

Ahşap ve Plastik Kavelalı Kutu Mobilya Köşe Birleştirmelerinin Moment Kapasitelerinin Karşılaştırılması

*Hasan EFE **Ekrem DENİZ ***Ali KASAL ***Tolga KUŞKUN

*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, 06500 Beşevler, Teknik Okullar, ANKARA

**Yenimahalle Endüstri Meslek Lisesi, Mobilya ve İçmekean Tasarım Teknolojileri Bölümü, 06270 Yenimahalle, ANKARA

***Muğla Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Ağaççişleri Endüstri Mühendisliği Bölümü 48000 Kötekli/MUĞLA

ÖZET

Bu çalışmada, kavelalı birleştirme tekniği uygulanmış kutu mobilya L-tipi köşe birleştirme elemanlarının moment kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Deney örnekleri, 16 ve 18 mm kalınlığında yonga levha (YL) ve orta yoğunlukda lif levhadan (MDF) hazırlanmıştır. Deney 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. Deney örnekleri, kullanım sırasında etkisinde kalabilecekleri kritik yükler göz önüne alınarak statik yük altında diagonal basınç ve çekme deneylerine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda, en yüksek moment kapasitesi 18 mm MDF'den üretilmiş ve Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş deney örneklerinde elde edilmiştir. Deney 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 örneklere göre daha yüksek mukavemet değerleri vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kavelalı birleştirme, plastik kavela, köşe birleştirme, kutu mobilya, moment kapasitesi.

Comparison of the Moment Capacity of Case Furniture Corner Joints Connected with Solid Wood and Plastic Dowels

ABSTRACT

In this study, moment capacity of L-type corner joints connected with dowels were compared. 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. Corner joint specimens were tested under static diagonal compression and tension loads which the joints can be imposed upon in service. At the end of tests, the highest moment 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.

Keywords: Dowel joints, plastic dowel, corner joint, case furniture, moment capacity.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

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 kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır [1].

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: hasanefe@gazi.edu.tr.

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2012.15.3, 151- 159

Bir mobilyanın hemen hemen tüm elemanları tablolardan oluşuyorsa kutu mobilya tipi olarak tanımlanabilir. Bir kutu konstrüksiyon sisteminin tasarlanmasında, çeşitli bağlantı noktalarına yapılan yüklemelerle kutuların sağlamlıklarını belirlemek için analiz metotları gereklidir. Taşıyıcı sistemler için temel özellik, herhangi bir kusur oluşturmada tasarım yüklerini güvenle taşımasıdır. Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda sistemin mukavemeti ve sağlamlığı önemli oranda tablaların burulma direncine ve rijitliğine bağlıdır. Kutu tipi mobilyalar çoğunlukla dört yan tablalı, bir arkalı olurlar ve bu durumlarıyla tamamlanmış bir çerçeve şeklinde görünürler. [2,3].

Günümüz modern evlerinde, duvar ve yer dolapları; mutfak, banyo, ofis ve diğer mekanlarda depolama amaçlı kullanılan vazgeçilmez kutu mobilyalardır. Mobilyalar çok amaçlı kullanıldıkları için, kullanımı sırasında etkisinde kalacakları yüklerin büyüklükleri ve nitelikleri değişken yapıdadır. Bunlar, bazı durumlarda hafif yüklerin etkisinde kalırken, bazı durumlarda ise ağır yüklerin etkisinde kalabilirler. Mobilyaların yük altındaki kararlılığı ve mukavemeti, elemanların birleştirme tekniklerine, üretilmiş oldukları malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır [4].

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 standart olmadığı da bilinmektedir. Bu durum, üretimde kullanılan malzemelerin hem mukavemet hem de ekonomik olarak belli bir bilimsel çalışma sistematüğinden yoksun olarak belirlendiğini göstermektedir.

Günümüz mobilya imalat teknolojisinde kullanılan ahşap esaslı malzemelerin levha kalınlıkları genellikle 18 mm' dir. Bunun yanı sıra 16 mm kalınlığında ahşap esaslı malzemelerin üretimi az da olsa mevcuttur. Daha ekonomik ve hafif mobilyalar üretebilmek için levha kalınlıkları 18 mm den düşük olan malzemeler tercih edilebilir.

