

ATIK KUMAŞ TAKVİYELİ POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN DARBE VE ÇEKME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF IMPACT AND TENSILE BEHAVIOURS OF WASTE FABRIC REINFORCED POLYMER COMPOSITES

Nebahat ARAL

İstanbul Teknik Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

Ömer Berk BERKALP

İstanbul Teknik Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

e-mail: berkalpo@itu.edu.tr

Mustafa BAKKAL

İstanbul Teknik Ü. Makina Mühendisliği Bölümü

Telem GÖK SADIKOĞLU

İstanbul Teknik Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada tekstil atıklarının geri kazanımı amacı ile atık kumaşların takviye malzemesi olarak kullanıldığı polimer matrisli kompozit yapılar elde edilmeye çalışılmıştır. Takviye malzemesi olarak ikisi %100 polyester ve diğeri %100 pamuk hammaddeli üç farklı bezayağı (düz) dokuma kumaş, matris malzemesi olarak ise doymamış polyester reçine kullanılmıştır. Takviye malzemesi olarak kullanılan kumaşlar tek yönlü ve sürekli veya küçük boyutlarda ve gelişigüzel olarak oryente edilmiştir. Kompozit malzemeler baskı kalıplama yöntemi ile üretilmiştir. Plakalar şeklinde elde edilen numunelerin darbe ve çekme deneyleri yapılmış ve deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler saf reçine değerleriyle karşılaştırıldığında, üretilen tüm kompozit plakalarda darbe dayanımı kazancının sağlandığı görülmüştür. Çekme sonuçlarına bakıldığında ise kompozit plakaların daha yüksek uzama değerlerine sahip olduğu ve saf reçineye göre daha sünek davranış gösterdiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atık kumaş, Geri kazanım, Kompozit malzeme, Doymamış polyester reçine.

ABSTRACT

The aim of this work is to manufacture fabric waste reinforced polymer composites in order to re-evaluate textile wastes. Three plain woven fabrics from 100% polyester and 100% cotton are used as the reinforcement, and unsaturated polyester resin is used as the matrix material. Fabrics that are used as the reinforcement are continuously oriented at single direction or randomly oriented in small pieces. Composite plates are manufactured by the press molding technique. Also % 100 polyester resin plates were produced with the same technique. Impact and tensile tests were carried out. When the results are compared with that of the pure matrix material, it was seen that impact strength values of all the composite plates were improved. As a result of the tensile tests, it was also observed that composite plates showed higher ductility behavior with higher elongation values.

Key Words: Fabric waste, Re-evaluate, Composite, Unsaturated polyester resin.

Received: 19.09.2008

Accepted: 05.11.2008

1. GİRİŞ

Atık malzemelerin kullanımıyla oluşturulan farklı formlardaki yeni malzemeler hem çevresel, hem de ekonomik açıdan birçok yarar sağlamaktadır. Halen Türkiye sanayisinde önemli bir paya sahip olan tekstil endüstrisi atıklarının kompozit malzeme üretiminde kullanımı fikri de bu çevresel ve ekonomik kaygıları içermektedir. Günümüzde tekstil sanayi atığı olarak nitelendirilen lif, iplik ve kumaş atıklarının

bir bölümü atık borsalarında ticari değer kazanıp farklı işlem basamaklarından geçerek yeni ürün olarak tekrar tüketime sunulabilirken, bir bölümü de çeşitli yöntemlerle bertaraf edilmektedir. Bu kapsamda tekstil atıklarının takviye olarak kullanıldığı kompozit malzemelerin tasarımı, atıkların değerlendirilmesi adına alternatif bir yöntem olma özelliği taşımaktadır.

Tekstil atıklarıyla takviyelendirilen plastiklerin mekanik özelliklerindeki geliş-

meler, düşük maliyetinin yanısıra geliştirilmiş mekanik özelliklere sahip yeni ürünlerin ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede çeşitli alanlarda kullanılan plastik malzemelere alternatif olabilecek ürünlerin tasarlanması hedeflenmektedir.

Atıkların kompozit malzemeler içerisinde kullanılarak değerli bir form bulması fikri günümüzde canlılığını korumaktadır. Bu konuyla ilgili olarak çeşitli atık malzemelerin matris ve/veya tak-

viye olarak kullanıldığı çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Günümüzde atık plastiklerin tekrar işlenerek kullanımı oldukça yaygın bir yöntem olup, kompozitlerde matris malzemesi olarak kullanıldıkları çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (1,2). Takviye malzemesi olarak ise ülkemizde yerfıstığı, ceviz ve fındık kabuğu gibi çeşitli tarımsal atıkların kullanıldığı kompozit malzeme tasarımı çalışmaları olduğu görülmektedir (3-5).

