

KUTU KONSTRÜKSİYONLU MOBİLYADA LAMBALI - KİNiŞLİ KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN EĞİLME MOMENT DİRENÇLERİ

*Hasan EFE, *Ali KASAL, **Harun DİLER

*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi
Bölümü, Teknik Okullar, 06500, Ankara, TÜRKİYE,
hasanefe@gazi.edu.tr, akasal@gazi.edu.tr
**Afyon Kocatepe Üniversitesi Sandıklı Meslekyüksek Okulu Mobilya ve
Dekorasyon Programı, 03500, Afyon, TÜRKİYE,
hdiler@aku.edu.tr

ÖZET

Bu araştırmada, ağaç malzeme ve odun esaslı levhalardan hazırlanmış örnekler üzerinde kutu tipi mobilya lambalı – kınışlı köşe birleştirmelerin eğilme moment direnci özellikleri karşılaştırılmıştır. Masif ağaç malzeme olarak; Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Amerikan Kavağı (*Populus x eureamericana*), odun esaslı malzeme olarak ise Okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak, Amerikan Kavağı (*Populus x eureamericana*) kontrplak ve orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmıştır. Her malzemeden 10 adet olmak üzere, toplam 120 örnek statik diyagonal çekme ve basınç yükleri altında test edilmiştir. Deneyler sonucunda, en yüksek eğilme direnci okume kontrplakta, en düşük eğilme direnci değerleri ise sırasıyla masif çam ve kavakta elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Eğilme Momenti, Çekme Yüğü, Basınç Yüğü, Lambalı – Kınışlı Birleştirme, Köşe Birleştirme, Kutu Konstrüksiyon.

BENDING MOMENT RESISTANCES OF THE DADO AND RABBIT CORNER JOINTS ON THE CASE CONSTRUCTION FURNITURE

ABSTRACT

In this research, bending moment resistance properties of the dado and rabbit corner joints on the case construction of furniture prepared from solid wood and wood based materials have been compared. Turkish beech (*Fagus orientalis* Lipsky), scots pine (redwood) (*Pinus sylvestris* L.) and American poplar (*Populus x eureamericana*) were used as the solid wood materials; okoume (*Aucoumea klaineana* Pierre) plywood, American poplar (*Populus x eureamericana*) plywood and medium density fiberboard (MDF) were used as the wood based materials. On condition with 10 replications from each material groups, a total of 120 specimens have been tested under static diagonal tension

and compression loads. At the end of the tests, the highest bending strength has been obtained from okoume plywood, while the lowest bending strength values have been obtained with solid pine and poplar, respectively.

Key Words : Bending Moment, Tension Load, Compression Load, Dado and Rabbet Joint, Corner Joint, Case Construction.

1. GİRİŞ

Mobilya hem estetik hem de fonksiyonel bir tüketim ürünü olarak karakterize edilebilir. Uygun mobilya tasarımlarından beklenen, yüklenen fonksiyonel amaçları karşılama yanında, kullanıcıların estetik taleplerini de tatmin edebilmesidir. Ayrıca mobilya, malzeme ve üretim gereklilikleri bakımından ekonomik olmalıdır. Mobilyanın; üretimi kolay ve pratik olacak şekilde, tasarım amaçlarına uygun ekonomik malzemelerden, kullanıcılar için teknik bakımdan güvenilir bir hizmet verecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Günümüzde; dünya nüfusundaki hızlı artış ve buna paralel olarak artan kaliteli ve sağlam mobilya talepleri, buna karşılık sürekli azalan doğal kaynaklar ve orman varlıkları sonucu mobilya üretiminde masif malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır. Masif malzemeye alternatif olarak odun artıklardan üretilen odun levha ürünleri, hem ekonomik yönden hem de bazı teknik avantajlarından dolayı mobilya üretiminde kullanılmaktadır. Bu malzemelerin daha verimli kullanılması ve dayanıklılığını arttıracak önlemlerin alınması gereklidir. Özellikle kaynakların kötü kullanılmasına ve kaynak savurganlığına yol açan pahalı tasarım ve üretim tekniklerinden kaçınılmalıdır.

