

Farklı Birleştirme Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalarla Üretilmiş Kutu-Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinin Moment Taşıma Kapasitesi

Hasan EFE, H.Özgür İMİRZİ
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

Araştırma Makalesi

ÖZET

Bu çalışmada, kutu konstrüksiyonlu mobilyada, kavelalı ve vidalı köşe birleştirmeler üzerinde malzeme çeşidi ve levha kalınlıklarının moment taşıma performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Denemelerde malzeme çeşitlerinden 16 ve 18 mm kalınlığında yonga levha, orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak, bağlantı elemanlarından ise vida ve kavela kullanılmıştır. Birleştirmelerde tutkal olarak polivinilasetat (PVA_c) kullanılmıştır. Hem diyagonal çekme hem de diyagonal basınç deneylerinde 60'ar adet olmak üzere toplam 120 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneyler ASTM-D 1037 standardında belirtilen esaslara göre statik yük altında gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre, kontrplak ve MDF den üretilen tutkallı+vidalı deney örnekleri daha yüksek moment taşımıştır. Levha kalınlığına göre ise 18mm kalınlığında hazırlanan deney örnekleri, 16mm kalınlığındaki levhalardan daha iyi sonuçlar vermeye beraber, 16mm kalınlığındaki malzemelerinde teknik ve ekonomik açılardan uygulanabilirliği ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Ağaç esaslı kompozit malzeme, fiziksel ve mekanik özellikler, kavelalı birleştirme, vidalı birleştirmeler.

Moment Capacity of Corner Joints for Case Furniture Constructed With Different Joint Techniques and Board Thickness

ABSTRACT

In this study, effects of material types and board thickness on moment capacity of corner joints constructed with dowel joints and screwed joints in the case furniture were investigated. 16 and 18mm thickness particleboard, medium density of fiberboard (MDF), and okoume (*Aucoumea klaineana*) plywood used as the materials and screw and dowel as fasteners were used in the tests. PVA_c were used as a gluing material at these joints. A total of 120 test samples were prepared for both diagonal tension and diagonal compression tests. Tests were performed under static loads according to ASTM-D 1037 standard. As a result, higher moment values were obtained on plywood and MDF samples jointed with glue and screw. When this results are expressed as their thickness, 18mm test samples were provided higher moment capacity than 16mm, but also applicable of corner joints produced from 16mm thickness material because of technical and economical matters were determined.

Key Words : Wood based composite material, physical and mechanical properties, dowel joints, screw joints.

1.GİRİŞ

Ağaç ve ağaç esaslı malzemeler, mobilya olgusunun, dolayısıyla mobilya konstrüksiyon tasarımının önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Mobilya üretiminde yer alan malzemelerin, fiziksel ve mekanik etkilere karşı davranış biçimlerinin önceden bilinmesi, tasarımcı, üretici ve kullanıcılara teknik, estetik ve ekonomik yararlar sağlamaktadır. Gerek tasarım gerekse buna dayalı bilimsel çalışmalarda; malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri ile birleştirmelerinin dirençlerine ait veriler kullanılmaktadır (1).

Ahşap mobilya, konstrüksiyon tasarımı bakımından üç grupta incelenebilir. Bunlar; bileşenlerinin büyük çoğunluğunu tablaların oluşturduğu mobilyalar kutu (tabla) konstrüksiyonlu, masif kayıtların egemen olduğu mobilyalar çerçeve konstrüksiyonlu ve iki grubun ortaklaşa oluşturduğu mobilyalar kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak adlandırılmaktadır. Plastik mobilyalarda ise kabuk tipi konstrüksiyonlar söz konusudur (1).

Temel olarak bir mutfak dolabı kapaklı ya da çekmeceli bir kutudur. Basit bir kutu olmasına rağmen,

kullanılan malzeme, boyutları, birleştirme geometrisi ve duvara bağlantı metotları gibi yapısal bir çok detaylar kutu analizlerinin direnç ve tasarım metotlarını komp- like hale getirebilir (2).

Birçok yapı için ana tema özellik, herhangi bir kusur oluşturmadan tasarım yüklerini taşımasıdır. Bir kutu konstrüksiyonu tasarlamak için; çeşitli bağlantı noktalarında yapılan yüklemelerde kutuların sağlamlıklarının belirlemek için bir analiz metodu gereklidir. Kutuların yapısal analizleri; çerçeve konstrüksiyonlu bir kutuda ön çerçeve, yanlar, üst, alt ve arkalıkları, ya da çerçevesiz kutu konstrüksiyonunda yanlar, üst, alt ve arka levhaları kapsayabilir. Çerçevesiz kutu konstrüksiyonda, levhaların burulma dirençleri, elemanlarının boyutlarına ve malzeme fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı iken; çerçeveli kutularda eğilme direnci, elemanların rijitliklerine ve birleştirmelere bağlıdır (1,3).

Kutu tipi konstrüksiyonda yapının mukavemeti ve sağlamlığı önemli oranda tablaların burulma direnci ve rijitliğine bağlıdır. Kutu konstrüksiyonlu mobilyalar çoğunlukla dört yanlı, bir arkalı olurlar ve bu durumlarıyla tamamlanmış bir çerçeve şeklinde görünürler. Bir mobilyanın hemen hemen tüm elemanları tab- lardan oluşuyorsa kutu mobilya tipi olarak tanımlanabilir. Eğer esas kutu konstrüksiyon üzerinde başka çer- çeve, çekmece ve kapaklar taşıyor ise bu durumda genellikle yapı karkas tipi olarak tanımlanmaktadır. Normal bir kitap rafı kutu konstrüksiyona, çekmeceli bir çamaşır dolabı karkas konstrüksiyona örnek olarak gösterilebilir (1,3).

Efe (1998) Kutu mobilya konstrüksiyonunda geniş kullanım alanı bulunan çekme ve basınç kuvvetleri altındaki kavelalı köşe birleştirmelerin eğilme direncini etkileyen faktörler ile birim alanda uygulanacak kavela sayısının belirlenmesinin önemli olduğunu belirtmiştir. Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde rasyonel kavela tasarımı deney sonuçlarına göre lif levhalar, yonga levhalara 8 mm çaplı kavelalar, 10 mm çaplı kavelalara üstünlük sağlamış, yonga levhalarda yivli yüzeyli, lif levhalarda ise düz yüzeyli kavelalar daha başarılı bulunmuş, kavela adedindeki artışın, köşe birleştirmenin çekme direncinde artışa, basma direncinde ise azalmaya sebep olduğunu belirtilmiştir (4).