Aynı şekilde üretimde kullanılan en eski birleştirme tekniklerinden biri olan kavelalı birleştirme hem pratik hem de diğer birleştirme tekniklerine göre daha kolay ve ucuz olmasından dolayı tercih edilmektedir. Ayrıca piyasada çeşitli birleştirme tekniklerinde gerek kılavuzluk gerekse ana birleştirme elemanı görevi yapan plastik kavelalar da kullanılmaktadır. Diğer yandan farklı kalınlıklardaki levhalar üzerinde plastik ve masif kavelaların denenmesi düşünülebilir. Bu nedenle, 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 sağlayabilir.

Bu çalışmanın temel amacı, piyasada yaygın olarak kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda birleştirme malzemesi olarak kullanılan plastik kavelaların mukavemet özelliklerinin Doğu kayını kavelalar ile karşılaştırılması ve 16 mm kalınlığındaki ahşap esaslı levhaların da 18 mm kalınlığındaki levhalarla mukavemet özellikleri bakımından karşılaştırılmasıdır. Böylece plastik kavelaların ve 16 mm kalınlığındaki ahşap esaslı levhaların kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılabilirliği araştırılmış olacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ (LITERATURE REVIEW)

Rijitlik derecesi değerleri değişen 3 tip bağlantı tekniği kullanılarak kutu mobilya üzerinde bunların birleştirme sağlamlığına etkisi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; kutunun rijitliği üzerinde birleştirmelerin önemli etkisi bulunmaktadır. Köşe birleştirmeler, kavela ve metal bağlantılarla güçlendirilirse sağlamlığında kademeli olarak artacağı vurgulanmıştır [5]. Yonga levhalar üzerinde tek kavelalı köşe birleştirme elemanları ile yapılan diyagonal basınç ve çekme deneylerinde, kavela çapı ve kavela boyu arttıkça eğilme momenti taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir [single dowel]. Yonga levhalarda çoklu kavela kullanılarak yapılan köşe birleştirmeler için, çekme ve basınç deneylerinde numune genişlikleri ve kavelalar arası mesafeler değiştirilmiştir. Sonuç olarak, iki kavela arası 7,5 cm olması durumunda en yüksek eğilme mukavemetine ulaşılabileceği bildirilmiştir [6]. 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 [7]. 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 [8]. 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 tutkalının verdiği, tutkal çeşidi ve levha çeşidi

etkileşiminin ise istatistiksel anlamda önemsiz çıktığı bildirilmiştir [9]. Yonga levhadan yapılan kutu konstrüksiyonlu tek kavelalı köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasiteleri test edilmiştir. Değişik çaplardaki kavelalar ve farklı kalınlıklardaki yonga levhalar ile yapılan deneyler sonucunda; köşe birleştirmelerin direncinin kavela çapı ile doğru orantılı olarak arttığı vurgulanmış ve farklı kalınlıklar için optimum kavela çapları belirlenmiştir [10]. Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde uygulanan kavelalı köşe birleştirmelerin, çeşitli tutkallarla yapıştırılmış örneklerin diyagonal basınç yükü altındaki moment kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Diyagonal basınç deneyleri sonucunda; lif levhaların yonga levhalardan daha iyi sonuçlar verdiği, tutkallar arasında da en iyi sonucun ise PVAc tutkalı ile elde edildiği bildirilmiştir [11]. 32 mm'lik tablardan üretilmiş kutu mobilya köşe birleştirmelerinin eğilme moment kapasitesi üzerine kavela mesafelerinin etkisi değerlendirilmiştir. Yonga levha ve MDF'den hazırlanan köşe birleştirmeler diyagonal basınç ve çekme yükleri altında test edilmiştir. Hem basınç hem de çekme testlerinde MDF'den hazırlanan köşe birleştirmelerin yonga levhadan hazırlanan birleştirmelerden daha sağlam olduğu bildirilmiştir [12].

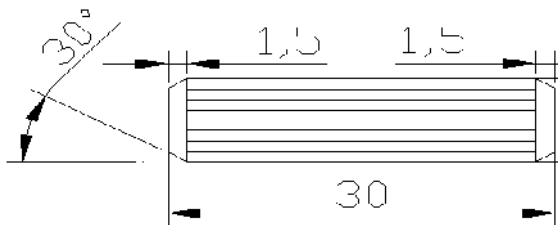
3. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHODS)

3.1. Ahşap Esaslı Levhalar (Wood Based Panels)

Deneylerde ahşap esaslı levha olarak, 16 ve 18 mm kalınlığında TS EN 312 [13] standardına uygun genel amaçlar için üretilmiş, yatay preslenmiş yonga levha (YL) ve TS 64 standardına uygun orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmıştır. Deney mazlemeleri Ankara Siteler piyasasından temin edilmiştir.

