



Karbon ve Cam Yünü İle Güçlendirilmiş Lamine Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)

Cengiz GÜLER¹, Serkan SUBAŞI²

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Konuralp Yerleşkesi, Düzce, cengizguler@duzce.edu.tr

²Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Konuralp Yerleşkesi, Düzce, serkansubasi@duzce.edu.tr

Özet

Bu çalışmada sarıçam odunu değişik oranlarda karbon lifi ve cam lifi ile güçlendirme işlemi yapıldıktan sonra PVA, üre formaldehit ve epoksi ve yapıştırıcı kullanılarak iki farklı malzeme olan karbon ve cam yünü kullanılmak suretiyle elde edilen 2 ve 3 katmanlı olarak hazırlanan lamine edilmiş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun bazı teknolojik özellikleri incelenmiştir. Hazırlanan deney örneklerinin eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, dinamik eğilme (şok) direnci üzerine etkileri araştırılmıştır. Karbon lifi ile güçlendirilmiş ve muamele edilmiş lamine ahşap malzemenin direnç özelliklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sarıçam, cam yünü, karbon lifi, epoksi, PVA, Eğilme direnci.

Abstract

In this study, using carbon fiber and glass fiber reinforcement yellow pine wood laminated. PVA, urea formaldehyde and epoxy adhesive were used. Carbon and glass fiber were used for laminated yellow pine (*Pinus sylvestris* L.) wood and 2 and 3 layers was prepared later it was examined some of the technological properties. Bending strength, modulus of elasticity and dynamic bending (shock) strength were tested and investigated. It was determined treated with carbon-fiber reinforced for laminated wood, some mechanical properties higher than other.

Key words: *Pinus sylvestris* L., fiberglass, carbon fiber, epoxy, PVA, bending strength.

1.Giriş

Lamine ahşap malzeme TS EN 386 (1999)'da odun lamellerinin özellikle liflerin paralel olarak yapıştırılması ile elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Laminasyonda daha büyük boyutlu ahşap elemanlar kullanıldığında bunlar glulam olarak adlandırılır. Glulam, masif kerestelerin büyük boyut oluşturmak için uç uca yan yana ve üst üste eklenmesiyle üretilen bir yapı elemanıdır. Kavisli elemanlarda 2.54 cm kalınlıkta keresteler kullanılırken az kavisli yada düz elemanlar için 5 cm kalınlıkta keresteler kullanılmaktadır. Bu tip yapı elemanlarının lif yönüne paralel düzenlenmesi zorunludur (Guller, 2001).

Masif ağaç malzeme büyük boyutlu ve kavisli elemanlarda tek parça olarak kullanılması gerek ekonomik ve gerekse teknolojik açıdan elverişli değildir. Büyük boyutlu taşıyıcı yapı elemanlarının ahşap malzeme tek parça olarak kullanımı sınırlıdır. Bunun nedeni, ağaç malzemede bulunan budak, çatlak, lif kıvrıklığı gibi kusurların tamamen giderilmesi mümkün değildir. Bu yüzden yapı malzemesinde direnç özellikleri olumsuz yönde etkiler. Bu sakıncaların giderilmesi için laminasyon tekniği kullanılmaktadır (Keskin ve ark. 2003). Laminasyon tekniği ağaç malzemenin bir kısım kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkan sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif olarak üretilenden daha iyi olmaktadır. Aynı zamanda estetik bir görünüm de elde edilmektedir. (Örs ve Keskin, 2000).

Laminasyon işleminde kullanılan odunun anatomik özellikleri yüzey pürüzlülüğü, pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri odunun yapışma direnci üzerine etkili olmaktadır. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenir. Pres basıncı yumuşak odunlarda 0.6-1 N/mm², sert odunlarda ise 0.2-1.6 N/mm² arasında olmalıdır (Dilik, 1997). Düzgün yüzeyli parçaların yapıştırılmasında yeterli basınç



uygulandığında tutkalın yüzeyler arasındaki transferi homojen olmakta ve yapışma direnci en iyi sonucu vermektedir. Kusursuz yüzeylerin birleştirilmesinde 0.7 N/mm^2 basınç uygulandığında yapışma direnci en yüksek değere ulaşmaktadır (Franklin Glue Company, 1989).