Efe (1999) Kutu mobilya konstrüksiyonunda geniş kullanım alanı bulunan çekme ve basma yükleri altındaki yabancı çıtalı ve trapez bağlantı elemanlı 150 x 150 x 18 mm ölçülerindeki yonga levha ve lif levha (MDF)'lar ile oluşturulan "L tipi" köşe birleştirme deney elemanlarının dirençlerini belirlemiştir. Deney sonuçlarına göre lif levhaların, yonga levhalara, demonte birleştirmelerin ise sabit birleştirmelere üstünlük sağladığını belirtmiştir (5).

Efe ve Kasal (2000) Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerden; tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin mukavemet özelliklerini araştırmışlardır. Deney sonuçla-

rına göre lif levhaların yonga levhalara, tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığı belirtilmiş, deneylerde en iyi sonucun tutkalsız multifixli köşe birleştirmelerin verdiğini, ikinci sırayı ise tutkalsız minifixli köşe birleştirmelerin aldığını bildirilmiştir (6).

Efe ve Kasal (2000) tabla tipi mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerden; seçilmiş bazı tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin eğilme direnç özelliklerini araştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre lif levhaların, yonga levhalara, tutkalsız birleştirmelerin, tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığını, deneylerde en iyi sonucun tutkalsız multifixli köşe birleştirmelerin verdiğini, ikinci sırayı ise tutkalsız minifixli köşe birleştirmelerin aldığını bildirmişlerdir (7).

Efe ve Kasal (2000) Tabla tipi mobilya üretiminde uygulanan kavelalı köşe birleştirmelerde tutkal çeşidinin çekme direncine etkilerini araştırmışlardır. Deneyler sonucunda; lif levhaların yonga levhalara üstünlük sağladığını, tutkallar içinde en iyi sonucun PVA_c tutkalının verdiğini, tutkal çeşidi ve levha türü etkileşiminin ise istatistiksel anlamda önemsiz çıktığını bildirmişlerdir (8).

Örs ve diğerleri (2001) Kutu konstrüksiyonlu, tutkalsız ve tutkallı vidalı mobilya köşe birleştirmelerde çekme dirençlerini karşılaştırmışlardır. Tutkallı birleştirmelerde poliüretan esaslı desmodur-VTKA tutkalının kullanıldığı araştırmada yapılan deneyler sonucunda; MDF Lam ve 4x50 vidaların daha başarılı bulunduğunu bildirmişlerdir (9).

Efe ve diğerleri (2002) Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde uygulanan kavelalı köşe birleştirmelerin çeşitli tutkallarla yapıştırılmış örneklerinde basınç dirençlerini karşılaştırmışlardır. Toplam 72 örneğe ASTM D 143-83 esaslarına göre yapılan basınç deneyleri sonucunda; lif levhalar yonga levhalardan daha iyi sonuçlar verdiğini, tutkallar arasında en iyi sonucun ise polivinilasetat tutkalı ile elde edildiğini bildirmişlerdir (10).

Efe ve diğerleri (2003) Tabla tipi vidalı (tutkalsız) ve tutkallı vidalı mobilya köşe birleştirmelerinin eğilme moment dirençlerini araştırmışlardır. Deneyler sonucunda; tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelerden, lif levhaların yonga levhalardan, 4x50 vidaların 5x60 vidalardan daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir (11).

Eren (1999), "Ağaç Esaslı Kompozit Kutu Mobilyalardaki Gelişmiş Bağlayıcılar ve Birleştirme Metotlarının Gelişimi ve Değerlendirilmesi" adlı tezinde, kutu mobilyalarda kullanılan birleştirme teknikleri ve bağlayıcıların testleri yapmıştır. Kenar çekme testleri sonuçları; kenar ölçüsü ve yuva çapının hem lif levha hem de yonga levhada çekme direnci üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Vida ile tutkal kullanımının çekme direncini, hem MDF hem de yonga levha panellerinde artırmıştır. Birleştirmelerin

performansının bağlayıcıların fiyatlarına bağlı olmadığını, bir çok durumda düşük maliyetli bağlayıcıların daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir (12).

Güntekin (2003), montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performans özelliklerini araştırmıştır. 18mm kalınlığındaki MDF ve yongalevhalar mekanik bağlantı elemanları ve kavela kullanılarak köşe birleştirme örnekleri hazırlanmış, her bir köşe birleştirmesi için bir bağlantı elemanı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mekanik bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin kavela ile yapılan birleştirmelere göre daha az dirençli ve daha esnek olduklarını ve malzeme ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnci etkilediğini bildirmiştir (13).

Zhang ve Eckelman (1993), yonga levhalar üzerinde tek kavelalı kutu konstrüksiyonlu köşe birleştirme elemanlarına yaptıkları basma ve çekme deneylerinde,

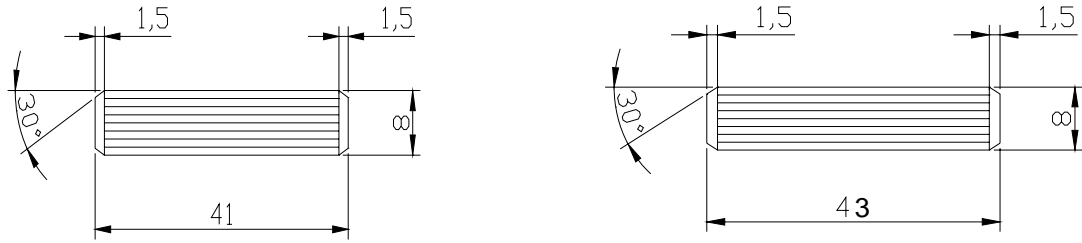
yongalevha, (TS 64-5'e göre) orta yoğunlukta lif levha ve (TS 4645'e göre) okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak kullanılmıştır.

2.2. Polivinilasetat (PVAc) Tutkalı

Soğuk olarak kullanılması, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz olması gibi özellikleri nedeniyle polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Tutkal birleştirme yerlerine, kavelalara ve kavela deliklerine ortalama 150 ± 10 gr/m² hesabıyla sürülmüştür. Kullanılan tutkalın özellikleri üretici firma tarafından yoğunluk 1,1 g/cm³, vizkozitesi 160-200 cP, Ph = 5,00, kül miktarı % 3 olarak verilmiştir (17).

