


KARBON FİBER (CFRP) İLE MODDİFİYE EDİLEN LAMİNE AHŞAP YAPI KERESTELERİN BAZI PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ


Turan Maharrambay AHMADLI

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

 <https://orcid.org/0000-0001-9073-0098>

Erkan AVCI

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

 <https://orcid.org/0000-0002-1475-4028>

1. Giriş

Ahşap lamine elemanlar iki ya da daha fazla katın tutkallanarak ve katların lif yönleri birbirine paralel ya da dik gelecek şekilde birleştirilmesi ile elde edilir. Lif yönlerinin paralel gelecek şekilde düzenlenmesi daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Eğer, üretilen ahşap lamine eleman kavisli ise katların lif yönlerinin paralel olarak uygulanması zorunluluğu vardır. Laminasyon da farklı ağaç türü, değişken kat sayısı, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir (Kurtoğlu 1979). Laminasyon tekniğinde direnç özelliklerinin daha iyi olabilmesi için ahşap malzemeyi kusurlarından arındırarak en iyi şekilde kullanmak gerekmektedir. Bu ürünlerin kullanımı masif ahşap malzemeye göre daha yüksektir ve birçok avantajı vardır. Bu yöntemle, kısa boylu ve dar enli ağaç malzemedan daha



uzun ve geniş ağaç malzeme üretilebilmektedir. Kısa boylu ağaç malzemede fire oranı az olduğuna göre bu ürünün maliyetini azaltmaktadır.

Sağlam parçalardan üretilen lamine malzemelerde kat kalınlıkları ve ağaç malzemenin rengi farklı olduğu için estetik değeri daha yüksektir. Laminasyon tekniğinin uygulanmasıyla daha yüksek kalitede ve istenilen formda ürün tasarımı üretmek mümkün olmaktadır. (Karayılmaz vd., 2007). Günümüzde inşaat sektöründen mobilya sektörüne kadar çok geniş bir alanda karbon elyaf takviyeli laminasyon işlemleri kullanılmaktadır.

Karbon fiber yüksek direnç, yüksek spesifik sertlik ve yüksek maliyet ile özdeşleştirilebilir. İlk iki özellik düşük ağırlığın önemli olduğu yerlerde (örn. uzay uygulamaları) karbon fiberi ideal yapmaktadır. Yüksek maliyete rağmen karbon fiber içerikli kompozitler birçok yapısal uygulamada kullanılmaktadır (örn. sismik rehabilitasyon ve yapısal sistemlerin (beton kolon ve kiriş) onarımı) (Zoghi, 2013).

Muratoğlu A., (2011) yaptığı çalışmada; ahşap yapı elemanlarının güçlendirilmesinde kullanılan karbon fiber takviyeli polimer uygulamasının, ahşap yapı elemanlarının mekanik performanslarında meydana getirdiği değişim miktarının belirlenmesi amaçlamıştır. Sonuç olarak; tarihi yapıların restorasyonunda yapılan güçlendirme çalışmalarında ahşap yapı elemanlarının, eğilmeye zorlanan bölgelerinde, CFRP şerit çubuk kullanarak tek yönlü bir güçlendirme yapılabileceği, fakat çekmeye ve basınca zorlanan bölgelerinde tek yönlü güçlendirmelerin yeterli olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Bu tez çalışmasında farklı kalınlıkta lamine malzeme, farklı tutkal ve farklı CFRP malzemelerin kullanım yeri, malzemenin güçlendirmedeki etki faktörü incelenmiştir. Çalışmada ayrıca CFRP ile desteklenmiş lamine yapı malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerinde iyileşmeler sağlanmıştır.

2.Malzeme ve Yöntem

2.1. Ahşap malzeme

Çalışma kapsamında kullanılacak odun hammaddesi olarak ağaç türlerinden Avrupa Ladini (*Picea abies*) ağacı tercih edilmiştir. Tercih olarak bu türün seçilmesi günümüzde ahşap yapılarda en çok ladin ve çam türlerinin kullanılmasından kaynaklıdır. Avrupa ladini odunun tam kuru yoğunluğu $0,43 \text{ g/cm}^3$, basınç direnci 40 N/mm^2 , Eğilme direnci 68 N/mm^2 , elastikiyet modülü 100000 N/mm^2 , paralel çekme direnci 80 N/mm^2 dir (Bozkurt ve Erdin,2000).