2 ve 4 mm kalınlıktaki Doğu kayını kaplama levhalarının ve poliüretan tutkalı ile lamine edilen ağaç malzemelerin direnç değerinin, (PVAc) tutkalı ile lamine edilenlerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Şenay, 1996).

Luggin and Bergmeister (1998)'de karbon fiber tabakası ile güçlendirilmiş ve ağaç malzemenin lifler yönünde yapıştırılması ile elde edilmiş ve yapıştırıcı olarak epoksi tutkalı kullanılmış glulamın makaslama direnci özelliklerini incelemişlerdir.

Lamine edilmiş ağaç malzeme daha etkin bir kullanım alanı sunar. Fabrikasyon işlemleriyle bükme ve değişik ebat ve boyutlarda üretilme imkanını sağlar. Çelik konstrüksiyon ise % 20 daha ağırdır, güçlendirilmiş beton ise glulam'a göre % 600 daha ağırdır. Müşteri isteklerine göre dizayn edilebilir, estetik olarak memnuniyet vericidir, kolay bir şekilde işlenebilir, kimyasallarla yangına karşı dirençli hale getirilebilir, depreme karşı esnek yapıda olduğu için daha dayanıklı bir yapı elde edilebilir.

Kolay bükülebilen lamine ahşap malzeme karbon lifle (yüksek dirence sahip suni lif) güçlendirilirse büyük oranda eğilme direnci artırılabilceği belirtilmektedir. İki tabakanın ayrılması hasarı (delamination) olayı sözkonusu olmayacağı belirtilmektedir (Brunner and Schnueriger, 2005).

6-7 ve 9 tabakadan oluşmuş ve *Pinus caribaea var. hondurensis* odunu kullanılmış glulamda 0.25 ile 0.90 cm kalınlığında güçlendirilmiş cam yünü (fiberglas-reinforced) ile üretilmiş kompozit malzemenin bazı mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuçta cam yünü ile güçlendirilmiş kompozit malzemedede eğilme ve esneklik direnci artmıştır (Fiorelli and Dias, 2006).

Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda diyagonalığı nedeniyle direnç özelliklerinin azalmaması için laminasyon tekniği kullanılması önerilmektedir. Bu çalışmada tabakalar arasında karbon lifi veya cam lifinin belli oranlarda ilave edilmesiyle oluşturulan katman, laminasyonun direnç özelliklerini artırması nedeniyle yapısal amaçlı kullanım yerleri için uygun bir kompozit malzeme yapısı oluşturacağı beklenmektedir.

Bu amaçla sarıçam odunu değişik oranlarda karbon lifi ve cam lifi ile güçlendirme işlemi uygulanarak dört farklı tutkal; poliüretan, PVA, üre formaldehit ve epoksi ve iki farklı güçlendirici materyal karbon ve cam kullanılmak suretiyle elde edilen 2 ve 3 katmanlı olarak hazırlanan lamine edilmiş (glulam) sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun bazı teknolojik özellikleri incelenmiştir. Hazırlanan deney örneklerinin eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, dinamik eğilme (şok) direncine etkileri araştırılmıştır.

LVL ve glulam geniş bir kullanım alanına sahiptir; yapısal amaçlar; Köprü inşası, hipodrom, gemi kısımları, Okul, cami, alışveriş merkezi gibi yapılar, Spor salonları, kapalı yüzme havuzu, kapalı tribün yapıları, Büyük depo ve hangar yapımı, fabrika binaları, Sinema, tiyatro, konser, teşhir ve gösteri salonları, Konut, otel, bahçe mobilyası, pergole yapımı sayılabilir.

