

TİTREŞİM İZOLASYONUNDA KULLANILAN MALZEMELERİN TİTREŞİM KARAKTERİSTİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Alper Sofuoğlu*

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

*asofuoglu@ogu.edu.tr

Özet – Bu çalışmada mantar/doğal kauçuk içeren kompozit malzeme ile kaba taneli mantar malzemelerin çekiç testi yardımıyla modal analizi yapılmıştır. Modal analiz sonucu frekans cevap fonksiyonları elde edilmiştir. Frekans cevap fonksiyonları vasıtasıyla numunelerin doğal frekans değerleri (ω_n), rijitlik katsayısı (k) ve sönümleme oranları (ζ) bulunmuştur ve titreşim karakteristikleri yorumlanmıştır. Numunelerde iki modlu yapı gözlemlenmiştir. Mantar malzemesinin sönümleme oranı yüksek çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler – Mantar Ve Doğal Kauçuk İçeren Kompozit Malzemeler, Deneysel Modal Analiz, Frekans Cevap Fonksiyonu

I. GİRİŞ

Dinamiğin alt başlıklarından bir tanesi olan titreşim, periyodik veya rastgele gerçekleşebilen herhangi bir denge merkezi etrafındaki salınım hareketlerine verilen isimdir. Zaman zaman oluşması arzu edilen titreşim hareketi, çoğu zaman sistemler veya yapılar üzerinde istenilmeyen olumsuz etkiler bırakmıştır. Bu sebeple, geçmişten günümüze kadar uzanan bir zaman diliminde, bilim insanları titreşimin oluşturduğu enerjiyi sönümleyebilecek malzemeler üretme arayışına girmişler ve başarılı olmuşlardır. Titreşim sönümleyici malzemelerin kullanılmasına, komplike mühendislik sistemleri de dahil olmak üzere günlük hayatın birçok yerinde ihtiyaç duyulmuştur. En önemli özellikleri geri dönüştürülebilme ve sürdürülebilirliğe katkı sağlama olan mantar ve kauçuk içeren kompozit malzemeler, titreşim sönümleme elemanları içerisinde en iyi örneklerden bir tanesidir. Bu çevre dostu olan kompozit malzeme, günümüz teknolojisi ve ekipmanları sayesinde, deneysel modal analizi yapılarak dinamik karakteristikleri rahatlıkla incelenebilir. Mantar ve kauçuk içeren kompozit malzemelerin dinamik karakteristikleri ve

sürdürülebilirliğe olan katkıları ile ilgili çalışmalar şu şekilde özetlenebilir.

Lopes vd. [1] mantar-kauçuk kompozit malzemelerin, dinamik davranışını tahmin etmek için deneysel testler yapmışlar ve sonlu elemanlar yaklaşımını kullanmışlardır. Mantar kauçuk kompozitlerin dinamik basınç yüklemesi altındaki sistemler için izolasyonu sağlamak amacıyla kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir. Kare kesitli mantar- kauçuk kompozit malzemenin statik ve dinamik deney sonuçları ile farklı boyut ve kalınlıklardaki numunelerin sonlu elemanlar analizi sonuçlarını bir araya getirip sonuç olarak deneysel ve sayısal yaklaşımlar göz önünde bulundurularak farklı şekil ve kalınlıktaki numuneler arasında ön yük kaynaklı statik deformasyonu göz önünde bulundurarak iyi bir uyum gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Lopes vd. [2] mantar-kauçuk içeren kompozitlerin mantar granülleri ile doldurulmuş bir kauçuk matristen oluşan elastomerik malzemeler olduğunu mantarın varlığının, kompozit malzemenin basınç yüklerine maruz kaldığında düşük poisson oranı nedeniyle geri kazanımın iyileştirilmesine ve yanal akışın azaltılmasına katkıda bulunduğunu