3.2. Plastik ve Ahşap Kavela (Plastic and Wooden Dowel)

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 [14].



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

Literatürde tutkal çeşidinin moment kapasitesine etkisi olmadığı belirlendiğinden bu çalışmada tek tutkal türü kullanılmıştır [9,11].

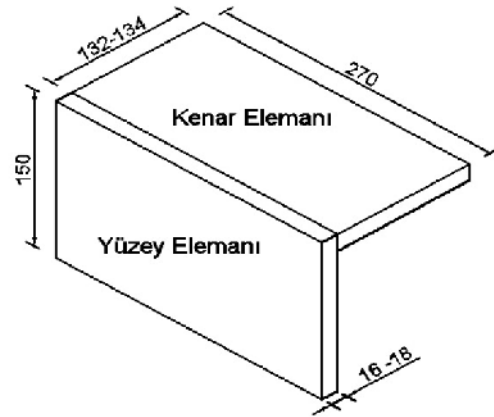
3.3. Deneylerde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhaların Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi (Determination of some Physical Properties of Wood Based Panels Tested)

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 [15], rutubet kontrolü için ise TS EN 322 [16]'de belirtilen esaslara uyulmuştur.

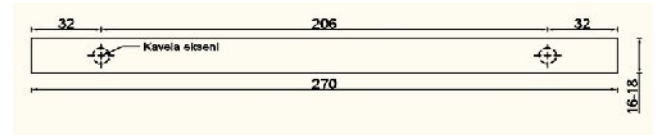
3.4. L-Tipi Deney Örneklerinin Hazırlanması (Preparation of L-Type Specimens)

Her bir deney örneği kenar ve yüzey olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır (Şekil 2). Kenar elemanı 270 x 132-134 mm, yüzey elemanı ise 270 x 150 mm ölçülerindedir.

Deney örneklerinin birleşme yerlerinin detayı Şekil 3' de gösterilmiştir.



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



Şekil 3. Birleştirme arakesit yüzeyi ve kavela delik eksen mesafeleri (ölçüler mm)

Tutkal sadece kavela yüzeylerine ve kavela deliği duvarlarına sürülmüş ve levhaların birbirlerine temas eden birleştirme arakesit yüzeylerine yağlı kağıt konularak sadece kavelaların yapışması sağlanmıştır.

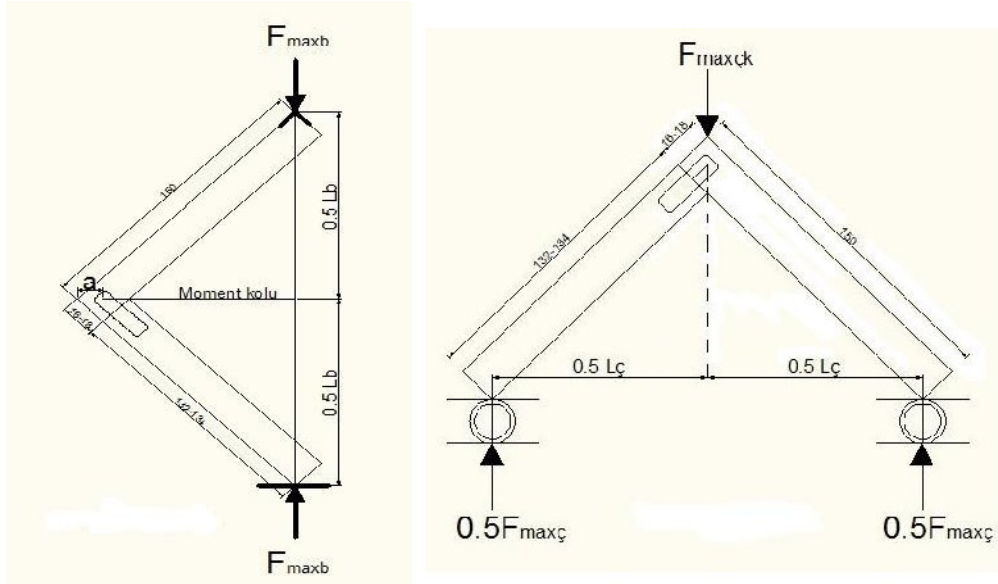
Deneylerde 2 levha çeşidi, 2 levha kalınlığı, 2 tip kavela malzemesi, 2 yükleme biçimi ve her örnekten 5 yinleme olmak üzere toplam 80 adet (2 x 2 x 2 x 2 x 5=80) L-tipi köşe birleştirme deney örneği hazırlanmıştır. Deney örnekleri deneylerden önce 20±2°C ve % 65±5 bağıl nem koşullarındaki iklimlendirme dolabında, denge rutubetine ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra, örneklerin rutubet kontrolü için TS EN 322 [16]'de belirtilen esaslara uyulmuştur.