2.3. Kavela

Kavela uygulamada düz ya da yivli gövdeli, değişik çap ve boylarda kullanılabilir. Denemelerde 8mm çapında, 41 ve 43mm boyunda, yivli



a. 16mm kalınlık için
Şekil 1. Denemelerde (a)16mm ve (b)18mm levhalar için kullanılan kavela örnekleri (ölçüler mm)

kavela çapı ve kavela boyu arttıkça, basınç ve çekme direncinin arttığını tespit etmişlerdir (14).

Özçiççi ve Altınok (1996), yonga levhadan hazırlanmış kutu konstrüksiyonlu köşe birleştirmelerinin basınç yükü altındaki mukavemet özelliklerini araştırmışlardır. Sonuçta; kutu mobilya üretiminde kavelalı köşe birleştirmelerinin uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir (15).

Tankut (2005), "32mm Kutu Konstrüksiyonlu Köşe Birleştirmeleri İçin Optimum Kavela Mesafeleri" adlı çalışmada Türk mobilya endüstrisinde artan Avrupa 32mm'lik kutu konstrüksiyon kullanımı, uygulamalı direnç dayanımının değerlendirilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Makale 32mm'lik kutu konstrüksiyondaki köşe birleştirmelerinin eğilme moment kapasitesi üzerine kavela mesafelerinin etkisinin değerlendirme sonuçlarını vermektedir. Yonga levha ve MDF köşe birleştirmeleri basınç ve çekme yükleri altında test edilmiştir. Hem basma hem de çekme testlerinde MDF köşe birleştirmeleri yonga levhadan daha dayanıklı olduğunu belirtmiştir (16).

2. MALZEME ve YÖNTEM

2.1. Odun Esaslı Kompozit Malzemeler

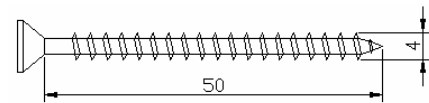
Denemelerde odun esaslı kompozit malzeme olarak, 16mm ve 18mm kalınlığında, (TS EN 312'ye göre)

gövdeli TS 4539'da belirtilen özelliklerde kayın odunundan hazırlanan kavelalar kullanılmıştır (Şekil 1) (18).

Literatürde kenardan kavela girme derinliği kavela çapının en az 3.5 katı yüzeyde ise levha kalınlığının %90'nını aşmaması gerektiği belirtilmektedir. 16 mm levha kalınlığı için yüzeye girme derinliği 13mm, 18 mm kalınlığındaki levhalarda yüzeye girme derinliği 15mm ve her iki levha kalınlığının kenardan girme derinlikleri 28 mm olarak hesaplanmıştır (19).

2.4. Vida

Deneylerde, özellikle odun kompoziti levhalarından üretilen mobilya birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılan, TS 61 standartlarına uygun 4mm çapında yıldız başlı 50mm boyundaki vidalar kullanılmıştır (20). Kullanılan yıldız başlı vidanın diş dibi (kök) çapı 2,4mm, diş adımı ise 1,8mm'dir (Şekil 2).



Şekil 2. Denemelerde kullanılan 4 x 50 vida örneği (ölçüler mm)

Her deney örneği için 2 adet vida kullanılmıştır. Vidalama işlemlerinde, karşı elemanlara 3mm çapında

ve 32 ve 34mm derinliğinde ön delikler açılmıştır. Vidalı birleştirmelerde, konstrüksiyonun amacına uygun olması için çapı yaklaşık vida boyun çapı, derinliği ise vida etkili boyu kadar olacak şekilde kılavuz deliklerin açılması önerilmektedir. Genel olarak yivli kısım için ön delik çapı yumuşak odunlarda vida kök çapının %70'i sert odunlarda ise vida kök çapının %90'ı olmalıdır (21). Açılan kılavuz deliklerin, malzemenin çatlamasını önleyeceği ve vida dişlerinin optimum şekilde görevlerini yapabilmelerine olanak sağlayacağı bildirilmiştir (3).

2.5. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Deney numuneleri, deneylerden önce ASTM-D 1037 (22) standartlarına göre 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Tüm deneyler 5 ton kapasiteli 'Üniversal Test Cihazı' kullanılarak Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi mekanik test laboratuvarında yapılmıştır.

2.5.1. Yoğunluk ve rutubet

Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla odun kompozitleri TS EN 323'te belirtilen esaslara uyulmuştur (23). Rutubet kontrolü için odun kompozitlerinde TS EN 322 esaslarına uyulmuştur (24).

2.5.2. Yüzeye paralel çekme direnci

Odun kompozitlerinin yüzeye paralel çekme dirençleri ASTM D-1037 esaslarına göre belirlenmiştir. Kopma anındaki kuvvet ($F_{max\zeta}$) ve kopmanın meydana geldiği kesit alanı (A_ζ) için çekme direnci (σ_ζ);

$$\sigma_\zeta = F_{max\zeta} / A_\zeta \quad (\text{N/mm}^2)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

2.5.3. Levha yüzeyine dik eğilme direnci ve eğilmede elastiklik modülü

Odun kompozitleri için TS EN 310 (25) esaslarına uyulmuştur. Örnek boyutları, odun kompozitleri için 410x50x18 mm ölçülerinde olmak üzere 10'ar adet hazırlanmıştır. Deneylerde kuvvet numunelerin tam ortasından uygulanmış ve deney cihazının yükleme hızı dakikada 2 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Kırılma anındaki maksimum yük (F_{maxe}) için eğilme direnci (σ_e);

$$\sigma_e = (3/2) \times (F \times L_s / b \times h^2) \quad (\text{N/mm}^2)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada kesit genişliği (b), kesit yüksekliği ise (h)' dir.

Eğilme deneylerinde, eğilmede elastiklik modülü değerleri de hesaplanmıştır. Elastiklik modülü (E), yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmından yararlanılarak hesaplanmıştır. Yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmına isabet eden her bir yük için belirli bir yer değiştirme değeri söz konusu olduğundan, (F_1) ve (F_2)

kuvvetleri farkına (F) karşılık oluşan sehim miktarı (f) olmak üzere, elastiklik modülü (E);

$$E = F \times L_s^3 / 4 \times b \times h^3 \times f$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

2.5.4. Levha yüzeyine dik çekme dayanımının belirlenmesi

Deney parçalarının yüzeyine dik yönde ve kırılma meydana gelinceye kadar, üniform bir çekme kuvveti uygulanarak, deney parçalarının yüzeye dik yöndeki çekme dayanımı tayin edilmiştir. Deney parçasının yüzeyine uygulanan maksimum çekme kuvvetinin, deney parçasının yüzey alanına oranı ile yüzeye dik çekme dayanımı hesaplanmıştır. Her bir deney parçası 50x50mm ölçüsünde ve 18mm kalınlığında hazırlanmıştır.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{a \times b} \quad (\text{N/mm}^2)$$