Tekstil malzemelerine bakıldığında ise atık lif ve kumaşların takviye olarak değerlendirilmeye çalışıldığı bazı çalışmalara rastlanmaktadır. Çalışmaların ortak hedefleri, atıkların çevresel yüklerini azaltmak ve polimer malzemeleri takviyelendirerek gelişmiş mekanik özellikler kazandırmak olarak ifade edilebilir (2,6-8). Özellikle polimer içerisine eklenen lifler, malzeme içerisinde yük dağılımı sağlamak ve bu sayede saf polimerin darbe dayanımında artış gözlenmektedir (2,8). Polipropilen çuval atıklarının kullanıldığı çalışmada elde edilen malzemelerin ucuz olduğu ve dış ortamda kullanılan odun esaslı benzer plakaların yerini alabileceği vurgulanmıştır (2).

Bu projenin çıkış noktası olan çalışmanın sonuçlarına bakıldığında, çalışma kapsamında polyester atık kumaş takviyesiyle üretilen kompozit yapıların eğilme dayanımı karşılaştırma yapılan sunta ve MDF yapılara göre daha düşük olduğu ancak daha az su emdiği görülmektedir. Bu sebeple, bu kompozitlerin dış ortam uygulamaları için daha uygun olduğu söylenmektedir. Ancak eğilme daya-

nımı değerlerinin daha düşük olması sebebiyle malzemenin geliştirilmesi gerektiği ve bazı performans özelliklerinin de incelenmesinin uygun olacağı belirtilmektedir (9).

Bu çalışmanın amacı, tekstil atıklarının takviye malzemesi olarak değerlendirilerek kompozit malzeme üretilmesi ve üretilen bu malzemelerin ölçülen fiziksel özelliklerine uygun bir kullanım alanında değerlendirilmesidir. Bu kapsamda, öncelikle çalışmada kullanılan malzemeler ve yöntem hakkında bilgi verilmiş, ardından yapılan darbe ve çekme test sonuçları sunularak tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Öncü Çalışma

Deneysel çalışmalarda takip edilen sistematik, yapılan öncü çalışmalardan elde edilen tecrübe ve veriler ışığında belirlenmiştir. Öncü çalışmalarda takviye malzemesi olarak %100 pamuk ve %100 naylon atık dokuma kumaşlar, matris malzemesi olarak ise doymamış polyester reçine kullanılmış ve kompozit malzemeler pres kalıplama yöntemiyle üretilmiştir (10).

Elde edilen kompozit yapılarda kürlenme sürecinde etki eden basma kuvvetinin ve hava boşluğu miktarlarının mekanik özellikler üzerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür. Bu sebeple plakaların belli basınçlar altında kürlenmesi ve ileriki çalışmalarda kullanılacak pres kalıbın tasarımında (Şekil 1) hava çıkış kanallarının olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Tasarlanan kalı-

bın çıkıcı çitaları yanına bu kanallar işlenmiştir.

Bunun yanısıra kompozit plakalardan test numunesi elde etmek için gerçekleştirilmiş olan su jetiyle kesimlerin özellikle pamuk kumaş takviyeli kompozitlerde, liflerin suyu emmesi ve şişmesi sonucu delaminasyon oluşumu görülmüştür. Bu sebeple özellikle hidrofil yapıları liflerin kullanıldığı kompozit malzemelerin kesim işlemlerinde yüksek hızda mekanik kesme yöntemlerinin daha iyi sonuçlar vereceği sonucuna varılmıştır.

Buna ek olarak çekme testi sırasında numunelerin çeneye yakın yerlerden koptuğu görülmüştür. Bu sorunu çözebilmek için numune kesim işleminin ardından standarda uygun boyutlarda hazırlanan pleksiglas saplar, numunelerin çenelerle temas edecek her iki ucuna yapıştırılmış ve bu bölgelerin desteklenmesi sağlanmıştır. Bu sayede kopmaların ölçü boyu sınırları içerisinde kalması sağlanabilmiştir.

2.2. Takviye ve Matris Malzeme Özellikleri

Bu çalışmada takviye malzemesi olarak biri %100 pamuk, diğer ikisi %100 polyester olmak üzere bezayağı konstrüksiyonuna sahip üç farklı dokuma kumaş kullanılmıştır. Kumaşlar ev tekstili üretimi yapan bir firmadan alınmış, farklı boyutlara sahip ve ticari değeri düşük olan tekstil sanayi atıklarıdır. Takviye malzemelerine ait bilgilere Tablo 1'de, EN ISO 13934-1 standardına göre yapılmış olan çekme testi sonuçlarına ise Tablo 2'de yer verilmiştir.

