



Eğrisel yüzeyli yapıştırma bağlantılarında malzemenin yapıştırıcı üzerine etkisinin incelenmesi

Şerif ÇİTİL*

Adıyaman Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adıyaman
scitil@adiyaman.edu.tr, Tel: (416) 223 38 00 (4712)

Geliş: 22.06.2017 , Kabul Tarihi: 15.11.2017

Öz

Endüstrinin hemen hemen her sektöründe, korozyon dayanımı, sızdırmazlık özelliği, düzgün gerilme dağılımı, benzer veya farklı malzemeleri birleştirebilir olmasından dolayı yapıştırıcılar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapıştırıcı ile birleştirmede malzemeye bağlı olarak uygun bir yapıştırıcının seçilmesi oldukça önemlidir. Yapışma mekanizması, malzemelerin mekanik özelliklerine bağlı olarak farklı değerler göstermektedir. Bu çalışmada eğrisel yüzeyli tek tesirli bindirme bağlantılarında farklı türden malzeme kullanılarak yapıştırma bağlantısının mukavemet üzerine etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmada çekme yüküne maruz eğrisel yüzeyli bindirme bağlantılarında aynı türden (Tip-I, AA2024-T3-AA2024-T3) ve farklı türden (Tip-II, AA2024-T3-ST37) yapıştırma bağlantı modeli oluşturularak deneysel ve nümerik olarak araştırılması yapılmıştır. Eğrisel bindirme bağlantılarına çekme yükü uygulanarak bağlantının mukavemeti üzerinde etkileri araştırılmıştır. Ayrıca Tip-I ve Tip-II yapıştırma bağlantılarının bindirme uzunluğuna ve parça kalınlığına bağlı olarak çekme mukavemeti üzerinde etkileri de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerilme analizi, mekanik özellikler, sonlu elemanlar, yapıştırıcı

* Yazışmaların yapılacağı yazar

Giriş

Yük taşıyan yapılarda yapıştırma bağlantıları, işçilik, zaman ve maliyetin azaltılması, yüksek korozyon ve yorulma direnci, çatlak geciktirmesi ve iyi sönüm karakteristikleri, farklı tipte malzemeleri birleştirebilir özelliklerinden dolayı endüstrinin birçok alanında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapıştırma bağlantılarının bu üstün özelliklerinin yanısıra hafifliği ve kolay uygulanabilirliği gibi özelliğinden dolayı literatürde yapıştırma bağlantıları ile ilgili çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır.

Yapıştırma bağlantılarında bağlantı geometrisi büyük öneme sahiptir. Bunun için literatürde farklı çalışmalar yapılmıştır. Adin, (2012), açılı bindirme bağlantılarında açının yapıştırma bağlantısı üzerinde etkisini araştırmış, Soykök, (2015) ise levhalar üzerinde küçük delikler oluşturmuş ve bu delikleri yapıştırıcıyla doldurarak farklı geometrilere sahip bağlantı tipleri ile karşılaştırmıştır. Yapıştırma bağlantılarının en önemli özelliğinden birisi de farklı türden malzemeleri birleştirebilmeleridir. Bunun için literatürde önemli vurgular yapılmıştır (Arenas vd., 2013). Yapıştırma bağlantılarında yükün yönü büyük önem taşımaktadır. Bunun için tek tesirli bindirme bağlantılarında 3 nokta ve dört nokta eğilmeye maruz bırakılmışlardır (Grant vd., 2009). Yapıştırma bağlantılarında esnek ve sert olmak üzere karışık yapıştırıcıların kullanılması mümkündür, özellikle bağlantının uç kısımlarında daha esnek yapıştırıcıların kullanılması önerilmiştir (Da silva ve Lopes, 2009). Sancaktar ve Karmarkar, (2014) yapıştırma bağlantılarında yüzey alanının etkisini incelemiştir. Yapıştırma bağlantılarıyla ilgili bir diğer çalışmada ise çift takviyeli yapıştırma bağlantılarında kullanılan ara elemanın bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir (Çitil vd., 2017). Yapıştırıcılar sadece birleştirme amaçlı olarak değil aynı zamanda tamir amaçlı olarak da kullanılmaktadırlar. Hasarlı boruların tamir çalışması ile ilgili çalışmaları bulunmaktadır

