

## Alternatif Panel Mobilya Malzemesi Olarak Polivinil Klorür (Pvc) Levhalardan Üretilmiş Kutu Mobilya Köşe Birleştirmelerinin Moment Kapasiteleri

\*Ali KASAL<sup>1</sup> Fatih BAYINDIR<sup>2</sup> Harun DİLER<sup>3</sup> Tolga KUŞKUN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Muğla Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçışeri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Muğla.

<sup>2</sup>Merinos Mobilya, Torbalı, 35860, İzmir.

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Mobilya ve Dekorasyon Programı, 07058, Antalya.

\*Sorumlu yazar: [alikal@mu.edu.tr](mailto:alikal@mu.edu.tr),

Geliş Tarihi: 15.03.2013

### Özet

Bu çalışmada, kutu (panel) mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen polivinil klorür (PVC) levhalardan, çeşitli tekniklerle birleştirilmiş L-tipi köşe birleştirme elemanlarının deney yükleri altındaki moment kapasiteleri geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu amaçla, deney örneklerinin hazırlanmasında üç farklı yoğunlukta ve kalitede PVC levhalar (PVC1, PVC2, PVC3) ile panel mobilya üretiminde kullanılan yonga levha (YL), orta yoğunlukta lif levha (MDF), sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı yonga ve lif levha (YLLAM, MDFLAM) ve iki değişik yoğunlukta yönlendirilmiş yonga levhalar (OSB1, OSB2) kullanılmış ve aynı koşullar altında denenmiştir. Deney örnekleri, kullanımı sırasında maruz kalabileceği yükleme biçimine göre statik yük altında diyagonal çekme ve basınç deneylerine tabi tutulmuştur. 9 malzeme çeşidi (6 ahşap esaslı levha, 3 değişik yoğunlukta PVC levha), 2 birleştirme tekniği (vidalı, minifiksli), 2 yükleme biçimi (diyagonal çekme, diyagonal basınç) ve her örnekten 5 adet olmak üzere toplam (9x2x2x5= 180) 180 adet L-tipi köşe birleştirme deney örneği hazırlanarak denenmiştir. Ayrıca maliyet analizleri de yapılarak teknik ve ekonomik hususlar arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Deneyler sonucunda, PVC levhaların panel tipi mobilya üretiminde kullanımının teknik yönlerden aşırı yük taşımayacak yerlerde, özellikle ıslak mekanlarda kullanılmasının uygun, ancak ekonomik bakımdan uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Polivinil klorür (PVC) Levha, Panel Tipi Mobilya, Moment Taşıma Kapasitesi, Maliyet Performans Analizi

### Bending Moment Capacities of Case Furniture Corner Joints Fabricated From Polyvinyl Chloride (Pvc) Panels as an Alternative Materials

#### Abstract

In this study, bending moment capacities of L-type corner joints fabricated from polyvinyl chloride (PVC) panels that are commonly produced and used and expected to be an alternative material for case (panel) furniture manufacturing were analyzed under the test loads and compared to the conventional wood based panels. Corner joints were connected with various techniques that encountered in case type furniture. For this purpose, in preparing the specimens, 3 different density and qualities of PVC (PVC1, PVC2, PVC3) and some wood based panels namely particleboard (YL), medium density fiberboard (MDF), particleboard and medium density fiberboard surfaced with synthetic resin sheet (YLLAM, MDFLAM) and two different quality of oriented strand board (OSB1, OSB2) also were utilized and tested under the same conditions. Specimens were tested under static diagonal tension and compression loads which the joint can be imposed upon them in service. A total of 180 specimens (9x2x2x5=180) were prepared and tested including 9 material types (6 composite woods, 3 different density of PVC), 2 joint types (screwed, minifixed), 2 loading types (diagonal tension, diagonal compression), and 5 replications for each. Furthermore, the relations between the technical and economical effects were investigated by making cost performance analysis. At the end of the tests, it was concluded PVC panels could be utilized from technical point of view in the places that are not overstressed and especially in the wet spaces for case furniture manufacturing, however, the use of PVC is not economically suitable with compare to wood base composite materials.

**Keywords:** Polyvinyl chloride (PVC) Panel, Case Furniture, Moment Capacity, Cost Performance Analysis.

#### Giriş

Günümüzde dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak yükselen kaliteli ve sağlam mobilya talepleri karşısında, sürekli azalan orman varlıkları ve doğal kaynaklar

neneniyle, mobilya üretiminde masif ağaç malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır. Yıllardır mobilya sektörünün ana maddesini ahşap ve ahşap esaslı levhalar oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda, gelişen

teknoloji mobilya sektöründe farklı ana hammaddelerin kullanılmasına imkân vermiştir. Özellikle polivinilklorür (PVC) levhalar, düzgün ve sert bir yapıya sahip, suya ve neme karşı dayanıklı, asit, alkaliler, hidrolik yağlar gibi aşındırıcı maddelere karşı yüksek dirençli, farklı renklere boyanabilmesi, laminat ile kaplanabilmesi v.b. özelliklerinden dolayı iç dekorasyon ve mobilya üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Suya ve neme karşı dayanıklı olduklarından dolayı mutfak, banyo, wc gibi ortamlardaki mobilyaların yapımında kullanılabilir (Bayındır, 2009). Bu malzemelerin direk olarak mobilya üretiminde masif ağaç malzeme yerine kullanılması ciddi mukavemet problemlerine yol açabilir. Bu nedenle, PVC levhaların, özellikle panel mobilya üretiminde kullanıldığında, nasıl mekanik davranış özellikleri gösterecekleri belirlenmelidir.

PVC sert ve esnek olarak iki çeşit kullanım alanı vardır. Sert PVC daha çok boru, pencere profili, duvar kaplamaları vb. alanlarda kullanılır. Bunlar hava şartlarına dayanıklı, mukavemeti yüksek, sert ve kendi kendine yanmazlık özelliklerine sahiptir. Yumuşak veya esnek PVC türleri ise; daha çok kablo sanayi, yer döşemeleri, oyuncak ve eldiven yapımında kullanılmaktadır. Özellikle düşük ısı kararlılığına sahip olan PVC'nin ısıtıldığı zaman metal yüzeylere yapışma özelliği çok yüksektir. PVC hava şartlarına olan yüksek dayanıklılığı, kolay işlenebilmesi, metal yüzeye yapışma özelliğinin olması ve iyi elektriksel özelliklerinin bulunması nedeni ile kablo imalatında geniş yer almıştır. Ülkemizde yapılan alçak gerilim kablokaplamalarının tamamına yakın kısmı PVC den imal edilmektedir. Yaşam döngüsü boyunca PVC, üretim için tehlikeli kimyasalları gerektirmekte, zararlı katkısallar yaymakta ve zehirli atık yaratmaktadır. Neredeyse tüm PVC ürünlerinin daha güvenli, uygulanabilir alternatifleri şu an mevcut olmasına rağmen üretiminin tüm dünyada gittikçe artmaktadır (Aydın, 2004).

