

KUTU KONSTRÜKSİYONLU MOBİLYADA L-TİPİ KAVELALI KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN EĞİLME MOMENT DİRENÇLERİ

Ali KASAL¹ Harun DİLER² İlhan KOCATÜRK³ Özlem KASAL⁴

¹Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon
Eğitimi Bölümü, Kötekli, 48000, Muğla, TÜRKİYE

²Afyon Kocatepe Üniversitesi Sandıklı Meslek Yüksekokulu Mobilya ve
Dekorasyon Programı, 03500, Afyon, TÜRKİYE

³İskitler Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü,
İskitler, 06500, Ankara, TÜRKİYE

⁴Fethiye Mesleki Eğitim Merkezi, Fethiye, Muğla, TÜRKİYE

ÖZET

Bu araştırmada, masif ve kompozit ağaç malzemelerden hazırlanmış kutu konstrüksiyonlu mobilya “L” tipi kavelalı köşe birleştirmelerin eğilme moment dirençleri karşılaştırılmıştır. Masif ağaç malzeme olarak; Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), sarıçam (*Pinus sylvestris Lipsky*) ve kavak (*Populus x eureamericana*), kompozit ağaç malzeme olarak da okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak, kavak (*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 moment direnci masif Doğu kayınında, en düşük eğilme moment direnci değerleri ise sırasıyla masif kavak ve kavak kontrada elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Eğilme moment direnci, kavelalı birleştirme, köşe birleştirme, kutu konstrüksiyon, mobilya.

BENDING MOMENT RESISTANCE OF THE L-TYPE DOWEL CORNER JOINTS IN CASE CONSTRUCTION FURNITURE

ABSTRACT

In this research, bending moment resistance of the dowel corner joints with the case construction of furniture prepared from solid wood and wood based composite materials were compared. Turkish beech (*Fagus orientalis Lipsky*), scotch pine (*Pinus sylvestris Lipsky*) and poplar (*Populus x eureamericana*) were considered as the solid wood materials, okoume (*Aucoumea klaineana*) plywood, poplar (*Populus x eureamericana*) plywood and medium density fiberboard (MDF) were considered as the wood based composite materials. 10 replications from each material groups, a total of 120 specimens were tested under static diagonal tension and compression loads. As a results of the tests, the highest bending moment resistance have been obtained with solid beech, while the lowest bending moment resistance values have been obtained with solid poplar and poplar plywood, respectively.

Key Words : Bending moment resistance, dowel joint, corner joint, case construction, furniture.

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusundaki hızlı artış ve buna paralel olarak artan kaliteli ve sağlam mobilya talepleri, buna karşılık sürekli azalan geleneksel kaynaklar ve orman varlıkları sonucu mobilya üretiminde masif malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır. Masif malzemeye alternatif olarak zirai artıklardan üretilen odun kompoziti malzemeler, hem ekonomik yönden hem de diğer önemli avantajlarından dolayı mobilya üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemelerin daha verimli kullanılması ve dayanıklılığını arttıracak tedbirlerin alınması gereklidir. Özellikle kaynakların kötü kullanılmasına ve kaynak israfına yol açan pahalı tasarım ve üretim tekniklerinden kaçınılmalıdır [1].

Verimli kullanım sağlayacak biçimde tasarlanmayan mobilyalar kendilerinden beklenen performansı gösteremeyebilirler. Ürün tasarımcısı, ürünün kullanımda olduğu sırada hangi tip ve hangi büyüklükte yüklerin uygulanacağını bilmek durumundadır. Mobilyayı oluşturan elemanlar ve birleştirmeler, mobilyanın kullanımı esnasında taşınması beklenen yükleri taşıyabilecek şekilde rasyonel olarak tasarlanmalıdır. Mobilya birleştirmelerini oluşturmak için birçok bağlantı ve bağlama teknikleri kullanılmaktadır. Rasyonel tasarımın bir gereği olarak, bağlantı elemanları

ile birleştirme tekniklerine ilişkin kabul edilebilir mukavemet değerleri bilinmelidir [2].

Mobilya üretiminde masif ağaç malzemeye kıyasla, odun kompoziti kullanımının teknik ve ekonomik açıdan birçok faydaları olabilir. Bunlardan en önemli avantaj, masif ağaç malzemenin kurutulmasıyla ilgili tüm işlemler ve kuruma ile ilgili kusurların ortadan kalkmasıdır. Rendeleme işlemi elimine edildiği gibi fire çok aza indirilmiş olur. Üstelik, mobilya parçalarının bu düz panellerden üretilmesi, masif ağaç malzemenin üretilmesine oranla çok daha hızlı ve daha kolaydır.

