



Çam ve Meşe Palamudu Tozu Takviyeli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Investigation of Mechanical Behaviors of Pine and Acorn Powder Reinforced Composites

Halis Kandaş¹ , Okan Özdemir^{2*} 

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

² Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: ozdemir.okan@deu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 04.05.2020

Araştırma Makalesi/Research Article

Kabul Tarihi / Accepted: 22.06.2020

DOI:10.21205/deufmd.2021236713

Atıf şekli/How to cite: Kandaş, H., Özdemir, O.(2021). Çam ve Meşe Palamudu Tozu Takviyeli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, DEUFMD, 23(67), 147-155.

Öz

Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerine ağırlıkça farklı oranlarda çam ve meşe palamudu tozu takviyesinin etkisi incelenmiştir. Parçacık takviyeli olarak üretilen kompozitlerin çekme, basma ve üç nokta eğilme deneyleri oda sıcaklığında gerçekleştirilmiş ve bu sonuçlar saf cam elyaf takviyeli kompozitler ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, düşük hızlı darbe sonrası bası testleri yardımıyla kompozitlerin darbe yüklemesinden sonraki bası dayanımlarının değişimi incelenmiştir. Darbe enerjisi olarak 20J, 30J ve 40J belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, iki farklı takviye malzemesinde kompozitlerin çekme mukavemeti ağırlıkça %2,5 oranında artarken %5 oranında ise azalmaktadır. Eğilme mukavemet değerleri ise meşe palamudu takviyesinde önemli oranda değişmezken çam kozalağı takviyesinde azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Partikül takviyesi, el yatırması, mekanik özellikler, darbe sonrası bası

Abstract

In this study, the effect of different amounts of pine and acorn powder reinforcement on the mechanical properties of glass fiber reinforced composites was investigated. Tensile, compression and three-point bending tests of composites which produced as particle reinforcements were carried out at room temperature and these results were compared with pure glass fiber reinforced composites. Besides, the variation of compressive strength values of composites after impact loading was investigated with the help of compression tests. 20J, 30J and 40J are determined as the impact energy level. According to the results, the tensile strength values of composites increased in the case of 2.5 wt% and decreased in the case of 5 wt% pine cone and acorn powder loadings. Also, bending strength values did not change significantly in the acorn powder reinforced composites, but it decreased in the pine cone powder reinforced composites.

Keywords: Particle reinforcement, hand lay-up, mechanical properties, compression after impact

1. Giriş

Kompozit malzemelerin üretiminde çoğunlukla petrokimya tabanlı malzemeler tercih edilmektedir. Bu malzemeler, yüksek mekanik özelliklere sahip olmasına ve kolay üretilmesine rağmen doğada çözünmemesi sebebi ile ciddi bir çevre kirliliği sorunu ortaya çıkarmaktadır [1-3]. Bu durumun olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla, doğal malzemeler kullanılarak üretilen biyokompozitler son zamanlarda tercih edilmektedir. Bu kompozitlerin biyo-çözünürlüğe sahip olması ve yenilenebilir özellikleri araştırmacıların ilgisini çekmektedir [4]. Doğal malzemeler içinde ahşap tabanlı malzemeler düşük maliyetleri sebebi ile sıklıkla tercih edilmektedir [5]. Fakat ahşap kaynaklarının günümüzde aşırı kullanımından kaynaklı azalması sebebiyle farklı doğal malzemelerde araştırma konusu olmuştur [6-8]. Bu amaçla incelenen bazı malzemeler arasında ayçiçeği ve mısır sapı [9], pamuk sapı [10], asma çubuğu [4], badem kabuğu [11], ceviz kabuğu [12], arpa ve hindistan cevizi kabuğu [13] bulunmaktadır.

Yukarıda belirtilen doğal malzemeler dışında, bu çalışmada da kullanılan çam kozalağı ve meşe palamudu gibi orman yan ürünleri incelendiğinde, günümüzde bu malzemelerin kompozitlerle takviye malzemesi olarak kullanılmalarının düşük olduğu görülmektedir [14-15]. Ayrıca, bu malzemeler doğada bol miktarda bulunması sebebiyle daha fazla değerlendirilmesi göz ardı edilmemelidir. Çam kozalağı ve meşe palamudu tozu takviyesini içeren çalışmalar incelendiğinde, bu takviyelerin kompozitin mekanik özelliklerine ağırlıkça belli bir orana kadar olumlu bir etkisinin olduğu görülmektedir. Fakat incelenen bu çalışmalarda partiküller termoplastik kompozitlere ilave edilmiştir [14-16].

Doğal elyaf takviyeli polimerik kompozitler üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu malzemelerin çeşitli mühendislik disiplinlerinde kendisine uygulama alanı bulduğu görülmektedir. Bu sebeple, kullanılan kompozitlerin çeşitli mekanik davranışlarının belirlenmesi gerekmektedir. Mekanik özelliklerin yanı sıra uygulamada bu kompozitlerin çeşitli darbe yüklerine maruz kaldığı da düşünüldüğünde darbe yüklerinin de etkisinin incelenmesi önem arz etmektedir. Bu sebeple, literatürdeki bazı araştırmacılar kompozitlerin mekanik özelliklerini ve düşük

hızlı darbe davranışlarını incelemiştir [14-26]. Darbe sonrası bası davranışının ise göz ardı edildiği görülmektedir.