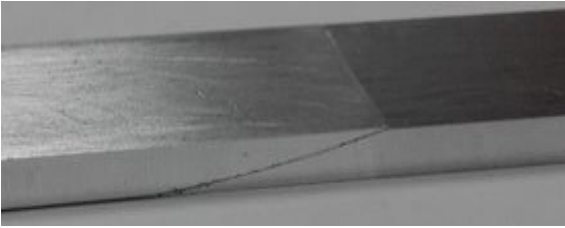
(Ayaz vd., 2016; Çitil vd., 2017). Literatürde yapıştırma bağlantılarını kullanarak malzemelerin birleştirilmesi için hızlı çözüm önerileri ileri sürülmüş ve sürülmeye de devam edilmektedir. Yapıştırma bağlantılarında en çok kullanılan bağlantı tipleri tek ve çift tesirli bağlantı tipleridir. Tek ve çift takviyeli bindirme bağlantılarında bağlantı modelleri üzerine çalışmalar yapmışlardır (Apalak ve Engin, 1997). Bu bağlantı tiplerinden farklı olarak bağlantı elemanlarını, birleştirilen parçaların içerisine yerleştirerek yeni bir bağlantı tipini önermişlerdir (Çitil vd., 2011). Temiz, (2006), Alüminyum alaşımlı levhaları çift takviyeli bindirme bağlantısında eğilme momenti uygulayarak sonlu elemanlar analizini gerçekleştirmiştir.

Dayanıklı bir yapıştırma bağlantısının oluşturulması, yapıştırıcının ve birleştirilen parçaların türüne, uygulandığı yüzeye, bindirme uzunluğuna, kalınlığa, sıcaklığa ve bağlantı modelinin tipine bağlıdır (Da silva vd., 2009; Adams ve Harris, 1974; Da silva ve Marques, 2008). Yapıştırma bağlantılarında, malzemeye bağlı olarak uygun bir yapıştırıcının seçilmesi, bağlantının mukavemeti açısından son derece önemlidir. Farklı türden malzemelerin birleştirilmesinde durumunda malzemenin yapıştırma bağlantısının mukavemet üzerine etkisi oldukça farklı olacaktır. Yapışma mekanizması, malzemelerin mekanik özellikleri ve parçaların sertliğine bağlıdır. Bu çalışmada aynı ve farklı türden eğrisel yüzeyli tek tesirli bindirme bağlantılar oluşturularak hasar yükleri karşılaştırılmıştır. Bunun için farklı bindirme uzunluk ve kalınlığa sahip aynı ve farklı türden malzeme kullanılarak tek tesirli bindirme bağlantıları oluşturulmuş ve sonlu elemanlar ile analizi gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlarla yapılan çözümlerin doğrulanması amacıyla doğrulama deneyleri yapılmıştır.

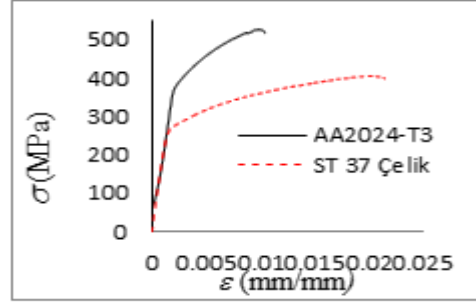
Materyal ve Yöntem

Hasar Analizi

Bu çalışmada, bağlantı elemanı olarak havacılık alanında yaygın olarak kullanılan alüminyum alaşım (AA2024-T3) ve sanayide çok sık kullanılan (ST37) çelik malzemeler kullanılmıştır. Aynı türden (Tip-I, AA2024-T3-AA2024-T3) ve farklı türden (Tip-II, AA2024-T3-ST37) yapıştırma bağlantı modeli oluşturularak hasar yükleri deneysel ve nümerik olarak belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Birleştirme elemanı olarak 3M firması tarafından üretilen iki bileşenli akrilik yapısal yapıştırıcı (DP410) kullanılmıştır. Yapıştırıcının mekanik verileri için, ISO 527-2 standartlarına göre oda sıcaklığında de 0.1 MPa basınç altında bir gün bekletilerek üç adet bulk numunesi elde edilmiştir. Elde edilen bulk numuneleri, U-Test firması tarafından üretilmiş olan çekme cihazında 1 mm/dk çekme hızıyla çekilmiştir. Alüminyum ve çelik malzeme ise ASTM370 standardına göre üretilmiş ve çekme cihazında 5 mm/dk çekme hızında çekilmiştir. Bağlantı elemanlarının ve yapıştırıcının mekanik özellikleri Tablo1 ve Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 1: Eğrisel yüzeyli bağlantı numunesi



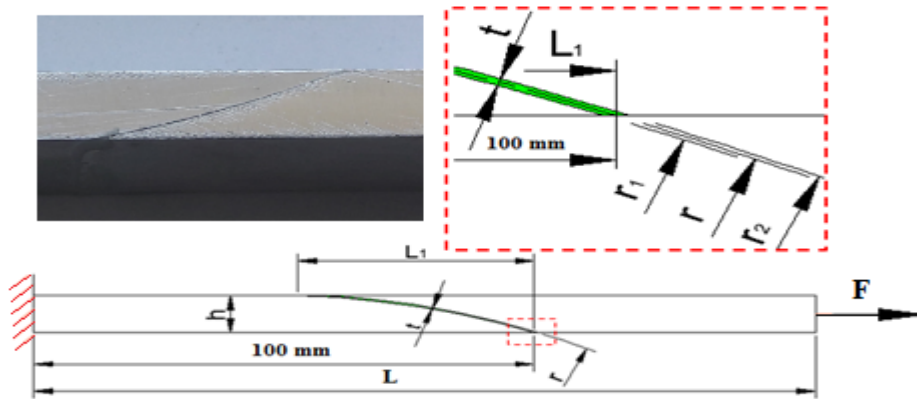
Şekil 2: AA2024-T3 ve St37 malzemesinin gerilme şekil değiştirme grafiği