Matris malzemesi olarak da önceden hızlandırılmış ortoftalik tip doymamış polyester reçine (Crystic -Scott Bader) kullanılmıştır. Reçinenin jelleşme reaksiyonunun başlayabilmesi için %2 ağırlık oranında sertleştirici (Butanox) eklenmektedir. Saf reçinenin fiziksel özelliklerinin belirlenebilmesi için 3 mm kalınlığında %100 polyester reçineden plakalar oluşturulmuş ve çekme ve darbe dayanımları test edilmiştir. Plakalar öncelikle oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiş, daha sonra 80°C'de 3 saat süreyle kürlenmiştir.

2.3. Yöntem

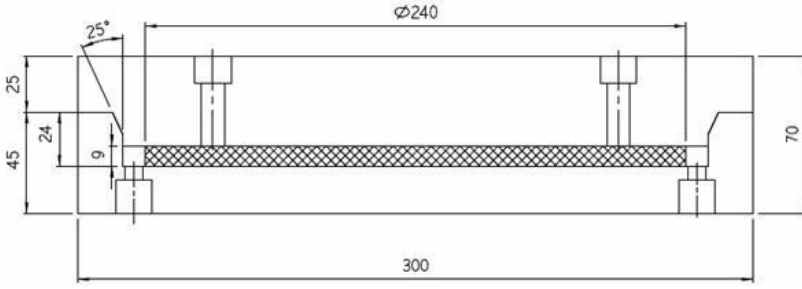
Kompozit plakaların üretimi için baskı kalıplama yöntemi kullanılmıştır. Öncü çalışma sonucunda tasarımı gerçekleştirilen ve kompozit plaka üretimi için kullanılan kalıbın yandan görünüşü Şekil 1'de yer almaktadır. Kalıp malzemesi alüminyum olup, kalıbın net kalıplama alanı 240 mm x 430 mm'dir.

Tablo 1. Kullanılan takviye malzemesinin özellikleri

Takviye malzemesi	Konstrüksiyon	Gramaj (gr/m ²)	Kalınlık (mm)	Çözgü Sıklığı (Tel/cm)	Atkı Sıklığı (Tel/cm)
Polyester Kumaş 1	Bezayağı	75	0,26	21	20
Polyester Kumaş 2	Bezayağı	36	0,08	39	29
Pamuklu Kumaş	Bezayağı	121	0,23	38	35

Tablo 2. Kullanılan takviye malzemelerinin çekme test sonuçları

Takviye malzemesi / Yön	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Kopma Uzaması (%)
Polyester Kumaş 1 / Çözgü Boyuna	22,03	43,53
Polyester Kumaş 1 / Atkı Boyuna	33,45	36,17
Polyester Kumaş 2 / Çözgü Boyuna	38,27	21,50
Polyester Kumaş 2 / Atkı Boyuna	110,67	22,89
Pamuk Kumaş / Çözgü Boyuna	41,40	19,73
Pamuk Kumaş / Atkı Boyuna	40,93	11,30



Şekil 1. Pres kalıbın yandan görünüşü

Tablo 3. Üretilen kompozit plakalara ait bilgiler

Kompozit Plaka	Takviye Malzemesi	Kumaş Kat Sayısı	Kumaş Ağırlığı (gr)	Kompozit Plaka Ağırlığı (gr)
P1-S	Polyester Kumaş 1	10	70	290
P2-S	Polyester Kumaş 2	15	50	212
C-S	Pamuklu Kumaş	8	90	325
C-K	Pamuklu Kumaş	-	90	355

Tablo 4. Darbe testi sonuçları

Kompozit Plaka	Yönlendirme (°)	Kırılma Enerjisi (Joule)	Standart Sapma
P1-S	0	1,38	0,16
P1-S	45	2,48	0,32
P1-S	90	1,78	0,18
P2-S	0	3,32	0,52
P2-S	45	1,42	0,18
P2-S	90	0,76	0,10
C-S	0	0,89	0,15
C-S	45	1,04	0,15
C-S	90	0,88	0,15
C-K	0	0,90	0,22
C-K	45	1,43	0,67
C-K	90	1,23	0,59
Saf reçine	-	0,31	0,02

Takviye malzemesi olarak kullanılan kumaşlar, ilk üç (P1-S, P2-S ve C-S) kompozit plakada pres kalıbın iç boyutları olan 240 mm x 430 mm boyutlarında sürekli olarak kesilmiş ve plakanın uzunluğu boyunca atkı yönlü olarak serilmiştir. Üretilen dördüncü plaka (C-K) için ise %100 pamuk kumaştan gelişigüzel olarak 1-3 cm² arasında değişen boyutlarda parçalar kesilerek gelişigüzel serilmiştir.

