



INVESTIGATION OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF RING SECTIONED TRANSMISSION STEELS COMBINED WITH DIFFERENT ADHESIVES

Anıl İmak*¹, Aydın Turgut¹

¹Bingöl University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Mechanical Engineering, Turkey

Abstract

Original scientific paper

The aim of this study is to investigate the effect of the environmental adhesion surface on the bond strength of the ring-sectioned transmission steel bars on the butt. Male and female molds were produced in order to make the joints of the shafts. With two different adhesives (DP 410, DP 490), four different overlap distances (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) and two different overlap angles (30°, 90°) rods are combined with the adhesive. Mechanical behavior of peripheral bonding surface of which is adhered with an overlap butt sample was assayed according to the determined parameters. Tensile and torsion experiments of ring cross-section rods combined with adhesive were performed. The graphs of the experimental data obtained were prepared and compared. DP 410 affixed with adhesive ring sectioned rod showed the better performance of the rods, prepared by the DP 490 adhesive.

Keywords: Torsion, Stress analysis, Ring section bar, Adhesive

FARKLI YAPIŞTIRICILARLA BİRLEŞTİRİLEN HALKA KESİTLİ TRANSMİSYON ÇELİKLERİNİN MEKANİK DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Özet

Orijinal Bilimsel Makale

Bu çalışmanın amacı halka kesitli transmisyon çeliği çubukların alın altına bindirmeli olarak yapıştırılmasında çevresel yapışma yüzeyinin bağlantı mukavemetine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Millerin alın altına birleştirmelerinin yapılabilmesi için erkek ve dişi kalıp olarak üretimleri yapılmıştır. İki farklı (DP410, DP490) yapıştırıcı ile dört farklı bindirme mesafesi (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) ve iki farklı bindirme açısı (30°, 90°) çubuklar yapıştırıcı ile birleştirilmiştir. Belirlenen parametreler doğrultusunda alın altına 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 değerlendirilerek kıyaslanmıştır. DP410 yapıştırıcıyla yapıştırılmış halka kesitli çubuklar DP 490 yapıştırıcıyla hazırlanmış olan çubuklara göre daha iyi performans göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Burulma, gerilme analizi, Halka kesitli çubuk, Yapıştırıcı

1 Giriş

Otomotiv endüstrisinde kullanılan güç iletim sistemlerinin en önemli elemanlarından biri olan miller (şaft), çalışma yapısı bakımından genellikle eğilme ve burulmaya maruz kalmaktadırlar. Günümüz endüstrisinde kompozit, plastik ve metal malzemelerin birleştirmelerinde kaynak, perçin lehim ve yapıştırıcı ile bağlantı yöntemleri kullanılmaktadır. Yapıştırıcı ile bağlantı oluşturma, yaygın bir kullanım alanı olan ve gün geçtikçe hızlı bir şekilde kullanımında artış gösterilen bir yöntemdir [1-2]. Yapıştırma yöntemi kullanılarak yapılan birleştirmenin, kaynak yöntemine göre yüksek sıcaklık ve lehimlemede gerekli olan metal malzeme ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır [3]. 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

yüklenme 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 bu boruda büyük hasar boyutları oluşturabilmektedir [4-5].

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 [6-9].

* Corresponding author.

E-mail address: aimak@bingolu.edu.tr (A.İmak) | ORCID Number : 0000-0001-6091-1584

Received 11 February 2020; Received in revised form 7 March 2020; Accepted 9 March 2020