Tablo 1. Yapıştırıcı (DP410), Çelik (ST37) ve Alüminyum (AA2024) levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri

Malzeme Özellikleri	AA2024	St37	DP410
E_A (MPa)	71875	168190	2639,7
ν_e	0,33	0,29	0,28
σ_T (MPa)	481,9	406	38,8
ϵ_T (MM/MM)	0,01587	0,0204	0,051

E_A : Young modülü; ν_e : Poisson oranı; σ_T : Kopma mukavemeti; ϵ_T : Kopma uzaması

Bu çalışmada doğrulama deneyleri için, $L_1= 20, 25, 30$ mm bindirme uzunlukları ve $h= 6.5$ mm kalınlık için DP 410 yapıştırıcılar için aynı türden (AA2024-T3) malzemeler üzerine eğrisel yüzeyler oluşturulmuştur (Şekil 1). Eğrisel bağlantı modeli için yarıçap $r=100$ mm alınmıştır. Birleştirilecek parçalar arasında yapıştırıcı kalınlığını ($t=0.2$ mm) elde etmek için eğriliğin yarıçapına (r) bağlı olarak r_1 ve r_2 yarıçaplı olarak üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Numunelerin parametrik ölçüleri

Yapıştırıcıyla birleştirme bağlantılarında, yapıştırıcıyla parça yüzeyi arasında iyi bir tutunmanın olabilmesi için, yapıştırıcının temas ettiği yüzey üzerinde boya, yağ, toz gibi maddelerden arındırılması gerekmektedir. Bu amaç için, bağlantı numunelerinin yüzeyleri temizlenerek yapıştırma öncesi yüzey hazırlama işlemine tabi tutulmuştur. Alüminyum alaşım levhalar 2/1 karışım oranıyla DP 410 yapıştırıcıyla birleştirilmiştir. Ayrıca birleştirme işlemi oda sıcaklığında ve 0.1 MPa basınç altında gerçekleştirilmiş ve t=0.2 mm yapıştırıcı kalınlığını elde etmek için kalıp kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4: Deney numunelerinin elde edilmesinde kullanılan kalıp sistemi

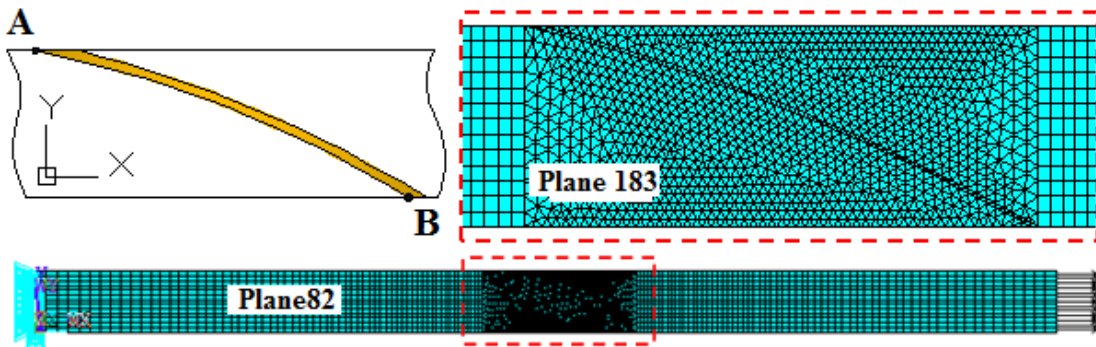
Deneysel sonuçlar Şekil 8'de grafik halinde verilmiştir. Deneysel sonuçlar Şekil 8'de grafik halinde verilmiştir. Deneysel sonuçlar Şekil 8'de grafik halinde verilmiştir.



Şekil 5: Çekme deneyi

Nümerik Analiz

Bu çalışmada malzemelerin lineer olmayan sonlu eleman modelinin oluşturulması için ANSYS 15 paket programı kullanılmıştır[18].