Tüm plakalar pres kalıplama yöntemiyle imal edilmiştir. Oda sıcaklığında ve 2 ton basınç altında 24 saat ön kurlaşmaları sağlanmıştır. Daha sonra 80°C'de yaklaşık 3 saat bekletilerek kurlaşmalarının tamamlanması sağlanmıştır.

Üretilen plakalarda %25 takviye ağırlık oranının ve 3 mm plaka kalınlığının elde edilmesi amaçlanmıştır. Hedeflenen orana ulaşabilmek için her üç kumaş için farklı kumaş kat sayısı ve ağırlıklar kullanılmıştır. Kompozit plakalara ait bilgilere Tablo 3'de yer verilmiştir.

Elde edilen kompozit malzemelerden standartlara uygun boyutlarda darbe ve çekme test numuneleri, CNC freze (pantograf) kesim makinası ile kesilerek elde edilmiştir. Lif yönlendirmesinin etkisinin incelenmesi için 0°, 90° ve 45°'lik açılarla numune kesimleri gerçekleştirilmiştir. 0°'lik yön, kumaşın atkı iplikleri boyuna, 90°'lik yön ise kumaşın

şın çözgü iplikleri boyuna olduğu doğrultuları ifade etmektedir.

Darbe dayanım testi ASTM D6110 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numuneler 12,7 mm x 127 mm boyutlarında 0°, 90° ve 45°'lik yönlerde üçer adet kesilmiş ve her numuneye 2.25 yarıçaplı, 45°'lik çentikler açılmıştır. Test için Devotrans charpy darbe test cihazı ve 6 joule kapasitesindeki çekiç kullanılmıştır.

Tek eksenli çekme deneyi ise ASTM D3039 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numuneler 35 mm x 210 mm boyutlarında ve 0°, 90° ve 45°'lik yönlerde üçer adet kesilmiş, ölçü boyu 100 mm olarak belirlenmiştir. Çekme deney numuneleri 50 kN kapasiteli vidalı ve video ekstensometreli Shimadzu AG-1S çekme cihazında yapılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmalar sonucunda üretimi gerçekleştirilen her plakanın ağırlığının yaklaşık olarak %25'ini kumaş takviyesi, %75'ini ise reçine oluşturmaktadır. Kullanılan reçine, üretim yöntemi, üretim parametreleri (basınç, sıcaklık, süre vb.), numune boyutları gibi değişkenler tüm plakalar için aynı olacak şekilde ayarlanmıştır ve ana değişkenler olarak takviye kumaş tipi, kumaş boyutu ve oryantasyonu (yönlendirme) esas alınmıştır.

3.1. Darbe Testi Sonuçları

Kompozit plaka üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılan atık kumaşlar anizotropik davranışa sahip yapılardır. Kumaşların yöne bağlı olarak gösterdikleri davranış farklılıkları, sürekli kumaş takviyesine sahip kompozit malzemelerde de belirgin olarak görülebilmektedir. Dolayısıyla, Tablo 4'te görüldüğü üzere, plakalardan 0°, 90° ve 45° yönlerinde alınan numunelerden farklı değerler elde edilmektedir.

Bekleneceği üzere küçük boyutlarda kesilmiş gelişigüzel serime sahip kumaş takviyeli kompozit plakalarda yöne bağlı bir farklılıktan bahsedilemeyecektir. Farklı yönlerde ait numunelerden elde edilen değerler tesadüfi farklılıklar göstermektedir.

Sürekli kumaş takviyesine sahip P1-S, P2-S ve C-S plakalarından elde edilmiş olan numunelerin standart sapma değerlerine bakıldığında gelişigüzel serilmiş kumaş takviyeli kumaşa göre daha düşük sınırlar dahilinde olduğu görülmektedir (Tablo 4). Küçük parçalar halinde kesilmiş ve gelişigüzel olarak serilmiş plakalarda düzenli bir iç

yapı bulunmamaktadır. Bu plakaların kesit görünümleri incelendiğinde, yapıda yer yer kumaş yığılmaları, yer yer reçine birikmeleri olduğu ve sürekli kumaş takviyeli plakalara göre daha fazla hava boşlukları içerdiği görülebilmektedir (Şekil 2).

