

Farklı Ağaç Malzemelerde Çekme Yönü Ve Tutkal Çeşidinin Kavela Çekme Direncine Etkilerinin Belirlenmesi

*Kubulay ÇAĞATAY¹ Hasan EFE² H. İsmail KESİK³

¹İncirli Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Mobilya ve İç Mekân Tasarımı Alanı, Ankara

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçları Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara

³Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kastamonu

*Sorumlu yazar: kubulaycagatay@hotmail.com

Geliş Tarihi: 11.10.2012

Özet

Bu çalışmada, Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill) ve Adi ceviz (*Juglans regia* L.) malzemelerinden elde edilen ahşap malzemenin teğet kesit yüzeyden radyal, enine kesit yüzeyden boyuna yöndeki kavela çekme dirençleri araştırılmıştır. Bu deneylerde 5 ağaç türü, 2 farklı kavela çekme yönü, 2 tutkal türü ve her örnekten 10 adet olacak şekilde toplam 200 adet deney numunesi hazırlanmış ve statik yük altında doğrusal çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda; ağaç türlerinden Doğu kayını ve ceviz sarıçama, tutkal çeşitlerinden de PVAc tutkalı PU tutkalına göre daha yüksek çekme direnci göstermiştir. Çekme yönlerinde ise, boyuna yönde elde edilen sonucun, radyal yöndeki sonuçtan daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağaç malzeme, kesit yüzey, kavela çekme mukavemeti.

Determination of the Effects of the Tensile Direction and Glue Type on Dowel Holding Strength on Different Wood Materials

Abstract

In this study, the Dowel Holding Strength of wooden materials obtained from Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky), Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), Oak (*Quercus borealis* Liebl), Chestnut (*Castanea sativa* Mill) and Walnuts (*Juglans regia* L.) the tangent to the surface, the radial cross-sectional, longitudinal cross-sectional surface direction of dowel tensile strength were researched. A total of 200 specimens that included 5 wood species, 2 different dowel tensile direction, 2 types of glue, and 10 replications for each group were prepared and tested under static direct withdrawal loads. At the end of test results, Oriental beech and walnuts showed higher holding strength than scotch pine in terms of wood species, and similarly, PVAc showed higher withdrawal force capacity than PU according to adhesive type. According to the tensile directions, the longitudinal direction of the final result has been found more successful than the result of the radial direction.

Key Words: Wood material, cross-sectional, dowel holding strength

Giriş

Kavelalı birleştirme, kutu ve çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda bağlantı mukavemetinin yüksek, maliyetinin düşük olması, değişik çaplarda kavela elde edilebilmesi, ahşap levhalarda ve seri üretimde kullanılabilmesi gibi nedenlerle günümüz mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Efe ve Demirci, 2000).

Gerek çerçeve gerekse kutu tipi mobilya elemanlarının birbirine bağlanmasında en yaygın olarak kullanılan birleştirme tekniği kavelalı birleştirmedir. Kavelalı birleştirmeler, hem seri üretim hem de atölye tipi üretim yapan işletmeler için tercih edilen bir tekniktir. Bu tercihin nedenleri arasında

maliyetin düşüklüğü ve uygulamanın basitliği sayılabilir (Kasal, 2007).

Kavela, iki mobilya elemanını birbirine bağlamaya yarayan, tutkalı veya tutkalsız uygulanabilen ahşap malzeme olup değişik çaplarda hazırlanabilmektedir. Kavelalı ayak-kayıt birleştirmelerde kavela çapları kayıt kalınlığının en az 1/3"ü, kesit içinde kalan kavela boyu ise en az kayıt kalınlığı kadar veya 2,5- 3 cm olabilir. Kavelaların ayaklar içine giren kısmı eşit veya farklı uzunluklarda yapılabilir (TS 4539 1985).

Kavelaların boyutları (çap-boy), gövde biçimleri, birim uzunluktaki sayıları gibi etkenlerle birlikte kavela deliklerinin açılmasında kullanılan yöntemin doğru seçilmesi ve yeterli yapışmanın sağlanması gibi faktörler de kavelalı birleştirmenin

sağlamlığı üzerinde etkili olmaktadır (Efe, 1994).

Kırmızı meşeden elde edilmiş lamine ahşap malzemenin kavela çekme mukavemeti araştırılmıştır. Yüzeyden ve kenardan kavela çekme deneyleri sonucunda; lamine malzemenin masif kırmızı meşeye kıyasla % 47 düşük liflere paralel makaslama direncine sahip olmasına rağmen, hem kenardan hem de yüzeyden kavela çekme mukavemeti % 78 daha yüksek çıkmıştır (Eckelman,1979).