PVC'den yapılmış bir malzemenin mekanik özellikleri PVC'nin özelliklerine bağlıdır. Bu açıdan PVC'den yapılan malzemenin mekanik özellikleri PVC'nin molekül ağırlığı ve moleküllerin malzeme

içerisindeki dağılımına bağlıdır. Ayrıca malzemenin mekanik özellikleri katkı maddelerinin cins ve miktarıyla değişebilmektedir. Örneğin PVC'ye genel plastikleştiricilerin katılması, PVC'nin mekanik özelliklerini değiştirir. PVC'ye az miktarda plastikleştirici ilavesi polimerde antiplastikleşmeye neden olur, bunun sonucu olarak da polimerde dayanıklılıkla birlikte kırılmalıkta yapay bir şekilde artar (Aydın, 2004).

Kutu konstrüksiyonlu mobilyalar ve köşe birleştirmelerin moment kapasiteleri ve rijitlikleri üzerinde etkili olan faktörlere yönelik çalışmalar birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalardan gerek deney örneklerinin boyutları, gerek deney yöntemi gerek se konstrüksiyonların uygulanması aşamasında yararlanılmış olan bazılarına ilişkin özet bilgiler aşağıda verilmiştir.

Rijitlik derecesi değerleri değişen 3 farklı bağlantı tekniğinin kutu mobilyaların sağlamlığına etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre; kutunun rijitliği üzerinde birleştirmelerin önemli etkisi bulunmaktadır. Köşe birleştirmeler, kavela ve metal bağlantılarla güçlendirilirse sağlamlığında kademeli olarak artacağı vurgulanmıştır (Lin ve Eckelman, 1987). Yonga levhalar üzerinde tek kavelalı köşe birleştirme elemanları ile yapılan diyagonal basınç ve çekme deneylerinde, kavela çapı ve kavela boyu arttıkça eğilme momenti taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir (Zhang ve Eckelman, 1993a). Farklı sayıda kavela kullanılarak yapılan köşe birleştirmeler için ise, iki kavela arası 7,5 cm olması durumunda en yüksek eğilme mukavemetine ulaşılabileceği bildirilmiştir (Zhang ve Eckelman, 1993b).

Kutu mobilya konstrüksiyonunda geniş kullanım alanı bulunan çekme ve basınç yükleri altındaki yabancı çatalı ve trapez bağlantı elemanlı, yonga levha ve lif levha (MDF)'lar ile oluşturulan "L tipi" köşe birleştirme deney elemanlarının dirençleri belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre lif levhaların, yonga levhalara, demonte birleştirmelerin ise sabit birleştirmelere üstünlük sağladığı belirtilmiştir (Efe, 1999). Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerden; tutkallı

(sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre lif levhaların yonga levhalara, tutkalsız birleştirmelerin de tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığı belirtilmiş, deneylerde en iyi sonucun tutkalsız multifixli köşe birleştirmelerin verdiği, ikinci sırayı ise tutkalsız minifixli köşe birleştirmelerin aldığı bildirilmiştir (Efe ve Kasal, 2000). Kutu konstrüksiyonlu, tutkalsız ve tutkallı vidalı mobilya köşe birleştirmelerinde çekme dirençleri karşılaştırılmıştır. Tutkallı birleştirmelerde poliüretan esaslı bir tutkallı kullanıldığı araştırmada yapılan deneyler sonucunda; MDF Lam ve 4x50 mm vidaların daha başarılı bulunduğu bildirilmiştir (Örs ve ark., 2001).

Montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performans özellikleri araştırılmıştır. 18 mm kalınlığındaki MDF ve YL'den 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 oldukları ve malzeme ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnci etkilediği bildirilmiştir (Güntekin, 2003). "32 mm Kutu Konstrüksiyonlu Köşe Birleştirmeleri İçin Optimum Kavela Mesafeleri" adlı çalışmada Türk mobilya endüstrisinde artan 32 mm'lik kutu konstrüksiyon kullanımı, uygulamalı direnç dayanımının değerlendirilmesi gerekliliği ortaya koyulmuştur. Makale 32 mm'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 basınç hem de çekme testlerinde MDF köşe birleştirmeleri yonga levhadan daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Tankut, 2005).

Kutu konstrüksiyonlu mobilyada L-tipi vidalı köşe birleştirmelerin moment direnci üzerinde, vida çapı, vida etkili boyu, yükleme biçimi, malzeme çeşidi, yüzey kaplama işlemi ve tutkal kullanımının etkileri incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre, yüzeyin sentetik reçineli kâğıtla kaplanması

ve birleştirme yüzeyinin tutkallanmasının, yonga levha örneklerinin moment direncini önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir (Zhang vd., 2005). Kutu konstrüksiyonlu vidalı tutkallı ve vidalı tutkalsız mobilya köşe birleştirmelerinde tutkallı eğilme direncine olan katkısı irdelenmiştir. Deneyler sonucunda, tutkallı birleştirmelerin tutkalsızlardan, lif levhanın da yonga levhadan daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Kasal vd., 2006). Kutu mobilya L-tipi tutkallı vidalı birleştirmelerde vida sayısı ve vida ölçülerinin moment taşıma kapasiteleri üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada, diyagonal basınç ve çekme yükleri altında oluşan moment değerlerinin önceden tahmin edilmesini sağlayacak eşitlikler geliştirilmiştir (Kasal, 2008). Kutu mobilya L-tipi tutkalsız vidalı köşe birleştirmelerinin moment performansında vida sayısı ve ölçülerinin etkisinin araştırıldığı çalışmada, çap, boy ve vida sayısı artışının mukavemeti arttırdığı, ancak vida boyunun çaptan daha etkili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca ortalama moment performansı değerlerinin önceden tahmin edilebileceğini gösteren formüller geliştirilmiştir (Kasal ve ark., 2008).

