



Bindirme bağlantılı kompozitlerin hasar davranışları üzerinde sıcak suyun etkisi

Gurbet ÖRÇEN*

Dicle Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

gurbetorcen@dicle.edu.tr ORCID: 0000-0002-8329-8142, Tel: (412) 241 10 00 (3605)

Geliş: 13.02.2018, Kabul Tarihi: 30.04.2018

Öz

Bu çalışmada örgülü cam fiber takviyeli epoksi kompozitlerin hasar davranışları üzerinde sıcak suyun etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Tek ve çift tesirli bindirme bağlantısı yapılmış kompozit numuneler, oda sıcaklığındaki musluk suyu ile 50 °C sıcaklıktaki musluk suyunun içerisinde 7 gün ve 21 gün süre ile bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda numunelerin nem emilim oranları, maksimum hasar yük değerleri ve hasar tipleri tespit edilerek, kendi içinde karşılaştırılması yapılmıştır.

Yapılan çalışmada, suda bekleme zamanı ve suyun sıcaklık derecesi arttığı zaman numunelerin nem emilim oranlarının arttığı ancak maksimum hasar yük değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca çift tesirli bindirme bağlantılı numunelerden elde edilen nem emilim miktarlarının ve maksimum hasar yük değerlerinin daha yüksek olduğu deneysel olarak elde edilmiştir. Oda sıcaklığındaki musluk suyunun 7 gün boyunca bekletilen çift tesirli bindirme bağlantılı numunelerin nem emilim miktarlarının, aynı sürede, aynı şartlarda bekletilen tek tesirli bindirme bağlantılı numunelerin nem emilim miktarlarına göre %251.6 oranında artış sağladığı ölçülmüştür. Bunun yanında tek tesirli bindirme bağlantılı numunelerin 50 °C sıcaklıktaki musluk suyunun içerisinde 21 gün bekletildikten sonra elde edilen maksimum hasar yük değerlerinin aynı şartlarda ve sürede bekletilen çift tesirli bindirme bağlantılı numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerine göre %104.05 oranında düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bekleme süresi sonunda numunelerden elde edilen hasar tiplerinin genellikle kuru numunelerden elde edilen hasar tipleriyle benzer olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çift tesirli yapışma bağlantısı; tek tesirli yapışma bağlantısı; sıcak su; çevresel etki, hasar yükleri.

* Yazışmaların yapılacağı yazar:

DOI:

Giriş

Kompozit malzemelerin mühendislik uygulamalarında, hafiflik, rijitlik ve mukavemet gibi avantajlarından dolayı kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Uygulama alanlarında kompozitlerin birleştirme yöntemleri de gerilme dağılımı ve hasar yükü açısından önemli konulardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Kompozit levhalara delik açılması gerilme yığılmalarına sebep olurken özellikle buralarda civata ve pim kullanılması yük taşıma kapasitesini ve hasarı etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle kompozit bağlantıların birçoğunda yapıştırıcı ile bağlantı biçimi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bağlantı biçimi ayrıca düşük maliyeti ve bağlantı parçasına zarar vermemesinden dolayı da sıklıkla tercih edilmektedirler. Kompozit levhaların çeşitli sebeplerle hasar görmeleri durumunda yapıştırıcı ve kompozit yamalar kullanılarak tamirat işlemlerinin yapılması, bu kompozit levhaların yeniden kullanılması açısından önemlidir. Ancak kompozitlerin ve yapıştırıcıların mekanik özelliklerinin çevre koşullarına bağlı olarak değiştiği de bilinmektedir. Özellikle nem ve sıcaklık, kompozit ve bağlantılarının mukavemetini etkileyen önemli parametrelerdendir. Bu nedenle yapıştırma bağlantıları ile ilgili yapılmış çalışmalar önemli bir yer tutmaktadır.

Yama ile ilgili çalışmalarda; Campilho ve diğerleri (2009, 2005) ortasına delik açılmış kompozit plakanın tek ve çift yüzüne yama ile yapıştırma yöntemiyle tamir işlemini araştırmışlar. Yama ile tamir edilen kompozit plakada yama kalınlığını, yama uzunluğu etkisini, gerilme dağılımlarını ve mekanik davranışları etkileyen parametreleri deneysel ve sayısal yöntemlerle incelemişler. Toudeshky ve diğerleri (2009, 2006), Toudeshky (2006), tek tarafı cam/epoksi ve boron/epoksi kompozit yama ile tamir edilmiş ince ve kalın (Toudeshky 2006) alüminyum panelde hasar çatlağının ilerlemesini deneysel olarak ve sonlu elemanlar yöntemi ile araştırmışlardır. Ouinas ve diğerleri (2007), alüminyum yapıda yarım dairesel çentikten kaynaklanan çatlağın boron/epoksi ve graphite/epoksi kompozit yama ile tamirini