Doğu kayını, sarıçam ve meşe odunlarından hazırlanan deney örneklerinde 36 ve 48 mm uzunluk, 8 ve 10 mm çapında yivli ve düz kavelalar ile PVAc tutkalı kullanılarak yapılan boy birleştirme direnci deneylerinde en yüksek çekme direnci meşe odununda 8 mm çap ve 36 mm uzunluktaki kavela ile elde edilmiştir (Efe, 1998).

Çam, meşe ve kayın odunları üzerinde, 8 ile 10 mm çapında ve 24, 36 ve 48 mm boylarındaki, düz ve yivli gövdeli kayın kavelaların denendiği çalışmada, en (yan yana) birleştirmelerde en yüksek çekme direnci kayın odununda, 36 mm boyunda 10 mm çapındaki kavelalarla sağlanmıştır (Efe, 1999).

Meşe (*Quercus borealis*) odunları üzerinde huş (*Betula lutea*) odunlarından elde edilen kavelalar ile yapılan denemelerde, sıkıştırılmış kavelanın en başarılı sonucu verdiği, yivli kavelanın ise düz kavelaya göre avantaj sağladığı belirtilmiştir (Neam ve Clarke, 1958).

Şeker akçaağacı (*Acer saccharum*), meşe (*Quercus borealis*) ve kavak (*Populus*) odunları üzerinde piyasada elde edilen kavelalar ile yapılan tek kavelalı çekme ve eğilme deneyleri sonuçlarına göre kavela çapı direnç üzerinde doğrudan etkilidir. Kavela boyunun ise en fazla 50 mm'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 göre çekme mukavemetinde %70 oranında daha büyük olacağı belirtilmiştir (Eckelman, 1969).

Bu çalışma da fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş masif ağaç malzemelerden üretilen deney numunelerinin teğet yüzeylerine radyal yönde ve enine kesit

yüzeylerine ise boyuna yönde farklı tutkallarla tutkallanmış kavelaların çekme dirençleri belirlenmiştir.

Malzeme ve Yöntem

Ağaç malzeme

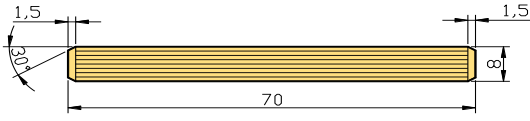
Deneylerde mobilya endüstrisindeki yaygın kullanımları göz önüne alınarak Doğu kayını, Sarıçam, Sapsız meşe, Adi ceviz ve Anadolu kestanesi odunları seçilmiştir. Keresteler Ankara Siteler piyasasından rastgele seçim (Randomly Selected) yöntemi ile temin edilmiştir. Kerestelerin seçiminde; 1. sınıf kuru, sağlam, doğal renkli, lifleri birbirine paralel olması ve lif kıvrıklığının olmaması, ağaç kusurlarını içermemesi, böcek ve mantar zararlarına uğramaması gibi etmenler göz önünde bulundurulmuştur.

Tutkal

Deney örneklerinin yapıştırılmasında poliüretan (Pu) ve polivinilasetat (PVAc) tutkalları kullanılmıştır. Tutkal kavela yüzeylerine ve kavela deliklerine ortalama $150 \pm 10 \text{ gr/m}^2$ hesabıyla sürülmüştür. PVAc tutkalı, soğuk olarak uygulanması, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz oluşu, odunu boyamaması ve işlenmesi sırasında aletleri yıpratmaması gibi özellikleri nedeniyle mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Denemelerde kullanılan PVAc tutkalının özellikleri üretici firma tarafından yoğunluk 1.1 g/cm^3 , vizkozitesi 160-200 cps, PH = 5.00, kül miktarı % 3 olarak verilmiştir (Polisan, 1996). PU tutkalı suya ve neme karşı dayanıklı, çözücü içermeyen, tek kompenantlı poliüretan esaslı bir tutkal olup, tahta, metal, poliester, taş, seramik, PVC ve diğer plastik yüzeylerin yapıştırılmasında kullanılmaktadır. Yoğunluğu $20 \text{ }^\circ\text{C}$ de $1.11 \pm 0.02 \text{ g / cm}^2$, vizkozitesi $25 \text{ }^\circ\text{C}$ de 3300 – 4000 cps olup, 20°C sıcaklık ve % 65 bağıl nem ortamında 30 dakikada sertleşmektedir (Polisan, 1996).

Kavela

Bu çalışmada rastgele temin edilen, TS 4539 esaslarına uygun, 8 mm çapında ve 70mm boyunda, gövde yüzeyi düz yivli Doğu kayınından üretilmiş kavelalar kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Deneysel kavela boyutları (ölçüler mm)

Deney örneklerinin hazırlanması

Deney numunelerinin hazırlanmasında TS 2470' de belirtilen ilkelere uyularak aşağıdaki süreç takip edilmiştir:

- Temin edilen keresteler doğrudan güneş ışığı almayan, havalandırılabilen merkezi ısıtma sistemli ortamda doğal kurutma ilkelerine uygun şekilde istiflenerek altı ay bekletilmiştir.
- Yapılacak testlerle ilgili standartlarda belirtilen ölçüler göz önüne alınarak kerestelerden numune taslakları kesilmiş ve taslak numuneler kurallara uygun şekilde istif edilerek bir yıl süre ile doğal kurumaya bırakılmıştır.