Verimli kullanım sağlayacak biçimde tasarlanmayan mobilyalar kendilerinden beklenen performans gösteremeyebilirler. Ürün tasarımcısı, ürünün; kullanımı sırasında hangi tip ve büyüklükte yüklerin etkisinde kalacağını öngörmek durumundadır. Mobilyayı oluşturan elemanlar ile bunların birleştirmeleri, mobilyanın kullanımı sırasında taşınması beklenen yükleri taşıyabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Mobilya birleştirmelerini oluşturmak için bir çok bağlantı elemanı ve birleştirme teknikleri kullanılmaktadır. Rasyonel tasarımın bir gereği olarak, bunlara ilişkin kabul edilebilir direnç - dayanıklılık değerlerinin önceden bilinmesi gerekmektedir.

Mobilya üretiminde masif ağaç malzeme ile karşılaştırıldığında, odun levha ürünlerinin kullanımının teknik ve ekonomik açıdan birçok faydaları olabilir. Bunlardan en önemli avantaj, masif ağaç malzemenin kurutulmasıyla ilgili tüm işlemler yanında kuruma ile ilgili kusurların ortadan kalkmasıdır.

Dolayısıyla daha stabil bir malzeme söz konusudur. Rendeleme işlemi elimine edildiği gibi zaiyat çok aza indirilmiş olur. Ayrıca, masif yerine levha ürünlerinin kullanımı, üretimi kolaylaştıracak ve bu da kapasiteyi arttıracaktır.

Zhang ve Eckelman (1993), yonga levhalar üzerinde tek kavelalı köşe birleştirme elemanları ile yapılan basınç ve çekme direnci deneylerinde, kavela çapı ve kavela boyu artışının direncinde arttırdığını belirtmişlerdir [1].

Zhang ve Eckelman (1993), yonga levhalardan hazırlanan çeşitli boyutlardaki örneklerde, farklı uzaklıklardaki kavelalı birleştirme dirençlerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, diğer şartlar eşit olmak üzere iki kavela arası mesafenin 75 mm olması halinde en yüksek dirence ulaşılacağı bildirilmiştir [2].

Özen vd. (1996), kutu mobilya köşe birleştirmelerinde uygulanan kavelalı, yabancı çitallı ve lambalı birleştirmelerin mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda kavelalı köşe birleştirmenin en iyi, lambalı birleştirmenin ise en kötü sonucu verdiği bildirilmiştir [3].

Efe (2000), lif levha ve yonga levhadan hazırlanan 2, 3, 4 ve 5 'li kavelalı "L" tipi köşe birleştirme örneklerinde basınç ve çekme dirençlerini araştırmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, lif levhalar, yonga levhalara, 8 mm çaplı kavelalar 10 mm çaplı kavelalara, aynı şekilde yonga levhalarda yivli yüzeyli, lif levhalarda düz yüzeyli kavelaların daha iyi sonuçlar gösterdiği; kavela sayısındaki artışın çekme direncinde artışa, basınç direncinde ise azalmaya neden olduğu belirtilmiştir [4].

Efe ve Kasal (2000), yonga levha ve lif levhadan hazırlanan kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte köşe birleştirme yöntemlerinin çekme direnci özellikleri araştırmışlardır. Sonuçta, lif levhaların yonga levhalardan, demonte birleştirmelerde sabit (geleneksel) birleştirmelerden daha iyi sonuçlar verdiğini açıklamışlardır [5].

Efe ve Kasal (2000), kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte köşe birleştirmelerin basınç dirençlerini araştırdıkları çalışmada, demonte ve lif levhadan hazırlanan birleştirmelerin en iyi sonuçlar gösterdiğini belirtmişlerdir [6].

Kutu mobilya üretiminde ağaç esaslı malzemelerin rasyonel kullanımı, bu malzemelerden yapılmış olan birleştirmelerin mukavemet değerleri hakkında

bilimsel verilerin elde edilmesi ile bu malzemelerin masif ağaç malzemeyle karşılaştırıldığında mekanik davranış özelliklerinin belirlenmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada, masif ağaç ve ağaç esaslı malzemelerden hazırlanmış, kutu konstrüksiyonlu lambalı - kınışlı köşe birleştirmelerin diyagonal çekme ve basınç dirençlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Denemelerde ağaç malzeme olarak, Doğu kayını, Amerikan Kavağı ve Sarıçam, mobilya üretiminde yaygın kullanımı nedeniyle araştırma materyalleri olarak seçilmiş ve piyasadan rasgele seçim yöntemi ile sağlanmışlardır. Bu malzemelerin, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış I. sınıf kereste olmasına özen gösterilmiştir.

