

Doğal Yaşlandırma Koşullarının Dokunmuş Aramid Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Sönümlenme Davranışına Olan Etkisi

Ali İhsan KAYA^a, Murat KISA^b, Mustafa ÖZEN^b

a Adıyaman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Adıyaman

b Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Şanlıurfa

e-posta: alikaya@adiyaman.edu.tr

Geliş Tarihi: 15.09.2017

Kabul Tarihi: 17.12.2017

Özet

Bu çalışmada dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kırımların çevresel yaşlandırma faktörlerine bağılı olarak sönüm oranlarındaki değışimler araştırılmıştır. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitler, Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Tekniğı (VDRIT) kullanılarak üretilmiştir. Bir yıl boyunca çevresel yaşlandırmaya maruz bırakılan kompozitlerin dinamik analizleri her üç ayda bir gerçekleştirilmiştir. Dinamik analiz sonucu elde edilen veriler Matlab'te fft komutu esaslı bir program ile işlenmiştir. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kırımlara ait Elastisite Modülü ASTM D3039 standardı kullanılarak elde edilmiştir. Titreşim test sonuçları, yaşlandırılmamış referans numuneler için ANSYS programında doğrulanmıştır. Bir yıl süreli çevresel yaşlandırma koşullarının dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kırımların sönümlenme oranına olan etkisi belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kevlar; Sönüm Oranı; Çevresel Yaşlandırma

Effect of Natural Aging Conditions on Damping Properties of Woven Aramid Fiber Reinforced Composites

Abstract

In this study, changes in damping ratios of woven aramid fiber reinforced composite beams subjected to environmental aging effects were investigated. Woven aramid fiber reinforced composites were produced using Vacuum Assisted Resin Infusion Technique (VDRIT). Dynamic analyzes of composites subjected to environmental aging for one year were carried out every three months. The results obtained from the dynamic analysis were processed in MATLAB with a program based on the fft command. The elastic modulus of the composite beams was obtained via using the ASTM D3039 standard. Dynamic analysis test results were verified in the ANSYS software for unaged reference samples. The effect of one year environmental aging conditions on the damping rate of woven aramid fiber reinforced composites was determined.

Keywords: Kevlar; Damping Ratio; Environmental Aging

1. Giriş

Yaklaşık olarak 50 yıl önce icat edilmiş aramid elyafların bir türü olan kevlar elyaflar, sahip olduğu yüksek çekme mukavemeti/ağırlık oranı sayesinde bisiklet lastikleri ve yarış yelkenlerinden vücut zırhlarına kadar birçok uygulama alanına sahiptir [1]. Bu elyafların enine ve basma mukavemeti nispeten düşüktür, ayrıca suyu emme konusunda güçlü bir eğilim gösterirler. Ayrıca, polimerik matrislere yapışmaları bazen zayıftır ve bu elyaf temel alınarak imal edilen kompozitlerin kesilmesi ve işlenmesi zordur [2].

Epoksi reçineler; yapıştırıcılarda, boyalarda, kaplamalarda, tıbbi implantlarda ve elektrikli

cihazlarda yaygın olarak kullanılan termoset polimerlerdir. Ayrıca epoksiler, hem elyaf takviyeli kompozitlerde hem de havacılık ve rüzgâr türbin endüstrilerinde matris malzemesi olarak yaygın şekilde kullanılır [3]. Epoksiler, yüksek özgül rijitliğı, yüksek özgül mukavemeti, yalıtkan özellikleri, korozyon direnci, takviye elyaflar ile kimyasal uyumluluğı ve imalatın nispeten kolay olması nedeniyle bu uygulamalar için elverişlidir [4].

Bir mühendislik sisteminde yapısal hasar varlığı, titreşim modlarının değışmesine yol açmaktadır. Bu değışikliklerin dinamik (titreşim) test sonuçlarından elde edilebilen modal parametrelerde (doğal frekanslar, mod şekilleri ve modal sönümlenme değıerleri) kendini göstermesi beklenmektedir.