1.1. Kaynak Araştırması

Kavela, iki mobilya elemanını tutkal veya başka bağlantı gereçleriyle birlikte birbirine bağlamak için kullanılan silindirik şeklindeki ağaç çubuklarıdır. Kavela, eğer tutkal kullanılmadan uygulanmışsa, genellikle ana bir bağlantı elemanından ziyade parçalara klavuzluk yapmak görevini üstlenmiştir. Gerek çerçeve, gerekse kutu tipi mobilya elemanlarının birbirine bağlanmasında en yaygın olarak kullanılan birleştirme tekniği kavelalı birleştirmedir. Kavelalı birleştirmeler, hem seri üretim yapan hem de atelye tipi üretim yapan işletmeler için son derece uygun ve kullanılan bir tekniktir. Çünkü, maliyet olarak düşüktür ve kavelalı birleştirme konstrüksiyonu sadece basit delme işlemlerinden ibarettir.

Eckelman (1970), “İki Kavelalı Birleştirmede Eğilme Mukavemeti ve Moment Rotasyonunun Karakteristikleri” adlı çalışmada, şeker akçaağacı odunlarından elde edilen T şeklindeki eğilme elemanlarını üre – formaldehit tutkalı ile denemiş ve eğilme mukavemetinin, tek kavelanın çekilmede gösterdiği mukavemet kuvveti ile iç moment kolunun çarpımına eşit olduğunu ortaya koymuştur.

$$M = F \times d \quad (1.1)$$

Burada, M = eğilme momenti, F = tek kavelanın düz çekme mukavemeti, d = iç moment kolu’ dur [3].

Engleson (1973) yeterli miktarda tutkal kullanımının kavela tutma mukavemeti üzerinde etkili bir faktör olduğunu vurgulamıştır. Yonga levhalarla oluşturulan kavelalı köşe birleştirmelerle yaptığı deneyler sonucunda; tutkalın hem kavela yüzeylerine hem de kavela deliği duvarlarına sürülmesinin, sadece kavela deliği duvarlarına sürülmesine kıyasla birleştirmelerin mukavemetini % 35 arttırdığını bildirmiştir [4].

Eckelman ve Cassens (1985) mobilya üretiminde kullanılan yönlendirilmiş yonga levha (OSB), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve yonga levha gibi odun kompoziti malzemelerin, çeşitli yüzey konfigürasyonlarındaki kavelalar ile tutma mukavemetlerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, fazla miktarda tutkal kullanımının mukavemeti arttırdığını ve bu durumda düz ve spiral yivli yüzeyli kavelaların, düz yivli kavelalardan daha yüksek mukavemet gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, yüzeyden kavala tutma mukavemetinin, kullanılan malzemenin iç yapışma direnci ile yakından ilişkili olduğunu bildirmişlerdir [5].

Cai ve Wang (1993) kutu konstrüksiyonlu kavelalı köşe ve orta birleştirmelerinin mukavemetinin, kullanılan kavala sayısı arttırılmak suretiyle % 5 – 15 arasında arttırılabileceğini bildirmişlerdir [6].

Zhang ve Eckelman (1993), yonga levhalar üzerinde tek kavelalı köşe birleştirme elemanları ile yaptıkları basınç ve çekme deneylerinde, kavala çapı ve kavala boyu arttıkça direncinde arttığını tespit etmişlerdir [7].

Zhang and Eckelman (1993), yonga levhalarda farklı sayıda kavala kullanılarak yapılan çekme ve basınç deneylerinde numune genişlikleri ve kavelalar arası mesafeler değiştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, diğer şartlar eşit olmak üzere iki kavala arası mesafenin 75 mm olması halinde en yüksek dirence ulaşılabileceği bildirilmiştir [8].

Özçifçi vd. (1996), kutu mobilya köşe birleştirmelerinde uygulanan kavelalı, yabancı çıtalı ve lambalı birleştirmelerin mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda kavelalı köşe birleştirmenin en iyi, lambalı birleştirmenin ise en kötü sonucu verdiği bildirilmiştir [9].

Efe (2000), lif levha ve yonga levha ile oluşturulan “L” tipi köşe birleştirme numunelerinde sırasıyla 2, 3, 4, ve 5 'li kavala dizilerinin basınç ve çekme dirençleri araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, 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. Denemeler sonucunda kavala adedindeki artışın çekme direncinde artışa, basınç direncinde ise azalmaya neden olduğu belirlenmiştir [10].

