

## Kavala ağaç türünün farklı tutkallar ile yapıştırılmış ahşap boy birleştirmelerde kavala çekme direncine etkisi

Abdurrahman Karaman<sup>a,\*</sup>, Mehmet Nuri Yıldırım<sup>b</sup>, Esra Uslu<sup>c</sup>

**Özet:** Bu çalışmada, dişbudak (*Fraxinus excelsior* Lipsky), kestane (*Castanea sativa* Mill) ve Sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble) odunlarından üretilen kavelalar kullanılarak hazırlanmış ahşap boy birleştirmelerin kavala çekme direnci değerleri araştırılmıştır. Dene örnekleri, Doğu kayını odunundan hazırlanmıştır. Yapıştırıcı olarak ise poliüretan (PU-D4) ve polivinilasetat (PVAc-D4) tutkalları kullanılmıştır. Denemelerde 2 tutkal çeşidi, 3 kavala ağaç türü ve her örnekten 10 adet olmak üzere toplam 60 adet dene örneği hazırlanmıştır. Deneyler BSI 6948 standartlarına göre statik yük altında gerçekleştirilmiştir. Dene sonuçlarına göre, en yüksek kavala çekme direnci değeri dişbudak kavala ile polivinilasetat (PVAc-D4) tutkalı kullanılarak hazırlanan dene örneklerinde, en düşük kavala çekme direnci değeri ise kestane kavala ile poliüretan (PU-D4) tutkalı kullanılarak hazırlanan dene örneklerinde elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Boy birleştirmeler, Masif malzeme, Kavala, Tutkal, Kavala çekme direnci

## Effect of dowel wood species on dowel tensile strength in wooden length joints bonded with different adhesives

**Abstract:** In this study, dowel tensile strength values of wooden length joints prepared using dowels obtained from ash (*Fraxinus excelsior* Lipsky), chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and oak (*Quercus petraea* Lieble) were investigated. Experimental samples were prepared from Eastern beech wood. Polyurethane (PU-D4) and polyvinyl acetate (PVAc-D4) glues were used as adhesives. In the experiments, 2 types of glue, 3 species of dowel wood and a total of 60 test samples were prepared from 10 pieces of each sample. The tests were carried out under static load according to BSI 6948 standards. According to the test results, the highest dowel tensile strength value was obtained in the test specimens prepared with ash dowel and polyvinyl acetate (PVAc-D4) glue, the lowest dowel tensile strength value was obtained in the test specimens prepared using polyurethane (PU-D4) glue with chestnut dowel.

**Keywords:** Length joints, Wood material, Dowel, Glue, Dowel tensile strength

### 1. Giriş

Konstrüksiyon tasarımı açısından mobilya kutu, çerçeve ve kombine tipi olarak üç yapı grubunda incelenmektedir. Çerçeve tipi konstrüksiyonların mekanik davranış özellikleri, çerçeve kayıtları ile bu elemanları birbirini bağlamada uygulanan birleştirme tekniklerine bağlıdır. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda genellikle boy, en ve "T" birleştirmeler uygulanmaktadır (Efe, 1998a).

Boy birleştirmeler mobilya endüstrisinde teknik ve ekonomik açıdan uygun ölçü ve stabiliteye sahip ahşap yapı elemanları elde etmek için kullanılır. Ayrıca pencere ve kapı üretiminde kullanılacak ahşap malzemenin kusurlu kısımlar kesilerek kısa parçaların eklenmesi sonucu kayıtların biçim değiştirmesi önlendiği gibi ve fire oranı büyük ölçüde azaltılmaktadır. Merdiven korkuluklarında kullanılan küpeşteler de boy birleştirmenin en çok kullanıldığı yerler arasındadır. En çok kullanılan boy birleştirme tipleri;

kavelalı, zıvanalı, kertmeli (lambalı), parmak ve kırılgaçkuyruğu birleştirmelerdir (Zorlu, 1991).