Modal parametrelerdeki değişiklikler, her mod için aynı olmayabilir, çünkü değişiklikler hasarın niteliğine, konumuna ve şiddetine bağlıdır. Bu durum, mühendislik sitemlerinde hasarın tespit edilmesi, bulunması ve şiddetinin ölçülmesi için dinamik testlerden yararlanarak veri kullanma imkânı sunmaktadır [5-6]. Bu nedenle modal analiz yöntemi, kompozit malzemelerde gerçekleştirilecek olası hasarın veya degradasyonun dinamik karakteristikler üzerindeki etkisinin belirlenmesinde kullanılabilir.

Titreşim analizi sonuçları yorumlanırken tek başına doğal frekans değişiklikleri, yapısal hasarın konumunun uygun bir şekilde belirlenmesi için yeterli olmayabilir. Bunun nedeni, benzer yapıya sahip çatlakların iki farklı bölgede aynı miktarda frekans değişimine sebep olabileceğidir. Böyle bir durumda diğer modal parametrelerin dikkate alınması gereklidir. Çünkü aynı ortam koşullarına bağlı oluşan bir hasar veya degradasyon, yapının diğer modal parametreleri üzerinde de aynı etkiye sebebiyet verecektir.

Sönümlenme, dinamik sistemlerdeki enerji dağılımının bir ölçümüdür ve yapısal davranışın karakteristiğidir. Ayrıca dinamik yükleme tepkisinin pik genliğini kontrol eden parametrenin bir ölçüsüdür [7]. Sönümlenme özellikleri, literatürde hasar tespiti için yaygın olarak kullanılmaktadır [7-9]. Bununla birlikte, bir yapıda çatlak algılama için sönümlenmeye dayalı yöntemler, frekanslara ve mod şekillerine dayalı algılama yöntemlerine göre bazı avantajlara sahiptir. Çatlaklar, çok az ya da neredeyse hiç frekans değişimi göstermezken, çatlak sonucu oluşan dağılıma etkileri sönümlenme özelliklerinin değişimi ile saptanması mümkündür.

Hasar görmüş bir yapının hasarsız yapıya göre artan oranda bir sönümlenme göstermesi beklenir. Bir yapıdaki anormal derecedeki yüksek sönümlenme, beklenenden daha fazla enerji yayılım mekanizması olduğunu ima etmekte ve bu durum yapıda çatlaklar olabileceğini ima etmektedir [5-6]. Dolayısıyla, aynı uyarılma koşulları altındaki elde edilen sönümlenme değerlerindeki bir artış, yapıdaki bozulmanın belirtisi olarak okunabilir. Ayrıca sönümlenme, frekansların yanı sıra mod şekillerinin hasara duysuz olduğu

durumlarda, hasarın belirlenebileceği tek modal parametre olabilir.

Kompozit malzemeler doğal yaşlandırma koşullarına oldukça dayanıklı malzemelerdir [10]. Literatürdeki yaşlandırma çalışmalarının büyük bölümü hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerine içermektedir [11]. Bu sebeple bu çalışmada, çevresel yaşlandırma faktörlerinin söz konusu kompozit malzemelerin sönüm oranı üzerine olan etkisi titreşim testleri yardımıyla belirlenmiştir. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kırımlar üç farklı çevresel koşulda bir yıl boyunca yaşlandırılmış ve sönüm oranlarındaki değişim takip edilmiştir.

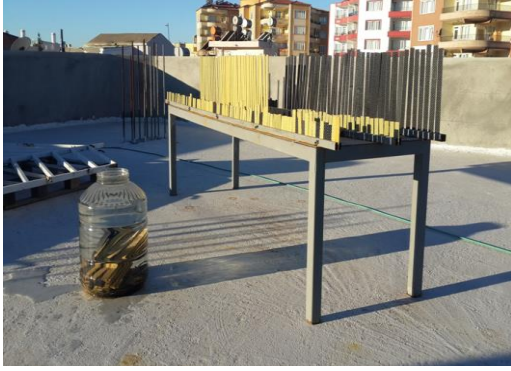
2. Materyal ve Metot

2.1. Kompozitlerin Üretimi

Bu çalışmada, dokunmuş aramid (Kevlar 49, Saati Composites) elyaf ve epoksi (Araldite LY1564, Huntsman) matristen oluşan kompozit kırımlar VDRIT ile üretilmiştir. Bu teknik kullanılarak üretilen kompozit plakalar 5 katlıdır. Hem titreşim hem de çekme testleri için numune kesim işlemi yapılmıştır. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit plakaların kesme işlemi, titreşim testi için Capozucca [12]'nin çalışmasındaki ölçüler, çekme testi için ise ASTM D3039 [13] standardı esas alınarak numuneler Rubi DS-350 sulu kesme testeresi kullanılarak hazırlanmıştır. Titreşim testi için hazırlanan kırımlar 250 mm uzunluk (50 mm uzunluğu mendeneye sabitlenmek üzere), 20 mm genişlik ve 1.8 ± 0.1 mm kalınlığa sahiptir.