Kutu mobilya üretiminde ağaç esaslı kompozit malzemelerin rasyonel kullanımı, bu malzemelerden yapılmış olan birleştirmelerin mukavemet değerleri hakkında bilimsel verilerin elde edilmesi ile bu malzemelerin masif ağaç malzemeye kıyasla nasıl bir mekanik davranış özellikleri gösterdiklerinin tespit edilmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada, masif ve

kompozit ağaç malzemelerden hazırlanmış, kutu konstrüksiyonlu kavelalı “L” tipi köşe birleştirmelerin eğilme moment dirençlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Ağaç Malzemeler

Bu çalışmada, Doğu kayını, kavak ve sarıçam mobilya üretiminde yaygın kullanımları sebebiyle seçilmiş ve piyasadan tesadüfi yöntem ile temin edilmiştir. Ağaç malzemelerin seçiminde, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış I. sınıf kereste olmasına özen gösterilmiştir. Temin edilen kalaslar kaba ölçülerinde kesildikten sonra, havalandırılan ve direk güneş ışığı almayan bir ortamda aralarına göknar latalar konularak istiflenmiş ve yaklaşık bir sene süreyle bekletilmişlerdir.

Denemelerde kompozit ağaç malzeme olarak ise 18 mm kalınlığında, TS 46 esaslarına uygun okume ve kavak tabakalı levhalar (kontrplak) ile TS 64 standartlarında orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmıştır [11,12].

2.2. Tutkal

Deney örneklerinin tutkalanmasında polivinilasetat (PVAc) tutkalı tercih edilmiştir [13]. Denemelerde kullanılan tutkalın özellikleri üretici firma tarafından yoğunluk 1.1 g/cm^3 , vizkositesi 160-200 cps, PH = 5.00, kül miktarı % 3 olarak verilmiştir.

2.3. Kavela

Kavela genellikle sert ağaçlardan değişik biçim ve boyutlarda hazırlanabilen ve ahşap mobilya birleştirmelerinde kullanılan uçları pahlı ince çubuklardır. Bu çalışmada 8 mm çapında 35 mm boyunda yivli gövdeli TS 4539’ da belirtilen özelliklerde kayın odunundan hazırlanan kavelalar kullanılmıştır [14]. Denemelerde kullanılan kavela Şekil 1’ de gösterilmiştir.

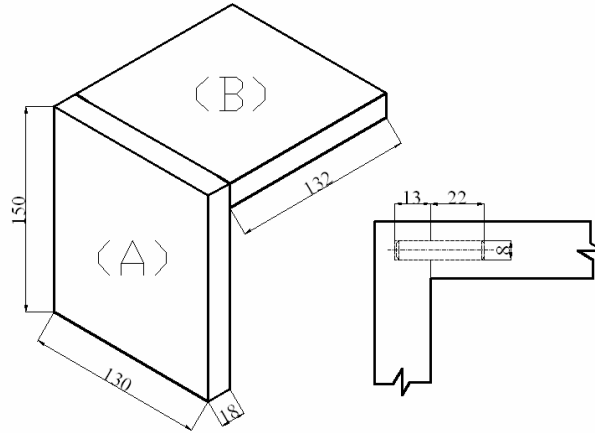


Şekil 1. Deneylerde kullanılan kavela (ölçüler mm’dir).

2.4. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Her bir deney örneği (A) ve (B) olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. A elemanı 150 x 130 x 18 mm, B elemanı ise 132 x 130 x 18 mm ölçülerinde olacak şekilde kesilmiştir (Şekil 2). Birleşme yüzeylerine 2 kenarlarda 1 de ortada olmak üzere 3 kavala koyulmuştur. Kavala merkezleri parça kenarından 15 mm ve diğer iki kavala eksenleri arası 50 mm olacak şekilde markalanmıştır. Daha sonra A elemanına yatay delik makinesinde 13 mm, B elemanına da dikey delik makinesinde 22 mm derinliğinde delikler açılmıştır. Bu işlemleri takiben, A ve B elemanları birbirlerine dikey konumda olacak şekilde ve ortalama $150 \pm 10 \text{ g/m}^2$ hesabıyla tutkal sürülerek işkence yardımıyla “L” şeklinde preslenmiştir. Tutkal hem arakesit yüzeylerine, hem deliklere, hem de kavala yüzeylerine sürülmüştür. Örnekler preslenmiş vaziyette 2 saat bekletilmişlerdir.