yaparak, gerilme yoğunluk faktörü üzerinde yapıştırıcının kayma modülü ve yama boyutu etkilerini nümerik olarak araştırmışlardır. Ouinas ve diğerleri (2009), çatlak ucundaki gerilme yoğunluk faktörü değişimi üzerine yapıştırıcı ve yama boyutu etkileri irdelenmiştir. Tsouvalis ve diğerleri (2007), karbon/epoksi yamayla tamir edilmiş ortasında delik bulunan çelik levhaların verimliliğini statik çekme yükü altında araştırmışlardır. Yamaların düşük katılık özelliklerine rağmen deney numunelerinin lineer uzadığı, plastisiteye düzgün bir geçiş olduğu ve hasar yük oranlarının %30' dan %50' ye yükseldiği sonucuna vardıklarını belirtmişlerdir. Her ve diğerleri (2011), yama ile tamir edilmiş hasarlı kompozit levhalarda, yapıştırıcı ve yamanın malzeme özellikleri, boyutu ve kalınlığının gerilme dağılımı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Liu ve diğerleri (2007), $[(0/90/+45/90/0)_2]_2$ dizilimli ortası delikli kompozit plakaya, T300/QY8911 prepreg dış yama kullanmışlar ve daha sonra çekme testi uygulayarak, sonuçları incelemişlerdir. Maksimum gerilme ve yamalı yapıştırma hasar mekanizması üzerinde farklı tamir parametrelerinin etkisini hem deneysel hem de nümerik olarak araştırmışlardır. Turan ve Örçen (2017) tarafından tek ve çift taraftan yama ile bağlantısı yapılmış tamiratlı numunelerin hasar analizi deneysel ve nümerik olarak yapılmıştır. Walker (2004), kompozit numuneler üzerinde çevresel şartlardan sıcaklık, nem ve soğuk etkisini araştırmıştır. Akderya ve diğerleri (2016), yapıştırıcı yardımıyla bağlantısı yapılmış kompozit numunelerin çekme özellikleri üzerinde termal yaşlanmanın etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Soykok (2015) tarafından, tek yüzünden yapıştırıcı ile bağlantısı yapılmış cam fiber takviyeli epoksi kompozit numunelerin sıcak su içerisindeki davranışları araştırılmış. Zhang ve diğerleri (2013), alüminyum ve çelik yüzeyler arasındaki yapıştırma bağlantıları üzerinde sıcak suyun etkisi araştırmışlardır.

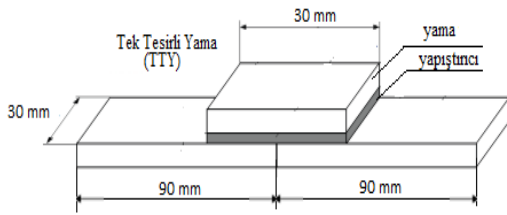
Bu çalışmada; tek ve çift taraftan yama ve yapıştırıcı yardımıyla birleştirilmiş cam fiber takviyeli epoksi kompozit numunelerin hasar davranışları üzerinde sıcak suyun etkisi deneysel olarak incelenmiştir. 50 °C sıcaklıktaki

musluk suyu ve oda sıcaklığında bulunan musluk suyunun içinde tek tesirli ve çift tesirli yapışma ile bağlantısı yapılmış örgülü cam fiber takviyeli epoksi matrisli kompozitler 7 gün ve 21 gün süre ile bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda sıcak suyun yapıştırma bağlantılı kompozitler üzerinde nem emilim miktarları, bağlantı mukavemetleri ve hasar tipleri açısından etkileri incelenmiştir.

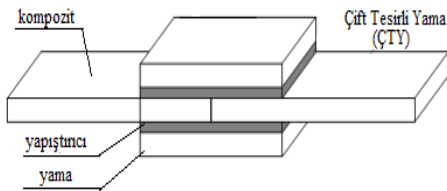
Problemin tanımı

Bu çalışmada bindirme bağlantılı örgülü cam fiber takviyeli epoksi iki kompozit levha, aynı malzemeden üretilmiş yamalar yardımıyla tek ve çift tesirli olarak, Loctite Hysol-9466 epoksi esaslı yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmiştir.

Tek ve çift tesirli yapışma bağlantılı numunelerin geometrileri sırasıyla Şekil 1(a) ve Şekil 1 (b)' de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan örgülü cam fiber takviyeli epoksi kompozit levhanın kalınlığı 1.95 mm, yapıştırıcı kalınlığı ise 0.25 mm olarak alınmıştır. Numunelerin genişliği (w) ve uzunluğu (L) sırasıyla 30 mm, 180 mm (90 mm + 90 mm) seçilmiştir. Aynı malzemeden yapılmış yamanın boyutları ise 30 mm x 30 mm olarak belirlenmiştir.