2.2 Kompozitlerin Yaşlandırma Koşullarına Bırakılması

Aramid elyaf takviyeli kompozit kırımlar Şekil 1 de görüldüğü gibi güneş altında kuru, güneş altında suda ve toprak altında 50 cm derinlikte olmak üzere ortam şartlarına bırakılmıştır. Özellikle güneş altında kuru yaşlandırma faktörü için yerden 60 cm yükseklikte 2 metre uzunluğunda ve 50 cm genişliğinde bir masa imal edilmiştir. Bu masanın üzerinde numunelerin sabitlenmesi için sıkıştırılıp gevşetilebilir özelliği olan bir mekanizma yapılmıştır. Kırımlar, bu mekanizma yardımıyla sabitlenerek yaşlandırılmıştır. Güneş altında su içinde



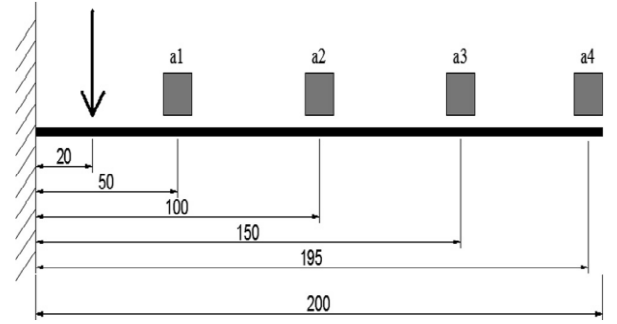
Şekil 1. Çevresel yaşlandırma koşullarında kompozit kirişler

şartlandırılan kirişler için şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

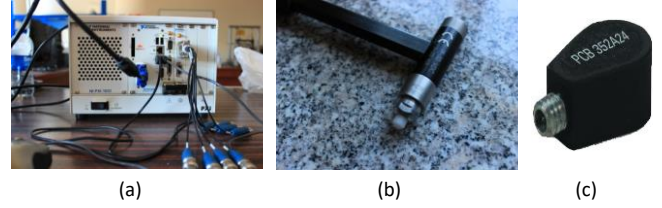
2.3 Titreşim Testleri ve Yöntemin Doğrulanması

Titreşim testleri gerçekleştirilirken 4 kHz örnekleme frekansı kullanılmıştır. Test sırasında 4 adet ivmemetre kullanılmış ve ivmemetrelerin konumları Capozucco [12]'nin çalışması dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Teste tabi tutulan kirişler iki şekilde uyarılmıştır. İlk yöntem, bahsi geçen çalışma referans alınarak, ankastre taraftan 20 mm uzaklıkta çekiç ile uyarılmıştır (Şekil 2). İkinci yöntemde ise kirişler mengenede sabitlenmişken serbest ucundan 1 cm çekilerek ilk deplasman verilip bırakılması ile uyarma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her numune için titreşim testi en az 4 kere tekrarlanmış ve zaman alanındaki her bir titreşim testi veri aralığı ayrı ayrı incelenerek en uygun titreşim cevabı seçilmiştir.

Titreşim testleri sırasında kullanılan sinyal işlemci, çekiç ve ivmemetre sırasıyla Şekil 3a, 3b ve 3c de gösterilmiştir. Sinyal işlemcisi olarak National Instruments NI PXI-1031 (Teksas, ABD) cihazı, uyarma işlemi için PCB 086C01 ve ivmemetre olarak ise 4 adet damla ivmemetre olarak adlandırılan PCB 352A24 kullanılmıştır.



