

Ahşap Boy Birleştirmelerde Farklı Bağlantı Tekniklerinin Çekme Mukavemetlerinin Karşılaştırılması

Hasan EFE¹, *Ali KASAL², Kubulay ÇAĞATAY³, Tolga KUŞKUN²

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaççşleri End. Müh. Bölümü, Teknikokullar, ANKARA

²Muğla Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaççşleri End. Müh. Bölümü, Kötekli, Muğla

³İncirli Endüstri Meslek Lisesi, Mobilya ve İç Mekân Tasarım Teknolojileri Bölümü, ANKARA.

*Sorumlu Yazar: alikalas@mu.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.01.2012

Özet

Bu çalışmada, farklı ağaç malzemelerden, farklı bağlantı teknikleri uygulanarak hazırlanmış boy birleştirmelerin çekme mukavemetleri karşılaştırılmıştır. Deney örnekleri, Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), meşe (*Quercus borealis* L.), kestane (*Castanea sativa* Mill) ve ceviz (*Juglans regia* L.) odunlarından hazırlanmıştır. Bağlantı tekniği olarak; tutkallı birleştirmelerden zıvanalı ve kavelalı birleştirme, tutkalsız birleştirmelerden de vidalı, minifiksli ve maksifiksli birleştirmeler seçilmiştir. Tutkallı birleştirmelerde yapıştırıcı olarak polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (Pu) tutkalları kullanılmıştır. 5 ağaç türü, 6 bağlantı tekniği ve her örnekten 10 adet olmak üzere toplam 300 deney örneği hazırlanmış ve statik yük altında boyuna çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda, en yüksek çekme mukavemeti cevizde, en düşük çekme mukavemeti ise kayın ve kestanede elde edilmiştir. Bağlantı tekniklerinden en iyi sonucu zıvanalı birleştirme verirken, en düşük sonuçlar maksifiks ve minifiksli birleştirmelerde elde edilmiştir. Tutkallı birleştirmelerde, Pu tutkalı, PVAc tutkalına göre, zıvanalı birleştirme de kavelalı birleştirmeye göre daha yüksek değerler vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Boy birleştirmeler, kavelalı birleştirme, zıvanalı birleştirme, minifiks, maksifiks.

Comparison of The Withdrawal Strength of Different Joint Techniques for Wooden End To End Joints

Abstract

In this study, withdrawal strengths of end to end joints prepared from different wood species and connected with different techniques were compared. Specimens were constructed of Turkish beech (*Fagus orientalis* L.), Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), oak (*Quercus borealis* L.), chestnut (*Castanea sativa* Mill) and walnut (*Juglans regia* L.). Dowel and mortise and tenon joints were considered as glued joints, while minifix and maxifix joints were considered as without glue joints. In the glued joints, polyvinylacetate (PVAc) and polyurethane (Pu) adhesives were utilized. A total of 300 specimens that included 5 wood species, 6 connection type, and 10 replications for each were prepared and tested under static direct withdrawal force. As a result of the tests, the highest withdrawal strengths were obtained with walnut while the lowest withdrawal strengths were obtained with beech and chestnut. Mortise and tenon joints were yielded the best results while minifix and maxifix joints were yielded the worst among the connection types. For glued joints, Pu gave higher values than PVAc and mortise and tenon joints gave better results than dowel joints.

Keywords: End to end joints, dowel joint, mortise and tenon joint, minifix, maxifix.

Giriş

Günümüz koşullarında, yapı ve mobilya üretim malzemesi olarak ahşabın çok yönlü kullanım imkanlarını araştırmak, malzemeyi çok iyi tanıyarak, onun faydalı özelliklerini ortaya çıkartmak ve iyileştirmek gerekmektedir. Ayrıca ahşap malzemenin dezavantajlarının giderilmesi için de gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanımı beton ve çeliğe göre çok eskidir. Tarihten önceki çağlarda bile ahşabın yapılarda kullanıldığı tespit edilmiştir. Önceleri el işçiliği ve deneyimlere

göre kullanılan ahşap malzeme, sonraları bilim ve teknolojiye gelişmelere paralel olarak bilimsel yaklaşımlarla uygulanmaya başlamıştır (Odabaşı, 1983).