2587-1943 | © 2020 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.687503>

Jeroen ve ark., yaptıkları çalışmada standart API hat borusu kuplajının yorulma davranışını deneysel olarak incelemişlerdir [10]. Kaplin geometrisinin yorulma ömrüne etkisini, 4 nokta eğilme yorulma testiyle incelemişlerdir. Elde ettikleri verileri deneysel ve sayısal olarak değerlendirmişlerdir. Vaziri ve ark., çalışmalarında harmonik bir eksenel yüke maruz kalan yapışkan olarak bağlanmış tübüler eklemlerin dinamik tepkilerini belirlemişlerdir [11]. Borulu eklem geometrilerinin, malzeme özelliklerinin ve yapışkan özelliklerinin sistemin dinamik tepkisi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Das ve ark., yaptıkları çalışmada iç basınca maruz tabakalı FRP kompozit borular ile yapıştırılmış soket bağlantılarının üç boyutlu gerilme analizini yapmışlardır [12]. Li ve ark. çalışmalarında korozyon önleyici plastik alaşımlı kompozit boruya yapıştırılmış yapışkan metal parçasının gerilme analizini incelemişlerdir [13]. Rohem ve ark. 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 [14]. Liu ve ark., 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 taşlama 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 [15].

Yapılan literatür [1-15] incelemelerinde halka kesitli parçaların yapıştırıcı ile birleştirilmeleri neredeyse hiç çalışılmadığı görülmüştür. Bu sebeple bu çalışmada farklı özelliklere sahip iki tür yapıştırıcı ile birbirine geçmeli olarak birleştirilen halka kesitli transmisyon millerinin mekanik ve burulma davranışları araştırılmıştır.

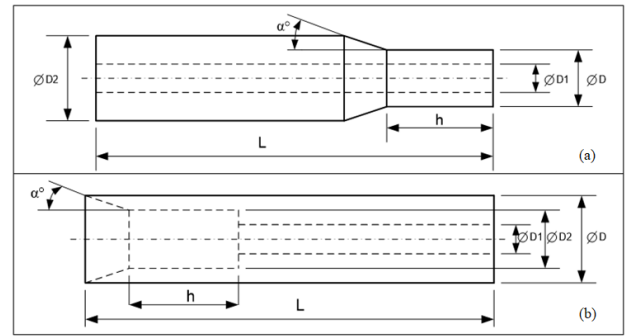
2 Material ve yöntem

Deney çalışmalarında, 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 ve DP410 ile DP490 yapıştırıcılar kullanıldı. Yapıştırıcılara ait özellikler ise Tablo 1 de verilmiştir. Birleştirme öncesi çubuklar torna tezgâhında Şekil 1' de verildiği gibi birbiri içine geçmeli olacak şekilde hazırlandı. Birleştirme işlemleri, Şekil 2' de gösterildiği gibi ve Tablo 2' de ki parametreler kullanılarak yapılmıştır. 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. Birbiri içine geçmeli olarak

üretilecek numuneler daha sonra DP410 ve DP490 yapıştırıcılarıyla birleştirilip burulma analizleri de yapılmıştır. Bu analizler Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda JINAN NDW-200 marka ve maksimum çalışma torku 170 N.m olan burulma cihazında gerçekleştirilmiştir

Tablo 1. DP 410 ve DP 490 yapıştırıcılarının özellikleri.

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



Şekil 1. Halka kesitli çubuk numunelerin parametreleri (a) erkek numune, (b) dişi numune



Şekil 2. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş numune

Tablo 2. Çalışmada kullanılan numunelerin parametreleri

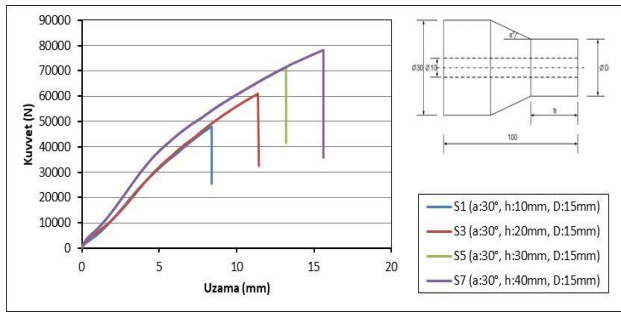
Numune No:	D (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	L (mm)	h (mm)	α° (derece)
1	30	10	15	100	10	30
2	30	10	20	100	10	30
3	30	10	15	100	20	30
4	30	10	20	100	20	30
5	30	10	15	100	30	30
6	30	10	20	100	30	30
7	30	10	15	100	40	30
8	30	10	20	100	40	30
9	30	10	15	100	10	90
10	30	10	20	100	10	90
11	30	10	15	100	20	90
12	30	10	20	100	20	90
13	30	10	15	100	30	90
14	30	10	20	100	30	90
15	30	10	15	100	40	90
16	30	10	20	100	40	90