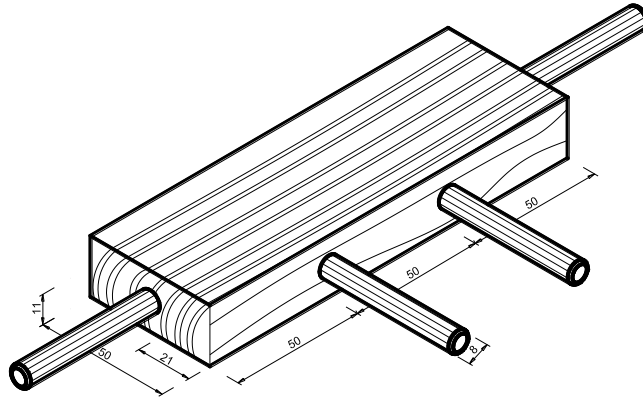
iii)Taslak numuneler biçme, rendeleme ve şekillendirme işlemleri ile ilgili standartlarda belirtilen net ölçülerine getirilmiştir.

iv) % 8 rutubet seviyesine gelmelerini sağlamak üzere, numuneler 20 ± 2 °C sıcaklık ve 45 ± 5 bağıl nem şartlarına sahip iklimlendirme dolabında kütleleri değişmez olana kadar bekletilmişlerdir. Numunelerin rutubet değerlerinin belirlenmesi TS 2471'e göre yapılmıştır.

v) Kavela çekme direncinin belirlenmesinde kullanılacak numunelere Şekil 2'de gösterilen plan dâhilinde kavela tutkallama işlemi yapılmıştır.

vi) Testler yapılıncaya kadar ortaya çıkacak rutubet değişimini engellemek için numuneler plastik poşetler içerisine yerleştirilmiştir.

Deney numuneleri 150x55x22 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Kavelalar için deney numunelerine 8 mm çapında ve 15mm derinliğinde delikler açılmıştır. Deney numuneleri üzerindeki kavelaların konumları Şekil 2' deki gibi hazırlanmıştır.



Şekil 2. Deney numunesinin ölçüleri ve kavelaların konumları (ölçüler mm)

Deneylerin yapılışı

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin çekme, basınç, liflere paralel kesme, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri sırasıyla TS 2475, TS 2595, TS 3459, TS 2474 ve TS 2478 standartlarında belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Maksimum kavela çekme direnci Newton milimetre (Nmm²) cinsinden kaydedilmiştir. Deneyler, 5 tonluk universal deney cihazında, statik yük altında yükleme

hızı 2 mm/dak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deney numunelerinde, kavela çekme direnci deney düzeneği ve yük uygulama biçimi Resim 1a ve 1b'de verilmiştir. Kavelanın geri çekilmeye karşı gösterdiği direnç (f); kavela çekme direnci Eş. 2.1 ile hesaplanmıştır.

$$f = \frac{F_{\max}}{d.l_p} \quad (2.1)$$

Burada;

F_{max} = Kırılma anındaki kuvvet (N)

d = Kavela çapı (mm),

l_p = Levhaya girme mesafesi (mm)



a. Liflere dik çekme



b. Liflere paralel çekme

Resim 1. Kavela çekme direnci deney düzeneği ve yük uygulama biçimi

Verilerin değerlendirilmesi

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin belirlenen fiziksel ve mekanik özellikler üzerinde, ağaç malzeme çeşidinin etkisini belirlemek amacıyla “tek düzeyli varyans analizleri” (ANOVA) yapılmıştır. Ağaç türü, kesit yüzeyi ve tutkal çeşidi etkileşimlerinin, kavela çekme direnci “çoklu varyans analizleri” ile belirlenmiş, farklılıkların $p < 0.05$ ’ e göre istatistiksel olarak anlamlı çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için “en küçük önemli fark” (LSD: Least Significant Difference) testi kullanılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerden ağaç türü, kesit yüzeyi ve tutkal çeşitlerinin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