2.2. CFRP yapı malzemesi

SPM Kompozitler ve İleri Malzeme Teknolojisi Co, Ltd. Şti. firmasından temin edilen CFRP yapı malzemesi incelenmiş ve yapılacak güçlendirme çalışmasına uygun ebat ve form olarak 1,2 mm kalınlığında, 600 g/m^2 yoğunlukta düz desenli CFRP yapı malzemesi tercih edilmiştir. Metallerle göre oldukça düşük yoğunlukta, çeliğe göre mukavemeti yüksek, aşırı katı olup yüksek aşınma direncine sahiptir. Ayrıca kimyasal dirençleri fazla, hafif ve sınırsız boyda üretim yapılabilir. Karbon

lifi takviyeli kompozit malzemeler genellikle; uçak sanayisinde, roket ve uydu yapımında, otomotiv sanayisinde ve birçok spor malzemelerinin yapımında kullanılır (Ç. Altay, 2014)

2.3. Yapıştırıcılar

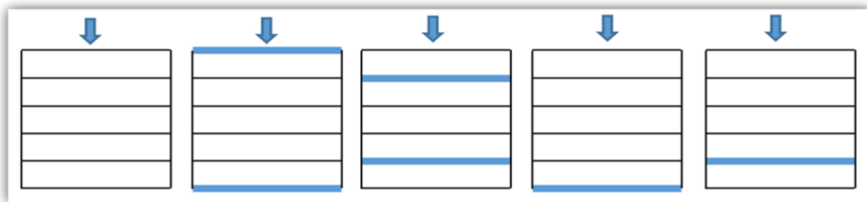
Epoksi ve poliüretan yapıştırıcısı, ACM Yapı Kimyasalları San. Tic. Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir. Epoksi, inşaat alanında da yaygın kullanılan bir malzemedir. Yoğunluğu 20°C'de 1,5 g/cm³, viskozitesi 1100 MPas' dır. Kullanım şekli 300 g/m² olarak firma önerisine uyulmuştur.

Poliüretan yapıştırıcılar, poliüretanları sentezlemek için kullanılan maddelerden yapılmış sentetik yapıştırıcılardır. Yoğunluğu 20°C'de 1,11±0,02 g/cm³, 20°C±2 sıcaklık ve %65±3 bağıl nem ortamında 30 dakika sertleşmektedir. Üretici firma önerilerine göre bu tutkal ambalaj viskozitesinde ve 300 g/m² firma önerilerine göre bu tutkalın hazırlanmasında %87 ye %13 sertleştirici kullanılmıştır

3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan ahşap malzemesi Akkoyun Orman Ürünleri San. Ltd. firması tarafından temin edilmiştir. Kullanılan ağaç malzemenin de birinci sınıf çatlaksız ve budaksız olmasına dikkat edilmiştir. Odun örnekleri üretilecek lamine kereste ölçülerinde daire testere makinesinde kesilmiştir. Kesilen örnekler nem kürlenmeli poliüretan ve çift bileşenli epoksi yapıştırıcıları ve karbon fiber yapı malzemesi eklenerek lamine edilmiştir. Çalışmada kullanılan çift bileşenli Epoksi yapıştırıcısının a bileşeni (reçine) ve b bileşeni (sertleştirici) 1/1 oranında açık gri rengi alana kadar karıştırılıp ve uygulanan yüzeye 300 g/m² olacak şekilde fırça yardımıyla sürülmüştür. Ahşap lamine keresteler 5 tabakadan (lamel) meydana gelmekte olup lamelerin kalınlıkları 8 mm, 16 mm ve 24 mm olarak hazırlanmıştır. 2 Bölge «en dışta bulunan lamelin iç yüzeyi ve dış yüzeyi», 3 kalınlık «40 mm, 80 mm, 120 mm» olarak kullanılmıştır.

Şekil 1. CFRP uygulandığı bölgeler



4. Deney Metodu

4.1. Hava Kurusu Yoğunluk

Yoğunluk tayininde kullanılacak örnekler lamine kerestelerin enine kesit ölçülerinde ve 100 mm uzunluğunda hazırlanmıştır. Yoğunlukların belirlenmesinde TS 5497 EN 408 esaslarına uyulmuştur. Hazırlanan örnekler 20 °C ± 2 sıcaklık ve %65 ± 5 bağıl nemde klimatize edilerek %12 rutubete getirilmiştir. Aşağıda belirtilen formül kullanılarak hava kurusu yoğunluklar bulunmuştur.

$$d = \frac{m}{v} \quad (4.1)$$

d= Yoğunluk (g/cm³)

m=Örnek ağırlığı (g)

v=Örnek hacmi (cm³)

