

Kompozit malzemelerde yapışma bağlantılarının mukavemeti üzerine yama fiber takviye açısı etkisi

Kadir TURAN*¹

¹Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

Makale Gönderme Tarihi: 19.02.2016

Makale Kabul Tarihi: 22.04.2016

Öz

Bu çalışmada; kompozit levhalarda yapışma bağlantılarının mukavemeti üzerine yama fiber takviye açısının etkileri deneysel yöntemlerle araştırılmıştır. $[0^{\circ}]_8$ tabakalı örgülü cam elyaf takviyeli epoksi matrisli reçineli kompozit levhalar epoksi bazlı yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmiştir. Statik çekme deneyi ile yapılan deneysel çalışmada yama takviye açısının, yama uzunluğunun ve yapıştırıcı kalınlığının etkileri araştırılmıştır. Kompozit levhanın fiber takviye açısı olarak 0° ve yamanın fiber takviye açısı 0° , 15° , 30° ve 45° olarak seçilmiştir. Yama uzunluğu olarak 25.4, 38.1 ve 50.8 mm ve yapıştırıcı kalınlığı 0.2, 0.6 ve 1.0 mm olarak seçilmiştir. Bağlantı mukavemetinin yama fiber takviye açısı ile önemli oranda değiştiği belirlenmiştir. Yama uzunluğu artışının bağlantı mukavemetini % 10 ile % 45 arasında değişen oranlarda artırdığı tespit edilmiştir. Çift yüzünden yapışmanın tek yüzünden yapışmaya oranla hasar yüklerini %73 ile % 160 arası değişen oranlarda arttığı belirlenmiştir. Yapıştırıcı kalınlığının artmasına bağlı olarak ta hasar yüklerinin %11 ile % 30 arasında değişen oranda azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yapışma bağlantıları, kompozit levhalar, hasar analizi.

Giriş

Kompozit malzemeler gelişen teknoloji ile birlikte kara, hava ve deniz araçlarında sıklıkla tercih edilen malzemeler haline gelmiştir. Gelişen teknoloji ile uyumlu olarak bu araçlarda yüksek hızların bir gereği olarak ta hafiflik, sağlamlık, kolay tamir edilebilme ve düşük ısı iletimi gibi bir takım gereksinimler ön plana çıkmıştır. Kompozit malzemelerin birleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında yapışma bağlantıları gelmektedir. Yapışma bağlantısı yapıştırılacak iki parçanın birbiri üzerine bindirilerek yapılabilirdiği gibi, uç uca getirilen iki parçanın ek bir yama ile bağlanması şeklinde de yapılabilmektedir. Yapışma bağlantılarının mukavemeti yapışma yüzeyinin artmasına bağlı olarak artmaktadır. Yamalı bağlantıların yüzey alanı daha büyük olabildiği için bindirme bağlantılarına göre daha mukavemettir. Yapışma bağlantıları, mekanik bağlantılara göre kolaylıkla uygulanabilen ve ek yük meydana getirmemesi, yapının aerodinamiğini etkilememesi, titreşimlerden etkilenmemesi gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedirler.