Ahşabın yapılarda taşıyıcı iskelet malzemesi olarak kullanımındaki asıl gelişme 20. yüzyılın başlarında olmuştur. Artan ve giderek yaygınlaşan sanayileşmenin ortaya çıkardığı ihtiyaçlar, I. Dünya savaşı öncesinde ve savaş yıllarında değerli bir savaş malzemesi olan çeliğin yapı alanından çekilmesi ahşabın daha çok ve değişik fonksiyonlu yapılarda çok yönlü

kullanılabilmesi için gerekli bilgi, bilimsel araştırma ve çalışmaları zorlamış ve başarılı sonuçlar elde edilmesinde yararlı olmuştur. Bugünkü modern birleştirme tekniklerinin ve elemanlarının çoğunun bulunması veya geliştirilmesi ahşabın çeşitli dış etkilere karşı korunmasını sağlayan malzemelerin ve uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi de bu döneme rastlamaktadır (Duman, 1981).

Gelişmede ikinci büyük aşama II. Dünya savaşı ve onu izleyen yıllarda gerçekleşmiştir. Tutkallı ahşap yapı elemanlarının bu aşamada büyük rolü olmuştur. Bunu sağlayan da savaş sanayi kollarında geliştirilmiş olan sıcağa ve rutubete dayanıklı yapay reçine tutkallarının ahşap yapılar alanında uygulanmaya başlanmasıdır (Duman, 1981). Günümüzde, özellikle yük aktaran bir birleşim aracı olarak tutkallı kullanılmaya başlamasıyla, çok büyük açıklıkların ahşap malzemeli taşıyıcı sistemlerde geçilebildiği görülmektedir.

Birleştirme kavramından, eleman uçlarının uygun gereçlerle birbirine bağlanması ile oluşan bir sistem anlaşılmaktadır. Özellikle ahşap birleştirme teknikleri, yan yana (en), uç uca (boy), köşe ve T-tipi birleştirmeler olarak sıralanabilir. Bu birleştirme elemanları çeşitli taşıyıcı sistemlerin oluşturulmasında ve özellikle çerçeve konstrüksiyonlu mobilya üretiminde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir taşıyıcı sistemin veya mobilyanın yapısal karakteristikleri, konstrüksiyonunda kullanılan bağlantı tekniklerinin sağlamlığına ve mekanik davranış özelliklerine bağlıdır. Birleştirme yerine etki eden kuvvetleri, çerçeve elemanlarının boy eksenleri yönünde çekme ve basınç, boy eksenlerine dik yönde makaslama-kesme, boy eksenleri veya zıt yönde eğilme veya döndürme kuvvetleri olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür (Eckelman, 1966).

Teknik ilerlemelerin ortaya çıkardığı yeni malzemeler, her alanda yeni ve özgün ürünler geliştirmeyi olanaklı kılmaktadır. Bu bağlamda ahşap taşıyıcı sistemlerde ve mobilya üretiminde kavelalı ve zıvanalı birleştirme gibi geleneksel tutkallı birleştirme tekniklerinin yanında, standartlara uygun ve kullanımı daha kolay yeni gereçlerle yapılan mekanik bağlantılarda uygulanmaktadır (Tokgöz ve ark., 1999). Bunlardan çok

amaçlı bağlantı elemanları (multifiks) ve minifiks, montaj kolaylığı ve detayların çözümünde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu nedenle, mühendislik tasarımının bir gereği olarak geleneksel bağlantı teknikleri ile mekanik bağlantı elemanlarıyla yapılan birleştirmelerin mukavemetinin ve davranış özelliklerinin karşılaştırılması araştırmaya değerdir.

Sarıçamdan PVAc tutkallı ile yapıştırılarak hazırlanan kertmeli, tam zıvanalı ve çift zıvanalı boy birleştirme elemanları çekme ve eğilme deneyine tabi tutulmuş olup, kertme zıvanalı boy birleştirmenin, en yüksek çekme ve eğilme kuvveti kapasitesine sahip olduğu görülmüştür (Efe, 1992). Zıvanalı birleştirmelerde maksimum mukavemeti sağlamak için, hem dişi hem de erkek zıvana yüzey alanlarının tutkallanması gerekmektedir. Ayrıca, zıvanalı birleştirme yapılacak ağaç malzeme rutubetinin birleştirmenin mukavemeti açısından % 7-9 oranında olması gerektiği bildirilmiştir (Uysal, 1998). PVAc tutkallı ile tutkallanmış zıvanalı boy birleştirmelerde zıvana boyutlarının ve ağaç türlerinin eğilme direncine etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak; Doğu kayını en başarılı çıkmış, zıvana uzunluğunun artışı eğilme direncini azaltmıştır (Örs, 1998). Tutkalsız multifiksli ve minifiksli birleştirme teknikleri, geleneksel tutkallı birleştirmelerden daha başarılı bulunmuştur (Efe ve ark, 2002). Ahşap yapı elemanlarında kullanılan farklı boy birleştirmelerin çekme mukavemetlerinin araştırıldığı çalışmada, en iyi sonucu bindirmeli boy birleştirmenin verdiği, ağaç türlerinden de en iyi performansın sarıçamda alındığı bildirilmiştir (Şen, 2005).

