

Masif Ağaç ve Plastik Kavela ile Birleştirilmiş H-Tipi Kutu Mobilya Birleştirmelerinin Kesme Kuvveti Kapasitelerinin Karşılaştırılması

*Ali KASAL¹, Hasan EFE², Ekrem DENİZ¹, Tolga KUŞKUN¹

¹Muğla Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Muğla

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

*Sorumlu yazar: alikalas@mu.edu.tr

Geliş Tarihi: 24.01.2012

Özet

Bu çalışmada, kavelalı birleştirme tekniği uygulanmış kutu mobilya H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti performansları araştırılmıştır. Deneysel örnekler, 16 ve 18 mm kalınlığında yonga levha (YL) ve orta yoğunlukta lif levhadan (MDF) hazırlanmış olup, deneysel örneklerinin birleştirilmesinde, 8 mm çapında ve 30 mm boyunda Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve plastik kavelalar kullanılmıştır. Birleştirmelerde yapıştırıcı olarak poliüretan esaslı polidol pu bond (PPB) tutkalı kullanılmıştır. Deneysel örnekler, kullanım sırasında etkisinde kalabilecekleri kritik yükler göz önüne alınarak statik yük altında kesme deneylerine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda, en yüksek kesme kuvveti performansı 18 mm MDF'den üretilmiş ve Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş deneysel örneklerinde elde edilmiştir. Deneysel sonuçlarına göre, plastik kavelaların kutu mobilya birleştirmelerinde kullanılması mukavemet açısından uygun bulunmamış olup, Doğu kayını kavelaların tercih edilmesi önerilmiştir. Ayrıca, 18 mm levhalar ile hazırlanan örnekler 16 mm levhalar ile hazırlanan örneklerden daha yüksek mukavemet değerleri vermiş, ancak 16 mm MDF 18 mm YL örneklerine üstünlük sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Kavelalı birleştirme, plastik kavela, kutu mobilya, kesme kuvveti kapasitesi.

Shear Force Capacity of H-Type Case Furniture Joints Connected with Solid Wood and Plastic Dowels

Abstract

In this study, shear force capacity of H-type case furniture corner joints connected with dowels were investigated. Specimens were constructed of 16 and 18 mm particleboard (YL) and medium density fiberboard (MDF). In constructing the joints, beech (*Fagus orientalis* L.) and plastic dowels which were in 8 mm diameter and 30 mm length were utilized. Polyurethane based polidol pu bond (PPB) glue was used as adhesive in the corner joints. Specimens were tested under static shear loads which the joints can be imposed upon them in service. At the end of tests, the highest shear force capacity were obtained with the specimens constructed of 18 mm MDF and connected with beech dowels. According to test results, plastic dowels do not have enough strength to use in case furniture joints so, preferring of beech dowels was recommended for this types of joints. Furthermore, it was determined that the specimens constructed of 18 mm panels were given high strength values than those for the joints constructed of 16 mm panels. However, the specimens constructed of 16 mm MDF were yielded higher results than the specimens constructed of 18 mm PB.

Keywords: Dowel joints, plastic dowel, case furniture, shear force capacity.

Giriş

Günümüzde dünya nüfusundaki hızlı artış ve buna paralel olarak artan kaliteli ve sağlam mobilya istekleri, buna karşılık sürekli azalan orman varlıkları sonucu mobilya üretiminde masif malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır. Yıllardır mobilya sektörünün ana maddesini masif ağaç malzemeler ve ahşap esaslı levhalar oluşturmaktadır. Masif malzemeye alternatif olarak lignoselülozik maddelerden üretilen ahşap esaslı levhalar, hem ekonomik hem de teknik üstünlüklerinden dolayı mobilya

üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kasal, 2004).

Mobilya üretiminde genel olarak, kutu, çerçeve ve kombine olmak üzere üç temel konstrüksiyon kullanılmaktadır. Üretiminde tablaların kullanıldığı mobilyalar kutu (panel) tipi, masif çerçevelerin yer aldığı mobilyalar çerçeve (iskelet) tipi, her iki eleman tipinin de kullanıldığı mobilyalar ise kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak isimlendirilmektedir (Efe, 1994).