4.2. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Yapısal boyutta eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneylerinde TS 5497 EN 408 standardına uyulmuştur. Uygulama boyutundaki yapı malzemesinde kuvvet merkeze göre simetrik iki noktadan uygulanır. Bunun nedeni kuvvet uygulama noktaları arasında makaslama gerilmesi oluşmadan malzemenin bu noktalar arasında en zayıf yerden kırılmasını sağlamaktır. Bu durumda eğilme direnci;

$$\sigma_E = \frac{3}{2} \cdot \frac{F(L_s - L)}{b \cdot h^2} \quad (L_s/3) \text{ (mm)}$$

σ_E = Eğilme Direnci (N/mm²)
 F= Kırılma anındaki maksimum yük (N)
 L_s= Dayanaklar arası mesafe (h x 18) (mm)
 L= Uygulanan F/2 Kuvvetler arası mesafe
 b= Örnek genişliği (mm)
 h= Örnek kalınlığı (mm)

Elastikiyet modülü için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır

$$E_m = \frac{L_1^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times h^3 \times (a_2 - a_1)} \quad \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

Burada;

E_m= Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²)

L₁= Dayanak eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b= Örnek genişliği (mm)

h = Örnek kalınlığı (mm)

F_2-F_1 = Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (N)

a_2-a_1 = Kuvvet artışları nedeniyle örnek uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim farkıdır (mm).

4.3.Boyutsal Kararlılık Testi

Su alma miktarı ve Boyutsal şişme oranının belirlenmesinde TS EN 317 standardında belirtilen esaslara göre deney numunelerinin 20x20x30 mm boyutlarında belirlendi ve her bir gruptan 10 ar adet olmak üzere örnek kullanıldı. Kalınlık artışı ve su alma miktarı:

Boyutsal değişim=Boyut ya da hecimdeki artış / başlangıçdaki boyut yada hecim *100 %

Su Alma Oranı = $(M_H - M_O) / M_O \times 100$ (%)

M_H : İlk ölçülen ağırlık (g)

M_O : Suda bekletildikten sonra ölçülen ağırlık (g)

5.Verilerin İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi

Mekanik test sonuçları, %95 güven düzeyinde DUNCAN testinin ardından varyans analizinden oluşan bilgisayarlı bir istatistik programı ile değerlendirildi. İstatistiksel değerlendirmeler, farklı harflerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösteren homojenlik grupları (HG) üzerinde yapılmıştır.

6. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışma kapsamında hazırlanan örneklere verilen kodlar ve anlamları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Çalışmada kullanılan kodlar ve anlamları

Grup kodları	Kod Açılımı
KE	Epoksi kontrol grup
KP	Poliüretan kontrol grup

DE	Epoksi dış yüzey tek kat karbon fiber
DP	Poliüretan dış yüzey tek kat karbon fiber
AE	Epoksi iç yüzey tek kat karbon fiber
AP	Poliüretan iç yüzey tek kat karbon fiber
İE	Epoksi iç yüzeyde çift katman karbon fiber
İP	Poliüretan iç yüzeyde çift katman karbon fiber
TE	Epoksi dış yüzeyde çift kaman karbon fiber
TP	Poliüretan dış yüzeyde çift kaman karbon fiber

Hava Kuruşu Yoğunluklar

Lamine örneklere ait yoğunluk değerleri incelenmiştir. Lamine örnekler üzerinde yapılan ölçümlere göre yoğunluk değerlerine ait veriler Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Hava kuruşu yoğunluklara ait ortalama değerler

No	Gruplar	Ortalama (g/cm ³)	Standart sapma	Cov değeri
1	KE	0.486	0.013	1.91
2	KP	0.449	0.008	1.72
3	DE	0.541	0.021	3.70
4	DP	0.521	0.006	1.12
5	AE	0.479	0.006	1.17
6	AP	0.469	0.012	2.47
7	İE	0.518	0.020	2.29
8	İP	0.484	0.002	0.47
9	TE	0.501	0.016	2.79
10	TP	0.469	0.008	1.76

Yapılan deneyler sonucunda en yüksek hava kuruşu yoğunluk, epoksi dış yüzey CFRP kaplamalı örneklerde 0,54 g/cm³, en düşük yoğunluk poliüretan (kontrol) ile lamine edilen örneklerde 0,449 g/cm³ elde edilmiştir.

