

LAMİNE AHŞAPTA KATMAN TEŞEKKÜLÜNÜN MEKANİK PERFORMANSA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Mustafa ALTINOK

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü,
06500 Teknikokullar, Ankara, TÜRKİYE, e-posta: altinok@gazi.edu.tr

Araştırma Makalesi

ÖZET

Bu çalışmada, çam (A) ve kavak (B) kesme kaplamalardan elde edilmiş lamine ahşapta, farklı katman teşekkülünün yapışma ve eğilme dirençlerine etkileri araştırılmıştır. Bu maksatla, sarıçam (Pinus silvestris L.) ve kavak (Populus tremula) odunlarından 3 mm kalınlıklarda kaplama kesilmiş ve laminasyon katmanları AAAAAAA, BBBBBBB, ABABABA, ABBABBA ve ABBBBBA şeklinde düzenlenmiştir. Lamellerin liflerine paralel olarak yapıştırılmasında tek çeşit tutkal (polivinilasetat - PVAc) kullanılmıştır. Hazırlanan deney örneklerine DIN 52 186 esaslarına göre eğilme, DIN 53 255 esaslarına göre çekme (yapışma) deneyi uygulanmıştır. Sonuç olarak, lamine ahşabın eğilme ve yapışma direnci ile yoğunluğu çam katmana bağlı olarak artmıştır. Lamine ahşapta direnme performansı bakımından eğilme direncinin yoğunluğa oranına göre en uygun katman simetrisi "ABBBBBBA" olarak tesbit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Lamine ahşap, katman simetrisi, kavak, sarıçam

DETERMINATION OF THE EFFECTS TO MECHANICAL PERFORMANCE OF LAYERS STRUCTURE ON THE LAMINATED WOOD

Research Article

ABSTRACT

In this study, in wood laminated with pinus (A) and poplar (B) sawed veneers, the effects of formation of different layers on the bending and adhesion strengths have been investigated. For this purpose, veneers with a thickness of 3 mm are sawed from pine (Pinus silvestris L.) and poplar (Populus tremula) woods and lamination layers are designed as AAAAAAA, BBBBBBB, ABABABA, ABBABBA and ABBBBBA. As an adhesive only polyvinylacetat (PVAc) is used in the layers paralel to the grain. To the experiment samples prepared, a bending strength test and a binding strength test are condueted on the bases of DIN 52 186 and DIN 53 255 respectively. As a result, the bending and binding resistance as well as the density of laminated wood have been increased depend on pine layers. From the point of resistances performance on the laminated wood are observed to increase depending on the pine layers.

Key Words: Laminated wood, symmetry of layer, poplar, pinus

1. GİRİŞ

Ahşap malzemenin laminasyon tekniklerinin yapı ve mobilya sektörlerinde tanınması ile, bu alandaki yerli uygulamalarda artış meydana geldiği görülmektedir. Daha çok yapı elemanları, spor aletleri ve oturma mobilyası üreten kuruluşlar tarafından tercih edilen lamine ahşap, üretim kolaylığı, yüksek kalitede malzeme ve ekonomiklik bakımından masif ağaç malzemeye göre önemli avantajlar sağladığı bilinmektedir. Bu avantajlar, ahşap kusurlarının azaltılarak daha homojen bir ahşap blok elde edilmesini sağlama, biçimlendirilmiş eleman elde etme, yüksek mekanik dirençlere ulaşabilme ve malzeme tasarrufu sağlama ana başlıkları ile ifade edilmektedir.

Lamine ahşap malzeme ve laminasyon teknikleri bilimsel olarak analiz edildiğinde, masif ağaç malzemeye göre sağladığı avantajlar noktasında araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması gerektiği düşüncesi öne çıkmaktadır.

Lamine ahşap üretilmesinde daha çok çam odunu kullanıldığı, bunun nedeninin ise; kolay işlenmesi, çabuk kuruması ve hafif olması şeklinde bildirilmiştir (1).

Lamine ahşap malzemenin eğilme direncinin aynı boyuttaki masif ağaç malzemeye göre daha yüksek olduğu tesbit edilmiştir (2-3).