Günümüz modern evlerinde, duvar ve yer dolapları; mutfak, banyo, ofis ve diğer

mekanlarda depolama amaçlı kullanılan ürünler kutu mobilyalardır. Mobilya üniteleri çok amaçlı kullanıldıkları için; kullanımı sırasında etkisinde kalacakları yüklerin büyüklükleri ve nitelikleri çok değişken yapıdadır. Bunlar, bazı durumlarda hafif yüklerin etkisinde kalırken, bazı durumlarda ise; ağır yüklerin etkisinde kalabilirler. (İmirzi, 2008). Taşıyıcı sistemler için temel özellik, herhangi bir kusur oluşturmadan tasarım yüklerini güvenle taşımasıdır. Bir kutu konstrüksiyonun tasarlanmasında, çeşitli bağlantı noktalarına yapılan yüklemelerle kutuların sağlamlıklarını belirlemek için test metodları ve analizler gereklidir. Tabla tipi konstrüksiyonda sistemin mukavemeti ve sağlamlığı önemli oranda tablaların burulma direncine ve rijitliğine bağlıdır. (Efe, 1994; Eckelman, 1991).

Ülkemizde üretim yapan küçük, orta ve büyük ölçekli işletmeler araştırıldığında üretimin büyük bir kısmının kutu tipi mobilyalar üzerine olduğu görülmektedir. Yine günümüzde üretilen kutu tipi mobilyalar üzerinde yapılan incelemelerde mobilya ünitelerinin, kullanım yükleri altındaki davranışları hakkında bilgi sağlayacak performans testlerinin pek de yaygın olmadığı görülmektedir. Bunlarla bağlantılı olarak bu testlerin geçerli bir standardı olmadığıda bilinmektedir. Bu durum da, üretimin ve kalite kontrolün bilimsel yaklaşım sistematüğinden uzak olduğunu göstermektedir. Kutu mobilya imalatında kullanılan ahşap esaslı levhaların kalınlıkları genellikle 18 mm dir. Bunun yanında, yaygın olmamasına rağmen 16 mm kalınlığında ahşap esaslı levhalar da üretilmektedir. Daha ekonomik ve hafif mobilyalar üretebilmek için levha kalınlıkları 18 mm den düşük olan malzemeler tercih edilebilir.

Kutu mobilya bağlantı noktalarında uygulanan en yaygın teknik kavelalı birleştirme olup, genellikle Doğu kayınından hazırlanan kavelalar kullanılmaktadır. Ayrıca piyasada çeşitli birleştirme tekniklerinde gerek kılavuzluk gerekse ana birleştirme elemanı görevi yapan plastik kavelalar da kullanılmaktadır. Ancak, plastik kavelaların kutu mobilya üretiminde ana bağlantı elemanı olarak kullanıldığında gösterecekleri performanslarla ilgili bilimsel

veriler mevcut değildir. Bu bağlamda, 16 mm kalınlığındaki ahşap esaslı levhaların çeşitli birleştirme elemanlarında 18 mm kalınlığındaki ahşap esaslı levhalarla karşılaştırılarak denenmesi, ayrıca plastik kavelanın da ana birleştirme elemanı olarak kullanıldığında göstereceği performansın yine Doğu kayını kavela ile karşılaştırmalı olarak belirlenmesi ve bunlara ait sayısal verilerin elde edilmesi tasarımcı ve uygulayıcılara, tasarım esnekliği yanında teknik ve ekonomik avantajlar sağlayacaktır.

Yeterli miktarda tutkal kullanımının kavela çekme mukavemeti üzerinde etkili bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Yonga levhalarla oluşturulan kavelalı köşe birleştirmelerle yapılan deneyler sonucunda; tutkalın hem kavela yüzeylerine hem de kavela deliği duvarlarına sürülmesinin, sadece kavela deliği duvarlarına sürülmesine kıyasla birleştirmelerin mukavemetini % 35 arttırdığı bildirilmiştir (Engleson, 1973). Mobilya üretiminde kullanılan OSB, MDF ve YL gibi ahşap esaslı levhaların, çeşitli yüzey biçimlerindeki kavelalar ile tutma mukavemetleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, fazla miktarda tutkal kullanımının mukavemeti arttırdığı, spiral yivli yüzeyli kavelaların, düz yivli kavelalardan daha yüksek mukavemet gösterdiği, ayrıca, yüzeyden kavela tutma mukavemetinin, kullanılan malzemenin iç yapışma direnci ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Eckelman ve Cassens, 1985). Yonga levhalar üzerinde tek kavelalı köşe birleştirme elemanları ile yapılan kesme deneylerinde, kavela çapı ve kavela boyu arttıkça eğilme momenti taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir (Zhang ve Eckelman, 1993). Yonga levhalarda çoklu kavela kullanılarak yapılan köşe birleştirmeler için, diyagonal çekme ve basınç deneylerinde numune genişlikleri ve kavelalar arası mesafeler değiştirilmiştir. Sonuç olarak, iki kavela arası 7,5 cm olması durumunda en yüksek moment kapasitesine ulaşılacağı bildirilmiştir (Zhang ve Eckelman, 1993). Köşe birleştirme rijitliğinin kutu mobilyalarda sehim değeri üzerine etkisi adlı çalışmada kutu tipi mobilyalarda, birleştirme yerlerinde kullanılan kavela sayısının 2'den 4'e veya 4'ten 8'e çıkarılması ile sehimin %5 ile %15 arasında azaldığı belirlenmiştir. Kutu tipi mobilyalarda, raf

