

MASİF VE LAMİNE AĞAÇ MALZEMELERİN KAVELA TUTMA PERFORMANSI

Hasan EFE* , Ali KASAL**, Taner DİZEL*

*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi
Bölümü, 06500, Teknikokullar, Ankara, TÜRKİYE,

**Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon
Eğitimi Bölümü, 48000, Kötekli, Muğla, TÜRKİYE,

ÖZET

Bu çalışmada, farklı ağaç türlerinden hazırlanan lamine malzemelerin(LVL), liflere dik ve paralel doğrultudaki kavela tutma mukavemetleri, masif ağaç malzemelerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Deney örnekleri, Türkiye mobilya endüstrisindeki yaygın kullanımları nedeniyle Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve Kavak (*Populus nigra*) odunlarından hazırlanmıştır. 2 malzeme çeşidi, 3 ağaç türü, 2 lif doğrultusu ve her örnekten 10 adet olmak üzere toplam 120 örnek statik yük altında kavela tutma mukavemeti deneyine alınmıştır. Deneyler sonucunda, liflere dik yönde en yüksek kavela tutma mukavemeti Doğu kayını örneklerde, en düşük ise kavak örneklerde elde edilmiştir. Liflere paralel yönde, en yüksek mukavemet sarıçam lamine örneklerde, en düşük ise masif sarıçam örneklerde elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, masif ağaç malzemeye kıyasla teknik ve ekonomik yönlerden birçok avantajları olan lamine malzemelerin, çerçeve (iskelet) mobilya üretiminde ve kavelalı birleştirme uygulamalarında alternatif malzeme olarak kullanılabilmesi söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Kavelalı birleştirmeler, kavela tutma mukavemeti, lamine malzemeler.

HOLDING PERFORMANCE OF DOWELS IN SOLID WOOD AND LAMINATED VENEER LUMBER (LVL)

ABSTRACT

In this study, the withdrawal strength of dowels in laminated veneer lumber (LVL) for directions of perpendicular to grain and parallel to grain by comparing the identical solid wood materials were investigated. Specimens were prepared from Turkish beech (*Fagus Orientalis L.*), Scotch pine (*Pinus Sylvestris L.*), and poplar (*Populus Nigra*) woods which are commonly used in furniture industry of Turkey. A total of 120 specimens included 2 material types, 3 wood species, 2 fiber directions and 10 replications for each group were tested under static load for dowel withdrawal strength. Results indicated that in the perpendicular to grain direction, the highest withdrawal strength values have been obtained with Turkish beech and the lowest one with poplar. In the parallel to grain direction, laminated Scotch pine showed the highest withdrawal strength and solid Scotch pine showed the lowest withdrawal strength. As a result of the study; it was concluded that the LVL which provides many technical and economical advantages over solid wood could be utilized as an alternative material in frame furniture constructed with dowel joint.

Key Words: Dowel joints, withdrawal strength, laminated veneer lumber (LVL).

1. GİRİŞ

Bir eşya olarak mobilyanın yaratılmasında, fonksiyonel, estetik ve mühendislik tasarımı gibi birbirini tamamlayan üç tasarım alanı bulunmaktadır. Malzeme ve konstrüksiyon tasarımı mühendislik alanının alt tasarım grupları olarak değerlendirilmektedir Mobilya başta ağaç malzeme olmak üzere çok farklı malzemelerden çeşitli konstrüksiyon teknikleri ile yapılır. Diğer yandan ağaç malzeme kaynaklarının sınırlı olması buna karşılık mobilyaya olan talebin yüksekliği, ahşap esaslı kompozit malzemelerin üretilmesini zorunlu kılmıştır [1].

Mobilya üretiminde masif ağaç malzemelerin yanında odun esaslı kompozit malzemelerde kullanılmaktadır. Bunlardan biride özellikle bükme çerçeve mobilya imalatında kullanılan lamine malzemelerdir. Lamine malzeme tasarımcılara geniş biçimlendirme olanakları sunar.