Literatürde bahsedilen çalışmalar incelendiğinde, genellikle takviye malzemesi olarak sadece fiber takviyesi veya sadece parçacık takviyesinin kullanıldığı görülmüştür. Az sayıda çalışmada ise takviye malzemesi olarak farklı fiberler ve farklı parçacık takviyeleri birlikte kullanılmıştır. Farklı oranlarda parçacık takviyelerinin fiber takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerine olumlu olarak etkidiği sonucuna varılmıştır [25, 26]. Bu yarıdan yola çıkarak, bu çalışmada, çam kozalağı ve meşe palamudu tozları cam elyaflar ile ayrı ayrı takviye edilerek mekanik özellikleri çekme, basma, üç nokta eğilme ve darbe sonra bası testleri ile deneysel olarak oda sıcaklığında belirlenmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Kullanılan Malzemeler

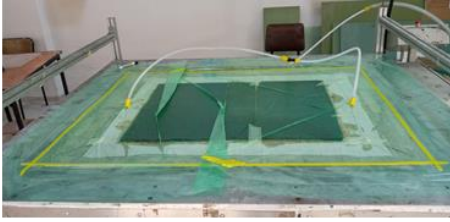
Çalışma kapsamında, takviye malzemesi olarak 600 gr/m² yoğunluğa ve 0°/90° oryantasyon açısına sahip E-cam fiberler ve matris malzemesi olarak F-1564 epoksi ve F3487 sertleştirici karışımı kullanılmıştır. Matris malzemesini oluşturan epoksi ve sertleştiricinin karışım oranı ağırlıkça yüzde 33 olacak şekilde ayarlanmıştır. Parçacık takviyesi olarak kullanılan çam kozalağı ve meşe palamudu tozlarının boyutları ise 10 ile 40 mikrometre aralığındadır. Çam kozalakları ve meşe palamutları öğütüldükten sonra bünyesinde bulunabilecek toz ve diğer maddelerden arınması amacıyla manyetik karıştırıcıda 1,6 mol/l sodyum hidroksit sulu çözeltisinde 48 saat süresince karıştırılmıştır [27]. Sonrasında 4 gün süre boyunca tozlar ayrı ayrı kurutulmaya bırakılmıştır.

2.2. Numune Üretimi

Bu çalışmada üretilen kompozit malzemelere matris karışımı el yatırma yöntemi ile uygulanmıştır. Sonrasında fiber ve matrisler vakum torbasına alınarak kompozitler üretilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle [0/90]₆ dizilimine sahip elyaflara matris karışımı el yatırma yöntemi ile emdirilmiştir. Sonrasında hazırlanan bu yapı vakum torbası ile kapatılarak vakuma alınmıştır ve 80°C'de 8 saatlik süre boyunca kürlenmeye bırakılmıştır.

İkinci olarak parçacık takviyesinin saf cam elyaf takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerine

olan etkisini inceleyebilmek amacıyla matris karışımına ağırlıkça %2,5 ve %5 olacak şekilde çam kozalağı ve meşe palamudu tozları ayrı ayrı ilave edilerek homojen karışım elde edilinceye kadar mekanik olarak karıştırılmıştır. Sonrasında hazırlanan partikül takviyeli matris karışımı her bir kata eşit olacak şekilde el yatırma yöntemi ile emdirilerek saf kompozitlerin üretimindeki aynı parametreler dikkate alınarak kürlenmeye bırakılmıştır. El yatırma işlemi uygulandıktan sonra kompozitlerin vakum torbası ile üretim işlemi Şekil 1'de verilmiştir. Kompozit plakaların nihai kalınlığı 3,9 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 1. El yatırma yöntemi ile hazırlanmış kompozitin vakum torbasına alınma işlemi

Bu işlemler sonucunda, Saf, %2,5 ve %5 çam kozalağı ve meşe palamudu takviyeli 5 farklı kompozit plaka üretilmiştir. Sulu testere yardımıyla çeki numuneleri (250x25mm), bası numuneleri (140x13mm), üç nokta eğme numuneleri (48x13mm) ve CAI numuneleri (100x150mm) sırasıyla ASTM D3039, ASTM D695, ASTM D790 ve ASTM D7137 standartlarına uygun boyutlara göre hazırlanmıştır [28-31]. Ağırlıkça %2,5 oranında meşe palamudu takviyeli deneylerde kullanılan numuneler toplu olarak Şekil 2'de örnek olması açısından verilmiştir.