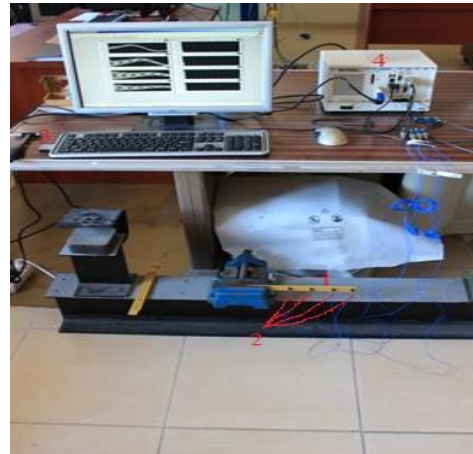
Şekil 2. Kirişlerdeki ivmemetre noktaları (a1,a2,a3,a4) ve tahrik noktası [12]



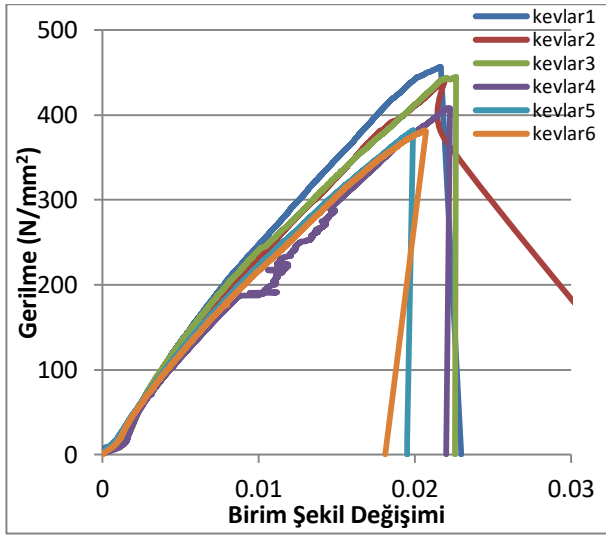
Şekil 3.a) Sinyal işlemci, b) PCB çekiç, c) İvmemetre

Titreşim testleri gerçekleştirilen dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kirişler için test kurulum düzeneği Şekil 4' te verilmiştir. Bu düzende ivmemetrelerin sıralı şekilde olmasına, her bir ivmemetre kablolarının masaya sabitlenmesine ve birbirlerine dolanmamasına dikkat edilmiştir.

Titreşim test sonuçlarının nümerik olarak doğrulanması amacıyla kompozit numunelere tek eksenli çekme deneyinde uygulanmıştır. Çekme deneyi için 100 kN yük hücresine sahip Shimadzu Autograph AG-X Universal çekme cihazı kullanılmıştır. Numunelere ait gerilme-birim şekil değiştirme değişimleri Şekil 5' te verilmiştir. Çekme testi sonucunda 6 adet dokunmuş aramid elyaf



Şekil 4. Modal analiz Ekipmanları ve Deney Düzeneği: (1) Kompozit kiriş, (2) İvmemetreler, (3) Darbe çekiç (4) National Instruments NI PXI-1031 Sinyal işlemci cihazı



Şekil 5. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kirişlerin çekme testi Gerilme-Birim Şekil değişimi grafiği

takviyeli kompozit numunenin ortalama Elastisite Modülü 24,927 GPa olarak hesaplanmıştır. Bu veri, ANSYS te nümerik doğrulama için kullanılmıştır.

Nümerik analiz, tanımlanmış fiziksel bir problemin matematiksel olarak modellenerek çözülmesi sürecidir. Bu çalışmada nümerik analiz, deneysel titreşim analiz yönteminin doğruluğunu gösterebilmek için uygulanmıştır. Nümerik model ANSYS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Titreşim deneyi kompozit kirişlerin ebatları ortalama $1,79(\pm 0.1) \times 19,5(\pm 0.3) \times 200$ mm olarak ölçülmüştür ve yoğunluğu ise karışım formülünden $1281,556 \text{ kg/m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kirişlere ait ANSYS titreşim analizi sonuçları

Doğal Frekanslar	Değer	Birim
1.nci	31.973	Hz
2.nci	200.24	Hz
3.ncü	560.36	Hz

Tablo 2. Kompozit kirişlerin deneysel titreşim analiz sonuçları (Hz)

Numuneler	1.nci Doğal Frekanslar	2.nci Doğal Frekanslar	3.ncü Doğal Frekanslar
1.nci numune	28,32	186,5	556,2
2.nci numune	30,27	189,5	564,9
3.ncü numune	30,76	195,3	579,1
Ortalama	29,78	190,43	566,73
Standart Sapma	1,29075	4,4736	11,5595

Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitler için ANSYS'de ankastre kiriş modeli oluşturulmuş ve bu Sonlu Elemanlar (SE) modelinde eleman türü için Shell 181 elemanı kullanılmıştır. Kirişin SE modeli

2280 element ve 3025 düğümden oluşmaktadır. Analiz sırasında ekstraksiyon yöntemi olarak Block Lanczos algoritması seçilmiştir. Bu yöntem, büyük simetrik özdeğer problemleri için kullanılmakta olup daha hızlı yakınsama oranı sağlamaktadır [14]. Bu bilgiler ışığında dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitlerin nümerik modal analiz çözümü yapılmış ve sonuçlar Tablo 1 de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Nümerik analizden sonra kompozit numuneler arasından rastgele seçilen üç adet dokunmuş kompozit kirişlerin deneysel modal analizi gerçekleştirilmiştir. Titreşim testi sırasında ivmeölçerlerin konumu Şekil 2 deki gibi konumlandırılmış ve deney düzeneği Şekil 4 deki gibi uygulanmıştır. Elde edilen ham veriler, Matlab programında *fft* komutu esaslı hazırlanan bir program ile işlenmiştir. 3 adet kompozit kirişin işlenen deneysel titreşim analiz sonuçları Tablo 2 de verilmiştir. Tablo 1 ile Tablo 2 karşılaştırıldığında deneysel titreşim sonuçları ile nümerik analiz sonuçlarının paralellik gösterdiği görülmüştür.

2.4 Sönümlenme Oranı

Yapılara ait sönümlenme oranı 3 yöntem ile belirlenebilir. Bu yöntemler; zarf eğrisinde pik ölçümlerine eğri uydurulması, logaritmik azalış ve yarım güç bant genişliğidir [9]. Çok dereceli serbestlik derecesine sahip bir yapının sönümlü serbest titreşimi, temel modda sönümsüz doğal frekans ω_n ve sönüm oranına ζ bağlı olarak

$$z(t) = Ae^{-\zeta\omega_n t} \cos(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t - \varphi) \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada $z(t)$ nodal yer değiştirme vektörünü, A genliği, φ faz değişimini, ω_n sönümsüz doğal frekansı ve ζ sönümlenme oranını ifade etmektedir. Serbest titreşim frekansı, sönümlenmiş doğal frekans olarak bilinir ve $\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$ ile formüle edilir. Eksponansiyel terimin üssü, serbest titreşim cevabının azalma oranını belirler ve doğrudan yapının sönümlenme oranına bağlı olarak belirlenir. Sönüm oranı, zarf eğrisi pik değerlerinin ölçülmesine bağlı olarak $Ae^{-\sigma t}$ nin üssünden hesaplanabilir. Buradaki delta, denklem 1 deki $\sigma = \zeta\omega_n$ ile ifade edilebilir. Bir

yapının serbest titreşim cevabına bağlı olarak eksponansiyel fonksiyonun üssü belirlendikten sonra sönüm oranı, küçük sönümlenme oranları için sönümsüz ve sönümlü doğal frekansların aynı olduğu göz önünde bulundurularak, kolayca hesaplanabilir. Sönümlenme oranının saptanması için kullanılan bir diğer yöntem, serbest titreşim cevabındaki ardışık pikler arasındaki oranın doğal logaritmasından türetilen logaritmik düşüştür. Logaritmik azalma,

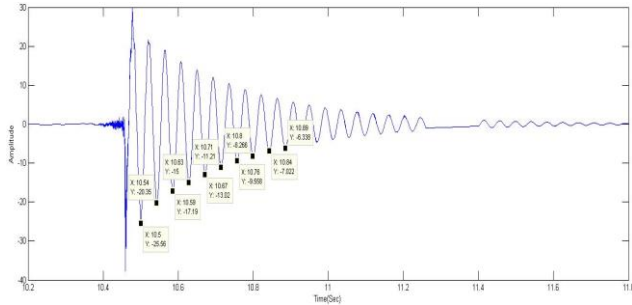
$$\delta = \frac{1}{n} \ln\left(\frac{A_0}{A}\right) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilebilir [15]. Burada δ logaritmik azalmayı, A_0 maksimum genliği, A ise n çevrim sonraki maksimum genliği ifade etmektedir. Sönüm oranı (ζ), denklem 2 deki logaritmik azalma kullanılarak aşağıdaki gibi elde edilebilir [9, 15].