Laminasyon ürünleri yapı endüstrisi yanında mobilya endüstrisinde de geniş kullanım alanına sahiptir. Özellikle döşemeli mobilyaların mukavemet

gerektiren iskelet elemanlarında, oturma odası, çalışma odası, yemek odası, yatak odası ve genç odası mobilyalarının üretiminde farklı biçimlerde lamine edilmiş ağaç malzemeler tercih edilmektedir [2].

Mobilya tasarımında estetik tasarımın önemi kadar mühendislik tasarımı da önemli bir yer tutmaktadır. Ürün tasarımcısı, ürünün kullanımda olduğu sırada hangi tip ve büyüklükte yüklerin uygulanacağını bilmek durumundadır. Birleştirmeler, kullanım esnasında taşınması beklenen muhtemel yükleri taşıyabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Mobilya birleştirmelerini oluşturmak için birçok bağlantı ve bağlama teknikleri kullanılmaktadır. Uygun tasarımın gereği olarak, bağlantı elemanları ve birleştirme tekniklerinin kabul edilebilir tasarım gerilmelerinin önceden bilinmelidir [3,4].

Kayın (*Fagus orientalis* L.) odunları üzerinde PVAc tutkalı ve mekanik bağlantı sağlayan mobilya bağlantı elemanları kullanılarak yapılan çekme, eğilme ve makaslama deneyleri sonuçlarına göre; kavelalı, zıvanalı, minifix ve multifixli masif çerçeve birleştirmelerde özel bağlantı elemanlarının kavelalı ve zıvanalı birleştirmelere göre daha başarılı oldukları belirtilmektedir [5]. Meşe (*Quercus borealis* L.) odunları üzerinde üreformaldehit tutkalı kullanılarak 8, 10, 12 mm çapında huş (*Betula lutea*) odunundan elde edilen kavelalarla yapılan " T " tipi masif çerçeve birleştirmelerin eğilme direnci deneylerinde, kavela tutma direncinin birleştirme mukavemeti üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir [6]. Masif köşe ve orta tabla birleştirmelerinde tabla kalınlığı 20 mm kavela boyu 35 mm ise bu uzunluğun 20 mm'si taşıyıcı tablada 15 mm' sinde karşı tablada olması önerilmiştir [7]. Meşe ve kestane odunlarının çeşitli tutkallar ile kavela tutma dirençleri araştırılmış, poliüretan, PVAc ve kleiberit – 305 olmak üzere üç çeşit tutkal kullanarak yapılan deneyler sonucunda, en yüksek kavela çekme direncinin meşe odunu üzerinde radyal yönde ve poliüretan tutkalı ile elde edildiği bildirilmiştir [8]. Sarıçam, Doğu kayını ve meşe odunlarından hazırlanan deney örneklerinde, 36 ve 48 mm uzunluk, 8 ve 10 mm çapında yivli ve düz kavelalar ile PVAc tutkalı kullanılarak en birleştirme deneyleri yapılmış; en iyi sonuç, Doğu kayını odun üzerinde 36 mm boyunda ve 10 mm çapındaki kavelalar ile elde edildiği bildirilmiştir [9]. Şeker akçaağacı (*Acer Saccharum*), meşe (*Quercus borealis*) ve kavak (*Populus*) odunları üzerinde piyasadan elde edilen kavelalar ile yapılan tek kavelalı çekme ve eğilme deneyleri sonuçlarına göre kavela çapı direnç üzerinde doğrudan etkilidir. Kavela boyunun ise en fazla 50mm'ye kadar etkili olacağı, kavela çapı ile direnç arasında ise doğrusal bir ilişki bulunduğu, diğer şartlar eşit olmak üzere, tek kavelalı " T " tipi birleştirmenin, " I " tipi boy birleştirmeye oranla çekme mukavemetinde %70 oranında daha büyük olacağı belirtilmiştir [10]. Erdil ve Eckelman (2000) kontrplak ve yönlendirilmiş

yonğa levhanın (OSB) kavela tutma mukavemeti deney sonuçlarını bağıntılar ile vermişlerdir[11].