Bu çalışmada, ahşap taşıyıcı sistemlerde ve çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda uygulanan, farklı ağaç türlerinden ve farklı bağlantı teknikleriyle hazırlanmış boy birleştirmelerin çekme mukavemetleri karşılaştırılmıştır.

Malzeme ve Yöntem

Ağaç malzeme

Deneylerde mobilya endüstrisindeki yaygın kullanımları göz önüne alınarak Doğu kayını, sarıçam, meşe, ceviz ve kestane

odunları seçilmiştir. Keresteler Ankara Siteler piyasasından rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Kerestelerin seçiminde; birinci 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.

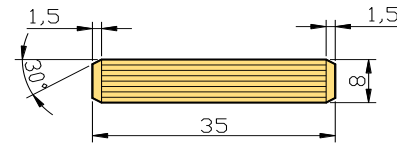
Tutkal

Kavelalı ve zıvanalı deney örneklerinin yapıştırılmasında poliüretan (Pu) ve polivinilasetat (PVAc) tutkalları kullanılmıştır. Tutkal birleştirme arakesit yerlerine, zıvana yüzeylerine ve zıvana yuvalarına, kavela yüzeylerine ve kavela deliklerine ortalama 150 ± 10 gr/m² 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/cm³, vizkositesi 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 °C de 1.11 ± 0.02 g/cm³, vizkozitesi 25 °C de 3300 – 4000 cps olup, 20° C sıcaklık ve % 65 bağıl nem ortamında 30 dakikada sertleşmektedir (Polisan, 1996).

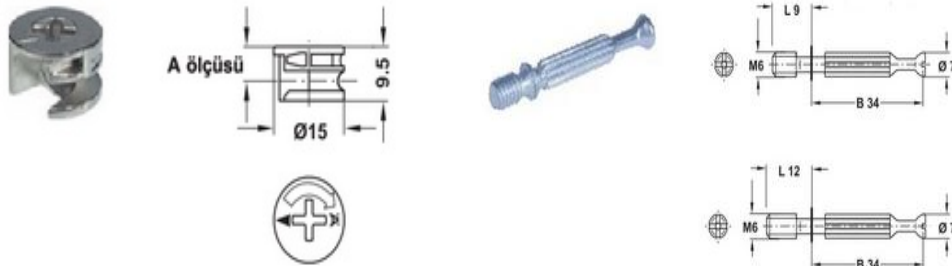
Kavela

Bu çalışmada rastgele temin edilen, TS 4539 esaslarına uygun, 8 mm çapında ve 35 mm boyunda, düz yivli gövdeli Doğu kayını kavelalar kullanılmıştır (Şekil 1).

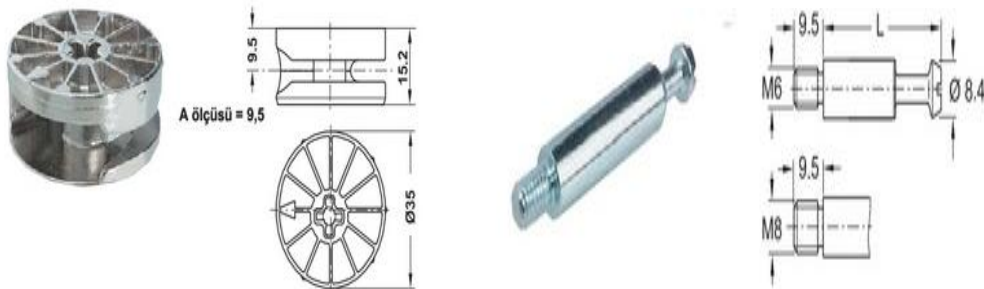


Şekil 1. Deneylerde kullanılan kavela boyutları (ölçüler mm)

Bağlantı elemanları (minifiks, maksifiks) Deney örneklerinin birleştirilmesinde silindirik-eksantrik-bağlantı elemanları (minifiks-maksifiks) kullanılmıştır. Bunlara ilişkin detaylar ve ölçüler Şekil 2 ve 3’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Deney numunelerinde kullanılan minifiks bağlantı elemanı