İsosyanat reaktif maddeli hot-melt tutkallı ahşap lamine kirişlerde ortalama eğilme direnci 37.6 N/mm² ve elastiklik modülü 14060 N/mm², makaslama direnci göknar odunundan elde edilenlerde 8 N/mm², çam odunundan elde edilenlerde 9.7 N/mm² olarak belirlenmiştir (4).

Lamine ahşap malzemedeki eğilme direncini katmanları oluşturan parçalardaki budak sayısı, budak çapı ve iki budak arasındaki mesafenin etkilediği tespit edilmiştir (5).

Yüz katmanların soyma kayın kaplamadan (A) ve iç katmanların kesme kavak kaplamadan (B) elde edildiği lamine ahşapta en yüksek eğilme direnci ABBBBBA katman simetrisi ve soğuk uygulamalı laminasyonda desmodur - vtka ve kleberit - 303 tutkallıda, sıcak uygulamalı laminasyonda ise UF tutkallıda tesbit edildiği bildirilmiştir (6).

Sarıçam, kayın ve meşe odunlarından üç, beş ve yedi katmanlı olarak elde edilen lamine ahşapta en yüksek eğilme direnci PVAc tutkallı beş katmanlı kayın laminasyonda elde edilmiştir (7).

Bu çalışmada ahşap laminasyonun sağladığı avantajlar dikkate alınarak, hafif, düşük yoğunluklu, zayıf mekanik özelliklere sahip ve ucuz kavak odunu ile bu bakımdan daha üstün özelliklere sahip çamın, farklı katman simetrisi düzenlemeleri ile laminasyonu sonucunda mekanik performansta bir iyileşme olup olmayacağı araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Ahşap malzeme

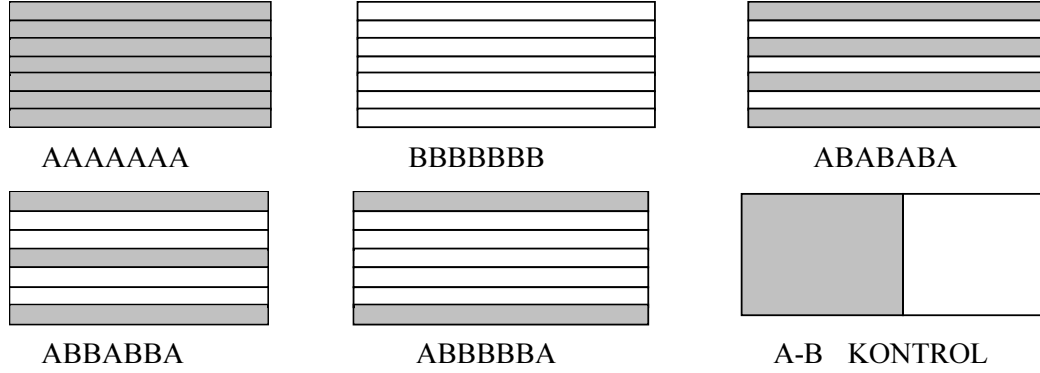
Araştırmada ahşap malzeme olarak sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kavak (*Populus tremula*) odunlarından elde edilen kesme kaplamalar kullanılmıştır. Bunun için ahşap malzeme keresteciler sitesinden rasgele metot ile temin edilmiştir.

2.1.2. Tutkal

Lamine deney örneklerinin yapıştırılmasında polivinil asetat (PVAc) tutkalının kış uygulamaları için geliştirilmiş olan pembe renkli versiyonu kullanılmıştır. Araştırmada yapıştırıcı çeşidi teke indirgenerek, sadece ahşap türünün ve katman simetrisinin laminasyona etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. PVAc tutkalı Polisan firmasından temin edilmiş ve firma önerileri dikkate alınarak ambalaj viskozitesinde uygulanmıştır. Uygulama öncesi yapılan ölçümlerde tutkalın 20 °C' daki viskozitesi; 500 10 Cp, asidite oranı-pH; 9.5, yoğunluğu; 1.1 g/cm³ olarak belirlenmiştir.