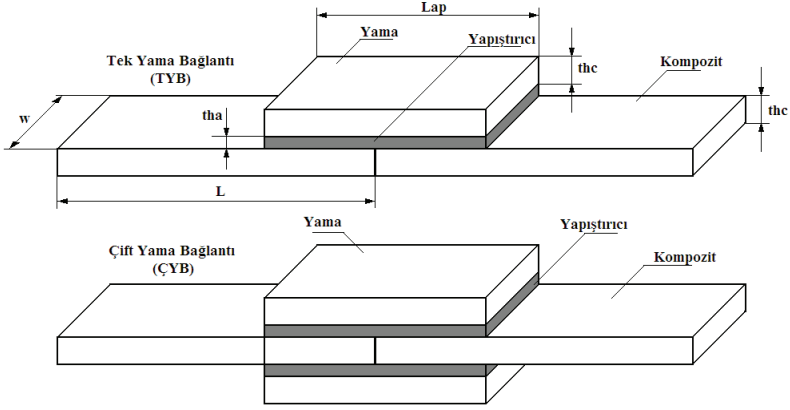
Tek ve çift tesirli yapışma bağlantılarının gerilme analizi Adams ve diğerleri (1974), Allman ve diğerleri (1977) ile Her (1999) tarafından yapılan çalışmalarda analitik yöntemlerle araştırılmıştır. Bindirme uzunluğu, yapıştırıcı kalınlığı ve tipinin yapışma bölgesindeki gerilme dağılımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Sayman (2012) ve Sayman vd. (2013) tarafından yapılan çalışmalarda kompozit levhalarda tek ve çift tesirli yapışma bağlantılarında elastik ve elasto-plastik gerilme analizi analitik ve sayısal yöntemlerle incelenmiştir. Analitik yöntemlerle hesaplanmış olan gerilmeler sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılmış modelden elde edilen gerilme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Kompozit levhalarda yapıştırıcı kalınlığının, yapıştırıcı uç radyüsünün ve yapışan mukavemetinin yapışma bağlantılarının mukavemeti üzerine etkileri Taib ve diğerleri (2005) tarafından araştırılmıştır. Apalak ve diğerleri (2006) ile Turan ve Kaman (2010) tarafından yapılan çalışmalarda kompozit

malzemelerde tek tesirli yapışma bağlantılarında hasar analizi deneysel ve sayısal yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. İlerlemeli hasar analizinin kullanıldığı çalışmalarda deneylerden elde edilen son hasar yükü değerleri sayısal olarak hesaplanan veriler ile karşılaştırılmıştır. Kim ve diğerleri (2008) yapmış oldukları çalışmada kompozit-alüminyum yapışma bağlantılarında bindirme mesafesinin bağlantı mukavemeti üzerine etkileri deneysel olarak araştırmışlardır. Khalili ve diğerleri (2008) ve Turan ve Pekbey (2015) tarafından yapılan çalışmalarda kompozit levhaların yapıştırılmasında kullanılan güçlendirilmiş yapıştırıcıların bağlantı mukavemeti üzerine etkilerini araştırmışlardır. Turan ve Pekbey yapmış oldukları çalışmalarında yapıştırıcının güçlendirilmesi amacı ile atık kompozitlerden elde edilen partiküller ile yapıştırıcıyı takviye etmişlerdir. Zhang ve diğerleri (2010) yaptıkları çalışmada düşük ve yüksek sıcaklıkların kompozit levhalarda tek ve çift yamalı bağlantıların mukavemeti üzerine etkilerini deneysel yöntemlerle incelemişlerdir. Aydın ve diğerleri (2007) tarafından yapılan çalışmada kompozit levhaların yapışma bağlantıları üzerine kürleşme sıcaklığı ve basıncının etkisi araştırılmıştır.

Bu çalışmada; kompozit levhaların tek ve çift yamalı yapışma bağlantılarında yama fiber takviye açısı değişiminin, yama uzunluğu değişiminin ve yapıştırıcı kalınlığı değişiminin bağlantı mukavemeti üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmada levha fiber takviye açısı olarak 0° ve yamanın fiber takviye açısı 0°, 15°, 30° ve 45° olarak seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

Deneysel Çalışma ve Bulgular

Deneysel çalışmada tek yama bağlantılı (TYB) ve çift yama bağlantılı (ÇYB) numuneler üretilerek statik çekme yükü uygulanmıştır. Şekil 1'de TYB ve ÇYB olarak adlandırılan bağlantı tipleri ve geometrik parametreler sunulmuştur.



Şekil 1. Bağlantı geometrisi

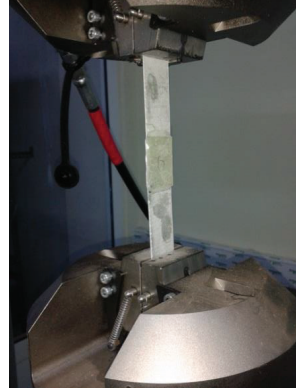
Bağlantıda kullanılan sabit geometrik parametrelerin değerleri; kompozit malzeme kalınlığı ve yama kalınlığı, $th_c = 1.25$ mm, kompozit levhanın uzunluğu, $L = 100$ mm ve genişliği, $w = 25.4$ mm olarak alınmıştır. Yapıştırıcı kalınlığı th_a 0.2, 0.6 ve 1.0 mm olarak değişmektedir. Yama uzunluğu, $Lap = 25.4, 38.1$ ve 50.8 mm olarak alınmıştır. Kompozit malzeme olarak 8 tabakalı örgülü cam elyaf takviyeli epoksi matriks reçineli levhalar kullanılmıştır. Kompozitin fiber takviye