Bu çalışmada, lamine malzemelerin kavela tutma mukavemeti hakkında gerekli temel veriler sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, çeşitli ağaç ve lamine ağaç malzemelerinin kavela tutma yeteneklerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Ağaç Malzeme

Deneylerde, endüstrideki kullanım yoğunlukları nedeniyle Doğu kayını, sarıçam ve kavak malzemeler ile bunların lamine versiyonları seçilmiştir. Keresteler ve lamine yapımında kullanılacak papeler kaplamalar, Ankara Mobilyacılar Sitesinden rasgele seçim yöntemiyle temin edilmiştir. Malzemelerin, lifleri düzgün, budaksız, ardaksız, normal büyüme göstermiş, mantar ve böcek zararlarına uğramamış I. Sınıf kereste ve kaplamalar olmasına özen gösterilmiştir.

Masif malzemeler kaba ölçülerinde kesildikten sonra aralarına göknar latalar konmak suretiyle istiflenmiş ve direk gün ışığı görmeyen bir ortamda bir yıl süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kaplamalar da aynı ortamda bir yıl süreyle bekletildikten sonra laminasyona hazır hale gelmişlerdir.

2.2. Tutkal (Polivinilasetat)

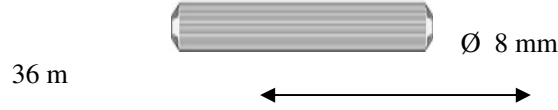
Bu çalışmada, hem laminasyon uygulamalarında hem de kavelaların tutkallanmasında polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Beyaz tutkal olarak bilinen PVAc tutkalı bir polimerizasyon tutkalı olup, daha çok fiziksel bir yapışma sağlar. Emülsiyon durumundaki tutkalın ana maddesi vinil asetattır. Bakteriyolojik etkilere dayanıklıdır. Küflenmez ve zehirsizdir. Kurumasını 1,5 – 2 saat arasında tamamlar. Yapıştırma işleminden en iyi sonucun alınabilmesi için, uygulamanın yapıldığı ortamın sıcaklığı 15°C üzerinde olmalıdır.

Kullanılan tutkalın özellikleri TS 3891 [12]'e göre yoğunluğu 1,1 gr/cm³, vizkositesi 160-200 cps, PH=5.00, kül miktarı % 3 olarak verilmiştir.

2.3. Kavela

Kavela, tutkallanacak iki mobilya elemanını birbirine tutturmaya ya da kullanılacak başka bir ana bağlantı elemanında kılavuzluk görevi yapmaya

yarayan, ahşaptan yapılmış silindirik şekilde ve değişik ölçülerdeki çubuklardır. Uygulanmasındaki kolaylığından dolayı üretimde en çok tercih edilen birleştirme çeşidi kavelalı birleştirmelerdir. Deneylerde TS 4539 [13]'da belirtilen esaslara uygun 8 mm çapında, 36 mm boyunda, düz yivli-gövdeli Doğu Kayını odunundan elde edilmiş kavelalar kullanılmıştır. (Şekil 1).



Şekil 1. Deneylerde kullanılan Doğu kayını odunundan elde edilmiş kavela [14]