I-tipi ahşap boy birleştirmelerin çeşitli yükler altındaki mukavemet özellikleri ile ilgili birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Bunlardan bazıları; farklı boy ve çaplarda, düz ve yivli gövdeli kayın kavelaların, meşe, kayın ve sarıçam odunları üzerindeki çekme dirençleri araştırılmıştır. Sonuç olarak boy birleştirmelerde en yüksek çekme mukavemetinin meşede 8 mm çap ve 36 mm boyundaki kavelalar ile elde edildiği bildirilmiştir (Efe, 1998b). Ağaç türü ve zıvana uzunluğunun zıvanalı boy birleştirmede eğilme direncine etkileri adlı çalışma yapılmıştır. Dene sonuçlarına göre; en yüksek eğilme direncinin Doğu kayını dene örneklerde tespit edildiği belirtilmiştir (Uysal, 1998). Kestane, kavak, göknar odunları ile PVAc tutkalı kullanılarak birleştirilen boy birleştirmelerin çekme ve eğilme dirençleri belirlenmiştir. En yüksek çekme ve eğilme direnci kestane odununda tam zıvanalı boy birleştirme test örneklerinde elde edilmiştir (Demir, 1999). Farklı

<sup>a</sup> Uşak Üniversitesi, Banaz Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Uşak.

<sup>b</sup> Karabük Üniversitesi, Safranbolu Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Karabük.

<sup>c</sup> Karabük Üniversitesi, Safranbolu Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Karabük.

<sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): abdurrahman.karaman@usak.edu.tr

**Received** (Geliş tarihi): 12.07.2019, **Accepted** (Kabul tarihi): 08.11.2019



**Citation** (Atıf): Karaman, A., Yıldırım, M.N., Uslu, E., 2019. Kavala ağaç türünün farklı tutkallar ile yapıştırılmış ahşap boy birleştirmelerde kavala çekme direncine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 20(4): 427-432. DOI: [10.18182/tjf.591404](https://doi.org/10.18182/tjf.591404)

birleştirme teknikleri kullanılarak yapılmış boy birleştirmelerde çeşitli tutkal kullanımının çekme direncine etkisinin belirlendiği çalışma sonucunda tutkal çeşidi bakımından en iyi mukavemeti PVAc tutkalında elde edildiği bildirilmiştir (Yılmaz, 2001; Efe vd., 2012). Tutkalı olarak kullanılan çerçeve konstrüksiyonlu masif mobilya kavelalı boy, en ve "T" birleştirmelerin çekme dirençleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre boy birleştirmelerde ladin odunu ile Klebit 303 tutkalı kullanılarak hazırlanan deney örnekleri en yüksek çekme direncini vermiştir (Bilge, 2002). Ahşap yapılarda kullanılan (ardıç, sarıçam ve göknar) odunları kullanılarak hazırlanan değişik boy birleştirmelerin çekme mukavemetleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, en yüksek çekme direnci değeri sarıçam odununda elde edilmiştir (Şen ve Yeşilkaya, 2005). Literatürde Doğu kayını kavela kullanılarak hazırlanan ahşap boy birleştirmelerin çekme mukavemetleri ile ilgili yapılan çalışmalar bulunmasına rağmen (Zhang ve Eckelman, 1993; Jensen vd., 2001; Efe vd., 2002; Efe vd., 2012; Podlena vd., 2018), farklı ağaç türlerinden elde edilen kavelalar kullanılarak hazırlanan ahşap boy birleştirmelerin çekme direnci ile ilgili yeterli düzeyde araştırma yapılmadığı ve literatür açısından bir eksiklik bulunduğu görülmektedir. Bu açıdan araştırma bulgularının ilgili literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, ahşap yapı elemanların kavelalı boy birleştirmelerde kavela ağaç türünün kavela çekme direncine etkisini belirlemektir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ağaç malzeme

Deneylerde mobilya endüstrisinde kullanılan Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), dişbudak (*Fraxinus excelsior* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble) ve kestane (*Castanea sativa* Mill) temin edilmiştir. Kerestelerin seçiminde; keresteler böcek ve mantar zararına uğramamış olması, lif kıvrıklığının olmaması, kuru, doğal renkli, sağlam ve liflerinin birbirine paralel olması gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur.