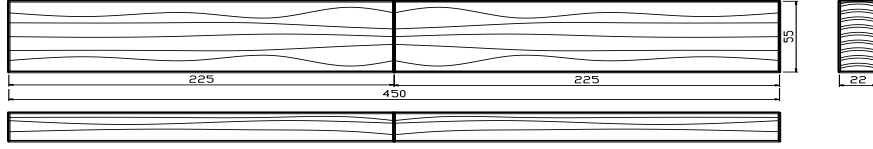


Şekil 3. Deney numunelerinde kullanılan maksifiks bağlantı elemanı

Deney örneklerinin hazırlanması

Deneylerde I-tipi birleştirme elemanları hazırlanmış ve bu elemanlara boyuna çekme deneyi uygulanmıştır. I-tipi birleştirme

elemanları 225x55x22 mm ölçülerinde hazırlanan iki parçadan meydana gelmektedir. Deney örneklerinin görünüşü ve ölçüleri Şekil 4’de verilmiştir.



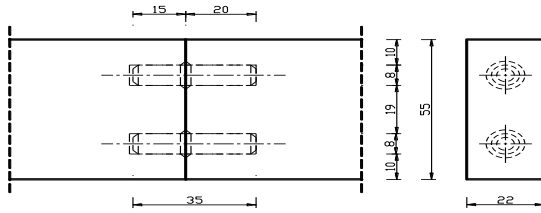
Şekil 4. I-tipi deney örneği (ölçüler mm)

Temin edilen ağaç malzemeler önce kereste olarak uygun koşullarda altı ay istif edilmiş, kaba ölçülerinde biçildikten sonra doğrudan güneş ışığı almayan, havalandırılabilen merkezi ısıtma sistemli ortamda aralarına latalar konularak bir yıl süre ile istiflenmiş ve iklimlendirme dolabında ağırlığı değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmişlerdir.

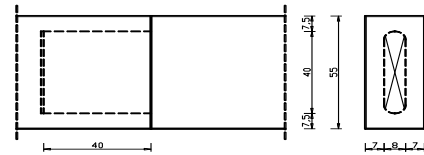
Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bu deneylerde kullanılan örnekler, TS 2470’ de belirtilen esaslara uyularak hazırlanmış ve yaklaşık % 8 nem düzeyine gelmeleri için 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 45 ± 3 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında ağırlıkları değişmeyinceye kadar bekletilmişlerdir.

Rutubet kontrolü ve yoğunluklar TS 2471 ve TS 2472’ deki esaslara göre tespit edilmiştir.

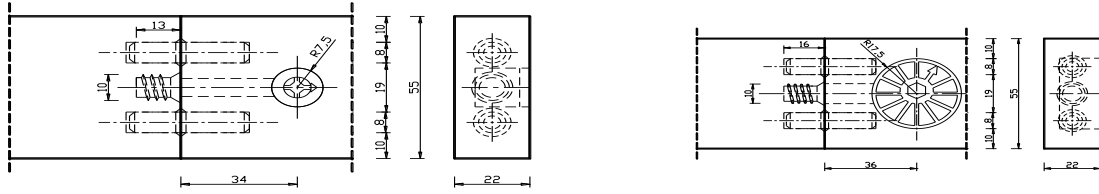
Deney örnekleri hazırlanırken, geleneksel tutkallı birleştirme tekniklerinden zıvanalı ve kavelalı birleştirmeler; günümüzde kullanımı giderek yaygınlaşan ve sabit birleştirmelere göre birçok üstünlükleri bulunan alternatif demonte birleştirme tekniklerinden ise maksifiksli ve minifiksli birleştirmeler kullanılmıştır. Geleneksel tutkallı birleştirmelerde PVAc ve Pu tutkalları kullanılmıştır. Uygulanan geleneksel ve alternatif birleştirme tekniklerine ilişkin detaylar Şekil 5a, 5b, 5c ve 5d’de gösterilmiştir.



a.Kavelalı birleştirme



b.Zıvanalı birleştirme



c. Minifiksli birleştirme

d. Maksifiksli birleştirme

Şekil 5. Deneilerde uygulanan bağlantı teknikleri (ölçüler mm)