Bulgular

Kullanılan ağaç malzemelerin bazı teknik özellikleri

Bu çalışmada kullanılan ahşap malzemelerin ilgili standartlara uyularak deneyler sonucu belirlenen bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan ağaç malzemelerin tespit edilmiş fiziksel ve mekanik özellikleri

| Ağaç Türü | Rutubet Oranı (%) | $r \cong \% 8$ Yoğunluk (gr/cm^3) | Tam Kuru Yoğunluk (gr/cm^3) | Liflere Paralel Çekme Direnci (N/mm^2) | Liflere Paralel Basınç Direnci (N/mm^2) | Liflere Paralel Kesme Direnci (N/mm^2) | Liflere Dik Eğilme Direnci (N/mm^2) | Liflere Dik Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm^2) |
|-----------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|---|--|---|--|
| Ceviz | 8,30 | 0,62 | 0,61 | 72,82 | 55,69 | 18,08 | 121,00 | 11659,70 |
| Meşe | 8,61 | 0,76 | 0,74 | 82,21 | 58,20 | 19,41 | 118,50 | 12161,30 |
| Kayın | 8,49 | 0,71 | 0,69 | 108,86 | 61,74 | 15,23 | 122,90 | 12462,60 |
| Kestane | 8,41 | 0,48 | 0,46 | 55,78 | 56,96 | 10,16 | 70,10 | 6768,60 |
| Sarıçam | 8,64 | 0,47 | 0,46 | 68,58 | 43,96 | 10,74 | 91,20 | 10475,30 |

Deformasyon karakteristikleri

Deneylerde, kuvvetin uygulanmaya başlamasıyla birleşme alanları çekme etkisine maruz kalmışlardır. Kavela çekme direnci numunelerinin, deney süresi ortalama 40–150 sn arasında gerçekleşmiştir. Yapılan deneyler esnasında kavela çekme dirençleri, PVAc tutkalı numunelerde yüksek yoğunluklu zorlama sesi ile poliüretan

tutkallı yüzeylerde ise düşük yoğunluklu zorlama sesi ile sonuçlanmışlardır. Yüksek direnç değerleri çıkan deney örneklerinde, kavelanın ahşap yüzeyi koparak çıktığı, zayıf direnç değerleri çıkan deney örneklerinde ise kavelanın sadece tutkalı bırakarak sıyrıldığı tespit edilmiştir.

Kavala çekme direnci
Liflere dik (teğet yüzeyden radyal yönde) kavala çekme direnci

Birleştirmelerde kullanılan ağaç malzemelerin teğet yüzeyden liflere dik

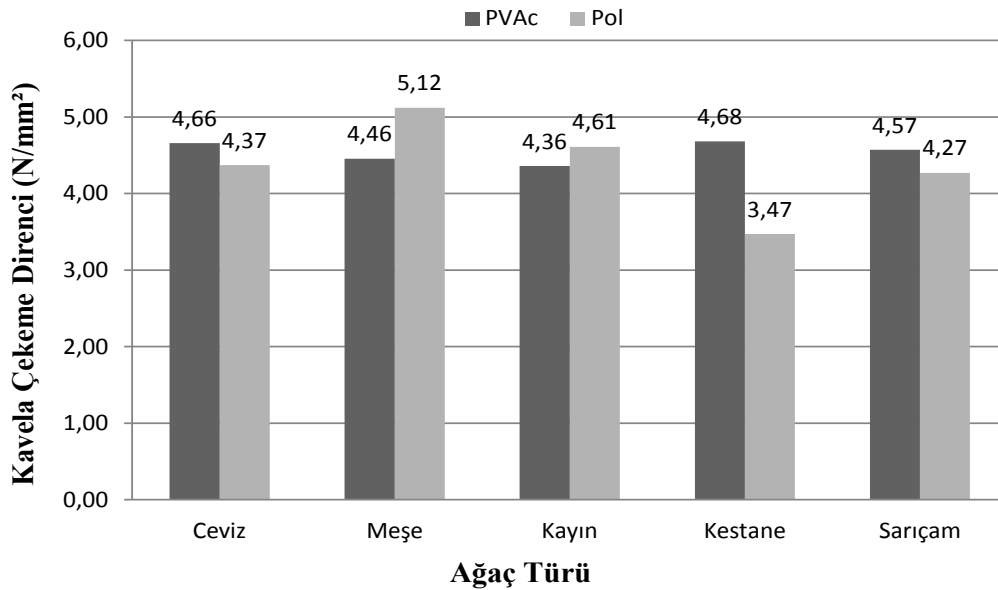
kavala çekme direncine ilişkin istatistiksel veriler Tablo 2’de verilmiştir.

Ağaç malzemelerinin teğet yüzeyden liflere dik kavala çekme direnci ortalama değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları Şekil 3’te gösterilmiştir.