Şekil 2. %2,5 meşe palamudu takviyeli test numuneleri

2.3. Deneysel Çalışma

Standartlara göre hazırlanan kompozit numunelerin çekme deneyleri, Dokuz Eylül Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Shimadzu AG-X serisi universal test cihazında video ekstensometre donanımı kullanılarak yapılmıştır. Test cihazının maksimum yük kapasitesi 100kN'dur. Cihaz iki yönlü çalışma özelliğine sahip olduğundan dolayı çekme deneyinin yanı sıra standartlara göre hazırlanan numunelerin bası ve üç nokta eğilme deneyleri de özel aparatlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, standart boyutlarda hazırlanan numunelerin darbe sonrası bası mukavemetleri de (CAI) belirlenmiştir. Bu kapsamda, numunelerin öncelikle düşük hızlı darbe deneyleri, ağırlık düşürme prensibe ile çalışan cihaz yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Darbe deneyleri 12, 7 mm çapa sahip küresel uç ile yapılmıştır. Vurucu ucun numuneye çarpma hızının değiştirilmesi ile düşük hızlı darbe deneyleri 20J, 30J ve 40J'lük enerjilerde yapılmıştır. Sonrasında farklı enerjilerde darbe uygulanmış numunelerin darbe sonrası bası mukavemetleri özel bir aparat kullanılarak belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan universal test cihazı ve CAI aparatının görselleri Şekil 3'te verilmiştir.

Tüm deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiş olup deneyler 1mm/dk'lık hız ile yapılmıştır. Deneyler her bir kompozit türü için en az 5 kere tekrarlanmış ve ortalama değerler sonuçların değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Çekme cihazından alınan kuvvet-uzama verileri işlenerek numunelerin çeki, bası, üç nokta eğme ve CAI değerleri hesaplanmış ve partikül takviyesinin bu değerler üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak detaylıca sonraki bölümde incelenmiştir.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan a) universal çekme test cihazı ve b) CAI aparatı

3. Bulgular ve Tartışma

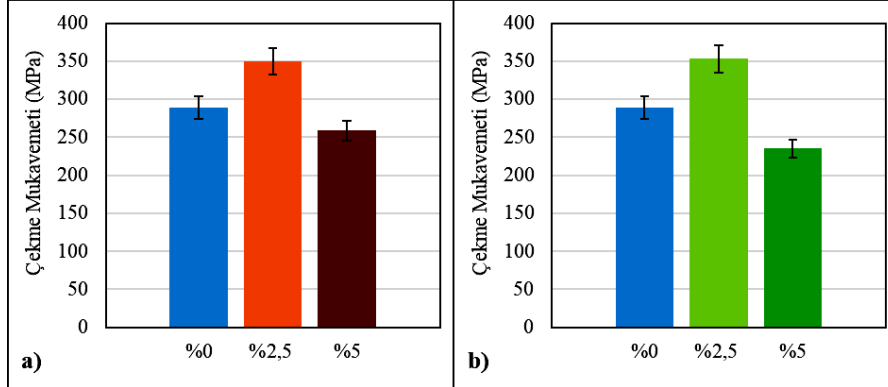
Bu çalışmada, ön işlemden geçirilmiş meşe palamudu ve çam kozalağı tozları kullanılarak ağırlıkça %2,5 ve %5 oranlarında parçacık takviyeli cam elyaf kompozitler üretilmiştir. Üretilen bu kompozitlerde, partikül takviyesinin mekanik özellikler üzerine olan etkilerini inceleyebilmek amacıyla standartlara uygun olarak çekme, basma ve üç nokta eğme deneyleri yapılarak saf cam elyaf takviyeli kompozit ile karşılaştırılmıştır. İlave olarak, üretilen kompozitlere 3 farklı darbe enerjisinde (20J, 30J ve 40J) düşük hızlı darbe testleri uygulanmıştır. Darbe enerjisi uygulanan numunelerde meydana gelen hasarın bası mukavemetine olan etkisini inceleyebilmek amacıyla CAI testleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler ışığında partikül takviyesinin çekme, basma, üç nokta eğme ve darbe sonrası bası mukavemetine olan etkileri sırasıyla sonraki alt bölümlerde karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

3.1. Çekme Testi Sonuçları

Çekme testi en temel mekanik testlerden bir tanesidir. Çoğu mühendislik malzemesi için malzemelerin tasarımı için çekme özellikleri belirlenmektedir. Yürütülen çekme testleri ile ön işlemden geçirilmiş meşe palamudu ve çam

kozalağı tozları takviyeli kompozitlerin elastisite modülleri ve çekme mukavemetleri belirlenmiştir. Deneylerden elde edilen çekme mukavemeti ve elastisite modülü sonuçları ve standart sapma değerleri farklı partikül takviyeleri için Şekil 4-5'te sırasıyla verilmiştir.