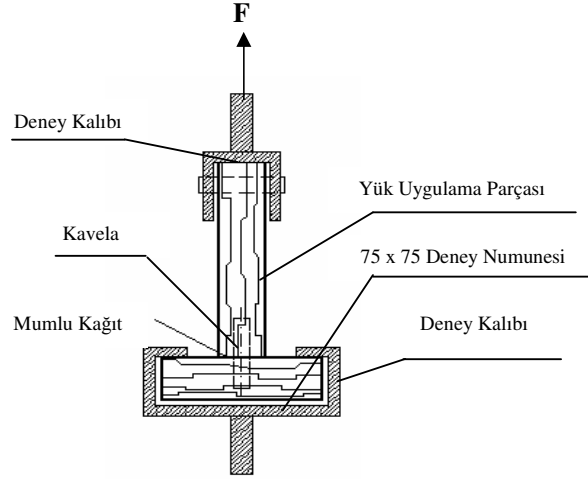
2.4. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Lamine malzemelerin hazırlanmasında, papel kaplamalar, lifleri uzunluk yönünde birbirine paralel olacak şekilde yapıştırılmıştır ve katlar arasındaki rutubet farkının % 5 den fazla olmamasına dikkat edilmiştir. Tutkal 150–200 \pm 10 gr/m^2 hesabıyla sürülmüş, laminasyonun yapıldığı ortamın sıcaklığının 15 C° nin altına düşmemesine özen gösterilmiştir. Pres basıncı, kavakta 0,8, sarıçamda 1 ve kayında 1,2 N/mm^2 olarak alınmış ve örnekler 2 saat preslenmiş vaziyette bekletilmişlerdir. Daha sonra da, tutkalın sertleşmesini tamamlaması amacıyla, bir ay süreyle işlem yapılmadan bekletilmişlerdir [2,15].

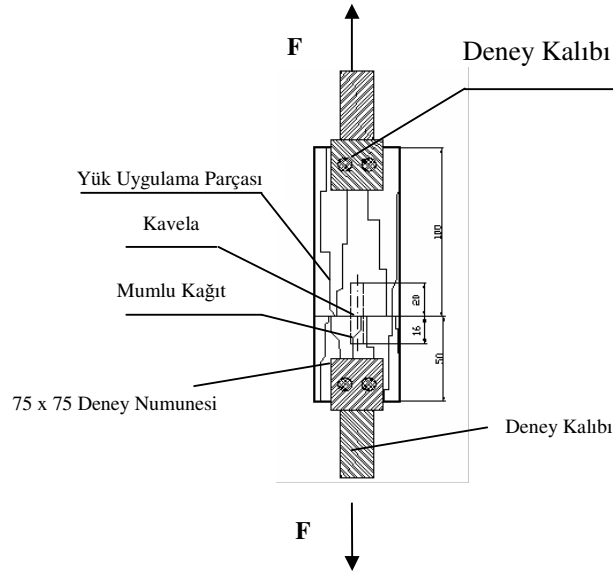
Doğu kayını, sarıçam, kavak masif ve lamine deney örnekleri 75x75x22 mm ölçülerinde kesilerek, sıcaklığı $20 \pm 2^\circ\text{C}$ - bağıl nemi $\% 65 \pm 3$ olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmişlerdir ($r = \%12$). Rutubet kontrolü [16] sonrasında, istenen rutubet derecesine gelen örnekler uygulamadaki esaslar çerçevesinde liflere dik ve liflere paralel yönde 16 mm delikler delinmiştir. 75x100x22 mm ölçülerinde yük uygulama parçaları hazırlanarak, bu parçalara da 20 mm derinliğinde kavela delikleri açılmıştır. Kavela, ilk olarak yük uygulama parçalarına tutturulmuştur. Birleşme yüzeylerine yağlı kâğıt koyulmak suretiyle maktarından yapışmaları önlenmiş, böylece sadece kavela yüzeylerinin yapışması sağlanmıştır. Bundan sonra deney örnekleri yük uygulama parçalarına mengenerler yardımıyla tutkallanarak sıkılmıştır. Tutkal kavelalara ve kavela deliklerine ortalama $150 \pm 10 \text{ gr/m}^2$ hesabı ile sürülmüştür.

2.5. Deneylerin Yapılışı

Deneyler, 4 tonluk Üniuersal Test Cihazında, basınç kolunda 2 mm/dk hız sağlanan statik yüklemelerle yapılmıştır. Şekil 2 ve Şekil 3’de deneylerde kullanılan liflere dik ve paralel kavela çekme deney örnekleri ve düzenekleri gösterilmiştir.