#### 2.1.2. Tutkal

Kronen Holzleim D4 polivinilasetat tutkalı, kokusuz ve yanmaz, kolay sürülebilir, çabuk sertleşen, soğuk olarak uygulanan, D4 özellikli bir tutkaldır. Kullanılan bu tutkalın özellikleri pres basıncı 0.1-0.8 N/mm<sup>2</sup>, pH değeri 3.5, viskozitesi (20°C) 16000-15000 mPas, yoğunluğu 1.08 g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiş ve ağaç yapıştırma süresi 20°C'deki 35-40 dakika olarak üretici firma tarafından belirlenmiştir (Kronen, 2019). Romabond poliüretan tutkalı ise, tek komponentli, hızlı kürleşen, poliüretan bazlı ahşap yapıştırıcıdır (Romabond, 2019). Kolay uygulanabilen, düşük viskoziteye ve yüksek yapışma gücüne sahip, D4-DIN EN204 standardına göre suya dayanıklı, 15-20 dk. pres süresine ve 5-10 dk. yüzey kuruma süresine sahip olup şeffaf renkte bir yapıştırıcıdır (Romabond, 2019).

### 2.1.3. Kavela

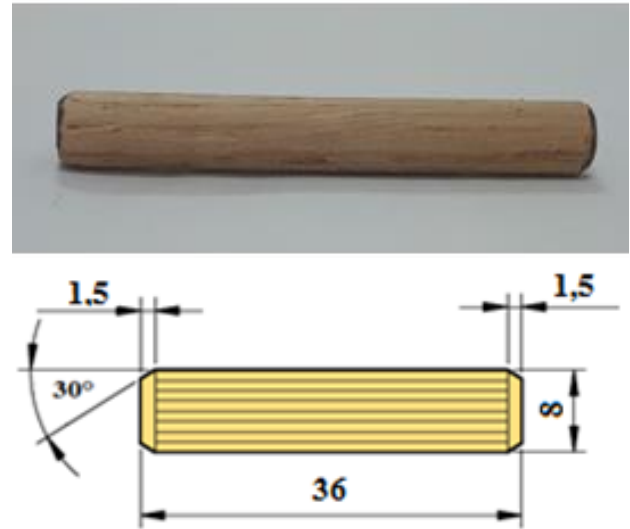
Deneylerde (TS 4539, 1985) esaslarına uygun, gövde yüzeyi düz yivli dişbudak, kestane ve sapsız meşe odunlarından üretilmiş kavelalar kullanılmıştır (Şekil 1).

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ahşap malzemelerin yoğunluk, rutubet, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin veriler Çizelge 1'de verilmiştir.