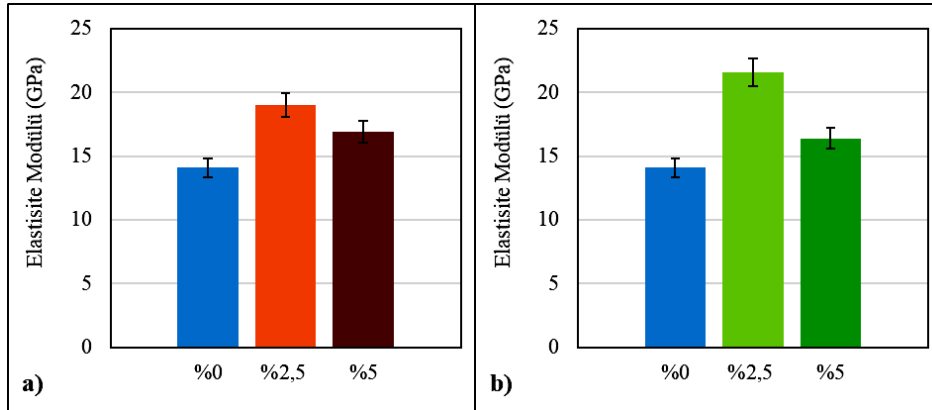
Herhangi bir partikül takviyesi olmayan saf cam elyaf takviyeli kompozitlerin çekme mukavemeti değeri 289 MPa olarak hesaplanmıştır. Bu kompozite ağırlıkça %2,5 oranında meşe palamudu ve çam kozalağı tozları ilave edildiğinde çekme mukavemeti değeri her iki partikül takviyesi içinde yaklaşık %21 oranında artmıştır. Ancak takviye oranı ağırlıkça %5'e çıkarıldığında her iki kompozitin de saf cam elyaf takviyeli ve ağırlıkça %2,5 oranında partikül takviyeli kompozitlere kıyasla çekme mukavemetinin önemli oranlarda düştüğü görülmektedir (Şekil 4). Ayrıca, bu düşüşün çam kozalağı takviyeli kompozitlerde meşe palamudu takviyeli kompozitlere göre daha fazla olduğunun altı çizilmelidir. Ağırlıkça %5 oranında partikül takviyesi, matris malzemesi içerisinde topaklanma eğiliminde olduğundan her iki partikül takviyesi içinde çekme mukavemetinin düşmesiyle sonuçlanmaktadır. Bulunan sonuçlar, [4, 15, 32] numaralı makalelerdeki sonuçlarla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4. Ağırılıkça farklı oranlarda a) meşe palamudu ve b) çam kozalağı takviyeli kompozitlerin çekme mukavemeti değerleri

Ağırılıkça farklı oranlarda partikül takviyeli kompozitlerin elastisite modüllerindeki değişim Şekil 5 a-b'de verilmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde farklı oranlarda partikül takviyeli kompozitlerin (%2,5 ve %5) elastisite modülü değerleri saf cam elyaf takviyeli kompozitlere göre yükselmektedir. En fazla artış ağırılıkça %2,5 takviye oranında

görülmekte, takviye oranı %5'e arttırıldığında ise düşüş gözlemlenmektedir. Elastisite modülünün artması, matris malzemesi içerisine ilave edilen rijit tozların katkısıyla açıklanmaktadır [33]. Ayrıca, çekme mukavemeti değerlerinde olduğu gibi ağırılıkça %2,5 oranında partikül takviyesi malzemenin elastisite modülünü en fazla artırmaktadır.

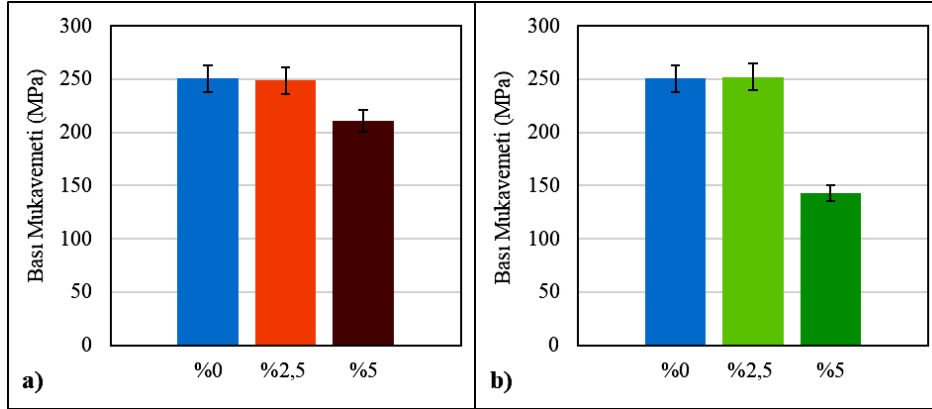


Şekil 5. Ağırılıkça farklı oranlarda a) meşe palamudu ve b) çam kozalağı takviyeli kompozitlerin elastisite modülü değerleri