Tablo 2. Ağaç türüne göre teğet yüzeyden liflere dik kavala çekme direncine ilişkin bazı istatistiksel veriler

| Ağaç Türü | Tutkal | X_{\min} (N/mm ²) | X_{\max} (N/mm ²) | X_{ort} (N/mm ²) | v (%) |
|-----------|------------|------------------------------------|------------------------------------|--|-------|
| Ceviz | PVAc | 4,09 | 5,07 | 4,66 | 6,52 |
| | Poliüretan | 3,98 | 4,81 | 4,37 | 7,29 |
| Meşe | PVAc | 3,79 | 4,81 | 4,46 | 8,35 |
| | Poliüretan | 4,40 | 5,96 | 5,12 | 12,21 |
| Kayın | PVAc | 4,11 | 4,79 | 4,36 | 4,64 |
| | Poliüretan | 4,01 | 5,13 | 4,61 | 7,70 |
| Kestane | PVAc | 4,06 | 5,02 | 4,68 | 5,74 |
| | Poliüretan | 2,84 | 4,48 | 3,47 | 13,30 |
| Sarıçam | PVAc | 4,09 | 4,97 | 4,57 | 6,87 |
| | Poliüretan | 3,83 | 4,89 | 4,27 | 9,35 |

X_{\min} : En küçük değer X_{\max} : En büyük değer X_{ort} : Ortalama değer v : Varyasyon katsayısı



Şekil 3. Liflere dik kavala çekme direnci ortalama değerleri

Ağaç türü, tutkal çeşidi ve bu iki faktörün etkileşiminin kavala çekme direncine etkilerine ilişkin olarak yapılan çoklu

varyans analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Ağaç ve tutkal türünün teğet yüzeyden liflere dik kavela çekme direnci etkilerine ilişkin varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | Önem Düzeyi |
|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|-------------|
| Ağaç | 5,22 | 4,00 | 1,30 | 9,10 | 0,000 |
| Tutkal | 0,77 | 1,00 | 0,77 | 5,38 | 0,023 |
| Ağaç * Tutkal | 10,02 | 4,00 | 2,51 | 17,48 | 0,000 |
| Hata | 12,90 | 90,00 | 0,14 | | |
| Total | 2.015,46 | 100,00 | | | |

Varyans analizi sonuçlarına göre, kavela çekme direnci üzerinde tutkal çeşidi, ağaç türü ve bu iki faktörün ikili etkileşiminin etkileri 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türünün kavela çekme direnci üzerindeki etkilerini belirlemek için LSD 0,3009 Nmm² kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4' te verilmiştir.

Tablo 4. Ağaç türüne göre teğet yüzeyden liflere dik kavela çekme direnci ortalama değerleri arasındaki farklılıklara ilişkin homojenlik testi

| Ağaç Türü | Kavela Çekme Direnci (N/mm ²) | HG |
|-----------|---|----|
| Kestane | 4,07 | C |
| Sarıçam | 4,41 | B |
| Ceviz | 4,48 | B |
| Meşe | 4,51 | B |
| Kayın | 4,78 | A |

LSD: 0,3009

Tablo 4' de görüldüğü üzere, ağaç türüne göre en yüksek kavela çekme direnci kayında elde edilirken, bunu aralarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmayan meşe, ceviz ve sarıçam takip etmiştir. En düşük

çekme direnci değerleri ise kestanede elde edilmiştir. Tutkal çeşidinin kavela çekme direnci üzerindeki etkilerini belirlemek için LSD 0,1903 Nmm² kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 5' te verilmiştir.

Tablo 5. Tutkal türüne göre teğet yüzeyden liflere dik kavela çekme direnci ortalama değerleri arasındaki farklılıklara ilişkin homojenlik testi

| Tutkal Çeşidi | Kavela Çekme Direnci (N/mm ²) | HG |
|---------------|---|----|
| Poliüretan | 4,37 | B |
| PVAc | 4,54 | A |

LSD: 0,1903

Tablo 5' de görüldüğü üzere, tutkal çeşidine göre en yüksek kavela çekme direnci PVAc tutkalında elde etmiştir. En düşük çekme direnci değerleri ise Pu tutkalında elde edilmiştir. Ağaç türü ve tutkal çeşidinin kavela çekme direnci üzerindeki etkilerini belirlemek için LSD 0,4256 Nmm² kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 6. Ağaç ve tutkal türüne göre teğet yüzeyden liflere dik kavela çekme direnci ortalama değerleri arasındaki farklılıklara ilişkin homojenlik testi

| Ağaç Türü | Tutkal Çeşidi | Kavela Çekme Direnci (N/mm ²) | HG |
|-----------|---------------|---|----|
| Kestane | Poliüretan | 3,47 | D |
| Sarıçam | Poliüretan | 4,27 | C |
| Kayın | PVAc | 4,36 | BC |
| Ceviz | Poliüretan | 4,37 | BC |
| Meşe | PVAc | 4,46 | BC |
| Sarıçam | PVAc | 4,57 | BC |
| Kayın | Poliüretan | 4,61 | BC |
| Ceviz | PVAc | 4,66 | B |
| Kestane | PVAc | 4,68 | B |
| Meşe | Poliüretan | 5,12 | A |

LSD:0,4256

Tablo 6’da görüldüğü üzere, ağaç türü – tutkal çeşidi etkileşimine göre en yüksek çekme direnci meşeden üretilmiş ve Pu tutkallı deney örneklerinde elde edilmiştir. Bunu, aralarında anlamlı farklılıklar bulunmayan, kestane ve cevizden üretilmiş PVAc tutkallı deney örnekleri takip etmiştir. En düşük çekme direnci ise kestane üretilmiş Pu tutkallı deney örneklerinde elde edilmiştir.