Statik Eğilme Direnci Deneyine Ait Bulgular

Deney gruplarının eğilme direnci deneyine ait aritmetik ortalama değerler:

Çizelge 6.3.40 mm kalınlığında deney gruplarının verileri

Gruplar	40 mm kalınlığında deney gruplarının verileri							
	Eğilme direnci N/mm2	Standart sapma	Cov değeri	İyileşme Oranı %	Elastikiyet modülü N/mm2	Standart sapma	Cov değeri	İyileşme Oranı %
AE	74,800	6,33	8,463	18,8↑	10806,101	443,78	4,1	13,5↑
AP	71,822	6,12	8,521	23,1↑	10175,858	1125,36	11,05	25,4↑
DE	79,324	4,690	5,912	26,03↑	12871,797	705,15	5,96	35,2↑
DP	73,421	7,033	9,579	25,9↑	10567,977	1521,02	14,39	30,2↑
IE	66,581	0,74	1,11	5,7↑	9973,923	2168,04	21,73	4,79↑
IP	63,823	4,88	7,646	1,4↑	8641,467	1249,42	14,45	6,53↑
TE	65,809	4,55	6,914	4,5↑	9704,302	1582,5	16,3	2,3↑
TP	59,741	7,28	12,186	2,45↑	9159,844	1072,92	11,7	12,9↑
KE	62,940	9,46	15,03		9517,719	2020,61	21,23	
KP	58,307	3,99	6,843		8111,310	446,28	5,5	

40 mm deney gruplarının dış yüzeylerine uygunlanmış çift kat CFRP epoksi gruplarının eğilme direncinde 26,03 % poliüretan gruplarında ise 25,09 % epoksi gruplarının elastikiyet modülünde ise 35,2% poliüretan gruplarında ise 30,2% iyileşme olduğu görülmüştür .

Çizelge 6.4. 80 mm kalınlığında deney gruplarının verileri

Gruplar	80 mm kalınlığında deney gruplarının verileri							
	Eğilme direnci N/mm2	Standart sapma	Cov değeri	İyileşme Oranı %	Elastikiyyet modülü N/mm2	Standart sapma	Cov değeri	İyileşme Oranı %
AE	64,178	9,05	14,1	67,1↑	9751,073	2902,37	29,7	9,6↑
AP	59,934	6,25	10,4	73,8↑	9755,626	709,2	7,26	14,1↑
DE	73,614	7,08	9,61	91,7↑	15526,516	6742,15	35,43	74,5↑
DP	61,865	8,01	12,94	79,4↑	14960,033	960,08	6,42	68,1↑
IE	40,02	9,65	24,11	4,23↑	9110,09	3116,04	34,02	2,39↑
IP	36,076	3,73	10,33	4,63↑	8682,251	2514,25	28,9	1,62↑
TE	63,023	6,32	10,22	64,1↑	13293,455	7982,03	60,05	49,4↑
TP	58,886	3,17	5,38	69,7↑	8733,918	1215,8	13,92	2,23↑
KE	38,393	9,39	24,4		8896,602	1932,327	21,71	
KP	34,477	3,13	9,08		8543,254	1270,02	14,86	

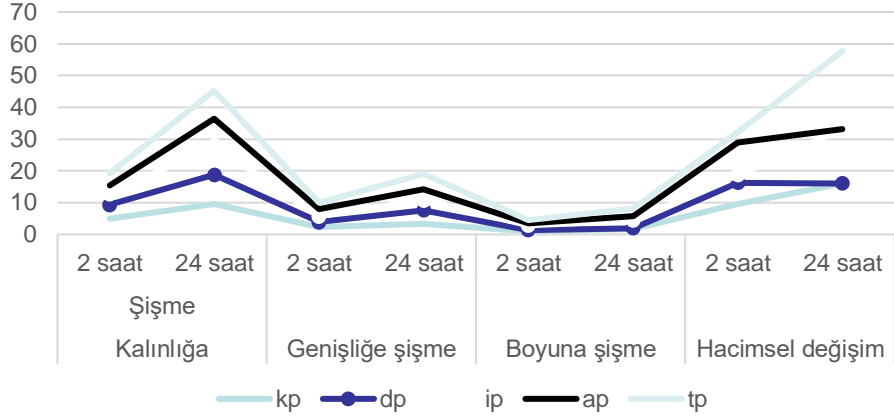
80 mm deney gruplarının dış yüzeylerine uygulanmış çift kat CFRP epoksi gruplarının eğilme direncinde 91,7 % poliüretan gruplarında ise 79,4% epoksi gruplarının elastikiyyet modülünde ise 74,5% poliüretan gruplarında ise 68,1% iyileşme olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.5. 120 mm kalınlığında deney gruplarının verileri