belirtmişlerdir. Ek olarak kauçuğun karışımın kimyasal stabilitesini sağladığından bahsetmişlerdir. Değınilen bir diğler nokta ise mantar-kauçuk kompozitlerin bazı uygulamalarının, yastık biçimindeki titreşim veya akustik izolasyon amaçlarını içermesidir. Lopes ve Silva [3] bazı yüklemeye koşullarında mantar- kauçuk malzemelerin mekanik performansını malzeme sertliğine bağlamışlardır. Mantar-kauçuk gibi elastomerlerin dinamik performansını görmek için farklı deneysel yöntemlerin uygulanabileceğini savunmuşlardır. Titreşim izolasyonunda kullanılan mantar- kauçuk malzemelerin, mekanik performansının sertlik ve geometriye bağlı olarak değışebileceğini deneysel simülasyon sonuçlarına göre açıklamışlardır. Lopes vd. [4] mantar- kompozitlerin performans tahmini için birleşik formülasyonlarına dayalı kalarak, titreşim izolasyon yastıkları olarak dinamik ve statik sıkıştırma açısından modelleme yapmışlardır. Lopes vd. [5] çalışmalarında, mantar-kauçuk kompozitlerin, endüstriden inşaat sektörlerine kadar farklı uygulamalarda kullanılabilen özellikte malzemeler olduğunu, bu uygulamalardan birinin de bina titreşim yalıtımı olduğunu belirtmişlerdir. Bahsedilen malzemelerin tasarımındaki temel gereksinimlerden birinin, statik basınç yüklerini destekleme kapasitesi olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmalarında, bir mantar-kauçuk bloğun şekil faktörü ve shore A sertliği temel alınarak, görünür sıkıştırma modülünün tahmini için yapay sinir ağları metodolojisinin uygulanmasını değerdendirilmişlerdir. Kompozitlerin, çok çeşitli mühendislik uygulamalarında kullanıldığına ve sonuç olarak, sert koşullara sıkça maruz kalabildiğine ve bu sebeple mekanik özelliklerinin bozulmasının kaçınılmaz olduğuna Silva vd.[6] değinmiştir Silva vd. [6] sert koşulların mekanik performans üzerindeki etkisinin, yani düşük hızlı darbelerin tam olarak anlaşılması gerektiğini savunmaktadırlar. Çalışmalarının amacı, bir karbon fiber/epoksi kompozitin ve mantarla doldurulmuş bir epoksi matrisli benzer bir yapının farklı solüsyonlara daldırıldıktan sonra düşük hızlı darbe tepkisini analiz etmek olmuştur. Mantar-kauçuk kompozitler üzerine birçok çalışması olan Lopes vd. [7] polimer ürünlerin yoğun kullanımının çevresel etkileriyle ilgili artan küresel endişeden esinlenerek, doğal bazlı malzemelerin polimer

kompozitlere dahil edilmesinin son yıllarda araştırma konusu olduğuna değinmişlerdir. Biyomalzemelerin kompozit malzemelerin bir parçası olarak kullanılmasının avantajlarının, petrol bazlı ürünlerin kısmen veya tamamen ikamesine izin veren mevcudiyetin geri dönüştürülebilirlik, yenilenebilirlik ve işleme kolaylığı olduğunu belirtmişlerdir. Doğal bazlı polimer kompozitlerin üretimi için kullanılan yaygın dolgu maddelerinin, bitki, hayvan ve mineral kaynaklarından gelen malzemeleri içerdığının altını çizmişlerdir. Mantarın ağaçların hasatından elde edilen bir malzeme olduğunu ekleyerek, diğler ahşap esaslı malzemelere kıyasla, mantarın çıkarılması için ağacın yok edilmesinin gerekmediğini not etmişlerdir. Saaidia vd. [8] son yıllarda, özellikle doğal liflerin kullanımıyla güçlendirilmiş kompozit malzemelerin benimsenmesinin her alanda artışa geçtiğinden ve bu artışın, bu malzemelerin sunduğu çevreye saygının, yanı sıra hafiflik, ısı ve ses yalıtımı içeren önemli performanslarının etkisi olduğuna değinmişlerdir. Çalışmalarında aglomere mantar çekirdeğine sahip biyo-sandviç malzemelerin su emme davranışının modellenmesini incelemişlerdir. Gama vd. [9] çalışmalarında, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemelere ve atıkların geri dönüşümüne yönelik sürekli bir talep olduğunu ve bu anlamda, çalışmalarında poliüretan (PU) kalıntıları, %100 geri dönüştürülmüş kompozitler üretmek için mantar ve çam kalıntılarıyla (ağırlıkça 70'e kadar) karıştırmışlardır. Mantarın hafif ve ısı yalıtkanı bir malzeme olduğu iyi bildiklerinden, mantar granüllerinin eklenmesi, kompozitlerin hem yoğunluğunun (yaklaşık %51) hem de termal iletkenliğinin (yaklaşık %61) azaldığını fark etmişlerdir.