Burada;

σ : çekme direnci (N/mm²)

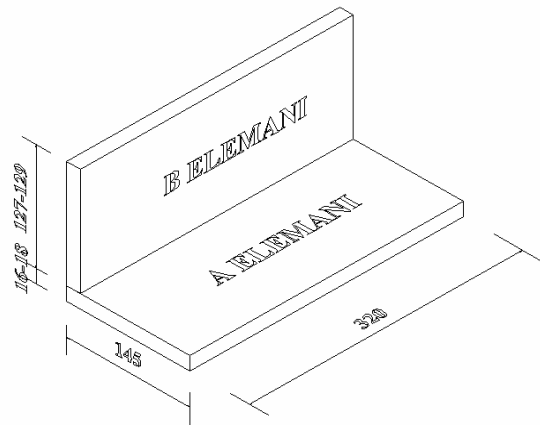
F_{max} : Kopma kuvveti (Newton)

a, b: Deney parçasının uzunluk ve genişliği (mm)

Deneyler TS EN 319 standartlarında belirtilen esaslara göre yapılmıştır (26).

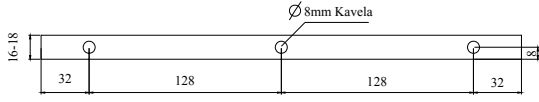
2.6. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Her bir deney örneği (A) ve (B) olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. A elemanı 16-18 mm kalınlığında 145*320 mm, B elemanı 16 mm kalınlığında 127*320mm, 18 mm kalınlığında ise 127*320mm olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan deney örneğinin perspektifi Şekil 3'de verilmiştir.

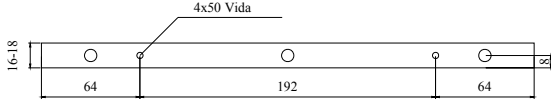


Şekil 3. Deney örneğinin perspektif görünüşü (ölçüler mm)

Kavala deliği merkezleri, parça kesitinin kenarlarından genişlik yönünde 32'şer mm içeride olacak şekilde simetrik ve tam ortadan, kalınlık yönünde ise tam orta ekseninde olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 4). Vida deliği merkezleri ise Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Elemanların kavela delik merkezleri (ölçüler mm)

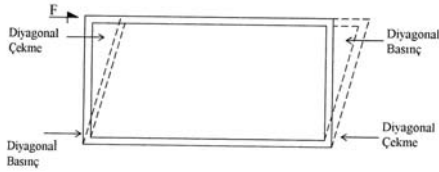


Şekil 5. Elemanların vida delik merkezleri (ölçüler mm)

Deneylerde, çekme ve basınç deneyi olmak üzere 2 deney türü, 3 odun kompoziti malzeme (MDF, yonga levha ve kontrplak), 2 birleştirme tipi (kavela ve kavela+vida), 2 farklı levha kalınlığı (16 ve 18mm), 5 adet yineleme olacak şekilde toplam 120adet (2 x 3 x 2 x 2 x 5 = 120) deney örneği hazırlanmıştır.

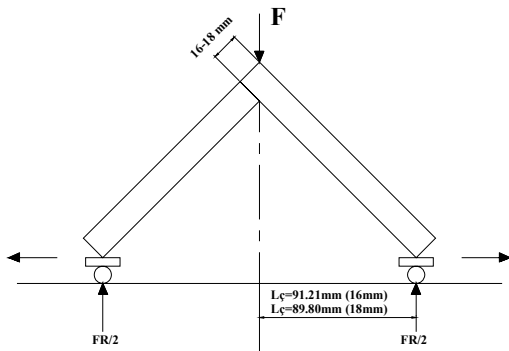
2.7. Deneylerin Yapılışı (Deney Yöntemi)

Mobilyaların sağlamlığının tayin edilmesinde etkili faktörler, mobilyanın yapıldığı malzemenin ve eleman birleşme yerlerinin sağlamlığıdır. Tabla tipi mobilyalarda meydana gelen mekanik zorlanmalarda, zorlayıcı diyagonal kuvvetler, kutu mobilya sisteminin düğüm noktalarını birbirine doğru kapatmaya (diyagonal basınç) ve dışa doğru açmaya (diyagonal çekme) çalışmaktadır (Şekil 6) (15).



Şekil 6. Tabla tipi mobilyalarda diyagonal çekme ve basınç zorlamaları (15).

16 ve 18mm kalınlığındaki deney örneklerinin diyagonal çekme deney düzeneği Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. 16 ve 18mm kalınlığındaki levhalar için çekme deney düzeneği

Diyagonal çekme deneylerinde moment kuvveti (M_{ζ}),

$$M_{\zeta} = \frac{F_{\max \zeta}}{2} \times L_{\zeta} (Nm) \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.}$$

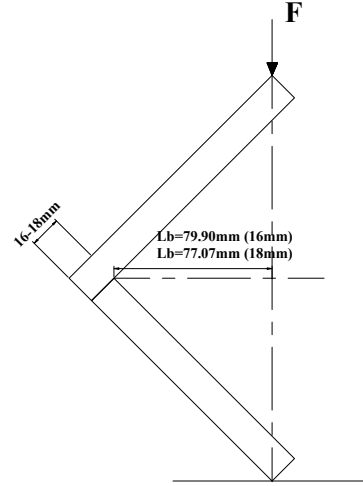
Burada;

M_{ζ} = Moment (Nm)

$F_{\max \zeta}$ = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L_{ζ} = Moment kolu (m)

16 ve 18mm kalınlığındaki deney örneklerinin diyagonal basınç deney düzeneği Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. 16 ve 18mm kalınlığındaki levhalar için basınç deney düzeneği

Diyagonal basınç deneylerinde moment (M_b),

$$M_b = F_{\max b} \times L_b (Nm) \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.}$$

Burada;

M_b = Moment (Nm)

$F_{\max b}$ = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L_b = Moment kolu (m) dur.