2.1.3. Deney örneklerinin hazırlanması

Bu araştırmada, 2 ahşap türü, 7 farklı laminasyon (iki kontrol ve beş katman simetrisi) ve 3 farklı deney (eğilme, çekme deneyleri ve yoğunluk tayini) için her birinden 10' ar adet olmak üzere (2x3x7x10) toplam 420 adet deney örneği hazırlanmıştır. Çam (A) ve kavak (B) kesme kaplama taslakları % 65±5 bağıl nem ve 20 °C ± 2 °C sıcaklık şartlarında % 12 rutubete ulaşmaya kadar istifte bekletilerek, bunlardan her bir deney için yeterli sayıda deney örneği elde edebilecek boyutlarda blok taslak oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Laminasyonda katman simetrisi

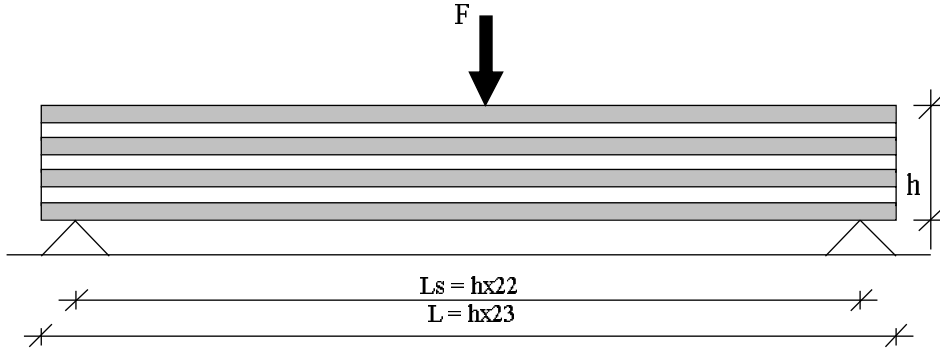
Lamellerin yapışma yüzeylerine 150 g/m² hesabına göre tutkal sürülmüş ve 10 N/mm² lik basınç altında ve 20 °C sıcaklıkta 2 saat süreyle hidrolik preste preslenmiştir. Lameller arasındaki tutkal üç hafta süresince sertleşmeye bırakılmış daha sonra taslak parçalardan deney örnekleri 0.1mm hassasiyetle eğilme için; kesit genişliği (b) 25 mm, kesit yüksekliği (h) 21mm, uzunluğu (L) 483 mm (Şekil 2), yapışma deneyi için; aynı kesitte ve 100 mm uzunluğunda (Şekil 3), yoğunluk tayini için; aynı kesitte ve 25 mm uzunluğunda kesilmişlerdir.

2.2. Deney Metodu

2.2.1. Eğilme direnci deneyi

Üniversal deney makinesinde DIN 52 186 esaslarına uyularak yapılmıştır. Deneylerde dayanak açıklığı (L_s) 21x22 = 462 mm olarak ayarlanmıştır. Kuvvet dayanak noktaları arasında tam orta noktadan dakikada 40–50 N/mm² artırılarak uygulanmıştır (Şekil 2). Deney örneğinin kırılma anındaki kuvvet (F) makinenin kadransından okunarak kaydedilmiştir. Buna göre, eğilme direnci (σ):

$$\sigma = 3/2 (F \times L_s) / (b \times h^2) \quad (\text{N/mm}^2) \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.}$$

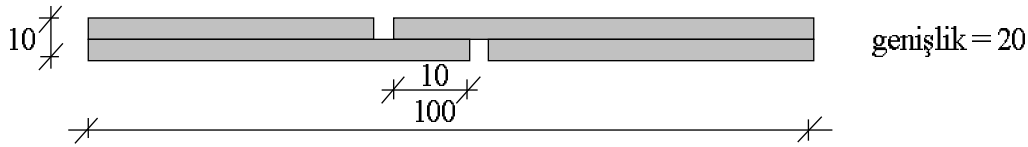


Şekil 2. Eğilme direnci deneyi

2.2.2. Yapışma deney metodu

Yapışma performansı deneyi örneklerine TS EN 205 esaslarına göre 50 mm/dak. Hızda artan bir kuvvetle çekme deneyi uygulanmıştır. Deney örneklerinin yapışma yerlerindeki kopma anında meydana gelen maksimum çekme kuvveti N cinsinden kaydedilmiştir. Her laminasyon türü için tespit edilen kuvvet (F_{maks}), yapışma yeri yüzey alanı (A) olmak üzere yapışma derzinde meydana gelen maksimum yapışma direnci (τ_{yap}):

$\tau_{yap} = F / A$ (N/mm^2) eşitliği yardımı ile hesaplanmıştır.