(a)



(b)

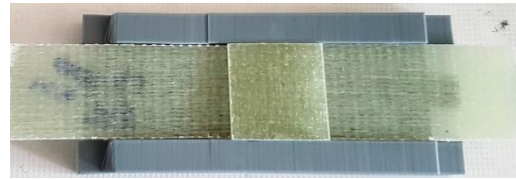
Şekil 1(a, b). Tek ve çift tesirli yapışma bağlantılı bindirme kompozit numunelerin geometrisi

Deneysel çalışma ve sonuçları

Örgülü cam fiber takviyeli epoksi kompozit levha Şekil 1(a, b)' de ki geometrilere göre kuru numuneler, oda sıcaklığındaki musluk suyunu kullanılarak numuneler ve 50 °C sıcaklıktaki musluk suyunu kullanılarak numuneler olmak üzere üç grupta hazırlanmıştır. Her numunedan üçer adet yapılmıştır. Hazırlanma aşamasında; yapıştırıcı uygulanacak yüzeyler yapıştırma işlemi öncesinde zımpara ile temizlenmiş ve daha sonra bu yüzeyler asetonla ıslatılmış pamuk yardımıyla silinmiştir. Yamaların yapıştırıcı ile yapıştırılması işleminde kullanılan kalıplar; 3D printer yardımıyla hem tek tesirli hem de çift tesirli bağlantılar için ayrı ayrı üretilmiştir (Şekil 2 a). Tek tesirli yapışma bağlantısı için yapılan uygulama Şekil 2b' de gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2(a). 3D printer yardımıyla üretilen kalıplar (b). Tek tesirli yapışma bağlantısı için uygulama örneği

Yapıştırma işlemi bittikten sonra, numuneler 24 saat boyunca oda sıcaklığında muhafaza edilmiş ve kürlenme şartlarına uygun olarak 15 gün süre ile bekletilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Tek ve çift tesirli yapışma bağlantılı bindirme kompozit numunelerin kurumaya bırakılması

Süre sonunda ikinci ve üçüncü grup numuneler, 7 gün ve 21 gün bekletilmek suretiyle su kazanlarına yerleştirilmiştir. Su kazanı 70 °C 'ye kadar ayarlanabilen termostatlı kazan olup, deneyler için 50 °C sıcaklığa sabitlenmiştir. Ayrıca su kazanlarına numunelerin birbirine değmeden bekletilmesi için askılar yaptırılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Kompozit numunelerin su kazanına yerleştirilmesi

Numunelerin nem emilim miktarları

Bu deneysel çalışmada, numunelerin suya bırakılmadan önce ve sudan çıkarıldıktan sonra ağırlıkları tek tek ölçülmüştür. Numunelerin nem emilim miktarını ölçmek için 0.01 gr hassasiyete sahip teraziden yararlanılmıştır. Numunelerin ilk ağırlıkları (w_0), suda bekleme süresi sonundaki ağırlıkları (w_s) ve numunenin toplam nem giriş oranı (M_t) alınmış olup, her numune için (1) nolu formülasyon ile hesaplanma yapılmıştır. Numunelerin ortalama değerlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 1' de belirtilmiştir.

$$M_t = \frac{w_s - w_0}{w_0} \times 100 \quad (1)$$

Tablo 1 ve Grafik 1 incelendiğinde tek ve çift tesirli yama ile bağlantısı yapılmış numunelerin, suda bekleme süresi arttığı zaman emilim miktarlarında arttığı tespit edilmiştir. Ancak çift tesirli yama ile bağlantısı yapılmış numunelerin emilim miktarlarının hem 7 gün hem de 21 gün bekleme süresi gözönüne alındığında, tek tesirli yama ile bağlantısı yapılmış numunelere göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Numunelerin bekleme sürelerine göre emilim miktarları(%)

| Sıcaklık | Yama tipi | Suda kalma süresine bağlı olarak nem emilim miktarı (%) | |
|------------------|-----------|---|--------|
| | | 7 gün | 21 gün |
| oda sıcaklığında | TTY | 0.064 | 0.211 |
| | ÇTY | 0.225 | 0.504 |
| 50°C | TTY | 0.257 | 0.676 |
| | ÇTY | 0.375 | 0.777 |

ÇTY= Çift Tesirli Yama TTY= Tek Tesirli Yama

Tek tesirli yamalı numunelerin 7 gün oda sıcaklığındaki musluk suyunda bekletildiği zaman ilk ağırlıklarına göre % 0.064, çift tesirli yamalı numunelerin ise aynı şartlarda bekletildikten sonra ilk ağırlıklarına göre % 0.225 artış sağladıkları ölçülmüştür. Yine tek tesirli yamalı numunelerin 21 gün oda sıcaklığındaki musluk suyunda bekletildiği zaman ilk ağırlıklarına göre % 0.211, çift tesirli yamalı numunelerin ise aynı şartlarda bekletildikten sonra ilk ağırlıklarına göre % 0.504 artış sağladıkları tespit edilmiştir.