Çalışmada kullanılan numunelerin çekme deneylerinde S harfi, burulma deneylerinde ise T harfi kullanılmıştır. Ayrıca DP410 ve DP490 yapıştırıcıları ise alt indis olarak belirtilmiştir. Örneğin, çekme deneyinde 1 nolu numunenin DP410 ile yapıştırılması durumunda S1₄₁₀ şeklinde, burulma için ise T1₄₁₀ olarak belirtilmiştir.

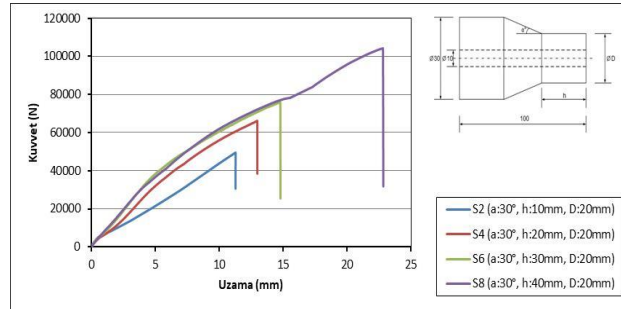
3 Sonuçlar ve tartışma

3.1 DP410 ile Birleştirilen Numunelerde 'h' Bindirme Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

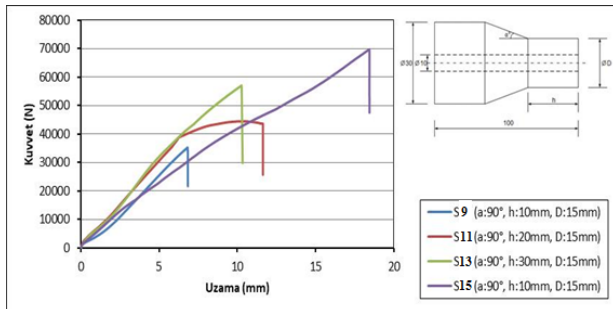
Yapıştırma işleminde DP410 kullanılan ve aynı bindirme çapı ile iç çapına sahip numunelerde 'h' değişiminin etkisine bakılmıştır. Dört farklı bindirme mesafesinin kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler Şekil 3, 4, 5 ve 6'da sırasıyla verilmiştir.



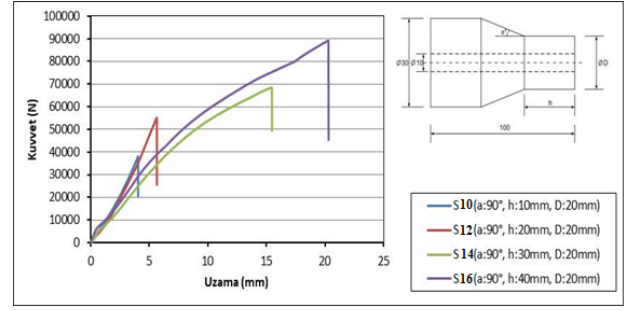
Şekil 3. DP410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1₄₁₀(a:30°, h:10mm, D:15mm), S3₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S5₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S7₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



Şekil 4. DP410 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 5. DP 410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), S11₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), S13₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S15₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



