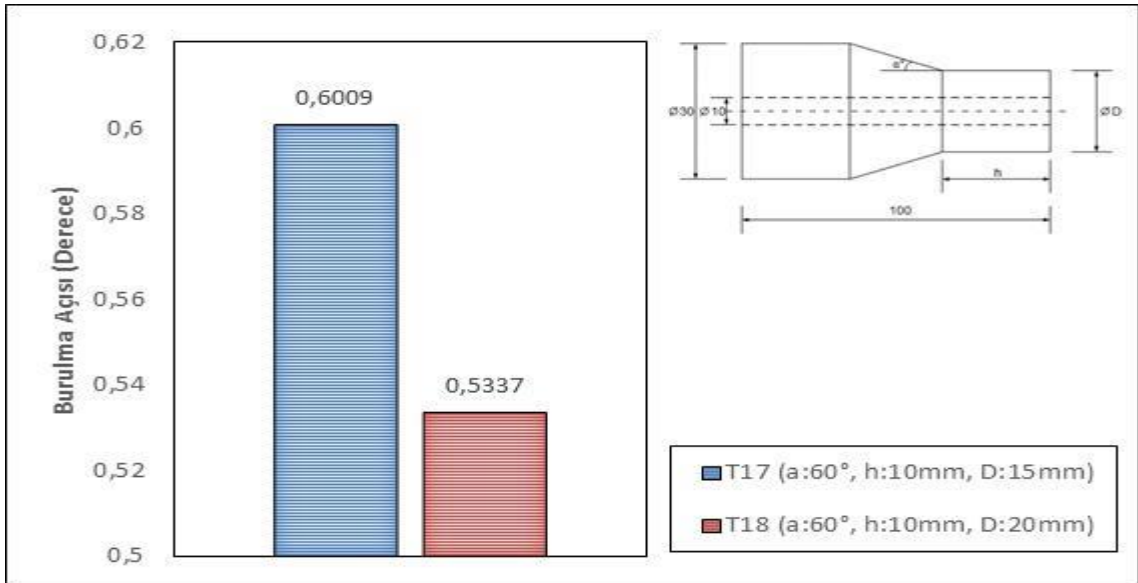
Şekil 4.89. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T11₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm) ve T12₄₁₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



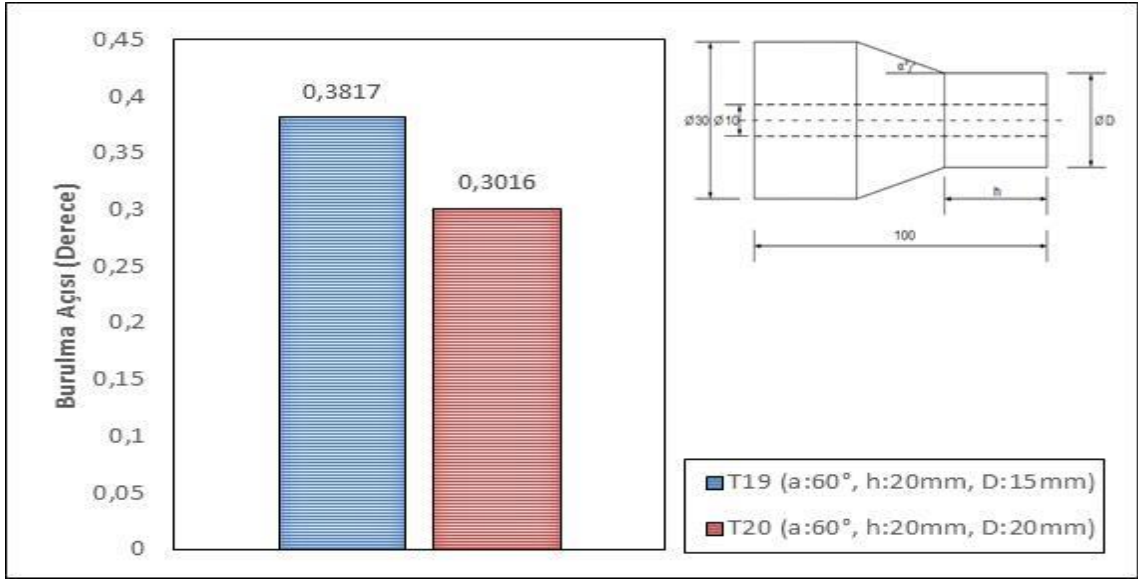
Şekil 4.90. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T13₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve T14₄₁₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



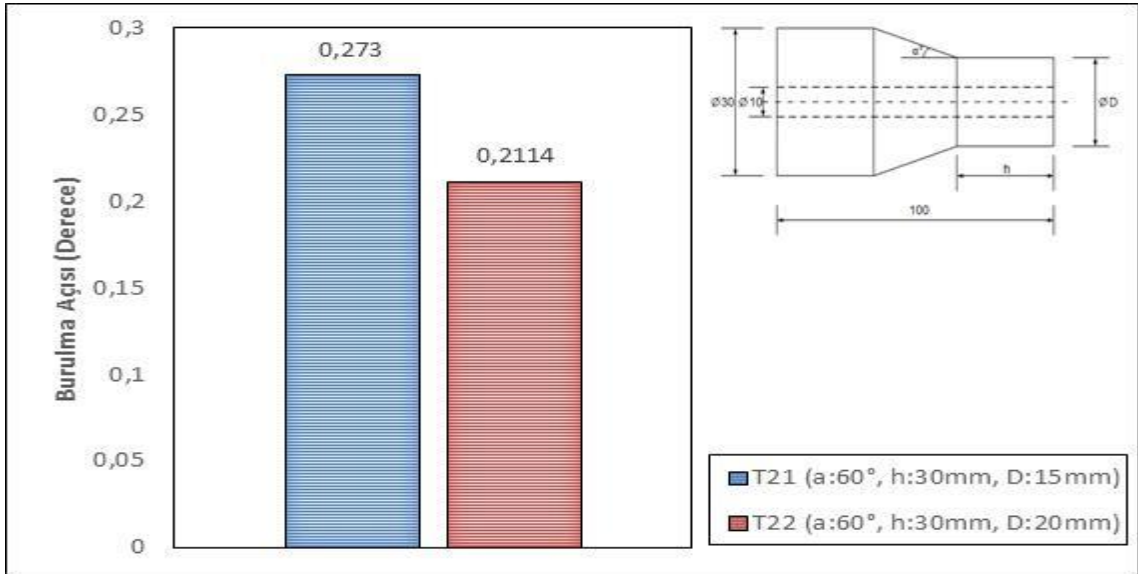
Şekil 4.91. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T15₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) ve T16₄₁₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



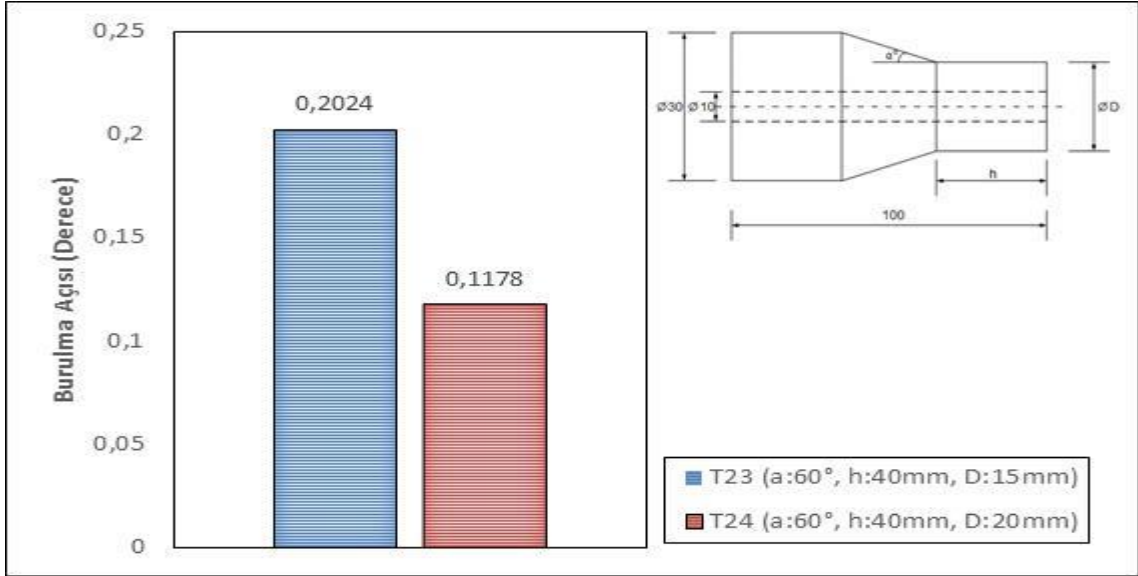
Şekil 4.92. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T17₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve T18₄₁₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



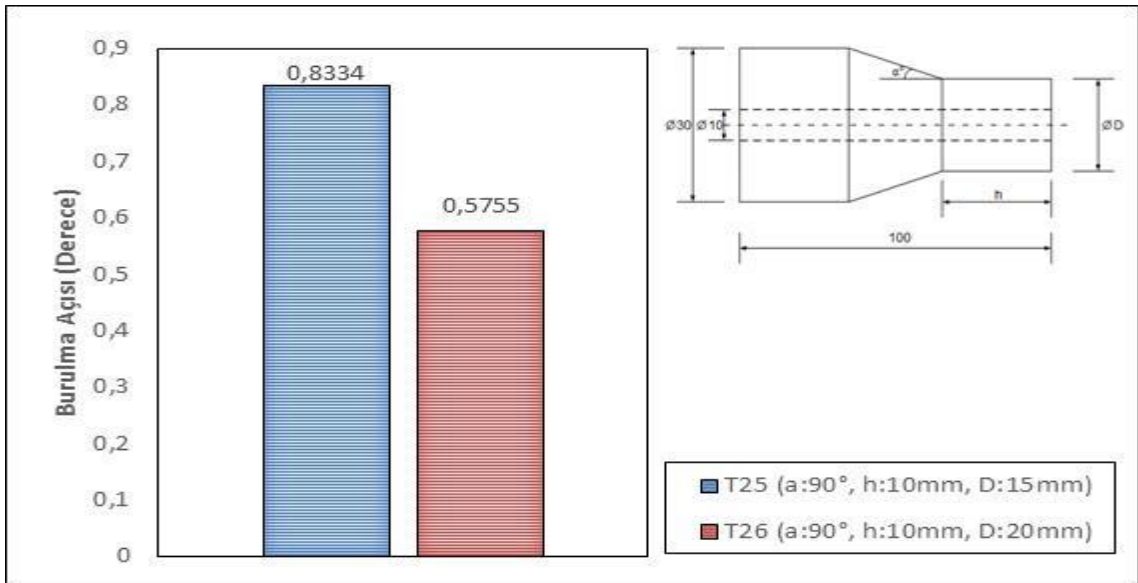
Şekil 4.93. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T19₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve T20₄₁₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



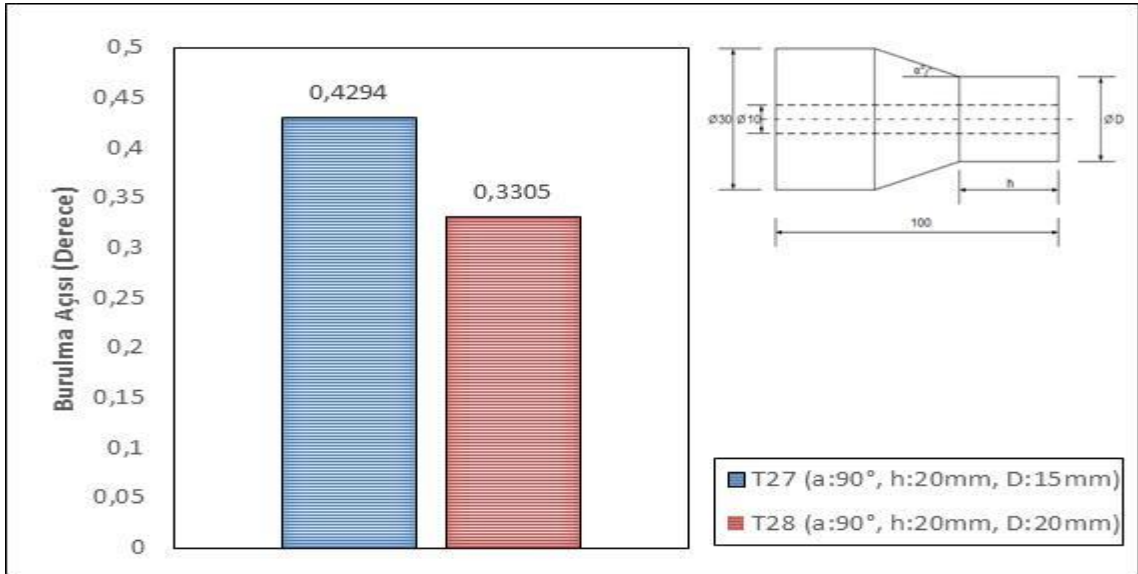
Şekil 4.94. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T21₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T22₄₁₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



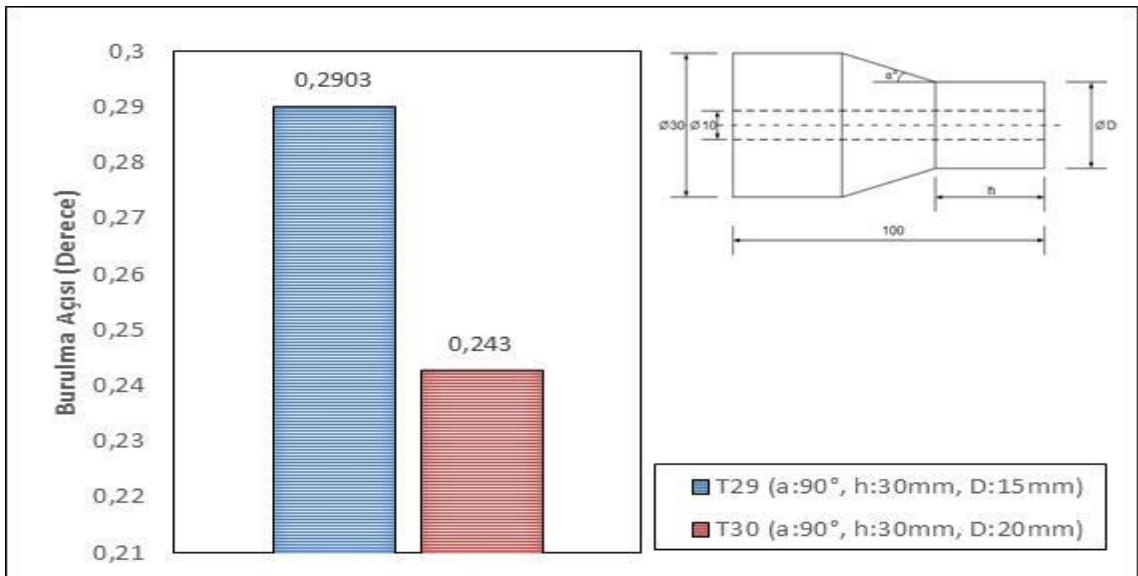
Şekil 4.95. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T23₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve T24₄₁₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



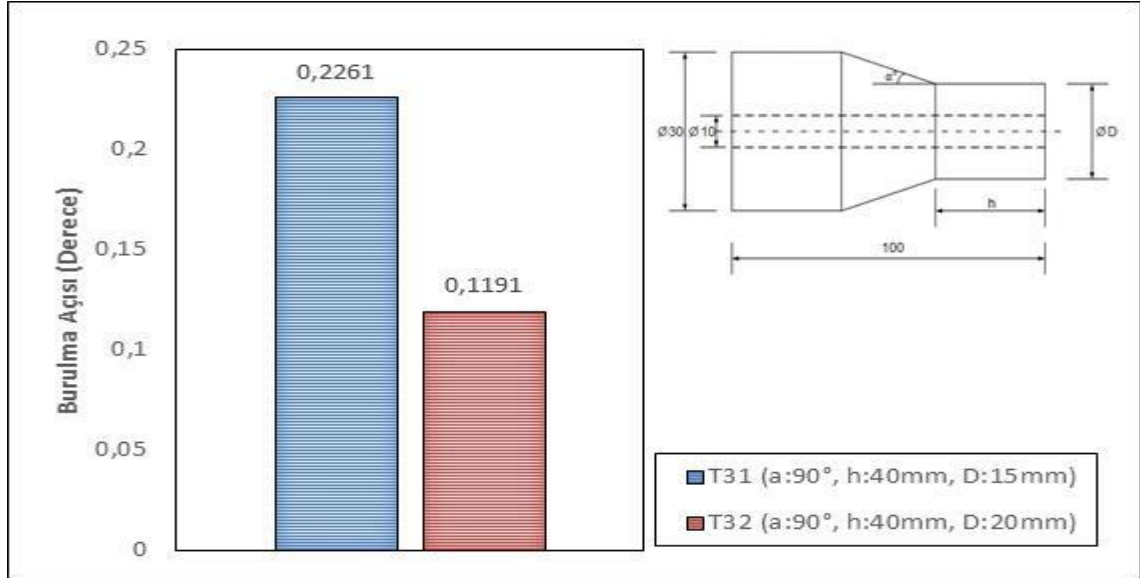
Şekil 4.96. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T25₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve T26₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



Şekil 4.97. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T27₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) ve T28₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



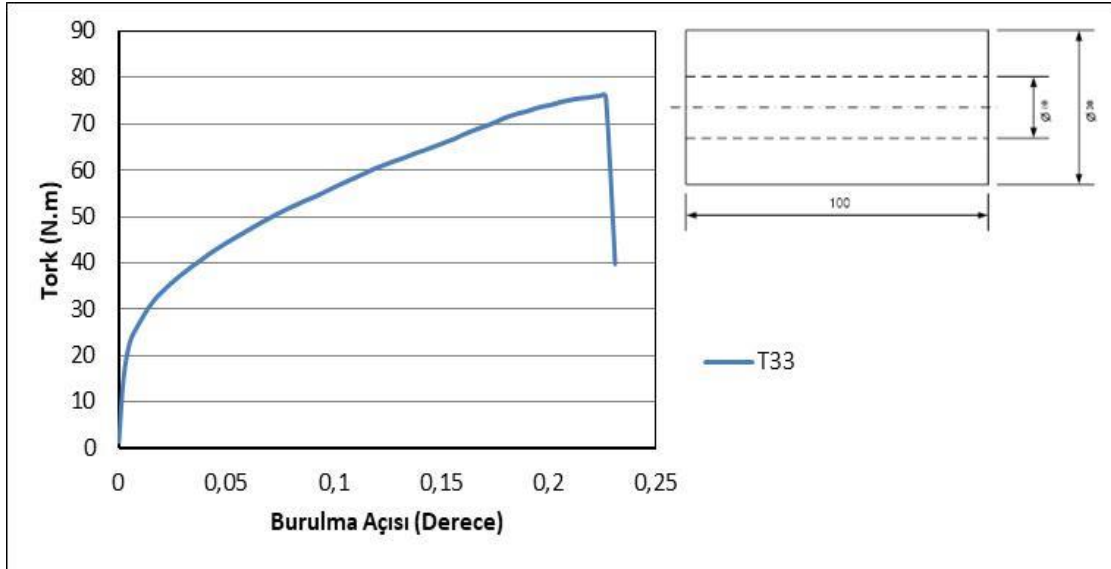
Şekil 4.98. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T29₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T30₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



Şekil 4.99. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T31₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) ve T32₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi

DP 410 yapıştırıcısı ile yapıştırılan iki farklı (15mm, 20mm) D bindirme iç çapına sahip halka kesitli çubuklar birleştirme işleminin ardından D bindirme iç çapının burulmaya etkisini incelemek için numuneler burulmaya maruz bırakılmıştır. Numunelerin burulma altındaki davranışları incelendiğinde D bindirme iç çapı artıkça burulma açısında azalma meydana gelmiştir. Burulma açıları maksimum burulma açısı T25₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15 mm) numunede ve minimum burulma açısı T8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20 mm) numunesinde elde edilmiştir. Bu duruma bağlı olarak D bindirme iç çapının artışıyla yüzey alanında artış olmaktadır. İç çap artışıyla halka kesitli çubukların birleştirilmesinde burulma açıları azalma olmuştur.

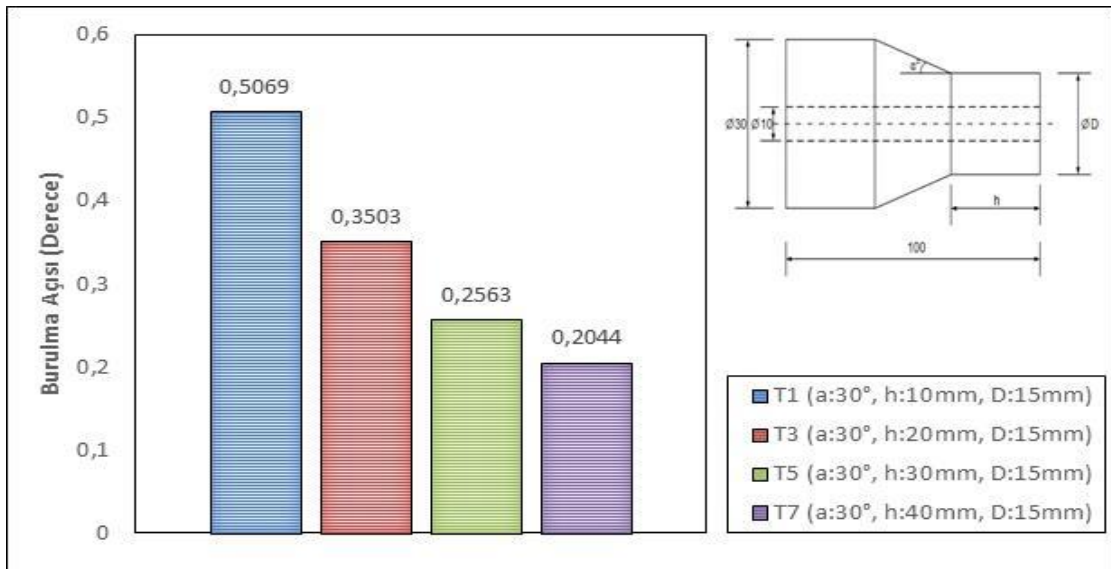
Halka kesitli çubukların DP 410 yapıştırıcısıyla alın alına birleştirilmesinin ardından burulma deneyi yapılmıştır. DP 410 yapıştırıcısıyla bindirmeli olarak alın alına birleştirilen numunelerin alın alına birleştirmeye göre nasıl etki yarattığını görmek için mekanik deneyleri yapılmıştır. T33₄₁₀ nolu DP 410 yapıştırıcısıyla yapıştırılmış numunenin burulma deneyi sonrası elde edilen Tork-Burulma Açısı diyagramı Şekil 4.100'de verilmiştir.



