



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Dokunmuş Karbon Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Sönümlenme Davranışının Çevresel Koşullar Altında Değişimi

The Change of Damping Behavior of Woven Carbon Fiber-Reinforced Composites under Environmental Conditions

Yazar(lar) (Author(s)): Ali İhsan KAYA¹, Murat KISA², Mustafa ÖZEN³

¹ ORCID ID: 0000-0002-3040-5389

² ORCID ID: 0000-0001-7015-2198

³ ORCID ID: 0000-0002-0282-9387

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): KAYA A.İ., KISA M., ÖZEN M., “Dokunmuş Karbon Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Sönümlenme Davranışının Çevresel Koşullar Altında Değişimi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(3): 01-07, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>



Dokunmuş Karbon Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Sönümlenme Davranışının Çevresel Koşullar Altında Değişimi

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

^aAdıyaman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 02040, Merkez/Adıyaman

^bHarran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 63510, Merkez/Şanlıurfa

Öz

Bu çalışmada farklı çevresel yaşlandırma koşullarının dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozit kirişlerin sönüm karakteristiğindeki değişimlere olan etkisi araştırılmıştır. Dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozitler, Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Tekniği (VDRİT) ile üretilmiştir. Söz konusu kompozit kirişlerin Elastisite Modülü ASTM D3039 standardı ile bulunmuştur. Çevresel koşullar altında bir yıl boyunca yaşlandırılan kompozit kirişler, üçer aylık periyotlarla dinamik teste tabi tutulmuştur. Bu testlerin ham verileri Matlab'te hazırlanan bir programda yöntemin doğrulanması yapıldıktan sonra işlenmiştir Referans numuneler için, deneysel yöntem sonuçları ile ANSYS programında elde edilen nümerik sonuçlar karşılaştırılmıştır. Farklı çevresel koşullarda bir yıl süre ile şartlandırmanın, dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozit kirişlerin sönümlenme davranışı üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Sonuçlar, daha önce yayımlanan aynı süreyle yaşlandırılmış dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitlerin sönümlenme davranış değişimleri ile karşılaştırılmıştır. Dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitlerin sönümlenme oranındaki değişimin dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozitlerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Makale Bilgisi

Başvuru: 14/12/2018
Düzeltilme: 11/03/2019
Kabul: 14/04/2019

Anahtar Kelimeler

Dokunmuş Karbon Elyaf;
Çevresel Şartlandırma,
Sönüm Oranı Değişimi

Keywords

Woven Carbon Fibe,
Environmental
Conditioning,
Damping Rate Change

The Change of Damping Behavior of Woven Carbon Fiber-Reinforced Composites under Environmental Conditions

Abstract

In this study, the effect of different environmental aging conditions on the changes of damping characteristics of woven carbon fiber reinforced composite beams were investigated. Woven carbon fiber reinforced composites were produced by Vacuum Assisted Resin Infusion Method (VARIM). The elasticity modulus of the mentioned composite beams was found with ASTM D3039 standard. The composite beams, which were aged for one year under natural environmental conditions, were subjected to dynamic testing with three months intervals. The raw data of these tests were validated in a program prepared in Matlab and the data were then processed. For the reference samples, the results of the experimental method and the numerical results obtained in the ANSYS program were compared. The effect of conditioning on the damping behavior of woven carbon fiber reinforced composite beams for a period of one year was determined for different natural environmental conditions. The results were compared with the previously published article regarding the damping behavior changes of same period of time aged woven aramid fiber reinforced composites. It was seen that the change in the damping ratio of the woven aramid fiber reinforced composites was higher than the woven carbon fiber reinforced composites.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda, fiber takviyeli plastik (FTP) malzemeler avantajları nedeniyle otomotiv, havacılık, deniz ve inşaat mühendisliği gibi birçok uygulama alanında geleneksel yapı malzemelerine göre yaygın olarak kullanılmaktadır. Söz konusu FTP yapıları ve bileşenleri farklı çalışma süresi boyunca yüksek ve düşük sıcaklık, nem, UV ışıkları ve alkali atmosfer gibi şartlandırmalara ayrı ayrı veya bu şartların

kombinasyonuna maruz kalmaktadır [1,2]. Bu çevresel koşullar arasında sıcaklık ve nem, servis ömrü boyunca söz konusu materyallerin en çok maruz kaldığı çevresel değişkenlerdir [3, 4].