Liflere paralel (enine kesitten boyuna yönde) kavala çekme direnci

Birleştirmelerde kullanılan ağaç malzemelerin enine kesitten liflere paralel

kavala çekme direncine ilişkin istatistiksel veriler Tablo 7’de verilmiştir.

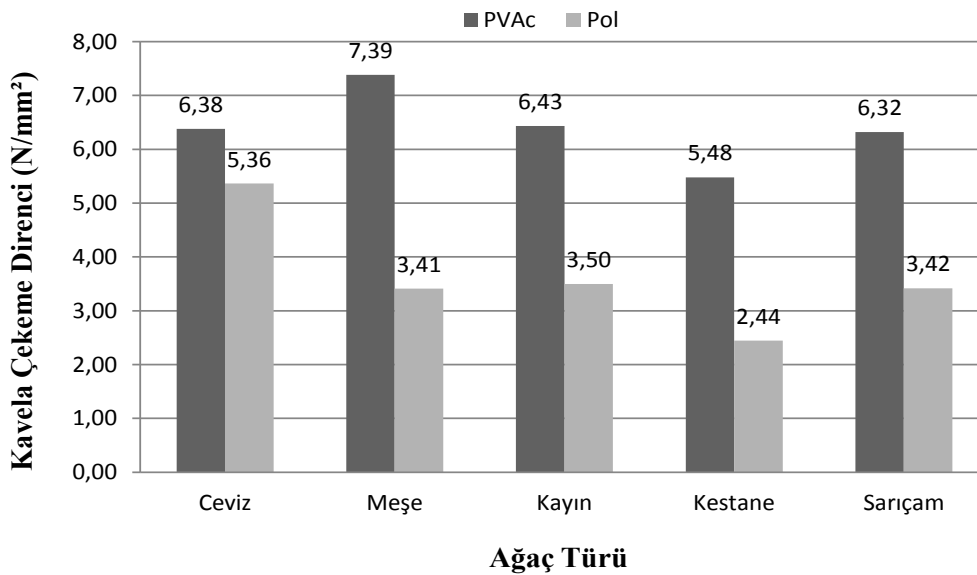
Ağaç malzemelerinin enine kesitten liflere paralel kavala çekme direnci ortalama değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları Şekil 4’te gösterilmiştir.

Ağaç ve tutkal türüne göre ortaya çıkan kavala çekme direnci değerleri arasındaki farkların önemli olup olmadığının tespitine ilişkin olarak yapılan varyans analizi Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7. Ağaç türüne göre enine kesitten liflere paralel kavala çekme direncine ilişkin istatistiksel veriler

| Ağaç Türü | Tutkal | X_{min} (N/mm ²) | X_{max} (N/mm ²) | X_{ort} (N/mm ²) | v (%) |
|-----------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Ceviz | PVAc | 5,91 | 6,92 | 6,38 | 6,43 |
| | Poliüretan | 4,27 | 6,71 | 5,36 | 17,86 |
| Meşe | PVAc | 6,84 | 7,83 | 7,39 | 5,43 |
| | Poliüretan | 3,02 | 3,83 | 3,41 | 9,41 |
| Kayın | PVAc | 6,04 | 6,94 | 6,43 | 4,20 |
| | Poliüretan | 2,76 | 4,19 | 3,50 | 14,31 |
| Kestane | PVAc | 4,61 | 6,22 | 5,48 | 8,39 |
| | Poliüretan | 2,06 | 2,76 | 2,44 | 10,56 |
| Sarıçam | PVAc | 5,44 | 6,92 | 6,32 | 8,06 |
| | Poliüretan | 2,63 | 3,96 | 3,42 | 13,77 |

X_{min} : En küçük değer X_{max} : En büyük değer X_{ort} : Ortalama değer v : Varyasyon katsayısı



Şekil 4. Ağaç türüne göre enine kesitten liflere paralel kavala çekme direnci ortalama değerleri

Tablo 8. Ağaç ve tutkal türünün enine kesitten liflere paralel kavela çekme direnci etkilerine ilişkin varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | Önem Düzeyi |
|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|-------------|
| Ağaç | 40,30 | 4,00 | 10,08 | 41,44 | 0,000 |
| Tutkal | 192,03 | 1,00 | 192,03 | 789,86 | 0,000 |
| Ağaç * Tutkal | 23,22 | 4,00 | 5,80 | 23,87 | 0,000 |
| Hata | 21,88 | 90,00 | 0,24 | | |
| Total | 2.790,42 | 100,00 | | | |

Varyans analizi sonuçlarına göre, kavela çekme direnci üzerinde tutkal çeşidi, ağaç türü ve bu iki faktörün ikili etkileşiminin etkileri 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türünün kavela çekme direnci üzerindeki etkilerini belirlemek için LSD 0,3099 Nmm² kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 9’ da verilmiştir.