50 °C sıcaklığa sahip musluk suyunda bekletilen tek tesirli yamalı numunelerin 7 gün süre sonunda ilk ağırlıklarına göre %0.257, çift tesirli yamalı numunelerin ise aynı şartlarda bekletildikten sonra ilk ağırlıklarına göre

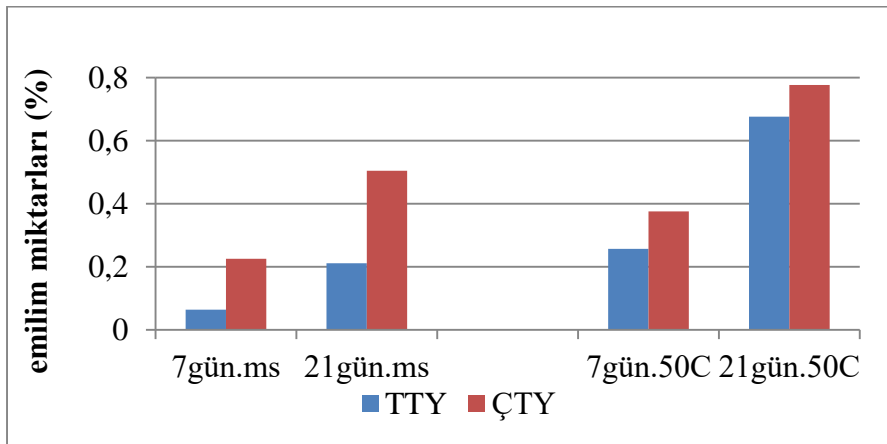
%0.375 artış sağladıkları hesaplanmıştır. 21 gün süre sonunda ise; tek tesirli yamalı numunelerin ilk ağırlıklarına göre %0.676, çift tesirli yamalı numunelerin ise ilk ağırlıklarına göre %0.777 artış sağladıkları tespit edilmiştir.

Oda sıcaklığındaki musluk suyunda 21 gün süre ile bekletilen ÇTY numunelerin nem emilim miktarlarının, aynı şartlarda 7 gün süre ile bekletilen ÇTY numunelerden elde edilen nem emilim miktarlarına göre %124 oranında artış sağladığı ölçülmüştür.

50 °C sıcaklığa sahip musluk suyunda 21 gün süre ile bekletilen TTY numunelerin nem emilim miktarlarının, aynı şartlarda 7 gün süre ile bekletilen TTY numunelerin nem emilim miktarlarına göre %163.03 oranında artış sağladığı tespit edilmiştir. 7 gün boyunca oda sıcaklığındaki musluk suyunda bekletilen ÇTY

numunelerin nem emilim miktarlarının, aynı sürede aynı şartlarda bekletilen TTY numunelere göre %251.56 oranında artış sağladığı ölçülmüştür. Aynı şekilde 21 gün oda sıcaklığındaki musluk suyunda bekletilen ÇTY numunelerin nem emilim miktarlarının, aynı sürede aynı şartlarda bekletilen TTY numunelere göre %138.86 oranında artış sağladığı tespit edilmiştir.

21 gün oda sıcaklığındaki musluk suyunda bekletilen TTY numunelerin nem emilim miktarlarının, 7 gün aynı şartlarda bekletilen TTY numunelere göre %229.68 oranında artış sağladığı ölçülmüştür. Aynı şekilde 21 gün 50 °C musluk suyunda bekletilen ÇTY numunelerin nem emilim miktarlarının 7 gün aynı şartlarda bekletilen ÇTY numunelere göre %107.2 oranında artış sağladığı tespit edilmiştir.



Grafik 1. Numunelerin suda bekleme sürelerine göre emilim miktarları (%).

Numunelerin hasar yükü açısından değerlendirilmesi

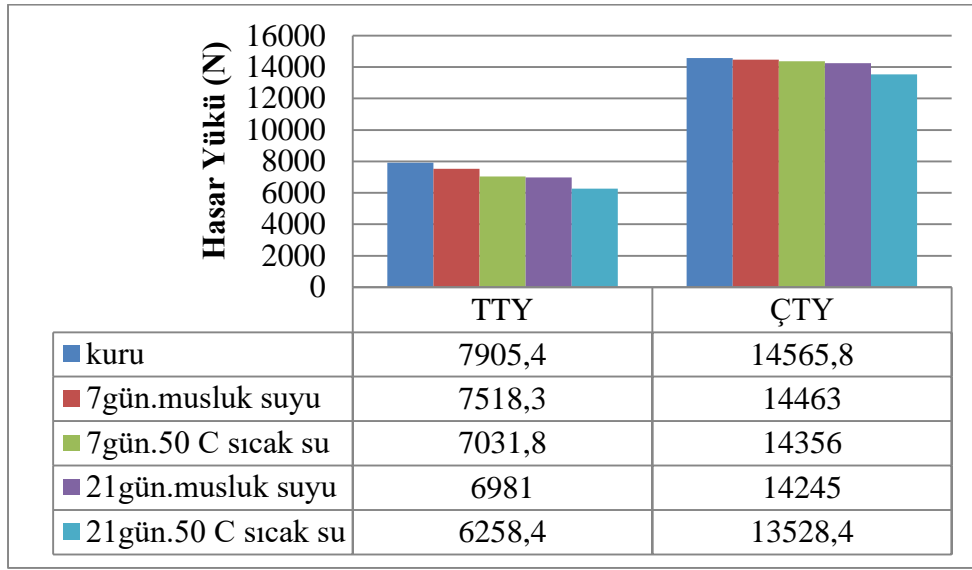
Suda bekleme süresi sonunda her numunenin üzerindeki fazla su bir bez yardımıyla kurutulmuş ve numuneler 1 saat süre sonunda statik çekme testine tabi tutulmuştur. Numuneler, 10 ton kapasiteye sahip Instron marka BS8801 tipindeki çekme cihazında, 1mm/dk hızında teste tabi tutulmuşlardır.