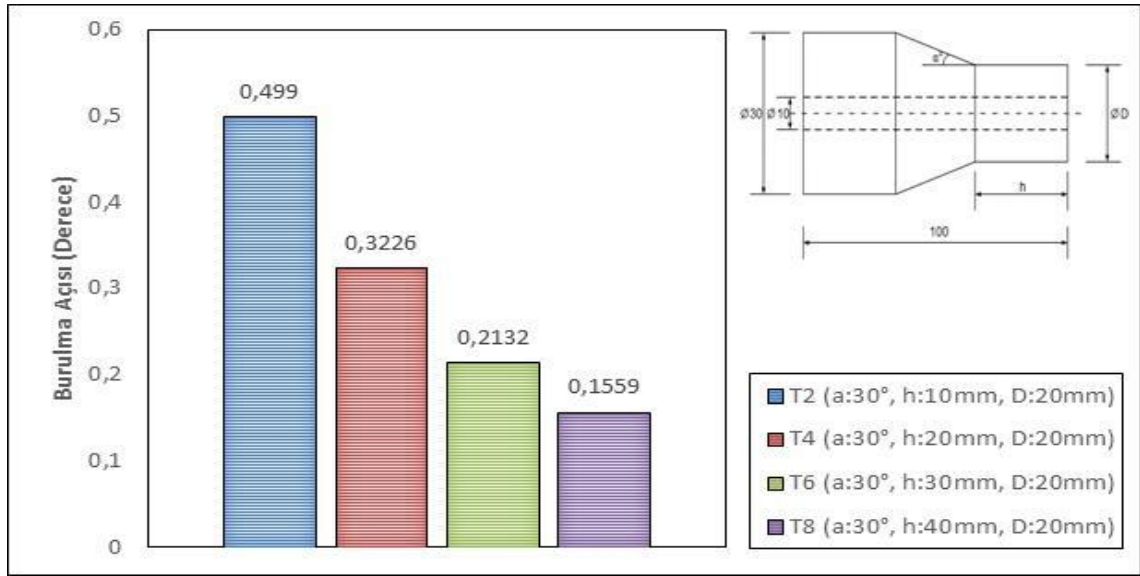
Şekil 4.100. DP 410 yapıştırıcısı ile alın altına birleştirilmiş T33₄₁₀ numunesinin burulma davranışı

4.2.4. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde 'h' Bindirme Mesafesinin Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi

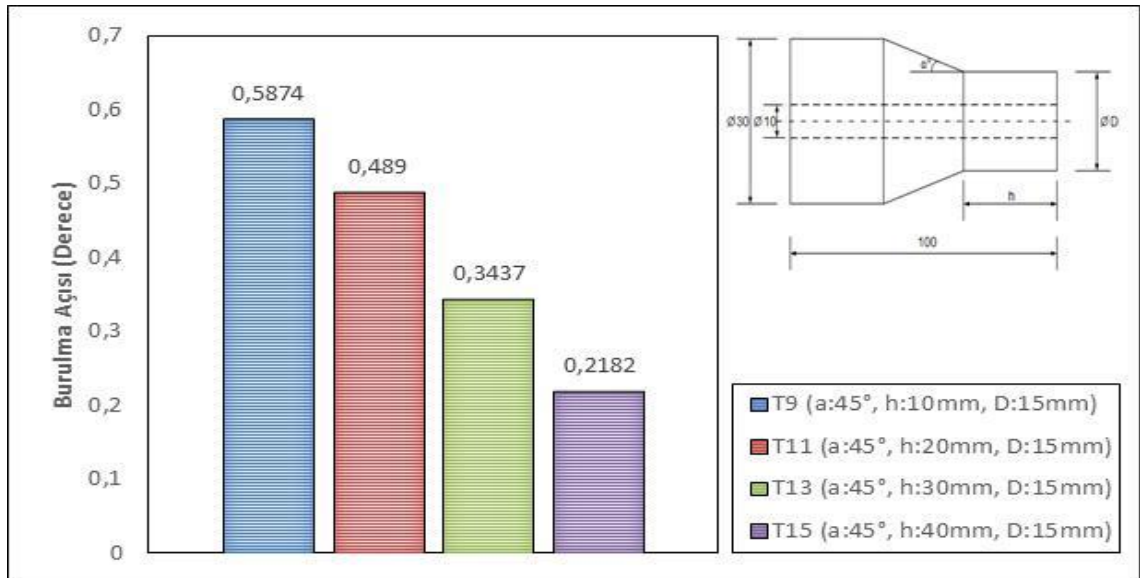
DP 490 kullanılarak birleştirilen halka kesitli çubuklarda h bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi incelenmiştir. Dört farklı bindirme mesafesinin (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



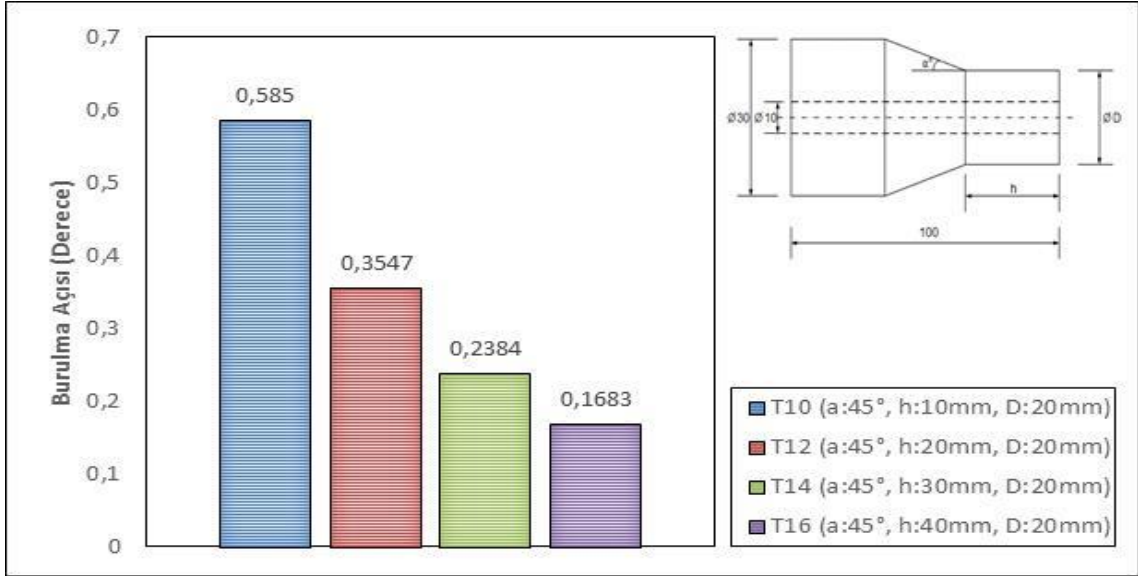
Şekil 4.101. DP 490 yapıştırıcısı kullanarak birleştirilen T1₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T3₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T5₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T7₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



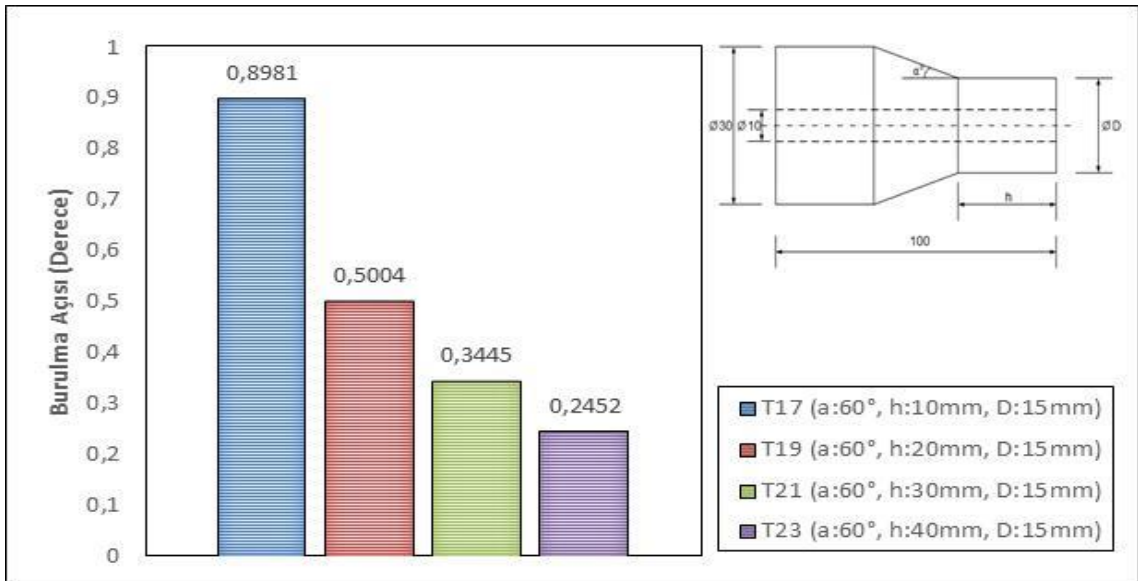
Şekil 4.102. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T4₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T6₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve T8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



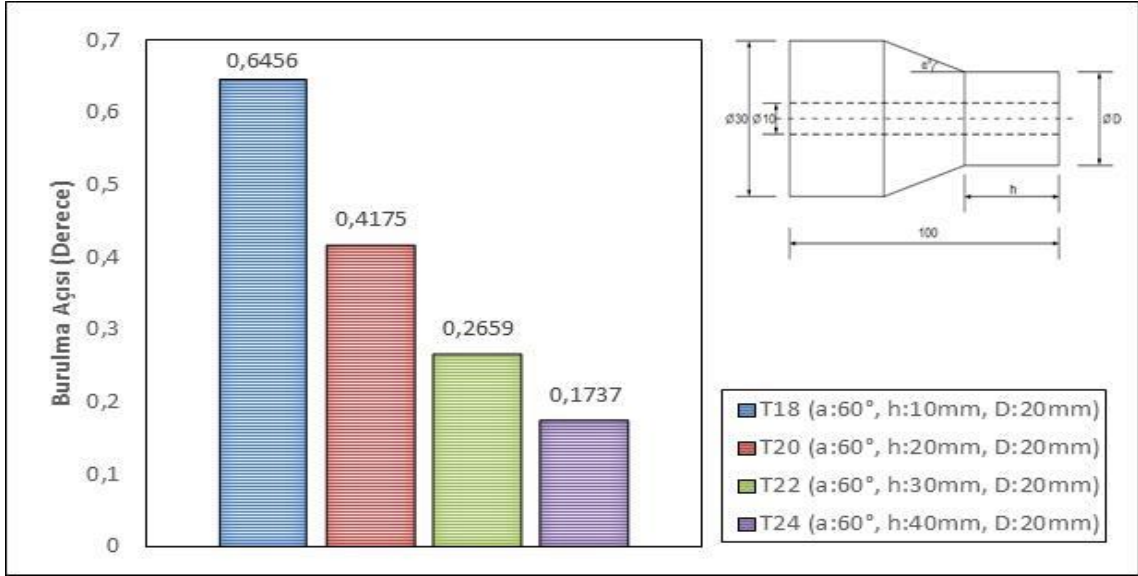
Şekil 4.103. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), T11₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), T13₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve T15₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



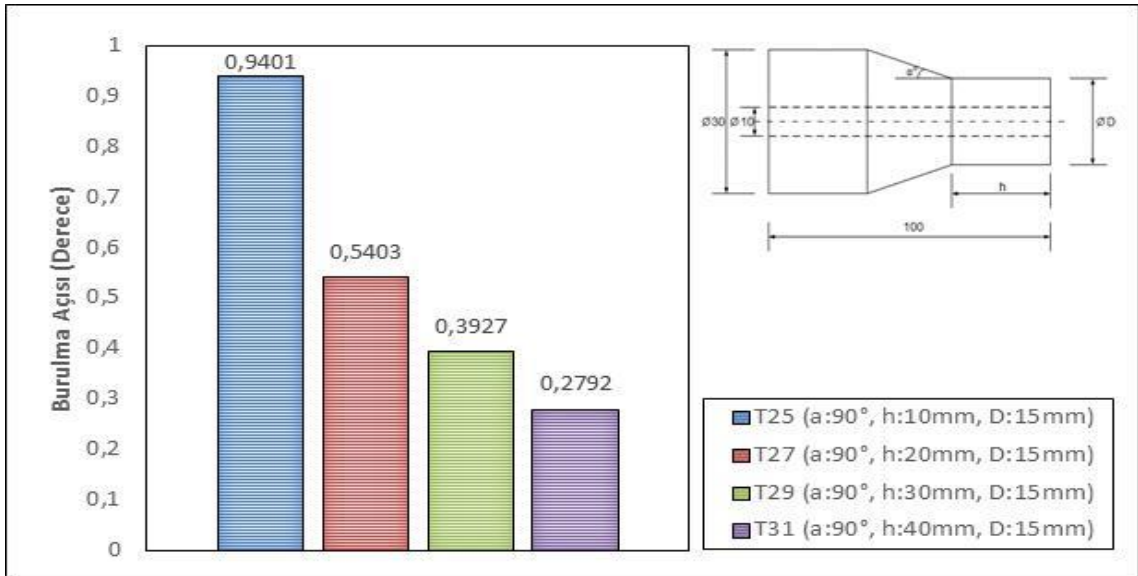
Şekil 4.104. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T10₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), T12₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), T14₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) ve T16₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



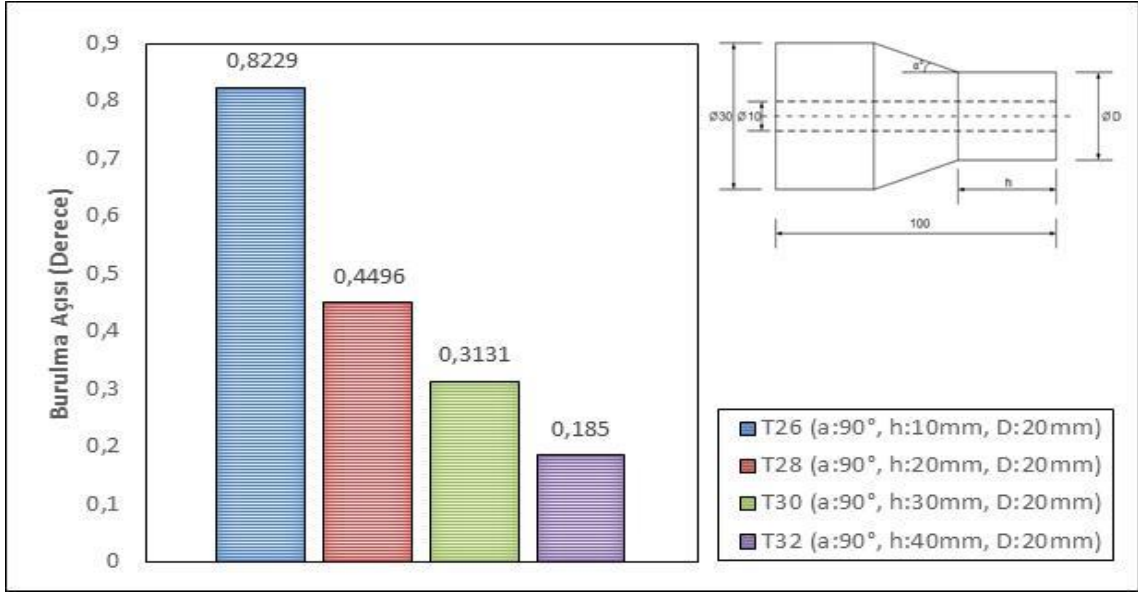
Şekil 4.105. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T17₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm), T19₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm), T21₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T23₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



Şekil 4.106. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T18₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm), T20₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm), T22₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve T24₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



Şekil 4.107. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), T27₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), T29₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T31₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

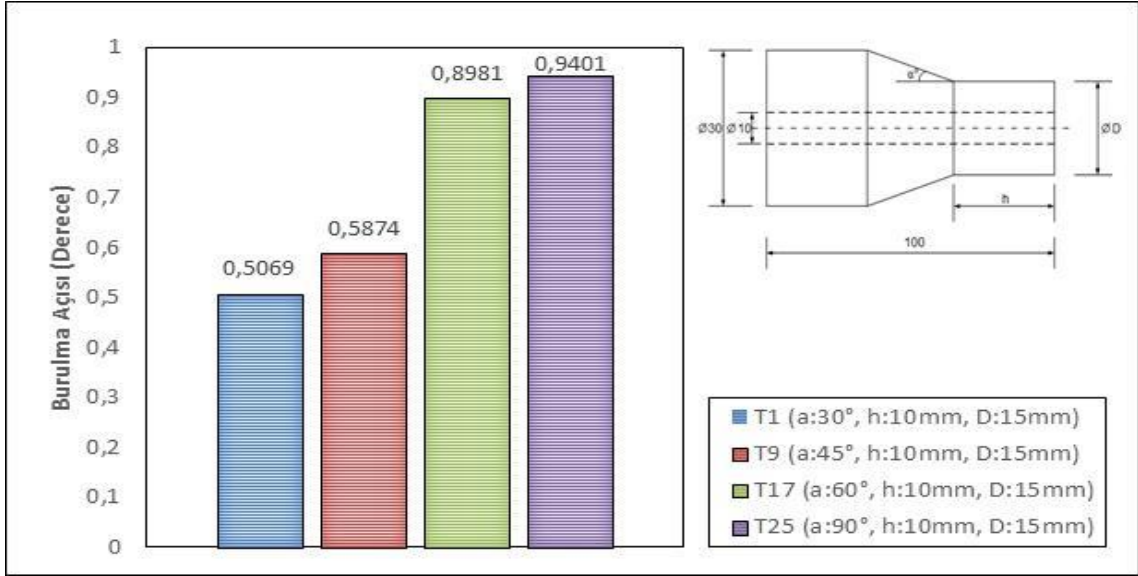


Şekil 4.108. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T26₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), T28₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), T30₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve T32₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

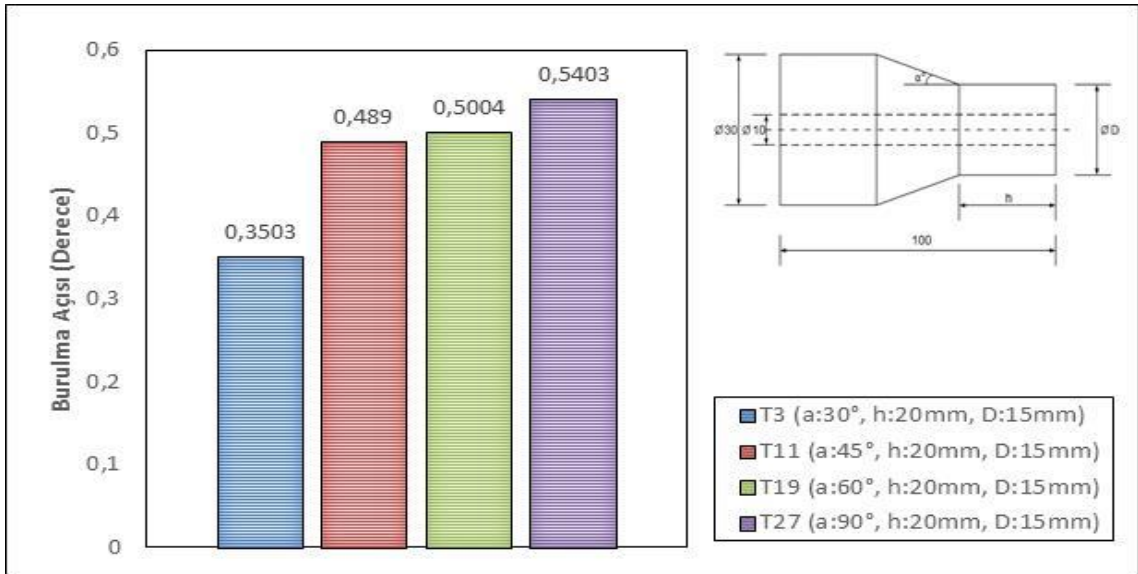
DP 490 yapıştırıcısı kullanılarak dört farklı (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) h bindirme mesafelerinde halka kesitli çubukların birleştirilmesi yapılmıştır. Yapılan birleştirmelerde h bindirme mesafesinin burulma açısına etkisini incelemek için DP 490 ile birleştirilmiş numuneler burulmaya maruz bırakılmıştır. Numunelerin burulma altındaki davranışları incelendiğinde genel olarak h bindirme mesafesi arttıkça burulma açısının azaldığı görülmüştür. Burulma açısı değerleri incelendiğinde, maksimum ve minimum burulma açıları T25₄₉₀ ve T8₄₉₀ nolu numuneler de sırasıyla 0,9401° ve 0,1559° olarak elde edilmiştir. Bu durumda h bindirme mesafesinin artışıyla burulma açılarında azalma meydana gelmiştir. Bunun sebebi mesafe artışıyla yüzey alanında artış olmaktadır ve bu durumun bağlantı mukavemetini yükseltirken burulma açısında azalmaya sebep olmuştur.

4.2.5. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde 'a' Bindirme Açısının Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi

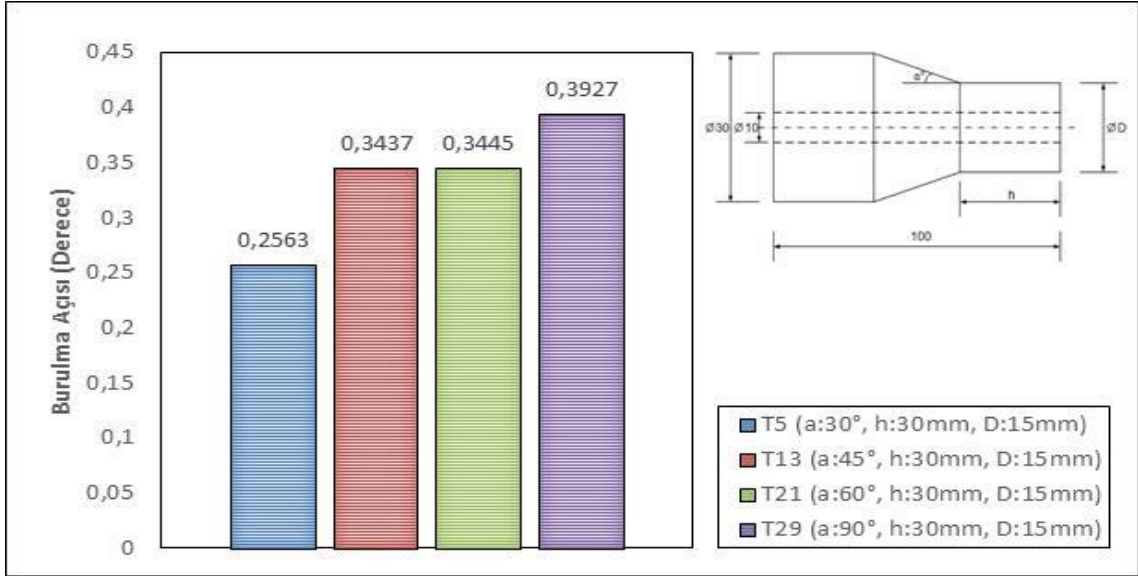
DP 490 ile birleştirilen ve dört farklı bindirme açısının (30°, 45°, 60°, 90°) kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



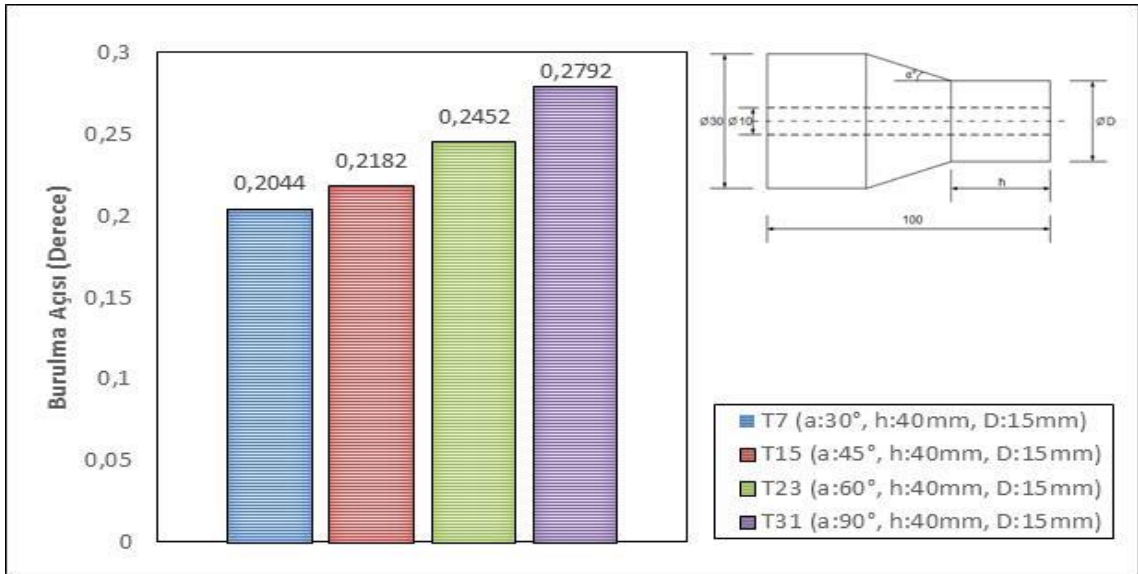
Şekil 4.109. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T9₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm), T17₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve T25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



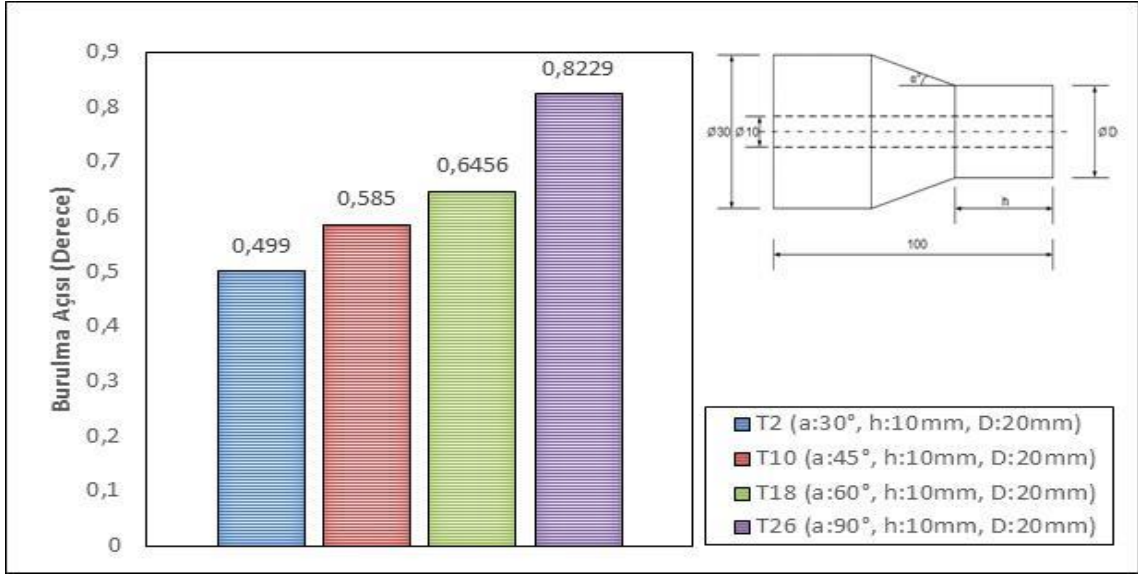
Şekil 4.110. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T3₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T11₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm), T19₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve T27₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



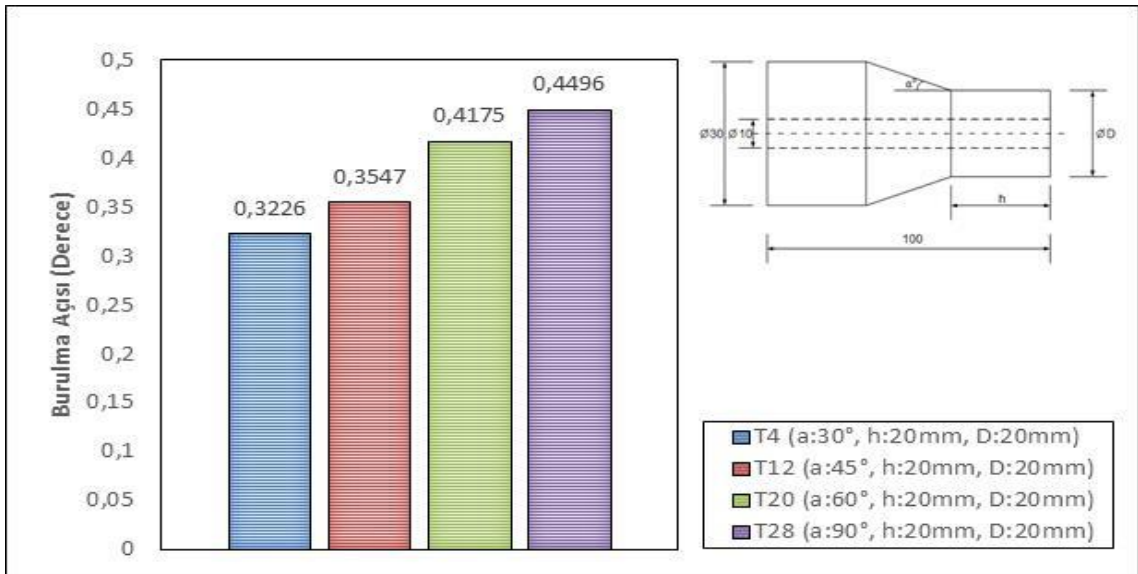
Şekil 4.111. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T5₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm), T13₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm), T21₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T29₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