Bu çalışmada mantar/doğal kauçuk içeren kompozit malzeme ile kaba taneli mantar malzemelerin çekiç testi yardımıyla modal analizi yapılmıştır. Elde edilen frekans cevap fonksiyonları yardımıyla numunelerin doğal frekans değeri (ω_n), rijitlik katsayısı (k) ve sönümlenme oranları (ζ) bulunmuştur ve titreşim karakteristikleri yorumlanmıştır. Bölüm 2'de modal analiz açıklanmıştır. Ayrıca, deneysel çalışma detaylı olarak anlatılıp, numunelerin genel özelliklerine yer verilip numunelerin kullanım

alanlarından bahsedilmiştir. Bölüm 3 ve 4’te ise frekans cevap fonksiyonlarına yer verilmiş ayrıca numuneler için titreşim karakteristikleri tablosu oluşturulmuştur. Sonuçlar yorumlanmıştır. Son bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Modal analiz, nesnelerin yapısal dinamiklerini ve titreşim özelliklerini anlamak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, yapıların ve nesnelerin uygulanan kuvvetlere ne kadar dirençli olduklarını belirlemeye yardımcı olur ve tasarımların test edilmesine, optimize edilmesine ve doğrulanmasına olanak tanır. Çok serbestlik dereceli sistemlerde, hareket denklemleri içerisinde tüm serbestlik derecelerinin ve/veya türevlerinin görülmesi mümkündür. Bu nedenle, bu tür hareket denklemleri çözüldükçe, denklemlerin birlikte çözülmesi gerekmektedir.

Hareket denklemlerinin birlikte çözülmesi, Laplace dönüşümü ve durum değişkenleri formu kullanılarak yapılabilir. Bununla birlikte, hareket denklemlerini tek başlarına çözülebilir bağımsız denklemler haline getirmek için modal analiz yöntemi kullanılabilir ve bu çözümlerden yola çıkarak, başlangıç koşulları veya verilen bir dış kuvvet için gerçek sistem tepkileri mod toplama yöntemi ile elde edilebilir [10].

Deneysel çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Eldeki numunelerin mengene yardımıyla sabitlenmesinden sonra çekiç testi gerçekleştirilmiştir. Parçanın arka kısmında kalan bu noktaya bir ivmeölçer yapıştırıcı bant yardımıyla sabitlendi, ivmeölçerin tam karşısına gelecek şekilde impuls çekici ile vurularak çekiç testi yapıldı. Çekiç testi yapılırken her parçaya 5 doğru vuruş gelecek şekilde 5’er defa vuruldu ve belirli değerler elde edildi. Bu değerler bilgisayar yardımı ile Cut Pro yazılımı ile işlenerek modal analiz yapıldı. Çekiç ve ivmeölçerin numune ile beraber konumu Şekil 1’de gösterilmiştir. Kullanılan ölçüm ekipmanlarının özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çekiç testi

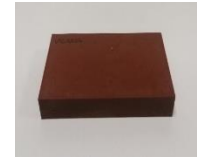
Tablo 1. Kullanılan ekipmanların özellikleri

Cihaz	Ölçüm	Hassasiyet	Güç
Kistler	0-500	10 MV/N	20-30 V
Kistler ivme ölçer	-5...+5 G	104,3 MV/G	5 V
DAQ dinamik sinyal düzenleyici	16 Giriş/2 Çıkış	500 KS/S	5 V

Mantar malzemeler suberin, lignin, polisakkaritler ve ekstraktiflerden oluşur. Yanmayı geciktirmesi, elastik olması ve geçirimsiz olması gibi özelliklerinden dolayı kullanım alanları çok geniştir. Genellikle mantar tıplarında kullanılmasına rağmen otomotiv veya havacılıkta contalarda kadar çeşitli yerlerde kullanılır. Binalarda ses ve ısı yalıtımı içinde kullanılan mantar malzemeler ayakkabı tabanları ve iç dekorasyon ürünleri gibi geniş kullanım alanına sahiptirler. Doğal kauçuk ve mantar birleşimi olan malzeme ise titreşim kontrolü uygulamaları için uygundur. Bu malzemenin seçilmesinde çok yüksek izolasyon seviyesi, düşük rezonans frekansı ve orta yüksek yük özellikleri etkin rol oynar. Sıcaklık aralığı ise -10 / +100°C’dir.



Kaba taneli mantar



b) Doğal kauçuk/mantar

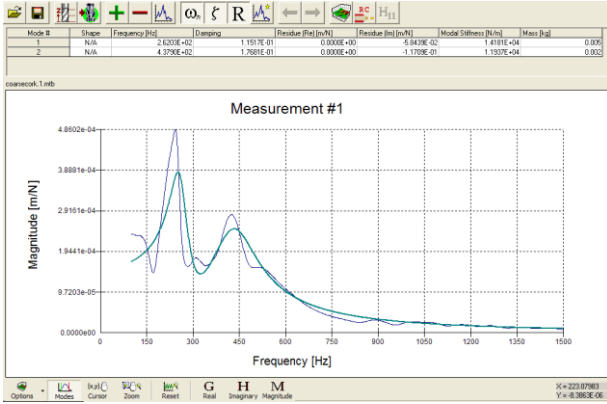
Şekil 2. Kullanılan numuneler

III. BULGULAR

Numunelerin doğal frekans değerleri (ω_n), rijitlik katsayısı (k) ve sönümlenme oranları (ζ) bulunmuştur. Bu değerler Tablo 2’de verilmiştir. Kaba taneli mantar ile elde edilen frekans cevap fonksiyonu Şekil 3’te verilmiştir. Numuneler için çok modlu bir yapı gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Numuneler için titreşim karakteristikleri tablosu