Bir yapıdaki hasarın varlığı, yapısal rijitlikte bir düşüşe neden olur ve bu durum kendini dinamik özelliklerde bir değişim ile gösterir [5]. Bu değişikliklerin dinamik (titreşim) test sonuçlarından elde edilebilen modal parametrelerde (doğal frekanslar, mod şekilleri ve modal sönümlenme değerleri) kendini göstermesi beklenmektedir [6]. Dolayısıyla, mühendislik sitemlerinde bir hasarın tespit edilmesi ve şiddetinin ölçülmesi için dinamik testlerden yararlanma uygulanabilir çözümler arasındadır. [5,7].

Dinamik mekanik test, doğal frekansların, sönümlenmenin ve modal parametreler olarak bilinen mod şekillerinin ölçümüne dayanır. Bu parametreler, sistemler hakkında nihai durum bilgisini elde etmek için kullanılabilir. Geleneksel tekniklere göre güçlü, kolay ve tahribatsız uygulanabilme özelliklerine sahiptir [8].

Sönümlenme, yapısal davranışın karakteristiğidir ve hareketli ortamlardaki enerji dağılımının bir ölçümüdür [7]. Sönümlenme özellikleri literatürde hasar tespiti için yaygın olarak kullanılmaktadır [9, 10]. Belirtmek gerekir ki hasarlı bir yapı, hasarsız bir yapıya göre aynı uyarılma koşullarında artan oranda bir sönümlenme gösterir. Bu durum yapının enerji yayılım mekanizması ile ilgilidir [5, 7].

Bu çalışmada, doğal yaşlandırma koşullarına nispeten dayanıklı olan dokunmuş elyaf takviyeli karbon kompozitlerin çevresel şartlandırma altındaki sönümlenme davranışının değişimi incelenmiştir. Çevresel faktörlerin, sönüm oranı üzerine olan etkisi titreşim testleri yardımıyla belirlenmiştir. Söz konusu kompozit kirişler, üç farklı çevresel koşulda bir yıl boyunca yaşlandırılmış ve sönüm oranlarındaki değişim analiz edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları daha önce sonuçlarını yayınladığımız dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitlerin sönümlenme davranışları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bu çalışma diğer yaşlandırma çalışmalarımızın devamı niteliğindedir [6, 11,12].

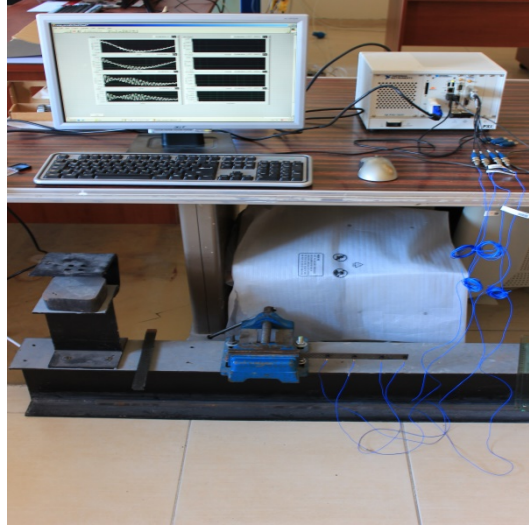
2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Kompozitler kirişler, beş katlı dokunmuş karbon kumaş (420 gr m^{-2}) ile epoksi matris (Araldite LY 1564 by Huntsman), kullanılarak VDRİT ile üretilmiştir [13]. Toplamda iki kompozit plaka üretilmiş olup bunlardan birinci plaka deneysel ve nümerik sonuçları karşılaştırmak için, diğeri ise yaşlanma sürecine bırakılacak kompozit kirişleri elde etmek için kullanılmıştır. Yaklaşık olarak 2-2.2 mm kompozit kalınlık elde etmek amacıyla beş kumaş tabakası seçilmiştir. Titreşim ve çekme testleri için kompozit plakalar, ASTM D3039 ile uyumlu olarak yaklaşık 20x250 mm boyutlarında olacak şekilde sulu testere ile kesilmiştir.