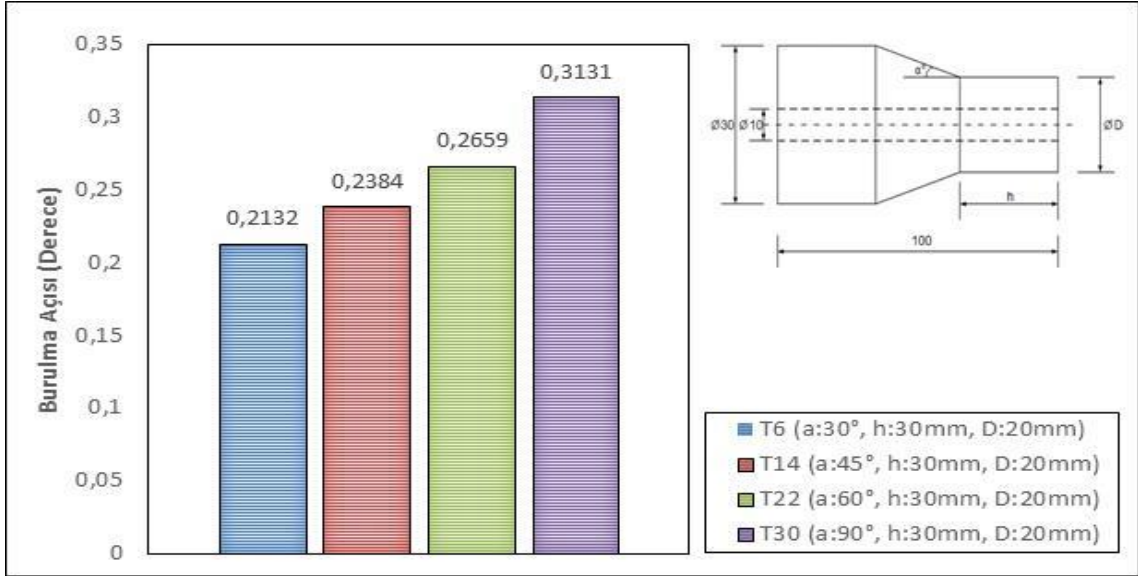
Şekil 4.112. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T7₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm), T15₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm), T23₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve T31₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



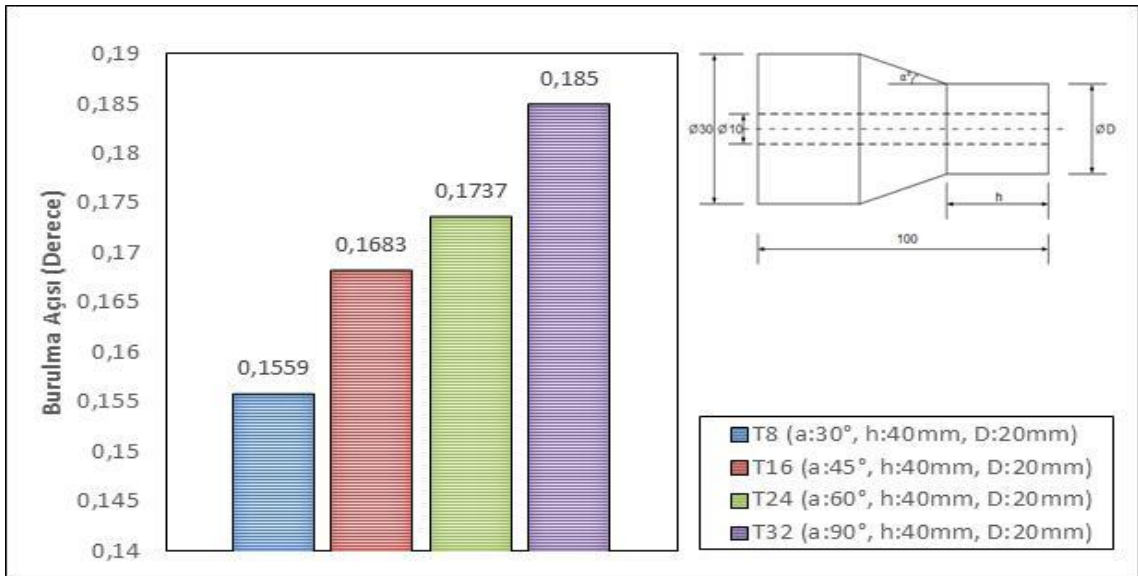
Şekil 4.113. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T10₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm), T18₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) ve T26₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



Şekil 4.114. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T4₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T12₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm), T20₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) ve T28₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



Şekil 4.115. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T6₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm), T14₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm), T22₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) ve T30₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi



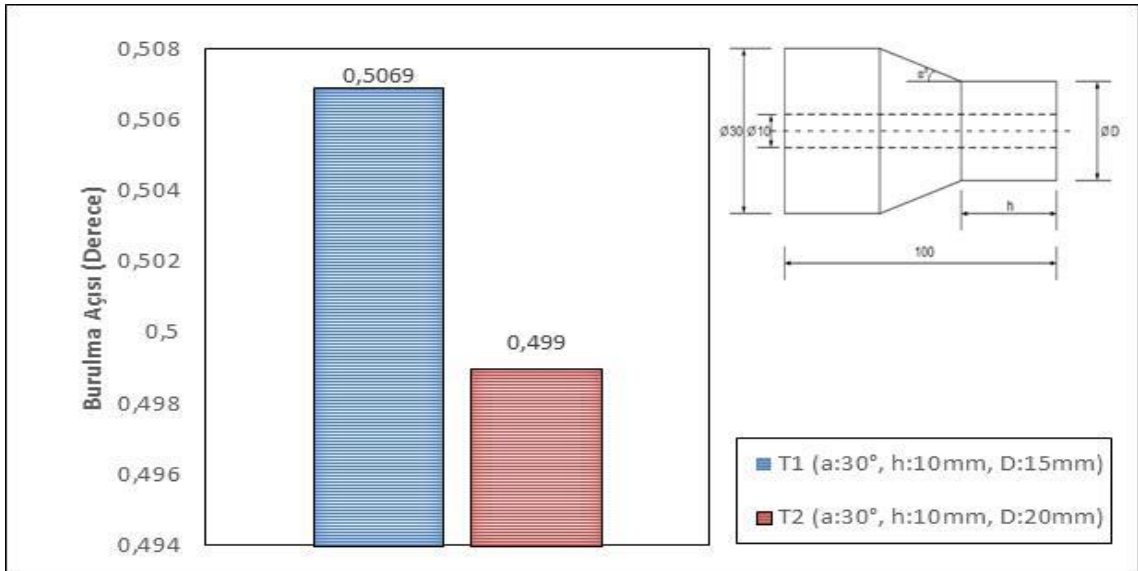
Şekil 4.116. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm), T16₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm), T24₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) ve T32₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'a' bindirme açısının burulma açısına etkisi

Dört farklı (30°, 45°, 60°, 90°) bindirme açısına sahip halka kesitli çubuklar DP 490 yapıştırıcısı ile birleştirilmiştir. Yapıştırılmalarda a bindirme açısının burulma altındaki davranışları incelenmiştir. Numunelerin burulma altındaki davranışları incelendiğinde a bindirme açısı arttıkça burulma açısının arttığı gözlemlenmiştir. Burulma açlarına bakıldığında maksimum ve minimum burulma açısı T25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15 mm)

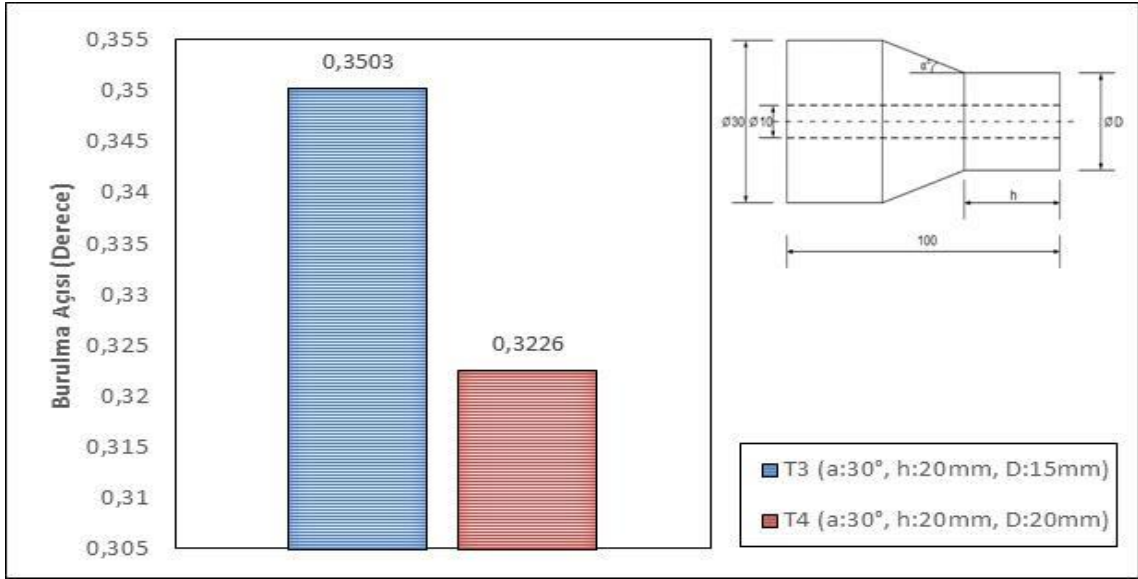
ve T8₄₉₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:20\text{ mm}$)numunelerin de sırasıyla $0,9401^\circ$ ve $0,1559^\circ$ olarak elde edilmiştir. Genel olarak α bindirme açısının α açısının artışıyla burulma açılarında artış meydana gelmiştir. Bunun sebebi açı artışıyla yüzey alanında azalma olmaktadır ve bu durum burulma açısında artışa neden olmaktadır.

4.2.6. DP 490 ile Birleştirilen Numunelerde ‘D’ Bindirme İç Çapının Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi

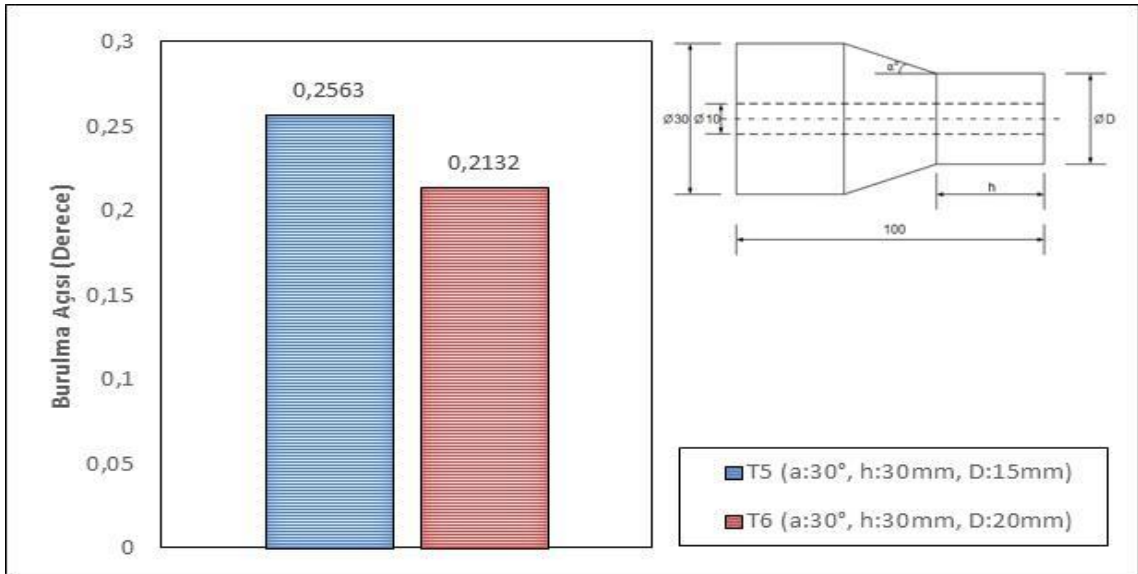
Halka kesitli çubukların birleştirilmesinde DP 490 yapıştırıcısı kullanılan numunelerde D iç çapının etkisi incelenmiştir. 15 ve 20 mm olmak üzere iki farklı bindirme iç açısının kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler aşağıda verilmiştir.



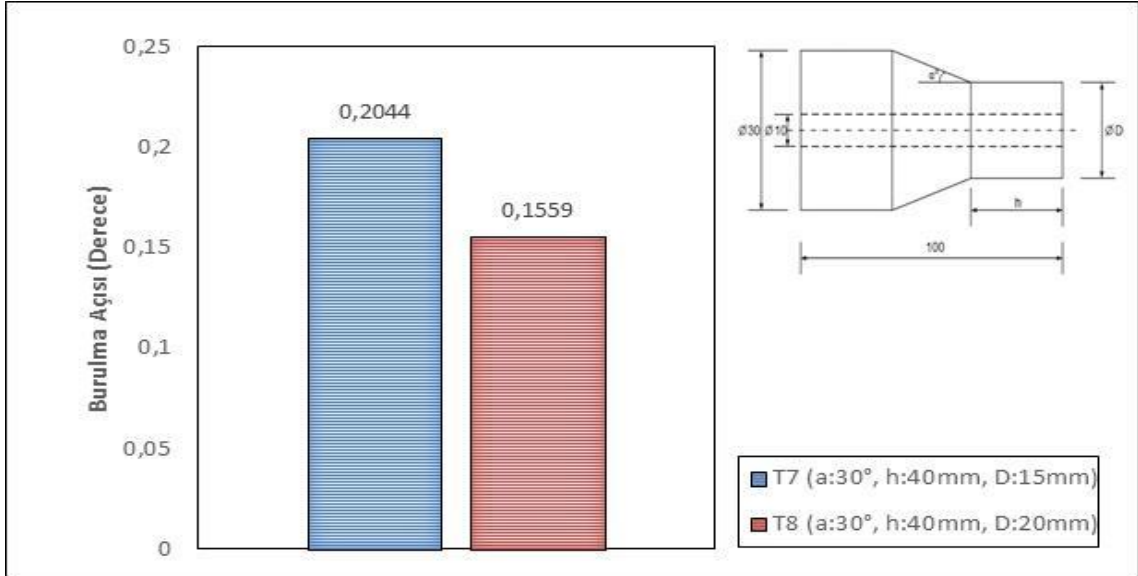
Şekil 4.117. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1₄₉₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) ve T2₄₉₀ ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:20\text{mm}$) nolu numunelerde ‘D’ bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



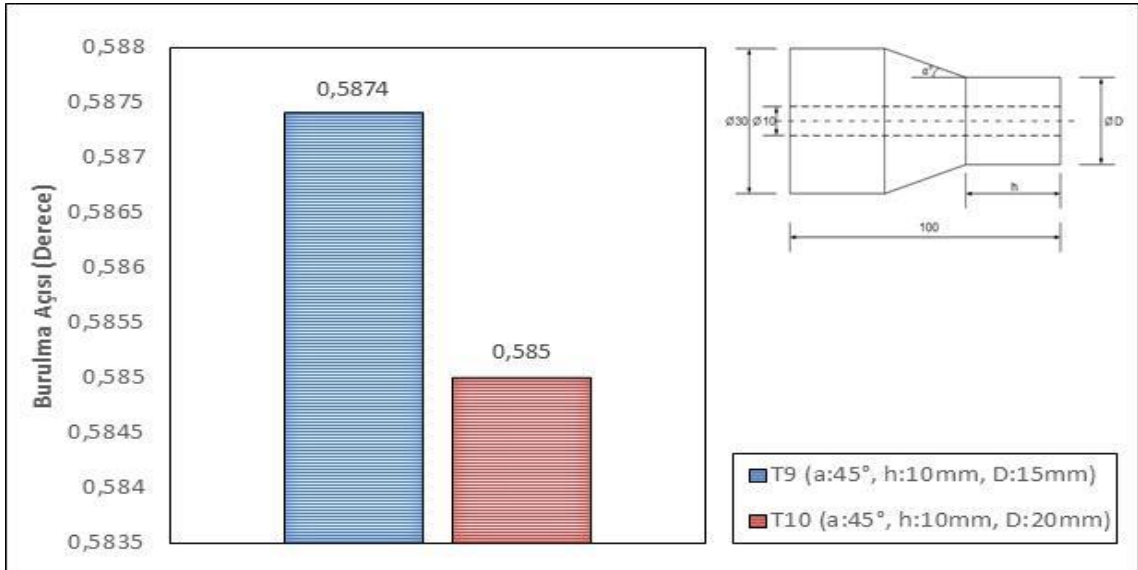
Şekil 4.118. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T3₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm) ve T4₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



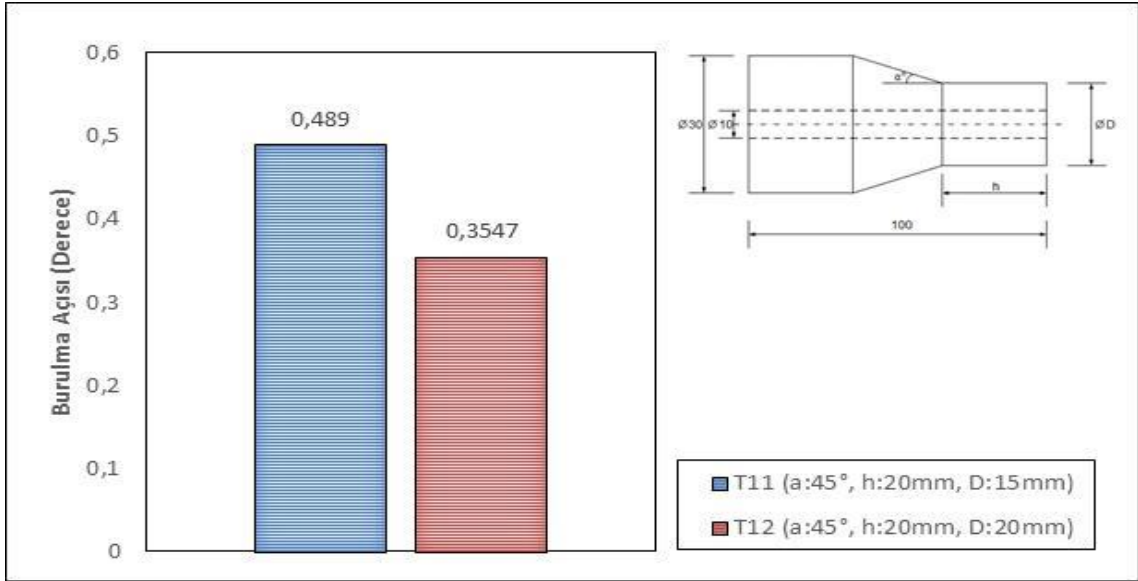
Şekil 4.119. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T5₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T6₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



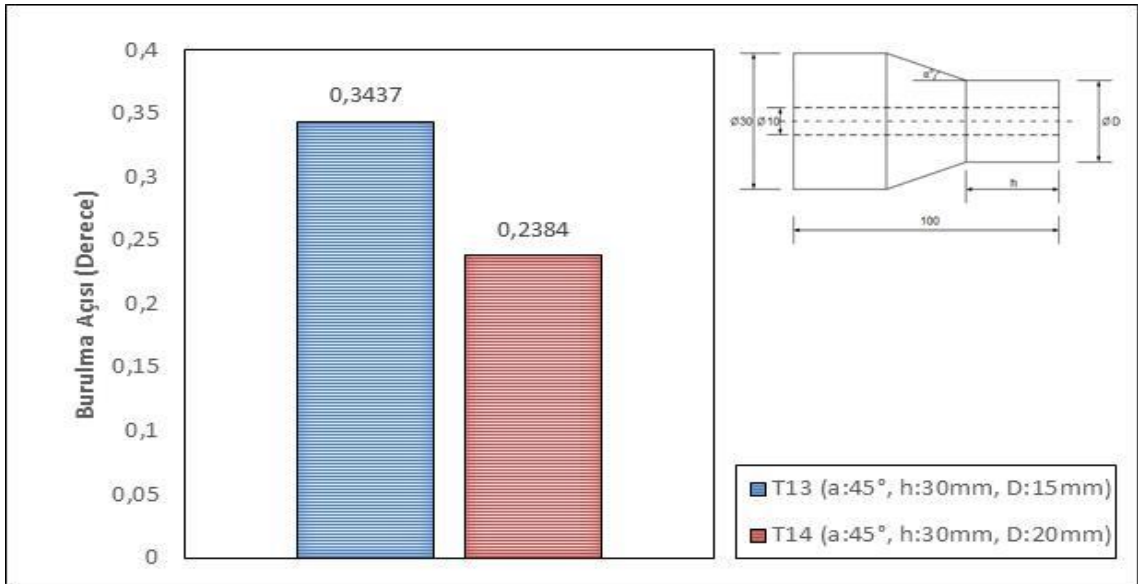
Şekil 4.120. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T7₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) ve T8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



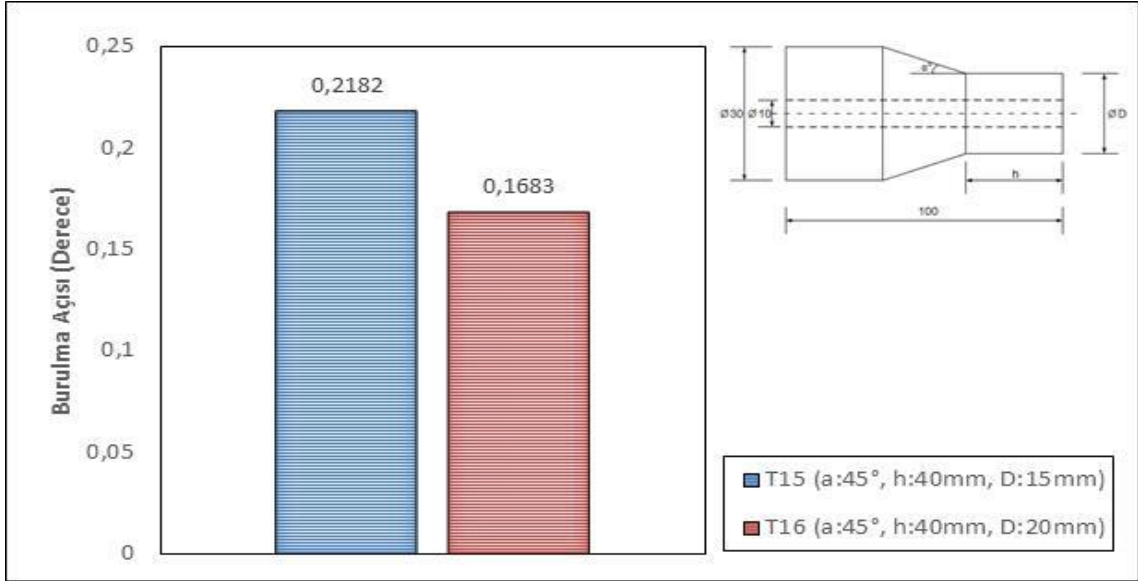
Şekil 4.121. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:15mm) ve T10₄₉₀ (a:45°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



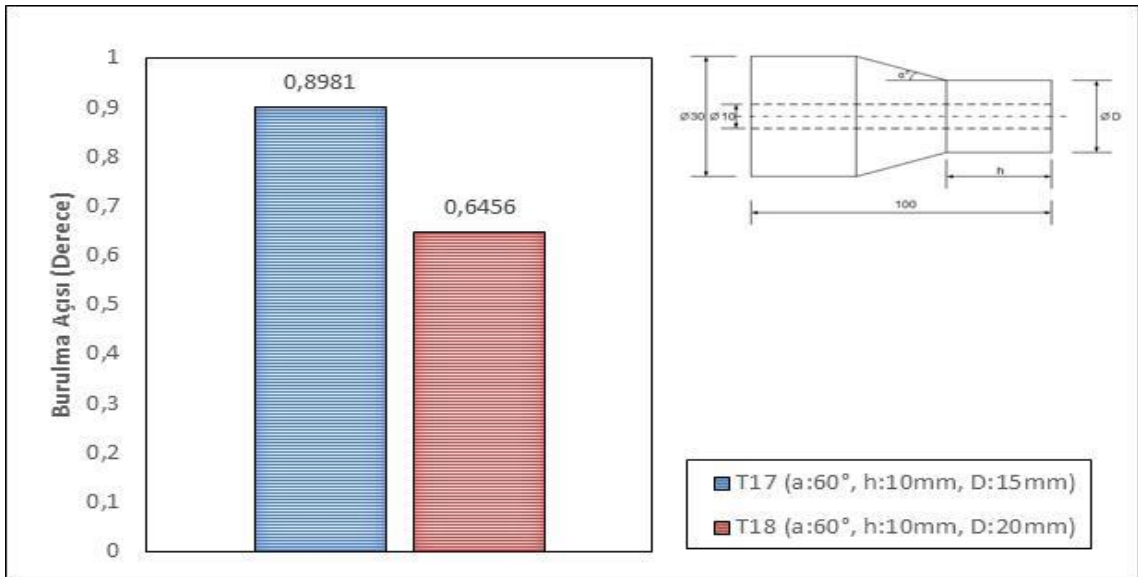
Şekil 4.122. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T11₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:15mm) ve T12₄₉₀ (a:45°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