açısı 0° olarak sabit seçilmiştir. Yama fiber takviye açısının hasar yükü üzerine etkilerini inceleyebilmek içinse kompozit levha ile aynı kalınlığa (th_c) ve genişliğe (w) sahip $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ$ ve 45° olarak değişen fiber takviye açılı levhalar yama olarak kullanılmıştır. Yapıştırıcı olarak çift bileşenli epoksi bazlı yapıştırıcı kullanılmıştır. Kompozit levhanın ve yapıştırıcının mekanik özellikleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Kompozit levhanın ve yapıştırıcının mekanik özellikleri

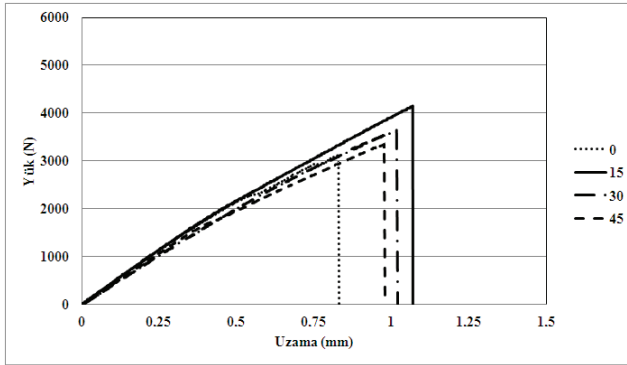
Kompozit Levha	Yapıştırıcı (Turan ve Pekbey, 2015)
Fiber Takviye Doğrultusunda Elastisite Modülü, $E_{11} = 16385.98$ MPa	Elastisite Modülü, E (MPa) 2438
Fibere Dik Doğrultuda Elastisite Modülü, $E_{22} = 16385.98$ MPa	
Kayma Modülü, $G_{12} = 4200$ MPa	
Poisson Oranı, $\nu_{12} = 0.25$	Poisson Oranı, ν 0.4463
Fiber Takviye Doğrultusunda Çekme Mukavemeti, $X_c = 508.3$ MPa	
Fibere Dik Doğrultuda Çekme Mukavemeti, $Y_c = 508.3$ MPa	Akma Gerilmesi, S_y (MPa) 28.88
Fiber Takviye Doğrultusunda Basma Mukavemeti, $X_b = 347.75$ MPa	
Fibere Dik Doğrultuda Basma Mukavemeti, $Y_b = 347.75$ MPa	
Kayma Mukavemeti, $S_{12} = 87.3$ MPa	
Fiber Hacim Oranı, $V_f = \% 60$	

Kompozit levhalar İzoreel firmasından 25.4 mm genişliğinde ve 1.25 mm kalınlığı standart şeritler halinde temin edilmiştir. Boyları 100 mm olacak şekilde freze tezgâhında kesilmiştir. Yapışma işlemi öncesinde yapıştırılacak yüzeyler 40 grid zımpara ile pürüzlerinden arındırılmış ve aşındırılmıştır. Yapışma yüzeyinin yabancı kimyasallardan etkilenmemesi için yapışma yüzeyleri pamuklu bez ve aseton yardımı ile temizlenmiştir. Asetonu kuruduktan sonra bağlantıların standart olması için özel kalıplarda yapışma işlemleri gerçekleştirildikten sonra 15 gün boyunca oda sıcaklığında yapıştırıcının ideal kürleşme sağlaması için beklenmiştir. Deneysel çalışmanın tutarlılığı açısından her bir numuneden üç adet üretilmiştir. Deneysel çalışma 10 ton kapasiteli Instron BS 8801 çekme test cihazında 0.5 mm/dk çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de deney düzeneği görülmektedir.