Bu çalışmada, mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan PVC levhalardan panel mobilyalarda karşılaşılan çeşitli tekniklerle birleştirilmiş L-tipi birleştirme elemanlarının PVC levhalardan üretildikleri takdirde deney yükleri altında gösterecekleri performansların incelenmesi ve geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## **Malzeme ve Yöntem**

### **Ahşap esaslı ve polivinil klorür (PVC) levhalar**

Deneylerde ahşap esaslı levha olarak, 18 mm kalınlığında yonga levha (YL), orta yoğunlukta lif levha (MDF) sentetik reçine kaplanmış yonga ve orta yoğunlukta lif levha, (YLLAM, MDFLAM) ve iki farklı yoğunlukta yönlendirilmiş yonga levha (OSB1, OSB2) kullanılmıştır. Ayrıca, 18 mm kalınlığında bir yoğunlukta ve 19 mm kalınlığında iki farklı yoğunlukta PVC levhalar kullanılmıştır. PVC levhalar İstanbul

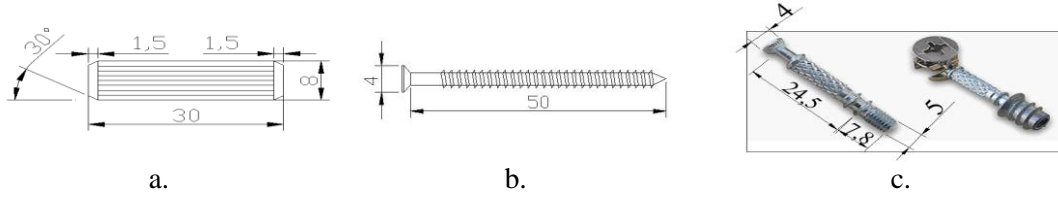
piyasasından temin edilmiş olup, PVC1 (18 mm) ve PVC2 (19 mm)'nin Avrupa'dan PVC3 (19 mm)'ün ise uzak doğu'dan ithal edildiği bilgisi temin edinilen firmadan alınmıştır.

### Bağlantı elemanları (plastik kavela, vida ve minifiks)

Deneylerde 8 mm çapında, 30 mm boyunda, yivli gövdeli plastik kavelalar kullanılmıştır (Şekil 1a). Plastik kavelalar

sadece minifiksli bağlantılarda kılavuzluk yapmak amacıyla kullanılmıştır.

Ana birleştirme elemanı olarak, özellikle ahşap esaslı levhalardan üretilen mobilya birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılan, yıldız vida ağızlı, 4 mm çapında ve 50 mm boyundaki tam boy dişli vidalar kullanılmıştır (Şekil 1b). Kullanılan vidanın diş dibi çapı 2.4 mm, diş adımı ise 1.8 mm'dir. Kullanılan diğer ana birleştirme elemanı olarak da metal soketli minifiks bağlantı elemanı kullanılmıştır (Şekil 1c).



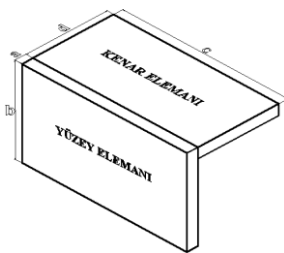
Şekil 1. Deneylerde kullanılan (a) kavela, (b) vida ve (c) minifiks (ölçüler mm'dir)

### L-tipi köşe birleştirme elemanlarının hazırlanması

Deney örneklerinin diyagonal çekme ve basınç yükleri altındaki moment taşıma kapasitelerinin belirlenmesi ile ilgili bir standart olmadığından daha önceden yapılmış çalışmalardaki deney örneklerinden yararlanılmıştır. (Örs ve ark., 2001; Efe ve ark., 2003; Kasal ve ark., 2006; Kasal, 2008).

Her bir deney örneği kenar ve yüzey olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. Kenar elemanı 270 x 131-132 mm, yüzey elemanı ise 270 x 150 mm ölçülerindedir (Şekil 2). Vidalı birleştirmelerde, iki eleman

birbirlerine 2 adet 4x50 vida ile bağlanmıştır. Vidaların atılacağı yerlere önceden 3 mm çapında ve 32 mm derinliğinde ön delikler açılmıştır. Minifiksli birleştirmelerde ise bağlantı 2 adet minifiks ile sağlanmıştır. Minifiksli birleştirmelerde 8x30 mm ölçülerinde 2 adet plastik kavela kılavuzluk amacıyla kullanılmıştır. Vida, minifiks ve kavela eksenleri arasındaki mesafe için çoklu delik makinelerindeki standart ölçü (32 mm) hesaba alınmıştır. Deney örneklerinin birleşme yerlerinin detayı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. L-tipi köşe birleştirme deney örneği ve birleştirme arakesit yüzeyi detayları

Levha kalınlığı (a)	(b)	(c)	(d)
18mm	150 mm	270 mm	132 mm
19mm	150 mm	270 mm	131 mm

32	206	32	
+ vida eksen		vida eksen +	
	270		
32	142	32	32
+ klavuz kavela eksen		klavuz kavela eksen +	+ minifiks eksen
	270		

Deneylerde 9 malzeme çeşidi 2 birleştirme tekniği, 2 yükleme biçimi ve her örnekten 5 yinleme olmak üzere 180 adet (9 x 2 x 2 x 5=180) deney örneği hazırlanmıştır. Deney örnekleri deneyden önce 20 ± 2 °C ve %65±5 bağıl nem koşullarındaki iklimlendirme dolabında, denge rutubetine

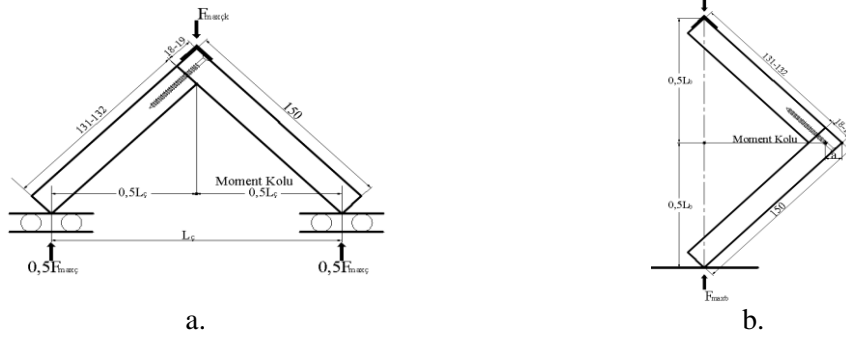
ulaşınca kadar bekletilmiştir. Daha sonra, örneklerin rutubet kontrolü için TS 2471'de belirtilen esaslara uyulmuştur.