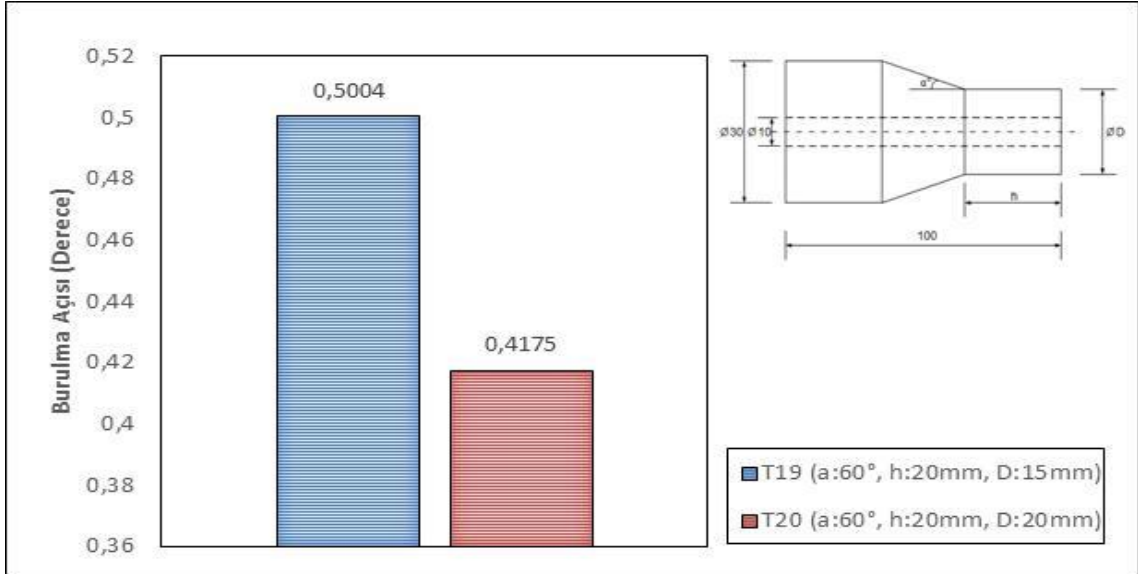
Şekil 4.123. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T13₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:15mm) ve T14₄₉₀ (a:45°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



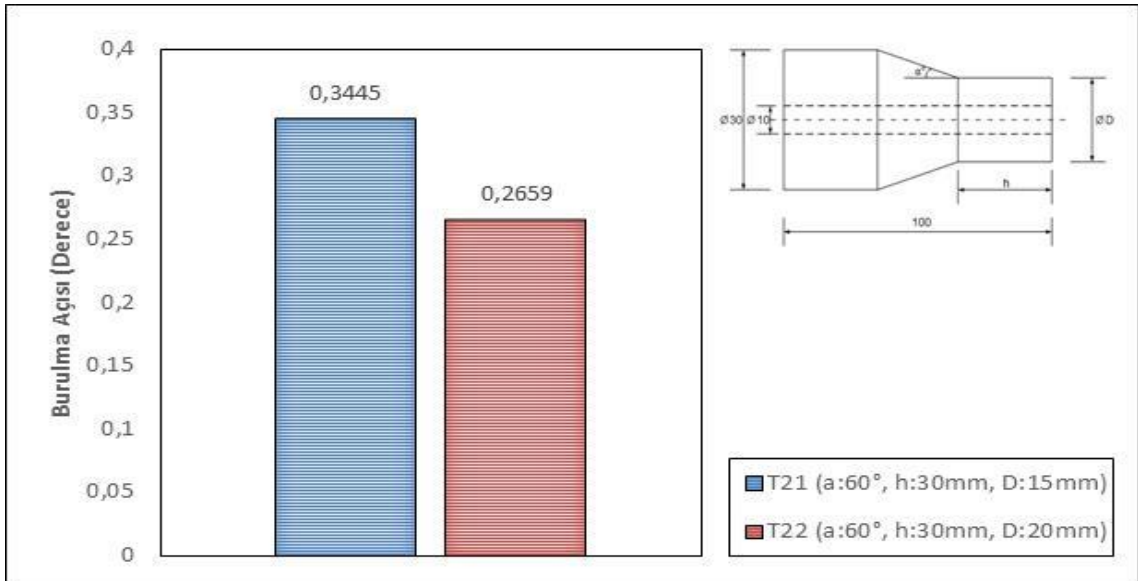
Şekil 4.124. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T15₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:15mm) ve T16₄₉₀ (a:45°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



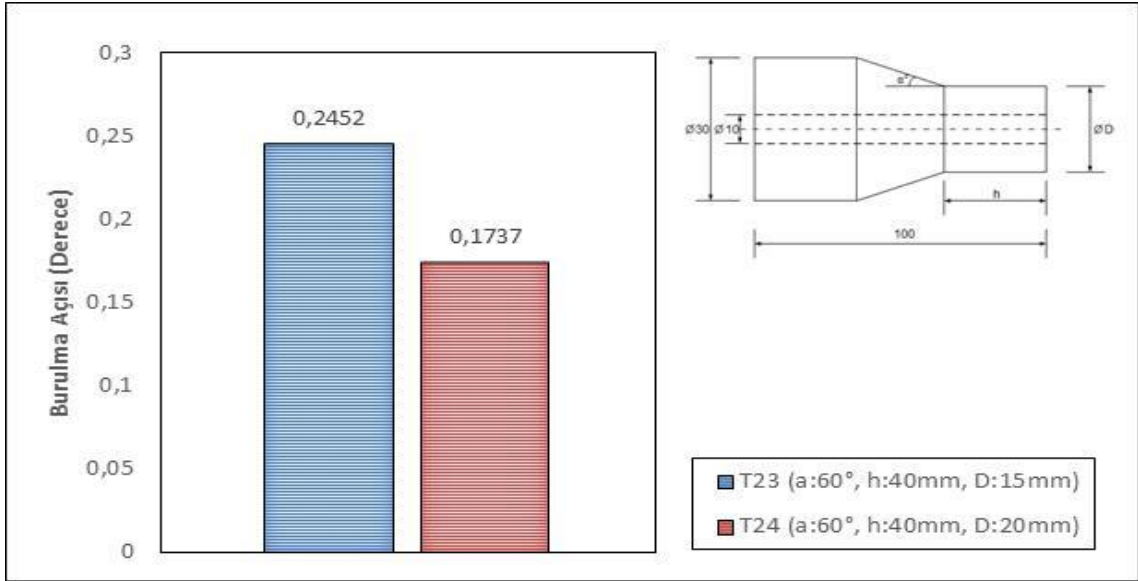
Şekil 4.125. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T17₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:15mm) ve T18₄₉₀ (a:60°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



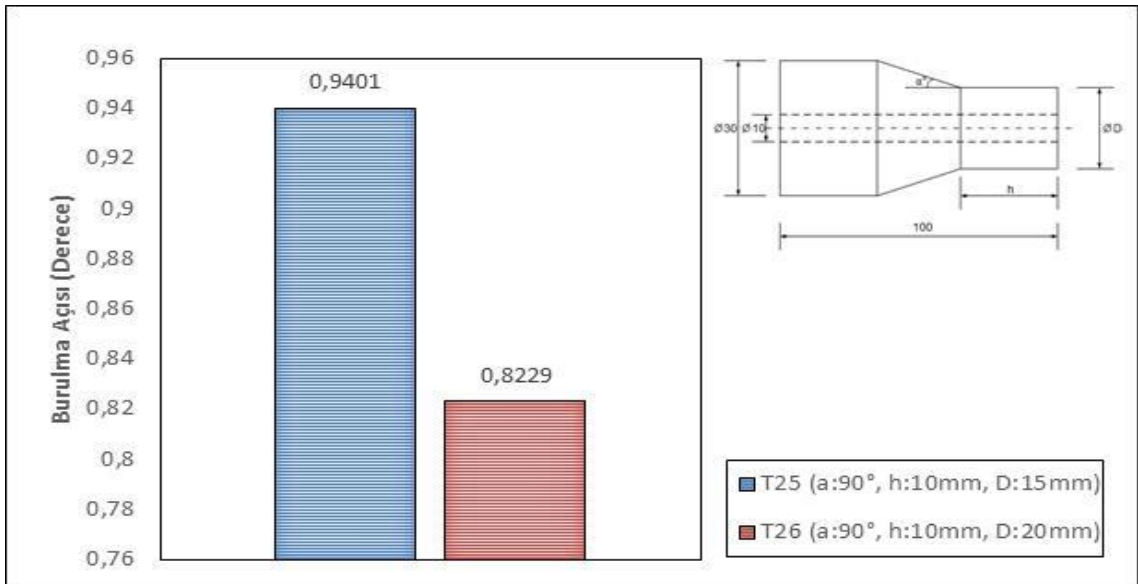
Şekil 4.126. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T19₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:15mm) ve T20₄₉₀ (a:60°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



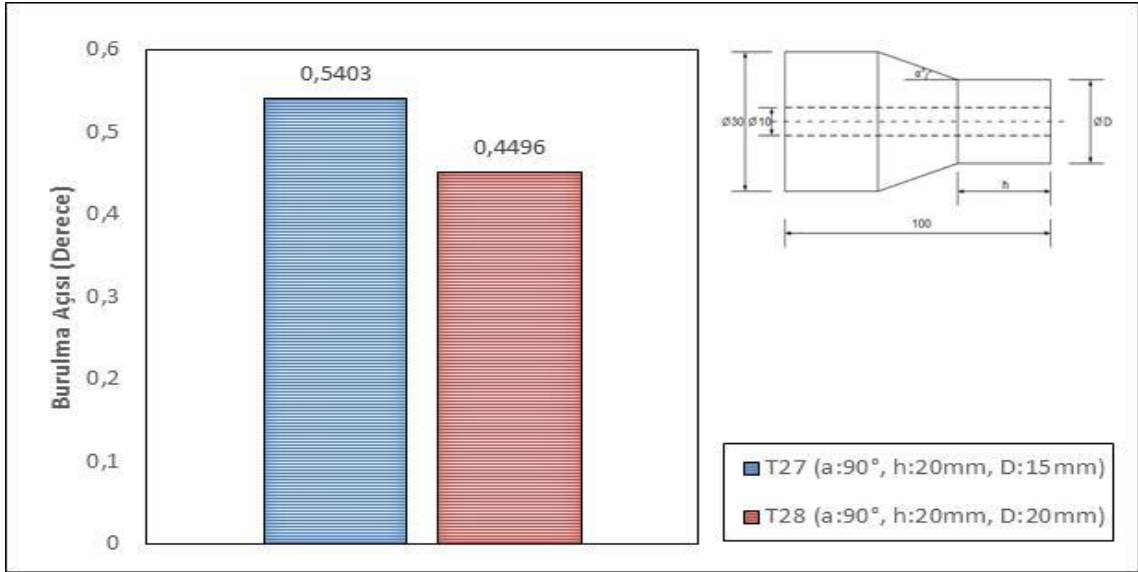
Şekil 4.127. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T21₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:15mm) ve T22₄₉₀ (a:60°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



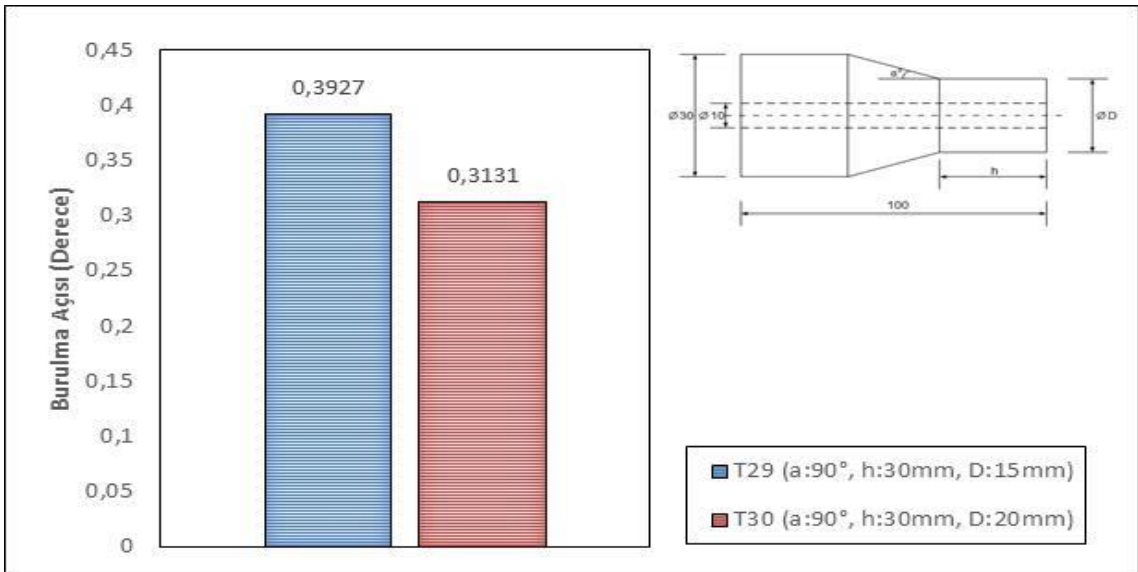
Şekil 4.128. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T23₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:15mm) ve T24₄₉₀ (a:60°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



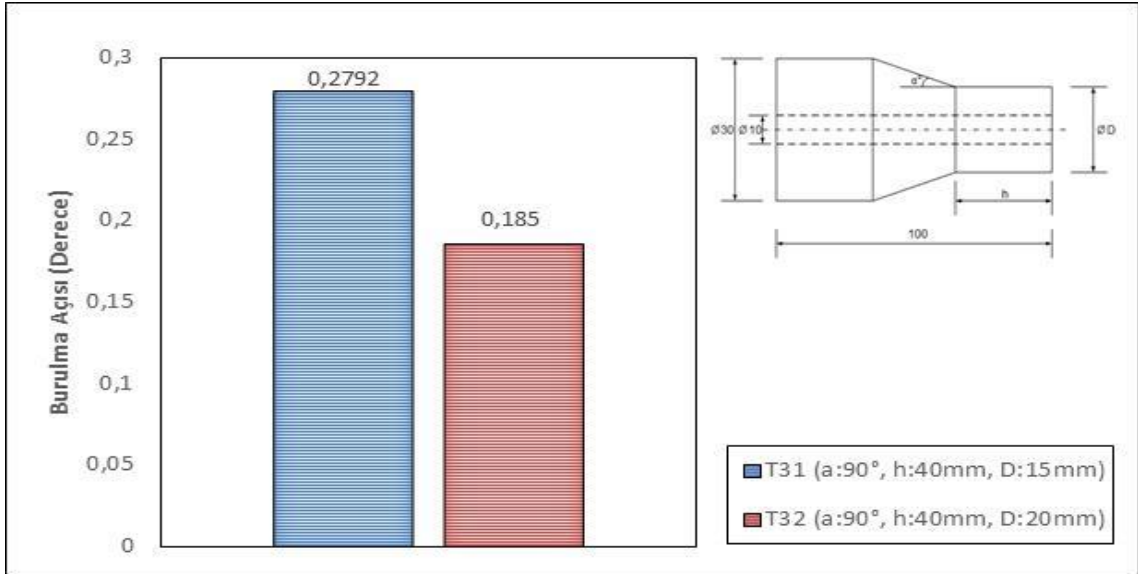
Şekil 4.129. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve T26₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



Şekil 4.130. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T27₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm) ve T28₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



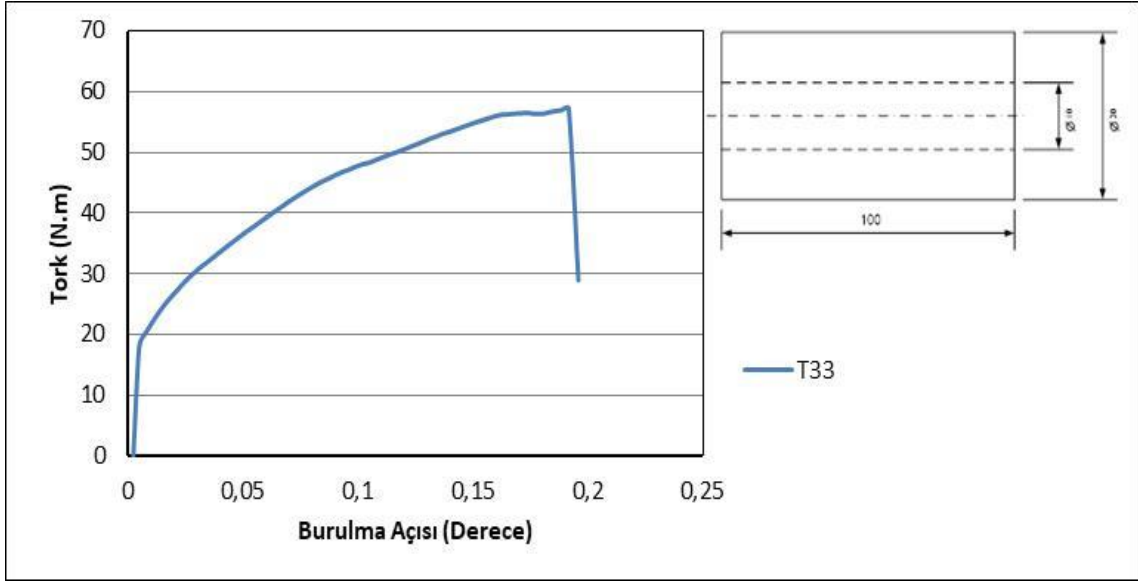
Şekil 4.131. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T29₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T30₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi



Şekil 4.132. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T31₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) ve T32₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'D' bindirme iç çapının burulma açısına etkisi

DP 490 yapıştırıcısı ile yapıştırılan iki farklı (15mm, 20mm) D bindirme iç çapına sahip halka kesitli çubuklar birleştirme işleminin ardından D bindirme iç çapının burulmaya etkisini incelemek için numuneler burulmaya maruz bırakılmıştır. Numunelerin burulma altındaki davranışları incelendiğinde D bindirme iç çapı arttıkça burulma açısında azalma meydana gelmiştir. Burulma açıları maksimum burulma açısı T25₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15 mm) numunede ve minimum burulma açısı T8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20 mm) numunesinde elde edilmiştir. Bu duruma bağlı olarak D bindirme iç çapının artışıyla yüzey alanında artış olmaktadır. İç çap artışıyla halka kesitli çubukların birleştirilmesinde burulma açıları azalma olmuştur.

DP 490 yapıştırıcıyla alın altına bindirmeli yapıştırmalar yapılarak analizleri yapılmıştır. T33₄₉₀ numunesinde ise alın altına birleştirme yapılarak üretilmiş ve mekanik davranışları incelenmiştir. Alın altına birleştirme ile alın altına bindirmeli birleştirme arasındaki etkenleri ve DP 490 yapıştırıcısının etkisini görmek için burulma deneyleri gerçekleştirilmiştir. T33₄₉₀ numunesinin burulma davranışı Şekil 4.133'te verilmiştir. Bindirmeli olarak yapılan birleştirmeler alın altına birleştirmeye göre daha iyi sonuç vermiştir.



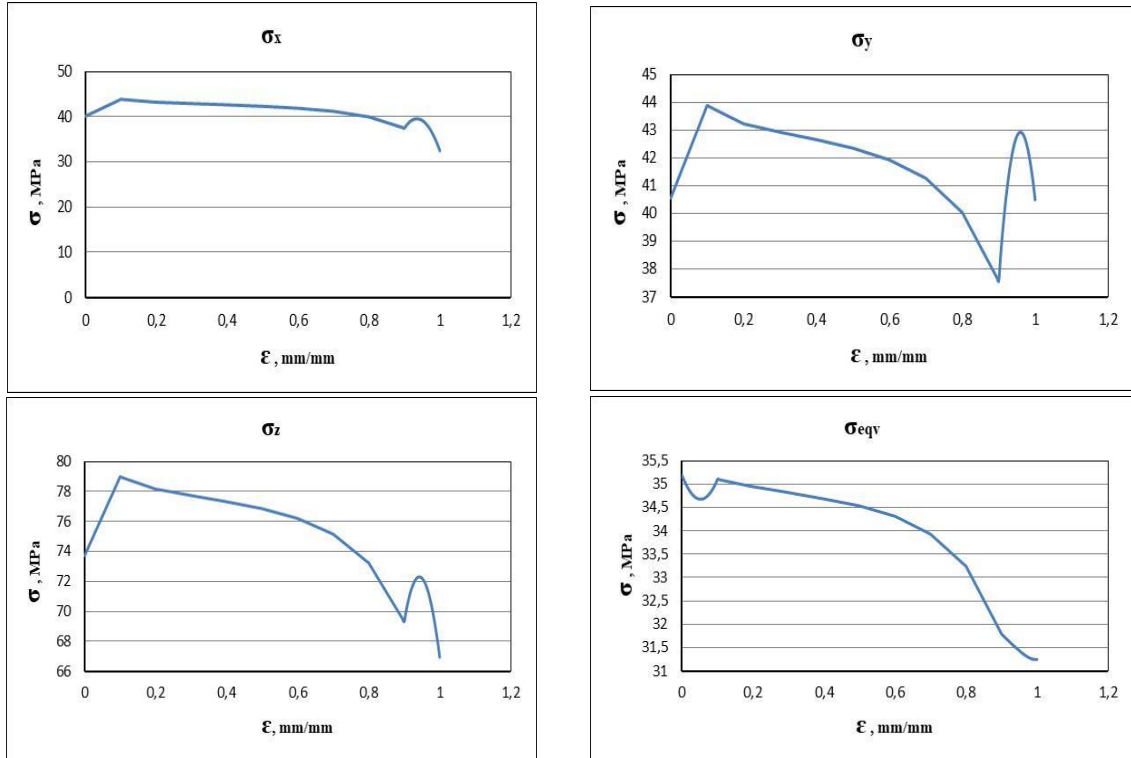
Şekil 4.133. DP 490 yapıştırıcı ile birleştirilmiş T33₄₉₀ numunesinin burulma davranışı

4.3. Nümerik Sonuçlar

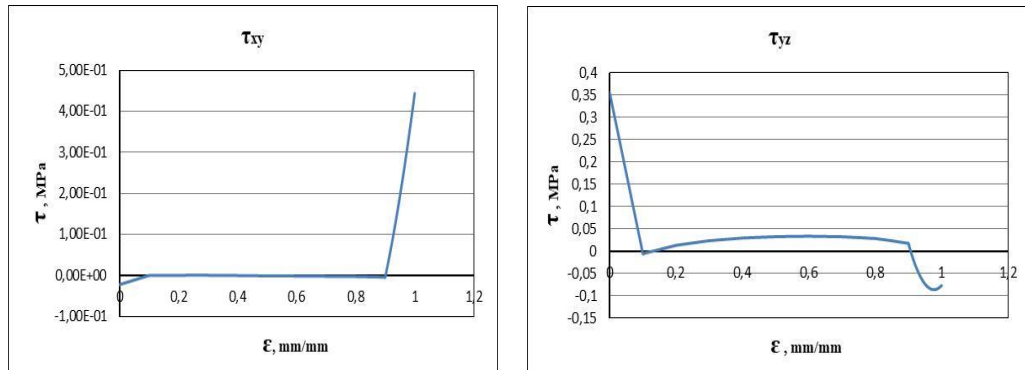
DP 410 ve DP 490 yapıştırıcıları kullanılarak farklı parametrelerde yapıştırılması yapılan halka kesitli çubukların deneysel işlemleri yapılmıştır. Yapılan deneysel işlemleri sonucunda elde edilen değerleri ile nümerik değerleri kıyaslamak için ANSYS 19.0 programında nümerik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde deneysel işlemlerde 25 (a:90°, h:10mm, D:15mm) ve 31 (a:90°, h:10mm, D:15mm) nolu numunelerin nümerik analizleri yapılmıştır. Bu analiz işlemleri numunelerin kritik hatları referans alınarak σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{yz} ve σ_{eqv} gerilmeleri ile birim şekil değişimi grafikleri çizilmiştir.

DP 410'un nümerik sonuçları:

DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen halka kesitli çubuklardan 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) ve 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerin nümerik analizleri neticesinde belirlenen kritik hatlar üzerinde oluşan gerilmelerin sonuçları elde edilip değerlendirilmiştir. 31 nolu numune için belirlenen 1 nolu hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.134'te, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.135'te gösterilmiştir.

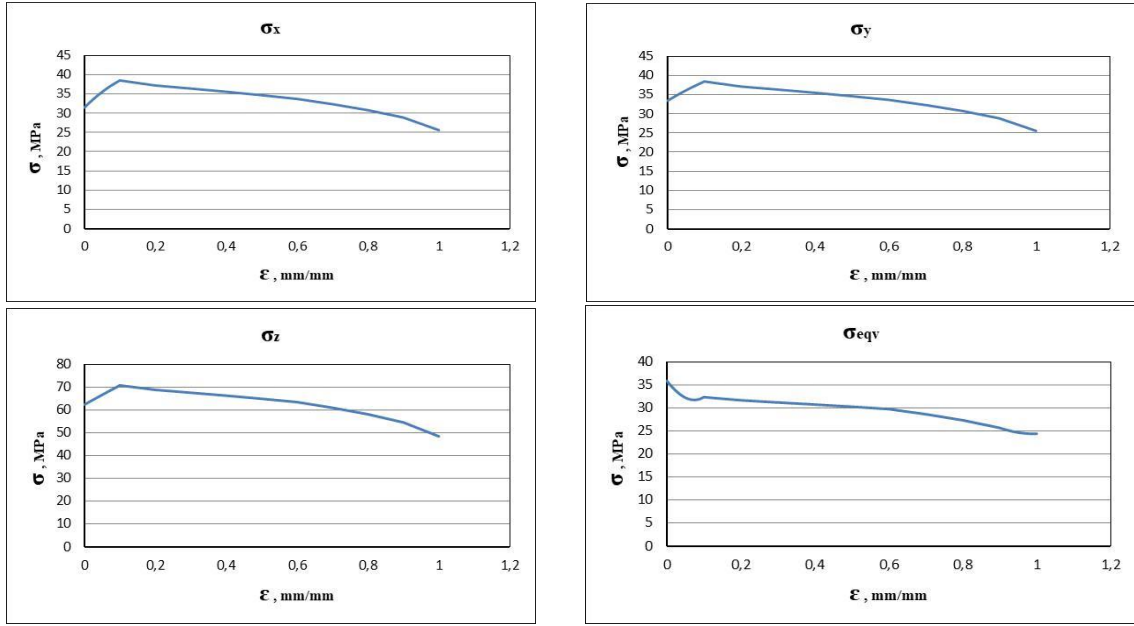


Şekil 4.134. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

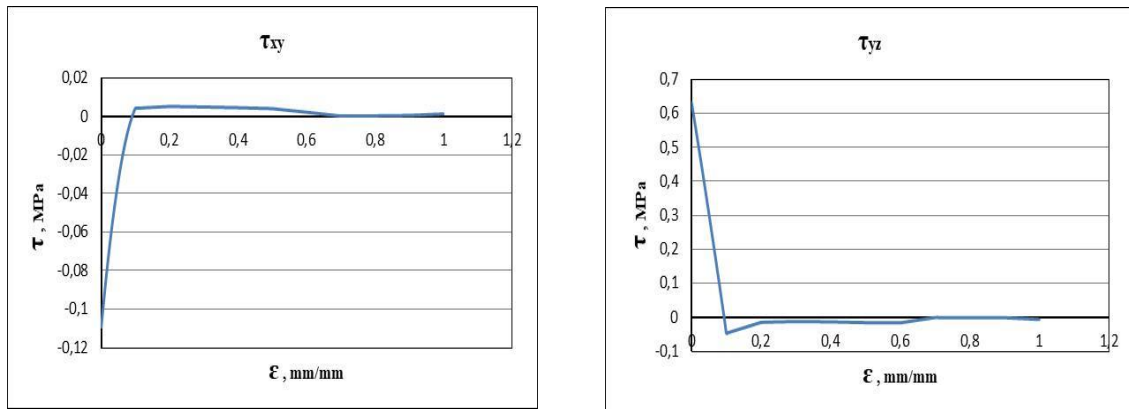


Şekil 4.135. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

Birleştirilmiş halka kesit çubuk numunelerden 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z ve σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.136'da, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.137'de verilmiştir.