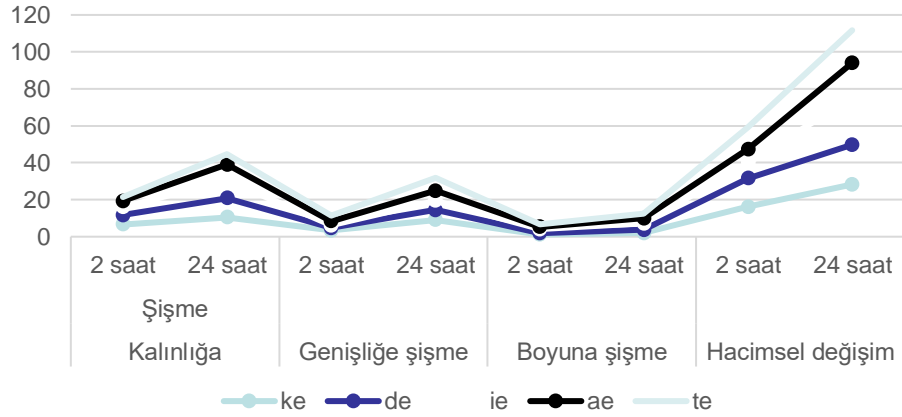
Örnek No	Adı	Elastikiyyet Modülü N/mm2	Konrol grubuna göre İyileşme oranı %	Eğilme direnci N/mm2	Konrol grubuna göre İyileşme oranı %
Grup No					
1	AE	83.351	34.9↑	12808.985	40.02↑
2	AP	75.297	29.01↑	8859,958	22,13↑
3	DE	96.976	56.9↑	13183.285	44.1↑
4	DP	91.460	56.7↑	13160.432	43.8↑
5	İE	92.949	50.04↑	12258.666	34.01↑
6	İP	84.233	44.3↑	10107.990	39.03↑
7	TE	90.742	46.8↑	9992.450	37.7↑
8	TP	85.337	46.2↑	9892.317	36.03↑
9	KE	61.782		9147.325	
10	KP	58.362		7254.203	

120 mm deney gruplarının dış yüzeylerine uygulanmış çift kat CFRP epoksi gruplarının eğilme direncinde 56,9% poliüretan gruplarında ise 56,7% epoksi gruplarının elastikiyyet modülünde ise 44,1% poliüretan gruplarında ise 43,8% iyileşme olduğu görülmüştür.

Şekil 2.poliüretan grubu boyutsal değişim



Şekil 3.boyutsal değişim epoksi grubu



Çizelge 6.6.Ağırlık değişimi

Örnek kod	Kodun anlamı	Ağırlık değişimi	
		2 saat	24 saat
KP	Kontrol	46,38	69,09
DP	Dış yüzey çift kat CFRP	43,37	66,66
İP	Dahilde çift katman CFRP	61,77	75,9
AP	Dış yüzey tek katman CFRP	54,03	66,64
TP	Dahilde tek katman CFRP	42,77	55,72
KE	Kontrol	40,84	69,22
DE	Dış yüzey çift kat CFRP	46,76	64,98
İE	Dahilde çift katman CFRP	35,53	56,25
AE	Dış yüzey tek katman CFRP	43,04	58,37
TE	Dahilde tek katman CFRP	30,33	48,75

Sonuç ve Öneriler

Deney örneklerinin yoğunluk değerlerini etkileyen başlıca etkenin CFRP olduğu görülmüştür. Dış yüzeylere uygulanan çift kat Cfrp de yoğunluk değerlerinin arttığı görülmüştür. Yoğunluğun birçok özelliği etkilediği düşünülürse örneklerde cfrp miktarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Deney sonuçlarına göre en fazla yoğunluk epoksi etrafı tek kat CFRP qrupunda görülmüştür 0,521 g/cm³. Deney sonuçlarına göre, örneklerinin statik eğilme direnci en fazla (73,324 N/mm²) etrafı tek kat CFRP yapı malzemesi ve epoksi yapıştırıcısı kullanılan lamine örneklerde elde edilmiştir ve kontrol gruplarına göre %26 oranında artış göstermiştir. Ahşap sektöründe karbon fiber takviyeli kompozitler epoksi yapıştırıcısı ile birlikte kullanılarak ahşap malzemenin eğilmeye karşı maruz kalan kısımlarında güçlendirme çalışmalarında kullanılabilirEğilmede elastikiyet modülü ortalama değeri en fazla 11831,797 N/mm² ile epoksi etrafı CFRP kaplanarak elde edilen örneklerde belirlenmiştir ve kontrol gruplarına göre %24,31 oranında artış göstermiştir. Yüksek esneme ve kopma özelliği sayesinde CFRP yapı malzemesinin

ahşap köprü, merdiven, kolon, kiriş ve çatılarda bölgesel güçlendirmede kullanılabilir.