3.2. Basma Testi Sonuçları

Farklı oranlarda partikül takviyeli kompozit plakalardan alınan numunelerine uygulanan basma deneyleri sonucunda numunelerin basma mukavemet değerleri Şekil 6 a-b'de verilmiştir. Ağırılıkça %2,5 oranında meşe palamudu ve çam kozalağı tozu takviyesinin, saf cam elyaf takviyeli kompozitlerin bası mukavemet değerleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Fakat bu oran

%5'e çıkarıldığında bası mukavemet değerleri saf cam elyaf takviyeli kompozitlere göre düşmektedir. Bu düşüş özellikle çam kozalağı takviyesinde %43 oranında olmaktadır. Diğer bir deyişle, partikül takviyesinin bası mukavemeti üzerine olumlu bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Ancak, %2,5 oranında bu partiküllerin kullanılması doğadaki atık miktarının değerlendirilmesi açısından önemli bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

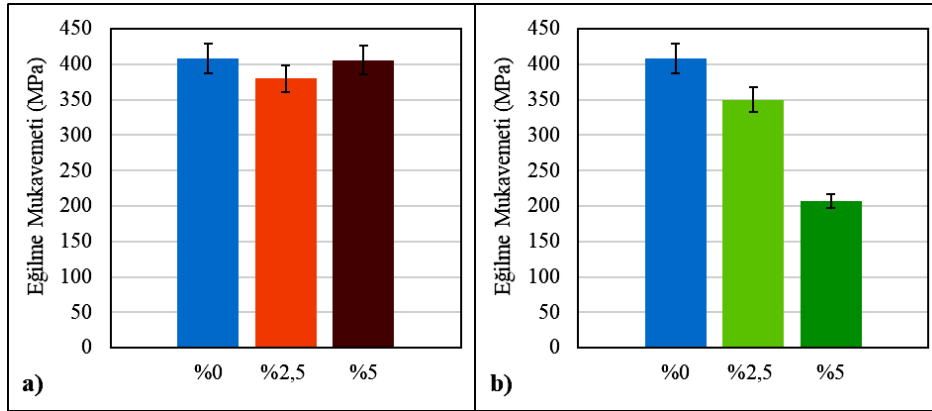


Şekil 6. Ağrılıkça farklı oranlarda a) meşe palamudu ve b) çam kozalağı takviyeli kompozitlerin bası mukavemeti değerleri

3.3. Üç Nokta Eğme Testi Sonuçları

Şekil 7 ve 8'de ağrılıkça farklı oranlarda partikül takviyeli kompozitlerin sırasıyla eğilme mukavemeti ve eğilme elastisite modülü değerlerindeki değişim karşılaştırılmalı olarak verilmektedir. Şekil 7 incelendiğinde, saf cam elyaf takviyeli kompozitin eğilme mukavemet değerinin 408 MPa olduğu görülmektedir. Ağrılıkça farklı oranlarda meşe palamudu tozu takviyesi (Şekil 7-a) eğilme mukavemetini de

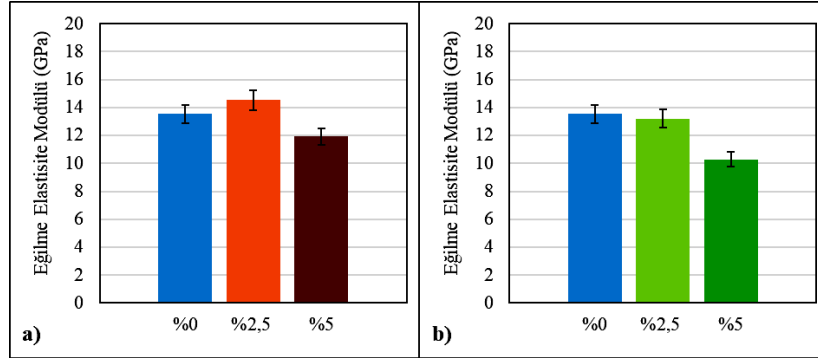
%2,5 takviye oranında 380MPa'a düşürürken %5 takviye oranında ise değiştirmedeği görülmektedir. Ancak, bu durum çam kozalağı tozu takviyesinde değişmektedir. Ağrılıkça çam kozalağı tozu takviyesinin artırılması ile numunelerin eğilme mukavemetinde önemli oranlarda düşüş gözlemlenmiştir. Çam kozalağı takviyesinde eğilme mukavemeti üzerine bu olumsuz etki, çam kozalak tozlarının daha fazla matris malzemesi içinde topaklanmasıyla açıklanmaktadır.



Şekil 7. Ağrılıkça farklı oranlarda a) meşe palamudu ve b) çam kozalağı takviyeli kompozitlerin eğilme mukavemeti değerleri

Eğilme elastisite modülü değerleri incelendiğinde ise meşe palamudu tozu takviyesinde %2,5 oranında saf kompozitlere göre artış görülmüştür. Çam kozalağı takviyesinde ise %2,5 partikül takviyesi oranında eğilme elastisite modülü değeri saf

cam elyaf takviyeli kompozitlerle kıyaslandığında düştüğü görülmektedir. Takviye oranının %5'e çıkarılmasıyla eğilme elastisite modülü değerlerinin önemli oranlarda düştüğü sonucuna varılmıştır.