Deneylerde 6 levha türü, 2 yükleme biçimi ve her örnekten 10 adet olmak üzere toplam 120 adet ($6 \times 2 \times 10 = 120$) deney örneği hazırlanmıştır. Örnekler, $20 \pm 2^\circ \text{C}$ ve $\% 65 \pm 3$ bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında, ortalama $\%12$ rutubete ulaşmaya kadar bekletilmiş, rutubet kontrolü için ise TS 2471’ de belirtilen esaslara uyulmuştur [15].

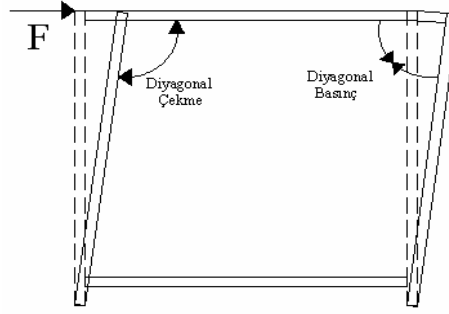


Şekil 2. Deney örneğinin perspektif ve kesit görünüşü (Ölçüler mm’dir).

2.5. Deneylerin Yapılışı

Çerçeve tipi mobilyalarda sağlamlık elemanların eğilme dirençleri ile birleştirmelerin mukavemetine bağlı iken, kutu konstrüksiyonlu mobilyaların sağlamlığı sistemi oluşturan tablaların rijitliği ile birleştirmenin direncine bağlıdır [16]. Zeminle temas eden noktalarından mesnetlenmiş, köşelerinden

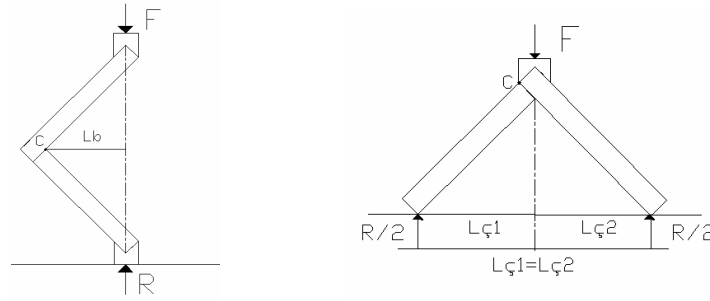
birleştirilmiş, rijit tablolardan oluşan dört elemanlı bir kutu mobilyada bir “F” yatay dış uygulama kuvveti etkisinde köşelerde meydana gelen çekme ve basınç zorlamaları Şekil 3’ de gösterilmiştir.



Şekil 3. Bir “F” dış yatay kuvvetinin etkisindeki kutu mobilya köşelerinde diyagonal çekme ve basınç zorlamalarının oluşumu.

Bu çalışmada uygulamaya yönelik olmak üzere, kutu mobilyaların köşe birleştirme yerlerindeki açılmayı ve kapanmayı sembolize eden diyagonal basınç ve çekme zorlamaları deney metodu olarak kabul edilmiştir.

Deneyler, 30 kN kapasiteli “Seidner Eğilme Cihazı”nda basınç kolunda 6 mm/dak hız sağlanan statik yüklemelerle gerçekleştirilmiştir. Diyagonal çekme deneylerinde, deney örneklerinin mesnet noktalarındaki sürtünmeyi en aza indirmek için, elemanların bulunduğu zemine paslanmaz çelik levha konulmuştur. Deney örneklerinin kırılma anındaki kuvvetler newton (N) cinsinden kaydedilmiştir. Deney düzenekleri Şekil 4a ve 4b’ de gösterilmiştir.



a.

b.

Şekil 4. Deney örneklerinin (a) basınç ve (b) çekme yükleri altındaki görünümleri.

2.6. Diyagonal Çekme ve Basınç Analizi

Diyagonal çekme deneylerinde destek noktaları, diyagonal basınç deneylerinde ise birleştirme yeri kuvvet doğrultusunun dışında olduğundan, köşe birleştirme yerlerinde moment kuvveti meydana gelir. Deney örneklerinde kırılma anındaki kuvvet (F_{max}), basınç deneyi örneklerinde, dönme noktasından (C) kuvvet doğrultusuna dik mesafe (L_b), çekme deneyi örneklerinde ise mesnet noktalarından kuvvet doğrultusuna dik mesafe (L_c) olmak üzere oluşan dış moment (M_b, M_c);

$$\text{Basınç deneyi için, } M_b = F_{max} \times L_b \quad (\text{Nm}) \quad (2.1)$$

$$\text{Çekme deneyi için, } M_c = F_{max} / 2 \times L_c \quad (\text{Nm}) \quad (2.2)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

Diyagonal basınç örneklerinde $L_b = 80.6$ mm, diyagonal çekme örneklerinde ise $L_c = 93.3$ mm olarak hesaplanmıştır. Sistemin mukavemeti, sadece tutkallı kavelalı birleştirmelerin taşıdığı kuvvet olarak kabul edilmiş, (A) ve (B) elemanlarının rijitliğinde mesnet noktalarındaki sürtünme ve diğer kuvvetler hesaba alınmamıştır.

Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde iki elemanın birleşme yerlerinde; arakesit yüzeylerindeki tutkal hattında normal (eksenel çekme) gerilmeleri, kavala yüzeylerdeki tutkal hattında ise kayma (kesme) gerilmeleri meydana gelir. Normal gerilmelerin meydana geldiği yüzeylerde meydana gelen yapışmanın, birleştirmenin mukavemeti üzerindeki katkısının çok önemli olmadığı, esasen rijitliğin kesme gerilmelerinin meydana geldiği kavala yüzeylerindeki tutkal hattında oluşan yapışma tarafından sağlandığı kabul edilmiştir. Bir başka ifade ile deney kuvvetlerinin uygulanmasıyla meydana gelen eğilme momentini, kavelalı birleştirme yüzeylerindeki tutkalın kesme direnci karşılamaya çalışmaktadır.

Maksimum deney kuvvetlerinin uygulandığı esnada oluşan dış eğilme momentlerine (M_b, M_c) karşılık, yapışma yüzeylerinde (arakesit ve kavala), dönme noktalarına (C) göre alan (iç) momentleri (m_{bt}, m_{ct}) meydana gelir. Buna göre, arakesit yüzeylerinde meydana gelen alan momentleri;

$$m_{ba} = [(A_{arakesit}) \times \sigma_t \times y_n] \quad (\text{Nmm}) \quad (2.3)$$

$$m_{ca} = [(A_{arakesit}) \times \sigma_t \times y_n] \quad (\text{Nmm}) \quad (2.4)$$

eşitlikleriyle, kavala yüzeylerinde meydana gelen alan momentleri ise;

$$m_{bk} = 3 [(A_{kavela}) \times \tau_b \times y_k \quad \text{Nmm}] \quad (2.5)$$

$$m_{\zeta k} = 3 [(A_{kavela}) \times \tau_{\zeta} \times y_k] \quad \text{(Nmm)} \quad (2.6)$$

eşitlikleriyle hesaplanmıştır. Bu durumda, birleştirme yerlerinde arakesit ve kavela yüzeyleri tarafından taşınan toplam momentler (m_{bt} , $m_{\zeta t}$);

$$m_{bt} = m_{ba} + m_{bk} \quad \text{(Nmm)} \quad (2.7)$$

$$m_{\zeta t} = m_{\zeta a} + m_{\zeta k} \quad \text{(Nmm)} \quad (2.8)$$

eşitliklerinden bulunmuştur. Hesaplanan toplam momentler, kırılma anında taşınan dış eğilme momentlerine eşit kabul edilerek ($M_b = m_{bt}$, $M_{\zeta} = m_{\zeta t}$), basınç ve çekme yüklemesi altında kavela yüzeylerindeki tutkal hattında meydana gelen kesme direnci değerleri;

$$\tau_b = M_b - [(A_{arakesit}) \times \sigma_t \times y_n] / 3 [(A_{kavela}) \times y_k] \quad \text{(N/mm}^2\text{)} \quad (2.9)$$

$$\tau_{\zeta} = M_{\zeta} - [(A_{arakesit}) \times \sigma_t \times y_n] / 3 [(A_{kavela}) \times y_k] \quad \text{(N/mm}^2\text{)} \quad (2.10)$$

şeklinde hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde;

$A_{arakesit}$: Arakesit yüzeyi alanı ($a \times b$) (2340 mm^2)

A_{kavela} : Kavela yüzeyi alanı ($\pi \times D \times L$) (326.56 mm^2)

a : Normal gerilmelerin oluştuğu yüzeyin uzunluğu (130 mm)

b : Normal gerilmelerin oluştuğu yüzeyin genişliği (18 mm)

σ_t : PVAc tutkalının kopma direnci (0.8 N/mm^2) [17]

y_n : Normal gerilmelerin oluştuğu yüzeyin ağırlık merkezinden dönme merkezine olan uzaklık (9 mm)

D : Kavela çapı (8 mm)

L : Kavela etkili boyu (13 mm)

τ_b : Basınç yükü altında, kavela yüzeylerinde oluşan kesme direnci değeri (N/mm^2)