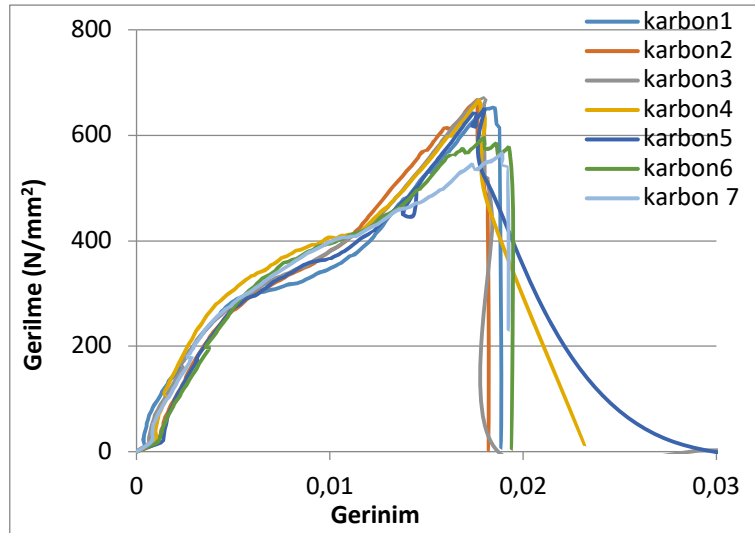
Kirişlerin titreşim modlarını incelemek amacıyla uygun bir modal test ekipmanı seçilmiştir. Dinamik test ekipmanı (Şekil 1), uygun bir yazılım ile birlikte sinyal uyarıcı için bir darbe çekici (PCB 086C01), impuls verilerini ölçmek amacıyla hafif ivmeölçerler (PCB 352A24) ve bu datayı işleyecek uygun bir dinamik sinyal analizöründen (National Instruments NI PXI-1031) oluşmaktadır. Kirişlerin titreşim testleri, 4 ivmeölçer ile gerçekleştirilmiştir. Tahrik işlemi serbest uçtan el ile uyarılarak gerçekleştirilmiştir. İvmeölçerlerin konumu ankastre taraftan 50, 100, 150, 195 mm uzaklıkta olacak şekilde konumlandırılmıştır [14]. Titreşim testleri gerçekleştirilirken 4 kHz örnekleme frekansı kullanılmıştır. Dinamik analiz test çıktılarından kirişlerin doğal frekanslarını elde etmek amacıyla FFT (Fast Fourier Transform-Hızlı Fourier Dönüşümü) komutlu, Matlab yazılımında hazırlanan bir program yardımıyla işlenmiştir.

Çekme deneyi için 100 kN yük hücresine sahip Shimadzu Autograph AG-X Universal çekme cihazı kullanılmıştır. Numunelere ait gerilme-gerinim değişimleri Şekil 2 de verilmiştir. Çekme testi için 7 adet kompozit kiriş teste tabi tutulmuş ve bu kompozit kirişler için ortalama Elastisite Modülü $34,88171 \text{ GPa}$ olarak hesaplanmıştır. Burada numunelerin gerilme-gerinim grafiğindeki bütün eğri davranışlarının doğrusal olduğu varsayılarak bir eğilim çizgisi eklenmiş ve bu eğilim davranışını simgeleyen doğrunun katsayısı o numuneye ait Elastisite Modülü olarak kabul edilmiştir.

Kompozit kirişler için yoğunluk, karışım kuralından $\rho = 1458.278 \text{ kg.m}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Karşılaştırma için titreşim testine tabi tutulan kirişlerin ortalama boyutları $2.2 \times 20.38 \times 200 \text{ mm}$ olarak ölçülmüştür. Karşılaştırma işlemini nümerik olarak gerçekleştirmek için kompozit kiriş ANSYS te modellenmiştir. Reel titreşim analizinde olduğu gibi ankastre tip modellenme ele alınmış ve mesh işlemi



Şekil 1. Dinamik analiz ekipmanları ve deney düzeneği



Şekil 2. Kompozit kirişlerin çekme testi sonuçları

için Shell 181 uygun görülmüştür. Kompozit kirişin nümerik modeli 2280 elementten ve 3025 düğümden oluşturulmuştur. Dokunmuş kompozit kirişlerin titreşim analizi bu koşullar altında analiz edilmiş ve sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kompozit kirişlerin ANSYS titreşim analizi sonuçları

Doğal Frekanslar	Değer	Birim
1.nci	43.001	Hz
2.nci	269.14	Hz
3.ncü	752.36	Hz

Dinamik analiz ekipmanı kullanılarak rastgele seçilen 3 adet dokunmuş karbon kompozitin titreşim analiz gerçekleştirilmiştir. Bu kirişlere ait dinamik test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 1 ve 2 deki veriler incelendiğinde deneysel ve nümerik sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülebilir. Bu nedenle, bu yöntemin dokunmuş karbon kompozit kirişlerin sönümlenme davranışını belirlemede uygun olduğu vurgulanabilir.