2.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Birleştirme çeşidi, kalınlık faktörü, malzeme çeşidi ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin, deney örneklerinin moment taşıma performansı üzerindeki etkisi “çoklu varyans analizi” ile belirlenmiş, farklılıkların $p < 0.05$ ’ e göre istatistiksel anlamda önemli çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için “en küçük önemli fark” (LSD: Least Significant Difference) testi kullanılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerden birleştirme çeşidi, kalınlık faktörü ve odun esaslı malzemelerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Deneylerde Kullanılan Odun Esaslı Malzemelerin Tespit Edilmiş Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan 16 ve 18mm kalınlığındaki malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan Malzemelerin Tespit Edilmiş Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

| Levha Türü | Kalınlık | Rutubet (%) | Yoğunluk (gr/cm ³) | Levha yüzeyine paralel çekme direnci (N/mm ²) | Levha yüzeyine dik çekme direnci (N/mm ²) | Eğilme Direnci (N/mm ²) | Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²) |
|------------|----------|-------------|--------------------------------|---|---|-------------------------------------|--|
| Yongalevha | 16 | 5,06 | 0,64 | 5,56 | 0,27 | 11,18 | 2293,1 |
| | 18 | 5,06 | 0,61 | 5,15 | 0,5 | 12,31 | 2379 |
| MDF | 16 | 4,86 | 0,79 | 14,87 | 0,69 | 32,09 | 3436,4 |
| | 18 | 4,98 | 0,7 | 14,86 | 0,59 | 27,67 | 2821 |
| Kontrplak | 16 | 5,9 | 5,9 | 33,78 | 0,84 | 45,37 | 5789,9 |
| | 18 | 6,48 | 6,48 | 24,38 | 0,64 | 44,71 | 5048 |

3.2. Diyagonal Çekme

Odun esaslı malzemelerden hazırlanmış 16mm kalınlığındaki L-tipi birleştirmelere uygulanan diyagonal çekme deneyleri sonucunda elde edilen ortalama moment taşıma değerleri ve varyasyon katsayıları (v) Çizelge 2’de verilmiştir.

16mm kalınlığındaki odun esaslı kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinin diyagonal çekme deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasiteleri değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. 16mm kalınlığındaki birleştirmelerin diyagonal çekme deneyleri sonucunda elde edilen moment değerleri (Nm)

| Malzeme Türü | Birleştirme Çeşidi | Ortalama Moment (Nm) | Min. Moment (Nm) | Max. Moment (Nm) | v (%) |
|--------------|--------------------|----------------------|------------------|------------------|---------|
| MDF | Kavela | 37,83 | 31,30 | 42,93 | 12,69 |
| | Kavela+Vida | 54,73 | 41,59 | 64,85 | 21,04 |
| Yonga Levha | Kavelalı | 28,75 | 23,25 | 32,64 | 16,78 |
| | Kavela+Vida | 31,39 | 24,59 | 38,01 | 19,18 |
| Kontrplak | Kavelalı | 56,89 | 46,06 | 69,77 | 15,90 |
| | Kavela+Vida | 58,31 | 47,40 | 67,98 | 16,99 |

v : Varyasyon katsayısı

Malzeme türü, birleştirme çeşidi karşılaştırma değerleri diyagonal çekme deney sonucunda elde edilen moment taşıma kapasite değerlerine etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli, malzeme türü ve birleştirme çeşidi ikili karşılaştırma sonuçları moment etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Malzeme türünün, birleştirmelerin moment (diyagonal çekme) taşıma kapasitelerinin etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 7,426 Nm için karşılaştırılması Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 3. 16mm kalınlığındaki köşe birleştirmelerin diyagonal çekme deneyleri sonucu moment taşıma kapasitelerine ait varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata İhtimali $p < 0.05$ |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|--------------------------|
| Malzeme Türü | 2 | 3829,39 | 1914,69 | 29,04 | 0,0000 |
| Birleştirme Çeşidi | 1 | 366,31 | 366,11 | 5,55 | 0,0269 |
| Malzeme Türü- Birleştirme Çeşidi | 2 | 370,68 | 185,34 | 2,81 | 0,0800* |
| Hata | 24 | 1581,98 | 65,91 | | |
| Toplam | 29 | 6148,37 | | | |

* İstatistiksel anlamda önemsiz

Çizelge 4. Malzeme türüne göre (diyagonal çekme) moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Malzeme Türü | Moment Taşıma Kapasitesi (Nm) | |
|-----------------|-------------------------------|----|
| | (X) | HG |
| MDF | 46,28 | B |
| Yonga Levha | 30,07 | C |
| Okume Kontrplak | 57,60 | A |

LSD \pm 7,426 Nm

HG : Homojenlik grubu

Çizelge 5. Birleştirme çeşidine göre moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Birleştirme Çeşidi | Moment Taşıma Kapasitesi (N.m) | |
|--------------------|--------------------------------|----|
| | (X) | HG |
| Kavela | 41,16 | B |
| Kavela+Vida | 48,15 | A |

LSD \pm 6,063 N.m

Denemeye alınan vidalı birleştirmeler, kavelalı birleştirmelere göre %17 oranında bir artışa sebep olmuştur. Odun esaslı malzemelerden hazırlanmış 18mm kalınlığındaki L-tipi birleştirmelere uygulanan diyagonal çekme deneyleri sonucunda ise elde edilen ortalama moment taşıma değerleri ve varyasyon katsayıları (v) Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. 18mm kalınlığındaki birleştirmelerin diyagonal çekme deneyleri sonucunda elde edilen moment değerleri (Nm)

| Malzeme Türü | Birleştirme Çeşidi | Ortalama Moment (Nm) | Min. Moment (Nm) | Max. Moment (Nm) | v (%) |
|--------------|--------------------|----------------------|------------------|------------------|---------|
| MDF | Kavela | 47,28 | 37,41 | 55,03 | 15,68 |
| | Kavela+Vida | 81,96 | 71,75 | 87,15 | 7,92 |
| Yonga Levha | Kavelalı | 35,30 | 29,05 | 43,14 | 16,69 |
| | Kavela+Vida | 37,68 | 32,14 | 41,82 | 13,50 |
| Kontrplak | Kavelalı | 53,84 | 39,18 | 69,80 | 21,70 |
| | Kavela+Vida | 75,63 | 49,31 | 96,40 | 23,98 |

 v : Varyasyon katsayısı

18mm kalınlığındaki odun esaslı kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinin diyagonal çekme deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasiteleri değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. 18mm kalınlığındaki köşe birleştirmelerin diyagonal çekme deneyleri sonucu moment taşıma kapasitelerine ait varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata İhtimali $p < 0.05$ |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|--------------------------|
| Malzeme Türü | 2 | 5295,84 | 2647,92 | 25,48 | 0,0000 |
| Birleştirme Çeşidi | 1 | 2885,51 | 2885,51 | 27,77 | 0,0000 |
| Malzeme Türü- Birleştirme Çeşidi | 2 | 1321,95 | 660,97 | 6,36 | 0,0061 |
| Hata | 24 | 2493,74 | 103,90 | | |
| Toplam | 29 | 11997,05 | | | |

* İstatistiksel anlamda önemsiz

Malzeme türü, birleştirme çeşidi, malzeme türü ve birleştirme çeşidi, karşılaştırma değerleri diyagonal çekme deneyleri sonucunda elde edilen moment taşıma kapasite değerlerine etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Malzeme türünün, birleştirmelerin moment (diyagonal çekme) taşıma kapasitelerinin etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 9.323 Nm için karşılaştırılması Çizelge 8 'de verilmiştir.