Şekil 2. Deney düzeneği

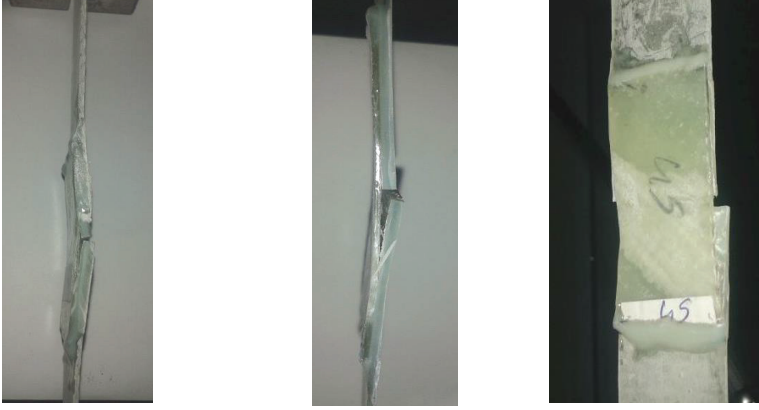
Deneysel çalışmada kopma hasarı gerçekleşinceye kadar yük uygulanmış ve yük-uzama değerleri kaydedilmiştir. Elde edilen yük-uzama grafiklerinden bağlantının hasar yükü değerine ulaşılmıştır. Çekme testi sonunda $Lap=25.4$ mm olan TYB için Şekil 3’de görülen yük-uzama grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 3. Yama fiber takviye açısı değişimine göre TYB için yük-uzama grafiği ($Lap = 25,4$ mm)

Şekil 3’ten görüldüğü gibi yük-uzama grafiği lineer bir karakter göstermekle birlikte belirli bir yük değerinde kopma gerçekleşmektedir. Hasar yükleri ile birlikte uzama değerlerinin yüke paralel olarak değiştiği ve en büyük hasar yükü

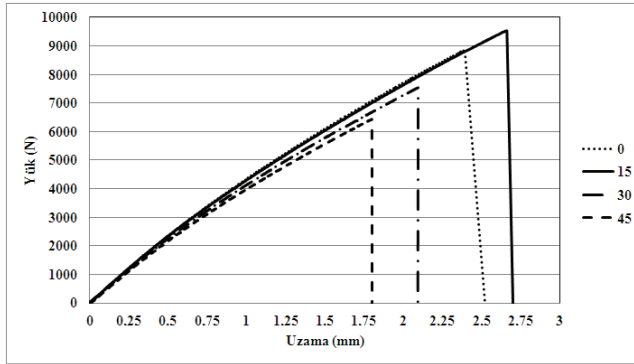
değeri için en büyük uzamanın gerçekleştiği görülmektedir. Bu durumun en önemli sebebi tek yama bağlantılı numunelerde ortaya çıkan eğilmedir. Şekil 4’te meydana gelen eğilme görülmektedir.



Şekil 4. TYB tipi bağlantılarda çekme testi sırasında meydana gelen eğilme (Lap = 38.1 mm, $\theta = 45^\circ$)

Eğilmenin ortaya çıkma nedeni tek yüzünden yama ile yapıştırılan kompozit levhanın iki yüzeyi arasında meydana gelen uzama farkıdır. Yapıştırılan yüzeyde kompozit levhanın uzaması yapıştırıcı ile birlikte gerçekleşirken yapıştırılmayan serbest yüzeyde uzamalar kompozit levhaya gelen gerilme ile şekillenir.

Bu durumda yapışmayan yüzey fazla uzarken yapıştırılan yüzeyin uzaması daha azdır. Eğilme momenti oluşması sonucu yapıştırıcı soyularak yüzeyden ayrılmaktadır. Şekil 5'te ÇYB için yük uzama grafiği görülmektedir.