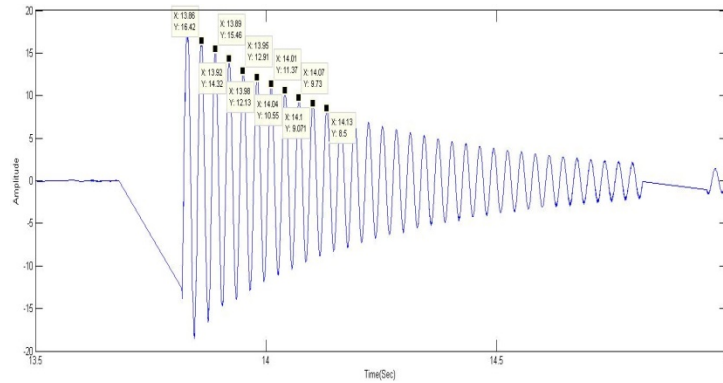
Karşılaştırma işleminden sonra, ikinci plaktan (5 katmanlı dokunmuş karbon elyaflardan elde edilmiş, 90 x 90 cm ölçülerinde) üretilen kirişler, aynı ekipmanla kesilmiş ve farklı çevresel koşullarına yaşlandırma işlemi için bırakılmıştır. Temel olarak sıcaklığı değişken ve sürekli nemli bir atmosferden oluşan iki yaşlanma koşulu seçilmiş ve bir de bu koşulların bir kombinasyonu göz önüne alınmıştır. Bu koşulları

temsil eden ortam koşulları sırasıyla güneş altında kuru, toprak altında 50 cm derinlik ve güneş altında suda olarak belirlenmiştir. Kompozit kirişler 12 ay süreyle yaşlandırılmış ve üçer ay arayla beş adet numune titreşim testine tabi tutulmuştur.

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

Numuneler	1.nci Doğal Frekanslar	2.nci Doğal Frekanslar	3.ncü Doğal Frekanslar
Numune 1	42,97	274,4	792,5
Numune 2	42,48	272	804,2
Numune 3	40,53	263,7	---
Ortalama	41,99	270,03	798,35
Standart Sapma	1,29075	5.61456	8.27315

Yapılara ait sönümlenme oranı, üç yöntem ile belirlenebilir. Bu yöntemler; zarf eğrisindeki pik ölçümlerine eğri uydurulması, logaritmik azalış ve yarım güç bant genişliğidir [10]. Bu çalışmada logaritmik azalış yöntemi kullanılmıştır. Kompozit kirişlerin sönüm oranı, kirişlerin bir cm mesafeye el ile çekilip bırakılması sonucu oluşan zaman alandaki serbest titreşim zarf eğrilerinin incelenmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Aynı kompozit kirişler çekiç ile tahrik edilmiş ancak kompozitlerin serbest titreşim cevabında pikler belirlenememiş ve uygulanacak metodoloji için pik sayısı yeterli görülmemiştir. Bu nedenle kirişlerin sönümlenme oranlarının belirlenmesi el ile uyarılan zaman alandaki zarf eğrilerinin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Kompozit bir kirişe ait örnek bir on adet ardışık pik değerlerinin seçilmesi Şekil 3 ten görülebilir. Daha sonra sönüm oranının belirlenmesi referans [6, 9] çalışmalarındaki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Kompozit kirişe ait zarf eğrisinde ardışık piklerin seçimi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