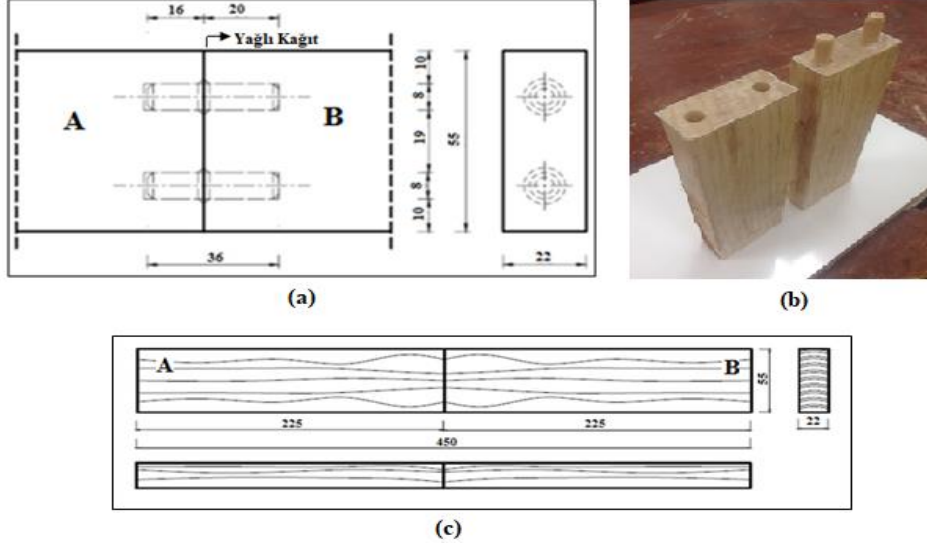
Her bir deney örneği 18 mm kalınlığındaki masif malzemeden 225x55 mm (A) ve 225x55 (B) mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Kavelalı boy birleştirmede, iki eleman birbirlerine iki adet kavela ile bağlanmıştır. Kavela delik makinelerinden yararlanılarak A elamanının makt kısmına simetrik olacak şekilde cumbalardan merkezleri 10 mm içeride, parça kalınlığının ortasından geçecek şekilde 8 mm çapında ve 16 mm derinliğinde iki adet, B elamanının makt kısmına simetrik olacak şekilde cumbalardan merkezleri 10 mm içeride, parça kalınlığının ortasından geçecek şekilde 8 mm çapında ve 20 mm derinliğinde kavela delikleri açılmıştır. Kavelalar yapıştırılmadan önce kavela delikleri kompresör yardımıyla temizlendi. Çalışmada kavelanın çekme direnci araştırıldığı için birleşme arakesit yüzeylerine yağlı kâğıt yapıştırılarak sadece kavela yüzeylerin yapışması sağlanmıştır. Sadece kavela deliklerine ve kavela yüzeylerine firma önerileri doğrultusunda 150 g/m<sup>2</sup> tutkal sürülmüştür. Daha sonra örneklere işkence yardımıyla eşit sayıda döndürme yapılarak basınç sağlanmış ve bu şekilde yaklaşık iki saat kurumaya bırakılmıştır. Şekil 2'de kavelalı boy birleştirme deney örneği gösterilmiştir. Deney örnekleri, sıcaklığı 20±2°C ve bağıl nemi % 65±5 olan iklimlendirme dolabında 3 hafta değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan kavela boyutları (mm)

Çizelge 1. Ahşap malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri

Ağaç Türü	Rutubet (%)	Tam kuru yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Hava kuru yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Kaynakça
Kestane	8.35	0.46	0.48	70.10	6768.60	(Efe ve Çağatay, 2011)
Sapsız Meşe	8.43	0.74	0.76	118.50	12161.30	
Doğu Kayını	8.44	0.69	0.71	122.90	12462.60	
Dişbudak	8.45	0.65	0.67	120.00	13400	(As vd., 2001)



Şekil 2. Kavelalı boy birleştirme deney örneği (a), Kavelalı birleştirme elemanların genel görünüşü (b), Kavelalı I-tipi deney örneklerinin görünüşü ve ölçüleri (c)

### 2.2.2. Deneylerin yapılışı

Deney örneklerin çekme direnci deneyleri, Karabük Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu Ahşap Kültürünü Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarındaki 5 ton kapasiteli universal test cihazında BSI 6948'de belirtilen esaslara uyularak ve statik yük altında yükleme hızı 5 mm/dak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çekme deney düzeneği Şekil 3'de gösterilmiştir.

### 2.2.3. Gerilme analizi

Denemeler sonunda ölçülen  $F_{max}$  kuvveti kaydedilmiş ve kuvvetin tesir ettiği alanına (A) bölünerek kavela çekme direnci değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_c = \frac{F_{max}(N)}{A(mm^2)} = \frac{F_{max}}{n \times 2\pi \times r \times h} = \frac{F_{max}}{n \times 2\pi \times \left(\frac{D}{2}\right) \times h} = \frac{F_{max}}{n \times \pi \times D \times h} \quad (1)$$

Burada;

$\sigma_c$ : Kavela çekme direnci(N/mm<sup>2</sup>),  $F_{max}$ : Defleksiyon anındaki maksimum kuvvet (N)

n: Kavela sayısı, D: Kavela çapı (mm), h: Kavela etkili boyu (mm)



Şekil 3. Deney örneklerin çekme direnci deney düzeneği

### 2.2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Deneylerden elde edilen veriler SPSS 20.0 paket programında değerlendirilmiştir. Kavelalı boy birleştirmede tutkal çeşidi, kavela malzeme türü ve bu faktörlerin ikili etkileşimlerinin kavela çekme direncine etkisi çoklu varyans analizi ile belirlenmiş, farklılıkların  $p < 0.05$ 'e göre istatistiksel anlamda farklı çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için Duncan testi kullanılmıştır.