Şekil 2. Liflere dik kavela çekme deneş düzeniği



Şekil 3. Liflere paralel kavela çekme deneş düzeniği

Kavelanın çıkma anında, göstergeden kilogram-kuvvet (kgf) cinsinden okunan maksimum yük değerleri, Newton' a (N) çevrilerek istatistiksel işlemlere veritabanı olmak üzere kaydedilmiştir.

2.6. Verilerin Değerlendirilmesi

Masif ve lamine malzemelerin liflere dik ve paralel kavela tutma mukavemetine, ağaç türü ve malzeme çeşidinin etkilerini belirlemek amacıyla hazırlanan 144 örnekten alınan verilerden, her grup için en üst ve en alt değerlerinin atılması suretiyle kalan 120 veri istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır. Kavela tutma mukavemetinde, ağaç türü ve malzeme çeşidinin etkilerini belirlemek amacıyla çoklu varyans analizi yapılmış, varyans kaynakları ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin ($\alpha = 0,05$) anlamlı çıkması halinde, farklılıkların hangi ağaç türü ve malzeme çeşidi için önemli olduğu "En Küçük Önemli Fark" (LSD) testi ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Masif ve lamine ağaç malzemeler için yapılan rutubet kontrolü, tam kuru yoğunluk ve rutubetli yoğunluk değerlerine ait sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Masif ve lamine malzemenin rutubet ve yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Rutubet oranı (%)	v (%)	Tam kuru yoğunluk (gr/cm ³)	v (%)	Rutubetli yoğunluk (gr/cm ³)	v (%)
Masif Doğu kayını	7,5	4,5	0,63	5,1	0,65	4,9
Lamine Doğu kayını	7,1	4,3	0,65	2,7	0,66	2,8
Masif sarıçam	8,4	3,6	0,46	3,0	0,48	3,3
Lamine sarıçam	8,1	8,9	0,54	2,9	0,56	2,9
Masif kavak	6,7	4,0	0,31	12,0	0,33	36,7
Lamine kavak	6,7	2,3	0,44	3,9	0,45	3,6

v: Varyasyon katsayısı

Deneylerden elde edilen, liflere dik kavela tutma mukavemeti minimum, maksimum ve ortalama değerleri varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 2'de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Masif ve lamine ağaç malzemelerin liflere dik kavela tutma mukavemeti değerleri.

Ağaç Türü / Malzeme çeşidi		Liflere Dik Kavela Tutma Kuvveti (N)			
		X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
Doğu kayını	Masif	1324	2374	1990	15,43
	Lamine	1540	2374	1979	11,48
Sarıçam	Masif	1569	2501	2023	13,75
	Lamine	1137	2393	1765	22,16
Kavak	Masif	1294	2030	1754	12,87
	Lamine	1255	2413	1683	20,64

Tablo 3. Varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Serbest. Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F	P< 0.05
Ağaç Türü	2	735351.633	367675.817	4.0188	0.0236*
Malzeme Çeşidi	1	191648.017	191648.017	2.0947	0.1536
Ağaç Türü x Malz. Çeşidi	2	166278.033	83139.017	0.9087	NS
Hata	54	4940464.50	91490.083	-	-
Toplam	59	6033742.18	-	-	-

NS: Önemsiz

* : Fark 0,05'e göre önemli

Bu sonuçlara göre; ağaç türünün liflere dik kavela tutma mukavemeti değerlerine etkisi 0,05 yanılma olasılığı için önemli, malzeme çeşidi etkisinin ise anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda lamine ağaç malzemelerin liflere dik kavela tutma mukavemetinin masif ağaç malzemeler kadar iyi olduğu söylenebilir. Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili etkileşimi de önemsiz çıkmıştır. Anlamlı bulunan ağaç türü faktörü için yapılan LSD testinin sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Ağaç türü faktörüne göre ortalama kavela tutma kuvvetinin değerlerinin karşılaştırma sonuçları.