sistemlerinde sehim, köşe birleştirmede rijitliğin artırılması ile azaltılabileceği belirlenmiştir (Cai *et al.*, 1993). Lif levha ve yonga levha ile oluşturulan L-tipi kavelalı köşe birleştirmelerde sırasıyla 2, 3, 4, ve 5' li kavela dizilerinin diyagonal basınç ve çekme yükleri altındaki moment taşıma kapasiteleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, lif levhalar, yonga levhalara, 8 mm çaplı kavelalar, 10 mm çaplı kavelalara üstünlük sağlamıştır. Yonga levhalarda yivli yüzeyli, lif levhalarda düz yüzeyli kavelalar daha başarılı bulunmuştur. Kavela sayısındaki artışın diyagonal çekme yükü altında taşınan momentlerde artışa, diyagonal basınç yükü altında taşınan momentlerde ise azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Efe, 1998). Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde uygulanan kavelalı köşe birleştirmelerde tutkal çeşidinin diyagonal çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesine etkileri araştırılmıştır. Deneyler sonucunda; lif levhaların yonga levhalara üstünlük sağladığı, tutkallar içinde de en iyi sonucu PVAc tutkalinin verdiği, tutkal çeşidi ve levha çeşidi etkileşiminin ise istatistiksel anlamda önemsiz çıktığı bildirilmiştir (Efe ve Kasal, 2000). Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde uygulanan kavelalı köşe birleştirmelerin, çeşitli tutkallarla yapıştırılmış örneklerin diyagonal basınç yükü altındaki moment kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda; lif levhaların yonga levhalardan daha iyi sonuçlar verdiği, tutkallar arasında da en iyi sonucun ise PVAc tutkalı ile elde edildiği bildirilmiştir (Efe vd., 2002). Kutu tipi mobilyalarda, yapıştırma şekli ve malzeme kalınlığının köşe birleştirme mukavemetine etkilerinin değerlendirilmesi” adlı çalışmada tüm L-tipi birleştirmelerde diyagonal çekme direnci diyagonal basınç direncinden yüksek çıkmıştır. MDFlam köşe birleştirmeler, YL lam köşe birleştirmelerden yüksek çıkmıştır. En düşük çekme ve basınç direnci değerleri PVC kenar yapıştırılmalarda çıkmıştır (Tankut vd., 2010).

Bu çalışmanın amacı, piyasada yaygın olarak kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, birleştirme elemanı olarak kullanılan plastik kavelaların kesmeye zorlayan kuvvetler karşısındaki performanslarının Doğu kayını kavelalar ile karşılaştırılması ve 16 mm

kalınlığındaki ahşap esaslı levhaların da 18 mm kalınlığındaki levhalarla karşılaştırılmasıdır. Böylece plastik kavelaların ve 16 mm kalınlığındaki ahşap esaslı levhaların kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılabilirliği değerlendirilmiş olacaktır.

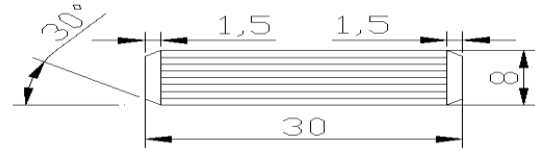
Malzeme ve Yöntem

Ahşap esaslı levhalar

Deneylerde ahşap esaslı levha olarak, 16 mm ve 18 mm kalınlığında TS EN 312 standardına uygun genel amaçlar için üretilmiş, yatay preslenmiş yonga levha (YL) ve TS 64 standardına uygun orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmıştır. Deney malzemeleri Ankara Siteler piyasasından rastgele seçim yöntemiyle temin edilmiştir.

Plastik ve ahşap kavela

Deneylerde 8 mm çapında, 30 mm boyunda, düz yivli gövdeli plastik ile aynı ölçü ve özelliklerde Doğu kayını odunundan hazırlanmış kavelalar kullanılmıştır (Şekil 1). Plastik kavelalar Pp moblen polipropilen malzemeden üretilmiştir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan kavela ve ölçüleri (ölçüler mm.)