Çizelge 8. Malzeme türüne göre (diyagonal çekme) moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Malzeme Türü | Moment Taşıma Kapasitesi (Nm) | |
|-----------------|-------------------------------|----|
| | (X) | HG |
| MDF | 64,62 | A |
| Yonga Levha | 36,49 | B |
| Okume Kontrplak | 64,74 | A |

LSD \pm 9,323 Nm

HG : Homojenlik grubu

Denemeye alınan malzeme çeşitlerinden kontrplak ve MDF'den üretilen deney örnekleri yüksek moment değerlerini vermişlerdir. En zayıf moment değeri ise yonga levha'dan üretilen deney örneklerinden

elde edilmiştir. Birleştirme çeşidinin, birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 7,612 N.m için karşılaştırılması Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Birleştirme çeşidine göre moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Birleştirme Çeşidi | Moment Taşıma Kapasitesi (N.m) | |
|--------------------|--------------------------------|----|
| | (X) | HG |
| Kavela | 45,48 | B |
| Kavela+Vida | 65,09 | A |

LSD \pm 7,612 N.m

Denemeye alınan vidalı birleştirmeler, kavelalı birleştirmelere göre yüksek moment değerleri vermiştir. Malzeme türü ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimlerinin, birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 13,18 N.m için karşılaştırılması Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Malzeme türü ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimine göre moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Malzeme türü | Moment Taşıma Kapasitesi (N.m) | | | |
|-----------------|--------------------------------|----|--------|----|
| | Birleştirme Çeşidi | | | |
| | Kavelalı | | Vidalı | |
| | (X) | HG | (X) | HG |
| MDF | 47,28 | BC | 81,96 | A |
| Yonga Levha | 35,31 | C | 37,68 | C |
| Okume Kontrplak | 53,85 | B | 75,63 | A |

LSD ± 13,18 N.m

Malzeme türü ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimine göre en iyi sonucu MDF ve kontrplak malzemelerdeki vidalı birleştirme örnekleri vermiştir. Bunu kontrplaktan üretilen kavelalı deney örnekleri izlemiştir. Yonga levha ile üretilen kavelalı birleştirmeler ise düşük sonuç vermiştir.

3.3. Diyagonal Basınç

Odun esaslı malzemelerden hazırlanmış 16mm kalınlığındaki L-tipi birleştirmelere uygulanan diyagonal

Çizelge 11. Diyagonal basınç deneyleri sonucunda elde edilen moment değerleri (Nm)

| Malzeme Türü | Birleştirme Çeşidi | Ortalama Moment (Nm) | Min. Moment (Nm) | Max. Moment (Nm) | c.v. (%) |
|--------------|--------------------|----------------------|------------------|------------------|----------|
| MDF | Kavela | 27,60 | 23,68 | 32,90 | 12,72 |
| | Kavela+Vida | 56,72 | 41,52 | 68,16 | 19,27 |
| Yonga Levha | Kavela | 11,27 | 8,61 | 14,88 | 20,61 |
| | Kavela+Vida | 23,02 | 16,45 | 25,07 | 16,05 |
| Kontrplak | Kavela | 22,71 | 15,66 | 28,98 | 24,02 |
| | Kavela+Vida | 37,44 | 32,90 | 42,31 | 11,31 |

nal basınç deneyleri sonucunda elde edilen ortalama moment taşıma değerleri ve varyasyon katsayıları (v) Çizelge 11'de verilmiştir.

Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinin diyagonal basınç deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasiteleri değerlerine ait varyans analizi sonuçları çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 12. Diyagonal basınç deneyi sonucu moment taşıma kapasitelerine ait varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata İhtimali p< 0.05 |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|-----------------------|
| Malzeme Türü | 2 | 3129,95 | 1564,97 | 47,25 | 0,000 |
| Birleştirme Çeşidi | 1 | 2575,20 | 2575,20 | 77,76 | 0,000 |
| Malzeme Türü- Birleştirme Çeşidi | 2 | 431,06 | 215,53 | 6,5 | 0,0055 |
| Hata | 24 | 794,80 | 33,11 | | |
| Toplam | 29 | 6931,03 | | | |

* İstatistiksel anlamda önemsiz

Malzeme türü, birleştirme çeşidi, malzeme türü ve birleştirme çeşidi, karşılaştırma değerleri diyagonal basma deneyleri sonucunda elde edilen moment taşıma kapasite değerlerine etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Malzeme türünün, birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin (diyagonal basınç) etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 5,26Nm için karşılaştırılması Çizelge 13 'de verilmiştir.

Çizelge 13. Malzeme türüne göre moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Malzeme Türü | Moment Taşıma Kapasitesi (N.m) | |
|-----------------|--------------------------------|----|
| | (X) | HG |
| MDF | 42,16 | A |
| Yonga Levha | 17,15 | C |
| Okume Kontrplak | 30,08 | B |

LSD ± 5,26 N.m

Denemeye alınan malzeme çeşitlerinden MDF ve kontrplak'dan üretilen deney örnekleri yüksek moment değerlerini vermişlerdir. En zayıf moment değeri ise yonga levha'dan üretilen deney örneklerinden elde edilmiştir. Birleştirme çeşidinin, birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 4,29 Nm için karşılaştırılması Çizelge 14'de verilmiştir.

Çizelge14. Birleştirme çeşidine göre moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Birleştirme Çeşidi | Moment Taşıma Kapasitesi (N.m) | |
|--------------------|--------------------------------|----|
| | (X) | HG |
| Kavela | 20,53 | B |
| Kavela+Vida | 39,06 | A |

LSD ± 4,29 N.m

Denemeye alınan vidalı birleştirmeler, kavelalı birleştirmelere göre yüksek moment değerleri vermiştir. Malzeme türü ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimlerinin, birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 7,44 Nm için karşılaştırılması Çizelge 15’de verilmiştir.