Tablo 9. Ağaç türüne göre enine kesitten liflere paralel kavela çekme direnci ortalama değerleri arasındaki farklılıklara ilişkin homojenlik testi

| Ağaç Türü | Kavela Çekme Direnci (N/mm ²) | HG |
|-----------|---|----|
| Kestane | 3,96 | D |
| Sarıçam | 4,86 | C |
| Kayın | 4,96 | C |
| Meşe | 5,39 | B |
| Ceviz | 5,87 | A |

LSD: 0,3099

Tablo 9’ da görüldüğü üzere, ağaç türüne göre en yüksek kavela çekme direnci cevizde elde edilirken, bunu meşe takip etmiştir. En

düşük kavela çekme direnci değerleri ise kestanede elde edilmiştir. Tutkal çeşidinin kavela çekme direnci üzerindeki etkilerini belirlemek için LSD 0,1960 Nmm² kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 10’ da verilmiştir.

Tablo 10. Tutkalların türüne göre enine kesitten liflere paralel kavela çekme direnci ortalama değerlerine ilişkin homojenlik testi

| Tutkal Çeşidi | Kavela Çekme Direnci (Nmm ²) | HG |
|---------------|--|----|
| Poliüretan | 3,63 | B |
| PVAc | 6,40 | A |

LSD: 0,1960

Tablo 9’da görüldüğü üzere, tutkal çeşidine göre en yüksek kavela çekme direnci PVAc tutkalında elde etmiştir. En düşük çekme direnci değerleri ise Pu tutkalında elde edilmiştir. Ağaç türü ve tutkal çeşidinin kavela çekme direnci üzerindeki etkilerini belirlemek için LSD 0,4383 Nmm² kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Ağaç ve tutkal türüne göre enine kesitten liflere paralel kavela çekme direnci ortalama değerleri arasındaki farklılıklara ilişkin homojenlik testi

| Ağaç Türü | Tutkal Çeşidi | Kavela Çekme Direnci (N/mm ²) | HG |
|-----------|---------------|---|----|
| Kestane | Poliüretan | 2,44 | E |
| Meşe | Poliüretan | 3,41 | D |
| Sarıçam | Poliüretan | 3,42 | D |
| Kayın | Poliüretan | 3,50 | D |
| Ceviz | Poliüretan | 5,36 | C |
| Kestane | PVAc | 5,48 | C |
| Sarıçam | PVAc | 6,32 | B |
| Ceviz | PVAc | 6,38 | B |
| Kayın | PVAc | 6,43 | B |
| Meşe | PVAc | 7,39 | A |

LSD:0,4383

Tablo 11’ de görüldüğü üzere, ağaç türü – tutkal çeşidi etkileşimine göre en yüksek çekme direnci meşeden üretilmiş PVAc tutkallı deney örneklerinde elde edilmiştir. Bunu, aralarında anlamlı farklılıklar bulunmayan, kayın, ceviz ve sarıçamdan üretilmiş PVAc tutkallı deney örnekleri takip etmiştir. En düşük çekme direnci ise kestaneden üretilmiş Pu tutkallı deney örneklerinde elde edilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, değişik masif malzemelerden üretilmiş deney numuneleri üzerinde kavela çekme direnci değerleri araştırılmıştır. Deneyler sonucunda farklı yüzeyler ve değişik tutkallar kullanılarak hazırlanan kavelalı tutkallı deney örnekleri, çekmeye çalışan kuvvetler karşısında grupları itibarıyla farklı mukavemet özellikleri göstermişlerdir. Kavela çekme direnci üzerinde, ağaç türü, kesit yönü ve tutkal çeşidinin etkisi farklı bulunmuştur.