Bu malzemeler toleranslı ölçülerinde kesildikten sonra, havalandırılan ve güneş ışığı almayan bir ortamda uygun şekilde istiflenmiş ve yaklaşık bir yıl süreyle bekletilmişlerdir.

Odun esaslı levha olarak ise, 18 mm kalınlığında, yedi katmanlı okume ve kavak kontrplaklar ile orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmıştır. Bu malzemeler de piyasadan tesadüfî olarak temin edilmiştir. Denemelerde kullanılan malzemelerin bazı teknolojik özellikleri Tablo 1’ de verilmiştir [7, 8, 9, 10,].

Malzeme	Tam Kuru Yoğunluk (g/cm ³)	Hava Kuru Yoğunluk (g/cm ³)	Hava Kuru Eğilme Direnci (kg/cm ²)	Liflere Paralel Elastikiyet Modülü (kg/cm ²)
Doğu Kayını	0.63	0.66	1230	125000
Sarıçam	0.49	0.52	1000	120000
Amerikan Kavağı	0.41	0.45	600	88000
Okume Kontrplak	0.49	0.52	774	77330
Kavak Kontrplak	0.47	0.51	756	68030
MDF	0.66	0.74	344	24000

Tablo 1. Denemelerde kullanılan malzemelerin bazı teknolojik özellikleri

2.1. Tutkal

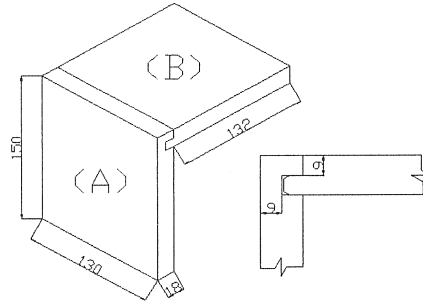
Deney örneklerinin yapıştırılmasında polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Yapıştırımda sıkıştırma basıncı yumuşak ağaçlarda 2-3 kg/cm², sert ağaçlarda 5-6 kg/cm² olarak tavsiye edilmektedir. Yapıştırılan iş, sıcaklığa bağlı olarak değişmekle, en az 30 dakika preslenmiş durumda kalmalıdır. Presleme süresinin uzaması tutkalın bağlanma gücünü artırır [11].

Denemelerde kullanılan tutkalın özellikleri üretici firma tarafından yoğunluk 1,1 g/cm³, vizkozitesi 160-200 cps, PH = 5.00, kül miktarı % 3 olarak verilmektedir.

2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada hazırlanan deney örnekleri ve deney yöntemi için herhangi bir standart mevcut değildir. Bu nedenle, deney örnekleri daha önceki yapılan benzer çalışmalar ve uygulamadaki esaslar dikkate alınarak hazırlanmıştır [1, 2, 3, 13]. Her bir deney örneği (A) ve (B) olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. A elemanı 150 x 130 x 18 mm, B elemanı ise 141 x 130 x 18 mm net ölçülerinde olacak şekilde kesilmiştir (Şekil 1). A elemanına yatay freze makinesinde kuniş, B elemanına da daire testere makinesinde lamba açılmıştır. İşlem gören bu yüzeylere yaklaşık 150 ± 10 g/m² tutkal uygulanmış ve işkencelerle birbirine dik olarak birleştirilerek 2 saat bekletilmişlerdir.

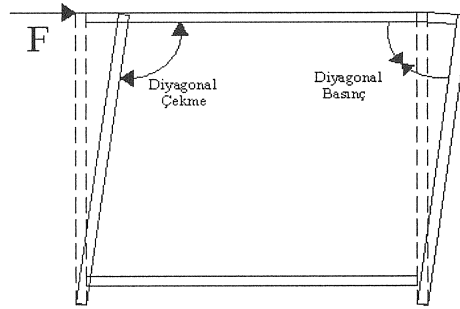
Deneylerde 2 yükleme türü, 6 malzeme çeşidi ve her birinden 10 adet olmak üzere toplam 120 adet (2 x 6 x 10 = 120) örnek hazırlanmıştır. Örnekler, hem tutkallama işleminden önce, hem de tutkallandıktan sonra 20 ± 2 ° C ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında üç hafta süre ile yaklaşık %12 rutubete ulaşınca kadar bekletilmiş, rutubet kontrolü için TS 2471' de belirtilen esaslara uyulmuştur [12].