Grafik 2, Grafik 3 ve Grafik 4 incelendiği zaman; ÇTY numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerinin, TTY

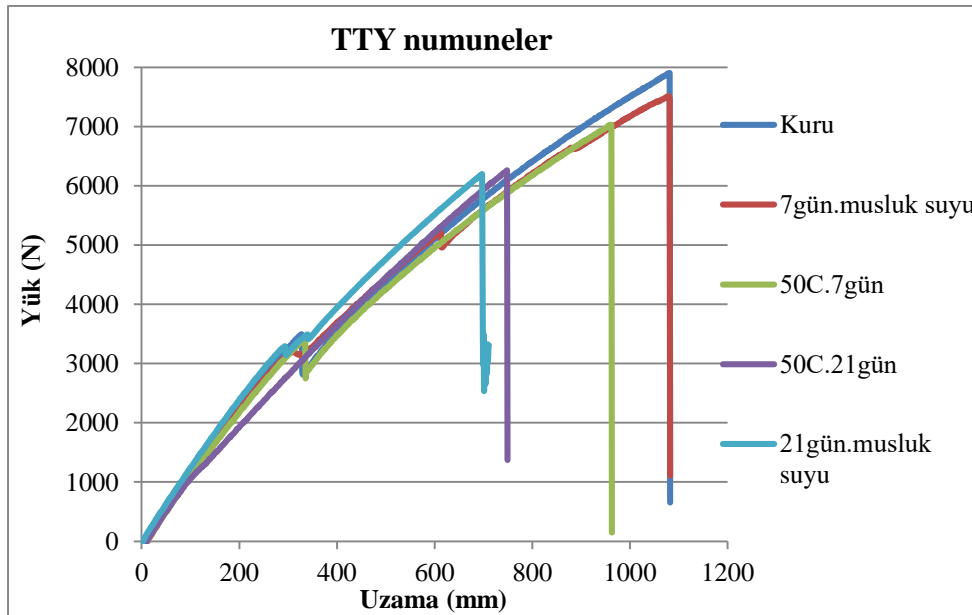
numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca numunelerin kuru haldeki hasar yük değerlerinin diğer şartlarda elde edilen hasar yük değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Kuru haldeki ÇTY numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerinin, kuru haldeki TTY numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerine göre %84.25 daha fazla artış sağladığı tespit edilmiştir.

Suda bekleme süreleri göz önüne alındığı zaman, 21 gün oda sıcaklığındaki musluk suyunda bekletilen TTY numunelerin maksimum hasar yük değerlerinin 7 gün aynı şartlarda bekletilen TTY numunelerin hasar yük değerlerine göre %7.14 oranında azaldığı; 21 gün oda sıcaklığındaki musluk suyunda bekletilen ÇTY numunelerin maksimum hasar yük değerlerinin ise 7 gün aynı şartlarda bekletilen ÇTY numunelerin hasar yük değerlerine göre %1.51 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 50 °C sıcaklığındaki musluk suyunda

21 gün süre ile bekletilen ÇTY numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerinin, 7 gün aynı şartlarda bekletilen ÇTY numunelerden elde edilen hasar yük değerlerine göre %5.76 oranında düştüğü tespit edilmiştir. TTY numunelerin 50 °C sıcaklığındaki musluk suyunda 21 gün bekleme süresi sonunda elde edilen maksimum hasar yük değerlerinin, 7 gün aynı şartlarda bekletilen TTY numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerine göre ise %10.99 oranında azaldığı tespit edilmiştir.