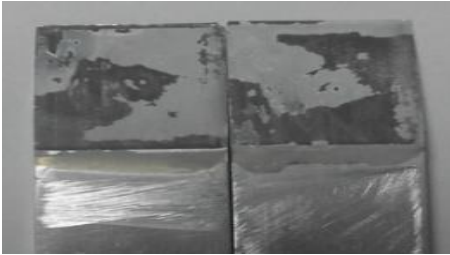
Şekil 6: Nümerik model (yük, sınır şartları ve A-B hattı)

Yapılan analizlerde yapıştırma bağlantısı, sırasıyla düzlem dörtgen ve üçgen elemanlar olan Plane 82 ve Plane 183 kullanılarak, düzlem şekil değiştirme kabulü altında modellenmiştir. Yapıştırma bölgesinde gerilme dağılımını elde etmek amacıyla optimizasyona gidilmiştir. Aynı yük altında eleman sayısı azaldıkça hasarın oluşmadığı gözlenmiştir. Eleman sayısı, hasarın oluşması sabit kalana kadar artırılarak optimize edilmiştir (Şekil 6). Ayrıca yapıştırıcı ve levha üzerinde meydana gelen eşdeğer gerilme dağılımlarının hesaplanmasında Von-mises akma kriteriyle kullanılmıştır. Von- mises akma kriteri elasto-plastik multi lineer davranış sergileyen malzemelerde uyumlu sonuçlar vermektedir. Nümerik hasar yükleri, yapıştırıcı malzemenin kopma mukavemetine ulaşıncaya kadar yük uygulanarak tespit edilmiştir. Nümerik hasar yükleri Şekil 9-11'de verilmiştir.

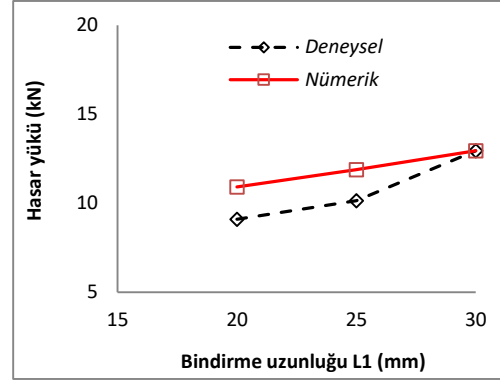
Araştırma Bulguları

Deneyel sonuçlar

$h=6.5$ mm kalınlığındaki deney numuneleri, $L_1=20, 25, 30$ mm bindirme uzunlukları için ve $r=100$ mm yarıçap için eğrisel bindirme bağlantıları için test edilmiş ve ortalama değerleri alınmıştır. Bağlantıların bütün varyasyonlarında, hasarın yapıştırıcı tabakasında olduğu gözlenmiştir (Şekil 7). Elde edilen ortalama deneyel sonuçlar (AA2024-AA2024 bağlantı tipi için) ile sonlu elemanlarla elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda sonlu elemanlarla elde edilen sonuçlarla test sonuçlarının (%83 - %97) yakınsak değer aralıkları ile uyumlu olduğunu göstermiştir (Şekil 8).



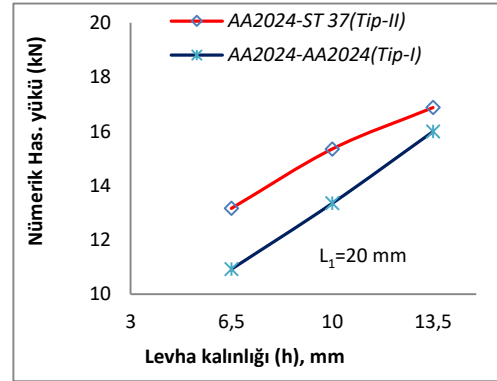
Şekil 7: Deney sonrası yapıştırıcı hasar yüzeyler



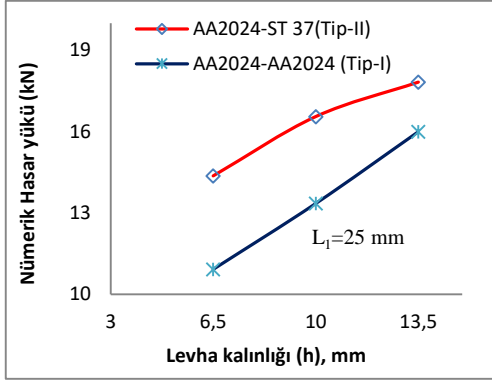
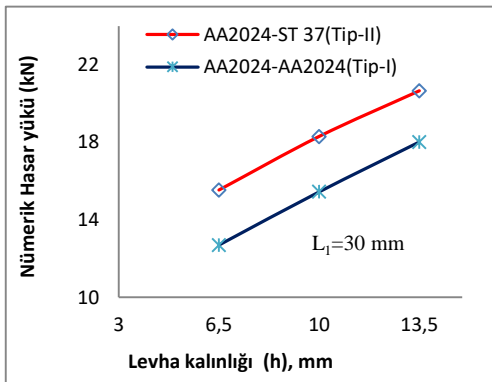
Şekil 8: Nümerik ve deneyel hasar yükleri (AA2024-AA2024)