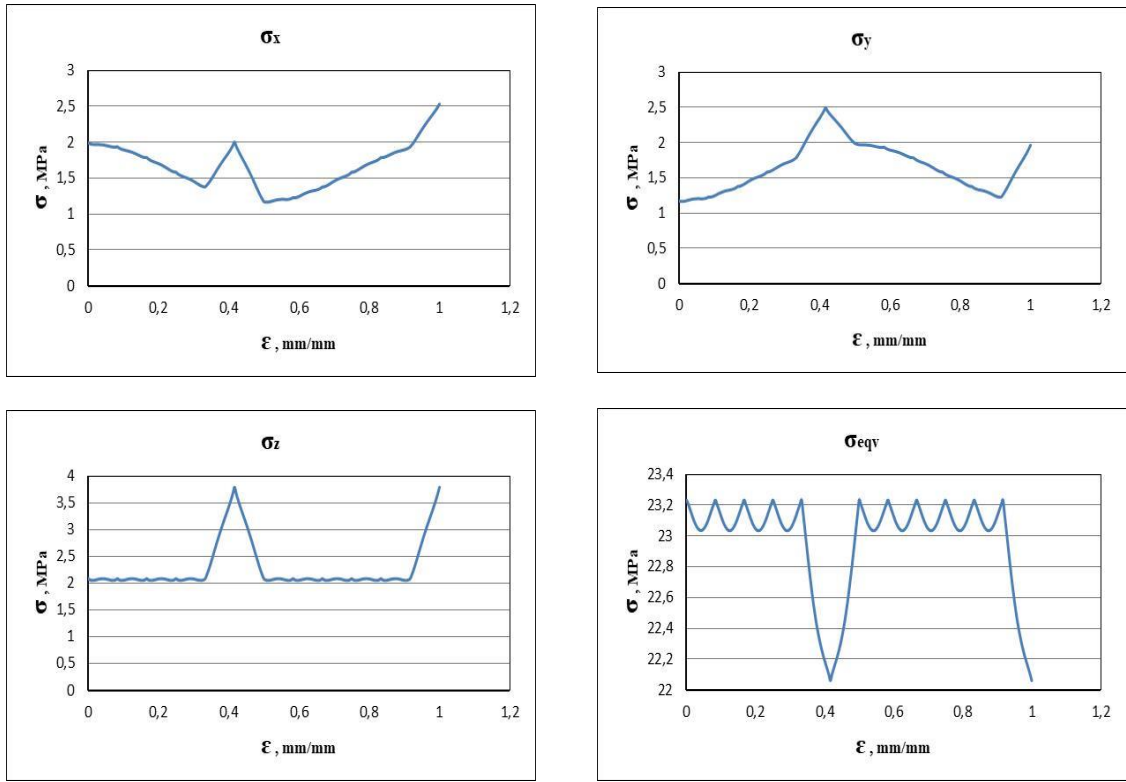


Şekil 4.136. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

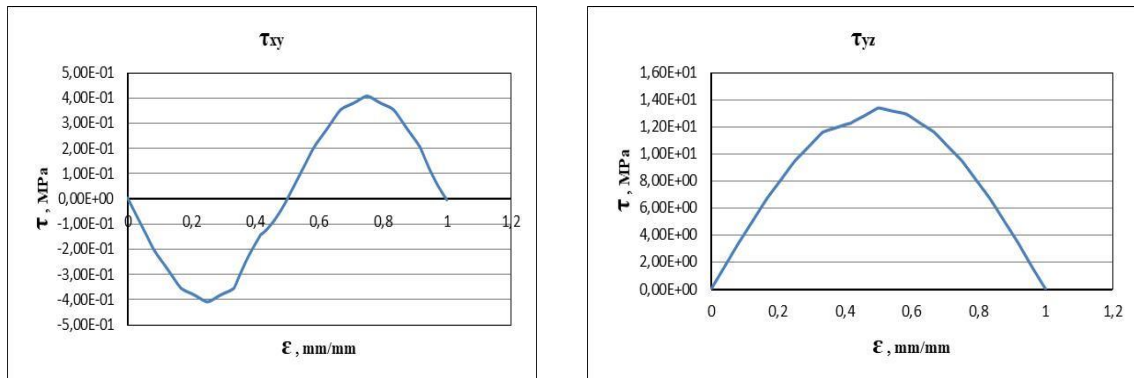


Şekil 4.137. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilmiş 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numune için Şekil 4.138 ve Şekil 4.139’da 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen çekme ve kayma gerilmeleri gösterilmiştir.

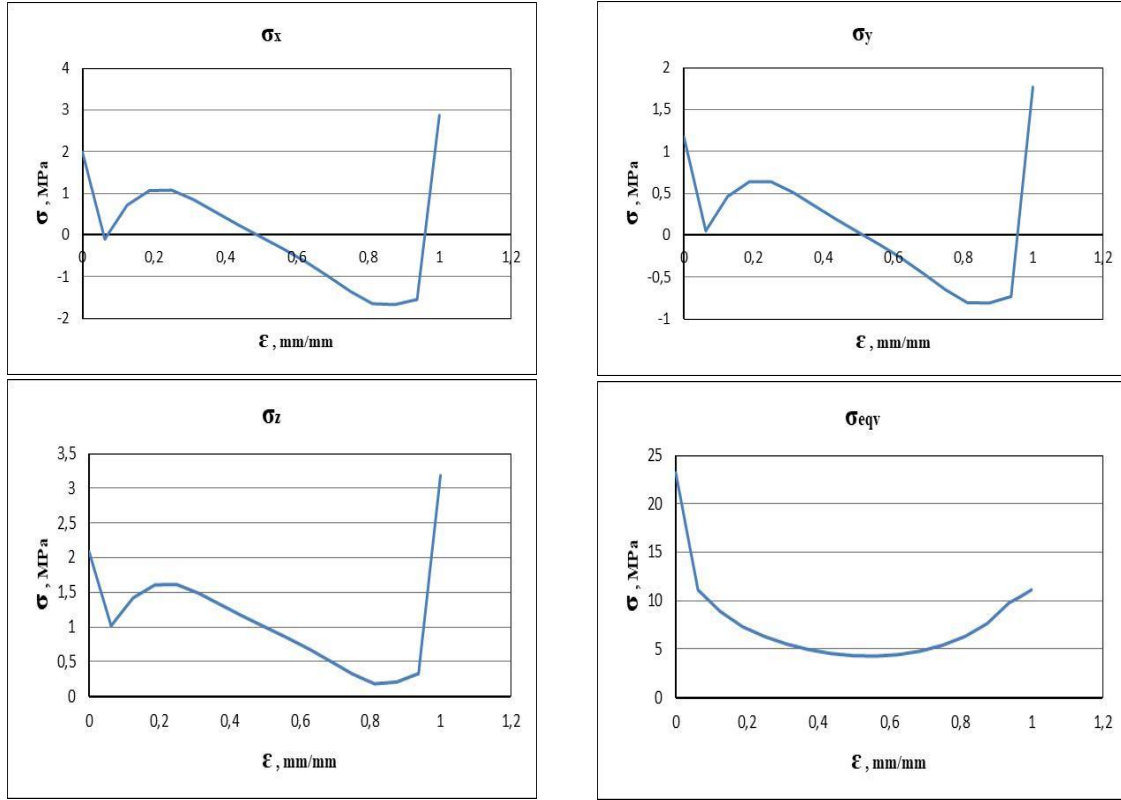


Şekil 4.138. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

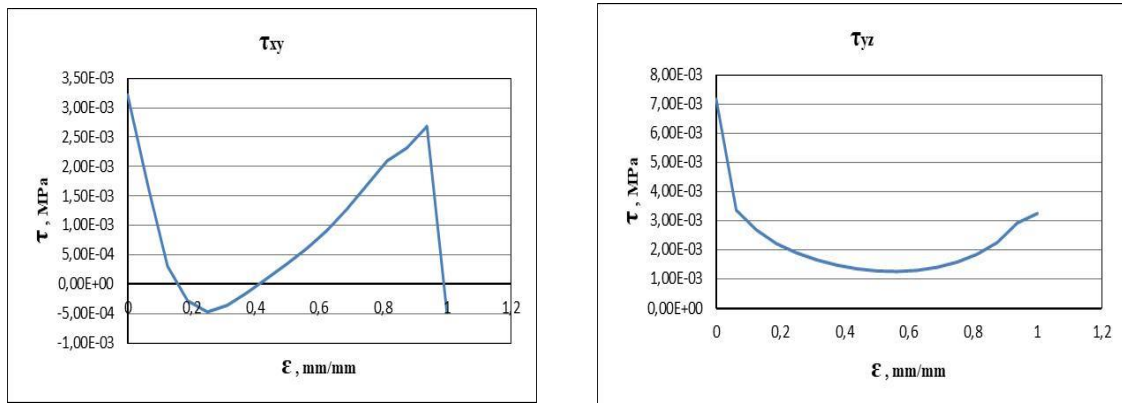


Şekil 4.139. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

Birleştirilmiş halka kesit çubuk numunelerden 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z ve σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.140'ta, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.141'de verilmiştir.

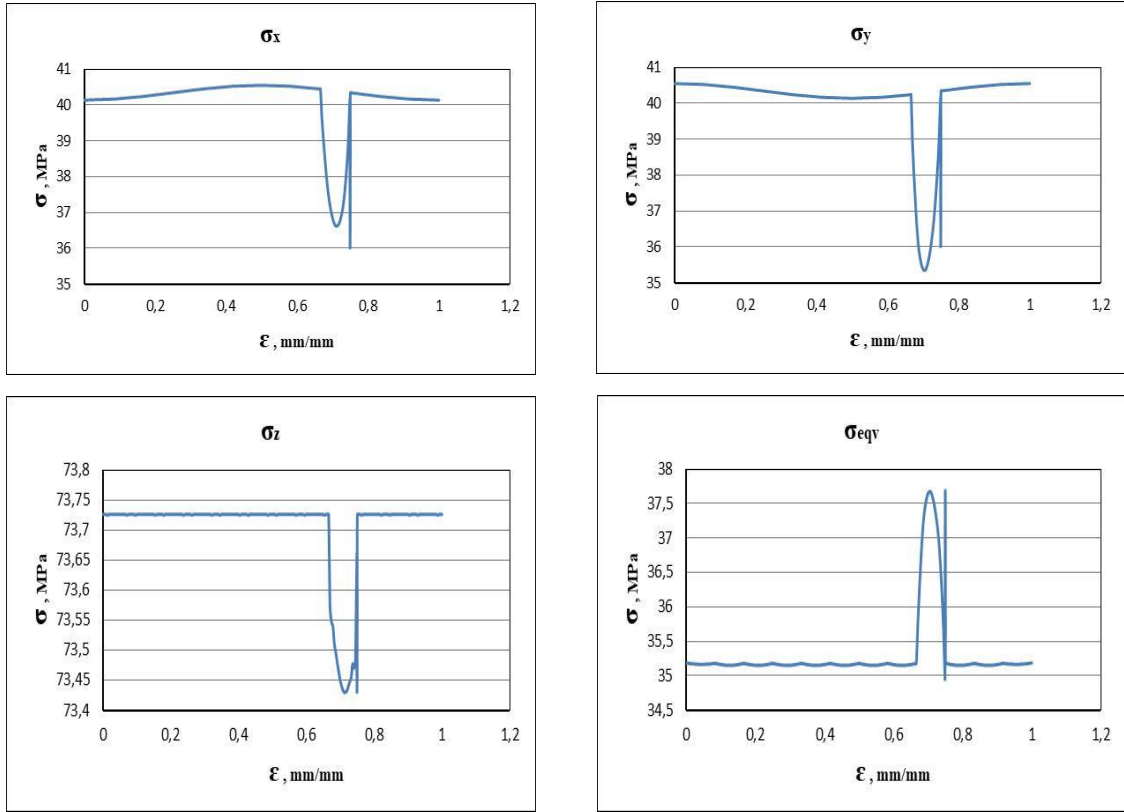


Şekil 4.140. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunedeki 4. kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

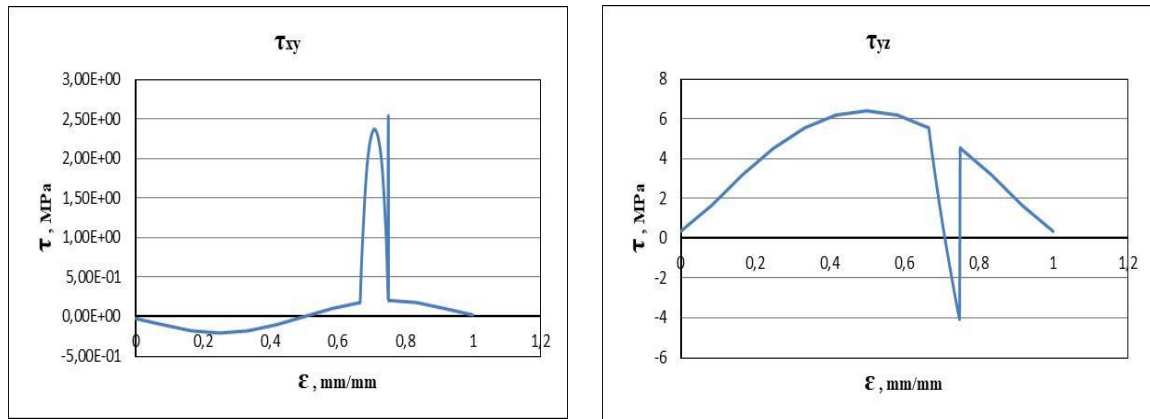


Şekil 4.141. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunedeki 4. kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

Nümerik analizler için belirlenen 5. kritik hatta DP 410 yapıştırıcısı kullanılarak birleştirilen 31(a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunedeki meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.142’de, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.143’te gösterilmiştir.



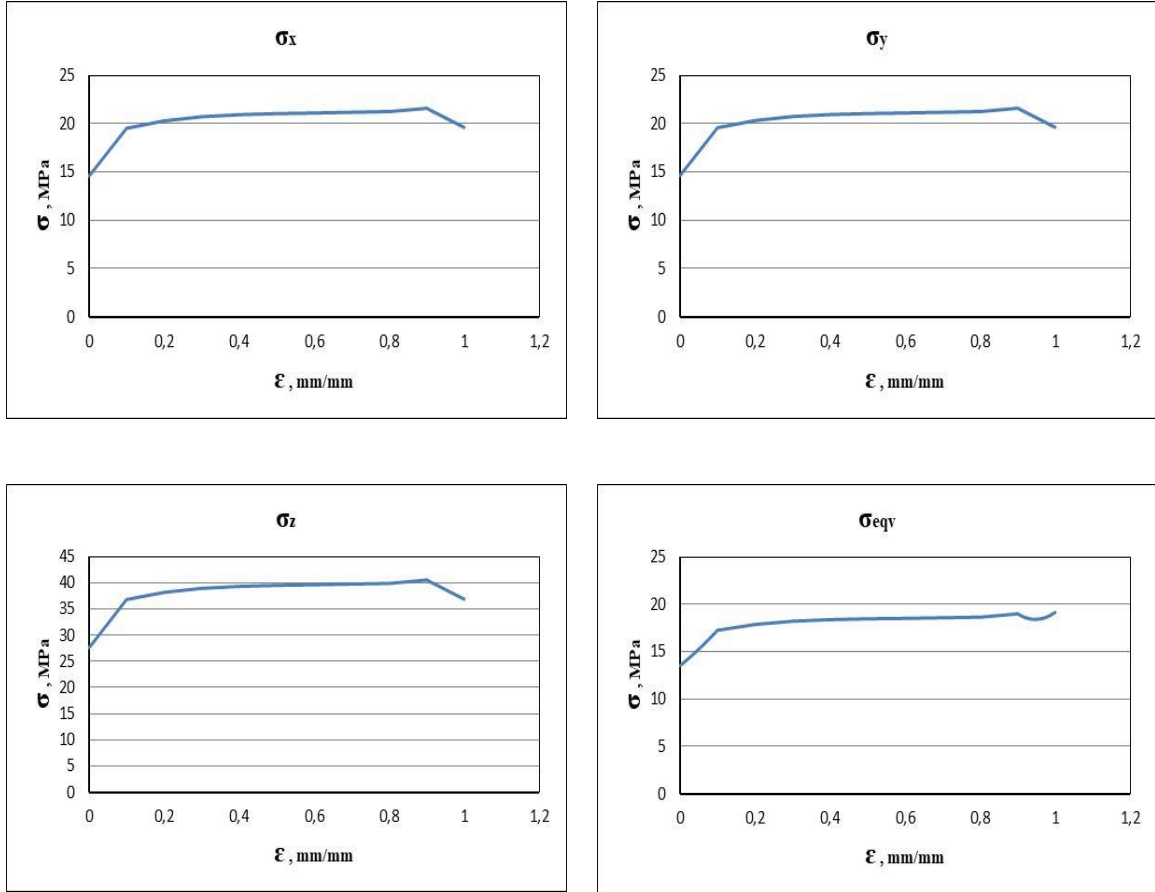
Şekil 4.142. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($a:30^\circ$, $h:40$ mm, $D:15$ mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler



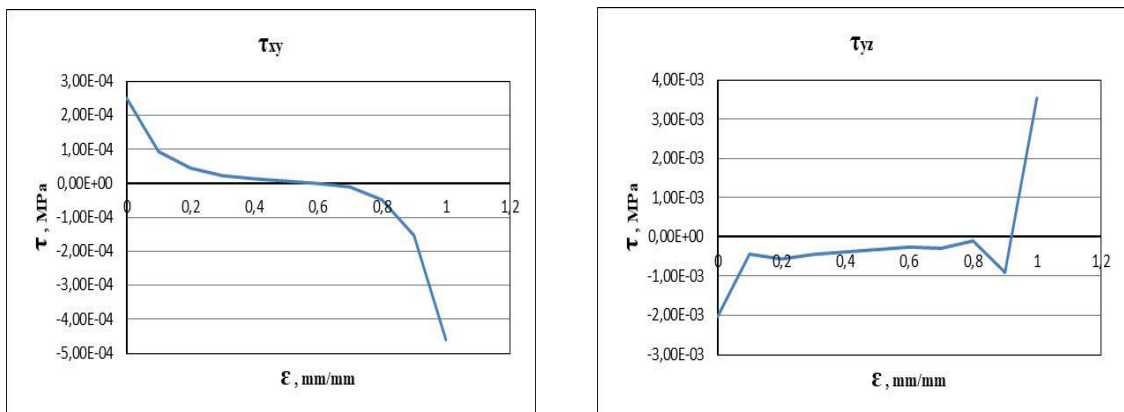
Şekil 4.143. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($a:30^\circ$, $h:40$ mm, $D:15$ mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen halka kesitli çubuklardan 25 ($a:30^\circ$, $h:10$ mm, $D:15$ mm) nolu numunenin nümerik analizleri neticesinde belirlenen kritik hatlar üzerinde oluşan gerilmelerin sonuçları değerlendirilmiştir. 1 nolu hat üzerinde meydana gelen σ_x ,

σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.144'te, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.145'te gösterilmiştir.

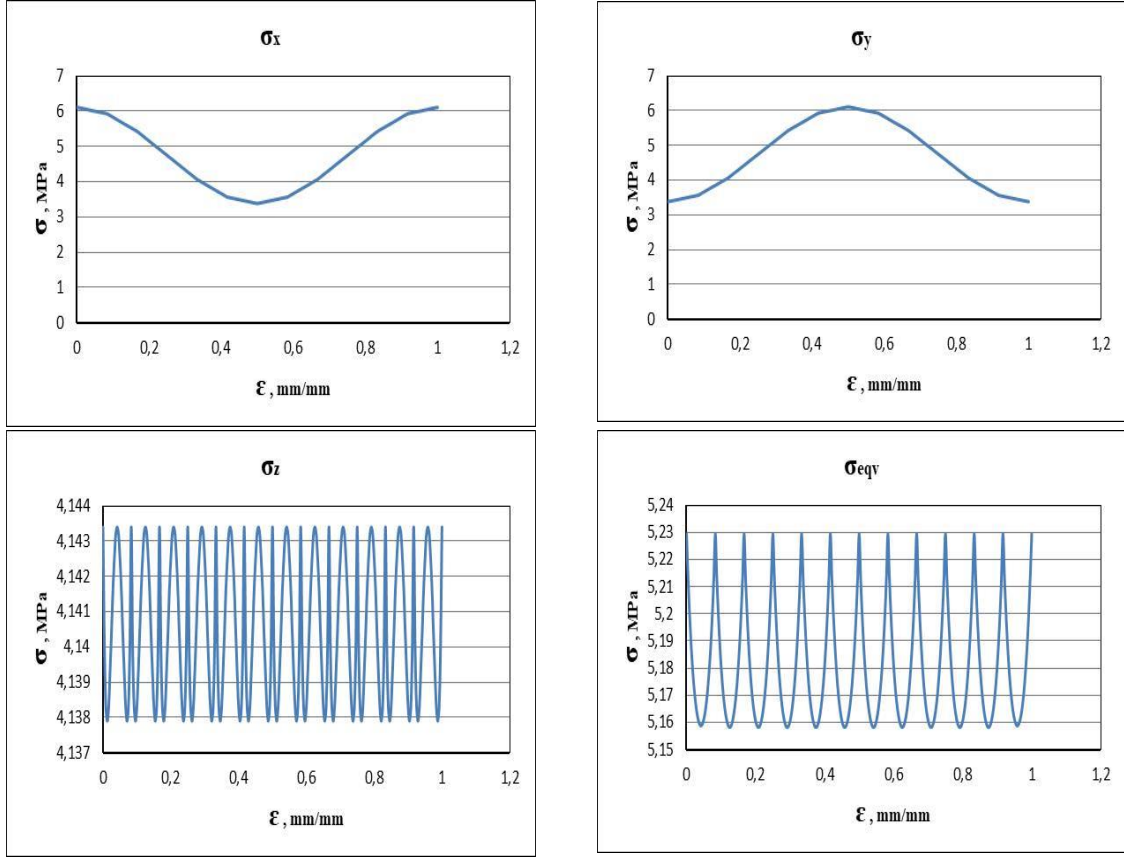


Şekil 4.144. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunedeki 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

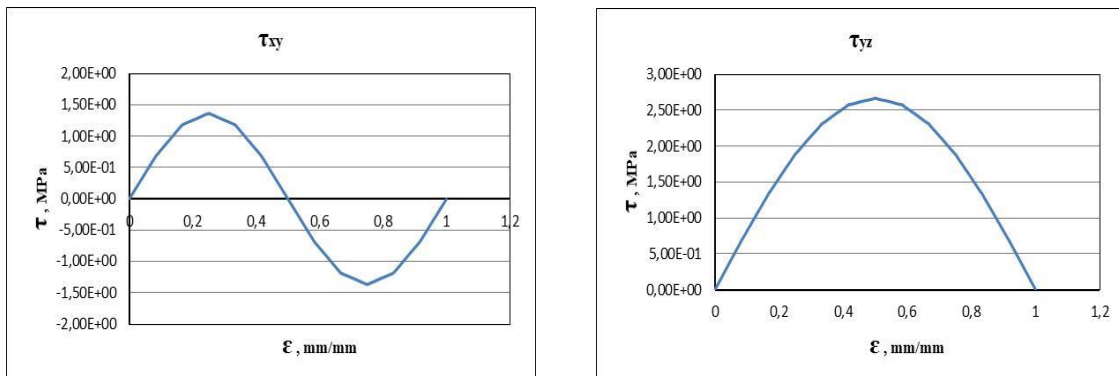


Şekil 4.145. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunedeki 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

2 nolu hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.146'da, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.147'de gösterilmiştir.