Şekil 3. Yapışma performansı deney örneği (ölçüler mm'dir).

2.2.3. Yoğunluk tayini

Yoğunluk TS 2472 esaslarına uyularak her bir katman simetrisi ve tutkal çeşidini içeren eğilme deneyi örneklerinin hasarsız kısımlarından alınan 21x25x25 mm ölçülerindeki örneklerde ağırlık (m), hacim (V) olmak üzere % 12 rutubetteki yoğunluk (δ_{12}):

$\delta_{12} = m / V$ (g/cm^3) eşitliğinden hesaplanmıştır.

2.3. İstatistik Değerlendirme

Lamine ağaç malzemelerde tarafsız eksene göre katman simetrisinin eğilme direncine etkilerini belirlemek için 3x6 faktöryel terkinbine göre çoklu varyans analizi kullanılmıştır. % 5 hata payı ile katman simetrisinin anlamlı olduğunu belirlemek için ortalamalara en küçük önemli fark (LSD) testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci ortalama değerleri Çizelge 1'de, laminasyonda katman simetrisinin eğilme direncine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de verilmilmiştir.

Çizelge 1. Katman simetrisinin eğilme direncine etkilerine ilişkin ortalama değerler (N/mm²).

Çam kontrol (A)	Kavak kontrol (B)	AAAAAAA	BBBBBBB	ABABABA	ABBABBA	ABBBBBBA
110,64	81,34	94,43	67,94	86,95	86,02	83,15

Çizelge 2. Katman simetrisinin eğilme direncine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

VARYANS KAYNAĞI	KARELER TOP.	S.D.	KARELER ORT.	F - DEĞERİ	P < % 5
Tekerrür	493,493	11	44,863	0,7893	-
Katman simetrisi	121297,568	6	2049,595	360580	0,0000
Hata	3751,545	66	56,8742		
Toplam	16542,606	83			

Katman simetrisinin eğilme direncine etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır (=0,05). Laminasyondaki katman simetrisi arasındaki farklılığın önemli olduğunu belirlemek amacıyla eğilme direnci ortalama değerlerine en küçük önemli fark (LSD) testi uygulanmıştır. Buna ilişkin homojenlik grupları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Katman simetrisine ilişkin eğilme homojenlik grupları (N/mm²).

KATMAN SİMETRİSİ	ORTALAMALAR	HOMOJENLİK GRUPLARI
AAAAAAA	94,43	B
BBBBBBB	67,94	D
ABABABA	86,95	C
ABBABBA	86,02	C
ABBBBBBA	83,15	C
Çam kontrol	110,60	A
Kavak kontrol	81,35	C

LSD: 6,122

Eğilme direnci; en yüksek kontrol örneklerinden çamda 110,60 N/mm², laminasyonda "AAAAAAA" katman simetrisinde 94,43 N/mm², en düşük kontrol örneklerinden kavakta 81,35 N/mm², laminasyonda "BBBBBBB" katman simetrisinde 67,94 N/mm² olarak bulunmuştur.

3.2. Yapışma Direnci

Yapışma direnci ortalama değerleri Çizelge 4'de, laminasyonda katman simetrisinin eğilme direncine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 4. Katman simetrisinin yapışma direncine etkilerine ilişkin ortalama değerler (N/mm²).

Katman simetrisi	AAAAAAA	BBBBBBB	ABABABA	ABBABBA	ABBBBBBA
Ortalama	12,63	7,00	9,40	7,71	7,00

Çizelge 5. Katman simetrisinin yapışma direncine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

VARYANS KAYNAĞI	KARELER TOP.	S.D.	KARELER ORT.	F - DEĞERİ	P < % 5
Tekerrür	38,940	11	3,540	2,0450	-
Katman simetrisi	293,833	4	73,458	42,4343	0,0000
Hata	76,169	44	1,731		
Toplam	408,942	59			

Çizelge 5'e göre, katman simetrisinin yapışma direncine etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha=0,05$). Laminasyondaki katman simetrisi arasındaki farklılığın önemli olduğunu belirlemek amacıyla yapışma direnci ortalama değerlerine en küçük önemli fark (LSD) testi uygulanmıştır. Buna ilişkin homojenlik grupları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Katman simetrisine ilişkin yapışma homojenlik grupları (N/mm²).