Bazı C-K numunelerinin darbe test sonuçları, C-S numunelerinin her üç yönüne nazaran daha yüksek değerler vermiştir. Bu numunelerin kırılma yüzeyleri incelendiğinde kırılma bölgelerinde 8 katı aşan miktarlarda kumaş yığılmaları (Şekil 3-a) olduğu görülmektedir. Bazı C-K numunelerinde ise C-S numunelerine nazaran oldukça düşük darbe dayanım değerleri elde edilmiştir. Bahsi geçen numunelerin

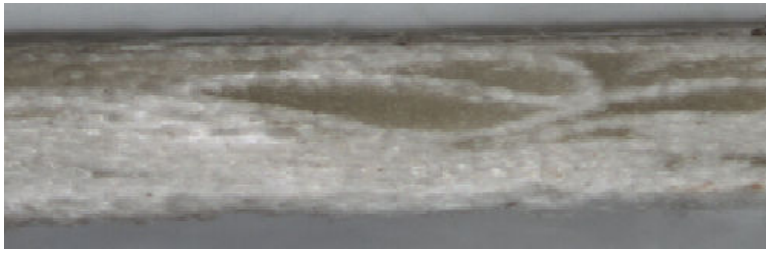
kırılma yüzeyleri incelendiğinde ise bu bölgelerde reçine oranının (Şekil 3-b) yüksek olduğu ve/veya hava boşluklarının sıkça veya büyük boyutta (Şekil 3-c) bulunduğu bölgeler olduğu dikkat çekmektedir. Özellikle hava boşluklarının yoğun olduğu bölgelerde dayanım oldukça düşmektedir ki; numune üzerinde kırılma, çentikli bölge yerine hava boşluğunun hâkim olduğu bölgede dahi gerçekleşebilmektedir.

Ortalama darbe dayanım değerlerine bakıldığında ise C-K numuneleri C-S numunelerine nazaran daha yüksek değerlere sahiptir. Bu durumun tesadüfi olup olmadığının anlaşılabilmesi için daha yüksek miktarda numune üzerinde çalışılmasının ve elde edilen

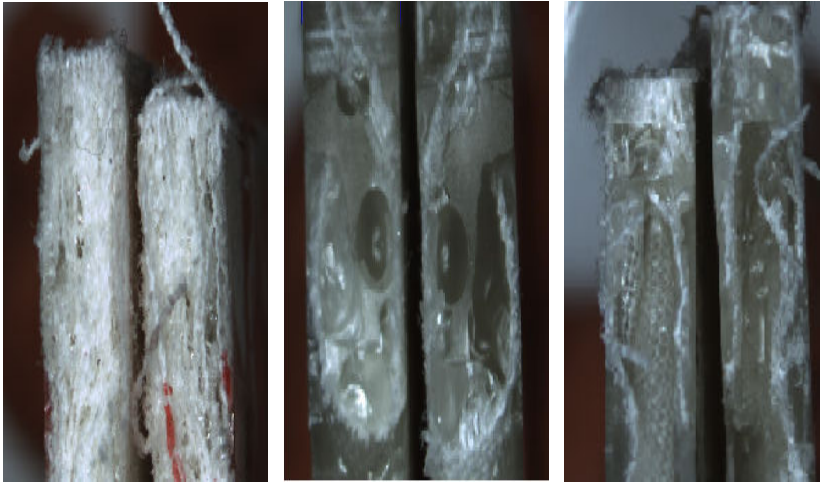
verilerin üzerinden istatistiki analizlerin yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Sürekli takviyeye sahip P1-S, P2-S ve C-S kompozit plakalarından elde edilen değerler karşılaştırıldığında ise, genel olarak polyester takviyeli her iki plakanın pamuk takviyeli plakaya göre daha yüksek değerler verdiği görülmektedir (Şekil 4). Bu durumun pamuk takviyeli kompozitin polyester takviyelere nazaran daha gevrek yapıda olması, dolayısıyla enerji sönmüleme yeteneğinin daha düşük olması sebebiyle gerçekleştiği düşünülmektedir.

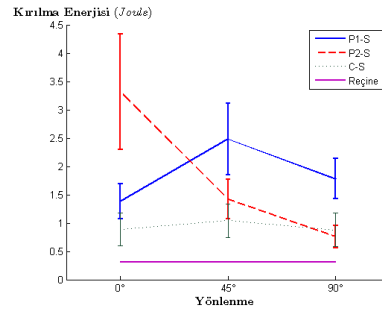
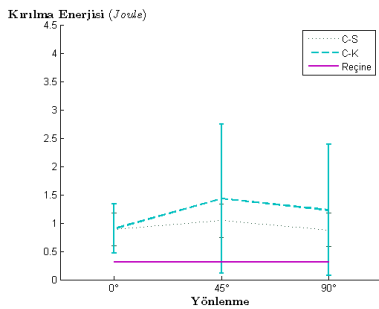
P2-S plakasının 0°'lik yönündeki kırılma enerjisi tüm numune ve yönlere içerisinde en yüksek değere sahiptir ve saf reçinenin kırılma enerjisinin yaklaşık olarak 10 katıdır. Bu yöndeki yüksek değerlerin takviye kumaşın bu yöndeki dayanımı ve yüksek kumaş kat sayısı (15 kat) ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Tablo 1 ve 2). P2-S plakasının çekme test sonuçlarında da bu benzer durum görülmektedir (Tablo 5).