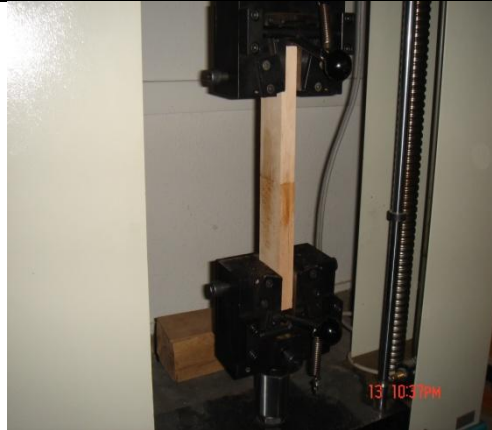
Deneylerin yapılışı

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin çekme değerleri TS 2475 standardında belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Deneyler, 5 tonluk üniversal deney cihazında, statik yük altında yükleme hızı 2 mm/dak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Uygulanan deneme deseni Tablo 1’de verilmiştir.

Deneylerde, birleştirme yüzeylerinin açılarak deformasyona uğraması veya elemanların kırılması anındaki maksimum kuvvetler Newton (N) cinsinden kaydedilmiştir. Deney düzeneği ve yükleme biçimi Şekil 6’da verilmiştir.

Tablo 1. Boyuna çekme deneylerinde kullanılan deneme deseni

Ağaç Türü	Bağlantı türü						Toplam
	Kavela (PVAc)	Kavela (Pu)	Zıvana (PVAc)	Zıvana (Pu)	Minifiks	Maksifiks	
Sarıçam	10	10	10	10	10	10	60
Doğu kayını	10	10	10	10	10	10	60
Meşe	10	10	10	10	10	10	60
Kestane	10	10	10	10	10	10	60
Ceviz	10	10	10	10	10	10	60
Toplam	50	50	50	50	50	50	300



Şekil 6. Boyuna çekme örneklerinde deney düzeneği ve yük uygulama biçimi

Verilerin değerlendirilmesi

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin belirlenen mekanik özellikler üzerinde, ağaç malzeme çeşidinin etkisini belirlemek amacıyla “tek

düzeyle varyans analizleri” (ANOVA) yapılmıştır. Ağaç türü, birleştirme tekniği ve ağaç türü-birleştirme tekniği ikili etkileşiminin: I-tipi birleştirme elemanlarının boyuna çekme mukavemeti ise “çoklu

varyans analizi” ile belirlenmiş, farklılıkların $p < 0.05$ 'e göre istatistiksel olarak anlamlı çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için “en küçük önemli fark” (LSD) testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tablo 2. 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)	Çekme Direnci (N mm)
Ceviz	8,30	0,62	0,61	72,82
Meşe	8,61	0,76	0,74	82,21
Kayın	8,49	0,71	0,69	108,86
Kestane	8,41	0,48	0,46	55,78
Sarıçam	8,64	0,47	0,46	68,58

Deformasyon karakteristikleri

Deneylerde, kuvvetin uygulanmaya başlamasıyla birleştirme yerleri çekme etkisine maruz kalmışlardır. Kavelalı ve zıvanalı tutkallı birleştirmelerde yapışma yüzeylerindeki tutkal hattında oluşan kesme (kayma) direnci, diğer mekanik bağlantı elemanlı birleştirmelerde ise ağaç malzemelerin bu elemanları tutma mukavemetleri önemli olmuştur. Deneyler ortalama 3-4 dakika sürmüştür. Tüm deneylerde, deformasyon birleştirme yerlerinin açılması şeklinde gerçekleşmiş olup, elemanlarda herhangi bir kırılma

Ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Bu çalışmada kullanılan ahşap malzemelerin ilgili standartlara uyularak deneyler sonucu belirlenen bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

gerçekleşmemiştir. Bu durum, deney düzeneğinin uygun olduğunu ve birleştirme noktalarının mukavemetinin güvenilir bir şekilde ölçüldüğünü göstermiştir.

Boyuna çekme mukavemeti

Bağlantı tekniklerinin çekme mukavemetine etkilerine ilişkin istatistiksel veriler Tablo 3’de verilmiştir.