## 3. Bulgular ve tartışma

### 3.1 I-Tipi kavelalı birleştirmelerde boyuna çekme direncine ait bulgular

Tutkal çeşidi ve kavela ağaç türüne göre kavela çekme direncine ait istatistikler Çizelge 2'de ve bunlara ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde I- tipi kavelalı ahşap boy birleştirmelerinde tutkal çeşidi ve kavela ağaç türü bakımından en yüksek performans; sapsız meşe kavela ile polivinilasetat (PVAc-D4) tutkalı kullanılarak hazırlanan deney örneklerinde elde edilmiştir. En düşük performans ise kestane kavela ile poliüretan (PU-D4) tutkalı kullanılarak üretilen deney örneklerinde bulunmuştur. Kavela çekme direncini etkileyen faktörler; malzemeye açılan kavela deliği duvarlarının yüzey düzgünlüğü ve pürüzlülüğü, kavelanın

malzeme içerisindeki yapışma yüzey alanı, kullanılan malzemenin yoğunluğu ve sertliğidir.

Tablodan görüleceği üzere ahşap boy birleştirmelerde tutkal çeşidinin ve kavela ağaç türünün kavela çekme direncine etkileri 0.05 hata payı ile anlamlı iken, tutkal çeşidi ve kavela ağaç türü ikili etkileşimi ise 0.05 hata payı anlamsız bulunmuştur. Tutkal çeşidinin kavela çekme direnci değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan karşılaştırma Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Deneyler sonucunda, polivinilasetat tutkalı ile yapılan birleştirmede kavela çekme direnci poliüretan (PU-D4) tutkalı ile yapılan birleştirmeye göre daha yüksektir.

Polivinilasetat tutkalın (PVAc-D4), kavelalı birleşme yerlerinde ahşap malzemenin derinliklerine nüfuz ederek spesifik yapışmaya ilave olarak poliüretan tutkalına göre daha iyi bir mekanik yapışma kurabilmesinden kaynaklanmış olabilir. Ortamdaki nem ile küreşen poliüretan tutkalı (PU-D4), rutubetin yüksek olduğu mekanlarda daha iyi sonuçlar vermektedir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde değişik tutkallar ile doğu kayını kavelalar kullanılarak hazırlanan deney örneklerinin kavela çekme direncinin en yüksek PVAc tutkalı ile birleştirilmiş örneklerde elde edilmiştir (Efe vd., 2012; Örs vd., 1999; Çağatay vd., 2013).

Kavela ağaç türünün boyuna çekme direnci değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deney örneklerinin kavela çekme direncine ilişkin istatistiksel veriler

Tutkal Çeşidi	Kavela ağaç türü	$X_{\min}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$X_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$X_{\text{ort}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SD
Poliüretan (PU-D4)	Kestane	3.78	4.32	4.05	0.281
	Dişbudak	4.51	5.03	4.78	0.132
	Sapsız Meşe	6.76	7.31	7.04	0.140
Polivinilasetat (PVAc-D4)	Kestane	4.62	5.17	4.89	0.331
	Dişbudak	5.48	6.03	5.75	0.926
	Sapsız Meşe	7.43	7.98	7.70	0.150

$X_{\min}$ : Minimum değer,  $X_{\text{ort}}$ : Ortalama değer,  $X_{\max}$ : Maksimum değer, SD: Standart sapma

Çizelge 3. Çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Hata ihtimali P<0.05
Tutkal çeşidi	10.267	1	10.267	55.786	0.000
Kavela ağaç türü	89.645	2	44.822	243.539	0.000
TÇ xKAT	0.236	2	0.118	0.640	0.531
Hata	9.938	54	0.184		
Toplam	2061.539	60			

R=0.910, TÇ: Tutkal çeşidi, KAT: Kavela ağaç türü

Çizelge 4. Tutkal çeşidine göre çekme direnci değerleri ve homojenlik grupları

Tutkal çeşidi	Çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> )	
	$X_{\text{ort}}$	HG
Polivinilasetat tutkalı (PVAc-D4)	6.12	A
Poliüretan tutkalı (PU-D4)	5.29	B