### Diyagonal çekme ve basınç deneyleri

Deneyler, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Uygulama

Atölyesinde bulunan 5 ton kapasiteli Üiversal Test Cihazında 6 mm dak'lık hız sağlanan statik yüklemeler ile

gerçekleştirilmiştir. Diyagonal çekme ve basınç deney düzenekleri Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Diyagonal çekme (a) ve basınç (b) deney düzenekleri ve yük uygulama biçimi

Birleştirmelerin performansı, birleştirmelerin taşıdığı momentler olarak alınmış ve hesaplanmıştır. Diyagonal çekme deneylerinde moment ( $M_{\phi}$ ), eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$M_{\phi} = 0.5F_{max\phi} \times 0.5L_{\phi} \quad (Nm) \quad (1)$$

Burada;

$M_{\phi}$ : Çekme yükü altında taşınan moment (Nm)

$F_{max\phi}$ : Göçme anındaki maksimum kuvvet (N)

$L_{\phi}$ : Moment kolu (m)

Diyagonal basınç deneylerinde ise moment ( $M_b$ ), eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır.

$$M_b = F_{maxb} \times [ \sqrt{(150)^2 - (0.5L_b)^2} - a ] \quad (Nm) \quad (2)$$

Burada;

$M_b$ : Basınç yükü altında taşınan moment (Nm)

$F_{maxb}$ : Göçme anındaki maksimum kuvvet (N)

$L_b$ : Moment kolu 18 mm kalınlığındaki levhalarda 93.34 mm, 19 mm kalınlığındaki levhalarda 92.63 mm'dir.

a : 18 mm kalınlığındaki levhalarda 12.73 mm, 19 mm kalınlığındaki levhalarda 13.43 mm'dir.

### Maliyet ve performans analizi

Deneylerde kullanılan ahşap esaslı ve PVC levhaların fiyatları arasında büyük farklılıklar mevcuttur. Aynı zamanda vida ve minifiks bağlantı elemanları arasında da önemli derecede fiyat farklılıkları bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada

sadece teknik hususlar değil, aynı zamanda ekonomik hususlarında değerlendirilmesi gerekli görülmüştür. Ekonomik ve teknik ölçütler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla maliyet ve performans analizi yapılmıştır. Maliyet ve performans analizinde diyagonal çekme ve basınç deneylerinden elde edilen moment taşıma kapasitesi ( $M_{\phi}$ ,  $M_b$ ) değerleri ve her bir malzemeye ait birleştirme grubu için hesaplanan maliyet (m) değerlerinden yararlanarak "performans katsayısı" ( $Nm/TL$ ) değerleri belirlenmiştir. Performans katsayıları eşitlik 3'e göre hesaplanmıştır.

$$P_k = M_b (M_{\phi}) / m \quad (Nm / TL) \quad (3)$$

Burada;

$P_k$ : Performans katsayısı ( $Nm/TL$ )

m: Maliyet (TL)

$M_{\phi}$  -  $M_b$ : Diyagonal çekmede ve basınçta taşınan momentler'dir.

### Verilerin değerlendirilmesi

Levha türü, birleştirme tekniği ve levha türü-birleştirme tekniği ikili etkileşimlerinin, diyagonal çekme ve diyagonal basınç yükleri altındaki moment taşıma performansına etkilerini belirlemek amacıyla "çoklu varyans analizleri" yapılmış, farklılıkların ( $p < 0.05$ )'e göre istatistiksel olarak anlamlı çıkması halinde, bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için "en küçük önemli fark" (LSD : Least Significant Difference) testi kullanılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerden levha türü ve birleştirme tekniğinin birbirleri arasındaki başarı

sıralamaları homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir. Maliyet analizlerinde de, her grup için hesaplanan maliyet mukavemet oranları belirlenmiş ve yorumlanmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

#### Ahşap esaslı ve PVC levhaların bazı fiziksel özellikleri

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan malzemelerin bazı fiziksel ve

mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir (Bayındır, 2009). Bu değerlerden, L-tipi birleştirme elemanlarının moment kapasiteleri değerlendirilirken yararlanılmıştır. Vida tutma ve minifiks tutma mukavemeti değerleri, köşe birleştirme elemanları ile uygun bir karşılaştırma ve yorumlama yapılabilmesi için kenardan alınmıştır.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan malzemelerin bazı teknik özellikleri (Bayındır, 2009)

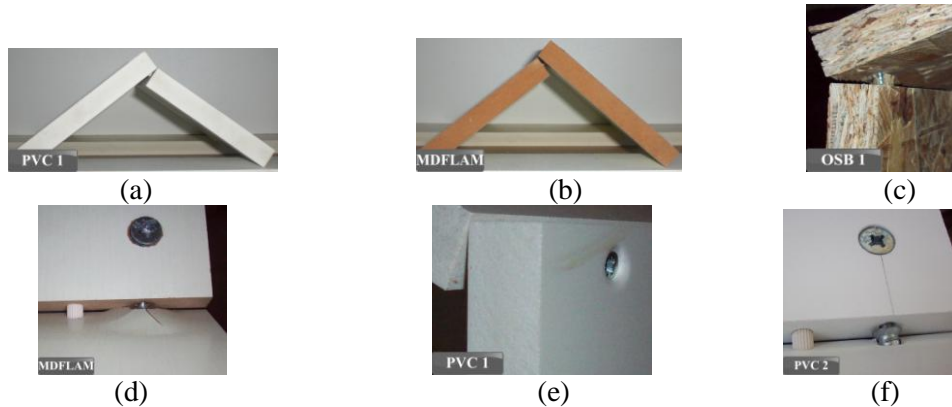
Malzeme	Rutubet (%)	Yoğunluk (g cm <sup>3</sup> )	Eğilme direnci (N mm <sup>2</sup> )	Elastikiyet Modülü (N mm <sup>2</sup> )	Yüze dik çekme (N mm <sup>2</sup> )	Panel rijitlik (N mm <sup>2</sup> )	Kenar vida tutma (N)	Kenar Minifiks tutma (N)
YL	6.82	0.60	12.91	2674	0.41	1153	906	521
YLLAM	6.51	0.69	15.00	4435	0.48	1572	1481	970
MDF	6.12	0.77	38.98	2824	0.95	1721	2436	1404
MDFLAM	5.93	0.78	26.51	4347	0.73	1725	1862	1175
OSB 1	5.78	0.57	26.26	4869	0.30	1442	1107	790
OSB 2	5.87	0.53	22.99	4111	0.25	1391	1042	632
PVC 1	0	0.40	17.41	752	-*	384	1198	818
PVC 2	0	0.39	18.12	672	-	356	1362	1161
PVC 3	0	0.40	18.79	683	-	352	1301	1116

\* Ahşap esaslı levha standardına göre yapılan deneyler PVC levhaların yüze dik çekme testi için uygun bulunmamıştır.