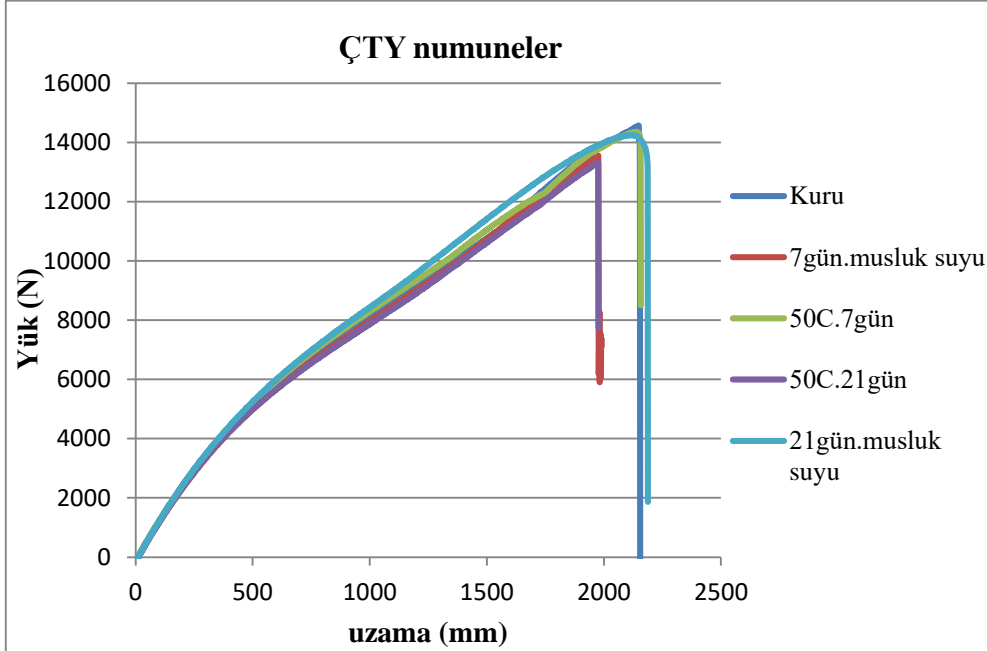
Grafik 2. Tek ve çift tesirli yamalı numunelerin sıcaklığa bağlı hasar yük grafiği.



Grafik 3. Tek tesirli yamalı numunelerin yük-uzama grafiği.

Grafik 3’de TTY numunelerin, Grafik 4’te ise ÇTY numunelerin yük-uzama eğrileri görülmektedir. Cam fiber takviyeli epoksi kompozit numunelerin suda bekleme süresince, suyun kılcallık özelliğinden kaynaklı, matriks-

fiber-ara yüzeylere nüfuz etmesi ile emilim gerçekleşmektedir. Bu emilim; emilim süresi ve suyun sıcaklığa bağlı olarak kompozit numunede, yapıştırıcı ve ara yüzeyde deformasyonlar meydana getirmektedir.



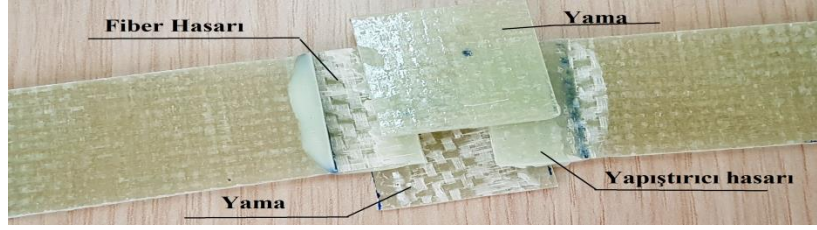
Grafik 4. Çift tesirli yamalı numunelerin yük-uzama grafiği.

Bu deformasyonlar, malzemenin maksimum hasar yük değerlerindeki düşüşlerle kendini göstermektedir. Bu çalışma ile suda bekleyen numunelerde bekleme süresinin ve suyun sıcaklığının, maksimum hasar yükü ile olan ilişkisi Grafik 3 ve Grafik 4’te de görülmektedir.

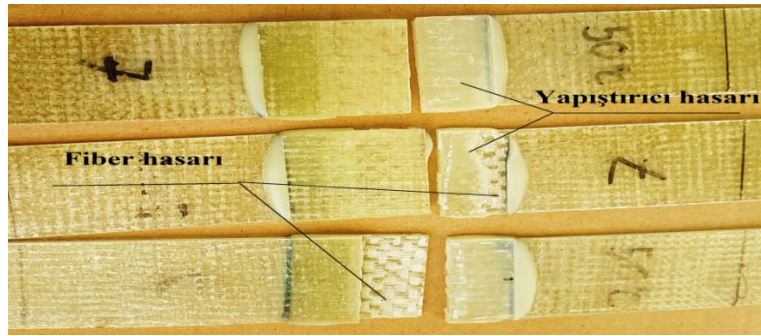
Numunelerin hasar tipleri açısından değerlendirilmesi