3.5. Diyagonal basınç ve çekme deneylerinin yapılışı (Diagonal Compression and Tension Tests)

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. Diyagonal çekme ve basınç deney düzenekleri Şekil 4. ve 5'de gösterilmiştir. Birleştirmelerin performansı, deney yükleri ve koşulları altında taşınan momentler olarak alınmış ve her bir örnek tarafından diyagonal çekme ve basınç yükleri altında taşınan momentler hesaplanmıştır. Diyagonal basınç deneylerinde moment (M_b),

$$M_b = F_{maxb} \times [\sqrt{(150)^2 - (0,5L_b)^2} - a] \quad (N-m)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada; M_b = Basınç yükü altında taşınan moment (Nm), F_{maxb} = göçme anındaki maksimum kuvvet (N), L_b = moment kolu (18 mm levhalar için 93,34 mm, 16 mm levhalar için 94,75 mm), a = 18 mm levhalar için 12,73 mm, 16 mm levhalar için 11,31 mm' dir.



Şekil 4. Diyagonal basınç ve çekme deney düzenekleri (ölçüler mm)

Diyagonal çekme deneylerinde ise moment ($M_ç$),

$$M_ç = 0,5F_{maxç} \times 0,5L_ç \quad (Nm)$$

deresindeki yoğunluklarına ait istatistikler Tablo1'de verilmiştir.

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

4.2. L-tipi Deneysel Örneklerinin Diagonal Basınç ve Çekme Deneysel Sonuçları (Results of the Diagonal Compression and Tension Tests of L-type Specimens)

4.2.1. Deformasyon karakteristikleri (Deformation Characteristics)

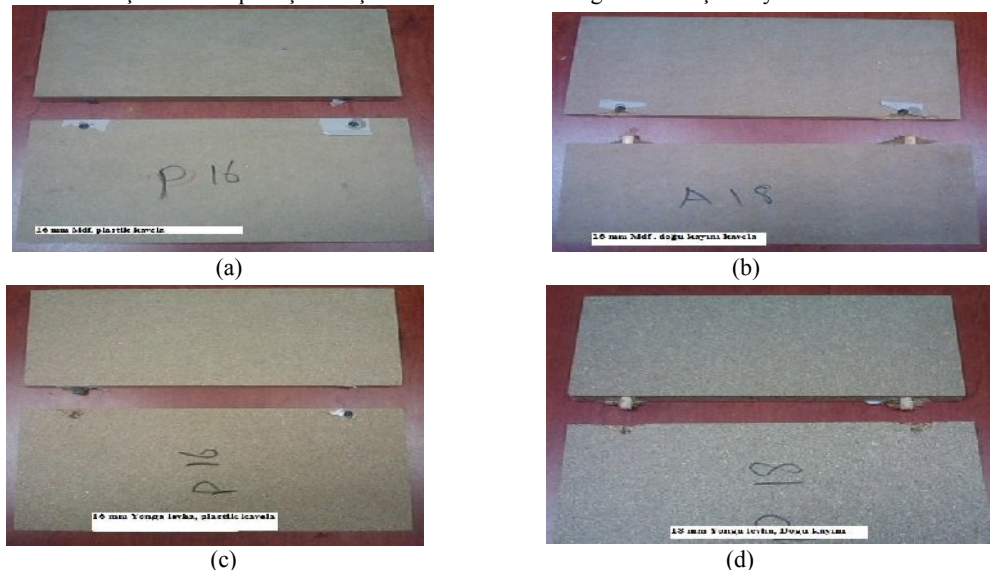
Diyagonal basınç deneyleri: Deneyler yaklaşık olarak 90 ile 120 sn arasında gerçekleşmiştir. Birleştirme yüzeylerindeki kavelalarda, sistemin dış kısmına bakan yüzeylerde çekme, iç kısmına bakan yüzeylerde ise basınç etkisi hasil olmuş, dolayısıyla bu kombinasyon kavelaları eğmeye zorlamıştır. Plastik kavelalar bükülme yaparak yüzey elemanın cumba kısmında 16 mm YL malzemelerde yaklaşık 3-5 mm'lik, 18 mm YL'da ise 1-3 mm'lik bir şişmeye yol açmıştır. Yükleme devam ettirildiğinde ise cumba kısmında çok aşırı deformasyon meydana gelmeden plastik kavelanın eğilme direncinin aşılması sonucu kırıldığı gözlenmiştir (Şekil 6a). 16 ve 18 mm MDF'den üretilen örneklerde, yüzey ve kenar elemanlarında herhangi bir deformasyon olmamış, yükleme devam