$$\zeta = \frac{\delta}{\sqrt{\delta^2 + 4\pi^2}} \quad (3)$$

Sönümlenme oranının bulunmasında diğer ve en çok kullanılan yöntem ise yapının frekans tepkisinin kullanıldığı yarı güç yöntemidir. i nci mod için rezonans pikteki 3 dB düşüş ile ilgili frekans bandı, ilgili modal sönüm oranını hesaplamak için kullanılır. Bu yöntem, frekans alandaki titreşim analiz sonuçlarının işlenmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada bahsi geçen yöntemlerden logaritmik azalış yöntemi kullanılmıştır (denklem 2 ve 3).

Kompozit kirişlerin sönüm oranı, kirişlerin önceden belirlenen 1 cm mesafeye el ile çekilip bırakılması sonucu oluşan zaman alandaki serbest titreşim zarf



Şekil 6. Kompozit kirişe ait zarf eğrisinde ardışık piklerin seçimi

eğrilerinin incelenmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Çünkü çekiç ile tahrik edilen kompozitlerin serbest titreşim cevabında hem pikler belirlenememiş hem de pik sayısı yeterli görülmemiştir (en az 10 pik).

Dolayısıyla kirişlerin sönümlenme oranlarının belirlenmesi, el ile uyarılan zaman alandaki zarf eğrilerinin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Seçilen zarf eğrisinde Şekil 6 daki gibi 10 adet ardışık pik değerlerinin seçilmesi ile logaritmik azalış, denklem 2 kullanılarak elde edilmiş ve bu değer denkleminde uygulanması ile her kirişe ait sönümlenme oranı hesaplanmıştır.

Zaman alandaki zarf eğrileri incelendiğinde, kompozit kirişlerin büyük kısmında ilk maksimum genlik değerinde sönümlenme oranı hesaplanmasını etkileyecek ve zaman alandaki diğer pik davranışlarına benzemeyen ani pikler olduğu gözlenmiştir. Bu durumun muhtemelen sebebi titreşimin elle yapılmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden tüm numunelerin sönüm oranlarını doğru bir şekilde belirleyebilmek için zarf eğrisindeki ilk maksimum genlik göz ardı edilmiş ve sonraki ardışık 10 değer dikkate alınarak sönüm oranı hesaplanmıştır. Şekil 6 da görüleceği gibi ilk genlikteki ani artış diğer pik davranışlarına benzememektedir. Bu nedenle ilk pik genlik değeri değerlendirme dışı bırakılarak sonraki 10 ardışık pik değerleri seçilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kirişler için her alt grupta 5 numune test edilmek üzere yaşlanmaya bağlı olarak sönüm oranları değişimi, logaritmik azalış yöntemine göre hesaplanmış ve Tablo 3 te toplu olarak gösterilmiştir. Burada görüleceği üzere en şiddetli çevresel faktörün suda (değişen gün sıcaklıkları ile beraber) yaşlanma olduğu görülmektedir. Ancak sönüm oranlarındaki artış oranının, doğal frekanslardaki azalma oranından daha düşük olduğu görülmüştür. Tablo 3 ve Şekil 7 incelendiğinde güneşte ve toprakta şartlandırmanın ilk 6 aylık yaşlanma boyunca sönüm oranında küçük artışlar gösterdiği ancak daha sonra artış seviyesinin daha ciddi oranda olduğu görülmüştür. Şekil 7 incelendiğinde; daha önce ifade edildiği gibi dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kirişlerin sönüm oranı değişimini diğer çevresel yaşlandırma koşullarına göre en şiddetli şekilde etkileyen çevresel faktör suda (değişen gün sıcaklıkları ile beraber) şartlandırmadır. Bu durum

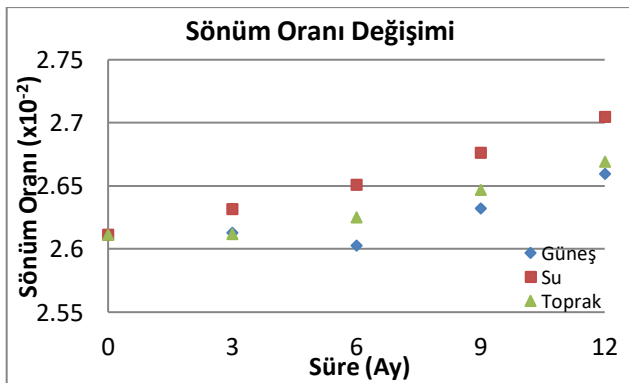
dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitlerin su sever yapısına bağlanabilir [16-18].