$X_{\text{ort}}$ : Ortalama Değer, HG: Homojenlik grubu

Çizelge 5. Kavela ağaç türüne göre boyuna çekme direnci değerleri ve homojenlik grupları

Kavela malzeme türü	Çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> )	
	$X_{\text{ort}}$	HG
Sapsız Meşe	7.37	A
Dişbudak	5.27	B
Kestane	4.47	C

$X_{\text{ort}}$ : Ortalama Değer, HG: Homojenlik grubu

Çizelge 5’de görüldüğü üzere, kavela ağaç türüne göre en yüksek çekme direnci Sapsız meşede, en düşük ise kestanede elde edilmiştir. Boyuna çekme direnci Sapsız meşede, dişbudaktan %40, kestaneden ise %65 daha yüksek çıkmıştır.

Kontrplak ve yonga levha malzemeleri ile kavela bağlantı elemanın performansını belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada, meşe kavelanın kontrplak birleşmesinde yüksek değer gösterdiği belirtilmiştir (Zhang vd., 2001).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde yoğunluğu yüksek olan ahşap malzemelerin kavela çekme dirençlerinin yüksek olduğu görülmektedir (Örs vd., 1999; Kasal, 2007; Kasal, 2008; Çağatay vd., 2013).

### 3.2 Deformasyon özellikleri

Doğrusal kuvvetin uygulanmaya başlamasıyla birlikte birleşme alanları doğrusal çekmeye maruz bırakılmıştır. Kavelaların çekme dayanımı 120-160 saniyelerde son bulmuştur. PVAc tutkallı numunelerde zorlama neticesinde yüksek ses, poliüretan tutkallı numunelerde ise daha düşük zorlama sesi tespit edilmiştir. Doğrusal çekme neticesinde kavelaların kırılması ve parça yüzeylerinde kopmalar görülmüştür. Çalışmanın deformasyon karakteristikleri Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Deformasyon özellikleri

#### 4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, farklı ağaç türlerinden elde edilen kavelalar kullanılarak hazırlanmış ahşap boy birleştirmelerin kavela çekme direnci değerleri araştırılmıştır.

Tutkal çeşidine göre boyuna çekme direnci kıyaslandığında polivinilasetat tutkalı (PVAc-D4) poliüretan tutkalına (PU-D4) göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Deney koşullarındaki rutubet derecesinin, poliüretan (PU-D4) tutkalın gerçek performansını göstermesine olanak sağlamadığı düşünülmektedir. PVAc-D4 tutkalın montaj tutkalı olarak iç mekânlarda kullanılması önerilebilir.

Kavela ağaç türüne göre, boyuna çekme direnci en yüksek sapsız meşede, en düşük ise kestanede elde edilmiştir.

Tutkal çeşidi-kavela ağaç türü etkileşimine göre en yüksek çekme direnci, sapsız meşe kavelada polivinilasetat (PVAc-D4) tutkalı ile elde edilmiştir. Kestane kavelada poliüretan (PU-D4) en düşük çekme direnci vermiştir.

Sonuç olarak, Sapsız meşe kavela ve polivinilasetat (PVAc-D4) tutkal çeşidi kombinasyonunun ahşap boy birleştirme konstrüksiyonlarında kullanımı optimum direnç özelliklerinin sağlanması açısından uygundur.

Masif ağaç malzemelerden üretilen mobilya elemanlarının birleştirilmesinde Sapsız meşe kavela ile polivinilasetat (PVAc-D4) tutkalı kullanılması önerilebilir. Ayrıca çerçeve konstrüksiyonlu masif mobilyalarla ilgili olarak, boy, en ve çerçeve tipi köşe birleştirmelerde, farklı ahşap kompozit malzemeler kullanılarak benzeri çalışmalar yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