KATMAN SİMETRİSİ	ORTALAMALAR	HOMOJENLİK GRUPLARI
AAAAAAA	12,640	A
BBBBBBB	6,543	D
ABABABA	9,400	B
ABBABBA	7,714	C
ABBBBBB	7,001	CD

LSD: 1,075

Yapışma direnci; en yüksek "AAAAAAA" katmanlı laminasyonda 12,640 N/mm², en düşük "BBBBBBB" katmanlı laminasyonda 6,543 N/mm² olarak gerçekleşmiştir.

3.3. Yoğunluk

Lamine örneklerin ortalama yoğunlukları Çizelge 7'de, katman simetrisine ait eğilme dirençlerinin yoğunluklara oranı Çizelge 8'de, yapışma dirençlerinin yoğunluklara oranı Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 7. Laminasyonda katman simetrisine ait ortalama yoğunluk değerleri (g/cm³).

Çam kontrol (A)	Kavak kontrol (B)	AAAAAAA	BBBBBBB	ABABABA	ABBABBA	ABBBBBB
0,48	0,35	0,50	0,38	0,44	0,42	0,38

Buna göre, kontrol örneklerinden çamın yoğunluğu 0.48 g/cm³ ve kavağın yoğunluğu 0.35 g/cm³ iken, tüm katmanları çamdan olan AAAAAAA katmanlı lamine örneklerin yoğunluğunda 0.02 g/m³lük, tüm katmanları kavaktan olan "BBBBBBB" katmanlı lamine örneklerin yoğunluğunda 0.03 g/cm³lük bir artış belirlenmiştir. Bu yoğunluk artışı laminasyon katmanlarının arasına giren tutkal film tabakasından, kavak katmanlı laminasyonda daha fazla artması ise; çama göre kavağın bünyesine daha çok yapıştırıcı çözültisi nüfuz etmesinden kaynaklanmış olabilir. Çam ve kavak katmanların farklı simetrisinde oluşturduğu diğer üç laminasyonda da yoğunluk değişimi tutkal çözültisi ile ilgili nedenden ve laminasyona yüksek yoğunluklu çam katman iştirak oranından kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 8. Laminasyonda eğilme dirençlerinin yoğunluklara oranları.

Çam kontrol (A)	Kavak kontrol (B)	AAAAAAA	BBBBBBB	ABABABA	ABBABBA	ABBBBBB
230,41	232,42	188,86	178,78	197,63	204,80	218,81

Çizelge 8'e göre, kontrol örneklerinden eğilme direncinin yoğunluğa oranı en yüksek kavakta 232.42 kat, en düşük çamda 230.41 kat olarak tespit edilmiştir. Bu ilişki lamine ağaç örneklerden en

yüksek "ABBBBBBA" katmanlıda 218,81 kat, daha sonra sırasıyla "ABBABBA" katmanlıda 204,80 kat, "ABABABA" katmanlıda 197,63 kat, "AAAAAAA" katmanlıda 188,86 kat ve en düşük "BBBBBBB" katmanlıda 178,78 kat olarak elde edilmiştir. "ABBBBBBA" katmanlı lamine örneklerde oransal ilişkinin en yüksek çıkmasının nedeni, laminasyona katılan dış yüzeylerdeki iki çam katman yoğunluğu fazla artırmadan eğilme direncini önemli derecede artırmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Çizelge 9. Laminasyonda yapışma dirençlerinin yoğunluklara oranları.