Şekil 2. C-K plakalarının kesit görünümü



Şekil 3. C-K darbe deney numunelerinin kırılma yüzeyleri
a) Kumaş yığılmalı bölge b) Reçine birikmeli bölge c) Hava boşluklu bölge



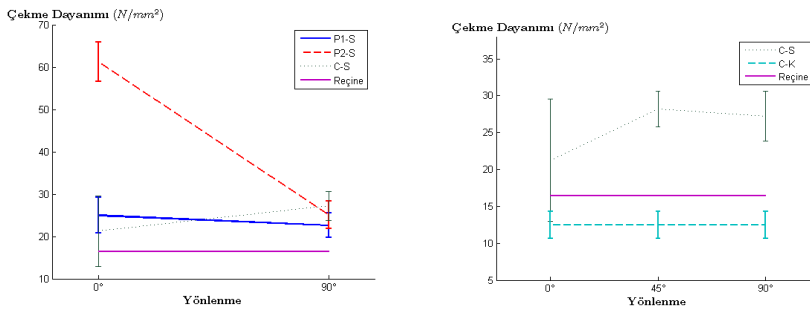
3.2. Tek Eksenli Çekme Deneyi Sonuçları

Farklı tip ve sürekli kumaş takviyelerinden elde edilmiş olan P1-S, P2-S ve C-S numunelerinin çekme dayanım değerleri incelendiğinde, kumaşların atkı ve çözgü yönlerindeki dayanım değerlerinin kompozit plakaların dayanım değerleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Özellikle P2-S numunelerinde kumaş yönünün kompozit üzerine etkisi belirgin olarak görülebilmektedir. P2-S in 0°'lik (atkı iplikleri uygulanan çekme kuvvetine paralel yönde) numunelerinin ortalama çekme dayanımları, 90°'lik numunelerinin ortalama çekme dayanımlarının yaklaşık olarak 2,7 katıdır (Tablo 5). Polyester kumaş 2'nin çekme dayanım değerleri incelendiğinde atkı boyuna yöndeki dayanım değerlerinin çözgü boyuna yöndeki dayanım değerlerinin bu değere oldukça yakın olduğu görülmektedir (Tablo 2).

P1-S numunelerinde ise, kumaş yönleri arasındaki ilişki kompozit yönleri üzerine nispeten daha az yansımış olmakla beraber, atkılarının boyuna yönlendiği 0°'lik numunelerin dayanım değerleri kumaşta da olduğu gibi çözgü boyuna olan 90°'lik numunelere göre daha azdır. Benzer durum pamuk takviyeli C-S numuneleri için de geçerlidir. Kumaşların, kompozitler üzerindeki etki miktarlarının farklılaşması ise kumaşların gramaj ve kalınlık farkından dolayı aynı kumaş kat sayılarına sahip olmamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. En düşük gramaj ve

Tablo 5. Çekme testi sonuçları

	Yönlenme (°)	E. Modül (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Kopma Uzaması (%)
P1-S	0	1152,84	24,96	40,67
P1-S	45	935,22	22,59	52,37
P1-S	90	755,40	20,12	29,05
P2-S	0	1355,41	61,21	25,68
P2-S	90	942,18	25,04	16,60
C-S	0	1108,84	21,23	2,19
C-S	45	1151,94	27,23	3,84
C-S	90	1191,36	28,18	4,24
C-K	-	1122,30	12,50	0,94
Saf reçine	-	1316,54	16,47	0,91



Şekil 5. Yönlenme – Çekme Dayanımı Grafikleri

kalınlığa sahip olan polyester 2 kumaşının P2-S kompozit plakası içerisindeki kat sayısı, C-S plakasındaki kumaş kat sayısının neredeyse 2 katı, P1-S plakasındakinin ise 1,5 katıdır (Tablo 1). Kumaşların tek katlarına ait çekme dayanım değerleri (Tablo 2) göz önünde bulundurulduğunda plakalar arasındaki bu farklılığın beklenen bir durum olduğu düşünülmektedir.