Nümerik sonuçlar

Sonlu eleman çözümlerinden elde edilen bağlantı modelinin $h=6.5, 10, 13.5$ mm parça kalınlıkları, $L_1=20, 25$ ve 30 mm bindirme uzunlukları ve $r=100$ mm ($r_1=99.9$ $r_2=100.1$ mm) Tip I (AA 2024-T3-AA 2024-T3) Tip II (AA2024-T3-ST37) ve eğrisel bindirme bağlantılarının nümerik çekme hasar yükleri Şekil 9-11'de verilmiştir.



Şekil 9: Nümerik hasar yükleri $L_1=20$ mm

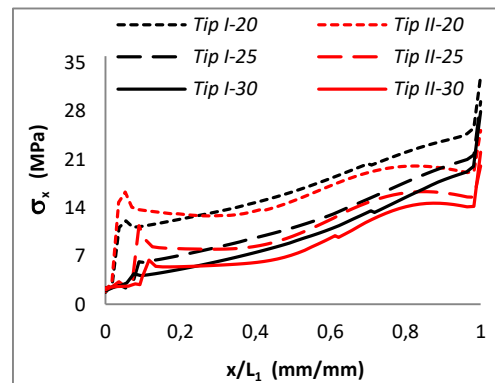
Şekil 10: Nümerik hasar yükleri $L_1=25\text{mm}$ Şekil 11: Nümerik hasar yükleri $L_1=30\text{mm}$

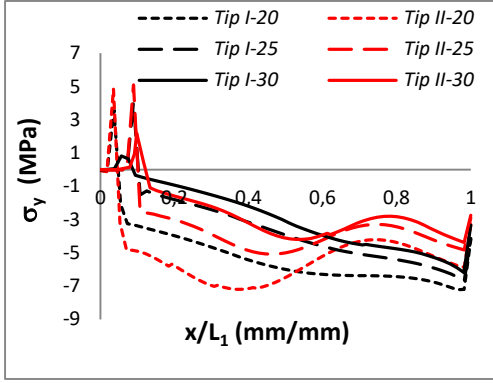
Şekillerden de anlaşılacağı üzere, eğrisel yüzeyli bindirme bağlantılarında malzeme farkına bağlı olarak yük taşıma kapasitesinin önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. Tablo 1 ve Şekil 2' de yer alan değerler incelendiğinde ST37 çelik malzemenin AA2024-T3 alüminyum alaşımına göre uzama kabiliyetinin daha fazla olduğu dolayısı ile daha sünek bir malzeme davranışına sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle, yapıştırıcının sünek malzemeyle daha uyumlu davranış sergileyerek yapıştırıcının taşıdığı hasar yükünde önemli ölçüde artmasına sebep olmuştur. Aynı şekilde parça kalınlığı ve bindirme uzunlukları arttıkça da hasar yüklerinde artış meydana gelmiştir. Bağlantı modelleri incelendiğinde, eğimli bindirme bağlantısının parça kalınlığı ve bindirme uzunluğu arttıkça yapıştırılan yüzey alanının artmasına ve dolayısıyla da daha fazla yapıştırıcının uygulanmasına ve yük taşıma kapasitesinin artmasına neden olmuştur.

Gerilme dağılımı sonuçları

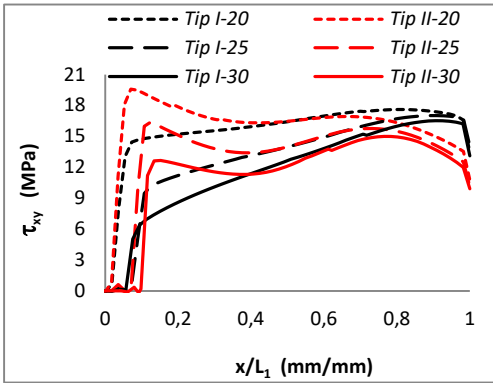
AA2024-AA2024 (Tip I) ve AA2024-ST37 (Tip II) eğrisel bindirme bağlantısı için yük ve sınır şartları Şekil 6'da verilmiştir. Çekme yükü x ekseninde uygulanmıştır. Yapıştırma modeli için bindirme uzunluğu bölgesinde bulunan A-B hattı boyunca bindirme uzunluklarına ve parça kalınlığına bağlı olarak yapıştırıcıya ait gerilme dağılımlarının (σ_x , σ_y , τ_{xy} ve σ_{eqv}) karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 12-19'da verilmiştir. Tip I ve Tip II bağlantı modelinde bağlantının uç bölgesi olan A noktasından itibaren gerilmelerin (σ_x , σ_y , τ_{xy} ve σ_{eqv}) artarak B noktasında maksimum olmaktadır. Aynı ve farklı türden malzemelerle oluşturulan bindirme bağlantısında hem bindirme uzunluğuna göre hem de parça kalınlığına göre gerilmelerin daha yüksek çıktığı gözlenmiştir.