Şekil 1. Denei örneğinin perspektif görünüşü (Ölçüler mm'dir).

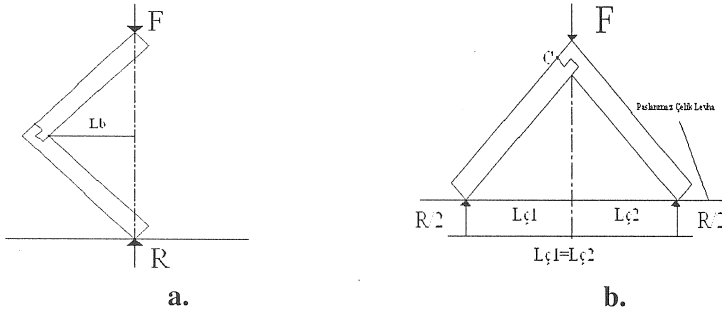
2.3. Deneilerin Yapılışı

Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda meydana gelen mekanik zorlanmalarda, tablaların yeterli burulma direncine sahip olması ve rijitliği durumunda zorlayıcı diyagonal kuvvetler, mobilya sisteminin düğüm noktalarını birbirine doğru kapatmaya (diyagonal basınç) ve dışa doğru açmaya (diyagonal çekme) çalışmaktadır (Şekil 2). Bu çalışmada, kutu mobilyaların köşe birleştirme yerlerindeki açılma ve kapanma gibi deformasyon karakteristiklerini sembolize eden diyagonal çekme ve basınç zorlamaları deney metodu olarak kullanılmıştır.



Şekil 2. Pratikte diyagonal çekme ve basınç yüklerinin meydana gelmesi.

Deneiler 3 tonluk Üniversal Denei Makinesinde (Seidner) basınç kolonunda 6 mm/dak hızda gerçekleştirilmiştir. Diyagonal çekme deneilerinde denei örneklerinin dayanak noktalarındaki sürtünmeyi en aza indirmek için, paslanmaz çelik levhadan yararlanılmıştır. Örnekler denei düzeneklerine tek tek yerleştirilerek kuvvet uygulanmış ve yıkılma anındaki her bir örneğe ait kuvvet \pm % 1 kgf duyarlılıkta belirlenmiştir. Denei düzenekleri Şekil 3a ve 3b' de gösterilmiştir [1, 2, 13].



Şekil 3. Deney örneklerinin basınç (a) ve çekme (b) yükleri altındaki görüntüleri.

2.4. Teorik Analiz

Diyagonal çekme deneylerinde dayanak noktaları, basınç deneylerinde ise birleştirme noktası kuvvet uygulama doğrultusunun dışında olduğu için, köşe birleştirme yerlerinde moment kuvveti, M (Nmm) meydana gelir. Deney örneklerinde yıkılma anındaki kuvvet (F_{max}), basınç deneyi örneklerinde, dönme noktasından (C) kuvvet doğrultusuna dik uzaklık (L_b), çekme deneyi örneklerinde ise mesnet noktalarından kuvvet doğrultusuna dik mesafe (L_c) olmak üzere moment kuvveti (M);

$$\text{basınç deneyi için, } M_b = F_{max} \times L_b \text{ (Nmm)} \quad (2,1)$$

$$\text{çekme deneyi için, } M_c = F_{max} / 2 \times L_c \text{ (Nmm)} \quad (2,2)$$

eşitlikleri kullanılmış ve eğilme momenti değerleri hesaplanarak Tablo 2' de verilmiştir.

Yükleme Tipi	Malzeme Türü	Ortalama Eğilme Momenti (Nmm)
Diyagonal Çekme	Doğu Kayını	152238
	Sarıçam	138980
	Kavak	135322
	Okume Kontrplak	163210
	Kavak Kontrplak	149037
	MDF	148580
Diyagonal Basınç	Doğu Kayını	262240
	Sarıçam	234594
	Kavak	233015
	Okume Kontrplak	274088
	Kavak Kontrplak	238544
	MDF	240124

Tablo 2. Ortalama eğilme momenti değerleri (Nmm).