#### L-tipi köşe birleştirme elemanlarının moment taşıma kapasiteleri

Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde, vidalı ve minifiksli birleştirmelerde kuvvetin uygulanmasıyla vida ve minifiksler malzemenin kenarından çekilme etkisinde kalmışlardır. Çekme ve basınç deneyleri yaklaşık olarak 60 ile 90 sn arasında gerçekleşmiştir. Çekme deneylerinde, vidalı birleştirmelerde vidalar bükülme yaparak parça kenarından geri çıkmıştır. Minifiksli

birleştirmelerde, soketler parçadan geri çıkarken yonga parçalarını da getirmişler ve yaklaşık 20 mm çapında bir alanda şişme yapmışlardır. PVC levhalardan, PVC 1’in vidalı birleştirmenin göçme şekli diğer malzemelerden farklı olarak vida baş kısmının parça içerisine gömülmesi şeklinde gerçekleşmiştir. Vidalı ve minifiksli diyagonal çekme deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri Şekil 4’de gösterilmiştir.

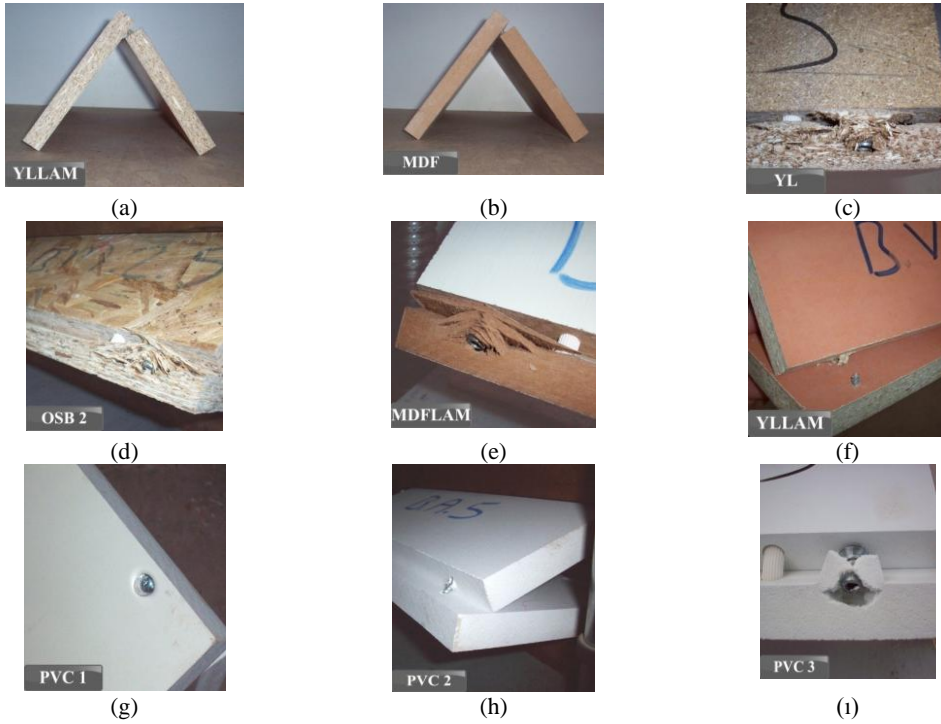


Şekil 4. Diyagonal çekme deneylerinde, vidalı (a, b, c, e) ve minifiksli (d, f) birleştirmelerde meydana gelen göçme tipleri

Diyagonal çekme deneylerinde gözlemlenen göçme tiplerine bakıldığında, birleştirmelerin mukavemetinin direk olarak malzemelerin kenardan vida ve minifiks tutma mukavemetleriyle ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

Basınç deneylerinde, çekilme etkisinde kalan vidalar parçadan ayrılmıştır. Diyagonal çekme testinde olduğu gibi diyagonal basınç deneyinde de PVC 1'in testleri yapılırken vida başlarının parça içerisine gömülerek

deformasyona uğradığı gözlenmiştir. Minifiksli birleştirmelerde ise uygulanan kuvvetin etkisiyle minifiksin metal soketleri dışa doğru çıkma yaparak deney örneklerinde göçmelere sebep olmuştur. Bu göçmeler ahşap esaslı levhalarda büyük bir alana yayılarak etki ederken PVC levhalarda küçük bir alanla sınırlı kalarak etki etmiştir. Vidalı ve minifiksli deney örneklerinde diyagonal basınç deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Diyagonal basınç deneylerinde vidalı (a, b, f, g, h) ve minifiksli (c, d, e, ı) deney örneklerinde meydana gelen göçme tipleri

Diyagonal basınç deneylerinde gözlemlenen göçme tiplerine bakıldığında, birleştirmelerin mukavemetinin direk olarak malzemelerin yüzeye dik çekme dirençleriyle ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

“L” tipi köşe birleştirme deney örneklerinin diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucunda elde edilen moment taşıma kapasitesi değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasiteleri

Malzeme Çeşidi	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)							
	Diyagonal çekme				Diyagonal basınç			
	Vidalı		Minifiksli		Vidalı		Minifiksli	
	$X_{ort}$	v(%)	$X_{ort}$	v(%)	$X_{ort}$	v(%)	$X_{ort}$	v(%)
YL	36.53	10.00	31.23	8.51	27.83	14.45	20.14	14.37
YLLAM	53.38	6.79	34.88	6.25	36.81	8.68	22.70	3.37
MDF	77.64	7.70	62.81	9.42	52.37	6.10	42.12	4.61
MDFLAM	64.37	5.96	48.07	6.66	44.86	4.56	32.04	4.51
OSB 1	36.54	3.08	31.95	3.56	27.28	9.31	19.82	16.94
OSB 2	34.61	7.97	32.78	8.29	24.17	12.73	17.85	7.69
PVC 1	31.1	2.09	28.47	6.26	25.45	7.79	25.08	4.16
PVC 2	36.71	6.85	37.16	9.24	34.16	3.03	26.71	7.83
PVC 3	35.43	7.53	30.53	4.51	27.98	6.24	26.71	5.15

Malzeme çeşidi ve birleştirme tekniğinin, “L” tipi köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi üzerindeki etkilerine ilişkin

çoklu varyans analizleri sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Çoklu varyans analizi sonuçları

	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali
						P<0.05
Diyagonal Çekme	Malzeme Çeşidi	14506.362	8	1813.295	178.8267	0.000
	Birleştirme Tekniği	1300.968	1	1300.968	128.3011	0.000
	MÇ x BT	978.309	8	122.289	12.0611	0.000
	Hata	730.077	72	10.14		
	Toplam	17515.717	89			
Diyagonal Basınç	Malzeme Çeşidi	5561.048	8	695.131	124.8564	0.000
	Birleştirme Tekniği	1274.641	1	1274.641	228.9455	0.000
	MÇ x BT	426.666	8	53.333	9.5795	0.000
	Hata	400.856	72	5.567		
	Toplam	7663.210	89			