Ağaç türü, bağlantı tekniği ve bu iki faktörün etkileşiminin boyuna çekme mukavemetine etkilerine ilişkin olarak yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3. Boyuna çekme mukavemetine ilişkin istatistiksel veriler

Bağlantı Tekniği	Ağaç Türü	X _{min} (N)	X _{max} (N)	X _{ort} (N)	v (%)
Minifiks	Ceviz	1765.08	2775.10	2098.48	14.88
	Meşe	1353.29	2480.92	1977.88	17.89
	Kayın	2010.23	2932.19	2255.40	12.47
	Kestane	853.12	1363.03	1080.62	15.92
	Sarıçam	706.03	1470.90	1110.06	24.75
Maksifiks	Ceviz	3157.53	5138.34	3997.91	14.29
	Meşe	3255.59	3824.33	3510.55	5.45
	Kayın	2608.40	3536.16	3008.11	10.23
	Kestane	951.18	1637.60	1245.80	16.70
Kavela (Pu)	Sarıçam	509.91	1774.89	1118.21	33.45
	Ceviz	4667.66	7423.14	6136.60	16.56
	Meşe	4648.04	7305.47	6226.85	14.18
	Kayın	3030.05	5638.66	4231.33	22.44
	Kestane	5932.63	7412.54	6784.86	7.64
Zıvana (Pu)	Sarıçam	7678.10	9933.98	8727.48	11.27
	Ceviz	14914.93	19906.18	17207.33	9.96
	Meşe	13238.10	16935.17	14975.62	8.44
	Kayın	10727.22	14699.19	13117.57	8.51
	Kestane	12326.14	16425.05	14170.48	9.15
Kavela (PVAc)	Sarıçam	14414.82	17444.87	16119.12	6.60
	Ceviz	9423.35	11895.31	10484.06	8.37
	Meşe	8845.01	12875.70	11287.34	13.06

	Kayın	7276.05	9962.90	8709.16	10.32
	Kestane	11227.90	13689.18	12383.68	6.75
	Sarıçam	11110.20	13161.59	11947.55	6.35
Zıvana (PVAc)	Ceviz	22082.48	24858.21	23433.48	4.45
	Meşe	16071.82	19995.21	17872.05	7.34
	Kayın	16159.86	18915.99	17695.55	5.55
	Kestane	14110.83	16513.30	15144.08	4.98
	Sarıçam	15326.32	16228.54	15812.40	2.30

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

Tablo 4. Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Bağlantı Tekniği	11158419103.90	5	2231683820.78	2898.49	0.000
Ağaç Türü	206171985.43	4	51542996.36	66.94	0.000
Bağlantı Tekniği x Ağaç Türü	592634584.28	20	29631729.21	38.49	0.000
Hata	207885685.67	270	769946.98		
Total	37166626245.43	300			

Varyans analizi sonuçlarına göre, boyuna çekme mukavemeti üzerinde bağlantı tekniği, ağaç türü ve bu iki faktörün ikili etkileşiminin etkileri 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Ağaç türünün birleştirmelerin boyuna çekme mukavemeti üzerindeki etkilerini belirlemek için LSD 1092 N kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5'de görüldüğü üzere, ağaç türüne göre en yüksek çekme mukavemeti cevizde elde edilirken, bunu aralarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmayan meşe

ve sarıçam takip etmiştir. En düşük çekme mukavemeti değerleri ise aralarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmayan kayın ve kestanede elde edilmiştir. Cevizde en yüksek değer elde edilmesinin sebebi, homojen bir yapıda olması ve kesicilerle işlem gördükten sonra diğer ağaçlara göre daha düzgün ve pürüzsüz bir yüzey vermesi, bu durumda da ceviz odununun tutkalla daha iyi bağlantı kurmuş olması olabilir. Vida ve diğer bağlantı elemanlarını tutma kabiliyetinin de diğer ağaç türlerinden daha fazla olmasının, mekanik bağlantılı birleştirmelerde etkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 5. Ağaç türüne göre çekme mukavemeti ortalamaları karşılaştırma sonuçları

Ağaç Türü	Çekme Mukavemeti (N)	HG
Kayın	8169.52	C
Kestane	8468.25	C
Sarıçam	9139.13	B
Meşe	9308.38	B
Ceviz	10559.64	A

LSD ± 1092 N

Bağlantı tekniğinin çekme mukavemeti üzerindeki etkilerini belirlemek için LSD 671,56 N kritik değeri ile yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'da görüldüğü üzere, bağlantı tekniğine göre en yüksek çekme mukavemeti, PVAc tutkallı - zıvanalı birleştirmelerde elde edilirken, bunu Pu tutkallı - zıvanalı birleştirmeler takip etmiştir.