ettirildiğinde yine plastik kavelanın kırıldığı gözlenmiştir (Şekil 6b). Doğru kayını kavelalar bükülme yapmadan, yüzey elemanının cumba kısmında 16 ve 18 mm YL'da yaklaşık 5-10 mm arasında bir şişmeye yol açtığı, yükleme devam ettirildiğinde patlamalar olduğu gözlenmiştir (Şekil 6c). Burada kavelanın eğilme direncinin, YL'nın yüzeye dik çekme mukavemetinden daha yüksek olması etkili olmuştur. 16 mm MDF malzemeden üretilen örneklerde, yüzey elemanının cumba kısmında ince çatlaklar, 18 mm'lik MDF malzemeden hazırlanan örneklerde ise çok daha ince çatlaklar şeklinde bir deformasyon olduğu gözlenmiştir (Şekil 6d).

Diyagonal çekme deneyleri: Deneyler yaklaşık olarak 100 ile 140 sn arasında gerçekleşmiştir. Birleştirme yüzeylerindeki kavelalarda, sistemin dış kısmına bakan yüzeylerde basınç, iç kısmına bakan yüzeylerde ise çekme etkisi hasil olmuş, dolayısıyla bu kombinasyon kavelaları eğmeye zorlamıştır. Bu zorlama karşısında, plastik kavelalar eğilmiş, yüklemenin devamında ise kırılmışlardır. Doğru kayını kavelalar,



Şekil 6. L-tipi köşe birleştirme elemanlarının diyalagonal basınç deneyi sonrası halleri



Şekil 7. L-tipi köşe birleştirme elemanlarının diyalagonal çekme deneyi sonrası halleri

deney parçalarının yüzeylerinde ve cumbalarında patlamaya neden olmuştur. (Şekil 7a, 7b, 7c, 7d).

4.2.2. Diagonal basınç ve çekme yükü altındaki moment kapasiteleri (Bending Moment Capacities under the Diagonal Compression and Tension Loads)

L-tipi deney örneklerinin diyagonal basınç ve çekme deneyleri sonucunda elde edilen moment kapasitesi istatistikleri Tablo 2' de verilmiştir.

Levha çeşidi, levha kalınlığı ve kavela malzemesinin L-tipi birleştirme elemanlarının diyagonal basınç ve çekme yükü altındaki moment kapasitesi üzerindeki etkileri 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Tüm ikili etkileşimlerin hem diyagonal basınç hem de çekme yükü altındaki moment kapasitesine etkileri de 0,05 hata payı ile anlamlı bulunmuştur. Yapılan üçlü etkileşimlere bakıldığında, diyagonal basınç altındaki moment kapasitesine etkisi 0,05 hata payı ile anlamlı bulunurken, diyagonal çekme altındaki moment