AAAAAAA	BBBBBBB	ABABABA	ABBABBA	ABBBBBBA
25,26	18,42	21,36	18,35	18,42

Çizelge 9'a göre yapışma direncinin yoğunluğa oranı en yüksek, lamine ağaç örneklerden çamda "AAAAAAA" katmanlıda 25,26 kat, en düşük "ABBABBA" katmanlıda 18,35 kat olarak elde edilmiştir. Çam odunu yoğunluğunun kavaktan daha yüksek olması nedeniyle tüm katmanları çamdan oluşan lamine ağaçta kuvvetli yapışma bağı olduğu, çam katmanın kavak katmanla yapışmasında daha zayıf yapışma bağı olduğundan yapışma direncinin yoğunluğa oranı ilişkisinin buna göre değiştiği söylenebilir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Eğilme direnci değerleri, en yüksek 94,43 N/mm² "AAAAAAA" (tüm katmanları çam kaplamalı), en düşük 67,94 N/mm² "BBBBBBB" (tüm katmanları kavak kaplamalı) katman simetrik laminasyonda, kontrol örneklerinde ise, en yüksek çamda 110,64 N/mm², en düşük kavakta 81,34 N/mm² olarak elde edilmiştir. Bunun nedeni çam odununun yoğunluğu ve eğilme direncinin yüksek, sık dokulu ve sert, kavağın yoğunluğu, elastikliği ve eğilme direnci düşük, kaba dokulu ve yumuşak olmasından kaynaklanmış olabilir. Çam kaplama iştirak oranının artması laminasyonun eğilme direncini artırmıştır. Buna göre eğilme direnci, 4/7 çam katmanlı "ABABABA" laminasyonda 86,95 N/mm², 3/7 çam katmanlı "ABBABBA" laminasyonda 86,02 N/mm² ve 2/7 çam katmanlı "ABBBBBBA" laminasyonda 83,15 N/mm² olarak bulunmuştur (Çizelge 1). Buna göre, masif çam kontrol örneklerinin eğilme direnci ortalaması esas alındığında, diğer kontrol örneği ve lamine örneklerin kontrol çamın eğilme direncini karşılama % oranları aşağıda verilmiştir. Bu değerler kavak kontrol ve lamine örneklerin eğilme dirençleri ortalamasının çam kontrol örneğinin eğilme direnci ortalamasına oranlanması ile hesaplanmıştır.

Çam Kont.	Kavak kont.	AAAAAAA	BBBBBBB	ABABABA	ABBABBA	ABBBBBBA
-	73,5	85,3	61,4	78,5	77,7	75,2

Çizelge 4'e göre yapışma direnci, en yüksek 12,63 N/m^{m2} "AAAAAAA", en düşük 7,00 N/mm² "ABBBBBBA" katmanlı laminasyonda elde edilmiştir. Laminasyonun yapışma direncini, eğilme direncinde olduğu gibi, kesme çam kaplama yapışma yüzeyi iştirak oranı artışı yükseltmiştir. Buna göre, "AAAAAAA" katmanlı örneklerin yapışma direnci ortalaması esas alındığında, diğer lamine örneklerin "AAAAAAA" katmanlı laminasyonun yapışma direncini karşılama % oranları aşağıda verilmiştir. Bu değerler "BBBBBBB", "ABABABA", "ABBABBA" ve "ABBBBBBA" yapışma direnci ortalamasının "AAAAAAA" katmanlı laminasyonun yapışma direnci ortalamasına oranlanması ile hesaplanmıştır.

AAAAAAA	BBBBBBB	ABABABA	ABBABBA	ABBBBBBA
-	55,4	74,4	61	55,4

Kontrol örneklerinde yoğunluk, en yüksek çamda 0.48 g/cm³, en düşük kavakta 0.35 g/cm³, lamine örneklerde en yüksek, "AAAAAAA" katmanlı laminasyonda 0,50 g/cm³, en düşük "BBBBBBB" katman laminasyonda 0,38 g/cm³ elde edilmiştir. Farklı odun türü laminasyonda düşük yoğunluklu kavak kaplama iştirak oranları arttıkça laminasyonun yoğunluğu azalmış ancak, tüm lamine örneklerin yoğunluğu kontrol örneklerinin yoğunluklarından daha yüksek çıkmıştır. Bunun

nedeni, laminasyonda kullanılan yapıştırıcının çam ve kavak odunu gözeneklerini doldurmasından kaynaklanabilir.