Diyagonal basınç örneklerinde $L_b = 80,6$ mm, diyagonal çekme örneklerinde ise $L_c = 93,3$ mm olarak hesaplanmıştır. Sistemin mukavemeti, yani dış momente karşı koyan örnek mukavemet kuvveti, sadece tutkallı lambalı-kinişli birleştirmenin taşıdığı kuvvet olarak kabul edilmiş, (A) ve (B) elemanlarının rijitliğinde dayanak noktalarındaki sürtünme ve diğer kuvvetler dikkate alınmamıştır.

Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde iki elemanın birleşme yerlerinde; 1 ve 3 numaralı yüzeylerdeki tutkal hattında genellikle normal “eksenel çekme”, 2 ve 4 numaralı yüzeylerdeki tutkal hattında ise kayma “makaslama-kesme” gerilmeleri ile karşılaşmıştır (Şekil 4). Literatüre göre, birleştirmelerin yapıştırılmasında kullanılan PVAc tutkalının kopma direnci (normal gerilmeler) değeri $0,8 \text{ N/mm}^2$, kayma (makaslama – kesme) direnci değeri ise, malzemeye göre değişmekle birlikte ortalama 5 N/mm^2 ’ dir [14, 15, 16]. Ayrıca, birleştirme yerlerinde normal gerilmelerin meydana geldiği belirtilen yüzeylerden bir tanesi odun kompoziti malzemelerde kenar, ağaç malzemelerde ise makta – enine (baş) kesit olduğundan, bahsedilen yüzeylerdeki tutkalın yapıştırma yeterliliğinin, birleştirmenin dayanımına katkısının çok önemli olmadığı, esasen rijitliğin makaslama gerilmelerinin etkisindeki yüzeylerdeki yapışma ile sağlandığı; yani deney kuvvetlerinin uygulanmasıyla meydana gelen eğilme momentinin, birleşme yüzeylerindeki tutkalın makaslama direnci tarafından karşılandığı belirtilebilir.

2.5. Çekme ve Basınç Analizi

Deney kuvvetlerinin uygulanmasıyla oluşan dış eğilme momentine karşılık, yapışma yüzeylerinde dönme noktalarına (C) göre iç momentler (m_b , m_c) meydana gelmektedir. Buna göre;

$$m_b = 2 [(a \times b) \times \sigma_t \times y_n] + 2 [(b \times h) \times \tau_b \times y_k] \quad (\text{Nmm}) \quad (2,3)$$

$$m_c = 2 [(a \times b) \times \sigma_t \times y_n] + 2 [(b \times h) \times \tau_c \times y_k] \quad (\text{Nmm}) \quad (2,4)$$

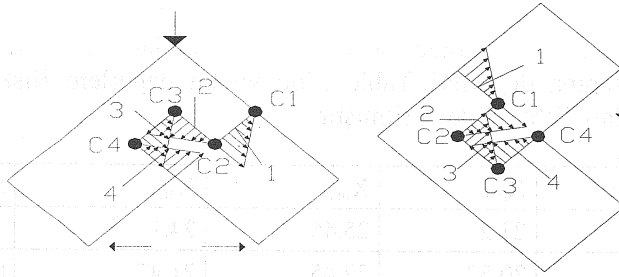
eşitlikleriyle hesaplanan alan momentleri, yıkılanma anında taşınan eğilme momentlerine eşit kabul edilerek, basınç ve çekme yüklemesi altında tutkal hattında meydana gelen makaslama direnci değerleri;

$$\tau_b = M_b - n_n [(a \times b) \times \sigma_t \times y_n] / n_k [(b \times h) \times y_k] \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2,5)$$

$$\tau_c = M_c - n_n [(a \times b) \times \sigma_t \times y_n] / n_k [(b \times h) \times y_k] \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2,6)$$

eşitliklerinden hesaplanmıştır. Burada ;

- n_n : Normal gerilme meydana gelen yüzey sayısı (2 Adet)
 n_k : Makaslama gerilmesi meydana gelen yüzey sayısı (2 Adet)
 a : Normal gerilmelerin oluştuğu yüzeyin uzunluğu (130 mm)
 b : Normal gerilmelerin oluştuğu yüzeyin genişliği (9 mm)
 σ_t : PVAc tutkalının kopma direnci ($0,8 \text{ N/mm}^2$) [14]
 y_n : Normal gerilmelerin oluştuğu yüzeyin ağırlık merkezinden dönme merkezine olan uzaklık (4,5 mm)
 b : Makaslama gerilmelerinin oluştuğu yüzeyin uzunluğu (130 mm)
 h : Makaslama gerilmelerinin oluştuğu yüzeyin genişliği (9 mm)
 τ_b : Basınç yükü etkisinde, tutkal hattında oluşan makaslama direnci değeri (N/mm^2)
 τ_φ : Çekme yükü etkisinde, tutkal hattında oluşan makaslama direnci değeri (N/mm^2)
 y_k : Makaslama gerilmelerin oluştuğu yüzeyin ağırlık merkezinden dönme merkezine olan uzaklık (4,5 mm)' dir.