#### Kaynaklar

- As, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S., 2001. Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 51(1): 71-88.
- Bilge, T., 2002. Çerçeve konstrüksiyonlu masif mobilya kavelalı boy, en, ve “T” birleştirmelerin çekme direnci. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- BSI, 6948., 1989. Mechanically Fastened Joints in Timber And Wood-Based Materials, BSI (United Kingdom).
- Çağatay, K., Efe, H., Kesik, H.İ., 2013. Farklı ağaç malzemelerde çekme yönü ve tutkal çeşidinin kavela çekme direncine etkilerinin belirlenmesi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13(2): 182-191.
- Demir, Ö., 1999. Ahşap yapı elemanlarında farklı boy birleştirmelerin eğilme ve çekme mukavemetinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Efe, H., 1998a. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya “T” birleştirmelerinde farklı kavela türlerinin mekanik davranış özellikleri. Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 6(6): 123-131.

- Efe, H., 1998b. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya boy birleştirmelerinde farklı kavela türlerinin mekanik davranış özellikleri. Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi, 1(1/2): 65-74.
- Efe, H., Demirci, S., Gürleyen, L., 2002. Kavelalı boy birleştirmelerinde ağaç malzeme rutubet oranının kavela çekme direncine etkisi. Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 10: 137-146.
- Efe, H., Çağatay, K., 2011. Çeşitli masif ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi, 14(1): 55-61.
- Efe, H., Kasal, A., Çağatay, K., Kuşkun, T., 2012. Ahşap boy birleştirmelerde farklı bağlantı tekniklerinin çekme mukavemetlerinin karşılaştırılması. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12(1): 80-89.
- Jensen, J.L., Koizumi, A., Sasaki, T., Tamura, Y., Lijima, Y., 2001. Axially loaded glued-in hardwood dowels. Wood Science and Technology, 35: 73-83.
- Kasal, A., 2007. Bazı masif ve kompozit ağaç malzemelerin kavela tutma performanslarının belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(3): 387-397.
- Kasal, A., 2008. Farklı ölçülerde köşe destek elemanı kullanılmış T-tipi kavelalı mobilya birleştirmelerinin moment ve kesme kuvveti taşıma kapasiteleri. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(2): 273-282.
- Kronen, 2019. PVA D4 Beyaz Tutkal. İzmir, <http://www.kronen.com.tr/pva-d4-beyaz-tutkal>, Erişim: 14.10.2019.
- Örs, Y., Atar, M., Özçifçi, A., 1999. Farklı ağaç türleri ile yonga ve lif levhalarda PVAc veya desmodur-vtka tutkalı kullanılarak uygulanan kavelalarda çekme mukavemeti. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(1): 151-156.
- Podlena, M., Heysek, S., Prochazka, J., Böhm, M., Bomba, J., 2018. Aaxial loading of different single-pin dowels and effect of withdrawal strength. BioResources, 13(3): 5179-5192.
- Romabond, 2019. Endüstriyel tutkallar profesyonel yapıdırma çözümleri. Kocaeli, [https://www.romabant.com/admin/files/DownloadMerkezi/Romabond\\_Brosur.pdf](https://www.romabant.com/admin/files/DownloadMerkezi/Romabond_Brosur.pdf). Erişim:14.10.2019.
- Şen, A., Yeşilkaya, E., 2005. Ahşap yapı elemanlarında farklı boy birleştirmelerin çekme mukavemetlerinin araştırılması. C.B.Ü. Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi, 2(4): 1-11.
- TS 4539., 1985. Ahşap birleştirmeler – kavelalı birleştirme kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uysal, B., 1998. Ağaç türü ve zıvana uzunluğunun zıvanalı boy birleştirmede eğilme direncine etkileri. Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi, 1(3-4): 13-18.
- Yılmaz, B., 2001. Düz zıvanalı ve yabancı zıvanalı boy birleştirmelerde farklı tutkal kullanımının çekme dayanımına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zhang, J.L., Eckelman, C.A., 1993. The bending moment resistance of single-dowel corner joints in case construction. Forest Products Journal, 43(6): 19-24.
- Zorlu, İ., 1991. Ağaç İşleri Konstrüksiyon Bilgisi Temel Ders Kitabı. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, Ankara.
- Zhang, J.L., Quin, F., Tackett, B., 2001. Bending strength and stiffness of two-pin dowel joints constructed of wood and wood composites. Forest Products Journal, 51(2): 29-35.