Tutkal

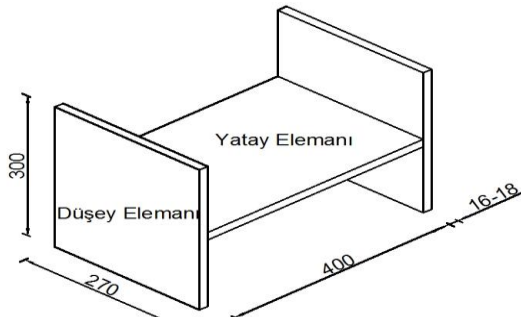
Deney örneklerinin yapıştırılmasında polidol pu bond tutkalı kullanılmıştır. Tutkal, sadece kavela yüzeylerine ve deliklerine yaklaşık $150 \pm 10 \text{ gr/cm}^3$ hesabı ile sürülmüştür. Polidol pu bond tutkalı; solventsiz, nem ile kürleşen, tek bileşenli poliüretan yapıştırıcıdır. Ağaç, plastik, metal, tuğla, beton ve seramik gibi çeşitli yapı malzemelerinin yapıştırılmasında kullanılır. Leke yapmaz, çekmez, sertleştikten sonra ince zımpara atılabilir ve üzeri boyanabilir. DIN-EN 204 normuna uygun suya dayanıklı yapıştırma sağlar ve D4 sertifikalıdır (16).

Deneylerde kullanılan ahşap esaslı levhaların bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Çalışmada, deney örneklerinin üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhaların rutubet oranları ve yoğunlukları tespit edilmiştir. Deney örneklerinin üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhaların yoğunluklarının belirlenmesinde TS EN 323, rutubet kontrolü için ise TS EN 322’de belirtilen esaslara uyulmuştur.

H-tipi birleştirme deney örneklerinin hazırlanması

Deney örnekleri iki düşey ve bir yatay olmak üzere üç elemandan oluşmaktadır. Düşey elemanlar 270 x 300 mm, yatay eleman ise 270 x 400 mm ölçülerindedir (Şekil 2). Deney örneklerinin ölçüleri, bu konuda herhangi bir standart bulunmaması nedeniyle piyasadaki yaygın uygulamalarda karşılaşılan ölçülere göre alınmıştır.

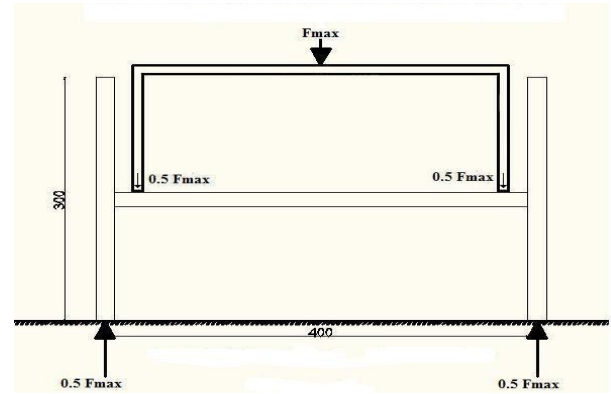


Şekil 2. H-tipi birleştirme deney örneği (ölçüler mm)

İki eleman birbirlerine 2 adet kavala ile bağlanmıştır. Kavala eksenleri arasındaki mesafe için çoklu delik makinelerindeki standart ölçü (32 mm) hesaba alınmıştır. Deneylerde 2 levha çeşidi, 2 levha kalınlığı, 2 kavala malzemesi ve her örnekten 5 yinleme olmak üzere toplam 40 adet (2 x 2 x 2 x 1 x 5=40) deney örneği hazırlanmıştır. Deney örnekleri deneylerden önce 20±2°C ve % 65±3 bağıl nem koşullarındaki iklimlendirme dolabında, denge rutubetine ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra, örneklerin rutubet kontrolü için TS 2471’de belirtilen esaslara uyulmuştur.

Kesme deneylerinin yapılışı

Deneyler Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mekanik Test Laboratuvarında bulunan 5 ton kapasiteli Ünlversal Test Cihazında 6 mm/dak’lık hız sağlanan statik yüklemeler ile gerçekleştirilmiştir. Deney yükü hazırlanan özel bir düzeneğe ile kenarlardan 20 mm boşluk bırakılarak uygulanmıştır. Deney düzeneği için herhangi bir standart bulunmamakta olup, bazı araştırmacıların buna benzer düzeneğle gerek çerçeve, gerekse kutu tipi mobilya birleştirmelerinin kesme kuvveti kapasitelerini belirlemek amacıyla benzer düzeneğle kullandıkları görülmüştür (Eckelman, 1971; Eckelman, 1972; Dizel, 2005; Kasal ve ark., 2006; Kasal, 2008;). Kesme kuvveti deney düzeneği Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Kesme deneyi düzeneği ve yük uygulama biçimi (ölçüler mm)

Kesme kuvveti performansı, bir birleştirmeye karşılık gelen kesme kuvveti (Fk) değerleri olarak kabul edilmiş ve aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$Fk = F_{max} / 2 (N)$$

Verilerin değerlendirilmesi

Levha çeşidi, levha kalınlığı, kavala malzemesi ve bu faktörlerin birbirleriyle olan ikili ve üçlü etkileşimlerinin H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasitesine etkilerini belirlemek amacıyla “çoklu varyans analizi” yapılmış, 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

Ahşap Esaslı Levhaların Bazı Fiziksel Özellikleri

Deney örneklerinde kullanılan ahşap esaslı levhaların rutubet, tam kuru yoğunluk ve test anı rutubet derecesindeki yoğunluklarına ait istatistikler Tablo1’de verilmiştir.