a. Çekme yükü altında oluşan gerilmeler gerilmeler

b. Basınç yükü altında oluşan gerilmeler

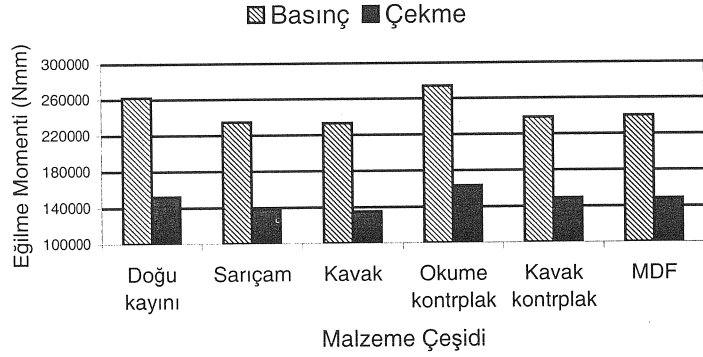
Şekil 4. Deney yükleri altında, dönme noktaları ve gerilme dağılımları.

2.5. İstatistiksel Değerlendirme

Malzeme türlerinin, diyagonal basınç ve çekme yüklemeleri altında yapışma yüzeylerinde meydana gelen kayma “makaslama-kesme” direnci değerlerine etkilerini belirlemek amacıyla basit varyans analizi (one – way anova) kullanılmış, etkilemenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler en küçük önemli fark (LSD : Least significant difference) testi ile karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR

Diyagonal basınç ve çekme yüklemesi altında taşınan eğilme momenti sonuçları Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Deney yükleri altında taşınan eğilme momenti değerleri (Nmm).

3.1. Diyagonal Basınç Deneyi

Diyagonal basınç yükü altında, deney örneklerinin birleştirme yüzeylerindeki tutkal hattında meydana gelen ortalama makaslama direnci ve standart sapma değerleri Tablo 3'de ve bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Malzeme Türü	X_{\min}	X_{\max}	X_{ort}	S
Doğu kayını	23.2	25.45	24.1	1.18
Sarıçam	20.57	22.45	21.47	0.73
Kavak	20.95	21.7	21.32	0.25
Okume kontrplak	24.7	25.82	25.22	0.4
Kavak kontrplak	21.32	22.45	21.85	0.4
MDF	21.32	22.82	22	0.58

Tablo 3. Basınç yüklemesi altında oluşan makaslama direnci değerleri (N/mm^2).

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	129.352	5	25.870	58.008	0.000
Gruplar İçi	24.083	54	0.446		
Toplam	153.435	59			

Tablo 4. Malzeme türlerinin, diyagonal basınç yükü etkisinde tutkal hattında meydana gelen makaslama direncine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Varyans analizi sonuçlarına göre; malzeme türünün, basınç yüklemesi altında lambalı-kinişli birleştirme yüzeylerinde meydana gelen makaslama direnci üzerindeki etkisi 0.001 hata payı ile anlamlı çıkmıştır. Malzeme türlerinin makaslama direnci üzerindeki etkilerine ait ortalama değerlerin LSD kritik değeri 0,6369 için karşılaştırılması Tablo 5' de verilmiştir.

Malzeme Türü	Makaslama Direnci (N/mm ²)	
	(X)	HG
Doğu kayını	24.1	B
Sarıçam	21.47	CD
Kavak	21.32	D
Okume kontrplak	25.22	A
Kavak kontrplak	21.85	CD
MDF	22	C

Tablo 5. Malzeme türüne göre basınç yüklemesi altında oluşan makaslama direnci ortalama değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.