Çevresel yaşlandırmaya bağlı olarak sönüm oranlarındaki meydana gelen artışlar, bir hasar başlangıcının ve yapıdaki muhtemel çatlak başlangıçlarının göstergesi olabilir [5-6,9].

Tablo 3. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kırıların yaşlanma sürelerine göre ortalama sönüm değerleri

Yaşlanma süresi	Güneş	Su	Toprak
Referans	0,026110515	0,026110515	0,026110515
3 ay yaşlanmış	0,026124759	0,026313852	0,026116599
6 ay yaşlanmış	0,026027756	0,026508268	0,026248871
9 ay yaşlanmış	0,026321471	0,026759148	0,026466438
12 ay yaşlanmış	0,026593316	0,027046223	0,026689832

Çevresel faktörler arasında en şiddetli sönümlenme oranı değişiminin suda şartlandırmada gerçekleşmesi; suyun, (nispeten Güney Doğu Anadolu sıcaklıkları ile beraber düşünüldüğünde) epoksi esaslı malzemeler için de yıkıcı sonuçlarını göstermektedir. Sıcaklık ile beraber suda şartlandırma durumu, literatür çalışmalarında yaygın olarak çalışılmış ve bu iki faktörün epoksi malzemeler üzerindeki yıkıcı etkisi vurgulanmıştır. [17-22]. Şekil 7 deki bir diğer durum ise güneş ve toprakta yaşlandırmanın, 1 yıl süreli yaşlanma süresi göz önüne alınırsa, sönüm oranı değişimlerinde suda yaşlandırmaya nazaran ciddi bir etkisinin olmadığıdır.



Şekil 7. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli numunelerine ait ortalama sönümlenme oranı değişimi

Bu çalışmada ele alınan kompozit malzemeler için en şiddetli çevresel şartlandırmanın Su içinde (değişen gün sıcaklıkları ile beraber) yaşlandırma olması, epoksi malzemelerin suya karşı olan hassasiyeti ile de ifade edilebilir. Nem, reçine ağının termomekanik

özelliklerini plastikleştirilme veya hidrolitik tepkimeler ile kimyasal olarak etkiler [2]. Dolayısıyla bu durum, kompozit ömrünü ve hizmet verdiği maksimum servis sıcaklığını (nemin reçinenin camı geçiş sıcaklığını düşürdüğü göz önüne alınarak) azaltacaktır.

Burada belirtilen literatür ve bu çalışmanın sonuçları dikkate alındığında; nemin kompozit malzemelerde varlığı, istenmeyen bir durumdur ve bu malzemelerin dinamik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Ayrıca, nemin polimerlerin ve polimer kompozitlerin mekanik ile dinamik davranışı ve dayanıklılığı üzerindeki olumsuz etkilerinin bilinmesi, söz konusu materyalin servis ömrünün doğru tahmin edilmesinde önem taşımaktadır.

4. Sonuç

- Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitler için en şiddetli çevresel yaşlandırmanın değişen gün sıcaklıkları ile beraber suda şartlandırma durumunda gerçekleştiği görülmüştür. Suda yaşlandırmanın en etkili şartlandırma olması, hem epoksinin hem de aramid elyafın suya karşı olan duyarlılığına bağlanabilir.
- Güneş altında kuru ve toprak altındaki yaşlandırmanın sönüm oranına etkisi, suda yaşlandırmaya göre daha düşük olarak gerçekleşmiştir.
- 1 yıl boyunca güneş altında suda yaşlandırma durumunda kompozitlerin sönüm oranı değişimi yaklaşık yüzde 3,5 iken Güneş altında kuru ve toprak altındaki yaşlandırmanın sönüm oranına etkisinin ise yaklaşık %2 civarında olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (HÜBAK) tarafından 14133 numaralı proje ile finanse edilmiştir.