Yapışma deneyi sonucunda, lamine edilen örnek türlerinde ortalama yapışma direncinin en fazla katmanlar arası CFRP yapı malzemesi ve Epoksi yapıştırıcısı ile yapıştırılmış örneklerde olduğu belirlenmiştir (19.87 N/mm²). Aynı zamanda kontrol gruplarına göre %100,49 oranında artış göstermiştir. Ahşap yapıların zarar görmüş bölümlerinde ve restorasyon çalışmalarında kuvvetlendirme amacıyla CFRP ve epoksi yapıştırıcısı kullanılabilir. Epoksi yapıştırıcısının lamine ahşap malzemeye yüksek mukavemetle yapışması sonucunda ahşabın yıpranma süresini uzattığı söylenebilir. Boyutsal kararlılık testleri sonucunda, ağırlık değişiminde en fazla artış (%57,03) epoksi ile yapıştırılmış lamine örneklerinde, en az %10,42 ile Epoksili iç yüzeyde tek kat CFRP örneklerde tespit edilmiştir. Kalınlık değişiminde en fazla artış %68,05 ile iç yüzeyde çift kat poliüretan yapıştırıcısı ile yapıştırılan lamine örneklerde, en az %42,01 ile Epoksi iç yüzeyde çift kat CFRP ile yapıştırılan lamine örneklerde elde edilmiştir. Genişlik değişiminde en fazla artış (%72,08) epoksi ile yapıştırılan örneklerde, en az (%22,2) poliüretan ile yapıştırılmış lamine örneklerde tespit edilmiştir. Boyutsal değişimde en fazla artış %81,4 oranında poliüretan ile yapıştırılmış örneklerde en az artış ise %23,3 oranında epoksi ile yapıştırılmış lamine örneklerde tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre kontrol gruplarına göre genel anlamda %33,04 iyileşme olduğu görülmüştür. Yapılan testler sonucunda CFRP ile kuvvetlendirme tekniği lamine kirişlerde rahatlıkla kullanılabilceği görülmüştür. Bazı mekanik özellikler ve suya bağlı boyutsal değişimlerde önemli iyileştirmeler sağlanmıştır. Uygulamalar sırasında karşılaşılan sorunlardan CFRP üzerine fırça ile yapıştırıcı sürülmesi yerine daldırma yönteminin kullanılması ve karbon fiberin serilmesi ve preslenmesi esnasında lif yönünde gerdirme işleminin yapılması çok daha iyi bir yapışma ve kuvvet artırımını sağlayacağı görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmada Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesinin yüksek lisans öğrencisi Turan Muharrembey Ahmedlinin tezinden yararlanılmıştır.

Açıklama bildirimi

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

İletişim

E-posta: muharrembeyturan@gmail.com
avci@gmail.com

Kaynakça:

- Ahmad, Y. (2013) Ductility of Timber Beams Strengthened Using Fiber Reinforced Polymer, *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 5(66): 535–544.
- Akün, H., (2008) Poliüretan, Karbon Fiber Kompozitlerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 89 s.
- Aleksandroviç, A., (2013) Усиление деревянных конструкций с использованием стальных витых крестообразных стержней, *Journal Scientific Bulletin*, 3(30):128-137.
- Altay, Ç., Cibo, C., Özçiğçi, A., Baysal, E., Tokar, H., (2018) Determination of Some Mechanical Properties of Laminated Wood Material Reinforced with Carbon Fiber, *Meslek Bilimler Dergisi*, 7(2):125-132.
- Amani, A., Niyazi, A., (2018) Türkiye’de Prefabrik Yapı Sektörünün Hızlı Gelişimi, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(3):487-494.
- Aydın, E., (2019) Karbon Fiber Takviyeli Polimer Kompozit ile Alüminyum Alaşımının (AL 7075) İstiflenmiş Halde Delinebilirlik Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 207s.
- Bardavit, D., (1992) Ahşap İskelet Yapıda Taşıyıcılık ve Korumuculuk Sorunları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 102s, İstanbul.
- Bilgin, Y., (2010) Türkiyede Masif Panel Sektörünün Yapısal Durumu ve Ağaç İşleri Endüstrisindeki Kullanım Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 142s.
- Budak, A., Uysal, H., Aydın, A., (2004) Kırsal Yapıların Deprem Karşısındaki Davranışı, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergi.* 35 (3-4): 209-219.
- Çalışkan, Ö., Meriç, E., Yüncüler, M., (2019) Past, Present and Future of Timber and Timber Structures, *BSEU Journal of Science*, 6 (1), 109-118.
- Çöğürçü, M., (2007) Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 204 s.
- Durgun, I., (2014) Vakum İnfüzyon Yöntemi ile Kompozit Parça Üretimi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(4):902-911.
- Ergün, A., Çavdar, E., (2010) Geleneksel Balıkesir Dursunbey Evleri’nde Yapım Teknolojileri ve Malzeme Kullanımları, *BAÜ Fen Bil. Ens. Dergisi*, 12(2): 1-11.
- Esen, E., (2009) Kompozit Yaprak Yayların Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Yorulma Analizinin Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Bartın, 160 s.