LSD \pm 0,6369

HG : Homojenlik grubu

Buna göre, diyagonal basınç yüklemesi altında birleştirme yerlerinde meydana gelen eğilme momentini karşılamada en başarılı malzeme okume kontrplak çıkmış, en dirençsiz malzeme ise kavak olarak bulunmuştur. Sarıçam – kavak kontrplak arasındaki farklar istatistiksel anlamda belirgin değildir.

3.2. Diyagonal Çekme Deneyi

Diyagonal çekme yüklemesi altında, deney örneklerinin birleştirme yüzeylerindeki tutkal hattında meydana gelen makaslama direnci ve standart sapma değerleri Tablo 6'da ve bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Malzeme Türü	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	S
Doğu kayını	12	15.48	13.65	1.19
Sarıçam	12.22	12.65	12.39	0.22
Kavak	11.79	12.44	12.05	0.26
Okume kontrplak	13.96	15.26	14.69	0.49
Kavak kontrplak	13.09	13.79	13.35	0.26
MDF	12.87	13.74	13.31	0.32

Tablo 6. Çekme yükü altında oluşan makaslama direnci değerleri (N/mm²).

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Gruplar Ara.	44.438	5	8.888	26.971	0.000
Gruplar İçi	17.794	54	0.330		
Toplam	62.231	59			

Tablo 7. Malzeme türlerinin, diyagonal çekme yükü etkisinde tutkal hattında meydana gelen makaslama direncine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Buna göre; malzeme türünün, çekme yükü altında lambalı-kinişli birleştirme yüzeylerinde meydana gelen makaslama direnci üzerindeki etkisi 0.001 hata olasılığı ile önemlidir. Malzeme türlerinin makaslama direnci üzerindeki etkilerine ait ortalama değerlerin 0,5198 LSD kritik değeri için karşılaştırılması Tablo 8’ de verilmiştir.

Malzeme Türü	Makaslama Direnci (N/mm ²)	
	(X)	HG
Doğu kayını	13.65	B
Sarıçam	12.39	C
Kavak	12.05	C
Okume kontrplak	14.69	A
Kavak kontrplak	13.35	B
MDF	13.31	B

Tablo 8. Malzeme türüne göre çekme yüklemesi altında oluşan ortalama makaslama direnci değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.

LSD \pm 0,5198

Buna göre, diyagonal çekme yüklemesi altında tutkal hattında en yüksek makaslama direnci değerine sahip malzeme okume kontrplak olmuş, en düşük makaslama direnci değerleri ise sırasıyla sarıçam ve kavak malzemelerde elde edilmiştir. Doğu kayını, kavak kontrplak ve MDF arasındaki farklar bilimsel anlamda önemsiz bulunmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çeşitli ağaç malzeme ve odun esaslı malzemelerden hazırlanmış kutu konstrüksiyonlu mobilya lambalı - kinişli köşe birleştirmeler, farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir. Ortalama eğilme momentleri bakımından, diyagonal çekme ve basınç yüklemeleri altında okume kontrplak en dayanıklı, masif kavak ise en dayanıksız çıkmıştır.

Kavak kontrplağın eğilme momenti masif kavak malzemeye oranla % 5 daha fazla çıkmıştır. Bunun sebebi, kavak kontrplağın yoğunluğunun masif kavak malzemeye göre daha fazla olması olabilir. Kavak kontrplak aynı ağaç türünden üretilmesine rağmen, kullanılan tutkal karışım çözeltisi (dolgu ve katkı maddeleri) sebebiyle masif kavaktan daha yüksek yoğunluğa sahiptir. Literatürde yapışma direncinin malzemenin yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirtilmektedir [7].

Kullanılan malzemenin yoğunluğu ile yapışma direnci arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Yoğunluğun fazla olması, birbirine temas eden yüzey alanının büyümesine, dolayısıyla moleküllerin birbirine daha fazla yaklaştırılarak adezyon kuvvetinin artmasına sebep olmuş olabilir. Ayrıca, yoğunluğu fazla olan ağaç veya ağaç esaslı kompozit malzemelerde, ağaç malzemenin selüloz molekülleri ile tutkalın hidroksil grupları (OH) arasında oluşan hidrojen köprülerinin daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Yoğunluğu fazla olan malzemelerin, kesicilerle işlem gördükten sonra, yoğunluğu daha düşük olan malzemelere göre daha düzgün, daha pürüzsüz bir yüzey vermesi beklenir. Yüksek yoğunluklu malzeme yüzeyi ile tutkal katmanı arasında oluşacak adezyon kuvveti, düşük yoğunluklu malzeme yüzeyine oranla daha güçlüdür. Pürüzlü yüzeylerde noktasal temas gerçekleştiğinden, adezyon kuvveti azalır.