Deformasyon karakteristikleri

Plastik kavelalı YL ve MDF deney örnekleri yaklaşık olarak 180- 240 sn arasında deformasyona uğrayıp kesme yükünü taşıyamaz hale gelmişlerdir. Deneyler sonucunda, 16 mm YL’den üretilen deney

örneklerinde plastik kavelalarda eğilme ve yatay elemanın kenar kısımlarında kaveladan itibaren üst yüzeye doğru yaklaşık 40-50 mm çapında patlamalar meydana gelmiştir (Şekil 4a). 18 mm YL’den üretilen deney örneklerinde ise yine kaveladan itibaren kuvvetin ters yönüne doğru patlama yerine yarıklar oluşmuştur (Şekil 4b). 16 mm MDF örneklerde, deneyin ilerleyen sürecinde plastik kavelanın kırılma anına kadar yatay elemanın katman şeklinde 60-80 mm genişliğinde kuvvetin ters yönüne doğru yarılarak kalktığı (Şekil 4c), 18 mm MDF malzemesinde ise katman şeklindeki bu kalkmanın daha az miktarda olduğu gözlenmiştir (Şekil 4d).

Tablo1. Ahşap esaslı levhaların ortalama rutubet ve yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Tam Kuru Yoğunluk (gr/cm ³)		Test rutubeti Yoğunluğu (gr/cm ³)		Rutubet Oranı (%)	
	X _{ort}	v (%)	X _{ort}	v (%)	X _{ort}	v (%)
16 mm YL	0.65	1.84	0.70	1.58	5.06	1.30
18 mm YL	0.61	6.27	0.60	1.46	5.06	2.41
16 mm MDF	0.76	1.08	0.70	1.21	4.86	1.26
18 mm MDF	0.65	1.19	0.66	1.16	4.98	2.06

X_{ort} : Ortalama değer v : Varyasyon katsayısı

Doğu kayını kavelalı deney örneklerinde deney süresi ortalama 120-160 sn arasında gerçekleşmiştir. Deneyler sonucunda, 16 mm YL’da Doğu kayını kavelalarda herhangi bir deformasyon gözlenmemiş, yatay elemanın cumba kısımlarında ise kavela deliğinden itibaren yaklaşık 50 mm çapında yarılmalar olduğu gözlenmiştir (Şekil 5a). 18 mm YL’da ise yine kaveladan itibaren kuvvetin ters yönüne doğru yaklaşık 80 mm çapında

yarılmalar oluşmuştur (Şekil 5b). 16 mm MDF örneklerde, Doğu kayını kavela direnç gösterip herhangi bir deformasyona uğramamış olup, yatay elemanda 30-40 mm genişliğinde kuvvetin ters yönünde katman şeklinde kalkmalar oluşmuştur (Şekil 5c). 18 mm MDF örneklerde ise katman şeklindeki bu kalkmaların miktarının daha az olduğu gözlenmiştir (Şekil 5d).



(a)



(b)

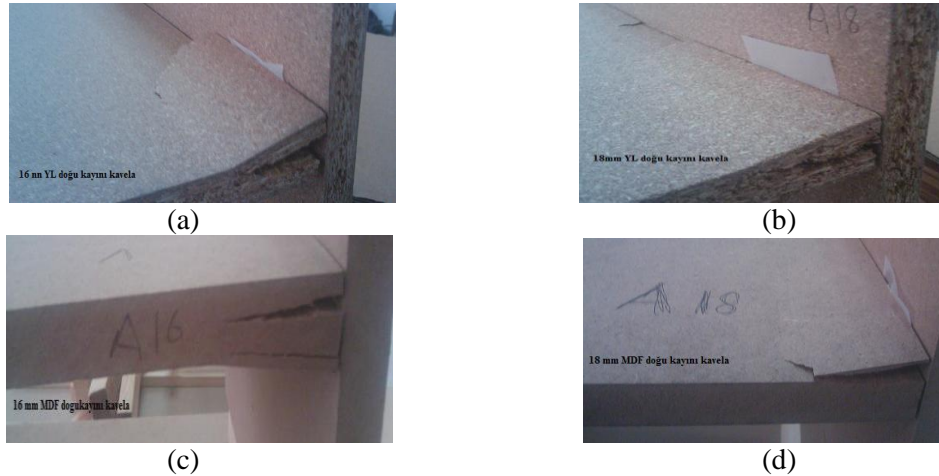


(c)