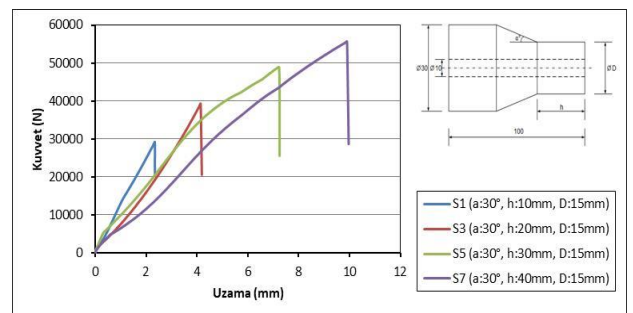
Şekil 6. DP410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S10₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), S12₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), S14₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve S16₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi

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 artıkça çekme yükünün arttığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiği, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S8₄₁₀ ve S9₄₁₀ 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.

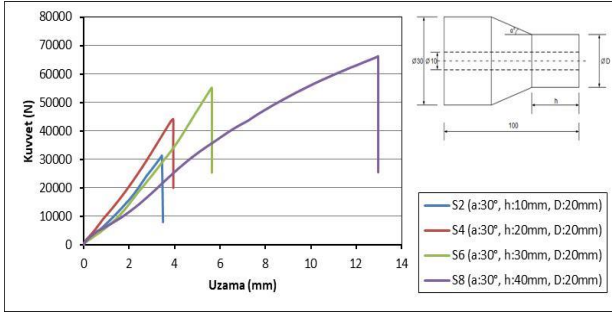
3.2 DP490 ile Birleştirilen Numunelerde 'h' Bindirme Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

Yapıştırma işleminde DP490 kullanılan ve aynı bindirme çapı ile iç çapına sahip numunelerde 'h' değişiminin etkisine bakılmıştır. Dört farklı bindirme mesafesinin kıyaslanmasıyla oluşturulan Şekil 7, 8, 9 ve 10'da sırasıyla verilmiştir.

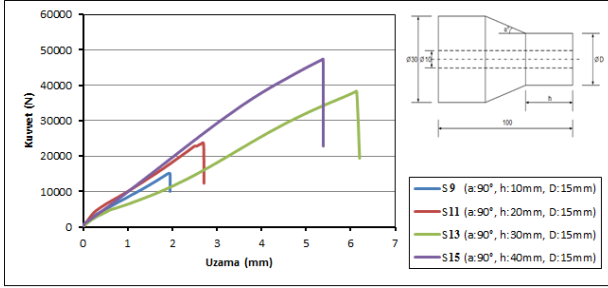
DP490 yapıştırıcısı kullanılarak dört farklı (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) h bindirme mesafelerinde halka kesitli çubukların birleştirilmesi yapılmıştır. Yapılan birleştirmelerde h bindirme mesafesinin bağlantı mukavemetine etkisini incelemek için DP490 ile birleştirilmiş numuneler çekme yüküne maruz bırakılmıştır. Birleştirmelerin çekme kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde genel olarak h bindirme mesafesi artıkça çekme yükünün arttığı görülmüştür.



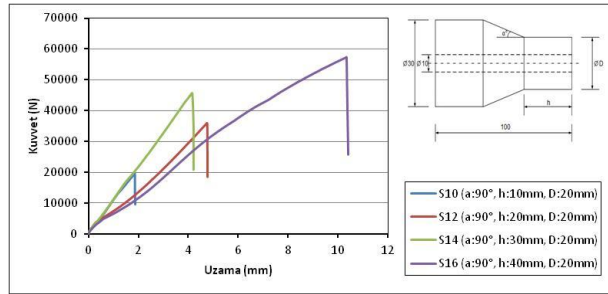
Şekil 7. DP 490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S1₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), S3₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), S5₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve S7₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



Şekil 8. DP490 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 9. DP490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S9₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), S11₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), S13₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve S15₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi



Şekil 10. DP490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen S10₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), S12₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), S14₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve S16₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin çekme kuvvetine etkisi

Çekme kuvvet değerleri incelendiği, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20 mm) ve S9₄₉₀ (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.