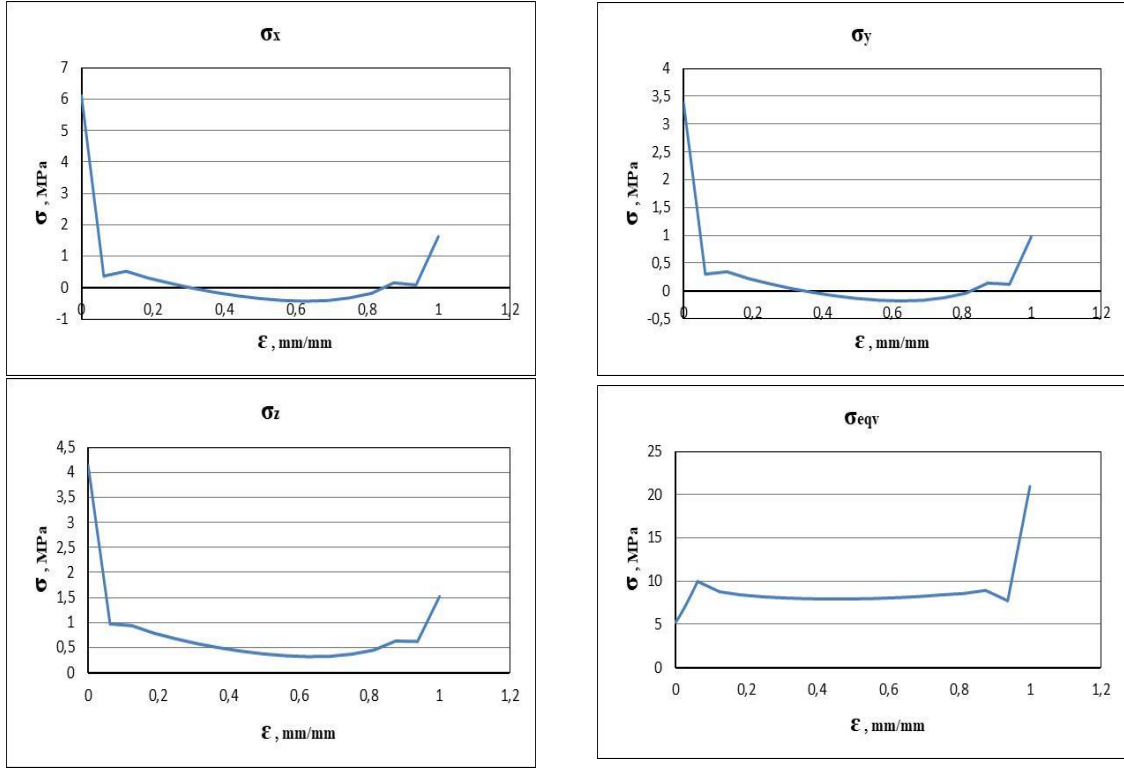


Şekil 4.146. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

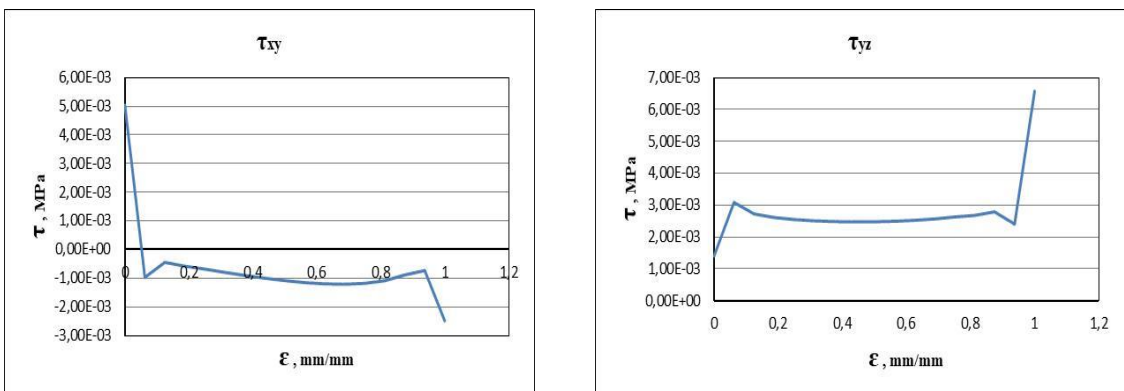


Şekil 4.147. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilmiş 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numune için Şekil 4.148 ve Şekil 4.149'da 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen çekme ve kayma gerilmeleri gösterilmiştir.

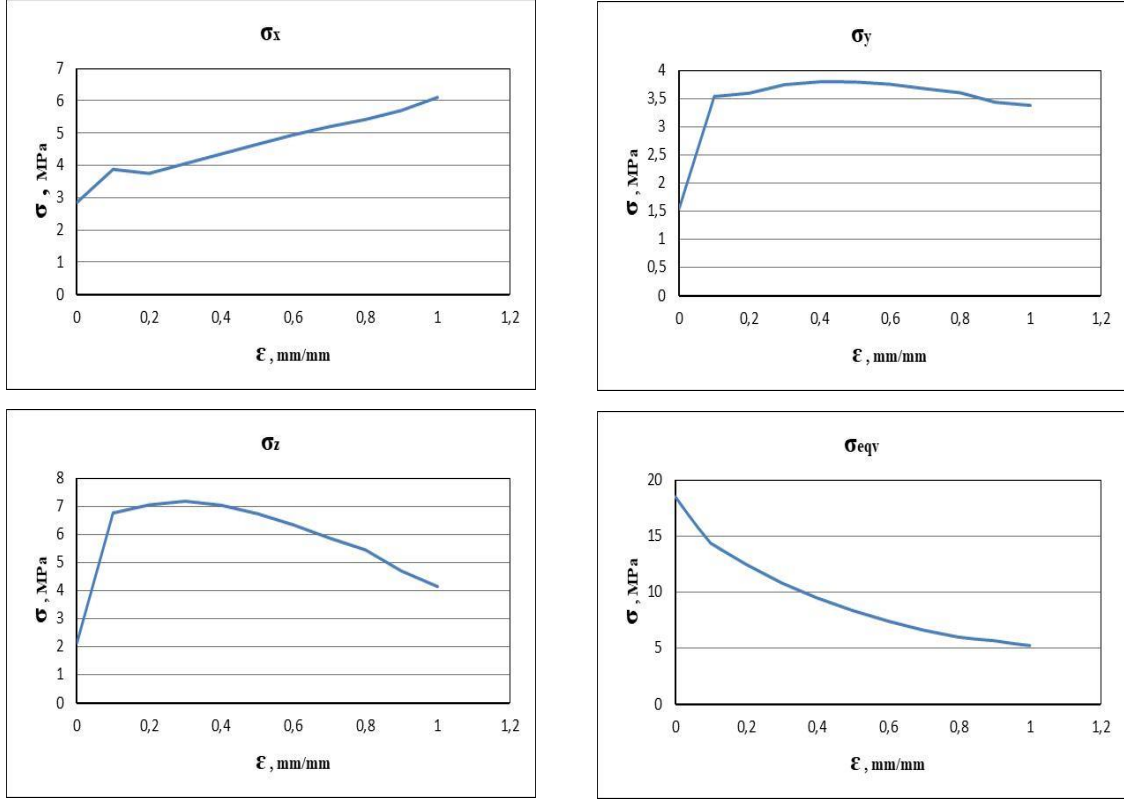


Şekil 4.148. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

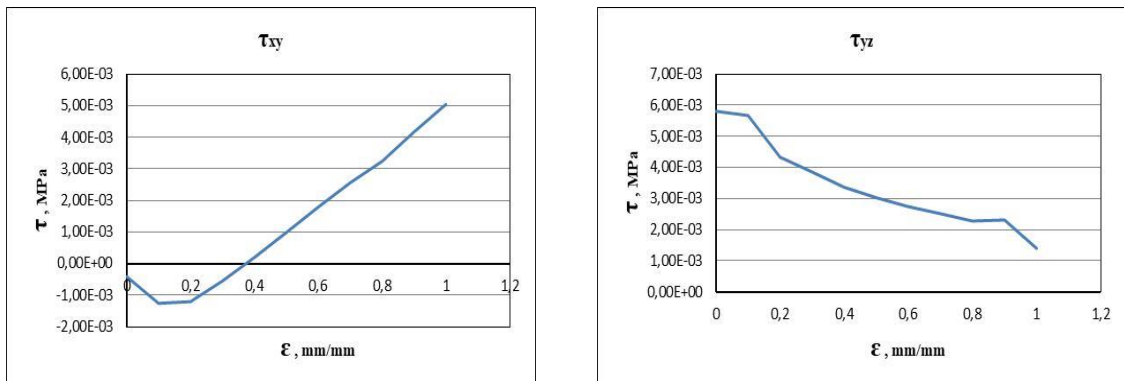


Şekil 4.149. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

Halka kesitli çubuklardan DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.150’de, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.151’de gösterilmiştir.

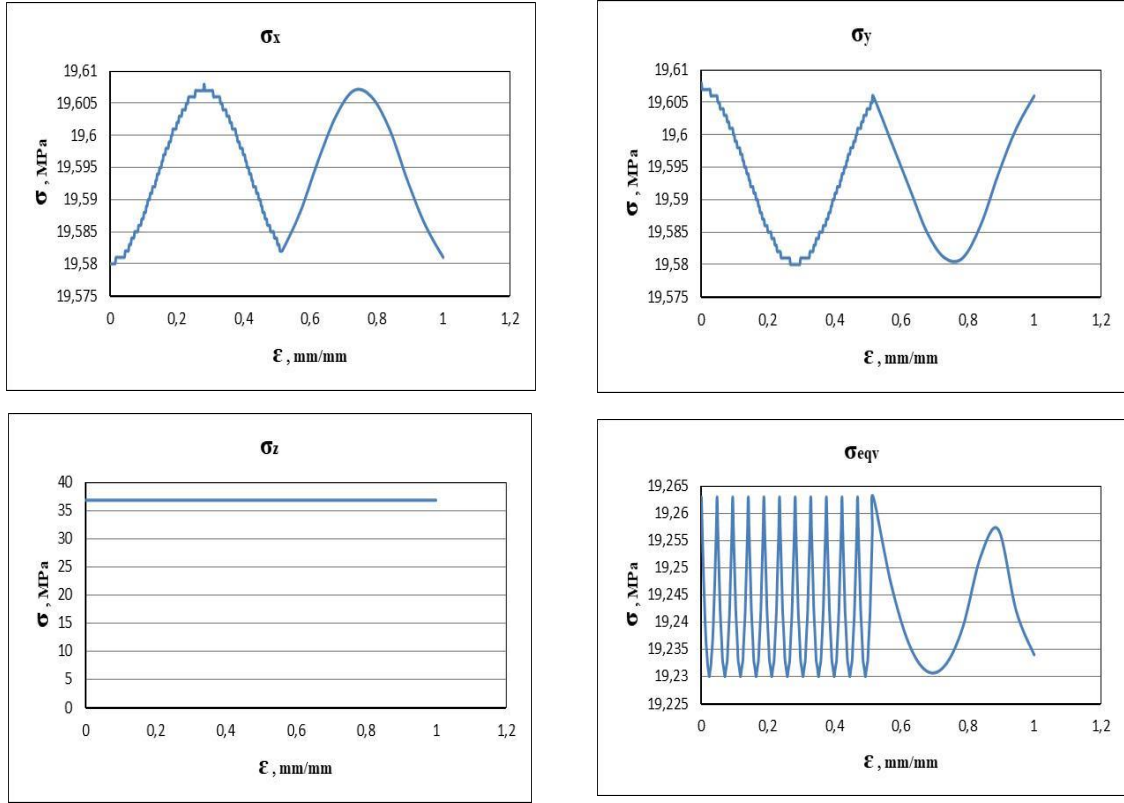


Şekil 4.150. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

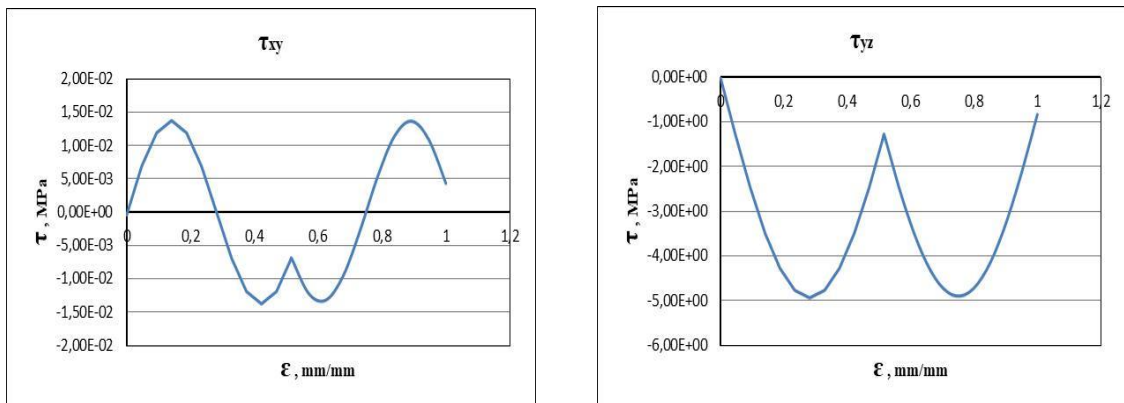


Şekil 4.151. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 ($\alpha:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numune için 5 nolu kritik hatta meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} , τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri ise Şekil 4.152 ve Şekil 4.153'te verilmiştir.



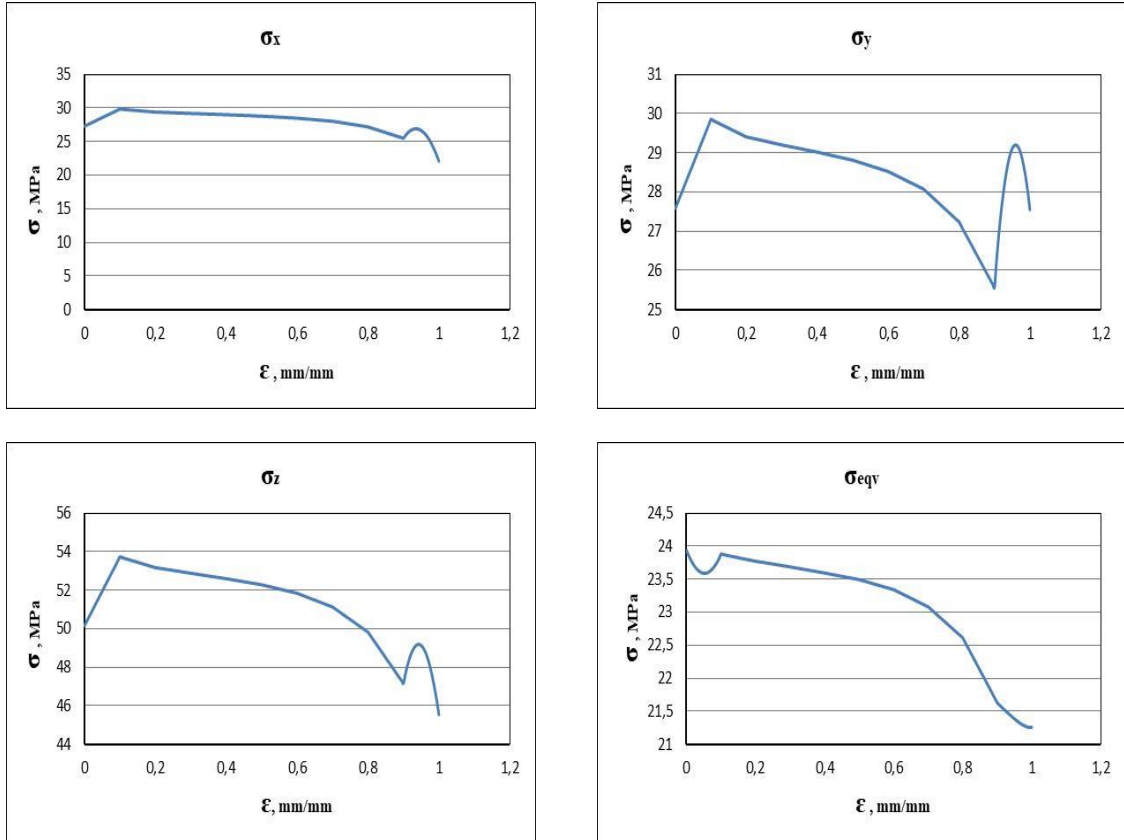
Şekil 4.152. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler



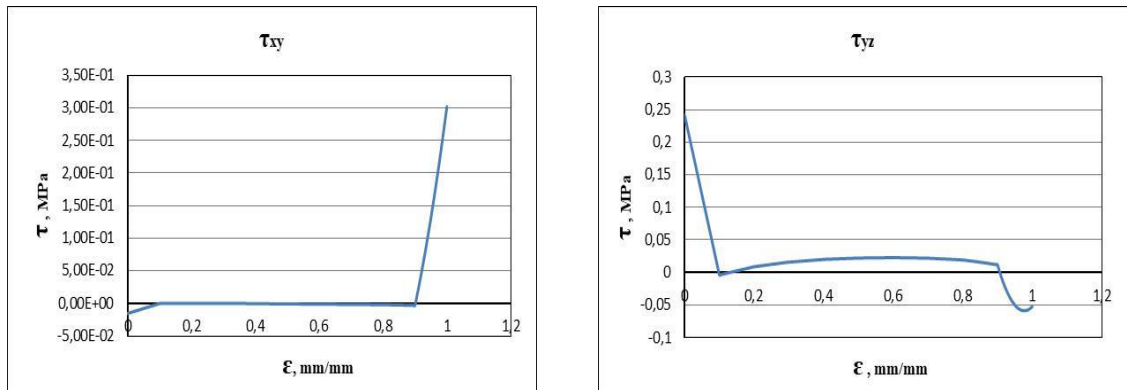
Şekil 4.153. DP 410 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 490' in nümerik sonuçları:

Halka kesitli çubukların birleştirilmesinde DP 490 yapıştırıcısı kullanarak yapıştırılan 31 ($a:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) ve 25 ($a:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunelerin nümerik analizleri neticesinde belirlenen kritik hatlar üzerinde oluşan gerilmelerin sonuçları elde edilmiştir. 1 nolu hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.154'te, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.155'te gösterilmiştir

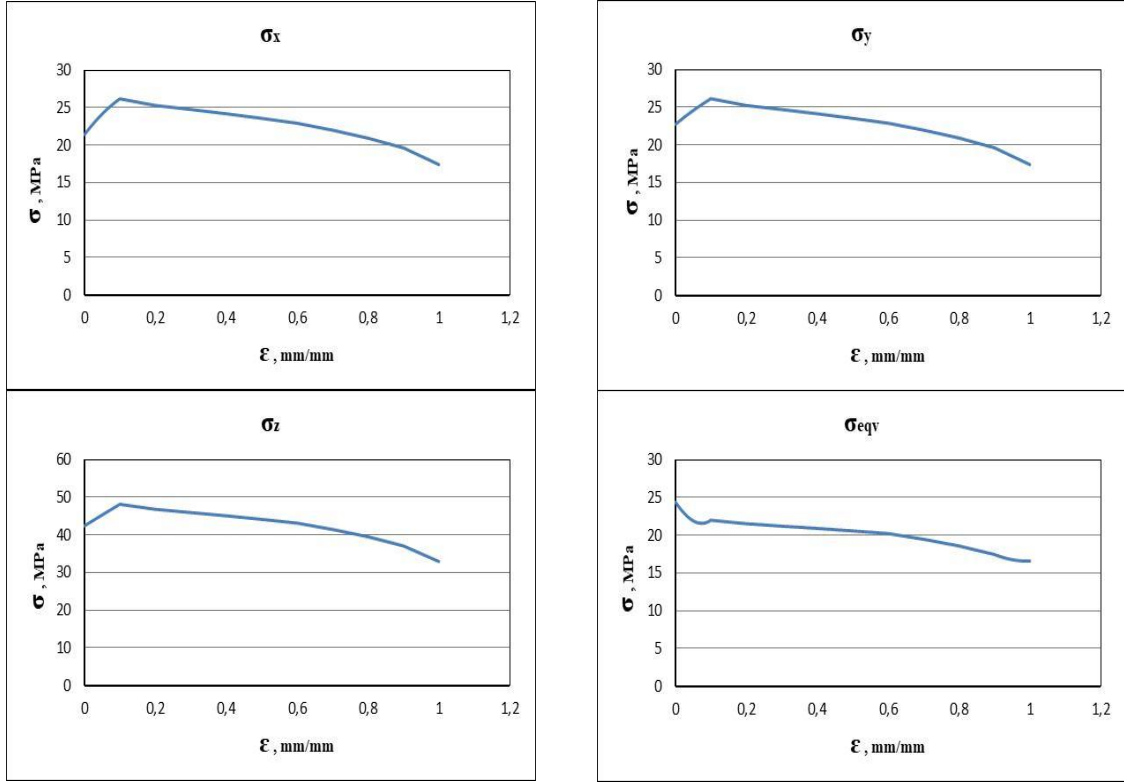


Şekil 4.154. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($a:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

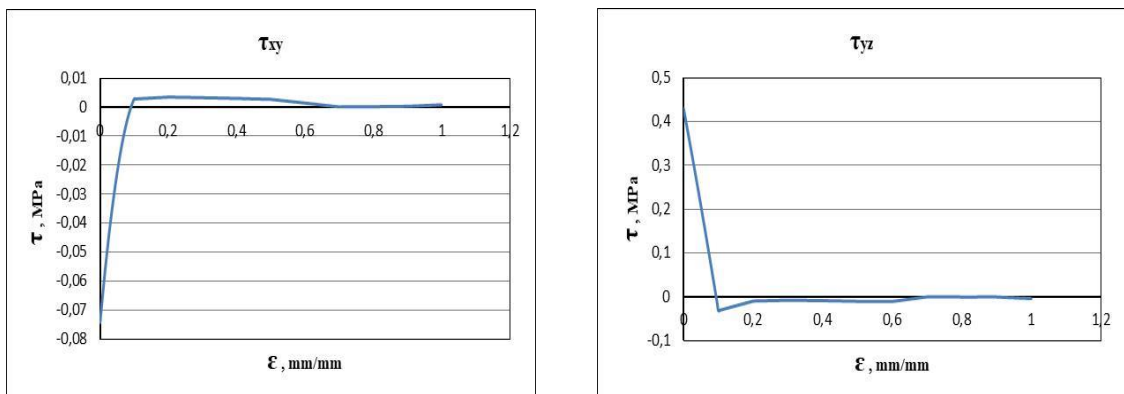


Şekil 4.155. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($a:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

Birleştirilmiş halka kesit çubuk numunelerden 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z ve σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.156'da, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.157'de verilmiştir.

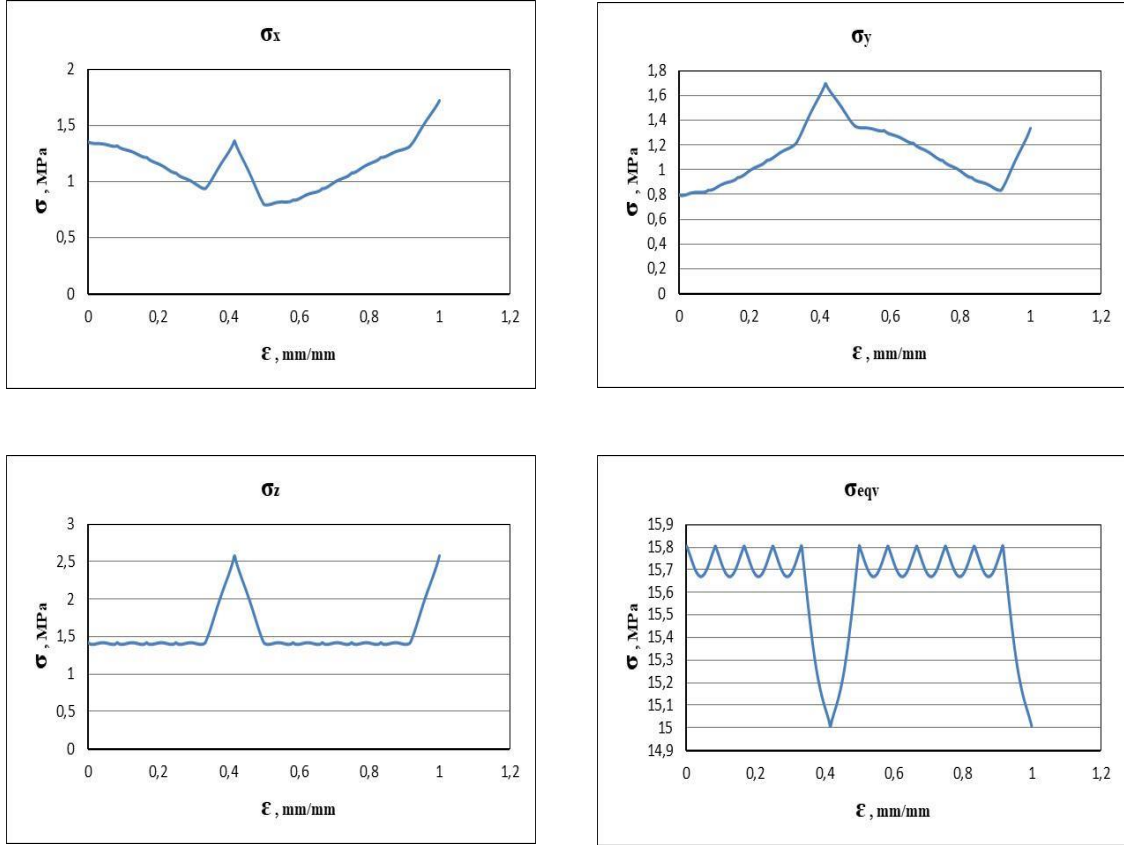


Şekil 4.156. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

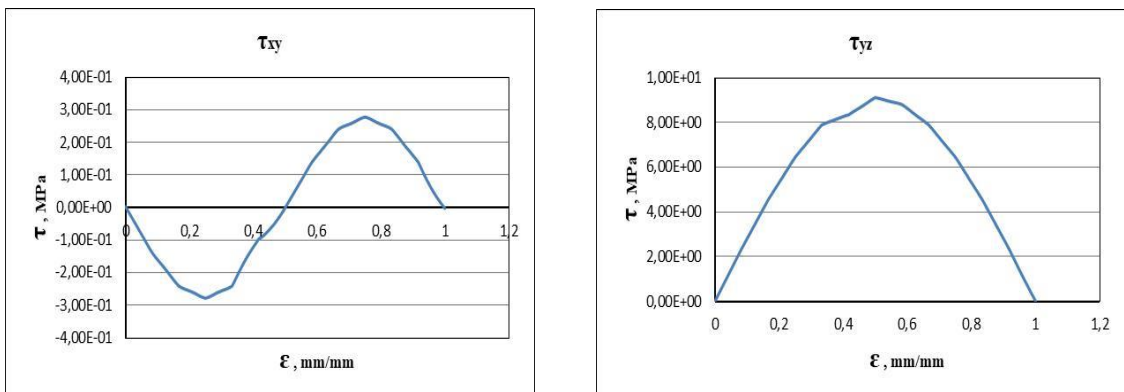


Şekil 4.157. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilmiş 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numune için Şekil 4.158 ve Şekil 4.159'da 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen çekme ve kayma gerilmeleri gösterilmiştir.