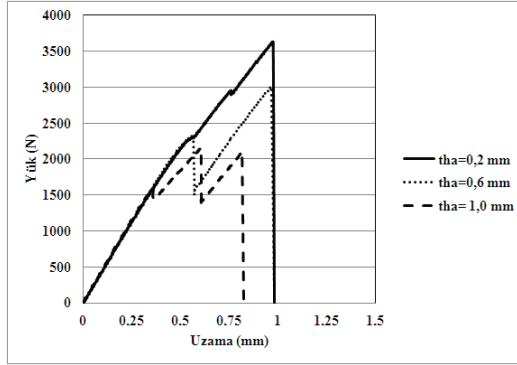
Şekil 5. Yama fiber takviye açısı değişimine göre ÇYB için yük-uzama grafiği (Lap = 25.4 mm)

ÇYB tipi numunelerde 0° hariç tutulursa fiber takviye açısının artmasına bağlı olarak hasar yüklerinin azaldığı Şekil 5'ten görülmektedir. Çift yüzünden yama işleminde ile tek yüzünden yama durumunda meydana gelen uzama farkının olmadığı ve eğilme oluşmadığı deneylerden gözlemlenmiştir. Fiber takviye

açısının uzamayı arttırıcı yönde bir etkisinin olduğu ise uzama sonuçlarından görülmektedir. 15° fiber takviye açısına sahip yamalar ile yapılan birleştirme işleminde özellikle hasar yüklerinin en büyük değerini alması 0° levhaya göre uzama oranının fazla olması ile açıklanabilir. Diğer fiber takviye açılarından

büyük olmasının sebebi ise deneyler sırasında yapılan bir gözlem ile açıklanırsa yapıştırıcı hasarının fiber takviye açısını takip ediyor olmasıdır. Yapıştırıcının kompozit yüzeyinden ayrılması sırasında hasarın fiber takviye açısını takip etmesi sonucu gerilmelerin düzgün dağılımını bozarak daha düşük yüklerde hasar oluşmasına sebep olmuştur.

Yapıştırıcı kalınlığının bağlantı mukavemeti üzerine etkisi TYB tipi bağlantı için 0° yama fiber takviye açısına sahip 25.4 mm yama uzunluğundaki numuneler için belirlenmiştir. Yapıştırıcı kalınlığı olarak 0.2, 0.6 ve 1.0 mm yapıştırıcı kalınlıkları kullanılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen yük-uzama grafikleri Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Yapıştırıcı kalınlığı değişiminin TYB tipi bağlantının yük-uzama grafiği.
(Lap = 25.4 mm ve tha = 0.2 mm)

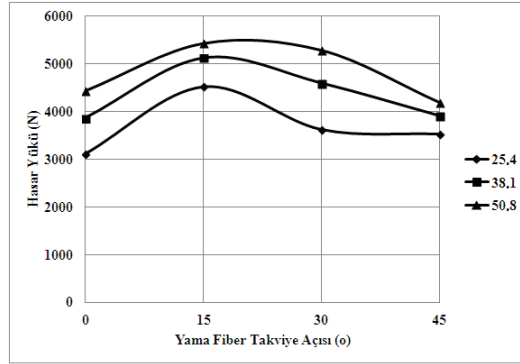
Şekil 6'dan görüldüğü üzere yapıştırıcı kalınlığının artmasına bağlı olarak hasar yükleri azalmaktadır. Yapıştırıcı kalınlığının artması ile birlikte eksantriklik artacağından eğilme momenti artar ve dolayısı ile hasar yüklerinde düşmeler meydana gelir. Özellikle TYB türü bağlantılarda 0.6 mm ve 1.0 mm kalınlık değerleri için grafiklere dikkat edilirse grafiğin belirli bir yük değerinde yük değerlerinin aniden düştüğü ve daha sonra ilk duruma paralel bir şekilde tekrar yüklerin arttığı görülmektedir. Yapışma bağlantılarında yapıştırılan levhaya uygulanan çekme yükü yapıştırıcı ile yamaya iletilmekte ve tüm yapının yükü paylaşması sağlanmaktadır. Yapıştırıcı kalınlığının artması ile yama ve yapıştırılan levha arasındaki kalınlıkta artacaktır. Sonuçta bu durum eksantrikliği arttıracaktır ve yapışma bölgesinde çekme yükünün yanı sıra eğilme momentinin oluşmasına sebep olacaktır. Çekme yüküne maruz numunelerde ilk düşmenin görüldüğü yer hasarın başladığı noktadır ve bu hasar çekme

yükünden kaynaklanmaktadır. Daha sonra çekmeye devam edildiğinde numunenin eksantrik yapısından dolayı eğilme momentinin giderek artması ile hasar devam etmektedir. Eğilme momentinden dolayı numunede soyulma hasarı olduğu gözlemlenmiştir. Eğilme oluşumu Şekil 4'te açıkça görülmektedir.

Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Üretilmiş olan TYB ve ÇYB numunelerinin statik çekme testi sonucunda elde edilen hasar yükü üzerine yama fiber takviye açısının etkisi, yama uzunluğunun etkisi ve yapıştırıcı kalınlığının etkisi incelenmiştir.

TYB bağlantılarında yama fiber takviye açısının etkisi incelenirken fiber takviye açısı 0° , 15° , 30° ve 45° olarak seçilmiştir. Yama uzunluğu ise 25.4, 38.1 ve 50.8 mm olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yapıştırıcı kalınlığı 0.2 mm sabit olmak üzere TYB tipi bağlantı için elde edilen sonuçlar Şekil 7'de sunulmuştur.

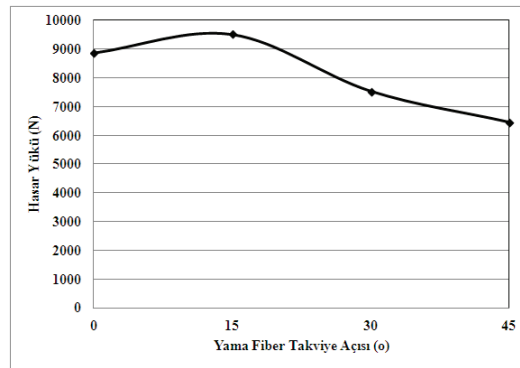


Şekil 7. TYB tipi bağlantı için hasar yüklerinin değişimi ($tha = 0.2$ mm)

Şekil 7'den görüldüğü üzere tüm fiber takviye açıları için yama uzunluğunun artması sonucu hasar yükleri % 10 ile % 45 arası değişen oranlarda artış göstermiştir. En büyük hasar yükü artışı yama fiber takviye açısı 30° olan numune için % 45 olarak belirlenirken en düşük hasar yükü artışı % 10 ile 45° fiber takviye açısına sahip numunede tespit edilmiştir. En büyük hasar yükü 5430 N değeri ile 50.8 mm yama uzunluğuna sahip 15° fiber takviye açılı bağlantıda görülmektedir. En düşük hasar yükü ise 3121 N değeri ile 25.4 mm yama uzunluğuna

sahip 0° fiber takviye açılı bağlantıda belirlenmiştir. Yama fiber takviye açısı için sonuçlar değerlendirildiğinde en büyük hasar yükü tüm yama uzunlukları için 15° yama fiber takviye açısına sahip kompozitler için elde edilirken en düşük hasar yükleri 0° için elde edilmiştir.

Şekil 8'de ÇYB tipi bağlantılar için hasar yükleri değişimi grafiği sunulmuştur. ÇYB bağlantısında yama uzunluğu 25.4 mm ve yapıştırıcı kalınlığı 0.2 mm değerinde sabit alınmıştır.



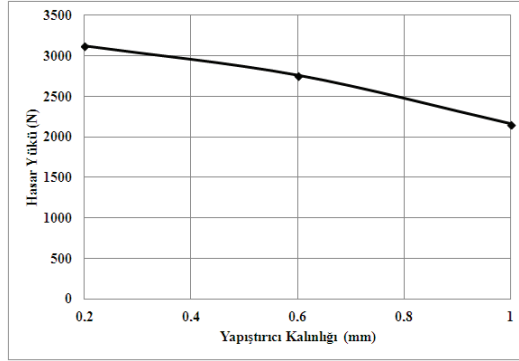
Şekil 8. ÇYB tipi bağlantı için hasar yüklerinin değişimi ($Lap = 25.4$ mm ve $tha = 0.2$ mm)