3.3 DP410 ile Birleştirilen Numunelerde 'a' Bindirme Açısının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

DP 410 kullanılarak birleştirilen halka kesitli çubuklarda parametrelerden a açısının etkisi incelenmiştir. İki farklı bindirme açısının kıyaslandığında; DP410 yapıştırıcısı ile iki farklı bindirme açısı (30°, 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 arttıkça çekme yükünün azaldığı

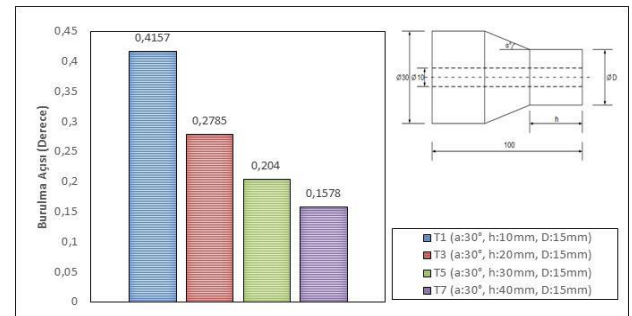
görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri incelendiği, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20 mm) ve S9₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15 mm) numunelerin de sırasıyla 104226,6 N ve 35328,13 N olarak elde edilmiştir. Genel olarak a bindirme açısının artmasına bağlı olarak yapışma yüzey alanının azalmasına ve çekme kuvvetinin azalmasına neden olduğu görülmektedir.

3.4 DP490 ile Birleştirilen Numunelerde 'a' Bindirme Açısının Çekme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

DP490 kullanılarak birleştirilen halka kesitli çubuklarda parametrelerden a açısının etkisi incelendiğinde; DP490 yapıştırıcısı ile iki farklı bindirme açısı (30° ve 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 arttıkça çekme yükünün azaldığı görülmüştür. Çekme kuvvet değerleri S8₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:20 mm) ve S9₄₉₀ (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.

3.5 DP410 ile Birleştirilen Numunelerde 'h' Bindirme Mesafesinin Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi

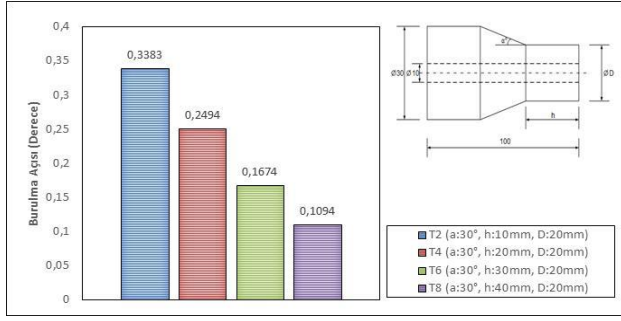
JİNAN NDW-200 marka ve maksimum çalışma torku 170 N.m olan burulma cihazında yapılan burulma deneylerinde numuneler deneyler sonucunda hasara uğramamıştır. Bunun için burulma torkunu 70 N.m seçerek bu torka denk gelen burulma açılarını numuneler arasında değerlendirilmiştir. DP410 kullanılarak birleştirilen halka kesitli çubuklarda h bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi incelenmiştir. Dört farklı bindirme mesafesinin (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler Şekil 11, 12, 13 ve 14'te gösterilmiştir.



Şekil 11. DP410 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

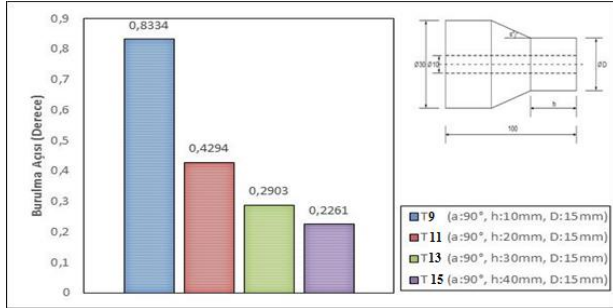
DP410 yapıştırıcısı kullanılarak dört farklı (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) h bindirme mesafelerinde halka kesitli çubukların birleştirilmesi yapılmıştır. Yapılan birleştirmelerde h bindirme mesafesinin burulma açısına

etkisini incelemek için DP410 ile birleştirilmiş numuneler burulmaya maruz bırakılmıştır.