En düşük çekme mukavemeti ise sırasıyla minifiksli ve maksifiksli birleştirilmiş deney örneklerinde elde edilmiştir. Buna göre boy birleştirmelerde bu tür birleştirmelerin kullanılmaması gerektiği söylenebilir. Genel anlamda geleneksel tutkallı birleştirmeler mekanik bağlantılı alternatif birleştirmelere üstünlük sağlamıştır. Tutkallı birleştirmelerden zıvanalı birleştirme kavelalı

birleştirmeden daha iyi sonuçlar vermiştir. Burada zıvanalı birleştirmelerin daha büyük yapışma yüzey alanına sahip olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Bağlantı teknikleri içerisinde dikkat çeken sonuç geleneksel tutkalı birleştirmelerde PVAc tutkalının Pu tutkalına önemli derecede üstünlük sağlamasıdır. Burada, PVAc tutkalının incelticisi olan suyun viskoziteyi ayarlayarak yapıştırıcı moleküllerinin ağaç malzemelerin daha derinliklerine nüfus etmesini sağlamasından kaynaklandığı

düşünülmektedir. Ayrıca, PU tutkalı piyasada iç mekân mobilyalarının montaj işlerinde yaygın bir şekilde tercih edilmesine rağmen, gerçek kullanım alanı harici mekânlardır. Yapı itibarıyla nem kürlenmeli bir tutkal olduğundan rutubetin yüksek olduğu ortamlarda daha iyi sonuçlar vermektedir. Deney şartlarındaki rutubet derecesinin, bu tutkalın gerçek performansını göstermesine imkân vermediği düşünülmektedir. Buna göre iç mekânlar için montaj tutkalı olarak PVAc tutkalının kullanılması önerilebilir.

Tablo 6. Bağlantı tekniğine göre çekme mukavemeti ortalamalarının karşılaştırması

Bağlantı Tekniği	Çekme Mukavemeti (N)	HG
Minifiks	1704.49	F
Maksifiks	2576.11	E
Kavela (Pu)	6421.42	D
Kavela (PVAc)	10962.36	C
Zıvana (Pu)	15118.02	B
Zıvana (PVAc)	17991.51	A

LSD ± 671,56 N

Ağaç türü ve bağlantı tekniği ikili etkileşimi için LSD 769.1 N kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 7’de görüldüğü üzere, ağaç türü - bağlantı tekniği etkileşimine göre en yüksek çekme mukavemeti cevizden üretilmiş ve PVAc tutkalı - zıvanalı deney örneklerinde elde edilmiştir. Bunu, aralarında anlamlı farklılıklar bulunmayan, meşeden üretilmiş

PVAc tutkalı, kayından üretilmiş PVAc tutkalı ve cevizden üretilmiş Pu tutkalı zıvanalı deney örnekleri takip etmiştir. En düşük çekme mukavemeti ise aralarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmayan, kestaneden üretilmiş minifiksli, sarıçamdan üretilmiş minifiksli ve sarıçamdan üretilmiş maksifiksli deney örneklerinde elde edilmiştir.

Tablo 7. Ağaç türü ve birleştirme tekniği ikili etkileşimi karşılaştırma sonuçları

Ağaç türü	Bağlantı Tekniği	Çekme Mukavemeti (N)	HG
Kestane	Minifiks	1080.62	R
Sarıçam	Minifiks	1110.06	R
Sarıçam	Maksifiks	1118.21	R
Kestane	Maksifiks	1245.80	PR
Meşe	Minifiks	1977.88	OP
Ceviz	Minifiks	2098.48	O
Kayın	Minifiks	2255.40	NO
Kayın	Maksifiks	3008.11	MN
Meşe	Maksifiks	3510.55	LM
Ceviz	Maksifiks	3997.91	L
Kayın	Kavela (Pu)	4231.33	L
Ceviz	Kavela (Pu)	6136.60	K
Meşe	Kavela (Pu)	6226.85	K
Kestane	Kavela (Pu)	6784.86	K
Kayın	Kavela (PVAc)	8709.16	J
Sarıçam	Kavela (Pu)	8727.48	J
Ceviz	Kavela (PVAc)	10484.06	İ
Meşe	Kavela (PVAc)	11287.34	I

Sarıçam	Kavela (PVAc)	11947.55	HI
Kestane	Kavela (PVAc)	12383.68	GH
Kayın	Zıvana (Pu)	13117.57	G
Kestane	Zıvana (Pu)	14170.48	F
Meşe	Zıvana (Pu)	14975.62	E
Kestane	Zıvana (PVAc)	15144.08	DE
Sarıçam	Zıvana (PVAc)	15812.40	CD
Sarıçam	Zıvana (Pu)	16119.12	C
Ceviz	Zıvana (Pu)	17207.33	B
Kayın	Zıvana (PVAc)	17695.55	B
Meşe	Zıvana (PVAc)	17872.05	B
Ceviz	Zıvana (PVAc)	23433.48	A