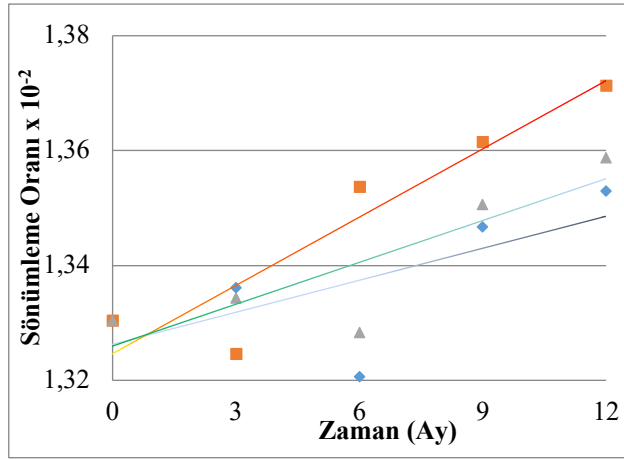
Bu çalışmada, sönüm oranları değişimi, logaritmik azalış yöntemine göre her yaşlanma koşulu için 5 adet dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozit kirişlerin test edilmesiyle hesaplanmış ve deney sonuçları Tablo 3 te toplu olarak gösterilmiştir. Yaşlandırma koşulları arasında en şiddetli çevresel faktörün temel olarak seçilen iki yaşlandırma koşulunun kombinasyonu durumunda gerçekleşmiştir. Yani değişen gün içi sıcaklıkları ile beraber suda yaşlandırmada olduğu görülmüştür. Tablo 3 ve Şekil 4 incelendiğinde suda yaşlandırmayı sırasıyla toprakta ve güneşte şartlandırmanın takip ettiği görülebilir. Yaşlandırmanın sönümlenme davranışına etkisi gösteren Şekil 4 teki verilere eğri uydurulduğunda suda yaşlandırmanın nispeten yüksek oranda davranışının tahmin edilebileceği görülmüştür. Ayrıca, tablo 3 göz önüne alındığında belirlenen doğal yaşlandırma koşulların sırasıyla %3, %2 ve 1.8 civarında sönüm oranı değişimine sebep olduğu gözlenmiştir. Bu çevresel şartlar arasında sulu ortamların en yıkıcı etkiye sahip olması, epoksi malzemelerin suya karşı olan duyarlılığından kaynaklandığı ifade edilebilir [15, 16].

Daha önce doğal koşullarda yaşlandırmanın dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kirişlerin sönümlenme davranışı üzerine etkisi çalışmamızda ifade ettiğimiz gibi [6]; çevresel faktörler arasında en şiddetli şartlandırmanın suda şartlandırma olarak gerçekleşmesi, suda şartlandırmanın (nispeten Güney Doğu Anadolu sıcaklıkları ile beraber düşünüldüğünde) karbon elyafların suya karşı hassasiyetlerinin bulunmaması nedeniyle, epoksi esaslı malzemeler üzerindeki yıkıcı etkisini göstermektedir. Su ve

sıcaklık altında şartlandırma, literatürdeki çalışmalara yaygın olarak konu olmuştur ve bu iki faktörün epoksi malzemeler üzerindeki yıkıcı etkisi vurgulanmıştır. [17-19].

Tablo 3. Çevresel şartlandırma süre ve koşullarına göre kompozit kırırların ortalama sönüm değeri değişimi

Yaşlanma süresi	Güneş	Su	Toprak
Referans	0,013304712	0,013304712	0,013304712
3 ay yaşlanmış	0,013361265	0,013247464	0,013344306
6 ay yaşlanmış	0,013207284	0,013537923	0,013283333
9 ay yaşlanmış	0,013467803	0,013616054	0,013507128
12 ay yaşlanmış	0,013529992	0,013714546	0,013587565



Şekil 4. Kompozit kırırların sönümleme oranı değişimi (Seriler: Daire; Güneş, Kare; Su ve Üçgen; Toprak)

Mevcut çalışma verileri ile daha önce yayınlanmış olan yaşlandırmanın dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kırırların sönümleme davranışı üzerine etkisi çalışması verileri karşılaştırıldığında; yaşlandırmaya bağlı olarak dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitlerin sönüm oranı değişiminin dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozitlerden daha fazla gerçekleştiği görülmüştür. Bu durum aramid elyaf esaslı kompozitlerin suya karşı olan hassasiyetine bağlanmıştır[15, 17, 18]. Ayrıca burada vurgulamak gerekir ki sönüm oranlarında meydana gelen artışlar bir hasar başlangıcının göstergesi olabilir ve yapılar muhtemel çatlak başlangıçlarını edebilir [5, 20].