(d)

Şekil 4. H-tipi plastik kavelalı birleştirme elemanlarındaki tipik deformasyonlar



Şekil 5. H-tipi Doğu kayını kavelalı birleştirme elemanlarındaki tipik deformasyonlar

H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti kapasitesi

H-tipi deney örneklerinin kesme deneyleri sonucunda elde edilen kesme kuvveti kapasitesi değerleri ve bazı istatistikler Tablo 2’de verilmiştir.

Levha çeşidi, levha kalınlığı ve kavela malzemesinin H-tipi birleştirme elemanlarının kesme yükü altındaki kuvvet taşıma kapasitesine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Kesme deneyleri sonucu elde edilen kuvvet kapasitesi değerleri

Kesme Deneyi	Levha Çeşidi	Levha Kalınlığı	Plastik Kavela				Doğu Kayını Kavela			
			X _{min}	X _{mak}	X _{ort}	v (%)	X _{min}	X _{mak}	X _{ort}	v (%)
Kuvvet (N)	YL	16 mm	760.2 7	858.57	806.3	4.50	1373.4	1564. 6	1456.7	5.28
		18 mm	838.7 5	873.09	850.5	1.75	1373.4	1667. 7	1570.5	7.93
	MDF	16 mm	824.0 4	1030.0	937.8	8.33	1829.5	2060. 1	1929.6	4.68
		18 mm	1123. 2	1221.3	1152. 2	3.47	2413.2	2501. 5	2467.2	1.52

Tablo 3. Levha çeşidi, levha kalınlığı ve kavela malzemesinin kesme kuvveti kapasitesi üzerindeki etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Kesme Deneyi	Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali p < 0.05
Kuvvet (N)	Levha Çeşidi	1	2031936.105	2031936.105	403.5448	0.0000
	Levha Kalınlığı	1	517985.705	517985.705	102.8725	0.0000
	LÇ x LK	1	220881.969	220881.969	43.8674	0.0000
	Kavela Malzemesi	1	8449249.821	8449249.821	1678.0304	0.0000
	LÇ x KM	1	547410.332	547410.332	108.7163	0.0000
	LK x KM	1	96238.064	96238.064	19.1130	0.0001
	LÇ x LK x KM	1	40037.241	40037.241	7.9514	0.0082
	Hata	32	161126.990	5035.218		
	Toplam	39	12064866.22			

LÇ: Levha Çeşidi

LK: Levha Kalınlığı

KM : Kavela Malzemesi

Levha çeşidi, levha kalınlığı ve kavela malzemesinin H-tipi birleştirme elemanlarının kesme yükü altındaki kuvvet kapasitesine etkileri 0.05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Yapılan tüm ikili etkileşimler ve üçlü etkileşim de 0.05 hata payı ile bilimsel anlamda önemli olup; levha çeşidi, levha kalınlığı ve kavela malzemesi üçlü etkileşimi de bilimsel olarak anlamlı çıkmıştır. Hesaplanan F değerlerine bakıldığında, kesme kuvveti kapasitesinin en fazla kavela malzemesinden, daha sonra da levha çeşidinden, en az ise levha kalınlığından etkilendiği anlaşılmaktadır.

Levha kalınlığı ve kavela malzemesi de dikkate alınarak, levha çeşidinin H-tipi birleştirme elemanlarının kesme yükü altındaki kuvvet kapasitesi değerlerine

etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 45.71 N için karşılaştırılması Tablo 4'de verilmiştir.

MDF'den hazırlanan deney örneklerindeki birleştirme elemanları, kesme kuvveti kapasitesinde, YL'dan hazırlanan deney örneklerindeki birleştirme elemanlarına göre ortalama % 38 daha başarılı sonuçlar vermişlerdir. Bunun en büyük sebebi MDF malzemesinin YL ya göre daha yoğun bir malzemedir yapılmış olması, daha homojen olması ve daha düzgün yüzeyler de yapışma sağlamasıdır. Levha kalınlığının H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti kapasitesi üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların LSD değeri 45.71 N için karşılaştırılması Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4. Levha çeşidine göre kesme kuvveti ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Levha Çeşidi	Kesme Kuvveti (N)	
	(X)	HG
YL	1171	B
MDF	1622	A

LSD ± 45.71 N

Tablo 5. Levha kalınlığının kesme kuvveti üzerindeki etkilerine ilişkin karşılaştırma