Tablo 2. Diyagonal basınç ve çekme yükü altındaki moment kapasitesi değerleri

Moment (Nm)	Levha Çeşidi	Levha Kalınlığı	Plastik Kavela				Doğu Kayını Kavela			
			X _{min}	X _{mak}	X _{ort}	v (%)	X _{min}	X _{mak}	X _{ort}	v (%)
Diyagonal Basınç	YL	16 mm	3,11	3,93	3,48	9,30	17,94	19,86	19,30	4,42
		18 mm	3,66	4,12	3,86	4,55	17,30	23,71	20,08	12,85
	MDF	16 mm	4,66	5,21	4,96	4,77	28,01	31,49	30,14	4,79
		18 mm	4,12	5,12	4,56	8,20	33,33	39,64	37,10	6,58
Diyagonal Çekme	YL	16 mm	3,98	4,34	4,10	3,58	17,80	19,54	18,56	3,40
		18 mm	4,85	5,17	4,98	2,37	22,89	26,00	24,17	4,67
	MDF	16 mm	7,64	8,56	7,96	4,70	33,05	36,85	36,07	4,68
		18 mm	6,74	8,39	7,17	4,78	40,65	41,70	41,24	1,12

X_{min}: Minimum değer

X_{mak}: Maksimum değer

X_{ort}: Ortalama değer

Levha çeşidi, levha kalınlığı ve kavela malzemesinin L-tipi deney örneklerinin basınç ve çekme yükü altındaki moment kapasitesine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

kapasitesine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Hesaplanan F değerlerine bakıldığında, moment kapasitesinin en fazla kavela malzemesinden, daha sonra da levha çeşidinden, en az ise levha kalınlığından etkilendiği anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Varyans analizi sonuçları

Yükleme biçimi	Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	Hata ihtimali (p < 0,05)
Diyagonal Basınç	Levha Çeşidi	1	563,701	563,701	285,9112	0,0000
	Levha Kalınlığı	1	37,404	37,404	18,9712	0,0001
	LÇ x LK	1	18,117	18,117	9,1891	0,0048
	Kavela Malzemesi	1	5036,434	5036,434	2554,4993	0,0000
	LÇ x KM	1	412,164	412,164	209,0512	0,0000
	LK x KM	1	37,714	37,714	19,1285	0,0001
	LÇ x LK x KM	1	30,276	30,276	15,3561	0,0004
	Hata	32	63,091	1,972		
	Toplam	39	6198,900			
Diyagonal Çekme	Levha Çeşidi	1	1030,225	1030,225	1644,190	0,0000
	Levha Kalınlığı	1	73,387	73,387	117,1219	0,0000
	LÇ x LK	1	2,927	2,927	4,6710	0,0383
	Kavela Malzemesi	1	5733,630	5733,630	9150,601	0,0000
	LÇ x KM	1	306,802	306,802	808,8313	0,0000
	LK x KM	1	70,862	70,862	113,0931	0,0000
	LÇ x LK x KM	1	0,864	0,864	1,3795	0,2489
	Hata	32	20,051	0,627		
	Toplam	39	7438,748			

LÇ: Levha Çeşidi

LK: Levha Kalınlığı

KM : Kavela Malzemesi

Levha kalınlığı ve kavela malzemesi de dikkate alınarak, levha çeşidinin L-tipi deney örneklerinin basınç ve çekmedeki moment kapasitesine etkilerine ait ortalamaların LSD 0,9045 ve 0,5100 Nm kritik değerleri için karşılaştırılması Tablo 4’de verilmiştir.

MDF’den hazırlanan örneklerde, hem basınç hem de çekmedeki moment kapasitesinde YL’den hazırlanmış örneklere göre ortalama % 71 daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Burada; kullanılan levhannın

Diyagonal basınç ve çekmede taşınan momentler için levha çeşidi - levha kalınlığı ikili karşılaştırma sonuçları LSD değeri 1,279 ve 0,7213 Nm için Tablo 6’de verilmiştir.

Levha çeşidi - levha kalınlığı etkileşimi sonucunda en yüksek moment kapasitesini sırasıyla 18 mm MDF, 16 mm MDF, 18 mm YL ve 16 mm YL vermiştir. 18 mm ve 16 mm YL ile üretilen deney örnekleri arasındaki farklar, basınç yükü altındaki

Tablo 4. Levha çeşidine göre moment kapasitesi ortalamaları karşılaştırma sonuçları

Levha Çeşidi	Diyagonal Basınç		Diyagonal Çekme	
	Moment (Nm)		Moment (Nm)	
	X	(HG)	X	(HG)
YL	11,68	B	12,95	B
MDF	19,19	A	23,10	A
LSD ± 0,9045 Nm		LSD ± 0,5100 Nm		

Tablo 5. Kavela malzemesine göre moment kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması

Kavela Malzemesi	Diyagonal Basınç		Diyagonal Çekme	
	Moment (Nm)		Moment (Nm)	
	X	(HG)	X	(HG)
Plastik	4,211	B	6,053	B
Doğu Kayını	26,65	A	30,00	A
LSD ± 0,9045 Nm		LSD ± 0,5100 Nm		

Tablo 6. Levha çeşidi - levha kalınlığı ikili karşılaştırma sonuçları

Levha Kalınlığı	Diyagonal Basınç				Diyagonal Çekme				
	Moment (Nm)				Moment (Nm)				
	16 mm		18 mm		16 mm		18 mm		
Levha Çeşidi	X	(HG)	X	(HG)	X	(HG)	X	(HG)	
YL	11,38	C	11,97	C	11,32	D	14,57	C	
MDF	17,55	B	20,83	A	22,02	B	24,18	A	
LSD ± 1,279 Nm				LSD ± 0,7213 Nm					

Tablo 7. Levha çeşidi - kavela malzemesi ikili etkileşimi sonuçları

Kavela Malzemesi	Diyagonal Basınç				Diyagonal Çekme				
	Moment (Nm)				Moment (Nm)				
	Plastik		Doğu Kayını		Plastik		Doğu Kayını		
Levha Çeşidi	X	(HG)	X	(HG)	X	(HG)	X	(HG)	
YL	3,667	C	19,69	B	4,537	D	21,36	B	
MDF	4,755	C	33,62	A	7,568	C	38,63	A	
LSD ± 1,279 Nm				LSD ± 0,7213 Nm					

yoğunluğu, homejenliği, yüzey düzgünlüğünün etkili olduğu düşünülmektedir.

Kavela malzemesinin, L-tipi deney örneklerinin moment kapasitesi üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların LSD 0,9045 ve 0,5100 Nm kritik değerleri için karşılaştırılması Tablo 5’da verilmiştir.

Buna göre; Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş deney örnekleri, hem basınç hem de çekmede taşınan momentlerde plastik kavela ile birleştirilmiş deney örneklerinden ortalama % 464 daha başarılı sonuçlar vermişlerdir. Deformasyon karakteristiklerine bakıldığında, plastik kavelaların eğilme dirençlerinin yetersiz olması nedeniyle kırılarak deforme oldukları gözlenmiştir.

moment kapasitesi bakımından istatistiksel anlamda önemsizdir. Çekme yükü altında ise, 18 mm YL % 28 daha başarılı sonuç vermiştir. MDF deney örneklerinde, 18 mm levhalar 16 mm levhalara göre ortalama % 14 daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Levha çeşidi - kavela malzemesi ikili etkileşimine göre homojenlik sıralaması LSD kritik değerleri 1,279 ve 0,7213 Nm için Tablo 7’de verilmiştir.

Levha çeşidi - kavela malzemesi etkileşimi sonucunda, hem basınç hem de çekme deneylerinde en yüksek moment kapasitesi, sırasıyla Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş MDF ve YL örnekler, plastik kavela ile birleştirilmiş MDF ve YL örnekler vermiştir. Basınç

yükü altındaki moment kapasitesi bakımından, plastik kavela ile birleştirilmiş MDF ve YL örnekler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Burada, kavela malzemesinin levha türüne göre çok daha etkili olduğu açıkça görülmektedir. Levha kalınlığı - kavela malzemesi ikili etkileşimine göre homojenlik sıralaması LSD kritik değerleri 1,279 ve 0,7213 Nm için Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Levha kalınlığı - kavela malzemesi ikili etkileşimi sonuçları

Kavela Malzemesi	Diyagonal Basınç				Diyagonal Çekme			
	Moment (Nm)				Moment (Nm)			
	Plastik		Doğu Kayını		Plastik		Doğu Kayını	
Levha kalınlığı	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG
16 mm	4,215	C	24,72	B	6,029	C	27,31	B
18 mm	4,207	C	28,59	A	6,076	C	32,68	A
	LSD ± 1,279 Nm				LSD ± 0,7213 Nm			

Tablo 9. Levha çeşidi - levha kalınlığı - kavela malzemesi üçlü etkileşimi sonuçları