Aynı kalınlıktaki ($h=6.5\text{ mm}$) Tip I ve Tip II bağlantı modeli bindirme uzunluğuna bağlı olarak incelendiğinde gerilme dağılımları (σ_x , σ_y , τ_{xy} ve σ_{eqv}) bindirme uzunluğu arttıkça gerilmelerin düştüğü gözlenmiştir. Bindirme uzunluğu arttıkça bağlantının yapıştırılan yüzey alanı da artmaktadır. Dolayısıyla da taşınmış oldukları yük miktarı artmıştır. Buda gerilmelerin düşmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca Tip II modelinin Tip I modeline göre gerilme dağılımlarının daha düşük olduğu ve daha fazla hasar yükü çektiği gözlenmiştir (Şekil 12-15).

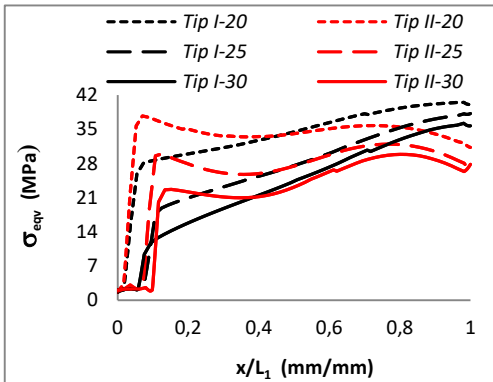
Şekil 12: Bindirme uzunluğuna bağlı gerilme dağılımı (σ_x)



Şekil 13: Bindirme uzunluğuna bağlı gerilme dağılımı (σ_y)



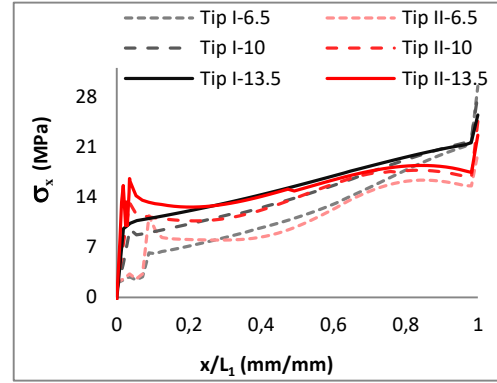
Şekil 14: Bindirme uzunluğuna bağlı gerilme dağılımı (τ_{xy})



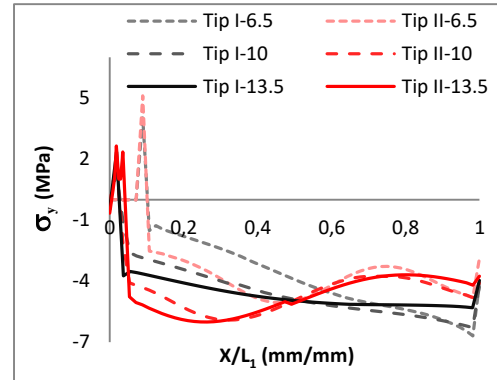
Şekil 15: Bindirme uzunluğuna bağlı gerilme dağılımı (σ_{eqv})

Şekil 16-19'da ise, $L_1=25$ mm bindirme uzunluğu için Tip I ve Tip II bindirme

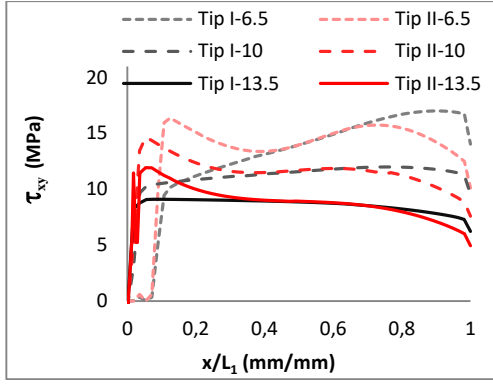
bağlantısının parça kalınlığına bağlı olarak gerilme dağılımı (σ_x , σ_y , τ_{xy} ve σ_{eqv}) sonuçları verilmiştir. Gerilme dağılımları incelendiğinde birleştirilen malzemelerin kalınlığı arttıkça normal gerilmelerin arttığı (σ_x , σ_y) ancak kayma ve eşdeğer gerilmelerin (τ_{xy} , σ_{eqv}) azaldığı görülmektedir. Parça kalınlığına bağlı olarak Tip I ve Tip II modeli karşılaştırıldığı zaman Tip II bağlantı modelinin gerilme dağılımlarının daha düşük seviyede olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi ise Tip II bağlantı modelinde çelik malzemenin daha sünek bir davranış sergilediğinden dolayı gerilmeler Tip I modeline göre daha düşük olmuştur.