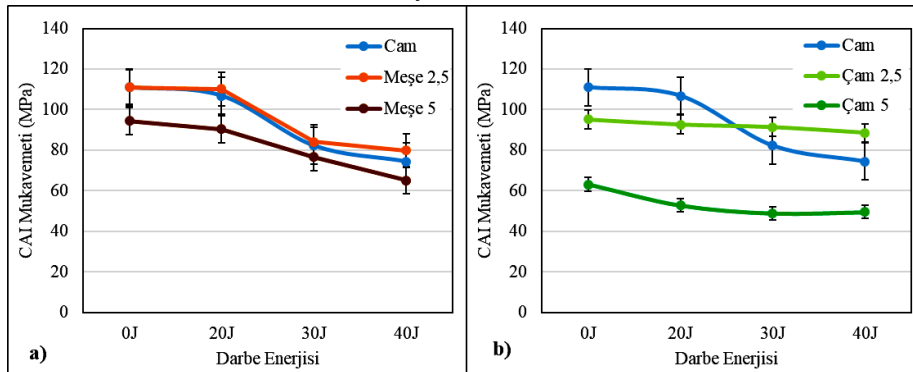


Şekil 8. Ağırılıkça farklı oranlarda a) meşe palamudu ve b) çam kozalağı takviyeli kompozitlerin eğilme elastisite modülü değerleri

3.4. Darbe Sonrası Bası (CAI) Testi

Düşük hızlı darbe sonrası bası testi (CAI) kompozit malzemelerin bası dayanımının darbe yüklemesinden sonra ki değişimini tahmin etmeye olanak veren deneysel bir metottür. Ağırılıkça farklı oranlarda parçacık takviyelerine sahip ve 3 farklı düşük hızlı darbe enerjisi (20J, 30J ve 40J) uygulanmış numunelerin darbe sonrası bası mukavemetlerinin değişimi Şekil 9 a-b'de verilmiştir. Ayrıca, bu grafiklere karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla darbesiz numunelerin (0J) CAI testi sonuçları da eklenmiştir. Deneylemlerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, darbesiz numunelerin CAI değerlerinin Bölüm 3.2'de tartışılan bası değerlerine göre her iki farklı takviye malzemesinde ve tüm oranlarda daha düşük olduğu görülmektedir. CAI değerlerinin düşük çıkması, CAI testinde ki numunelerin boyu ve sınır şartları ile doğrudan alakalıdır. Ayrıca, CAI testi esnasında meydana gelebilen kısmi burkulmalarda bu değerlerin düşük çıkması ile açıklanmaktadır. İlave olarak, saf cam elyaf

takviyeli kompozitlerin CAI değerinin 110 MPa olduğu hesaplanmıştır. Partikül takviyesiz ve ağırılıkça %2,5 oranında meşe palamudu takviyeli kompozitlerin CAI mukavemet değerleri tüm darbe enerji seviyeleri için birbirine çok yakındır. Meşe palamudu takviye oranının ağırılıkça %5'e çıktığı durumda ise CAI değerleri tüm darbe enerjisi için düşmektedir (Şekil 9-a). İki farklı takviye malzemesi ile üretilmiş kompozitlere uygulanan darbe enerjisi 20J'den 30J'e çıkarıldığında CAI mukavemetleri yaklaşık %24 oranında düşmektedir. Ağırılıkça farklı oranlarda çam kozalağı takviyeli kompozitlerde ise CAI mukavemet değerlerinin hemen hemen sabit kaldığı ve değişmediği görülmektedir (Şekil 9-b). Takviye oranının %5'e çıkarılması en düşük CAI mukavemet değerinin elde edildiği durumdur. 30J ve 40J'lük darbe enerjisi uygulanmış kompozitlerin CAI mukavemet değerleri ise saf cam elyaf takviyeli kompozitlerden yüksek çıkmıştır.



Şekil 9. Ağırılıkça farklı oranlarda a) meşe palamudu ve b) çam kozalağı takviyeli kompozitlerin darbe sonrası bası (CAI) mukavemeti değerleri

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli kompozitlere ağırlıkça farklı oranlarda meşe ve çam palamudu tozları ilave edilerek mekanik özellikleri çekme, basma, üç nokta eğme ve darbe sonrası bası testleri ile deneysel olarak belirlenmiştir. Deneylerden elde edilen önemli bulgular aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Her iki partikül takviyesinde takviye oranı ağırlıkça %2,5 iken numunelerin çekme mukavemet değerleri önemli oranlarda artarken bu oran %5'e çıkarıldığında ise çekme mukavemet değerleri düşmüştür.

Bası mukavemeti değerleri, partikül takviyesi ağırlıkça %2,5 iken her iki kompozit içinde saf cam elyaf takviyeli kompozitler için değişmezken takviye oranının %5'e çıkarılması ile düşmektedir. Bu düşüşün çam kozalağı takviyesinde meşe palamuduna göre daha fazla gerçekleştiği görülmüştür.