Levha Çeşidi	Levha Kalınlığı	Moment (Nm)			
		Plastik		Doğu Kayını	
		X	(HG)	X	(HG)
YL	16 mm	3,474	D	19,29	C
	18 mm	3,860	D	20,08	C
MDF	16 mm	4,956	D	30,14	B
	18 mm	4,554	D	37,10	A
		LSD ± 1,809 Nm			

Levha kalınlığı - kavela malzemesi ikili karşılaştırma sonuçlarına göre basınç ve çekme yükü altında en yüksek moment kapasitesi değerleri sırasıyla Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş 18 mm ve 16 mm kalınlığındaki örneklerde elde edilirken, en düşük değerleri plastik kavela ile birleştirilmiş 16 ve 18 mm kalınlığındaki örnekler vermiştir. Plastik kavela ile birleştirilmiş 16 ve 18 mm kalınlığındaki örnekler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Burada, kavela malzemesinin etkisi bir önceki etkileşimde de olduğu gibi çok fazla olduğundan, levha kalınlığının etkisini gizlemiştir.

Diyagonal basınç yükü altındaki moment ortalamalarına göre, levha çeşidi - levha kalınlığı - kavela malzemesi üçlü etkileşimine göre LSD 1,809 Nm kritik değeri için yapılan karşılaştırma sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Üçlü karşılaştırma sonuçlarına göre; en yüksek moment kapasitesi, Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş 18 mm MDF örneklerde elde edilmiştir. Moment kapasitesi bakımından, plastik kavela ile birleştirilmiş örnekler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Burada yine kavela malzemesinin güçlü etkisi levha çeşidi ve levha kalınlığının etkilerini gizlemiştir. Doğu kayını kavela ile birleştirilmiş örneklerde ise, levha çeşidi ve levha kalınlığı ana faktörlerinde görülen etkiler aynı şekilde ortaya çıkmıştır. Buradaki önemli sonuç, deney örneklerinin Doğu kayını kavela ile birleştirilmesi halinde, 16 ve 18

mm YL arasında moment kapasitesi bakımından önemli farklılıkların görülmemesidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada, kutu tipi mobilya üretiminde en çok kullanılan 2 farklı kalınlıktaki 2 levha çeşidi ve bu malzemelerde birleştirme elemanı olarak kullanılan

Doğu kayını kavela ile alternatif olabileceği düşünülen plastik kavelalı L-tipi köşe birleştirmelerin moment kapasitelerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

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 moment taşıma kapasitesi bakımından önerilebilir. Çalışmanın sonucunda, kavela malzemesinin L-tipi birleştirmelerin hem basınç hem de çekme yükü altındaki moment 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.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kasal, A., “Masif ve Kompozit Ağaç malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 7-15 (2004).
2. Eckelman, C., A., “Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture”, Text Book, *Purdue University*, West Lafayette, Indiana, USA, 54-59 (1991).
3. 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).
4. 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).
5. Lin, Shih-Chao., and Eckelman, C., “Rigidty of Furniture Cases With Various Joint Construction”, *Forest Product Journal*, 37(1):23-27 (1987).
6. 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).
7. Liping Cai., and Fenghu Wang , “Influence of the stiffness of corner joint on case furniture deflection”, *Forest Products Journal*, 406 -408 (1993)
8. Efe, H., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı, *Politeknik Dergisi*, Ankara, 1(1-2): 41-54 (1998).
9. Efe, H., Kasal, A., Tabla Tipi Kavelalı Köşe Birleştirmelerde Tutkal Çeşidinin Çekme Direncine Etkileri, *Politeknik Dergisi*, 3(4): 67-72, Ankara, (2000b).
10. Norvydas, V., Papreckis, b., Influence of Dowel Diameter on the Fracture Moment of Glued Doweled Joints, *Materials Science*, 7(3); 164-167 (2001).
11. 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).
12. Tankut, A., Optimum dowel spacing for corner joints in 32-mm cabinet construction *Forest Product Journal*, 55(12): 100-104 (2005).
13. TS EN 312, “Yonga Levhalar-Genel Özellikler”, *T.S.E*, Ankara, (Mart), (2005).
14. Deko Plastik, Üretici Firma, <http://www.dekoplas.com.tr>, Kayseri, 2012.
15. TS EN 323 “Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağırlığının Tayini”, *T.S.E*, Ankara, (1999).
16. TS EN 322 “Ahşap Esaslı Levhalar – Rutubet Miktarının Tayini”, *T.S.E*, Ankara, (1999).