Ağaç Türü	Liflere Dik Kavela Tutma Kuvveti (N)	
	\bar{X}	HG
Doğu Kayını	1985	A
Sarıçam	1894	AB
Kavak	1718	B

LSD \pm 191.8 N \bar{X} = Aritmetik ort.

HG=Homojenlik grubu

Homojenlik gruplarında, (A) harfi en başarılı sonucu ifade etmekte ve harfler ilerledikçe başarısızlık artmaktadır. Ağaç türü faktörüne göre, liflere dik kavela çekme deneyinde en yüksek mukavemet Doğu kayınında, en düşük ise kavakta elde edilmiştir. Doğu kayını sarıçamdan % 5, kavaktan ise % 16 daha fazla kuvvet taşımıştır.

Sarıçam malzemeler ise kavak malzemelerden % 10 daha fazla kuvvet taşımıştır. Bunun nedeni, Doğu kayınında liflere dik yönde tutkallamada yapışmaya katılan hücre miktarının diğer ağaç malzemelere oranla daha fazla olması olabilir. Ayrıca burada, malzemelerin yapısal özelliklerinin, özellikle de yoğunluklarının önemli etkisinin olduğu düşünülmektedir. Yoğunluğu fazla olan malzemelerde moleküller arasındaki kohezyon kuvveti ve yapışmaya katılan madde miktarı fazladır. Dolayısıyla yapışmanın daha güçlü olması beklenir.

Liflere paralel kavela tutma mukavemeti, minimum, maksimum, ortalama değerleri ve varyasyon katsayıları ile LSD kritik değeri 316.6 N için yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 5’de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Masif ve lamine ağaç malzemelerin liflere paralel kavela tutma mukavemeti değerleri.

Ağaç Türü	Malzeme çeşidi	Liflere Paralel Kavela Tutma Direnci (N)				HG
		X_{min}	X_{max}	X_{ort}	v (%)	
Doğu kayını	Masif	1491	2530	2113	17,57	A
	Lamine	1294	2128	1769	16,36	B
Sarıçam	Masif	1098	2207	1696	20,90	B
	Lamine	1216	2913	2127	21,61	A
Kavak	Masif	1589	2432	1835	13,17	AB
	Lamine	1510	2727	2093	17,26	A

LSD \pm 316.6 N

İkili karşılaştırma için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, liflere paralel kavela tutma mukavemeti açısından en iyi sonuçlar masif sarıçam, masif Doğu kayını ve kavak lamine deney örneklerinde, en düşük sonuçlar ise, Doğu kayını lamine ve sarıçam masif örneklerde elde edilmiştir. Buna göre laminasyon yönteminin özgül ağırlıkla ters bir ilişki içinde olduğu söylenebilir. Özgül ağırlığı yüksek olan ağaç malzemelere lamine yöntemi uygulandığında direnç kaybına neden olduğu, özgül ağırlığı düşük olan ağaç malzemelerde ise direncin artmasına sebep olduğu söylenebilir.

Tablo 6. Varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Serbest. Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplama F	P< 0.05
Ağaç Türü	2	27426.700	13713.350	0.1100	NS
Malzeme Çeşidi	1	199872.81	199872.817	1.6026	0.2110
Ağaç Türü x Malz. Çeşidi	2	1652666.2	826333.117	6.6255	0.0027*
Hata	54	6734863.5	124719.694	-	-
Toplam	59	8614829.2	-	-	-

Bu sonuçlara göre; ağaç türü ve malzeme çeşidinin liflere paralel kavela tutma mukavemeti değerlerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili karşılaştırma sonuçları ise 0,05 yanılma olasılığı için önemli bulunmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