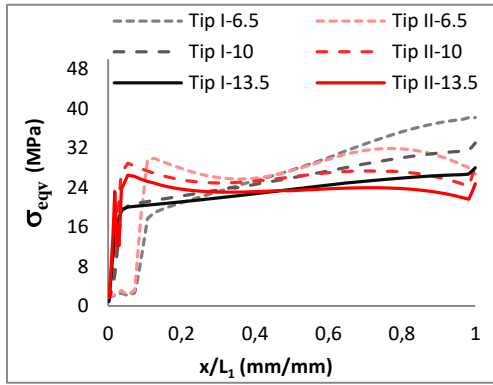
Şekil 16: Parça kalınlığına bağlı gerilme dağılımı (σ_x)



Şekil 17: Parça kalınlığına bağlı gerilme dağılımı (σ_y)



Şekil 18: Parça kalınlığına bağlı gerilme dağılımı (τ_{xy})



Şekil 19: Parça kalınlığına bağlı gerilme dağılımı (σ_{eqv})

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada çekme yüküne maruz eğrisel yüzeyli bindirme bağlantılarında Aynı türden (Tip-I, AA2024-T3- AA2024-T3) ve farklı türden (Tip-II, AA2024-T3-ST37) yapıştırma bağlantı modeli oluşturularak deneysel ve nümerik olarak araştırılması yapılmıştır. Eğrisel bindirme bağlantılarına çekme yükü uygulanarak bağlantının mukavemeti üzerinde etkileri araştırılmıştır. Ayrıca Tip-I ve Tip-II yapıştırma bağlantılarının bindirme uzunluğuna ve parça kalınlığına bağlı olarak çekme mukavemeti üzerinde etkileri de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Eğrisel bindirmeli yapıştırma bağlantısında, en fazla hasar yükünü farklı türden malzemelerle birleştirilmiş olan (Tip-II) bağlantı modelinde meydana gelmiştir.
- Eğrisel yapıştırma bağlantısında yapıştırıcının sünek malzemeye daha uyumlu olduğu ve daha fazla hasar yükü çektiği görülmüştür.
- Bindirme uzunluğuna bağlı olarak; bindirme uzunluğu arttıkça bağlantıların taşıdıkları hasar yüklerinde önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir. Her iki modelde de bindirme uzunluğu arttıkça yapıştırıcının uygulandığı yüzey alanı da artmıştır. Bağlantıların mukavemetinde önemli derecede iyileştirme yaptığı gözlenmiştir.
- Parça kalınlığına bağlı olarak; parça kalınlığı arttıkça taşıdıkları hasar yüklerinde artış görülmüştür. parça kalınlığı arttıkça normal gerilmelerin (σ_x , σ_y) yükseldiği gözlenmiştir. Ancak Kayma ve eş değer gerilmelerin (τ_{xy} ve σ_{eqv}) parça kalınlığı arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Parça kalınlığı arttıkça eğrisel bindirme bağlantılarında yapıştırıcının uygulandığı yüzey alanı da artmıştır.
- Ayrıca, Çitil, (2017), eğrisel bindirme bağlantılarının düz bindirme bağlantılarına göre daha fazla hasar yükü çektiğini tespit etmiştir. Eğrisel bindirme bağlantıları ile düz bindirme bağlantıları aynı bindirme uzunluğunda olmalarına rağmen bağlantının eğrisel yapısından dolayı yapıştırıcının uygulanacağı yüzey alanının artmasını sağlamaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, Adıyaman Üniversitesi MÜFMAP/2015-0013 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Adams, R.D., Harris, J.A., (1974). "Stress analysis of adhesive-bonded lap joints, *The Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 9(3).
- Adin, H., (2012). The investigation of the effect of angle on the failure load and strength of scarf lap joints, *International Journal of Mechanical Sciences*, 61, 24–31.
- ANSYS. (2015). The general purpose finite element software (version 15) Inc., 275 Technology Drive, Canonsburg, PA 15317, USA.
- Apalak, M.K., Engin A., (1997). Geometrically Non-Linear Analysis Of Adhesively Bonded Double Containment Cantilever Joint, *Journal of Adhesion Science Technology*, 11,9, 1153-1195.
- Arenas, J.M., Cristina Alía, C., Narbón, J.J., Ocaña, R., González, C., (2013). Considerations for the industrial application of structural adhesive joints in the aluminium–composite material bonding, *Composites: Part B*, 44, 417–423.
- Ayaz, Y., Çitil, Ş., Şahan, M.F., (2016). Repair of small damages in steel pipes with composite patches, *Materials Science and Engineering Technology*, 47, 503-511.
- Çitil, Ş., Ayaz, Y., Temiz, Ş., (2017). Stress Analysis of Adhesively Bonded Double Strap Joints with or Without Intermediate Part Subjected to Tensile Loading, *The Journal of Adhesion*, 93,5,343-356.
- Çitil, Ş., Ayaz, Y., Temiz, Ş., Aydın, M.D., (2017). Mechanical Behaviour of Adhesively Repaired Pipes Subject to Internal Pressure, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 75, 88-95.
- Çitil, Ş., Temiz, Ş., Altun, H. Özel, A., (2011). Determination of Mechanical Properties of Double-Strap Adhesive Joints with an Embedded Patch, *Journal of Adhesion Science Technology*, 25,18, 2555-2567.
- Çitil, Ş., (2017). Comparison of Stepped, Curved, and S-Type Lap Joints under Tensile Loading, *Materials Design and Applications*, 65, 377-388.
- Da silva, L.F.M., Carbas, R.J.C., Critchlowb, G.W., Figueiredo, M.A.V., Brown, K., (2009). Effect of material, geometry, surface treatment and environment on the shear strength of single lap joints, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 29, 621–632.
- Da Silva, L.F.M., Lopes, M.C.Q. (2009). Joint strength optimization by the mixed-adhesive technique, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 29, 509–514
- Da Silva, L. F. M., Marques, E. A. S., (2008). Joint Strength Optimization of Adhesively Bonded Patches, *The Journal of Adhesion*, 84, 915–934.
- Grant, L.D.R., Adams, R.D., da Silva, L.F.M., (2009). Experimental and numerical analysis of single-lap joints for the automotive industry, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 29, 405–413.
- ISO 527–2. (1993). Plastics-determination of tensile properties. Part 2: Test conditions for moulding and extrusion of plastics.
- Sancaktar, E., Karmarkar, U., (2014). Mechanical behavior of interlocking multi-stepped double scarf adhesive joints including void and disbond effects, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 53, 44–56.
- Soykok, I.F., (2015). End geometry and pin-hole effects on axially loaded adhesively bonded composite joints, *Composites Part B*, 77, 129-138.
- Temiz, Ş., (2006). The investigation of the effect of angle on the failure load and strength of scarf lap joints, *Journal of Adhesion Science Technology*, 20, 1547–1560.