Kontrol ve lamine örneklerde kuvvet taşıma performansları bakımından eğilme direncinin yoğunluğa oranı esas alındığında, kontrol örneklerinde en yüksek kavak 232,42 daha sonra çam 230,41 lamine örneklerde en yüksek "ABBBBBA" katmanlıda 218.81, en düşük "BBBBBBB" katmanlıda 178,78 bulunmuştur (Çizelge 8). Bunun nedeni, her iki laminasyonun yoğunlukları eşit olmasına rağmen "ABBBBBA" katmanlı laminasyonun dış katmanlarının çamdan oluşması eğilme direncini artırdığından kaynaklanabilir. Yapışma direncinin yoğunluğa oranı esas alındığında ise, yapışma direncinin oransal ilişkisi eğilme direncine göre ters gerçekleşmiştir (Çizelge 9). Bunun nedeni ise, çamın yoğunluğunun ve yapışma iç yüzeyinin kavağa göre daha fazla olmasından kaynaklanabilir. Buna göre, çamda lamine ahşap eleman üretiminde, yukarıda belirlenen avantajları ve çam ile renk uyumu nedeniyle, kavak tercih edilebilir.

6 nolu literatürdeki çalışmada en büyük eğilme direnci yüz katmanları soyma kayın, orta katmanları kesme kavak kaplamadan oluşan "ABBBBBA" katmanlı laminasyonda elde edildiği bildirilmiştir. Aynı katman simetrisi eğilme direncini bu çalışmadaki tüm katmanları kavaktan oluşan lamine örneklerinkine (67.94 N/mm²) göre yaklaşık % 20 artırarak (83.15/67.94=1.19) diğer katman simetrisi lamine örneklerin eğilme direncine yaklaştırmıştır (Çizelge 3). Ayrıca ABBBBBA katmanlı lamine örneklerin eğilme direnci aynı boyutlardaki kavak kontrol örneklerin eğilme direncinden daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 1). Bu durum 2 ve 3 nolu literatürle paralellik göstermektedir.

Sonuç olarak, lamine ahşabın eğilme ve yapışma direnci ile yoğunluğu çam katmana bağlı olarak artmıştır. Lamine ahşapta direnme performansı bakımından eğilme direncinin yoğunluğa oranına göre en uygun katman simetrisi "ABBBBBA" olarak tesbit edilmiştir. Bu katman simetrisindeki lamine ağaç eğilme direncinin yoğunluğa oranı bakımından en yüksek performans göstermesi ve renk uyumu nedeniyle yapı elemanı üretimi için önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Catherine M. Marx, Theodory L., Laosenberg Terry D. Gerehard, "Handbook of Wand Wood Based Matherials", *Forest Products Laboratory*, New York, 10:1-19 (1989)
2. Soltis, L., A., Rammer, D., R., "Shear strength of unchecked glued-laminated beams", *Forest Products Journal*, 44: 51-57 (1994).
3. Soltis, L., A., Rammer, D., R., "Experimental shear strength of unchecked glued-laminated beams", *Forest Products Lab.*, Res. Pap., FPL - 527 (1994).
4. Higgins, E., D., "Isocyanate reactive hot-melt adhesive for veneer laminates", *Forest Products Journal*, 72-776 (1995).
5. Wolf, R., W., Moody, R., C., "Bending strength of vertically glued-laminated beams with one to five plipes", Res. Pap. FLP 333. Madison Dept. Of Agriculture Forst. Service, *Forest Products Lab.* (1979).
6. Altınok, M., "Lamine ağaç malzemedeki katman simetrisinin eğilme direncine etkileri", *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15 (2): 385-392 (2002).
7. Altınok, M., N. Döngel, "Laminasyonda ağaç türü, tutkal çeşidi ve katman sayısının eğilme direncine etkileri", *Z.K.Ü Karabük Teknik Eğitim Fak. Derg.*, Karabük, 1-2: 225-235 (1999).
8. TS 2472, "Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini", *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara (1976).
9. DIN 52 186, "Prüfung von holz", *Deutsche Institute für Normen*, Deutschland (1978).
10. DIN 53 255, "Bestimmung der bindefestigkeit von sperrholzleimungen im zugversuch und aufstechversuch", *Deutsche Institute für Normen*, Deutschland.
11. TS EN 205, "Test methods for wood adhesive for konstruktural applications: Determination of tensile shear strength of lap joints": *Turkish Institute of Standards*, Ankara (1999).