τ_{ζ} : Çekme yükü altında, kavela yüzeylerinde oluşan kesme direnci değeri (N/mm^2)

y_k : Kesme gerilmelerin oluştuğu yüzeyin ağırlık merkezinden dönme merkezine olan uzaklık (6.5 mm)

m_{ba} : Basınç deneyi örneği arakesit yüzeyinde oluşan alan momenti (16848 Nmm)

$m_{\zeta a}$: Çekme deneyi örneği arakesit yüzeyinde oluşan alan momenti (16848 Nmm)

m_{bk} : Basınç deneyi örneği kavala yüzeylerinde oluşan alan momenti (326.56 Nmm)

m_{gk} : Çekme deneyi örneği kavala yüzeylerinde oluşan alan momenti (326.56 Nmm)

m_{bt} : Basınç deneyi örneği birleştirme yerinde oluşan toplam alan momenti (Nmm)

m_{gt} : Çekme deneyi örneği birleştirme yerinde oluşan toplam alan momenti (Nmm) ' dir.

2.7. İstatistiksel Değerlendirme

Malzeme çeşidinin, diyagonal basınç ve çekme yüklemeleri altında kavala yapışma yüzeylerinde meydana gelen 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

Denemeler sonucunda elde edilen maksimum kuvvetlere göre hesaplanan eğilme momenti değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Hesaplanan ortalama eğilme momenti değerleri (Nm).

Yükleme Tipi	Malzeme Çeşidi	Eğilme Momenti (Nm)	v^*
Diyagonal Basınç	Doğu Kayını	247.48	3.12
	Sarıçam	237.20	2.48
	Kavak	231.62	1.83
	Okume Kontrplak	241.94	2.96
	Kavak Kontrplak	226.13	1.37
	MDF	234.83	3.65
Diyagonal Çekme	Doğu Kayını	175.27	3.32
	Sarıçam	148.27	1.21
	Kavak	144.61	4.27
	Okume Kontrplak	162.46	2.09
	Kavak Kontrplak	150.10	5.52
	MDF	160.17	4.94

* v : Varyasyon (değişim) katsayısı

3.1. Diyagonal Basınç

Diyagonal basınç yükü altında, kavala yüzeylerindeki tutkal hattında meydana gelen kesme direnci ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 2’de, bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Basınç yüklemesi altında oluşan kesme direnci değerleri (N/mm²).

Malzeme Çeşidi	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v
Doğu kayını	34.60	37.70	36.21	3.35
Sarıçam	33.36	35.84	34.60	2.67
Kavak	32.74	34.60	33.73	1.97
Okume kontrplak	33.98	37.08	35.34	3.18
Kavak kontrplak	32.12	33.36	32.86	1.49
MDF	32.12	35.84	34.23	3.93

Tablo 3. Malzeme çeşidinin, tutkal hattında meydana gelen kesme direnci üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	77.393	5	15.479	14.083	0.000
Gruplar İçi	59.351	54	1.099		
Toplam	136.744	59			

Buna göre; malzeme çeşidinin, basınç yüklemesi altında kavala yüzeylerinde meydana gelen kesme direnci üzerindeki etkisi 0.001 hata payı ile anlamlı çıkmıştır.

Malzeme çeşidinin kesme direnci üzerindeki etkilerine ait ortalama değerlerin LSD kritik değeri 0.8825 N/mm² için karşılaştırılması Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Malzeme çeşidine göre basınç yüklemesi altında oluşan kesme direnci ortalama değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.

Malzeme Çeşidi	Kesme Direnci (N/mm ²)	
	(X)	HG
Doğu kayını	36.21	A
Sarıçam	34.60	BC
Kavak	33.73	CD
Okume kontrplak	35.34	AB
Kavak kontrplak	32.86	D
MDF	34.23	C

LSD ± 0.8825 N/mm²

HG: Homojenlik grubu

Homojenlik gruplarında, A harfi en başarılı sonucu ifade etmekte ve harfler ilerledikçe başarısızlık artmaktadır. Buna göre, diyagonal basınç yüklemesi altında birleştirme yerlerinde meydana gelen eğilme momentini karşılamada en başarılı malzeme masif Doğu kayını ve okume kontra çıkmış, en dirençsiz malzeme ise kavak kontra olarak bulunmuştur. Masif kavak ile kavak kontrplak arasındaki farklar istatistiksel anlamda belirgin değildir.

3.2. Diyagonal Çekme

Diyagonal çekme yüklemesi altında, kavala yüzeylerindeki tutkal hattında meydana gelen kesme direnci ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 5’de ve bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 5. Çekme yükü altında oluşan kesme direnci değerleri (N/mm²).