Makaleni böyle alıntılaysın: Turan Maharrambay AHMADLİ, Erkan AVCI. Karbon fiber (CFRP) ile moddifiye edilen lamine ahşap yapı kerestelerin bazı performans özelliklerinin belirlenmesi. *Bilim ve İnovatif Teknolojiler Dergisi*. Numara 23, 2022.s.12-28. DOI: 10.30546/2616-4418.23.2022.12

XÜLASƏ

Karbon lifi (CFRP) ilə gücləndirilmiş laminatlı ağacın hazırlanmasında müxtəlif xüsusiyyətlərinin müəyyənləşdirilməsi

Turan Məhərrəmbəy ƏHMƏDLİ

Muğla Sıtkı Koçman Universiteti, Muğla, Türkiyə

Erkan AVCI

Muğla Sıtkı Koçman Universiteti, Muğla, Türkiyə

Bu tədqiqatda karbon lifi ilə gücləndirilmiş yapışqanlı laminatlı ağac (CFRP) materialı müxtəlif proses texnikalarından istifadə edilərək istehsal edilmişdir. Tədqiqatda ağac xammalı kimi 3 fərqli qalınlıqda Avropa ladin (*Picea abies*) ağacından və tək istiqamətli karbon lifli materialdan istifadə edilmişdir. İstifadə olunan karbon lifli parçalar 4 fərqli tətbiq sahəsinə yapışdırılıb. Avropa ladin (*Picea abies*) ağacından hazırlanmış nümunələr üçün iki komponentli epoksi yapışqan və nəmlə bərkidilmiş poliuretan yapışqandan istifadə edilməklə laminant lövhələr alınmışdır.

Nümunələr TS 5497EN 408 standartına uyğun sıxlıq, statik əyilmə, TS 2478 standartına uyğun əyilmə elastiklik modulu, TS EN 317 standartına uyğun olaraq ölçülü sabitlik testi ilə sınaqdan keçirilmişdir. Sınaq nəticələrinə görə nümunələrin statik əyilmə gücü ən yüksək (73,324 N/mm²) CFRP konstruksiya materialı və epoksi yapışdırıcıdan istifadə edilən laminatlanmış nümunələrdə və epoksinin CFRP ilə örtülməsi ilə əldə edilən nümunələrdə olub. əyilmədə orta elastiklik modulu 11831,797 N/mm². , ölçü dəyişikliyinə maksimum artım poliuretanla bağlanmış nümunələrdə 81,4%, epoksi ilə yapışdırılmış nümunələrdə isə minimum artım 23,3 nisbətində müəyyən edilmişdir. %. Nəticədə, karbon lifli tikinti materialı və epoksi yapışdırıcı, əyilmə və sıxılmaya məruz qalan hissələrdə regional möhkəmləndirmə üçün körpülər, pilləkənlər, sütunlar, kirişlər və damlar kimi strukturlarda istifadə edilə bilər. Taxta materialın xarici səthinə ani təsirlərə qarşı karbon lifli konstruksiya materialı və epoksi yapışdırıcıdan istifadə etməklə ağac materialının zədələnməsinin qarşısı alın bilər. Epoksi yapışdırıcının tətbiq olunan səthə güclü və sürətli nüfuz etməsi və karbon lifli konstruksiya materialı ilə artan möhkəmliyi sayəsində xüsusilə taxta döşəmələrdə aşınma müddətini uzatmaq üçün istifadə edilə bilər.

Əldə edilən məlumatlar daxilində, taxta tikinti sektoru ilə birlikdə laminasiya sistemindən istifadə edən bir çox sektoru əhatə etdiyi üçün geniş bir bazar sahəsinin istifadə edə biləcəyi təsirli bir layihə araşdırması ortaya çıxacaq. Bu materialın istehsalı ilə ölkə iqtisadiyyatına yüksək əlavə dəyərə malik məhsulun gətirilməsi nəzərdə tutulur. məqsədi təşkilati öhdəlik və təşkilati ədalətin iş məmnunluğuna təsirini müəyyən etməkdir. Tədqiqatda əlaqəli skrininq modelindən istifadə edilmişdir. Araşdırmanın əsas mərkəzi İstanbul Hava Limanı olmaqla, 2020-ci ilin yanvar ayında fəaliyyət göstərən mülki hava yolu şirkətlərində vaxtaşırı dəyişən təxminən 17.000 kabin bələdçisindən ibarətdir.