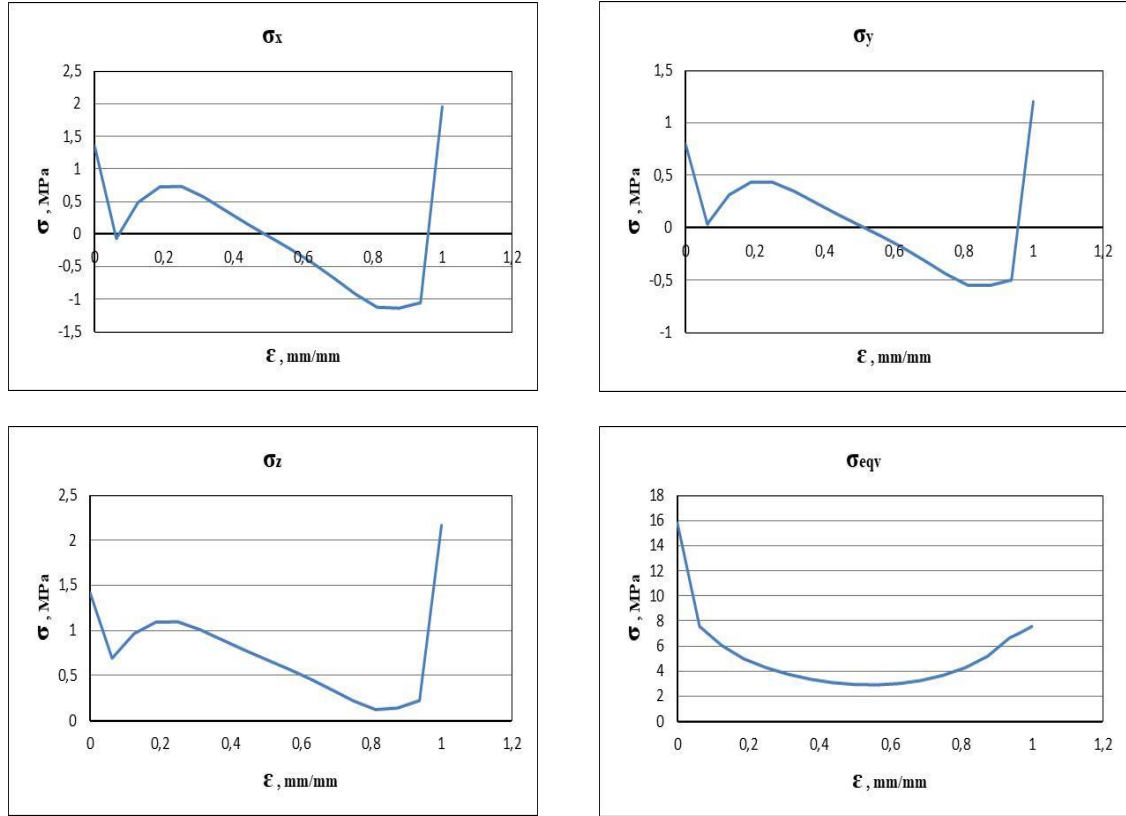


Şekil 4.158. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

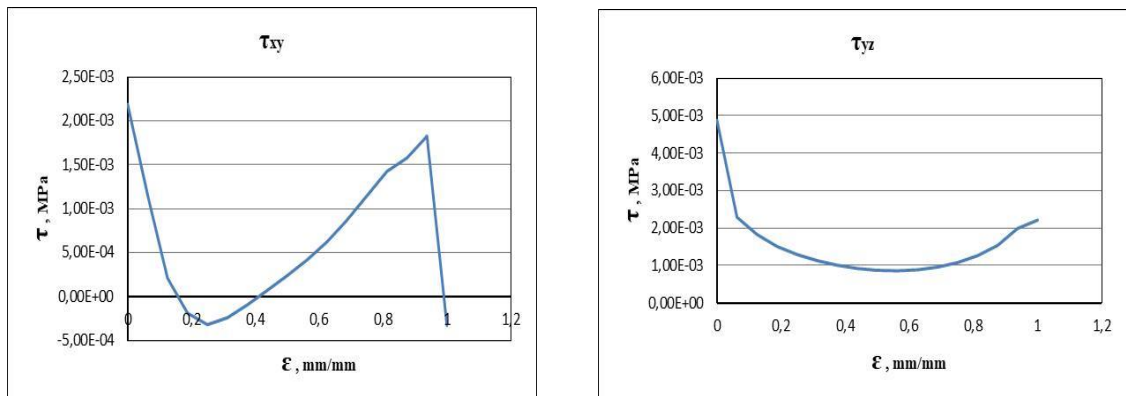


Şekil 4.159. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

Halka kesitli çubuklardan DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.160'ta, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.161'de gösterilmiştir.

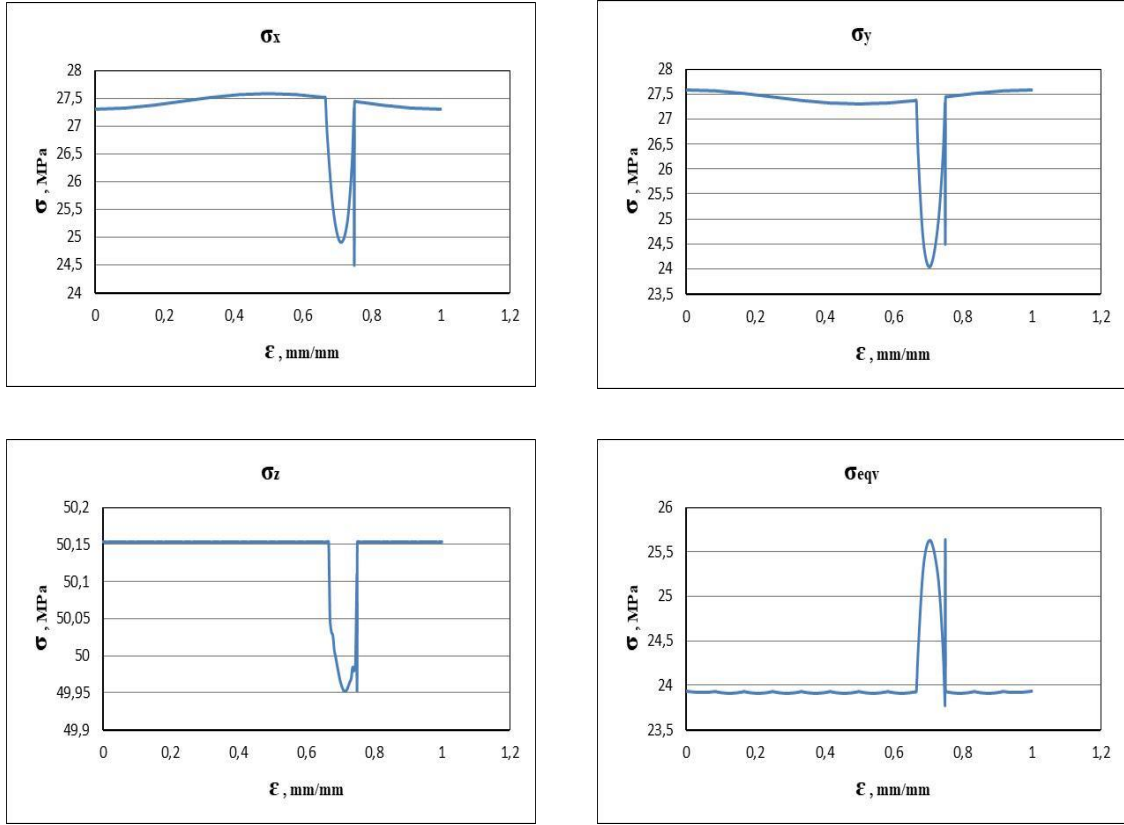


Şekil 4.160. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

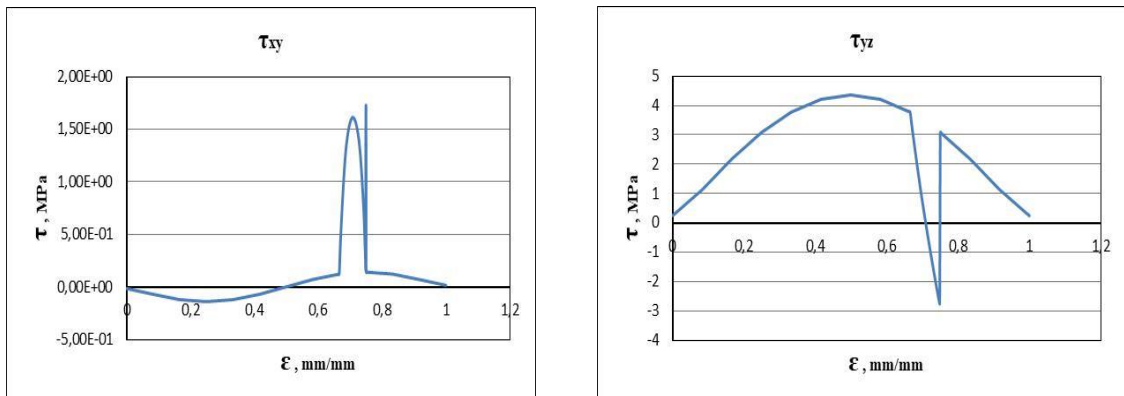


Şekil 4.161. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 490 yapıştırıcısıyla yapıştırılan 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunenin kritik hatlardan 5 nolu hattaki σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.162’de, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.163’te gösterilmiştir.

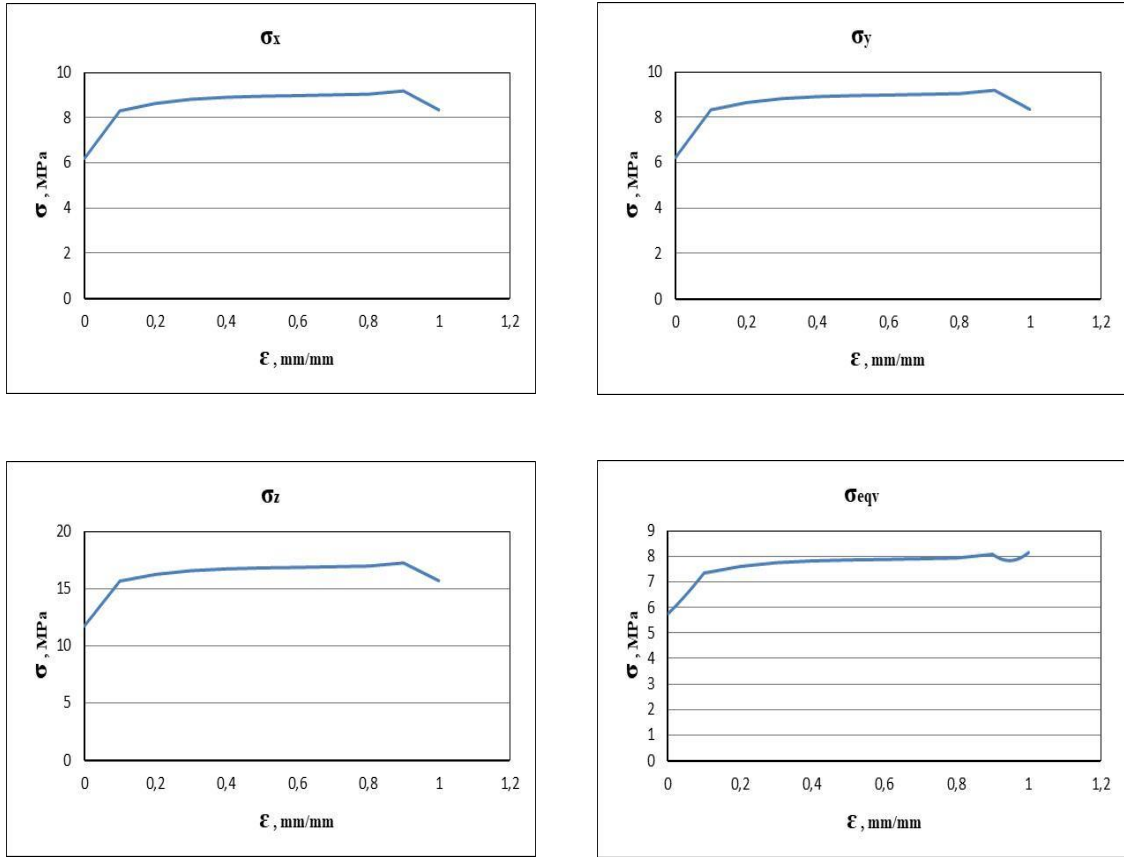


Şekil 4.162. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

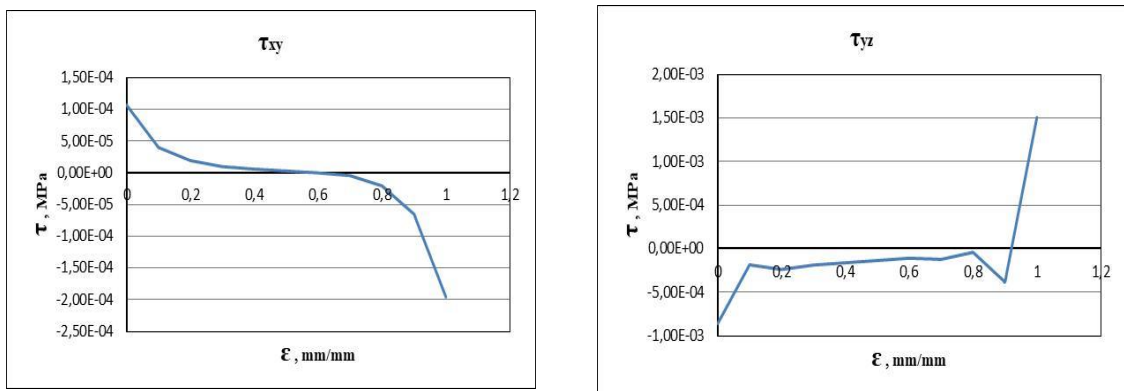


Şekil 4.163. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 31 ($\alpha:30^\circ$, $h:40\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 490 yapıştırıcısıyla yapıştırılan 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunenin nümerik analizleri neticesinde belirlenen kritik hatlardan 1 nolu hat üzerinde meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.164'te, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.165'te gösterilmiştir.

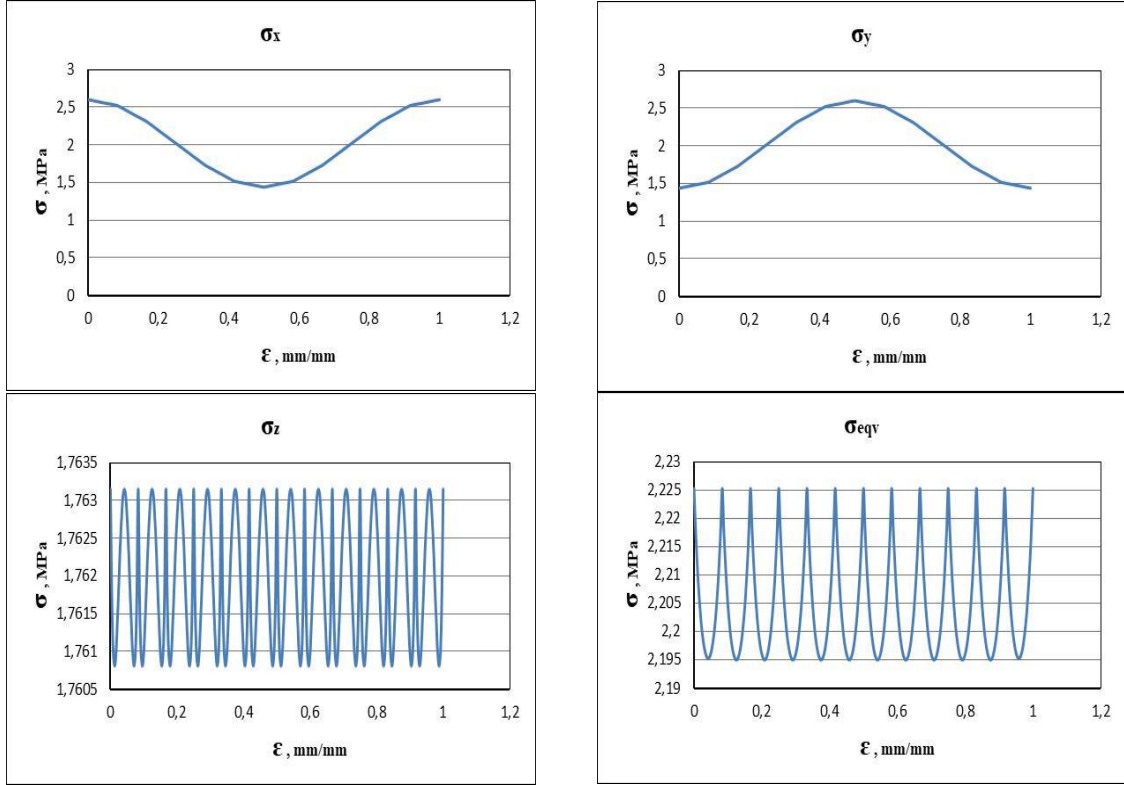


Şekil 4.164. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

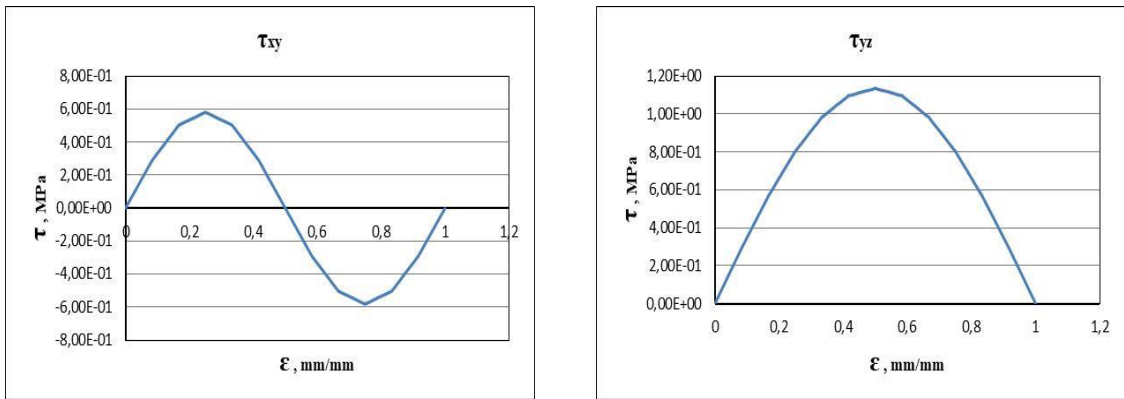


Şekil 4.165. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 1 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

25(a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunenin 2 nolu kritik hattında meydana gelen gerilmeler Şekil 4.166 ve Şekil 4.167’de verilmiştir.

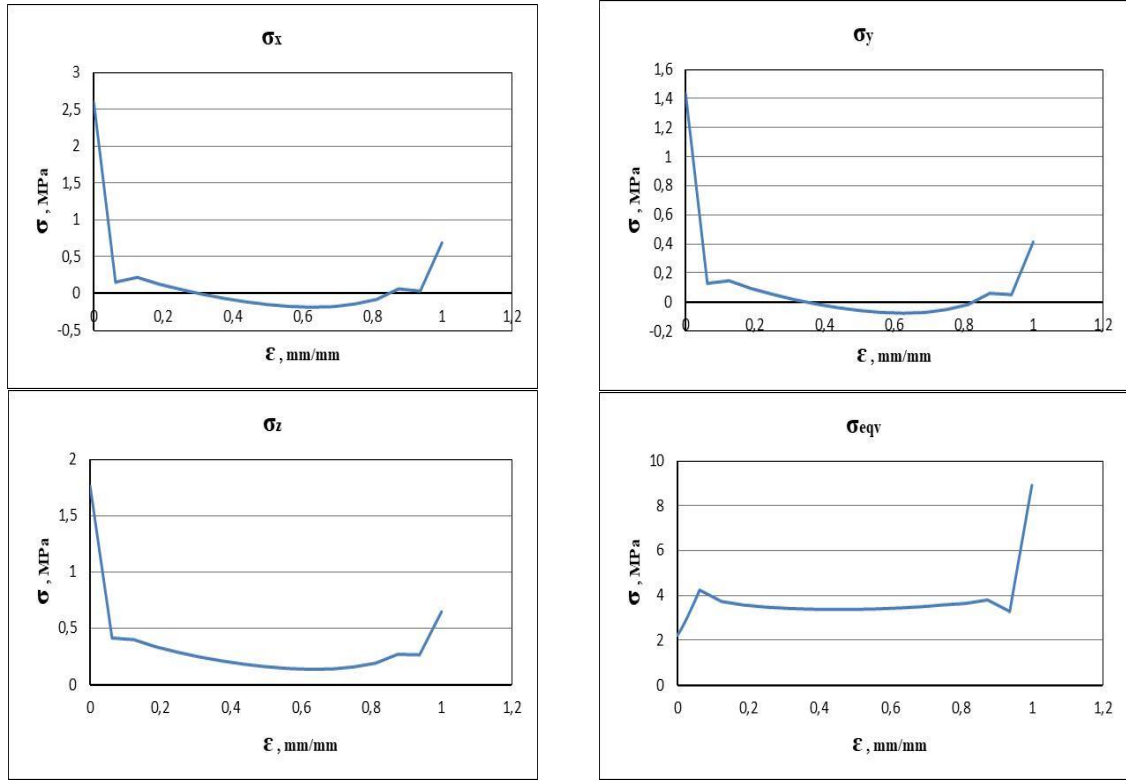


Şekil 4.166. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

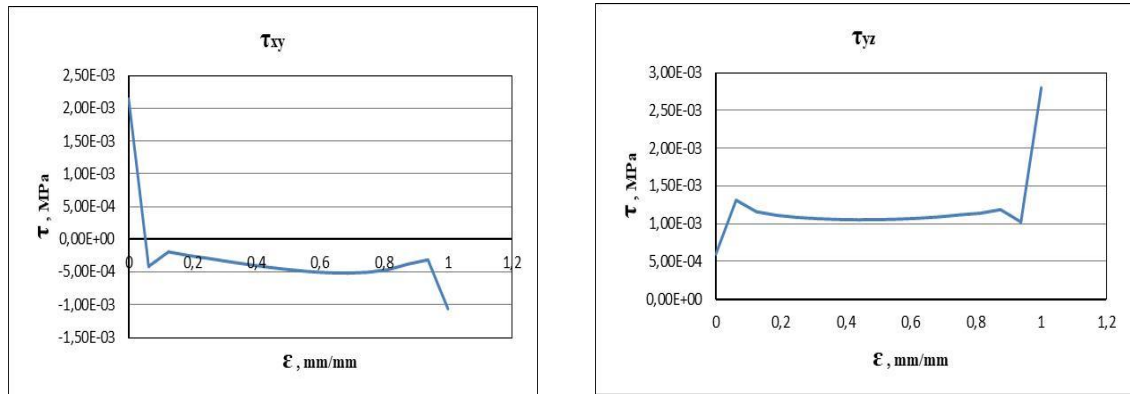


Şekil 4.167. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 2 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

3 nolu kritik hatta yapıştırıcı olarak DP 490 kullanılan 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numune için hat boyunca meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.168’de, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.169’da gösterilmiştir.

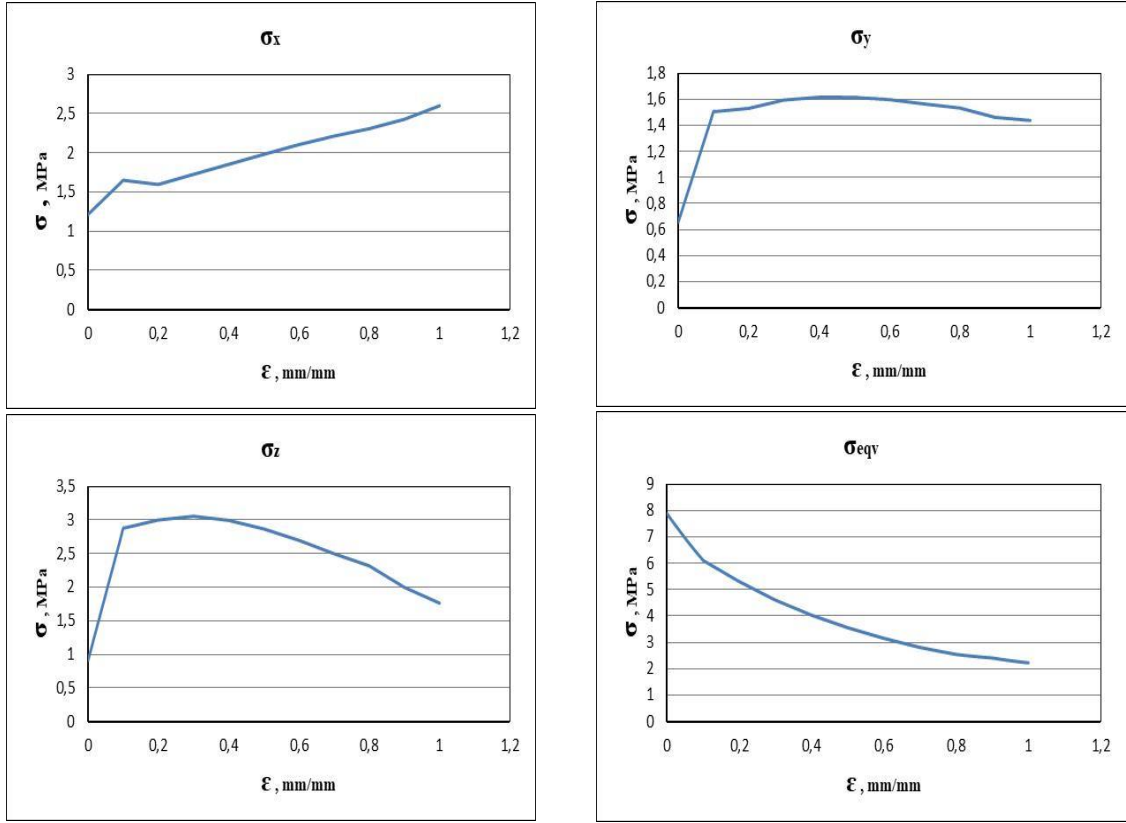


Şekil 4.168. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

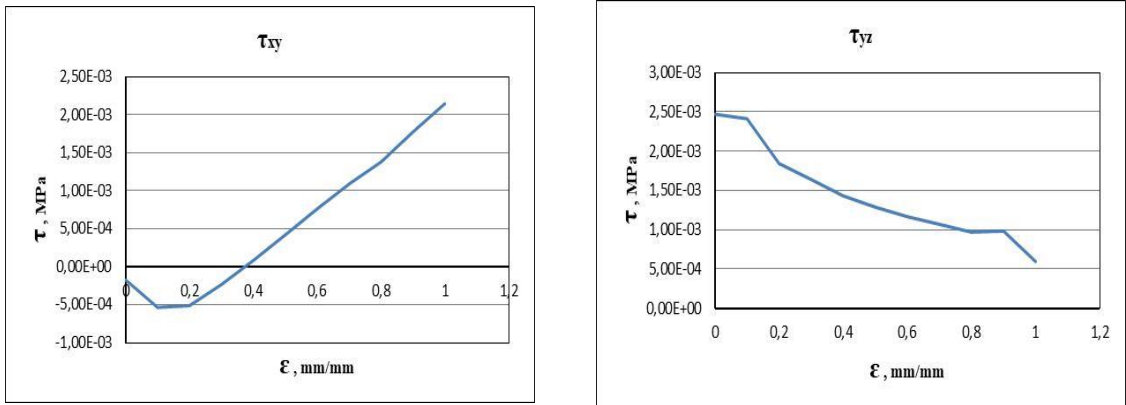


Şekil 4.169. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 3 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

4 nolu kritik hatta meydana gelen σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} gerilmeleri Şekil 4.170'te, τ_{xy} , τ_{yz} kayma gerilmeleri ise Şekil 4.171'de verilmiştir.