Malzeme Çeşidi	X_{min}	X_{max}	X_{ort}	v
Doğu kayını	23.58	26.10	24.87	3.67
Sarıçam	20.35	20.71	20.63	1.37
Kavak	18.91	21.42	20.06	4.83
Okume kontrplak	22.14	23.58	22.86	2.34
Kavak kontrplak	18.91	22.50	20.92	6.22
MDF	21.07	23.58	22.50	5.53

Tablo 6. Malzeme çeşidinin, tutkal hattında meydana gelen kesme direnci üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	160.478	5	32.096	35.695	0.000
Gruplar İçi	48.554	54	0.899		
Toplam	209.033	59			

Varyans analizi sonuçlarına göre; malzeme çeşidinin, çekme yükü altında kavala yüzeylerinde meydana gelen kesme direnci üzerindeki etkisi 0.001 hata olasılığı ile önemlidir.

Malzeme çeşidinin kesme direnci üzerindeki etkilerine ait ortalama değerlerin 0.8082 LSD N/mm² kritik değeri için karşılaştırılması Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Malzeme çeşidine göre çekme yüklemesi altında oluşan ortalama kesme direnci değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.

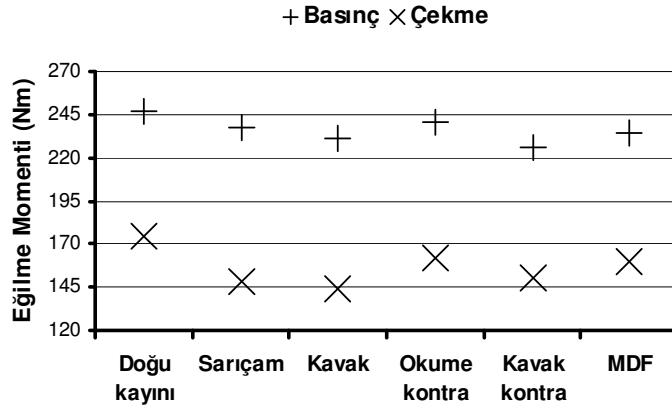
Malzeme Türü	Kesme Direnci (N/mm ²)	
	(X)	HG
Doğu kayını	24.87	A
Sarıçam	20.63	CD
Kavak	20.06	D
Okume kontrplak	22.86	B
Kavak kontrplak	20.92	C
MDF	22.50	B

LSD \pm 0.8082 N/mm²

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

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Masif ve kompozit ağaç malzemelerden hazırlanmış kutu konstrüksiyonlu mobilya kavelalı köşe birleştirmeler farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir. Diyagonal basınç ve çekme yüklemesi altında taşınan eğilme momenti sonuçları Şekil 4’de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 5. Basınç ve çekme yükü altında taşınan eğilme momenti değerleri (Nm).

Deneylerde, basınç yüklemesi altında taşınan moment, çekme yüklemesi altında taşınan momentten % 33 daha fazla bulunmuştur.

Taşınan ortalama eğilme momentleri bakımından, diyagonal çekme ve basınç yüklemeleri altında en mukavemetli malzeme masif Doğu kayını, en zayıf malzeme ise sırasıyla masif kavak ve kavak kontrplak çıkmıştır. Kavak kontrplak masif kavak malzemeye nazaran daha iyi 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 [18].

Basınç ve çekme yüklemesi altında, tutkal hattında en yüksek kayma direncine sahip malzeme masif Doğu kayını çıkmıştır. Masif Doğu kayınının, ağaç esaslı kompozit malzemelerden daha iyi sonuçlar vermesi, malzemelerin yapısal özellikleri ile ilgili olabilir. Özellikle malzeme yoğunluklarının fazla olması iyi bir yapışmaya neden olmuştur. Yapışma direnci ile yoğunluk arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu ifade edilebilir. Yoğunluğun fazla olması, iç yüzey alanının büyümesine, dolayısıyla moleküllerin birbirine daha yakın konumlanarak adezyon kuvvetinin artmasına sebep olabilir. Ayrıca, yoğunluğu fazla olan malzemelerde, ağaç malzemenin selüloz molekülleri ile tutkalın hidroksil grupları (OH) arasında oluşan hidrojen köprülerinin fazla olduğu düşünülmektedir. İyi bir yapışmanın sağlanabilmesi için, malzeme açısından önemli olan bir diğer faktör de yüzey düzgünlüğüdür. Düzgün bir yüzey ile tutkal katmanı arasında oluşacak olan spesifik adezyon daha güçlü olabilir. Masif ağaç malzemeler, kesicilerle işlem gördükten sonra odun kompozitlerine göre daha düzgün ve daha pürüzsüz yüzeyler verirler. Bu nedenle, masif ağaç malzemeler ile tutkal katmanı arasında oluşacak adezyon kuvvetinin, odun kompozitleri ile tutkal katmanı arasında oluşacak adezyon kuvvetine göre daha güçlü olması beklenir. Pürüzlü yüzeylerde noktasal temas gerçekleştiğinden adezyon kuvvetinin daha düşük olacağı kabul edilir.