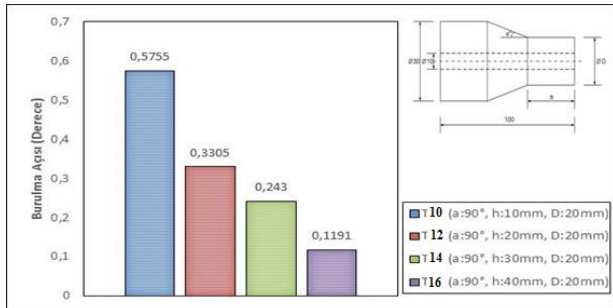


Şekil 12. DP410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T2₄₁₀ (a:30°, h:10mm, D:20mm), T4₄₁₀ (a:30°, h:20mm, D:20mm), T6₄₁₀ (a:30°, h:30mm, D:20mm) ve T8₄₁₀ (a:30°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

Numunelerin burulma altındaki davranışları incelendiğinde genel olarak h bindirme mesafesi arttıkça burulma açısının azaldığı görülmüştür. Burulma açısı değerleri incelendiğinde, maksimum ve minimum burulma açıları T9₄₁₀ 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 görülmüştür.



Şekil 13. DP410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), T11₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), T13₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T15₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

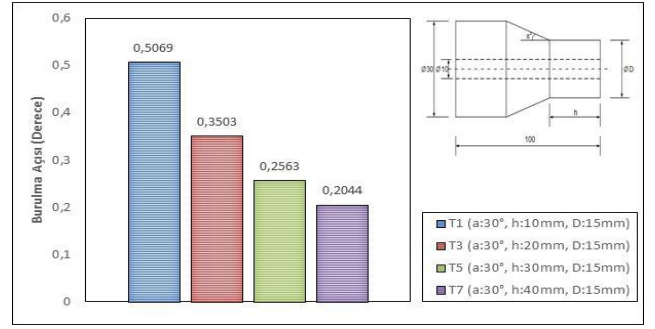


Şekil 14. DP410 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T10₄₁₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), T12₄₁₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), T14₄₁₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve T16₄₁₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

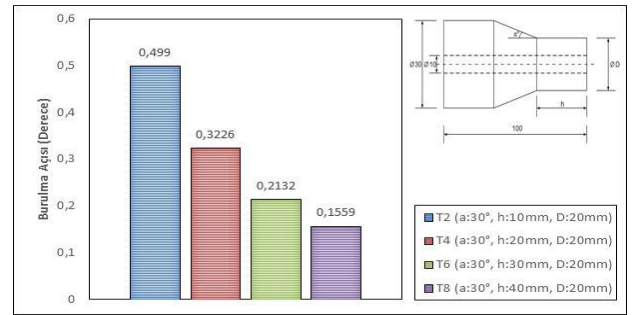
3.6 DP490 ile Birleştirilen Numunelerde 'h' Bindirme Mesafesinin Burulma Açısına Etkisinin İncelenmesi

DP490 kullanılarak birleştirilen halka kesitli çubuklarda h bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

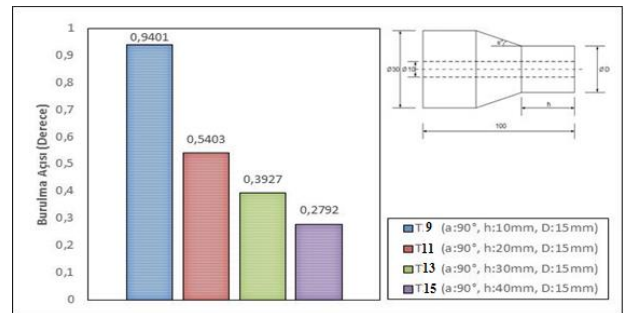
incelenmiştir. Dört farklı bindirme mesafesinin (10mm, 20mm, 30mm, 40mm) kıyaslanmasıyla oluşturulan grafikler Şekil 15, 16, 17 ve 18'de verilmiştir.