Investigation effect on the adhesive of the material in curved-surface adhesive joints

Extended abstract

Adhesives have been commonly used in almost every sector of the industry due to corrosion resistance, impermeability and their smooth stress distribution, ability to join similar and different types of parts. It is very important to choose a suitable adhesive depending on the material in joining with the adhesive. In bonding different kinds of materials, the effect of the material on the strength of adhesive bonding is quite different.

The adhesion mechanism exhibits different values depending on the mechanical properties of the materials. In this work, in curved surface single lap joints, effects on the strength of adhesive bond were investigated using different types of materials.

Adhesive bonding is an excellent alternative to traditional joining techniques such as welding, mechanical fastening or riveting. Adin (2012) says that the substantial reduction in weight that can be achieved by using adhesive bonding is another important advantage, especially for lightweight structures. Arenas et al. (2013) were joined different kind materials by adhesive and emphasized the importance of the industry.

Strength effect on the adhesive of the material in curved-surface adhesive joints is the main purpose of this study. For that, two different materials were selected and how they would exhibit a mechanical behavior on the adhesive was investigated. For this purpose, especially used in aviation field, on AA 2024-T3 aluminum alloy and ST37 steel sheets which have 25 mm overlap length and 6.5, 10, and 13.5 mm thick were formed curved surface lap joints. The sheets were 25 mm wide and 100 mm long, and were joined with DP 410 acrylic structural adhesive. The joined sheets were subjected to tensile load. The joints are modeled with finite elements and adhesively bonded joints were investigated on the strength.

In curved surface single lap joints, effects on the strength of adhesive bond were investigated using the same (Type-I, AA2024-T3- AA2024-T3) and different (Type-II, AA2024-T3-ST37) types of materials. The results obtained are presented below.

Depending on materials; in curved surface adhesive joints, it is observed that the adhesive is more compatible with the ductile material and has more damage load.

Depending on the overlap length; the damage load carried by the joints significantly increased as the overlapping length increased. In both models, the area of the surface on which the adhesive was applied also increased as the overlapping length increased. It was observed that it made significant improvements in the strength of the joints.

Depending on the part thickness, as the part thickness increased, an increase was observed in the damage loads carried by them. Normal stresses (σ_x , σ_y) were increased while the part thickness increases. However, it was observed that decreased as the part thickness increased in shear and equivalent stresses. In the curved lap joints, surface area applied of the adhesive also increases while the part thickness increases.

Keywords: Stress analysis, mechanical properties, finite elements, adhesive