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozitlerin sönümleme davranışına etkisi bakımından en şiddetli şartlandırmanın, gün sıcaklıkları ile beraber suda şartlandırma durumunda gerçekleştiği görülmüştür. Bu durum epoksi malzemelerin suya karşı olan hassasiyetinden kaynaklanan bir durum olduğu vurgulanmıştır. Söz konusu şartlandırmayı sırasıyla güneş altında kuru ve toprak altındaki yaşlandırma takip etmiştir. Doğal yaşlandırma koşullarının sırasıyla %3, %2 ve 1.8 civarında sönüm oranı değişimine sebep olduğu görülmüştür. Ayrıca, aynı çevresel koşullarda dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozitlerin sönüm oranı değişiminin dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozitlere göre daha az gerçekleştiği gözlenmiştir.

TEŐEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

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

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] 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*, 217: (2015) 43-67.
- [2] Barkatt, A., *Issues in Predicting Long-Term Environmental Degradation of Fiber-Reinforced Plastics*, In *Environmental Effects on Engineered Materials*. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, 2001.
- [3] Boualem, N., Sereir Z., Accelerated aging of unidirectional hybrid composites under the long-term elevated temperature and moisture concentration. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, vol 55: 1 (2011) 68-75.
- [4] Friedrich, K., Selzer, R., Effect of moisture on mechanical properties and fracture behaviour of carbon fibre-reinforced polymer composites. *Advanced Composite Letters*, 2: 1 (1993) 10-13.
- [5] Salawu, O.S., Detection of structural damage through changes in frequency: a review, *Engineering structures*, 19: 9 (1997) 718-723.
- [6] Kaya, A., Kısa, M., Özen, M., Doğal Yaşlandırma Koşullarının Dokunmuş Aramid Kompozitlerin Sönümlene Davranışına Olan Etkisi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2: (2017) 40-46.
- [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*, 399: 1 (2005) 190-198.
- [8] Guzmán, E., Cugnoni, J., Gmuer, T., Multi-factorial models of a carbon fibre/epoxy composite subjected to accelerated environmental ageing. *Composite Structures*, 111: (2014) 179-192.
- [9] Curadelli, R. O., Riera, J. D., Ambrosini, D., & Amani, M. G., Damage detection by means of structural damping identification. *Engineering Structures*, 30: 12(2008) 3497-3504.
- [10] Kırıl, Z., İçten, B. M., & Kırıl, B. G., Effect of impact failure on the damping characteristics of beam-like composite structures. *Composites Part B: Engineering*, 43: 8 (2012) 3053-3060.
- [11] Kaya, A., Kısa, M., Özen, M., Influence of Natural Weathering Conditions on the Natural Frequency Change of Woven Carbon Fiber Reinforced Composites. 27: 2 (2018) 49-54.
- [12] Kaya, A., Kısa, M., Özen, M., Effect of natural weathering conditions on the dynamic behavior of woven aramid composites. *AIP Conference Proceedings*, 1935: (2018) 020005.
- [13] Goren, A., Atas, C., Manufacturing of polymer matrix composites using vacuum assisted resin infusion molding. *Archives of Materials Science and Engineering*, 34: 2 (2008) 117-120.
- [14] Capozucca, R., Vibration of CFRP cantilever beam with damage. *Composite Structures*, 116: (2014) 211-222.
- [15] Jones, F. R., *The effects of aggressive environments on long-term behaviour. Fatigue in composites*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2003.
- [16] Wang, J., GangaRao, H., Liang, R., & Liu, W., Durability and prediction models of fiber-reinforced polymer composites under various environmental conditions: A critical review. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 35: 3 (2016) 179-211.
- [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*, 217: (2015) 43-67.
- [18] Pegoretti, A. , *Environmental Resistance: Stability of Structural Composites Under Aggressive Conditions*. Wiley Encyclopedia of Composites, 2012.

- [19] Ray, B. C., Temperature effect during humid ageing on interfaces of glass and carbon fibers reinforced epoxy composites. *Journal of Colloid and Interface Science*, 298: 1 (2006) 111-117.
- [20] 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, 1531-1536, 1997