Kaynaklar

- [1] <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibers-nonwovens/fibers/brands/kevlar.html>
- [2] Jones, R. H., "Environmental effects on engineered materials", CRC Press, pp. 375-458, 2001.

- [3] Barkoula, N. M., "Environmental Degradation of Carbon Nanotube Hybrid Aerospace Composites, Carbon Nanotube Enhanced Aerospace Composite Materials", Springer Netherlands, pp. 337-376, 2013
- [4] Odegard, G. M., Bandyopadhyay, A., "Physical aging of epoxy polymers and their composites", Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, vol 49(24), pp. 1695-1716, 2011.
- [5] Salawu, O. S., "Detection of structural damage through changes in frequency: a review", Engineering structures, vol 19(9), pp. 718-723, 1997.
- [6] Williams, C., & Salawu, O. S., "Damping as a damage indication parameter, In Proceedings-Spie The International Society For Optical Engineering", Spie International Society for Optical, pp. 1531-1536, 1997
- [7] Botelho, E. C., Pardini, L. C., & Rezende, M. C., "Hygrothermal effects on damping behavior of metal/glass fiber/epoxy hybrid composites", Materials Science and Engineering: A, vol 399(1), pp. 190-198, 2005.
- [8] Curadelli, R. O., Riera, J. D., Ambrosini, D., Amani, M. G., "Damage detection by means of structural damping identification", Engineering Structures, vol 30(12), pp. 3497-3504, 2008.
- [9] Kıral, Z., İçten, B. M., & Kıral, B. G., Effect of impact failure on the damping characteristics of beam-like composite structures. Composites Part B: Engineering, vol 43(8), pp. 3053-3060, 2012.
- [10] Askegaard, V., Mossing, P., "Long term observation of RC-bridge using changes in natural frequency", Nordic concrete research, no 7, pp. 20-27, 1988.
- [11] Bank, L. C., Gentry, T. R., Barkatt, A., "Accelerated test methods to determine the long-term behavior of FRP composite structures: environmental effects", Journal of Reinforced Plastics and Composites, vol 14(6), pp. 559-587, 1995.
- [12] Capozucca, R., "Vibration of CFRP cantilever beam with damage", Composite Structures, vol 116, pp. 211-222, 2014.
- [13] Standard, A. S. T. M., Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials. ASTM D3039/D 3039M, 2008.
- [14] http://www.ansys.stuba.sk/html/guide_55/g-str/GSTR3.htm
- [15] Bulut, M., Bozkurt, Ö. Y., Erkliğ, A., "Damping and vibration characteristics of basalt-aramid/epoxy hybrid composite laminates", Journal of Polymer Engineering, vol 36(2), pp. 173-180, 2016.
- [16] Jones, F. R., "The effects of aggressive environments on long-term behaviour. Fatigue in composites", Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 117-46, 2003.
- [17] Sethi, S., Ray, B. C., "Environmental effects on fibre reinforced polymeric composites: Evolving reasons and remarks on interfacial strength and stability", Advances in colloid and interface science, vol 217, pp. 43-67, 2015.
- [18] Pegoretti, A., "Environmental Resistance: Stability of Structural Composites Under Aggressive Conditions", Wiley Encyclopedia of Composites, 2012.
- [19] Xiao, G. Z., Shanahan, M. E. R., "Water absorption and desorption in an epoxy resin with degradation", Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, vol 35(16), pp. 2659-2670, 1997.
- [20] Xiao, G. Z., Delamar, M., Shanahan, M. E. R., "Irreversible interactions between water and DGEBA/DDA epoxy resin during hygrothermal aging", Journal of Applied Polymer Science, vol 65(3), pp. 449-458, 1997.
- [21] Ray, B. C., "Temperature effect during humid ageing on interfaces of glass and carbon fibers reinforced epoxy composites", Journal of Colloid and Interface Science, vol 298(1), pp. 111-117, 2006.
- [22] Aditya, P. K., Sinha, P. K., "Diffusion coefficients of polymeric composites subjected to periodic hygrothermal exposure", Journal of reinforced plastics and composites, vol 11(9), pp. 1035-1047, 1992.