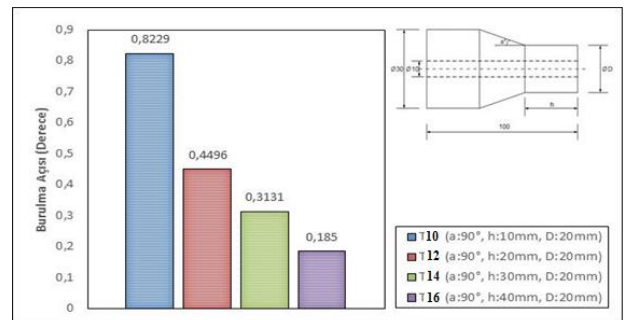
Şekil 15. DP490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T1₄₉₀ (a:30°, h:10mm, D:15mm), T3₄₉₀ (a:30°, h:20mm, D:15mm), T5₄₉₀ (a:30°, h:30mm, D:15mm) ve T7₄₉₀ (a:30°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



Şekil 16. DP490 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 17. DP490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T9₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:15mm), T11₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:15mm), T13₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:15mm) ve T15₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:15mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi



Şekil 18. DP490 yapıştırıcı kullanarak birleştirilen T10₄₉₀ (a:90°, h:10mm, D:20mm), T12₄₉₀ (a:90°, h:20mm, D:20mm), T14₄₉₀ (a:90°, h:30mm, D:20mm) ve T16₄₉₀ (a:90°, h:40mm, D:20mm) nolu numunelerde 'h' bindirme mesafesinin burulma açısına etkisi

DP490 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 DP490 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 T₉₄₉₀ 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 Sonuçlar

Bu çalışmada; halka kesitli çubukların birleştirilmesinde çevresel yapışma yüzeyinin bağlantı mukavemetine etkisini incelemek için iki farklı özelliğe sahip yapıştırıcı (DP410 ve DP490) dört farklı bindirme mesafesi (10, 20, 30 ve 40 mm), iki farklı bindirme açısı (30° ve 90°) ve farklı bindirme iç açısına sahip parçalar farklı parametrelerde birleştirilip çekme ve burulma deneylerine tabi tutulmuştur. Deneysel çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Birleştirmelerin çekme kuvvetleri altındaki davranışları incelendiğinde genel olarak h bindirme mesafesi arttıkça çekme yükünün arttığı ve a açısı arttıkça çekme yükünün azaldığı görülmüştür.
2. Çekme kuvvet değerleri incelendiği, maksimum ve minimum çekme kuvveti değerleri S₈₄₁₀ ve S₉₄₁₀ nolu numuneler de sırasıyla 104226,6 N ve 35328,13 N olarak elde edilmiştir.
3. DP410 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelerin burulma deneyleri de yapılmıştır. Burulma deneyleri incelendiğinde ise maksimum burulma açısı T₉₄₁₀ numunesinde 0,8334° ve minimum burulma açısı T₈₄₁₀ numunede 0,1094° derece olarak gözlemlenmiştir. Bu durumun h bindirme mesafesinin artmasına paralel olarak yapışma yüzey alanının artmasına, a bindirme çapının artışıyla yüzey alanı azalmasına bağlı olarak değişim göstermiştir.
4. Yapılan birleştirmelerde DP490 ile birleştirilmiş numunelerin çekme deneyleri yapılmıştır. Belirlenen parametreler ışığında deneyleri yapılan numunelerin çekme davranışları incelendiğinde h bindirme mesafesi 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 S₉₄₉₀ numunede 15054,69 N elde edilmiştir.
5. DP490 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.