ÇYB tipi bağlantılarda hasar yüklerinin TYB tipi bağlantıya göre %73 ile % 160 arası değişen oranlarda arttığı Şekil 8' deki grafikten

görülmektedir. Aynı fiber takviye açısı ve bindirme uzunluğu değeri göz önüne alınarak bir karşılaştırma yapılırsa en büyük artış 0°

yama takviye açısı için % 160 olurken en düşük artış % 73 ile 45° yama fiber takviye açısına sahip levhada gerçekleşmiştir. Bu grafiğe göre en büyük hasar yükü 15° yama fiber takviye açısına sahip levha için 8605 N olarak

belirlenirken en düşük hasar yükü 45° için 6127 N olarak tespit edilmiştir. Yapıştırıcı kalınlığı artışının hasar yükleri üzerine etkisi Şekil 9'daki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 9. Yapıştırıcı kalınlığının TYB tipi bağlantılarda hasar yükü üzerine etkisi. (Lap =25.4mm, $\theta=0^\circ$)

Yapıştırıcı kalınlığının artmasına bağlı olarak hasar yükleri % 11 ile %30 oranlarında azalmıştır. En büyük hasar yükü $\theta=0,2$ mm yapıştırıcı kalınlığı için 3121 N olarak ölçülürken, en düşük hasar yükü $\theta = 1.0$ mm yapıştırıcı kalınlığı için 2160 N olarak ölçülmüştür.

Tartışmalar

Bu çalışmada TYB ve ÇYB türü bağlantıların mukavemeti üzerine geometrik parametrelerin (yapıştırıcı kalınlığı ve yama uzunluğu) ve yama fiber takviye açısının etkileri araştırılmıştır. Deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmadan elde edilen sonuçlar maddeler halinde değerlendirilmiştir:

- Yama fiber takviye açısı değişimi TYB ve ÇYB bağlantılarının her ikisi içinde hasar yüklerini değiştirmektedir.
- En büyük hasar yükleri 15° yama fiber takviye açısına sahip bağlantılar için elde edilmiştir.

- En düşük hasar yükleri 45° yama fiber takviye açısına sahip bağlantılar için elde edilmiştir.
- Bağlantı mukavemeti üzerinde kompozit yamanın uzayabilirliği etki ettiği gözlemlenmiştir.
- Bağlantı mukavemeti üzerine çekme yüklerinin yanı sıra eğilme momentinin de etkili olduğu görülmektedir.
- ÇYB bağlantılar TYB bağlantılara göre %73 ile %160 arası değişen oranlarda daha mukavemetli olduğu belirlenmiştir.
- Yama uzunluğunun artması bağlantı mukavemetini %10 ile %45 arası değişen oranlarda arttırdığı gözlemlenmiştir.
- Yapıştırıcı kalınlığının artması bağlantı mukavemetini %11 ile %30 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Adams, R.D., Peppiatt, N.A., (1974). "Stress analysis of adhesive bonded lap joints", *Journal of Strain Analysis*, 9, 185-196.
- Allman, D.J., (1977). "A theory for the elastic stresses in adhesive bonded lap joints", *Q. J. Mechanical Applied Mathematics*, 30, 415-436.
- Apalak, Z.G., Apalak, M.K., Genç, M., (2006). "Prograssive damage modelling of an adhesively bonded unidirectional composite single – lap joint in tension at the meso scale level", *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 19, 671 – 702.
- Aydın, M.D., Temiz, Ş., Özel, A., (2007). "Effect of curing pressure on the strength of adhesively bonded joints", *The Journal of Adhesion*, 83, 553-571.
- Her, S.C., (1999). "Stress analysis of adhesively bonded lap joints", *Composite Structure*, 47, 673-678.
- Khalili, S.M.R., (2008). Shokuhfar, A., Hoseini, S.D., Bidkhorji, M., Khalili, S., Mithal, R.K., "Experimental study on the influence of adhesive reinforcement in lap joints for composite structures, subjected to mechanical loads", *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 28, 436-444.
- Kim, T.H., Kweon, J.H., Choi, J.H., (2008). "An experimental study on the effect of overlap length on the failure of composite-to-aluminum single-lap bonded joints", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27, 1071-1081.
- Sayman, O., (2012). "Elasto-plastic stres analysis in adhesively bonded single-lap joint", *Composites Part B*, 43, 204-209.
- Sayman, O., Ozen, M., Korkmaz, B., (2013). "Elasto-plastic stress distributions in adhesively bonded double lap joints", *Materials and Design*, 45, 31-35.
- Taib, A., Boukhili, R., Achiou, S., Gordon, S., Boukehili H., (2005). "Bonded joints with composite adherents, part 1. effect of specimen configuration, adesive thickness, spew fillet and adherent stiffness on fracture", *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 26, 226 – 236.
- Turan, K., Kaman, M.O., (2010). "Tek tesirli yapıştırma bağlantılarında ilerlemeli hasar analizi", *Pamukkale Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16, 315-323.
- Turan, K., Pekbey, Y., (2015). "Progressive failure analysis of reinforced- adhesively single- lap joint", *The Journal of Adhesion*, 91, 962-977.
- Zhang, Y., Vassilopoulos, A.P., Keller, T., (2010). "Effects of low and high temperatures on tensile behavior of adhesively bonded GFRP joints", *Composite Structures*, 92, 1631-1639.