Nümunəvi seçmə üsulu ilə 377 kabin məmuru müəyyən edilmişdir. Tədqiqatda məlumatların toplanması üçün Təşkilati Öhdəlik Ölçüsü, Minnesota İş Məmnuniyyəti Ölçüsü və Təşkilati Ədalət Şkalasından istifadə edilmişdir. Məlumatların təhlili üçün proqnozlaşdırılan dəyişikliklər Çox Xətli Reqrəssiya Analizindən istifadə edilmişdir. Araşdırma nəticəsində bəlli olmuşdur ki, təyyarə bələdçilərinin təşkilati bağlılığı və qoyulan ölçülər kontekstində baxıldığında işçilərin emosional, davamlılıq və normativ öhdəlikləri birlikdə iş məmnuniyyətinə təsir edir. Kabin heyətinin təşkilati ədaləti onların iş məmnunluğuna da öz təsirini göstərir. Qoyulan tələblər çərçivəsində baxıldıqda, qarşılıqlı, prosessual və paylaşılan ədalətin birlikdə qavranılması iş məmnuniyyətinə təsirini göstərmir.

Açar sözlər: Laminatlı Taxta Material, Karbon Fiber (CFRP), yapışqanlar, mexanik xüsusiyyətlər

РЕЗЮМЕ

Определение различных свойств при получении ламинированной древесины, армированной углеродным волокном (CFRP)

Туран Магеррамбай АХМЕДЛИ

Мугла Университет Ситки Кочмана, Мугла, Турция

Эркан АВЧИ

Мугла Университет Ситки Кочмана, Мугла, Турция

В этом исследовании с использованием различных технологических процессов был изготовлен материал из ламинированной древесины, армированной углеродным волокном (CFRP). В качестве древесного сырья в исследовании использовалась древесина европейской ели (*Picea abies*) трех различных толщин и однонаправленный углеродный волокнистый материал. Образцы из ели европейской (*Picea abies*) плиты ламината были получены с использованием двухкомпонентного эпоксидного клея и отверждаемого влагой полиуретанового клея.

Образцы были испытаны на плотность и статический изгиб по стандарту TS 5497EN 408, на модуль упругости при изгибе по стандарту TS 2478, на тест размерной стабильности по стандарту TS EN 317. По результатам испытаний статическая прочность на изгиб образцов была наибольшей (73 324 Н/мм²) у ламинированных образцов с использованием углепластика конструкционного материала и эпоксидного клея и у образцов, полученных при покрытии эпоксидной смолы углепластиком.

Средний модуль упругости при изгибе составляет 11831,797 Н/мм², максимальное увеличение изменения размеров было определено на уровне 81,4 % в образцах, заклеенных полиуретаном, а минимальное увеличение составило 23,3 % в образцах, заклеенных эпоксидным.

В результате строительный материал из углеродного волокна и эпоксидный клей можно использовать в конструкциях, таких как мосты, лестницы, колонны, балки и крыши, для регионального усиления в частях, подверженных изгибу и сжатию. Повреждение древесного материала можно предотвратить, используя строительный материал из углеродного волокна и эпоксидный клей для защиты от внезапных

ударов по внешней поверхности древесного материала. Благодаря сильному и быстрому проникновению эпоксидного клея в наносимую поверхность и повышенной прочности конструкционного материала из углеродного волокна, его особенно можно использовать для увеличения срока службы деревянного пола. В рамках, полученных данных появится эффективное проектное исследование, которым может воспользоваться широкая сфера рынка, охватывающая многие отрасли, в которых наряду с сектором деревянного строительства, используется, также и система ламинирования. Производство этого материала принесет в экономику страны дорого стоящий продукт. Цель направлена на определение влияния организационной приверженности и организационной справедливости на удовлетворенность работой. В исследовании использовалась связанная модель скрининга. Наряду с аэропортом Стамбула, основным центром Исследования также являются примерно 17 000 бортпроводников, которые работали на гражданских авиалиниях в январе 2020 года. Выборочным методом выявлено 377 бортпроводников. Для сбора данных в исследовании использовались Шкала организационных обязательств, Миннесотская шкала удовлетворенности работой и Организационная шкала справедливости.

Для анализа прогнозируемых изменения данных использовался анализ множественной линейной регрессии. В результате исследования было установлено, что при рассмотрении в контексте установленных мер организационной приверженности бортпроводников, эмоциональные, устойчивые и нормативные обязательства сотрудников в совокупности влияют на их удовлетворенность работой. Организационная справедливость бортпроводников также влияет на их удовлетворенность работой. При рассмотрении в рамках требований комбинированное восприятие взаимной, процедурной и общей справедливости не оказывает влияния на удовлетворенность работой.

Ключевые слова: Ламинатный древесной материал, углеродное волокно, клеи, механические свойства