2. Materyal ve Metot

Düzce yöresinden elde edilen Sarıçamdan 10 mm ve 15 mm kalınlıklarda ve yaklaşık 40 cm uzunluklarda 30 mm genişlikteki örneklerden hazırlanmıştır. Ağaç malzemenin seçiminde, kerestelerinin kusursuz, liflerinin düzgün, budaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu



bulunmayan, böcek ve mavi renk mantar zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir. 2 ve 3 katlı olarak üretilen lamine sarıçam malzemedeki ara katlarda değişik oranlarda karbon lifi ve cam yünü kullanılarak poliüretan, PVA, üre formaldehit ve epoksi tutkalı ile hidrolik preste üretimleri gerçekleştirilmiştir. Eğilme direncinin tespiti için TS EN 326 standardına göre 15 adet deney örneği üzerinden yapılmıştır. Deneyler universal tes makinesinde gerçekleştirilmiş olup aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$ED= 3xFxL/2xbxh^2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Burada

F= Kırılma anındaki max kuvvet (N),

L= Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

B= örnek genişliği (mm)

H= Örnek kalınlığı (mm)

Liflere ve tutkal hattına paralel makaslama direnci deneyinde ASTM D 3110 (Anonim, 1988) standardına göre yapılmıştır. Deneylerden önce kuvvetin uygulanacağı alanlar boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı kumpasla ölçülmüştür. Örneklerin makaslama direnci hesaplanmasında;

$$MD= F/bxl \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Burada;

B = Makaslama yüzeyi genişliği (mm)

F= Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L = Makaslama yüzey uzunluğu (mm)

Tablo 1. Deney örneklerinin dizaynı

Lamine Malzeme	Kalınlık (cm)	Tutkal hattı sayısı	Tutkal Türü	Güçlendirici
1	3 (1+2)	1	PVA/UF/EP	-
2	3 (1+2)	1	PVA/UF/EP	Cam yünü
3	3 (1+2)	1	PVA/UF/EP	Karbon lifi
4	3 (1.5+1.5)	1	PVA/UF/EP	-
5	3 (1.5+1.5)	1	PVA/UF/EP	Cam yünü
6	3 (1.5+1.5)	1	PVA/UF/EP	Karbon lifi
7	3 (1+1+1)	2	PVA/UF/EP	-
8	3 (1+1+1)	2	PVA/UF/EP	Cam yünü
9	3 (1+1+1)	2	PVA/UF/EP	Karbon lifi

3. Bulgular

Deney örneklerine ait Eğilme direnci, makaslama direnci ve dinamik şok direnci değerlerine ait bulgular Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Karbon lifi ve cam yünü ile güçlendirilmiş lamine sarıçamın bazı teknolojik özellikleri

Lamine Malzeme*	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Makaslama Direnci (N/mm ²)	Dinamik Eğilme (Şok) Direnci (Kpm)
1,2 PVA	44,72 (2,94)	2,63 (0,55)	0,37 (0,08)
1,2 PVA Cam	49,00 (5,21)	2,70 (0,72)	0,40 (0,05)
1,2 PVA Karbon	51,47 (5,28)	2,84 (0,56)	0,53 (0,09)
1,5 PVA	51,37 (8,32)	2,39 (0,69)	0,42 (0,08)
1,5 PVA Cam	53,62 (8,15)	2,84 (0,77)	0,44 (0,06)
1,5 PVA karbon	54,20 (7,07)	3,13 (0,65)	0,46 (0,08)
1PVA	52,16 (6,27)	2,18 (0,66)	0,40 (0,07)
1PVA Cam	53,07 (5,10)	2,57 (0,45)	0,42 (0,06)
1PVA Karbon	54,40 (5,22)	2,61 (0,69)	0,51 (0,08)
1,2 UF	58,23 (2,52)	2,69 (0,69)	0,44 (0,08)
1,2 UF Cam	60,83 (3,57)	2,69 (0,67)	0,44 (0,09)
1,2 UF Karbon	61,45 (4,05)	2,71 (0,68)	0,52 (0,10)
1,5 UF	56,13 (3,52)	3,15 (0,54)	0,55 (0,09)
1,5 UF Cam	57,96 (3,41)	3,48 (0,96)	0,55 (0,08)
1,5 UF karbon	58,46 (2,81)	3,74 (0,56)	0,58 (0,07)
1UF	61,92 (5,44)	2,32 (0,73)	0,50 (0,08)
1UF Cam	62,54 (4,41)	2,82 (0,83)	0,51 (0,09)
1UF Karbon	64,69 (7,12)	2,98 (0,52)	0,53 (0,09)
1,2 EP	56,45 (4,10)	2,31 (0,68)	0,35 (0,06)
1,2 EP Cam	59,81 (5,11)	2,39 (0,60)	0,42 (0,08)
1,2 EP Karbon	61,41 (2,45)	2,84 (0,68)	0,44 (0,09)
1,5 EP	53,91 (3,75)	2,39 (0,59)	0,37 (0,08)
1,5 EP Cam	56,18 (3,65)	2,66 (0,83)	0,47 (0,10)
1,5 EP karbon	60,16 (5,46)	2,79 (0,56)	0,45 (0,08)
1EP	57,75 (3,47)	2,17 (0,69)	0,51 (0,09)
1EP Cam	63,56 (2,65)	2,28 (0,48)	0,54 (0,07)
1EP Karbon	64,08 (3,15)	2,52 (0,64)	0,56 (0,08)