5. ÖNERİLER

Deney sonuçlarına göre, Doğu kayını ile okume kontrplak numuneler arasındaki mukavemet farkları çok büyük değildir. Buna göre; okume kontrplak, üretim kolaylığı ve bazı teknik üstünlükleri göz önünde bulundurulduğunda, Doğu kayını odununa tercih edilebilir. Benzer şekilde, sarıçam odunu ile MDF'den yapılmış olan birleştirmeler arasındaki mukavemet farkları da azdır. Bu durumda MDF'nin yeğlenmesi, tasarımcı, üretici ve satıcılara ekonomik ve teknik bakımlardan yarar sağlayabilir.

Sonuç olarak, mühendislik tasarımı yaklaşımıyla bazı üstün özellikleri olan odun kompoziti malzemelerin kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılmasının teknik ve ekonomik bakımdan faydalı olacağı görülmüştür.

Özellikle okume kontrplağın kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanımı önerilebilir. Çekmece kutusu yapımında kavak kontraplak veya MDF kullanımı, masif malzemelere göre stabilite, mukavemet ve ekonomi açısından daha uygun olacaktır.

Yeni üretilen malzemeler ve değişik birleştirme teknikleri kullanılarak, çeşitli tiplerdeki kutu (tabla tipi) konstrüksiyonlu mobilyalar ve mobilya genel konstrüksiyon türlerinden bir diğeri olan çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalar için uygulama koşullarına yönelik performans deneyleri geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Kasal, A., Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu koltukların Performansı, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, (2004).
2. Erdil, Y. Z., Strength Analysis and Design of Joints of Furniture Frames Constructed of Plywood and Oriented Strand-Board, Master of Science, Purdue University Graduate School, West Lafayette, Indiana,USA,1-9 (1998).
3. Eckelman, C., A., Bending Strength and Moment Rotation Characteristics of Two-Pin Dowel Joints, Forest Product Journal, 21 (3): 35-39 (1970).
4. Englesson, T., Summary of the Investigations of Several Particleboards in the Swedish Forest Products Research Laboratory, Unnumbered Publication, Swedish Forest Products Laboratory, Stockholm, 35-38 (1973).
5. Eckelman, C., A., Cassens, D., L., Withdrawal Strength of Dowels from Wood Composites, Forest Product Journal, 35 (5) : 55-60 (1985).
6. Cai, L., Wang, F., Influence of the Stiffness of Corner Joint on Case Furniture Deflection, Holz als Roh-und Werkstoff, 51 : 406-408 (1993).
7. Zhang, J., L., and Eckelman, C., A., The Bending Moment Resistance of Single-Dowel Corner Joints in Case Construction, Forest Product Journal, 43 (6): 19-24, (1993).

8. Zhang, J., L., and Eckelman, C., A., Rational Design of Multi-Dowel Corner Joints in Case Construction, Forest Product Journal, 43 (11/12): 52-58, (1993).
9. Özçifçi, 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).
10. Efe, H., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı, G.Ü.T.E.F., Politeknik Dergisi, 1 (1-2): 41-54, (1998).
11. TS 46, Kontrplak (Soyma Plakalı)-Genel Amaçlar İçin, T.S.E., Ankara, (1986).
12. TS 64, Lif Levhalar-Sert ve Orta Sert Levhalar, T.S.E., Ankara, (1982).
13. TS 3891, Yapıştırıcılar-Polivinilasetat Esaslı Emülsiyon (Ahşap Malzeme İçin), (Tadil AMD1: 1992-07), T.S.E., Ankara, (1982).
14. TS 4539, Ahşap Birleştirmeler-Kavelalı Birleştirme Kuralları, T.S.E., Ankara, (1985).
15. TS 2471, Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarının Tayini, T.S.E., Ankara, (1976).
16. 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).
17. Tekin, A., Çeşitli Makinalarda Açılmış Zıvanalı Birleştirmelerin Mukavemet Özellikleri, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, (1999).
18. 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).