LSD \pm 769.1

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, ahşap yapılarda ve çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda sıkça karşılaşılan boy birleştirme elemanlarının çekmeye zorlayan kuvvetler karşısında gösterdikleri performanslar incelenmiştir. Deneyler sonucunda, farklı tekniklerle birleştirilmiş I-tipi deney örnekleri çekmeye çalışan kuvvetler karşısında grupları itibarıyla farklı mukavemet özellikleri göstermişlerdir. Çekme kuvveti kapasitesi üzerinde, ağaç türü ve bağlantı tekniğinin önemli ölçüde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Deney sonuçlarına göre; ağaç malzeme türüne göre en yüksek çekme mukavemeti cevizde, en düşük çekme mukavemeti ise kayında elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak ağaç malzemelerin yoğunluk farklılıkları, yapısal özellikleri, mekanik özellikleri ve bunlara bağlı olarak farklı derecelerdeki yapışma kabiliyetleri gösterilebilir. Buna göre; bazı ahşap yapılarda, çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda ekonomik hususlar da dikkate alınmak suretiyle cevizin tercih edilmesi teknik açıdan önerilebilir.

Tutkal çeşidinin çekme mukavemetine etkisine bakıldığında PVAc tutkalının PU tutkalına göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Deney şartlarındaki rutubet derecesinin, PU tutkalının gerçek performansını göstermesine imkân vermediği düşünülmektedir. Buna göre iç mekânlar için montaj tutkalı olarak PVAc tutkalının kullanılması önerilebilir.

Bağlantı tekniklerine göre, en yüksek çekme mukavemeti değerleri PVAc tutkallı zıvanalı birleştirmelerde, en düşük değerler ise minifiksli birleştirmelerde elde edilmiştir. Zıvanalı birleştirmede mukavemet eden tutkallı alanın daha büyük olması, zıvanalı

birleştirmeyi başarılı kılarken, minifiksli birleştirmede kuvvete direnç gösteren alanın soket-vida dış yüzeyi ile sınırlı olmasının bu sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülebilir.

Mobilya sektöründe mühendislik tasarımı yaklaşımı ile ürün tasarımı ve üretimin planlanması, bu planlama esnasında estetik görünüşün yanında yeterli sağlamlığın elde edilmesi için elde edilen verilerin değerlendirilmesi olumlu yönde katkılar sağlayacaktır. Mobilyanın fonksiyonları ve taşıyacağı yükler düşünüldüğünde, kullanılacak birleştirme tekniklerinin özelliklerinin bilinmesi mobilyanın değerini ve ekonomik ömrünün olumlu yönde etkileyecektir.

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

Duman, N., 1981, Ahşap Yapı dersleri, İ.T.Ü., İstanbul

Eckelman, A., C., A., "The Strength Design of Furniture", *Forest Products Journal*, 16 (3): 21-24 (1966).

Efe, H., "Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Levhaların Soket-Vida Tutma Yetenekleri", Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 12-16 (1992).

Efe, H., Demirci, S., Gürleyen, L., "Kavelalı Boy Birleştirmelerde Ağaç Malzeme Rutubet Oranının Kavela Çekme Direncine Etkisi", *G. Ü. E. S. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10 (11) : 137-146 (2002)

Odabaşı, Y., 1983, Ahşap Çatıların Hesap ve Detayları, İstanbul

Örs, Y., Efe, H., “The Mechanical Behavior Properties of Fasteners in Furniture Design for Frame Construction”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22: 21-28 (1998).

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

Şen, A., Yeşilkaya, E., “Ahşap Yapı Elemanlarında Farklı Boy Birleştirmelerin Çekme Mukavemetlerinin Araştırılması”, C.B.Ü. Soma MYO Teknik bilimler dergisi, 2005-2 (4): 1-11

Uysal, B., “Ağaç Türü ve Zıvana Uzunluğunun Zıvanalı Boy Birleştirmede Eğilme Direncine Etkileri”, G. Ü. T. E. F., *Politeknik Dergisi*, 1 (3-4): 13-18 (1998).

Tokgöz, H., Özçiftçi, A., Atar M., Uysal ,B., “Shear and Bending Strength of some End to End Grained Joints Prepared from Scotch Pine”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (6): 621-626, 1999.