6. İki farklı yapıştırıcıyla birleştirilen halka kesitli çubukların çekme deneyleri neticesinde kullanılan yapıştırıcıların bağlantı mukavemetine etkisi incelendiğinde; DP410 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelerin DP490 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelere göre çekme kuvveti değerleri daha yüksek çıkmıştır. Burulma davranışları açısından da DP410 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelerin DP490 yapıştırıcısıyla yapıştırılan numunelere göre daha iyi davranış göstermiştir.

5 Teşekkür

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi Tarafından BAP-MMF.2018.00.003 nolu proje kapsamından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Bingöl Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] Solmaz, M.Y., Turgut, A., An Experimental and Numerical Study on the Effects of Taper Angles and Overlap Length on the Failure and Stress Distribution of Adhesively-Bonded Single-Lap Joints, The 1st International Symposium on Computing in Science & Engineering (ISCSE), June, 3-5, p. 866-874, Kusadasi, Aydın, 2010.
- [2] Solmaz M.Y., Yapıştırıcı İle Birleştirilmiş Bağlantıların Mekanik Analiz ve Tasarımları, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2008.
- [3] Taş B., Yapıştırıcı İle Birleştirilmiş Konik Geçmeli Bağlantıların Burulma Momenti Altındaki Performansları, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2016.
- [4] Hur, S.H., Son, H.J., Kweon, J.H., Choi, J.H., Postbuckling of composite cylinders under external hydrostatic pressure, Composite Structures, 2008.
- [5] Tafresi, A., Bailey C. G., Instability of imperfect composite cylindrical shells under combined loading, Composite structures 80, 49-64, 2007.
- [6] Yang, C., Huang, H., Guan, Z., Stress Model of Composite Pipe Joints under Bending, Journal of Composite Materials, 36, 1331, 2002.
- [7] Gül A., Yapıştırma bağlantılı kompozit boruların burulma analizi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2013.
- [8] Aimmanee S., Hongpimolmas P., Stress analysis of adhesive-bonded tubular-coupler joints with optimum variable-stiffness composite adherend under torsion, composite structures 164,76-89, 2017.
- [9] Oh J.H., torque capacity of tubular adhesive joints with different composite adherends, materials letters 62, 1234-1237, 2008.
- [10] Jeroen Van, W., Jan De, P., Patrick De, B., Wim De, W., Magd A.W., Guido De, R., Experimental determination of the fatigue life of modified threaded pipe couplings, Procedia Engineering 2,1849-1858, 2010.
- [11] Vaziri A., Nayeb-Hashemi H., Dynamic response of tubular joints with an annular void subjected to a harmonic axial load, International Journal of Adhesion and Adhesives 22, 367-373, 2002.

- [12] Das R.R., Baishya N., Failure Analysis of Bonded Composite Pipe joints subjected to internal Pressure and Axial loading, *Procedia Engineering*, 1047-1054, 2016.
- [13] Li, H., Zhang, X., Qi, D., Cai, X., Ding, N., Wei, B., Qi, G., Failure analysis of the adhesive metal joint bonded on anticorrosion plastic alloy composite pipe, *Engineering Failure Analysis* 47,49-45, 2015.
- [14] Rohem, N.R.F., Pacheco, L.J., Budhe, S., Banea, M.D., Sampaio, E.M., de Barros, S., Development and qualification of a new polymeric matrix laminated composite for pipe repair, *Composite Structures* 152, 737-745, 2016.
- [15] Liu, J., Qin, M., Zhao, Q., Chen., Liu, P., Gao, J., Fatigue performances of the cracked aluminum-alloy pipe repaired with a shaped CFRP patch, *Thin-Walled Structures* 111, 155-164, 2017.