MÇ:Malzeme çeşidi BT. Birleştirme tekniği

Birleştirme tekniği ve malzeme çeşidi ve bu faktörlerin ikili etkileşimlerinin, “L” tipi köşe birleştirmelerin hem çekme ve hem de basınç yükü altındaki moment taşıma kapasitesi değerleri üzerindeki 0.05 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde malzeme çeşidine göre moment taşıma kapasitesi değerlerine ilişkin LSD 2.839 Nm (çekme) ve 2.103 Nm (basınç) kritik değerlerine göre yapılan karşılaştırma sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Malzeme çeşidine göre moment taşıma kapasiteleri ve homojenlik grupları

Malzeme çeşidi	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)					
	Diyagonal çekme			Diyagonal basınç		
	$X_{ort}$	HG	Malzeme çeşidi	$X_{ort}$	HG	
MDF	70.23	A	MDF	47.24	A	
MDFLAM	55.22	B	MDFLAM	38.45	B	
YLLAM	44.13	C	PVC 2	30.44	C	
PVC 2	36.94	D	YLLAM	29.75	C	
OSB 1	34.25	DE	PVC 3	27.35	D	
YL	33.88	E	PVC 1	25.27	DE	
OSB 2	33.69	E	YL	23.99	E	
PVC 3	32.98	E	OSB 1	23.55	E	
PVC 1	29.79	F	OSB 2	21.01	F	



Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde birleştirme tekniğine göre moment taşıma kapasitesi değerlerinin LSD 1.338 Nm

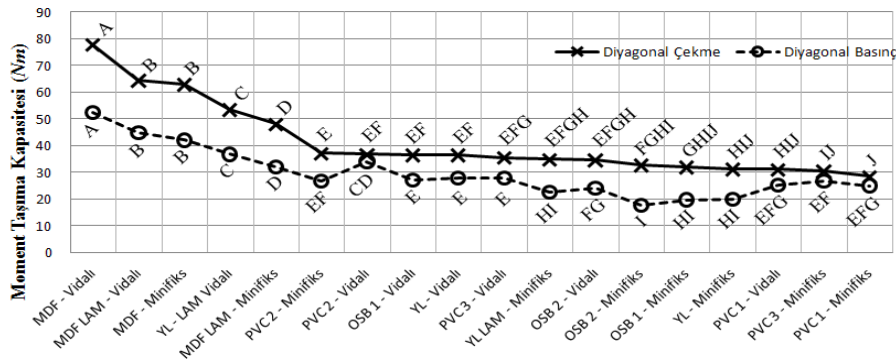
(çekme) ve 0.9916 Nm (basınç) kritik değerleri için karşılaştırma sonuçları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Birleştirme tekniğine göre moment kapasiteleri ve homojenlik grupları

Birleştirme Tekniği	Moment Taşıma kapasitesi (Nm)			
	Diyagonal çekme		Diyagonal basınç	
	X <sub>ort</sub>	HG	X <sub>ort</sub>	HG
Vidalı	45.15	A	33.44	A
Minifiksli	37.54	B	25.91	B

Buna göre; her iki deney türünde de vidalı birleştirmelerin minifiksli birleştirmelerden % 8 daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Malzeme çeşidi ve birleştirme tekniği ikili

etkileşimleri için LSD 4.015 Nm (çekme) ve 2.975 Nm (basınç) kritik değerleri için yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasitesi değerleri ikili karşılaştırma sonuçları

Grafik incelendiğinde, birleştirme tekniği dikkate alınmaksızın, en iyi sonuçların diyagonal çekme deneylerinden elde edildiği görülmektedir. Her iki yükleme biçiminde de vidalı birleştirmeler minifiksli birleştirmelere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Diyagonal çekme deneyinde PVC1 – vidalı birleştirme ile YL – minifiksli birleştirme arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı belirlenmiştir. Diyagonal basınç deneylerinde OSB1 – vidalı, YL – vidalı ve PVC3 – vidalı birleştirmeler arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı görülmüştür. PVC2 – vidalı,

PVC3 – minifiksli ve PVC1 – minifiksli birleştirmelerinin diyagonal çekme ve basınç değerleri arasında çok büyük farklar olmadığı belirlenmiştir.

#### Maliyet ve performans analizi

Çalışmada, kullanılan malzemelerin ve bağlantı elemanlarının fiyatları arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan malzemelerin fiyatları Tablo 6’da bağlantı elemanlarının fiyatları ise Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6. Deneylerde kullanılan malzemelerin fiyatları

Malzeme	Tabaka Ölçüleri (m)	Birim Ölçü (m <sup>2</sup> )	Tabaka Fiyatı (TL)	Birim Fiyatı (TL m <sup>2</sup> )
YL	3.66 x 1.83	6.69	35	5.23
YLLAM	3.66 x 1.83	6.69	70	10.46
MDF	3.66 x 1.83	6.69	75	11.21
MDFLAM	3.66 x 1.83	6.69	90	13.45
OSB1	2.44 x 1.22	2.97	33	11.11
OSB2	2.44 x 1.22	2.97	33	11.11
PVC1	3.05 x 2.05	6.25	499	79.84
PVC2	3.05 x 1.56	4.75	449	94.53
PVC3	3.05 x 1.56	4.75	302	63.58

Tablo 7. Deneyleerde kullanılan bağlantı elemanlarının fiyatları

Bağlantı Elemanı	Miktar ( <i>Adet</i> )	Fiyatı ( <i>TL</i> )	Birim Fiyatı ( <i>TL Adet</i> )
Vidalı	500	7.50	0.015
Minifiks	1	1.75	1.75
Plastik kavela	1000	9	0.009

Her bir malzeme ve birleştirme tekniğine göre üretilmiş L-tipi köşe birleştirme elemanları için hesaplanan maliyetler Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. L-tipi köşe birleştirme elemanlarının maliyeti

Malzeme	Bağlantı Elemanı	Mazleme Miktarı ( $m^2$ )	Malzeme Maliyeti ( <i>TL</i> )	Bağlantı Elemanı Sayısı ( <i>Adet</i> )	Bağlantı Elemanı Maliyeti ( <i>TL</i> )	Toplam Maliyet ( <i>TL</i> )
YL	Vidalı	0.081	0.424	2	0.03	0.454
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	0.424	2 + 2	3.518	3.942
YLLAM	Vidalı	0.081	0.848	2	0.03	0.878
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	0.848	2 + 2	3.518	4.366
MDF	Vidalı	0.081	0.908	2	0.03	0.938
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	0.908	2 + 2	3.518	4.426
MDFLAM	Vidalı	0.081	1.090	2	0.03	1.120
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	1.090	2 + 2	3.518	4.608
OSB1	Vidalı	0.081	0.900	2	0.03	0.930
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	0.900	2 + 2	3.518	4.418
OSB2	Vidalı	0.081	0.900	2	0.03	0.930
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	0.900	2 + 2	3.518	4.418
PVC1	Vidalı	0.081	6.467	2	0.03	6.497
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	6.467	2 + 2	3.518	9.985
PVC2	Vidalı	0.081	7.657	2	0.03	7.687
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	7.657	2 + 2	3.518	11.175
PVC3	Vidalı	0.081	5.150	2	0.03	5.180
	Minifiks + klavuz kavela	0.081	5.150	2 + 2	3.518	8.668