Sürekli kumaş takviyeli numunelerin çekme dayanımları (Şekil 5), saf reçinenin çekme dayanımıyla karşılaştırıldığında; plastiğin kumaş ile takviyelendirilmesiyle bazı numunelerde %300'e varan oranlarda dayanım artışı elde edilebileceği görülmektedir. Sürekli takviyelerde gözlenen bu artış C-K numunelerinde görülmektedir ve C-K'nın çekme dayanım değeri ortalaması saf reçineye göre daha düşüktür. Bu durumun küçük kumaş parçalı ve gelişigüzel serimli yapıya sahip C-K plakalarının hava boşluk miktarlarının oldukça yüksek olması sebebiyle olduğu düşünülmüştür.

Çekme testi sonucu uzama (%) değerlerine bakıldığında ise, polyester kumaş takviyeli plakaların uzama değerlerinin (Tablo 5), saf reçineye göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Saf reçine yaklaşık %1'lik uzamaya

sahipken polyester kumaş takviyeli kompozitlerde %50'lere varan değerlere ulaşılmıştır. Polyester kumaşların çekme uzamaları incelendiğinde (Tablo 2), kompozit çekme uzamalarının bu değerlerden de yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun, çekme testi sırasında kompozit içindeki kumaş tabakaları arasındaki kayma sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Pamuk kumaş takviyeli kompozitlerde ise, uzama saf reçineye nazaran 2-4 kat daha yüksek olmakla beraber polyester takviyelilere göre oldukça düşüktür. Pamuk kumaşın çekme uzamalarının %10 - %20 (Tablo 2) civarında olmasına rağmen, reçine muamelesi sonrası aynı uzamalara ulaşamadığı görülmektedir. Bu durumun hidrofilik yapıdaki pamuk lifinin reçineyi yüzeyde tutmayıp, lif gövdesi içerisine alması ve reçinenin lif içerisinde sertleşerek pamuk lifini daha gevrek bir yapıya dönüştürmesi sebebiyle olduğu düşünülmektedir.

3.3. Tartışma

Takviye malzemesi olarak kullanılan kumaşların atkı ve çözgü yönlerindeki dayanımları farklıdır. Bu kumaşlarla takviyelendirilen kompozit malzemelerde de benzer şekilde yöne bağlı

davranış görülmektedir. Kompozit malzemedeki anizotropinin, kumaştaki anizotropiye bağlı olarak arttığı düşünülmektedir.

Sürekli kumaş takviyesiyle oluşturulan kompozit plakaların darbe ve çekme özellikleri incelendiğinde, saf reçineye göre hem kırılma enerjisi, hem de çekme dayanım değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Atık kumaşların değerlendirilmesinin hedeflendiği bu çalışmada, küçük parçalı atıkların kullanımının da nasıl bir etkisinin olacağını görebilmek amacıyla atık kumaşlar küçük parçalara bölünmüş ve gelişigüzel olarak serilmiştir. Bu plakalardan elde edilen çekme dayanım değerleri saf reçineye göre daha düşük değerler vermiştir. Bu durumun oluşmasındaki en önemli sebeplerden ikisinin malzemenin gelişigüzel oryantasyondan dolayı düzensiz bir iç yapıya sahip olması ve yüksek hava boşlukları içermesi olduğu düşünülmektedir. Sürekli takviyeye sahip plakalarda yük, takviye malzemesindeki yüke paralel elemanlar (atkı ve çözgü) tarafından taşınırken, küçük parçalı ve gelişigüzel oryantasyonlu plakalarda ise böyle bir durum söz konusu olamamaktadır. Ayrıca takviye miktarı ve uygulanan basınç değerleri aynı olmakla beraber gelişigüzel oryantasyonlu plakalarda daha çok hava boşluğu kaldığı görülmektedir. Bu oluşan boşlukların da malzemenin dayanımını ciddi miktarda düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Küçük parçalı ve gelişigüzel serimli plakalar, düzensiz yapılarına rağmen saf reçineye göre daha iyi kırılma enerjisi değerleri vermektedir. Bu durumun liflerin, etkiyen darbe kuvvetinin malzeme içerisinde dağıtımını sağlaması sayesinde olduğu düşünülmektedir. Özet olarak üretilen tüm kompozit plakalarda darbe dayanımı kazancı sağlanmıştır. İleriki çalışmalarda daha az hava boşluğuna sahip plakaların üretimi hedeflenerek darbe dayanım değerlerinin daha yüksek değerlere çekilebileceği düşünülmektedir.