Basınç ve çekme yüklemesi altında, tutkal hattında en yüksek makaslama direncine sahip malzeme okume kontrplak çıkmıştır. Okume kontrplak, Doğu kayınından bile daha mukavemetli çıkmıştır. Bu durum, okume kontrplağın, kayın odununa göre daha stabil ve daha düşük yoğunlukta olması ve buna bağlı olarak düşük iç yüzey gerilmeleri göstermesi ve tutkalın bağlama gücünü olumlu etkilemesiyle açıklanabilir.

Sonuç olarak, kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde odun esaslı malzemelerin kullanılmasının teknik ve ekonomik bakımdan faydalı olacağı görülmüştür. Özellikle okume kontrplağın kutu konstrüksiyonlu mobilya ve kapalı koltuk ve kanepeler üretiminde kullanımı önerilebilir. Çekmece kutusu yapımında ise kavak kontrplak veya MDF 'nin tercih edilmesi, masif malzemelere göre daha stabil, mukavemetli ve ekonomik olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Zhang, J., L., Eckelman, C., A., The Bending Moment Resistance of Single – Dowel Corner Joints in Case Construction, *Forest Product Journal*, 43: (6), 19 – 24, (1993)
2. Zhang, J., L., Eckelman, C., A., Rational Design of Multi – Dowel Corner Joints in Case Construction, *Forest Product Journal*, 43: (11/12), 52 – 58, (1993)
3. Özçiğçi, A., Altınok, M., Özen, R., Kutu Mobilyada Bazı Köşe Birleştirmelerin Mukavemet Özelliklerine Ait Deneysel Sonuçların İstatistiksel Analizi ve Değerlendirilmesi, *Journal of Scientific Research Foundation*, 1: (2), 63 – 70, (1996)
4. Efe, H., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı, *G. Ü. T. E. F. , Politeknik Dergisi*, 1: (1-2), 41-54, (1998)
5. Efe, H., Kasal, A., Kutu Konstrüksiyonlu Sabit ve Demonte Köşe Birleştirmelerde Çekme Direnci, *G.Ü., Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8: (8), 61 - 74, (2000)
6. Efe, H., Kasal, A., Tabla Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Eğilme Direnci Özellikleri, *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi*, 3: (4), 33 – 45, (2000).
7. Örs, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., Kayın, Okume ve Kavak Soyma Kaplamalarından Farklı Kombinasyonlarda Üretilen Kontrplakların Bazı Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması, *G.Ü.T.E. F., Politeknik Dergisi*, 5: (3), 257-265, (2002)
8. Bozkurt, Y., Ağaç Teknolojisi, 3. Basım, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 220, (1986)
9. Bozkurt, Y., Göker, Y., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, 2. Basım, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 374, (1996)
10. Makepeace, J., *The Encyclopedia of Wood*, Aidan Walker, Facts on File, Limited c/o Roundhouse Publishing Ltd., Quarto Publishing plc, London, 192, (1989)
11. TS 3891, Yapıştırıcılar – Polivinilasetat Esaslı Emülsiyon (Ahşap Malzeme İçin), (Tadil AMD1: 1992 – 07), T.S.E. , Ankara, (1982)
12. TS 2471, Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyle İçin Rutubet Miktarının Tayini, T.S.E., Ankara, (1976)
13. Eckelman, C.A., Lin, F.C., Bending Strength of Corner Joints Constructed with Injection – Molded Splines, *Forest Product Journal*, 47: (4), 89 – 92, (1997).
14. Tekin, A., Bazı Ağaç Türlerinde Temel Makinalar ile Açılmış Zıvanaların Diyagonal Basınç ve Çekme Dirençlerinin Belirlenmesi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 61, Ankara, (1999)
15. Altınok, M., “Masa Yapımında Uygulanan Sütun Ayaklarda Konstrüksiyon Modellemesi”, *Politeknik*, 1 (1-2) : 105-109, (1998)
16. Altınok, M., Döngel, N., Söğütü, C., Modifiye Edilmiş Polivinilasetat Dispersiyonu (VB20) Tutkalının Yapışma Direncinin Belirlenmesi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13: (2), Ankara, (2000)