Malzeme	ω_n (Hz.)	k (N/m)	ζ
Kauçuk/mantar malzeme 1.mod	$2,1548 \times 10^2$	$5,7584 \times 10^3$	$4,4183 \times 10^{-2}$
Kauçuk/mantar malzeme 2.mod	$5,8558 \times 10^2$	$8,7176 \times 10^4$	$5,9155 \times 10^{-2}$
Kaba taneli mantar 1.mod	$2,6203 \times 10^2$	$1,4181 \times 10^4$	$1,1517 \times 10^{-1}$
Kaba taneli mantar 2.mod	$4,3790 \times 10^2$	$1,1937 \times 10^4$	$1,7681 \times 10^{-1}$



Şekil 3. Kaba taneli mantar ile elde edilen frekans cevap fonksiyonu

IV. TARTIŞMA

Sönümlenme oranları incelendiğinde beklendiği üzere mantar malzemesinin sönümlenme oranı göre yüksektir. Kapalı hücreli yapısı hava ile dolu olması sebebiyle mantar yüksek kayıp faktörüne sahiptir. Kaba taneli mantar malzemesinin sönümlenme uygulamalarında, doğal kauçuk/mantar malzemesinin de titreşim izolasyonu uygulamalarında kullanılabilmesi öngörülmektedir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada sade mantar ve mantar-doğal kauçuk içeren kompozit malzemelerin deneysel modal analizi yapılmış ve titreşim karakteristikleri incelenmiştir. Bu materyallerin rijitlik katsayıları, doğal frekans değerleri ve sönümlenme oranları elde edilmiştir. Beklendiği gibi kaba taneli mantar malzemesinin sönümlenme oranı yüksek çıkmıştır. Numunelerde 2 modlu yapı gözlemlenmiş olup ilerleyen çalışmalarda numunelerin çok serbestlik dereceli modellenebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Lopes H., Silva SP, Machado J., “FEA Approach For Predicting The Dynamic Behaviour Of Cork-Rubber Composites”, International Journal of Simulation Modelling,21(2), pp. 237-248,2022
- [2] Lopes, H., Silva S.P., Carvalho J.P., Machado J., “A New Modelling Approach For Predicting Process Evolution Of Cork-Rubber Composites Slabs Vulcanization”, Scientific Reports,12(1),8002, 2022
- [3] Lopes H., Silva, S.P., “Cork-Rubber Composite Blocks for Vibration Isolation: Determining Mechanical Behaviour Using ANN and FEA”,Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 36-50, 2022
- [4] Lopes H., Silva S.P., Machado J., “A Simulation Strategy To Determine The Mechanical Behaviour Of Cork-Rubber Composite Pads For Vibration Isolation”, Eksploatacja i Niezawodnos,24(1), pp. 80-88, 2022
- [5] Lopes H., Silva S.P., Machado J., “Application Of Artificial Neural Networks To Predict Mechanical Behaviour Of Cork-Rubber Composites”, Neural Computing And Applications 33(20), pp. 14069-14078, 2022
- [6] Silva MP, Santos P., Parente J., Valvez S., Reis PNB, “Effect Of Harsh Environmental Conditions On The Impact Response Of Carbon Composites With Filled Matrix By Cork Powder”, Applied Sciences (Switzerland) 11(16),7436, 2021
- [7] Lopes H., Silva S.P., Carvalho J.P., Machado J., “The Influence Of Cork And Manufacturing Parameters On The Properties Of Cork–Rubber Composites For Vibration Isolation Applications”, Sustainability (Switzerland),13(20),11240, 2021
- [8] Saaidia A., Belaadi A., Haddad A., “Moisture Absorption Of Cork-Based Biosandwich Material Extracted from Quercussuber L. Plant: ANN and Fick’s Modelling”, Journal Of Natural Fibers 19(16), pp. 12486-1250, 2022
- [9] Gama N., Godinho B., Barros-Timmons A., Ferreira A., “PU/Lignocellulosic Composites Produced From

- Recycled Raw Materials”, Journal Of Polymers And The Environment 30(1), pp. 194-205, 2022
- [10] Kırıl, Z., MAK 4041 “Mekanik Titreşimler Ders Notları”