Numunelerin çekme testi sonucu maksimum hasar yükleri tespit edilirken, numunelerde meydana gelen hasar tipleri de gözlemlenmiştir. Çift tesirli yama ile bağlantısı yapılmış bindirme bağlantılı numunelerin 21 gün musluk suyu içerisinde bekletildikten sonra yapılan çekme testinde numunelerde meydana gelen hasar tipleri Şekil 5’te gösterilmiştir. Şekil 6’da ise tek tesirli yama ile bağlantısı yapılmış bindirme bağlantılı numunelerin 50 °C’ e sahip suyun

içerisinde 7 gün bekletildikten sonra yapılan çekme testi sonucu meydana gelen hasar tipi gösterilmektedir. Musluk suyunda bekleyen çift tesirli yama bağlantılı numunelerde hem yapıştırıcı hem de yamanın ayrılması ile kompozit numunede fiber hasar tipinin meydana geldiği (Şekil 5), 50 °C’ lik suyun içerisinde 7 gün süre ile bekleyen tek tesirli yamalı numunelerden ise hem yapıştırıcı hem de bir taraftan kopan yama ile oluşan fiber hasar tipinin meydana geldiği görülmüştür (Şekil 6). Her üç gruptaki numunelerin, yama tipine ve suda bekleme sürelerine göre meydana gelen hasar tipleri Tablo 2’de verilmiştir. Tek tesirli yama ile bağlantısı yapılmış kuru numunelerde yapıştırıcı hasar tipi ve fiber hasar tipi beraber oluşurken, 7 gün ve 21 gün süre ile suyun içerisine konulduktan sonra da aynı hasar tiplerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Diğer ortamlar için de benzer hasar tiplerinin oluştuğu Tablo 2’den de görülmektedir.



Şekil 5. Çift tesirli yamalı numunenin 21 gün musluk suyu içerisinde bekledikten sonra oluşan hasar tipi



Şekil 6. Tek tesirli yamalı numunenin 50 °C 'lik suda 7 gün bekletildikten sonra oluşan hasar tipi.

Tablo 2. Numunelerde meydana gelen hasar tipleri.

| Sıcaklık | numune geometrisi | Suda kalma süresine bağlı olarak hasar tipi | | |
|------------------------------|-------------------|---|-------|--------|
| | | 0 gün | 7 gün | 21 gün |
| 0 °C (Kuru Numuneler) | TTY | FH+YH | - | - |
| | ÇTY | FH+YH | - | - |
| Oda sıcaklığında musluk suyu | TTY | - | FH+YH | FH+YH |
| | ÇTY | - | FH | FH+YH |
| 50°C | TTY | - | FH+YH | FH+YH |
| | ÇTY | - | FH+YH | FH+YH |

FH= Fiber hasarı YH= Yapıştırıcı hasarı

Sonuçlar ve tartışma

Bu çalışmada; 1.95 mm kalınlığa sahip örgülü cam fiber takviyeli epoksi kompozit iki levha, aynı malzemeden kompozit yamalarla tek tesirli ve çift tesirli olmak üzere yapıştırıcı yardımıyla birleştirilmiştir. Hazırlanan numuneler oda sıcaklığındaki musluk suyu ile dolu kazana ve 50 °C sıcaklıktaki musluk suyu ile dolu kazana 7 gün ve 21 süre boyunca bekletilmek suretiyle konulmuştur. Bu deneysel çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Çift tesirli yama bağlantılı numunelerden elde edilen nem emilim miktarlarının tek tesirli yama bağlantılı numunelerden elde edilen nem emilim miktarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Numunelerin suda bekleme süresi ve suyun sıcaklığı arttığı zaman nem emilim oranlarının arttığı tespit edilmiştir.
- Bütün şartlarda çift tesirli yama bağlantılı numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerinin, tek tesirli yama bağlantılı numunelerden elde edilen maksimum hasar yük değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Numunelerin suda bekleme süreleri ve suyun sıcaklık derecesi arttığı zaman maksimum hasar yük değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Ancak aynı bekletme süreleri için çift tesirli yamalı numunelerdeki bu düşüşün tek tesirli yamalı numunelerdeki düşüşe göre daha az olduğu deneysel olarak elde edilmiştir.
- Genel anlamda numunelerin hasar tiplerinde çok büyük bir değişiklik oluşmadığı görülmüştür.