Levha Kalınlığı	Kesme Kuvveti (N)	
	(X)	HG
16 mm	1283	B
18 mm	1510	A

LSD ± 45.71 N

Levha kalınlığı için başarı sıralaması 18 mm ve 16 mm şeklinde gerçekleşmiştir. 18 mm kalınlığındaki levhalar ile hazırlanan köşe birleştirme elemanları, 16 mm kalınlığındaki levhalarla hazırlanan örneklerden kesme kuvveti kapasitesi değerlerinde ortalama % 18 daha yüksek sonuçlar vermişlerdir. Kavela malzemesinin, H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti kapasitesi değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların LSD değeri 45.71 N değeri için karşılaştırılması Tablo 6'da verilmiştir.

Buna göre; Doğru kayını kavela ile birleştirilmiş deney örnekleri, plastik kavela ile birleştirilmiş deney örneklerinden yaklaşık % 98 daha başarılı sonuçlar vermişlerdir.

Tablo 6. Kavela malzemesinin, H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması

Kavela Malzemesi	Kesme Kuvveti (N)	
	(X)	HG
Plastik	937	B
Doğru Kayını	1856	A

LSD ± 45.71 N

Doğru kayını kavela kesme yükü altında hiçbir şekilde deforme olmamış, kutu mobilyaların en zayıf bölgesi olan birleştirmelerin bulunduğu kenar kısımlarda yarılmalara yol açmıştır. Plastik kavelalar ise, deneyin ilerleyen sürecinde özellikle MDF'den yapılmış deney örneklerinde kesilerek kırılmışlardır. Levha çeşidi, levha kalınlığı ve kavela malzemesi üçlü etkileşimine göre 64.64 N kritik değeri için

yapılan üçlü karşılaştırma sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Levha çeşidi, levha kalınlığı ve kavela malzemesi üçlü etkileşimi sonuçları

Levha Çeşidi	Levha Kalınlığı	Kesme Kuvveti (N)			
		Plastik		Doğu Kayını	
		(X)	HG	(X)	HG
YL	16 mm	806	G	1457	D
	18 mm	851	FG	1571	C
MDF	16 mm	938	F	1930	B
	18 mm	1153	E	2467	A

Deney örneklerinde 16 mm YL da kullanılan Doğu kayını kavelanın, plastik kaveladan % 80 daha iyi sonuç verdiği , 18 mm YL da kullanılan Doğu kayını kavelanın da, plastik kaveladan % 85 daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. 16 ve 18 mm MDF örneklerde kullanılan Doğu kayını kavelaları, plastik kavelalardan ortalama %110 daha iyi sonuçlar vermişlerdir.

Levha çeşidi- levha kalınlığı ve kavela malzemesi üçlü karşılaştırma sonuçlarına göre; en yüksek kesme kuvveti kapasitesi değerleri, Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş 18 mm MDF örneklerde elde edilirken, ikinci yüksek kesme kuvveti kapasitesi yine Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş 16 mm MDF örneklerinde elde edilmiş olup, üçüncü sırada ise Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş 16 mm ve 18 mm YL örnekler bulunmaktadır. En düşük kesme kuvveti kapasitesi ise plastik kavela ile birleştirilmiş örneklerden elde edilmiştir. Kesme kuvveti kapasitesi değerleri bakımından, plastik kavela ile birleştirilmiş örnekler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, kutu tipi mobilya üretiminde en fazla kullanılan 2 malzeme çeşidi ve bu malzemelerde birleştirme elemanı olarak kullanılan Doğu kayını kavela ile bunlara alternatif olabileceği düşünülen plastik kavelaların kesme kuvveti kapasitelerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda kutu tipi mobilyalarda yaygın olarak kullanılan kavelalı birleştirme tekniğinde Doğu kayını kavelaya alternatif olarak düşünülen plastik kavelanın farklı mekanik davranış özellikleri gösterdiği gözlenmiştir. Deneylerde Doğu kayını

kavelanın kesme direnci, kullanılan malzemelerin yarıma ve yüzeye dik çekme direncinden çok daha yüksek olduğu için malzemeleri deformasyona uğrattırırken plastik kavelaların kesme direnci yeterli olmayıp deney yükleri altında kesilerek kırılmışlardır.

H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasitesi deney sonuçlarına göre en iyi sonucu 18 mm MDF'den Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş deney örnekleri verirken ikinci sırayı 16 mm MDF'den Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş deney örnekleri almıştır.