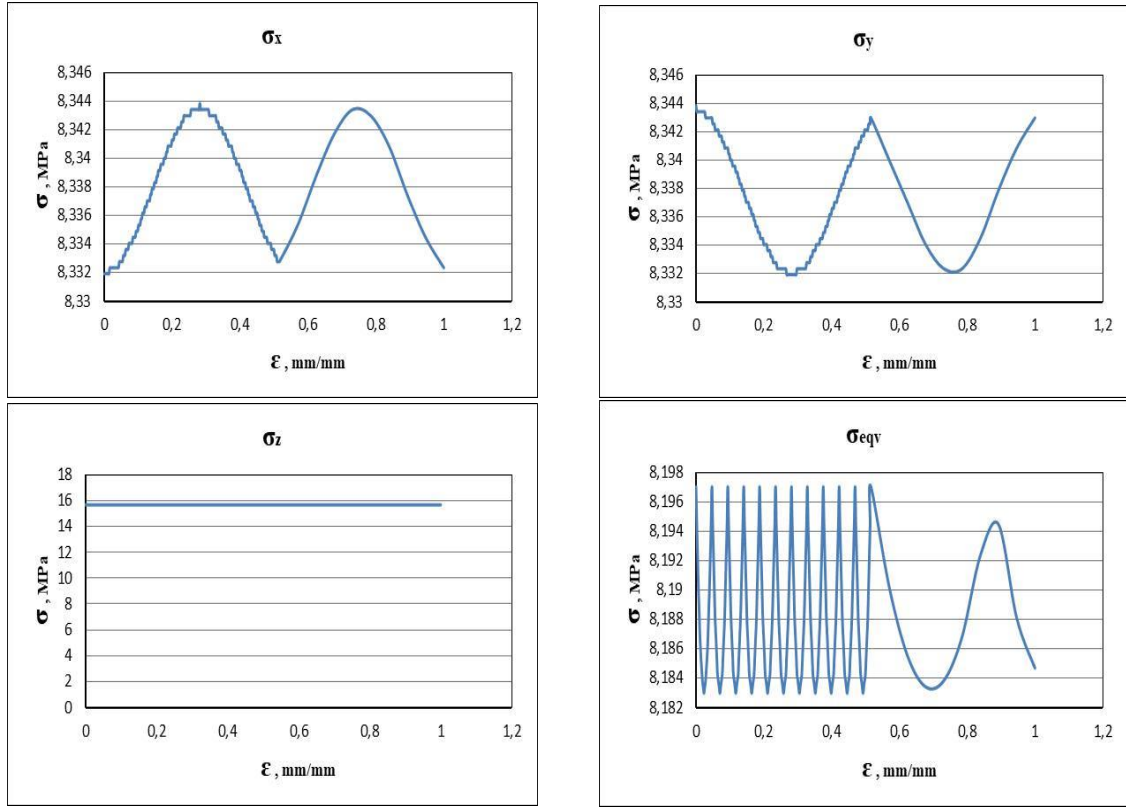


Şekil 4.170. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 ($a:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler

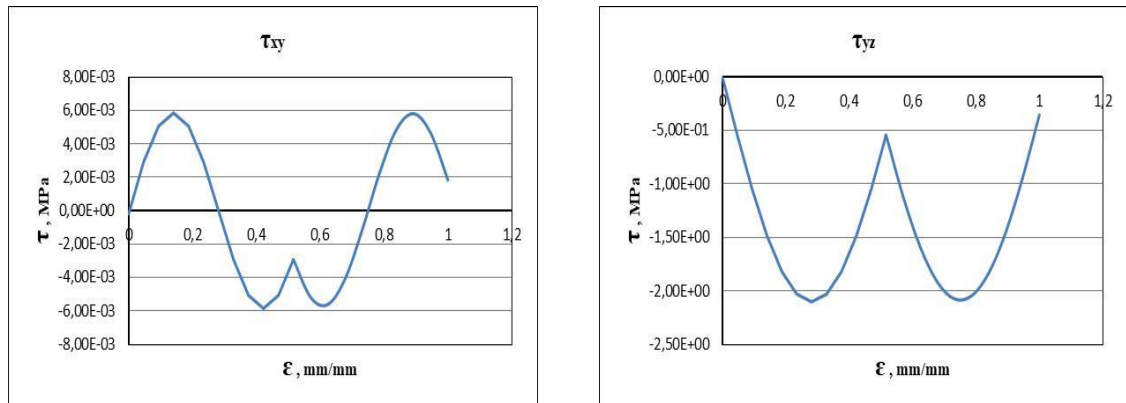


Şekil 4.171. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 ($a:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numunede 4 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilmiş 25 ($a:30^\circ$, $h:10\text{mm}$, $D:15\text{mm}$) nolu numune için Şekil 4.172 ve Şekil 4.173'te 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen çekme ve kayma gerilmeleri gösterilmiştir.



Şekil 4.172. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen gerilmeler



Şekil 4.173. DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilen 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) nolu numunede 5 nolu kritik hat üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri

DP 410 ve DP 490 yapıştırıcıları kullanılarak yapıştırılan halka kesitli çubuk numunelerin deneysel çalışmaları gerçekleştirildikten sonra nümerik olarak da analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar kıyaslanmış değerlendirilmiştir. Nümerik çalışmalarda 25 (a:30°, h:10mm, D:15mm) ve 31 (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numuneler referans alınmıştır. Nümerik analizler neticesinde DP 410 yapıştırıcısıyla yapıştırılmış numunelerden elde

edilen değerler DP 490 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelerden yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda h bindirme mesafesinin artışıyla gerilmelerde artış olmuştur bu durumun yüzey alanı artışıyla bağlantı mukavemetini arttırdığı düşünölmekte ve deneysel verileri destekler niteliktedir.

Elde edilen veriler ışığında deneysel ve nümerik çalışmalar arasında %12.68 oranında hata ile birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Bu durumda yapılan çalışmalarda deneysel ve nümerik çalışmalar sonuçlar açısından birbirini desteklemektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; halka kesitli çubukların birleştirilmesinde çevresel yapışma yüzeyinin bağlantı mukavemetine etkisi incelenmiştir. İki farklı özelliğe sahip yapıştırıcı kullanılarak farklı bindirme mesafesine, farklı bindirme açısına ve farklı bindirme iç açısına sahip malzemeler birleştirilmiştir. Elde edilen numuneler çekme ve burulma deneyine tabi tutulmuş aynı zamanda bu deneyler neticesinde bağlantıların hasar kuvvetleri tespit edilmiştir.

DP 410 yapıştırıcısı kullanılarak dört farklı (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) h bindirme mesafesinde, dört farklı (30°, 45°, 60°, 90°) a bindirme açısında ve iki farklı (15mm, 20mm) D bindirme iç çapında halka kesitli çubukların birleştirilmesi yapılmıştır. Yapılan birleştirmelerde DP 410 ile birleştirilmiş numuneler çekme yüküne maruz bırakılmıştır. Birleştirmelerin çekme kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde genel olarak h bindirme mesafesi arttıkça çekme yükünün arttığı, a açısı arttıkça çekme yükünün azaldığı ve D iç çapı arttıkça çekme yükünün arttığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiğinde, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S8₄₁₀ ve S25₄₁₀ nolu numuneler de sırasıyla 104226,6 N ve 35328,13 N olarak elde edilmiştir.

DP 410 yapıştırıcıyla yapıştırılan numunelerin burulma deneyleri de yapılmıştır. Burulma deneyleri sonuçları incelendiğinde ise maksimum burulma açısı T25₄₁₀ numunesinde 0,8334° ve minimum burulma açısı T8₄₁₀ numunede 0,1094° olarak gözlemlenmiştir. Bu durumun h bindirme mesafesinin ve D iç çapının artmasına paralel olarak yapışma yüzey alanının artmasına, a bindirme çapının artışıyla yüzey alanı azalmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

DP 410 yapıştırıcısı ile bindirmeli olarak alın altına birleştirilen halka kesitli çubuk numuneler, alın altına birleştirilmiş numunelere oranla gerek çekme deneylerinde gerekse burulma deneylerinde mekanik davranış olarak daha iyi sonuçlar vermiştir.

DP 490 yapıştırıcısı kullanılarak dört farklı (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) h bindirme mesafesinde, dört farklı (30°, 45°, 60°, 90°) a bindirme açısında ve iki farklı (15mm, 20mm) D bindirme iç çapında halka kesitli çubuklar birleştirilmiştir. Yapılan birleştirmelerde DP 490 ile birleştirilmiş numunelerin çekme deneyleri yapılmıştır. Belirlenen parametreler ışığında deneyleri yapılan numunelerin çekme davranışları incelendiğinde h bindirme mesafesi ve D iç çap artışıyla çekme kuvvetleri artarken, a bindirme çapının artışıyla çekme kuvvetinde azalma gözlemlenmiştir. Çekme deneyleri neticesinde maksimum çekme kuvveti S8₄₉₀ numunesinde 66183,59 N ve minimum çekme kuvveti S25₄₉₀ numunede 15054,69 N elde edilmiştir.

DP 490 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelerin burulma deneyleri neticesinde elde edilen burulma açıları incelenmiştir. Maksimum ve minimum burulma açıları sırasıyla T25₄₉₀ numunesinde 0,9401° ve T8₄₉₀ numunesinde 0,1559° gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde numunelerde yüzey alanlarında artış bağlantı mukavemetine olumlu yönde etki gösterdiği düşünülmektedir.

DP 490 yapıştırıcı ile yapıştırılmış numunelerden bindirmeli olarak alın alına birleştirilen numunelerin çekme ve burulma davranışları alın alına birleştirilmiş numunelere oranla daha üstün mekanik davranış göstermişlerdir.

İki farklı yapıştırıcıyla birleştirilen halka kesitli çubukların çekme deneyleri neticesinde kullanılan yapıştırıcıların bağlantı mukavemetine etkisi incelendiğinde; DP 410 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelerin DP 490 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelere göre çekme kuvveti değerleri daha yüksek çıkmıştır. Burulma davranışları açısından da DP 410 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelerin DP 490 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelere göre daha iyi davranış göstermiştir.

DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarıyla yapıştırılan halka kesit çubuk numunelerin bağlantı mukavemetlerine etkisi nümerik olarak incelenmiştir. DP 410 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelerin çekme gerilmeleri DP 490 yapıştırıcısıyla birleştirilmiş numunelerin çekme gerilmelerinden daha yüksek çıkmıştır. Her iki yapıştırıcıyla yapılan analizlerde yapışma yüzey alanları arttıkça bağlantı mukavemetleri de artmıştır. Halka kesitli çubukların alın alına birleştirilmesinde çevresel yapışma yüzeyinin bağlantı

mukavemetine etkisi deneysel ve nümerik olarak değerlendirilmiş ve nümerik sonuçlar ile deneysel sonuçlar birbirine yakınlık göstermiştir.

Bu çalışmada, yapıştırıcı ile birleştirilmiş çevresel yapışkan yüzeyli halka kesitli çubukların mekanik davranışları incelenmiştir. Alın alına birleştirmede bindirmeli yapıştırma işleminin normal alına alına birleştirmeye oranla daha olumlu etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu yönde yapılacak ileriki çalışmalara ışık tutmak için aşağıda belirtilen önerilerin dikkate alınmasının önemli olacağı düşünülmektedir.

- Numunelerin i basınç testleri yapılabilir,
- Farklı malzemeler ile çalışmalar yapılabilir,
- Halka kesitli çubuk malzemeler hibrit olarak birleştirilip test edilebilir,
- Farklı ap ve boy ile testleri yapılabilir,
- Yapıştırma yüzeyindeki prz miktarının bağlantı mukavemetine etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

Adams RD, Comyn J, Wake WC (1997) Structural adhesive joints in engineering. Chapman and Hall, London, p. 167

Adams RD, Peppiatt NA (1997) Stress analysis of adhesive bonded tubular lap joints. Journal Adhesion, Gordon and Breach Science Publishers Ltd. 9: 1-18

Adams RD, Wake WC (1984) Structural adhesive joint in engineering. Elsevier Science Publisher, London, p. 309

Adin H (2007) Yapıştırıcı ile birleştirilmiş ters z tipi kompozit malzeme bağlantılarının mekanik analizi. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Fırat Üniversitesi, Elazığ, s. 16-53

Aimmanee S, Hongpimolmas P (2017) Stress analysis of adhesive-bonded tubular-coupler joints with optimum variable-stiffness composite adherend under torsion. Composite Structures 164: 76-89

Albiez M, Vallee T, Fricke H, Ummenhofer T (2019) Adhesively bonded steel tubes-part I: experimental investigations. International Journal of Adhesion and Adhesives 90: 199-210

Apalak MK (1998) Yapıştırıcı ile Metalleri Birleştirme Tekniği, Makine Bülteni 7 (11): 29-31

Aydın S (2012) Yapıştırıcı ile birleştirilmiş prizmatik geçmeli bağlantıların mekanik analizleri. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Fırat Üniversitesi, Elazığ, s. 11-56

Bert CW, Kim CD (1995) Analysis buckling hollow laminated composite drive shafts. Composite Science Technology 53: 343-51

Bozacı A, Koşif İ, Çolak ÖÜ (1995) Makine Elemanlarının Projelendirilmesi. Seç Yayın Dağıtım, İstanbul, s. 1-416

Çalık A (2008) Yapıştırıcılar ve köşeleri yuvarlatılmış basamaklı bindirme yapıştırıcı bağlantılarda gerilme analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, s. 5-22

Can H (2016) T-bağlantılarda (T-Joint) yapıştırıcı ve malzemenin çekme dayanımına etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine ve Uçak Mühendisliği Anabilim Dalı, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Ankara, s. 1-34

Carpenter MW (1999) Characterizing the chemistry of yellow-poplar surfaces exposed to different surface energy environments using DCA, DSC and XPS. Master Thesis, College of Agriculture, Forestry and Consumer Sciences, Department of Wood Science, Morgantown, West Virginia University, West Virginia, p. 1-182

Cerit AM (1994) Makine Mühendisliği El Kitabı-Üretim ve Tasarım Cilt 2. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın no:170, Ankara, s. 2-32

Chen D (1992) Torsional stress in tubular lap joints. *J. Solids Structures* 29(7): 845-853

Cheng J, Wu X, Li G, Taheri F, Su-Seng P (2006) Development of a smart composite pipe joint integrated with piezoelectric layers under tensile loading. *International Journal of Solids and Structures* 43: 5370–5385

CIBA-GEIGY (1993) Ciba Composites: Redux Bonding Technology. Duxford-Chambridge Pub. No: RGU 201A

Çitil S, Ayaz Y, Temiz S, Aydın MD (2017) Mechanical behaviour of adhesively repaired pipes subject to internal pressure. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 75: 88-95

Croccolo D, Agostinis DM, Vincenzi N (2010) Static and dynamic strength evaluation of interference fit and adhesively. *International journal of adhesion and adhesives* 30: 359-366

Croccolo D, Agostinis DM, Vincenzi N (2012) Design of hybrid steel-composite interference fitted and adhesively bonded connections. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 37: 19–25

Das RR, Baishya N (2016) Failure analysis of bonded composite pipe joints subjected to internal pressure and axial loading. *Procedia Engineering* p. 1047-1054

Das RR, Pradhan B (2010) Adhesion failure analyses of bonded tubular single lap joints in laminated fibre reinforced plastic composites. *International journal of adhesion and adhesives* 30: 425-438

Dayangaç B (2000) Kompozit Rezin Restorasyonlar. Güneş Kitabevi Ltd.Şti., Ankara, s. 21-38

Ebnesejjad S (2011) Handbook of Adhesives and Surface Preparation, Technology, Applications and Manufacturing p. 6

Esmaeel RA, Taheri F (2011) Influence of adhered's delamination on the response of single lap and socket tubular adhesively bonded joints subjected to torsion. Composite Structures 93: 1765-1774

Etitum P, Dong SB (1995) A comparative study of stability of laminated anisotropic cylinders under axial compression and torsion. Int.J.Solids Structures 32(8-9): 1231-1246

Gediktaş M (1972) Yapıştırma Bağlantıları. Mühendis ve Makine 20(229): 27-33

Gül A (2013) Yapıştırma bağlantılı kompozit boruların burkulma analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, s. 7-20

Han J, Yuan H, Wu J (2015) Interfacial behavior of pipe joints under torsion loads. Acta Mechanica Solida Sinica 28(5): 521-535

Hosseinzadeh R, Taheri F (2009) Non-linear investigation of overlap length effect on torsional capacity of tubular adhesively bonded joints. Composite Structures 91: 186–195

<http://transmisyoncelikleri.blogspot.com> (erişim tarihi: 25.12.2019)

Hur SH, Son HJ, Kweon JH, Choi JH (2008) Postbuckling of composite cylinders under external hydrostatic pressure. Composite Structures 86(1): 114-124

Huysmans G, Verpoest I, De Roeck G (1998) Structural analysis of GRP pipe couplers by using a fracture mechanical approach. Composites Part B 29: 477-487

Imanaka M, Nakayama H, Morikawa K, Nakamura M (1995) Evaluation of fatigue life of adhesively bonded CFRP pipe/steel rod joints. Composite Structures 31: 235-241

İşcan B (2007) Yapıştırıcı malzeme ile birleştirilmiş z tipi bağlantıların mekanik analizi. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Fırat Üniversitesi, Elazığ, s. 15-69

Jeroen Van W, Jan De P, Patrick De B, Wim De W, Magd AW, Guido De R (2010) Experimental determination of the fatigue life of modified threaded pipe couplings. Procedia Engineering 2: 1849-1858

Kayacan R (1988) Yapıştırma ve metal bağlantılar için yapıştırıcı kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul, s. 240

Kim HS, Kim BC, Lim TS, Lee DG (2004) Foreign objects impact damage characteristics of aluminum/composite hybrid drive shaft. *Composite Structures* 66(14): 377-89

Knox EM, Cowling MJ, Hashim SA (2000) Creep analysis of adhesively bonded connections in GRE pipes including the effect of defects. *Composites Part A* 31: 583–590

Knox EM, Cowling MJ, Hashim SA (2000) Fatigue performance of adhesively bonded connections in GRE pipes. *International Journal of Fatigue* 22: 513–519

Knox EM, Lafferty S, Cowling MJ, Hashim SA (2001) Design guidance and structural integrity of bonded connections in GRE pipes. *Composites Part A* 32: 231–241

Kwon JW, Lee DG (2000) The effects of surface roughness and bond thickness on the fatigue life of adhesively bonded tubular single lap joints. *J. Adhesion Science Technology* 14: 1085–1102.

Labbe S, Drouetn JM (2012) A multi-objective optimization procedure for bonded tubular-lap joints subjected to axial loading. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 33: 26–35

Li H, Zhang X, Qi D, Cai X, Ding N, Wei B, Qi G (2015) Failure analysis of the adhesive metal joint bonded on anticorrosion plastic alloy composite pipe. *Engineering Failure Analysis* 47: 49-45

Liu J, Qin M, Zhao Q, Chen, Liu P, Gao J (2017) Fatigue performances of the cracked aluminum-alloy pipe repaired with a shaped CFRP patch. *Thin-Walled Structures* 111: 155-164

Loctite Worldwide Design Handbook (1988)

Mertiny P, Ursinus K (2007) A methodology for assessing fatigue degradation of joined fibre-reinforced polymer composite tubes. *Polymer Testing* 26: 751–760

Morrissey MA, Johnson WR (1985) *Douglas Aircraft Company Design Handbook. Adhesive and Cements*, California, p. 10

Nemes O, Lachaud F (2010) Double-lap adhesive bonded-joints assemblies modeling. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 30: 288–297

Oh JH (2007) Strength prediction of tubular composite adhesive joints under torsion. *Composites Science and Technology* 67: 1340-1347

Oh JH (2008) Torque capacity of tubular adhesive joints with different composite adherends. *materials letters* 62: 1234-1237

Öner GA (2009) İnce cidarlı kompozit tüplerde burulma burkulması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, s. 53-128

Ouyang Z, Li G (2009) Cohesive zone model based analytical solutions for adhesively bonded pipe joints under torsional loading. *International Journal of Solids and Structures*, 46: 1205–1217

Özenç M (2007) Yapıştırma bağlantılarının darbe yükleri altındaki davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, s. 11-41

Parashar A, Mertiny P (2011) Impact of scaling on fracture strength of adhesively bonded fibre-reinforced polymer piping. *Procedia Engineering* 10: 455-459

Peck JA, Randy AJ, Su-Seng P, Li G, Smith BH (2007) UV-cured FRP joint thickness effect on coupled composite pipes. *Composite Structures* 80: 290–297

Rende H (1996) Makine Elemanları Cilt 1, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul, s. 29-31

Rohem NRF, Pacheco LJ, Budhe S, Banea MD, Sampaio EM, De Barros S (2016) Development and qualification of a new polymeric matrix laminated composite for pipe repair. *Composite Structures* 152: 737-745

Sekercioglu T (2007) Strength based reliability of adhesively bonded tubular lap joints. *Materials and Design* 28: 1914-1918

Şekercioglu T, Özenç M (2012) Metallerin yapıştırılmasında yüzey hazırlama yöntemlerinin incelenmesi. *TMMOB MMO Mühendis ve Makine Dergisi* 53 (627): 43-50

Şekercioglu T, Rende H, Gülsöz A, Meran C (2003) The effects of surface roughness on the strength of adhesively bonded cylindrical components. *Journal of Materials Processing Technology* 142: 82–86

Shahid M, Hashim SA (2002) Effect of surface roughness on the strength of cleavage joints. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 22: 235–244

Shi YP, Cheng (1993) Analysis of adhesive-bonded cylindrical lap joints subjected to the axial load. *J.Engineering Mechanics* 119(3): 584-602

Shokrieh MM, Hasani A, Lessad LB (2004) Shear buckling of composite drive shaft under torsion. *Composite Structures* 64: 63-69

Sika Teknoloji Klavuzu (2008)

Sivri C (2005) Anizotrop kompozit silindirlerin stabilite analizinde denge denklemlerinin açılımlarının incelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, s. 20-160

Solmaz MY (2008) Yapıştırıcı ile birleştirilmiş bağlantıların mekanik analiz ve tasarımları. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Fırat Üniversitesi, Elazığ, s. 16-77

Spaggiari A, Dragoni E (2014) Regularization of torsional stresses in tubular lap bonded joints by means of functionally graded adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 53: 23-28

Sülü Yİ (2012) İç basınca maruz tabakalı kompozit boruların farklı birleştirme yöntemleri ile yapıştırılması ve gerilme analizi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İnönü Üniversitesi, Malatya, s. 19-167

Tafresi A, Bailey CG (2007) Instability of imperfect composite cylindrical shells under combined loading. *Composite structures* 80: 49-64

Taib AA, Boukhili R, Achion S, Boukehili A (2006) Bonded joints with coposite adherends. Part II. Finite element analysis of joggle lap joints. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 26: 237- 248

Taş B (2016) Yapıştırıcı ile birleştirilmiş konik geçmeli bağlantıların burulma momenti altındaki performansları. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Fırat Üniversitesi, Elazığ, s. 81-83

Temiz S (2003) Yapıştırma bağlantılarının mekanik özellikleri üzerine çevresel faktörlerin incelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, s. 90-110

Turgut A, Gür M, Arslan N (1995) Birleştirmelerde kullanılan yapıştırıcı malzemelerin polimerleştirme sıcaklığının ve süresinin çekme mukavemeti ve elastisite modülüne etkilerinin araştırılması. İTÜ Uluslararası Havacılık ve İleri Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, s. 393-402

Turgut A, Sancaktar E (1991) The effects of cure and loading conditions on fiber matrix adhesion. *The Adhesion Society* 41: 24-26

Turgut A, Sancaktar E (1992) Viscoelastic and processing effects on the fiber matrix interphase strength. *Journal of Adhesion* 38: 111-129

Vaziri A, Nayeb-Hashemi H (2002) Dynamic response of tubular joints with an annular void subjected to a harmonic axial load. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 22: 367-373

Walinder M (2000) Wetting Phenomena on Wood - Factors Influencing Measurements of Wood Wettability, Ph. D. Thesis, KTH-Royal Institute of Technology, Dept. Of Manufacturing Systems, Wood Technology and Processing, SE-IOO 44, Stocholm, p. 1-25

Xu W, Li G (2010) Finite difference three-dimensional solution of stresses in adhesively bonded composite tubular joint subjected to torsion. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 30: 191–199

Yang C, Huang H, Guan Z (2002) Stress Model of Composite Pipe Joints under Bending. *Journal of Composite Materials* 36(11): 1331-1348

Yazıcı YT (2007) Tübüler yapıştırıcı bağlantılarda gerilme analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, s. 37-53

Yıldırım H (2016) Değişik yüklemelere maruz kompozit millerin mekanik davranışlarının analizi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Fırat Üniversitesi, Elazığ, s. 113-115

Zou GP, Taheri F (2006) Stress analysis of adhesively bonded sandwich pipe joints subjected to torsional loading. *International Journal of Solids and Structures* 43: 5953–5968

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu. 2015 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansını tamamladı. 2013 yılı Nisan ayında Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve 2014 yılı Aralık ayından itibaren Bingöl Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.