Üç nokta eğilme testlerinde ise çam kozalağı takviyesinin numunelerin eğilme mukavemet değerlerini olumsuz yönde etkilediği; meşe palamudu takviyesinin ise mukavemeti önemli oranlarda etkilemediği gözlemlenmiştir.

Darbe sonrası yapılan bası testleri sonuçlarına göre saf cam elyaf takviyeli kompozitler ile ağırlıkça %2,5 oranında meşe palamudu takviyeli kompozit CAI mukavemetlerini birbirine çok yakındır. CAI değerleri meşe palamudu takviyesinde darbe enerjisinin 20J'den 30J'e artırılmasıyla keskin bir düşüş göstermektedir. Ağırlıkça farklı oranlarda çam kozalağı tozu takviyesinde ise numunelerin CAI değerleri stabil kalmaktadır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen tüm deneylerin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, ağırlıkça %5 oranında partikül takviyesinin kompozitlerin mekanik özellikleri açısından negatif sonuçları olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kompozitlerin mekanik özelliklerini iyileştirmesi açısından meşe palamudu tozlarının kullanılması daha iyi sonuçlar vermektedir.

Kaynakça

[1] Mazur, K., Kuciel, s. 2019. Mechanical and Hydrothermal Aging Behaviour of Polyhydroxybutyrate-Co-Valerate (PHBV) Composites Reinforced by Natural Fibres, MOLECULES, 24(19), 1-15. DOI: 10.3390/molecules24193538

[2] Bledzki, A.K.; Jaszkiwicz, A. 2010. Mechanical performance of biocomposites based on PLA and PHBV reinforced with natural fibres—A comparative study to PP, Compos. Sci. Technol, 70(12), 1687-1696. DOI: 10.1016/j.compscitech.2010.06.005

[3] Kuciel, S.; Mazur, K.; Jakubowska, P. 2019. Novel biorenewable composites based on poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) with natural fillers, J. Polym. Env., 27(4), 803-815. DOI: 10.1007/s10924-019-01392-4

[4] Kılınc, A.C., Atagur, M., Ozdemir, O., Sen, I., Kucukdogan, N., Sever, K., Seydibeyoglu, O., Sarikanat, M., Seki, Y. 2016. Manufacturing and characterization of vine stem reinforced high density polyethylene composites Compos Part B-Eng, 91, 267-74. DOI: 10.1016/j.compositesb.2016.01.033

[5] Bakar MBA, Ishak ZAM, Taib RM, Rozman HD, Jani SM. 2010. Flammability and Mechanical Properties of Wood Flour-Filled Polypropylene Composites, Journal Of Applied Polymer Science, 116(5), 2714-2722. DOI: 10.1002/app.31791

[6] Nourbakhsh A, Ashori A. 2010, Wood plastic composites from agro-waste materials: analysis of mechanical properties, Bioresour Technol, 101(7), 2525-2528. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.11.040

[7] Wang Z, Wang J-H, Xu Q, Yang Q, Zhang X-Y, Zhao Y-D. 2009, Evaporative deposition of lipophilic quantum dots for an enzyme modified electrode, Microchim Acta, 166, 133-138. DOI: 10.1007/s00604-009-0173-z

[8] Yao F, Wu Q, Lei Y, Xu Y. 2008, Rice straw fiber-reinforced high-density polyethylene composite: effect of fiber type and loading, Ind Crops Prod 28(1), 63-72. DOI: 10.1016/j.indcrop.2008.01.007

[9] Ashori A, Nourbakhsh A. 2010, Bio-based composites from waste agricultural residues, Waste Management, 30(4), 680-684. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.08.003

[10] Habibi Y, El-Zawawy WK, Ibrahim MM, Dufresne A. 2008, Processing and characterization of reinforced polyethylene composites made with lignocellulosic fibers from Egyptian agro-industrial residues, Compos Sci Technol, 68, 1877-1885. DOI: 10.1016/j.compscitech.2008.01.008

[11] Essabir H, Nekhlaoui S, Malha M, Bensalah MO, Arrakhiz FZ, Qaiss A, Bouhfid, R. 2013, Bio-composites based on polypropylene reinforced with Almond Shells particles: mechanical and thermal properties, Materials & Design, 51,225-230. DOI: 10.1016/j.matdes.2013.04.031

[12] Zahedi M, Pirayesh H, Khanjanzadeh H, Tabar MM. 2013, Organo-modified montmorillonite reinforced walnut shell/polypropylene composites, Materials & Design, 51, 803-809. DOI: 10.1016/j.matdes.2013.05.007

[13] Bledzki AK, Mamun AA, Volk J. 2010, Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: the effect of fibre physical, chemical and surface properties, Compos Sci Technol 70(5), 840-846. DOI: 10.1016/j.compscitech.2010.01.022