Buna göre, deney örneği grupları arasında maliyet bakımından önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Sadece maliyet fiyatı faktörü hesaba alındığında, malzeme çeşitlerinden PVC levhaların diğer levhalara oranla oldukça yüksek değerlerde olduğu dikkati çekmektedir. Bağlantı elemanları için bir maliyet fiyatı değerlendirmesi yapıldığında ise, minifiksli birleştirmelerin, demonte olması, nakliye, depolama, üretim ve bakım kolaylığı gibi avantajlarının yanı sıra vidalı birleştirmelere göre çok daha yüksek fiyatta olduğu görülmektedir.

Malzeme ve birleştirme tekniği seçiminde, maliyet analizinde hesaba alınması gereken faktörlerden bir diğeri de işçilik faktörüdür. Ancak, bu çalışmada işçilik faktörü hesaba alınmamış olup, malzeme ve bağlantı elemanı maliyetleri ile gösterilen mukavemet arasındaki ilişki değerlendirmelerde parametre olarak kullanılmıştır. Diyagonal çekme ve basınç deneylerinden elde edilen moment taşıma kapasitesi ( $Nm$ ) değerlerinin, maliyet fiyatlarına ( $TL$ ) oranlanması ile elde edilen performans katsayısı ( $Nm TL$ ) değerleri Tablo 9 ve 10’da verilmiştir.

Tablo 9. Diyagonal çekme deneyleri için birleştirmelere ait performans katsayıları

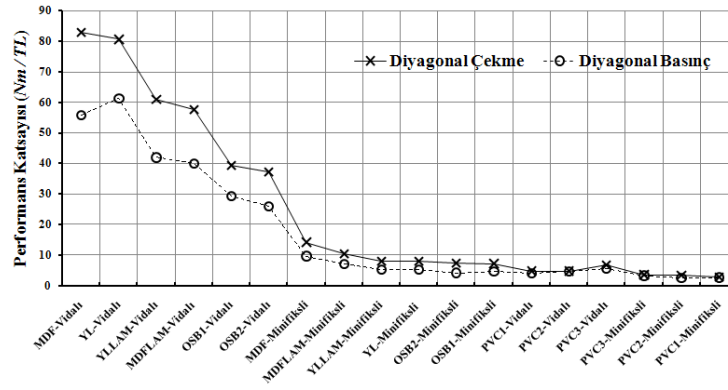
Malzeme	Birleştirme	Toplam Maliyet (TL)	Çekmede Moment (Nm)	Çekmede Performans Katsayısı (Nm TL)
YL	Vidalı	0.45	36.53	80.50
	Minifiksli	3.94	31.23	7.92
YLLAM	Vidalı	0.88	53.38	60.83
	Minifiksli	4.37	34.88	7.99
MDF	Vidalı	0.94	77.64	82.77
	Minifiksli	4.43	62.81	14.19
MDFLAM	Vidalı	1.12	64.37	57.49
	Minifiksli	4.61	48.07	10.43
OSB1	Vidalı	0.93	36.54	39.29
	Minifiksli	4.42	31.95	7.23
OSB2	Vidalı	0.93	34.61	37.22
	Minifiksli	4.42	32.78	7.42
PVC1	Vidalı	6.50	31.10	4.79
	Minifiksli	9.99	28.47	2.85
PVC2	Vidalı	7.69	36.71	4.78
	Minifiksli	11.17	37.16	3.33
PVC3	Vidalı	5.18	35.43	6.84
	Minifiksli	8.67	30.53	3.52

Tablo 10. Diyagonal basınç deneyleri için birleştirmelere ait performans katsayıları

Malzeme	Birleştirme	Toplam Maliyet (TL)	Basınçta Moment (Nm)	Basınçta Performans Katsayısı (Nm TL)
YL	Vidalı	0.45	27.83	61.33
YL	Minifiksli	3.94	20.14	5.11
YLLAM	Vidalı	0.88	36.81	41.95
YLLAM	Minifiksli	4.37	22.7	5.20
MDF	Vidalı	0.94	52.37	55.83
MDF	Minifiksli	4.43	42.11	9.51
MDFLAM	Vidalı	1.12	44.86	40.06
MDFLAM	Minifiksli	4.61	32.04	6.95
OSB1	Vidalı	0.93	27.28	29.33
OSB1	Minifiksli	4.42	19.82	4.49
OSB2	Vidalı	0.93	24.17	25.99
OSB2	Minifiksli	4.42	17.85	4.04
PVC1	Vidalı	6.50	25.45	3.92
PVC1	Minifiksli	9.99	25.08	2.51
PVC2	Vidalı	7.69	34.16	4.44
PVC2	Minifiksli	11.17	26.71	2.39
PVC3	Vidalı	5.18	27.98	5.40
PVC3	Minifiksli	8.67	26.71	3.08

Diyagonal çekme ve basınç değerleri için elde edilen performans katsayısı değerleri arasında birkaç grup dışında tutarlılık olduğu görülmektedir. Her iki deney grubu için elde

edilen performans katsayıları, karşılaştırmalı olarak Şekil 7'de grafiksel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 7. Diyagonal çekme ve basınç deneylerindeki moment taşıma kapasitelerine göre hesaplanan performans katsayısı (Nm TL) karşılaştırma sonuçları

Buna göre, diyagonal çekme deneylerine göre elde edilen performans katsayısı değerleri, diyagonal basınç deneylerinden elde edilen performans katsayısı değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Birleştirme tekniğine göre, minifiksli birleştirmelerle elde edilen performans katsayıları vidalı birleştirmelere göre yaklaşık 6 kat daha düşük değerler vermiştir. Bu durumda, vidalı birleştirmelerin çok daha ekonomik olduğu söylenebilir. Ancak, tercih yapılırken, minifiksli birleştirmelerin, demonte birleştirme sağlaması, nakliye, depolama, üretim ve bakım kolaylığı gibi avantajları da dikkate alınmalıdır. Her iki yükleme biçiminde ve birleştirme tekniğinde PVC levhaların ahşap esaslı levhalara göre daha düşük değerler verdiğini söyleyebiliriz.