Levha çeşitlerine göre yapılan karşılaştırma sonuçlarında, her iki kalınlık için de MDF YL' ye üstünlük sağlamıştır. Bu nedenle MDF kullanımı teknik açılarından önerilebilir. Kalınlıklar dikkate alındığında, MDF'de 18 mm malzemeler daha yüksek sonuçlar verirken, YL'de her iki kalınlık arasındaki mukavemet farklılıkları önemsiz bulunmuştur. Bir başka önemli sonuç da, 16 mm MDF'nin 18 mm YL'ye üstünlük sağlamasıdır. Buna göre, YL kullanımında 16 mm kalınlığın tercih edilmesi, ya da 18 mm YL yerine 16 mm MDF'nin kullanılması önerilebilir. Çalışmanın sonucunda, kavela malzemesinin H-tipi birleştirmelerin kesme kuvveti kapasitelerindeki etkisinin ne kadar önemli olduğu anlaşılmıştır. Doğu kayını kavelaların plastik kavelalardan çok daha mukavemetli bulunmuştur.

Buna göre, plastik kavelanın kutu tipi mobilya birleştirmelerinde kullanımının mukavemet açısından uygun olmadığı ve Doğu kayını kavelaya alternatif olamayacağı söylenebilir. Bu bağlamda, plastik kavelaların kesinlikle kendi başlarına bir ana bağlantı elemanı olarak kullanılması uygun olmayıp, minifiks, multifiks vb. gibi mekanik

bağlantı elemanlı birleştirmelerde kılavuz kavela olarak kullanılması uygundur.

Plastik kavelalar piyasada 8 mm çapında ve 30 mm boyunda bulunmaktadır. Yapılan piyasa araştırmalarında, bu ölçülerin dışında ve malzeme bileşimi farklı olan kavelalara rastlanmamıştır. Bu durumda, değişik çap ve boylarda, farklı malzeme bileşimleriyle alternatif kavelalar üretilip, mobilya birleştirmelerinde gösterecekleri performanslar araştırılabilir.

Kaynaklar

Dizel, T., " Lamine Elemanlarla Tasarlanan Çerçeve Tipi Mobilya Birleştirmelerinin Mekanik Davranış Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2005).

Eckelman, C., A., "Shear Strenght of Dowel Joints", Furniture Design and Manufacturing, Cilt 43, No 11, 52-55, (1971).

Eckelman, C., A., "Shear and Bending Strenght of Glued Corner Blocks", Furniture Design and Manufacturing, Cilt 44, No 6, 50-56, (1972).

Eckelman, C., A., Cassens, D., L., "Withdrawal Strength of Dowels from Wood Composites", Forest Product Journal, 35 (5): 55-60 (1985).

Eckelman, C., A., "Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture", Text Book, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 54-59 (1991).

Efe, H., Kasal, A., Gürleyen, L., Çeşitli Tutkallarla Yapıştırılmış Kutu Konstrüksiyonlu Kavelalı Köşe Birleştirmelerin Basınç Direnci, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 10: 39 - 56, Ankara, (2002).

Efe, H., Kasal, A., Tabla Tipi Kavelalı Köşe Birleştirmelerde Tutkal Çeşidinin Çekme Direncine Etkileri, Politeknik Dergisi, 3(4): 67-72, Ankara, (2000).

Efe, H., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı, Politeknik Dergisi, Ankara, 1(1-2): 41-54 (1998).

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).

Englesson, T., "Summary of the Investgations of Several Particleboards in the Swedish Forest Products Research Laboratory", Unnumbered Publication, Swedish Forest Products Laboratory, Stockholm, 35-38 (1973).

İmirzi, H. Ö., Farklı Yapım Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalar ile Üretilmiş

Kutu Tipi Mobilyaların Mukavemet Özellikleri, doktora tezi, Gazi üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü, Ankara, (2008).

Kasal, A., "Masif ve Kompozit Ağaç malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 7-15 (2004).

Kasal, A., Erdil, Y.Z., Eckelman, C.A., "Shear Force and Bending Moment Capacities of Joints Constructed with Glued Corner Blocks", Forest Product Journal, Cilt 56, No 9, 74-79, (2006).

Kasal, A., "Farklı Ölçülerde Köşe Destek Elemanı Kullanılmış T-Tipi Kavelalı Mobilya Birleştirmelerinin Moment ve Kesme Kuvveti Taşıma Kapasiteleri", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 23, No 2, 273-282, (2008).

Liping Cai., and Fenghu Wang , "Influence of the stiffness of corner joint on case furniture deflection", Forest Products Journal, 406 -408 (1993).

Tankut A. N., N. Tankut, "Evaluation the effects of edge banding type and thickness on the strength of corner joints in case-type furniture", Materials and Design, 31 (2010)

Zhang, J., L., and Eckelman, C., "Rational Design of Multi-Dowel Corner Joints in Case Construction", Forest Product Journal, 43 (11/12): 52-58 (1993).