Kaynaklar

- Akderya T., Kemiklioglu U., Sayman O., (2016). Effects of thermal ageing and impact loading on tensile properties of adhesively bonded fibre/epoxy composite joints, *Composites Part B* **95**, 117-122.
- Campilho R.D.S.G., Moura M.F.S.F., Domingues J.J.M.S.,(2009). Numerical prediction on the tensile residual strength of repaired CFRP under different geometric changes, *International Journal of Adhesion & Adhesives* **29**, 195– 205.
- Campilho R.D.S.G., Moura M.F.S.F., Domingues J.J.M.S., (2005). Modelling single and double-lap repairs on composite materials, *Composites Science and Technology* **65**, 1948–1958.
- Her S.C., Chao M., (2011). Adhesively Bonded Patch Repair of Composite Laminates, *Journal of Adhesion Science and Technology* **25**, 2569–2585
- Liu X., Wang G.,(2007). Progressive failure analysis of bonded composite repairs. *Composite Structures* **81**, 331-340
- Ouinias D., Bouiadjra B.B., Serier B., Bekkouche M. S., (2007). Comparison of the effectiveness of boron /epoxy and graphite /epoxy patches for repaired crack emanating from a semicircular notch, *Composite Structures* **80**, 514–522.
- Ouinias D., Sahnoune M., Beberdouche N., Bouiadjra B.B. (2009). Stress Intensity Factor Analysis for Notched Cracked Structure Repaired by Composite Patching, *Materials and Design* **30**, 2302–2308.
- Soykok I.F., (2015). Degradation of single lap adhesively bonded composite joints due to hot water ageing. *The Journal of Adhesion*. <http://dx.doi.org/10.1080/00218464.2015.1076340>.
- Toudeshky, H. H., Mohammadi B.,(2009). Mixed-mode numerical and experimental fatigue crack growth analyses of thick aluminium panels repaired with composite patches, *Composite Structures* **91**. 1–8.
- Toudeshky, H.H., Mohammadi B., Daghyani H.R., (2006). Mixed-mode fracture analysis of aluminium repaired panels using composite patches, *Composites Science and Technology* **66**, 188–198.
- Toudeshky, H.H.,(2006). Effects of Composite Patches on Fatigue Crack Propagation of Single-side Repaired Aluminum Panels, *Composite Structures* **7**, 243–251.

- Tsouvalis N.G., Mirisiotis L.S., (2007). Experimental investigation of the static Behaviour of a Hole Drilled Steel Plate Reinforced with a Composite Patch, *Strain* **44**, Issue 2 , Version of Record online: 6 AUG 2007
- Turan K., Örcen G., (2017). Failure analysis of adhesive-patch repaired edge-notched composite plates, *The Journal of Adhesion*, **93:4**, 328-341, DOI: 10.1080/00218464.2015.1116984.
- Walker S.P., (2003). Thermal effect on the compressive behavior of IM7/PET15 laminates, *Fourteenth International Conference on Composite Materials*, July 14-18, San Diego, CA.
- Zhang F., Wang H.P., Hicks C., Yang X., Carlson B.E., Zhou Q., (2013). Experimental study of initial strengths and hygrothermal degradation of adhesive joints between thin aluminum and steel substrates, *International Journal of Adhesion and Adhesives* **43**,14–25.

The effect of hot water ageing on failure behavior of the double strap joint composites

Extended abstract

In this study, the effect of hot water on glass fiber reinforced woven epoxy composites was investigated experimentally. Composite specimens repaired with single and double patches adhesively bonded were kept in tap water at room temperature and in hot tap water at 50 °C for 7 days and 21 days. At the end of the waiting period, the water absorption ratios of the specimens were calculated and compared. At the same time, the maximum failure loads obtained from the specimens which repaired with single and double patches adhesively bonded kept in the water at these two different temperatures were compared with the maximum failure loads obtained from the dry specimens. Besides, at the end of the waiting period, the specimens were identified and evaluated for failure modes.

In this experimental study, it has been determined that the moisture absorption quantities of the double patch connections specimens kept in the tap water at room temperature for 21 days increased by 138.86 % compared to the single patch connections specimens kept under the same conditions at the same time.

It has been found that the moisture absorption rates obtained from specimens with double and single patches adhesively bonded which are kept in water for 21 days are higher than the moisture absorption rates obtained from specimens immersed in hot tap water at 50 °C for 7 days. It was measured that the amount of moisture absorption of single patch adhesively bonded specimens kept in tap water at room temperature for 21 days increased by 80.26% compared to the amount of moisture absorbed from double patch adhesively bonded specimens kept under the same conditions for 7 days.

In all conditions it was determined that the maximum failure loads values obtained from the double patch adhesively bonded were higher than the maximum failure loads values obtained from the single patch adhesively bonded.

It has been found that the maximum failure loads values obtained from the dry double patch adhesively bonded specimens increase 84.25% more than the failure loads values obtained from the dry single patch adhesively bonded specimens. In addition, it was found that the maximum failure load values of the single patch adhesively bonded specimens stored in the tap water at room temperature for 21 days decreased by 7.69% compared to the failure load values of the single patch adhesively bonded specimens retained under the same conditions for 7 days.

It was determined that the maximum failure load values obtained from the double patch adhesively bonded specimens kept in the tap water at 50 °C temperature for 21 days decreased by 5,76% compared to the failure load values obtained from the double patch adhesively bonded specimens kept under the same conditions for 7 days. It was found that the maximum failure load values obtained at the end of the 21 day waiting period of the single patch adhesively bonded specimens decreased by 10,99% compared to the failure load values obtained from the single patch adhesively bonded specimens kept in the same conditions for 7 days.

It has been determined that the maximum failure load values are decreased when the samples are waiting in water and the temperature is increased. However, it has been experimentally determined that this decrease double patch adhesively bonded specimens are less than the decrease in the single patch adhesively bonded specimens. It was also found that the failure modes obtained from the samples at the end of the waiting period were similar to those from the dry samples.

Keywords: Single patch adhesive bond, double patch adhesive bond, hot-water, environmental degradation, failure loads.