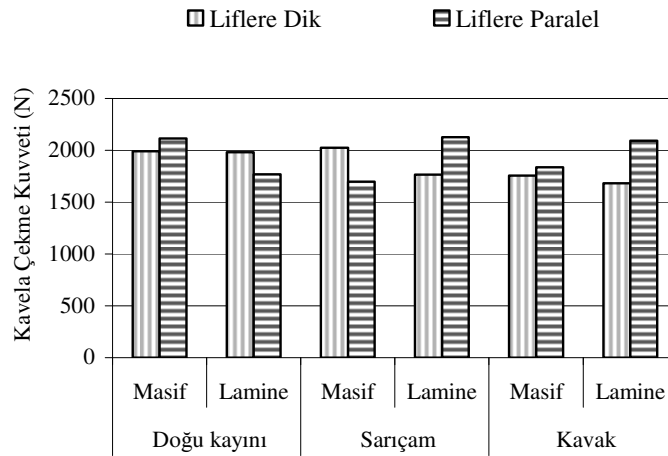
Masif ve lamine ağaç malzemeler, liflere dik ve paralel doğrultudaki kavela tutma mukavemeti deneylerinde, grupları itibarıyla farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir. Çalışmanın sonucunda, laminasyon tekniğiyle üretilen, çerçeve tipi mobilyalarda, kavelalı birleştirme tekniğinin, masif mobilyalardaki kadar güvenli olarak uygulanabileceği, bu sayede daha ekonomik, üretimi kolay ve estetik mobilyalar yapılabileceği anlaşılmıştır. Bu bağlamda lamine tekniğiyle üretilen mobilyalarda, kavela tutma mukavemeti için gerekli veriler sağlanmış olup, hangi ağaç türlerinin kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

Liflere dik ve paralel yönde kavela tutma mukavemeti değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4'de gösterilmiştir.

Buna göre, genel olarak liflere paralel yönde kavela tutma mukavemeti, liflere dik yöne göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Kavelanın ağaç malzemeyle liflere paralel yönde yapışmasının liflere dik yönde yapışmasından daha iyi olduğu söylenebilir. Bir önemli faktör de, delme işlemleri ile ilgilidir. Liflere paralel yönde delinen deliklerde lifler birbirinden ayrılmakta, liflere dik yönde açılan kavela deliklerinde ise lifler kesilmektedir. Bu nedenle, liflere paralel yönlerde kavela daha iyi tutunmaktadır.

Ağaç türleri arasında liflere dik yönde en yüksek kavela tutma mukavemetini Doğu kayını malzemeler, en düşük mukavemeti ise kavak malzemeler göstermiştir.

Liflere paralel yönde kavela tutma mukavemetinde, ağaç türleri arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur.



Şekil 4. Liflere dik ve paralel yönde kavela tutma mukavemeti sonuçları.

Malzeme çeşidine göre liflere dik ve paralel yönde kavela tutma mukavemeti incelendiğinde, masif ve lamine örnekler arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemsiz çıkmıştır. Masif ve lamine ağaç malzemelerin, liflere dik kavela tutma mukavemeti değerleri arasındaki farkların önemsiz çıkması, lamine malzemelerin çerçeve tipi mobilyalarda kavelalı birleştirmelerde kullanılabilmesi ve masif ağaç malzeme kadar sağlam olacağı sonucunu göstermektedir.

Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili etkileşimi sonuçlarına göre, liflere dik kavela tutma mukavemetinde en yüksek değer sarıçam masif malzemede bulunmasına rağmen, malzemeler arasındaki farklar bilimsel açıdan önemsiz, liflere paralel yöndeki kavela tutma mukavemetinde ise önemli bulunmuştur. Liflere paralel yönde en yüksek direnci Doğu kayını masif, sarıçam lamine ve kavak lamine örnekler göstermişlerdir. En düşük direnci ise Doğu kayını lamine ve sarıçam masif deney örnekleri vermiştir.