Çekme sonuçlarına bakıldığında kompozit plakaların daha yüksek uzama değerleriyle saf reçineye göre daha sünek davranış gösterdiği görülmektedir. Ayrıca polyester kumaş takviyeli kompozitlerin uzama (%) değerlerinin %50'lere kadar vardığı, pamuk takviyelerinin ise saf reçineden daha yüksek olmakla beraber ancak %3-4'lere ulaşabildiği görülmektedir. Bu durumun pamuğun hidrofilik yapısından kaynaklandığı ve lifin içerisine emilen reçinenin lif içerisinde sertleşerek yapıyı gevreklettiği düşünülmektedir.

Çalışmada farklı gramajlara sahip olan kumaşlar kullanılarak, aynı takviye ağırlık oranlarına ulaşılması hedeflenmiştir. Bu sebeple aynı oranlara ulaşabilmek için farklı sayıda kumaş katları kullanılmıştır. Kumaşların dayanım değerlerinin yanı sıra kumaş kat sayı-

larının da kompozit malzemenin dayanım değerleri üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir. İleriki çalışmalarda aynı kumaş, aynı üretim parametreleri ve farklı kumaş kat sayıları kullanılarak bu durumun daha ayrıntılı incelenebileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından 107M354 no'lu proje aracılığıyla desteklenmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Singleton, A.C.N., Baillie, C.A., Beaumont, P.W.R., Peijs, T., 2003, "On The Mechanical Properties, Deformation And Fracture Of A Natural Fibre/Recycled", *Polymer Composites*, Part B 34 519–526.
- Arnold, J.C., O'brien, F., Moody, M., 2006, "All-Polymer Composites From Recycled Woven Polypropylene Fabrics And Polyethylene Film", *Journal of Polymer Engineering Science*, 46:1523–1529.
- Çelik, Ç., Gürdal, E., 2005, "Yerfistiği Kabuğunun Agregası Olarak Kullanım Olanakları", *İTÜ Dergisi/A, Mimarlık, Planlama, Tasarım*, Cilt:4, Sayı:1, 37-46.
- Yıldırım, R., 2005, "Ceviz Kabuğundan Polimer Kompozit Levha Üretimi Ve Bazı Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yıldırım, A., 2007, "Öğütülmüş Fındık Kabuğunun Polipropilen Matrisli Kompozitlerde Kullanılabilirliği", Marmara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Bateman, S.A., Wu, D.Y., 2001, "Composite Materials Prepared from Waste Textile Fiber", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 81, 3178–3185.
- Priya, S.P., Ramakrishna, H.V., Rai S.K., 2005, "Tensile, Flexural, And Chemical Resistance Properties Of Waste Silk Fabric-Reinforced Epoxy Laminates", *Journal Of Reinforced Plastics And Composites*, Vol. 24, No. 6.
- Priya, S.P., Rai, S.K., 2005, "Impact, Compression, Density, Void Content, And Weight Reduction Studies On Waste Silk Fabric/Epoxy Composites", *Journal Of Reinforced Plastics And Composites*, Vol. 24, No. 15.
- Sadıkoglu, T., Şikim, Ç., Güler, C., Eryürek, B., 2003, "Uses of Polyester Waste Fiber in Composite Materials", *Journal of Scientific and Industrial Research*, Vol.62, 462-467.
- Aydemir, K., Tunga, İ., Karalar, V., Bakan, M., 2008, "Tekstil Döküntülerinden Kompozit Malzeme Üretimi ve Fiziksel Analizi" İstanbul Teknik Üniversitesi Lisans Tezi.

Bu araştırma, Bilim Kurulumuz tarafından incelendikten sonra, oylama ile saptanan iki hakemin görüşüne sunulmuştur. Her iki hakem yaptıkları incelemeler sonucunda araştırmanın bilimselliği ve sunumu olarak "**Hakem Onaylı Araştırma**" vasfıyla yayımlanabileceğine karar vermişlerdir.

Genel İhracat Performansı İçinde			
Tekstil ve Hammaddeleri İhracatının Payı			
<i>Birim: 1000 \$</i>			
	2008	2009	2008 / 2009
	Ocak - Mart	Ocak - Mart	Değişim %
Türkiye Genel İhracatı	31.326.902	21.009.078	-32,9
Tekstil ve Hammaddeleri İhracatı	1.855.277	1.185.060	-36,1
Teks.ve Hammaddeleri İhracatının Payı %	5,9	5,6	
Sanayi İhracatı	21.817.539	14.162.460	-35,1
Teks.ve Hammaddeler İhracatının Sanayi İhracatındaki Payı %	8,5	8,4	

Kaynak: İhracatçı Birlikleri Kayıtları