Çizelge 15. Malzeme türü ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimine göre (diyagonal çekme) moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Malzeme türü | Moment Taşıma Kapasitesi (N.m) | | | |
|-----------------|--------------------------------|----|--------|----|
| | Birleştirme Çeşidi | | | |
| | Kavelalı | | Vidalı | |
| | (X) | HG | (X) | HG |
| MDF | 27,61 | C | 56,72 | A |
| Yonga Levha | 11,28 | D | 23,02 | C |
| Okume Kontrplak | 22,72 | C | 37,45 | B |

LSD ± 7,44 Nm

Malzeme türü ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimine göre en iyi sonucu MDF ve kontrplak malzemelerdeki vidalı birleştirme örnekleri vermiştir. Yonga levha ile üretilen kavelalı birleştirmeler ise düşük sonuç vermiştir.

Odun esaslı malzemelerden hazırlanmış 18mm

Çizelge 16. Diyagonal basınç deneyleri sonucunda elde edilen moment değerleri (Nm)

| Malzeme Türü | Birleştirme Çeşidi | Ortalama Moment (Nm) | Min. Moment (Nm) | Max. Moment (Nm) | c.v. (%) |
|--------------|--------------------|----------------------|------------------|------------------|----------|
| MDF | Kavela | 18,89 | 15,87 | 23,42 | 17,20 |
| | Kavela+Vida | 37,63 | 31,74 | 46,85 | 15,89 |
| Yonga Levha | Kavela | 20,70 | 18,13 | 24,18 | 10,863 |
| | Kavela+Vida | 23,87 | 15,87 | 29,47 | 22,66 |
| Kontrplak | Kavela | 27,65 | 18,13 | 44,58 | 37,99 |
| | Kavela+Vida | 38,67 | 24,12 | 58,94 | 33,49 |

kalınlığındaki L-tipi birleştirmelere uygulanan diyagonal basınç deneyleri sonucunda elde edilen ortalama moment taşıma değerleri ve varyasyon katsayıları (v) Çizelge 16’da verilmiştir.

Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinin diyagonal basınç deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasiteleri değerlerine ait varyans analizi sonuçları çizelge 17’de verilmiştir.

Malzeme türü, birleştirme çeşidi karşılaştırma değerleri diyagonal çekme deney sonucunda elde edilen

Çizelge 17. Diyagonal basınç deneyi sonucu moment taşıma kapasitelerine ait varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata İhtimali p< 0.05 |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|-----------------------|
| Malzeme Türü | 2 | 593,22 | 296,61 | 4,95 | 0,0158 |
| Birleştirme Çeşidi | 1 | 904,20 | 904,20 | 15,11 | 0,0007 |
| Malzeme Türü- Birleştirme Çeşidi | 2 | 302,88 | 151,44 | 2,53 | 0,1005* |
| Hata | 24 | 1435,63 | 59,81 | | |
| Toplam | 29 | 3235,94 | | | |

* İstatistiksel anlamda önemsiz

moment taşıma kapasite değerlerine etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli, malzeme türü ve birleştirme çeşidi ikili karşılaştırma sonuçları moment etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Malzeme türünün, birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin(diyagonal basınç) etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 7,07 Nm için karşılaştırılması Çizelge 18 ’de verilmiştir.

Çizelge 18. Malzeme türüne göre moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Malzeme Türü | Moment Taşıma Kapasitesi (N.m) | |
|-----------------|--------------------------------|----|
| | (X) | HG |
| MDF | 28,26 | AB |
| Yonga Levha | 22,29 | B |
| Okume Kontrplak | 33,17 | A |

LSD ± 7,07 N.m

Denemeye alınan malzeme çeşitlerinden kontrplak ve MDF’den üretilen deney örnekleri yüksek moment değerlerini vermişlerdir. En zayıf moment değeri ise yonga levha’ dan üretilen deney örneklerinden elde edilmiştir. Birleştirme çeşidinin, birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerinin etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 5,77 Nm için karşılaştırılması Çizelge 19’da verilmiştir.

Çizelge19. Birleştirme çeşidine göre moment taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

| Birleştirme Çeşidi | Moment Taşıma Kapasitesi (N.m) | |
|--------------------|--------------------------------|----|
| | (X) | HG |
| Kavela | 22,42 | B |
| Kavela+Vida | 33,40 | A |

LSD ± 5,77 N.m

Denemeye alınan vidalı birleştirmeler, kavelalı birleştirmelere göre yüksek moment değerleri vermiştir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

16mm kalınlığındaki odun esaslı kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinin diyagonal çekme deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasitesi değerlerine göre; malzeme türünde başarı sıralaması kontrplak, MDF ve yongalevha şeklindedir. Kontrplaktan üretilen deney örnekleri MDF'ye göre %23, yonga levhaya göre ise %90 daha yüksek moment taşımıştır. Bunun nedeni malzemelerin mekanik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Mekanik özellikler incelendiğinde levha yüzeyine dik çekme direnci sonuçlarının, kontrplakta ortalama 0,74 N/mm², MDF'de ortalama 0,65 N/mm², yongalevhada ise 0,40 N/mm² olduğu görülmektedir.

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci levhanın ayrılma ya da yarılmaya karşı olan direncini ifade eder. Yüksek yüzeye dik çekme direnci mobilya ve aksesuar üretimi için ve özellikle levhaların mekanik araçlarla kenarlarının birleştirilmesinde çok önemlidir. Aynı zamanda tutkalın yapışma dayanımı hakkında bilgi verir (27).

Günümüzde, özellikle kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde sıklıkla kullanılan yonga levhaların yüzeye dik çekme direnci, mobilya mühendislik tasarımı açısından oldukça önemlidir. Genellikle ağır yüklere maruz kalan raf sistemlerinde kullanılacak yonga levhaların yüzeye dik çekme direnci ile vida tutma direnci, kavala tutma direnci ve diğer bağlantılar arasında doğrudan ilişki vardır. Bu nedenle yüzeye dik çekme direnç değerlerine göre birleştirme yerlerindeki konstrüksiyon şeklinin belirlenmesi ve buna göre tasarımın yapılması gereklidir.

Birleştirme çeşidine göre diyagonal çekme deneylerinde; vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelere katkısı yaklaşık %17'dir.

18mm kalınlığındaki birleştirmelerin diyagonal çekme deneyi sonucuna göre malzeme türünde başarı sıralaması MDF ve Kontrplak deney örnekleri istatistiksel anlamda farksız olmakla beraber yongalevhadan üretilen deney örneklerinden yaklaşık %77 oranında daha yüksek çıkmıştır. Buradaki birleştirmelerde ise vidanın katkısı %44 oranındadır. Malzeme türü ve birleştirme çeşidi etkileşimine göre en iyi sonucu MDF ve kontrplaktan üretilen vidalı birleştirme örnekleri vermiştir.