[14] Arrakhiz, FZ, Benmoussa K, Bouhfid R and Qaiss A. 2013, Pine cone fiber/clay hybrid composite: mechanical and thermal properties, Materials &

- Design, 50, 376–381. DOI: 10.1016/j.matdes.2013.03.033
- [15] Agayev, S., Ozdemir, O. 2019, Fabrication of high density polyethylene composites reinforced with pine cone powder: mechanical and low velocity impact performances, *Materials Research Express*, 6(4), 045312. DOI: 10.1088/2053-1591/aafc42
- [16] Baştürk, B.S., Kanbur, K., Polatoğlu, İ., Yürekli Y. 2015, Mechanical Properties of Acorn and Pine Cone Filled Polymer Composites, *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 14(2), 144-153.
- [17] Hazizan, MA., Cantwell WJ. 2002, The low velocity impact response of foam-based sandwich structures, *Compos Part B-Eng.*, 33, 193–204. DOI: 10.1016/S1359-8368(02)00009-4.
- [18] Hassan, MZ., Cantwell, WJ, 2012, The influence of core properties on the perforation resistance of sandwich structures – an experimental study, *Compos Part B-Eng.*, 43(8), 3231–3138. DOI: 10.1016/j.compositesb.2012.03.012
- [19] Ozdemir, O., Oztoprak, N., Kandas, H. 2018, Single and repeated impact behaviors of bio-sandwich structures consisting of thermoplastic face sheets and different balsa core thicknesses, *Compos Part B-Eng.*, 149, 49–57. DOI: 10.1016/j.compositesb.2018.05.016
- [20] Al-Shamary, A.K.J., Karakuzu, R., Ozdemir, O. 2016, Low-velocity impact response of sandwich composites with different foam core configurations, *Journal Of Sandwich Structures & Materials*, 18(6), 754–768. DOI: 10.1177/1099636216653267
- [21] Dogan, A., Arıkan, V. 2017, Low-velocity impact response of E-glass reinforced thermoset and thermoplastic based sandwich composites, *Composites Part B-Eng.*, 127, 63–69. DOI: 10.1016/j.compositesb.2017.06.027
- [22] Baba, B.O. 2013, Impact response of sandwich beams with various curvatures and debonds, *Journal Of Sandwich Structures & Materials*, 15, 137–155. DOI: 10.1177/1099636212460543
- [23] Reddy, N., Yang, Y.Q. 2005, Structure and properties of high quality natural cellulose fibers from cornstalks, *Polymer*, 46, 5494–5500. DOI: 10.1016/j.polymer.2005.04.073
- [24] Wang, Z.W., Zhao, J.P., Zhang, X. 2018, Finite element analysis of composite laminates subjected to low-velocity impact based on multiple failure criteria, *Materials Research Express*, 5, 065320. DOI: 10.1088/2053-1591/aacca3
- [25] Al-Maharma, A.Y., Sendur, P. 2018, The effect of interlaminar graphene nano-sheets reinforced e-glass fiber/epoxy on low velocity impact response of a composite plate, *Materials Research Express*, 5, 055021. DOI: 10.1088/2053-1591/aac1cf
- [26] Singh, K., Kand, Rawat P. 2018, Mechanical behavior of glass/epoxy composite laminate with varying amount of MWCNTs under different loadings, *Materials Research Express*, 5, 055012. DOI: 10.1088/2053-1591/aabf99
- [27] Le Troedec, M., Sedan, D., Peyratout, C., Bonnet, J.P., Smith, A., Guinebretiere, R., Gloaguen, V., Krausz, P. 2008, Influence of various chemical treatments on the composition and structure of hemp fibres, *Composites Part A Applied Science and Manufacturing*, 39, 514–522. DOI: 10.1016/j.compositesa.2007.12.001
- [28] ASTM International. D3039/D3039M-17 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. West Conshohocken, PA; ASTM International, 2017. doi: https://doi.org/10.1520/D3039_D3039M-17
- [29] ASTM International. D695-15 Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics. West Conshohocken, PA; ASTM International, 2015. doi: <https://doi.org/10.1520/D0695-15>
- [30] ASTM International. D790-17 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. West Conshohocken, PA; ASTM International, 2017. doi: <https://doi.org/10.1520/D0790-17>
- [31] ASTM International. D7137/D7137M-17 Standard Test Method for Compressive Residual Strength Properties of Damaged Polymer Matrix Composite Plates. West Conshohocken, PA; ASTM International, 2017. doi: https://doi.org/10.1520/D7137_D7137M-17
- [32] Mwaikambo, L.Y., Ansell, M.P. 2002, Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization, *Journal of Applied Polymer Science*, 84(12), 2222–2234. DOI: 10.1002/app.10460
- [33] Haque, M.M., Rahman, R., Islam, M.N., Huque, M.M., Hasan, M. 2010, Mechanical Properties of Polypropylene Composites Reinforced with Chemically Treated Coir and Abaca Fiber, *J Reinf Plast Comp.*, 29, 2253–2261. DOI: 10.1177/0731684409343324