* Parantez içerisinde standart hata gösterilmiştir. Her bir grup için örnek sayısı 15 tir.

4. Sonuç

Sarıçam odunu değişik oranlarda karbon lifi ve cam lifi ile güçlendirme işlemi yapıldıktan sonra bazı mekanik özelliklerine bakılmıştır. Burada normal güçlendirici kullanılmadan elde edilmiş lamine malzemeye göre cam fiber ve karbon fiber güçlendirilmesi sonucu mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu görülmüştür. PVA tutkalı ile yapıştırılmış olanlarda cam yününde % 8, Karbon lifi kullanıldığında % 9 eğilme direnci artmıştır. Üre formaldehit tutkalı kullanıldığında cam yününde % 6 karbon lifinde ise % 7 oranında artış olmuştur. Epoksi reçinesi kullanılmış lamine sarıçam malzemedede ise ÜF'dekine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Diğer yandan Eğilme direnci makaslama direnci ve Şok direnci değerlerinde en iyi sonuç karbon lifi kullanıldığında elde edilmiştir. Karbon lifi polar bir yapıya sahip olduğundan yapıştırıcı maddeyle daha iyi rezonans sağladığı ifade edilebilir. Bu nedenle tutkal hattında lifsel yapıda çeşitli güçlendiricilerin kullanılabileceği mümkün olup çeşitli kullanım yerleri için tercih edilebilir.

Kaynaklar

- Brunner M., Schnueriger M., 2005. Timber beams strengthened by attaching prestressed carbon FRP laminates with a gradiented anchoring device, Proceedings of the Intr. Symp. On Bond Behaviour of FRP in Structures.
- Dilik T., 1997. Lamine ağaç malzemedede pencere profili üretimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. İÜ. Fen Bilimleri Enst. Doktora tezi İstanbul.



- Franklin Glue Company, 1989. Adhesive trouble shooting. Columbus.
- Fiorelli J., 2006. Dias A. Fiberglass-reinforced glulam beams: Mechanical properties and theoretical model, Materials Research Vol 9 No: 3 2006, p: 263-269
- Guller, B. 2001. Odun kompozitleri, SDÜ Orman Fak. Dergisi, 2: 135-160
- Keskin H., Atar M., Kurt R., 2003. Lamine edilmiş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 6, 1
- Luggin W., Bergmeister K., 1998. Carbon fiber reinforced and prestressed timber beams, 2nd Int. PhD. Symposium in Civil Engineering, Budapest.
- TS EN 386. 1999. Yapıştırılmış lamine ahşap-Performans ve asgari imalat şartları.
- TS 2474, Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini TSE, Ankara.