Patch fiber reinforced effect on the strength of adhesively bonded joints in composite plates

Extended abstract

In this study, the patch fiber reinforced angle effect on the strength of adhesively bonded composite was investigated experimentally. $[\theta^{\circ}]_s$ layered composite plates which were woven glass fiber reinforced and epoxy resin matrix, were adhered by epoxy based adhesive. The experimental study was realized as static tensile test. The fiber reinforced angle of patch, patch length and adhesive thickness were used as a parameter.

With the developing technology of composite materials, land, air and sea vehicles often become the material of choice. This vehicles, light weight, sturdiness, easy to be repaired some requirements such as low heat conduction ability and have come to the fore. The adhesively bonding methods are widely used for connecting of composite plates. This joint type was preferred as it was not have extra weight and it was not effect of vibration. In the literature, stress analysis of single and double joints, joint geometry effect on the strength of joint, failure analysis of adhesively joints, reinforcing of adhesive effect on the joint strength and temperature and pressure effect on the joint strength were researched. In the studies, the mechanical properties of adhesive, lap length, adhesive thickness and the other geometrical changing were used as parameters.

In this study, composite plate thickness ($t_{hc} = 1.25$ mm), composite plate width ($w = 30$ mm) and composite plate length ($L = 100$ mm) were used as fixed parameters. Also, lap length (Lap) and adhesive thickness (t_{ha}) were changed 25.4, 38.1, 50.8 mm and 0.2, 0.6, 1.0 mm, respectively. The fiber reinforced angle of composite plate was 0° and the fiber reinforced angles of patch were varied 0° , 15° , 30° and 45° . The composite plates were supplied from Izoreel Firm™ with fixed thickness and fixed width. These plates were cut by milling machine and

later bond areas were abraded with 40 grid sand paper. The bond surfaces were free from surface roughness and acetone then with the help of a cotton cloth was cleaned. The bonding processes were realized in the special moulds. The bonded specimens were stayed in room temperature about 15 days for curing. Then the static tensile load were applied the specimens and the load-extension data were recorded. The static tensile tests were realized in 100 kN capacity Instron BS 8801 static tensile testing machine with 0.5 mm/min cross head speed. For reliability of experimental study, three samples were produced for every parameter and the experiments were realized. The failure loads were calculated from arithmetic average of failure loads of three samples. TYB are called samples which are bonded to one side, while double side bonded to ÇYB samples. The obtained results were presented as graphs.

The failure loads were increased from 10% to 45% with increasing of Lap length for all patch fiber reinforced angle of TYB type joints. In the TYB type joint, the maximum failure load was determined as 5430 N for Lap = 50.8 mm and patch reinforced angle of 15° and the minimum failure load was determined as 3121 N for Lap = 25.4 mm and patch reinforced angle of 0° . When the results are evaluated for the patch reinforced angle, the biggest failure loads were determined for patch reinforced angle of 15° and the lowest failure loads were determined for patch reinforced angle of 0° . When the TYB and ÇYB type joints compared with each other, it was determined that, the failure loads was increased from 73% to 160% varying rates. In the ÇYB type joint, the maximum failure load was determined as 8605 N for patch reinforced angle of 15° and the minimum failure load was determined as 6127 N for 45° . When the thickness of adhesive was increased, the failure loads were decreased from 11% to 30% varying rates.

Keywords: Adhesive joints, Composite plate, failure analysis.