Malzeme çeşidine göre yapılan değerlendirmelerde PVC levhaların, ahşap esaslı levhalardan yaklaşık 7 kat daha maliyetli olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda PVC levhalardan yapılacak olan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların ekonomik ve mekanik performans anlamında uygun olmayacağı belirlenmiştir.

### Sonuç

Bu çalışmada, mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan PVC levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, ayrıca kutu (panel) tipi mobilyalarda karşılaşılan çeşitli tekniklerle birleştirilmiş L-tipi mukavemet elemanlarının PVC'den, üretildikleri takdirde deney yükleri altında gösterecekleri

performansların incelenmesi ve geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Diyagonal çekme ve diyagonal basınç deneylerinde her iki birleştirme tekniğinde de (vidalı, minifiksli) MDF ve MDFLAM'dan yapılan deney örnekleri diğer ahşap esaslı ve PVC levhalara nazaran daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Bunun sebebi, malzemelerin yapısal özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanabilir. Yoğunluğunun daha fazla olması ve molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinin daha güçlü olması sebebiyle, MDF ve MDFLAM'ın mekanik özellikleri diğer ahşap esaslı levhalardan daha iyidir. Bu durum, vida ve minifiks tutma yeteneğini etkilemiş olabilir. Diyagonal basınç deneyinde malzeme çeşidine göre sınıflama yapıldığında MDF ve MDFLAM'dan sonra en iyi malzeme PVC 2 olarak belirlenmiştir. Her iki deney türünde birleştirme tekniğine göre yapılan değerlendirmelerde vidalı birleştirmelerin minifiksli birleştirmelere kıyasla %8 daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde malzeme çeşidi ve birleştirme tekniğine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda PVC levhaların ahşap esaslı levhalara (YL, YLLAM, OSB1, OSB2) kıyasla çok farklı değerle sahip olmadıkları anlaşılmıştır. Bu sonuçlara göre; kutu konstrüksiyonlu mobilya tasarımında, malzeme açısından ekonomik kriterlerde göz önüne alınarak malzeme tercihi, MDF, MDFLAM, YLLAM, YL, OSB1 ve OSB 2 şeklinde yapılmalıdır.

PVC levhaların yapılan mekanik testlere karşı gösterdikleri dirençlerin geleneksel ahşap esaslı levhalara kıyasla tam olarak istenilen seviyede olmamasına rağmen bazı avantajlı yönleri bulunmaktadır.

Bunlar;

- Su absorpsiyonu çok düşük (% 0,40 – ISO62) olmasından dolayı bu etkilere maruz kalabilecek yerlerdeki mobilyaların yapımında kullanılabilir.
- Asitler alkaliler ve hidrolik yağlar gibi korozif maddelere karşı dirençlidir.
- Isı ve ses izolasyonu özellikleri iyi olduğundan dolayı ev ve ofislerin duvarlarında ara bölme (separator) amaçlı kullanıma uygundur.
- Alev almaz ve yanıcı bir özelliği yoktur (ASTMD 2863-91)
- Termoplastik bir malzeme olması nedeniyle sıcak havayla veya sıcak yağ banyosu ile bükülebilir ve normal ahşapta mümkün olmayan yuvarlak yüzeyler elde edilebilir.
- Hijyenik olmasından dolayı aşırı hijyen gerektiren yerlerde (sağlık ocağı, hastane v.b.) yerlerde kullanılabilir.
- Dış cephe kaplamalarında kullanılabilir.

Yukarıda belirtilen durumların dışında PVC levhaların en büyük dezavantajı ana maddesi ithal edildiği için maliyeti normal ahşap esaslı levhalara göre (YL, YLLAM, MDF, MDFLAM, OSB) daha pahalıdır.

Sonuç olarak, PVC levhaların tamamına yakını standartlarda belirlenen kriterleri tam olarak sağlayamamışlardır. Özellikle panel mobilya üretimine uygun hale getirilebilmeleri için eğilme dirençlerinin artırılması ve birim fiyatlarının düşürülmesi gerekmektedir. Bu durum, üretim aşamasında kullanılan kimyasal formülündeki değişikliklerle çözülebilir.

### Teşekkür

Bu çalışma; Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı öğrencisi Fatih BAYINDIR tarafından tamamlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Bu tez çalışması, Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

### Kaynaklar

Aydın, H., 2004. PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri, Eskişehir.

Bayındır, F., 2009. Alternatif Panel Mobilya Malzemesi Olarak Polivinil klorür (PVC) Levhaların Bazı Mekanik Özellikler Açısından Geleneksel Malzemelerle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 89s, Muğla.

Efe, H., 1999. Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Sabit (Yabancı Çıtalı) ve Demonte (Trapez) Köşe Birleştirmelerin Çekme ve Basma Dirençleri. Politeknik Dergisi, 2(4): 43-51.

Efe, H., Kasal, A., 2000. Kutu Konstrüksiyonlu Sabit ve Demonte Mobilya Köşe Birleştirmelerde Çekme Direnci. Edüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 8 (8) 61-74.

Efe, H., Kasal, A., Diler, H., 2003. Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerde Eğilme Moment Dirençleri. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 6(1): 97-110.

Güntekin, E., 2003. Montaja Hazır Mobilya Birleştirmelerinin Performansları. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2: 37-48.

Kasal, A., 2008. Effect of The Number of The Screws and Scriw Size on Moment Capacity of Furniture Corner Joints in Case Construction. Forest Product Journal, 58(6): 36-44.

Kasal, A., Erdil, Y.Z., Zhang, J.L., Efe, H., Avcı, E., 2008. Estimation Equations for Moment Resistances of L-Type Screw Corner Joints in Case Goods Furniture. Forest Product Journal, 58(9): 21-27.

Lin, Shih-Chao., Eckelman, C., 1987. Rigidty of Furniture Cases With Various Joint Construction”, Forest Product Journal 37(1):23-27.

Örs, Y., Efe, H., Kasal, A., 2001. Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Çekme Direnci. Politeknik Dergisi, 4(4) 1-9, Ankara.

Tankut, A., 2005. Optimum dowel spacing for corner joints in 32-mm cabinet construction. Forest Product Journal 55(12): 100-104.

Zhang, J., L., and Eckelman, C., 1993a. The Bending Moment Resistance of Single-Dowel Corner Joints in Case Construction. Forest Product Journal, 43(6): 19-24.

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

Zhang, J.L., Efe, H., Erdil, Y.Z., Kasal, A., ve Han, N., 2005. Resistance of Multi-Screw L-Type Corner Joints. Forest Products Journal, 55 (10), 56-63.