16mm kalınlığındaki odun esaslı kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinin diyagonal basınç kuvveti deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasitesi değerlerine göre; malzeme türünde başarı sıralaması MDF, kontrplak ve yongalevha şeklindedir. Deneyler sonucunda da MDF'nin mekanik özellikleri yongalevhaya göre daha yüksektir, bu MDF'nin daha yüksek özgül ağırlıkta olmasından kaynaklanabilir. Örneğin kavelalı birleştirmeler MDF ile kullanıldığında yonga levhaya göre daha dirençlidir (%145). Bunun sebebi MDF'nin yüksek yoğunluğu olabilir. Aynı za-

manda kavala delikleri karşılaştırıldığında MDF'de daha pürüzsüz yüzey söz konusudur. Yüzeyin düzgün olması pürüzlü olanlara göre daha fazla tutkallama alanı sağlamaktadır (13)

Birleştirme çeşidine göre ise vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelere göre %95 oranında daha yüksek moment taşıdığı görülmektedir.

18mm kalınlığındaki birleştirmelerin diyagonal basınç kuvveti deneyleri sonucunda ise vidalı birleştirilmiş deney örnekleri %50 oranında kavelalı birleştirilmiş örneklerden yüksektir. Malzeme türüne göre ise başarı sıralaması Kontrplak, MDF ve yongalevhadır.

Bu sonuçlara göre; kutu konstrüksiyonlu mobilya tasarımında, malzeme açısından ekonomik kriterler de dikkate alınarak malzeme tercihi, kontrplak, MDF ve yongalevha şeklinde yapılmalıdır.

Birleştirme elemanı olarak diğer kriterler saklı kalmak kaydıyla vida kullanımı tercih edilmelidir. Moment taşımanın önemli olduğu birleştirmelerde 18mm tabla kalınlığı kullanılmalıdır. Konu ile ilgili malzeme ve birleştirmeler farklı varyasyonlar şeklinde denenmelidir.

5. KAYNAKLAR

1. Efe, H., Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 1994).
2. Silas, T., Strength and Construction Techniques for Kitchen Cabinet Back Panels, Master of Science, 2003.
3. Eckelman, C., Strength Design of Furniture, Text Book, First Edition, Tim Tech. Inc, West Lafayette, IN., p:77-82, 1978.
4. Efe, H., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavala Tasarımı, Politeknik Dergisi, Cilt:1, Sayı: 1-2, s.41-54,G.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 1998.
5. Efe, H., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Sabit (Yabancı Çıtalı) ve Demonte (Trapez) Köşe Birleştirmelerin Çekme ve Basma Dirençleri, Politeknik Dergisi, Cilt:2, Sayı:4, s.43-51, G Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 1999.
6. Efe, H., Kasal, A., Kutu Konstrüksiyonlu Sabit ve Demonte Mobilya Köşe Birleştirmelerde Çekme Direnci, Edüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, Y.8, S.8, S.61-74, G.Ü., Ankara, 2000.
7. Efe, H., Kasal, A., Tabla Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Eğilme Direnci Özellikleri, Teknoloji Dergisi, Yıl:3, Sayı:4, No:4, s.33-45, 2000.
8. Efe, H., Kasal, A., Tabla Tipi Kavelalı Köşe Birleştirmelerde Tutkal Çeşidinin Çekme Direncine Etkileri, Politeknik Dergisi, Cilt:3, Sayı:4, s.67- 72, G.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 2000.
9. Örs, Y., Efe, H., Kasal, A., Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Çekme Direnci, Politeknik Dergisi, Cilt:4, Sayı:4, s.1-9, G.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 2001.

10. Efe, H., Kasal, A., Gürleyen, L., Çeşitli Tutkallarla Yapıştırılmış Kutu Konstrüksiyonlu Kavelalı Köşe Birleştirmelerin Basınç Direnci, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, Y: 10, S: 10, s : 39 - 56, G.Ü., Ankara, 2002.
11. Efe, H., Kasal, A., Diler, H.,Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerde Eğilme Moment Dirençleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 2003.
12. Eren, S., Evaluation and Development of Methods of Improving Fasteners and Joints Performance in Wood-base Composite Case Furniture, Ph.D. Thesis, Purdue University, 1999.
13. Güntekin, E., “Montaja Hazır Mobilya Birleştirmelerinin Performansları”, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Sayı:2, Sayfa:37-48, 2003.
14. Zhang, J., L., and Eckelman, C., The Bending Moment Resistance of Single-Dowel Corner Joints in Case Construction, Forest Product Journal, Vol: 43(6), p:19-24, 1993.
15. Özçiftçi, A., Altınok, M., Özen, R., Kutu Mobilyada Bazı Köşe Birleştirmelerin Mukavemet Özelliklerine Ait Deneysel Sonuçların İstatistiksel Analizi ve Değerlendirilmesi, Journal of Scientific Research Foundation, Vol:1, No:2, p:63-70, 1996.
16. Tankut, A., Optimum dowel spacing for corner joints in 32-mm cabinet construction Forest Product Journal 55(12):100-104 2005.
17. TS 3891, Yapıştırıcılar – Polivinilasetat Esaslı Emülsiyon (Ahşap Malzeme İçin), T.S.E. , Ankara, 1982.
18. TS. 4539, Ahşap Birleştirmeler – Kavelalı Birleştirme Kuralları, T.S.E., Ankara.
19. Norvydas, V., “Research And Evaluation of Strength And Fracture of The Doweled Furniture Joint” Doctoral Dissertation, Kaunas University of Technology, Kaunas, 2004.
20. TS 61, “Ağaç Vidaları”, T.S.E., Ankara, 1978.
21. Forest Products Laboratory, Wood handbook--Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter 7 Fastening 7-10, 1999.
22. ASTM-D-1037, Standart Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, Annual Book of ASTM Standarts, Vol 04.10., 2002.
23. TS EN 323 “Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağırlığının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1999).
24. TS EN 322 “Ahşap Esaslı Levhalar – Rutubet Miktarının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1999).
25. TS EN 310 “Ahşap Esaslı Levhalar–Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülünün Tayini”, T.S.E., Ankara, (1999).
26. TS EN 319, Yonga levhalar ve Lif levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara, 1999.
27. Göker, Y., Akbulut, T., Ayrılmış, N., “Türkiye’de Üretilen MDF Levhaların Teknolojik özellikleri” İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi ,13-33, 2002.