Liflere dik (teğet yüzeyden radyal yönde) kavela çekme direncinde, ağaç türüne göre en yüksek çekme direnci kayında ($4,78 \text{ N/mm}^2$), elde edilirken bunu aralarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar tespit edilmeyen meşe, ceviz ve sarıçam takip etmiştir. En düşük çekme direnci değerleri ise kestanede ($4,07 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Kayında en yüksek kavela çekme değerinin elde edilmesinin sebebi, halkalı dağınık traheli homojen bir yapıda olması, elastikiyet değerinin yüksek olması ve kesicilerle işlem gördükten sonra diğer ağaçlara göre daha düzgün ve pürüzsüz bir yüzey vermesinden kaynaklanıyor olabilir. Tutkal çeşidine göre en yüksek çekme direnci PVAc tutkalında ($4,54 \text{ N/mm}^2$) elde etmiştir. En düşük çekme direnci ise Pu tutkalında ($4,37 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Burada, PVAc tutkalının incelticisi olan suyun viskoziteyi ayarlayarak yapıştırıcı moleküllerinin ağaç malzemelerin derinliklerine birleşik kaplar yasına göre daha derin nüfus etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ağaç türü – tutkal çeşidi etkileşimine göre en yüksek çekme direnci meşeden üretilmiş ve Pu tutkallı deney örneklerinde ($5,12 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunu, aralarında anlamlı farklılıklar bulunmayan, kestaneden üretilmiş PVAc tutkallı deney örnekleri takip etmiştir.

En düşük çekme direnci ise kestaneden üretilmiş Pu tutkallı deney örneklerinde ($3,47 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Burada kestaneden üretilmiş malzemesinin elastikiyet ve yoğunluk değerlerinin düşük olmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Liflere paralel (enine kesitten boyuna yönde) kavela çekme direncinde, ağaç türüne göre en yüksek kavela çekme direnci cevizde ($5,87 \text{ N/mm}^2$) elde edilirken, bunu meşe takip etmiştir. En düşük kavela çekme direnci değerleri ise kestanede ($3,96 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Cevizde en yüksek değerlerin elde edilmesinin sebebi, yoğunluk değerinin yüksekliği ve halkalı dağınık traheli homojen yapıda olmasından kaynaklanıyor olabilir. Tutkal çeşidine göre en yüksek kavela çekme direnci PVAc tutkallı deney örneklerinde ($6,40 \text{ N/mm}^2$) elde etmiştir. En düşük çekme direnci değerleri ise Pu tutkallı deney örneklerinde ($3,63 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. PVAc tutkalı yüksek çıkmasının sebebi bu tutkalın ağaç malzemelerle molekül yapısının daha küçük olması nedeniyle daha iyi bir bağlantı kurmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ağaç türü – tutkal çeşidi etkileşimine göre en yüksek çekme direnci meşeden üretilmiş ve PVAc tutkallı deney örneklerinde ($7,39 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunu, aralarında anlamlı farklılıklar bulunmayan, kayın, ceviz ve sarıçamdan üretilmiş PVAc tutkallı deney örnekleri takip etmiştir. En düşük çekme direnci ise kestaneden üretilmiş Pu tutkallı deney örneklerinde ($2,44 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Malzeme yoğunluk değerleri, elastikiyet değerleri, yaz odunu katılım oranı, reçine ve benzeri maddelerin bulunması yada bulunmaması tutkalın yapısal özellikleri ve işlem uyumuyla koşullarının kavela çekme direnci üzerinde etkili olabileceği ifade edilebilir.

Sonuç olarak, kavelalı birleştirmelerin pratik olarak yapılabilmesi ve yaygın olarak kullanımı göz önüne alındığında, ağaç malzemelerin özellikleri, kesit yüzeylerinin durumu ile estetik görünüşün yanı sıra mühendislik tasarımı yaklaşımı düşünüldüğünde deney sonuçlarının büyük yararlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir (07/2008–13). Gazi Üniversitesi'ne sağladığı tüm olanaklardan dolayı çok teşekkür ederiz.

Kaynaklar

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)

Kasal A., Bazı Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Kavelatutma Performanslarının Belirlenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.22 (3): 387-397 (2007).

TS 4539. “Ahşap Birleştirmeler – Kavelalı Birleştirme Kuralları”, T.S.E. , Ankara, (1985).

Efe H., “Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri”, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 3-8 (1994).

Eckelman C., A., Hoover W., L., Jokerst R. W., Youngqoust, J. A., “Utilization of Red Oak Press-Lam As Upholstered Furniture Frame Stock”, Forest Product Journal, 29 (5) : 30–40 (1979).

Efe H., “Çerçeve Konstrüksiyonlu Mobilya Boy Birleştirmelerinde Farklı Kavela Türlerinin Mekanik Davranış Özellikleri”, G. Ü. T. E. F. , Politeknik Dergisi, 1 (1-2) : 65-74 (1998).

Efe H., “Çerçeve Konstrüksiyonlu Mobilya En Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı”, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12 (2): 377-391 (1999).

Neam, W.T., Clarke, J.T., “Dowel Joints Strength” Forest Product Journal, (11), 326-329 (1958)

Eckelman, C. A., “Engineering Concepts of Single-Pin Dovvel Joints Design”, Forest Product Journal, 19 (12): 52-60 (1969).

Polisan, Üretici Firma,
<http://www.polisan.com.tr>, Bolu, 1996.