Bu sonuçlara göre, kavelalı birleştirmelerde, liflere dik yönde zorlayıcı çekme kuvveti gelmesi muhtemel olan çerçeve mobilya elemanlarında Doğu kayını odununun kullanılması tavsiye edilebilir. Ayrıca, kavelalı birleştirme uygulanacak mobilya elemanlarında yükün geleceği elemana kavelanın mümkün mertebe liflere paralel şekilde tutkalanması önerilebilir.

Lamine malzemelerin kullanılacağı, kavelalı birleştirme ile birleştirilecek olan çerçeve mobilya elemanlarında, liflere paralel yöndeki çekme zorlama kuvvetlerine karşı birleştirmeyi daha dirençli hale getirmek için sarıçam ve kavak lamine malzeme, Doğu Kayını lamine malzemeye tercih edilebilir.

Deney sonuçlarına göre, lamine malzemeler kavela tutma mukavemeti bakımından masif malzemeler kadar mukavemet göstermiş, özellikle çerçeve mobilya imalatında kavelalı birleştirmelerde lamine malzemelerin rahatlıkla kullanılabileceği hükmüne varılmıştır.

Diğer ağaç türlerine göre yüksek mukavemetli olan Doğu Kayını lamine malzemenin üretiminin, daha ekonomik ve düşük maliyetli olması bakımından, ara katmanlarda fiyatı daha uygun ağaç malzemelerin kullanılması önerilebilir.

Ayrıca lamine katmanlarında farklı ağaç türlerinin uygulanması ağaç malzemenin renk farkından dolayı estetik açıdan mobilyaya güzel bir görünüm katmasına da neden olabilir. Sarıçam ve kavak malzemelerden üretilecek bir çerçeve mobilyada masif kullanımının yerine lamine kullanılması, sağlamlık açısından mobilyanın dayanımını arttıracığı için göz önünde bulundurulması gereken bir etkidir.

KAYNAKÇA

1. Efe, H., Mobilya Konstrüksiyon Tasarımında Mühendislik İşleri, Lisansüstü Ders Notları, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2003).
2. Keskin, H., Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2001).
3. Efe, H., Modern Mobilya Çerçeve Tasarımında Geleneksel ve alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, (1994).
4. Kasal, A., “Masif Ve Odun Kompoziti Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Dayanım Özelliklerinin Araştırılması”, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2004).
5. Örs, Y., Efe, H., Mobilya-Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri, 1996 Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22 (1998) 21-27.
6. Aoki, T., Kojima A. and Ugama, S., The Strength of Dowel Joints, Tech.Note 68. Bulletin of Industrial Arts Institute, (1963), Tokyo.
7. Redding, R., Fachstufe Holztechnik Technologie, Veralg Handwerk und Technik G.m.b.H., Lademannbogen 135, 2000 Hamburg 63, (1984,) 98-99.
8. Efe, H., Demirci, S., “Çerçeve Konstrüksiyonlu Mobilya Kavelalı Birleştirmelerde Ağaç türü Tutkal Çeşidi ve Kesit Şeklinin Çekme Direncine Etkileri”, G.Ü.T.E.F., *Politeknik Dergisi*, 3 (4) : 45-51 (2000).
9. Efe, H., Çerçeve Konstrüksiyonlu Mobilya En Birleştirmelerde Rasyonel Kavela Tasarımı, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, C.12, N.2, Ankara, 1999.
10. Eckelman, C. A., Engineering Concepts Of Single-Pin Dowel Joints Design, Forset Product Journal, (12).

11. Erdil, Y., Z., Eckelman, C., A., “Withdrawal Strength of Dowels In Plywood and Oriented Strand Board”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25 : 319-327 (2001).
12. TS 3891, Yapıştırıcılar-Polivinilasetat Esaslı Emülsiyon (Ahşap Malzeme İçin), (Tadil AMD1:1992-07), T.S.E., Ankara,1982.
13. TS 4539, “Ahşap Birleştirmeler – Kavelalı Birleştirme Kuralları”, T.S.E., Ankara, (1985).
14. <http://dadakavela.com/>
15. TS EN 386, “Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-4 (1999).
16. TS 2471, “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1976).