



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Ladin ve Kayın Masif Panel, MDFLam ve YLLam Malzemelerde Kavelalı ve Vidalı Birleştirmelerin Eğilme Moment Değerleri Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

 Nurdan ÇETİN YERLİKAYA^{a,*}

^a İç Mimarlık Bölümü, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Yalova Üniversitesi, Yalova, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: nurdan.yerlikaya@yalova.edu.tr

DOI : 10.29130/dubited.537540

ÖZET

Bu çalışmada ahşap ve ahşap esaslı malzemelerde L-tipi köşe birleştirmelerin eğilme moment değerleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla ahşap malzeme olarak Ladin ve Kayın masif paneller, ahşap esaslı malzeme olarak MDFLam (melamin kaplı orta yoğunlukta lif levha) ve YLLam (melamin kaplı yonga levha) malzemeler, birleştirme elemanı olarak kavela ve vida, birleşme yüzeyinde tutkal olarak ise poliüretan tutkalı kullanılmıştır. Toplamda 16 konfigürasyonda deney örnek grubu hazırlanmıştır. Bu deney örnekleri, TS EN 310 standartlarına göre çekme ve basınç testlerine tabi tutulmuşlardır. Elde edilen eğilme moment değerleri istatistiksel anlamda değerlendirilmiştir. Sonuç olarak çekme direnci, basınç direncinden daha yüksek eğilme moment değerleri elde edilmiştir. Kayın masif panelin en yüksek değerlere sahip olduğu ve bunu sırasıyla MDFLam, YLLam ve Ladin malzemeli birleştirmelerin izlediği sonucuna varılmıştır. Direnç gerektiren mobilyalarda Kayın masif panellerin ve tutkallı birleştirmelerin tercih edilmesi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Ladin masif panel, Kayın masif panel, MDFLam, YLLam, Kavela, Vida, Köşe birleştirme

Comparison of the Effects on the Bending Moment Values of the Dowel and Screw Joints at the Spruce and Beech Massive Panel, MDFLam and PBLam Materials

ABSTRACT

In this study, the effects on the bending moment values of the L-type corner joints in the wood and wood based materials were investigated. For this purpose, the spruce and beech massive panels as the wood materials, the MDFLam (melamine coated medium density fiber board) and PBLam (melamine coated particleboard) as the wood composite materials, the dowel and screw as the fastener component and the polyurethane glue as the glue on the joint surface were used. A total of 16 test samples were prepared. These test samples were subjected to

tension and compression tests according to the TS EN 310 standards. The obtained the bending moment values were statistically evaluated. As a result, higher bending moment values were obtained in tensile strength than pressure strength. It is concluded that the Beech massive panel has the highest values and it is followed by the MDFLam, YLLam and Spruce materials assemblies respectively. It can be recommend that the Beech solid panels and the glued joints are preferred in furniture requiring strength.

Keywords: Spruce massive panel, Beech massive panel, MDFLam, PBLam, Dowel, Screw, Corner Joint

I. GİRİŞ

Kabin tipi mobilyalarda çoğunlukla ahşap esaslı malzeme olan MDFLam (melamin kaplı orta yoğunlukta lif levha) ve YLLam (melamin kaplı yonga levha) malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerin yüzeyleri ahşap desenli kağıtlarla kaplanarak ahşap malzeme hissi uyandırılmaya çalışılmakta, ancak hiçbir zaman ahşap malzemenin insanlar üzerinde yarattığı sıcaklık etkisi yakalanamamaktadır. Son zamanlarda insanların mobilya tercihlerinde, tüm tüketim ürünlerinde de olduğu gibi geçmişe ve doğal malzemeye dönüş başlamıştır. Bu sebeple mobilyalarda ahşap malzemelerin kullanımları sık sık karşımıza çıkmaktadır. Ancak masif mobilyalar, diğer mobilyalara göre oldukça pahalıdır. Bu pahalılığın birçok sebebi bulunmaktadır. Öncelikle ham haldeki odunun kendisinin pahalı olması ve masif mobilya üretiminde malzeme zayıflığının %40-60 oranlarında olması şeklinde belirtilebilir. Oysaki levha tipi malzemeler olan MDFLam veya YLLam malzemelerde ise zayıflık %1-3 oranlarındadır. Buda demek oluyor ki masif bir üründe ürünün kendi hacmi kadar da malzeme atılmaktadır. Bu durumda haliyle ürün fiyatına yansımaktadır. Kabin tipi mobilyalarda ihtiyaç duyulan malzeme yüzeyleri geniş ebatlardadır. Bilindiği gibi masif malzemeler kullanırken 10 cm'den daha geniş ebatlarda kullanılamamaktadır. Çünkü ahşap malzemeler rutubet alarak veya vererek çalışmakta ve böylece çeşitli deformasyonlara uğramaktadır. Ahşap malzemenin bu en önemli sakıncalı özelliğini kontrol altına alabilmek için parça genişliklerinin maksimum 10 cm olarak kullanılması önerilmektedir [1]. Geniş yüzeylere sahip parçaları elde edebilmek için üretim sırasında işlem sayısı, malzeme zayıflık miktarı artmaktadır. MDFLam veya YLLam malzemelerde ise malzemeler direkt levha halinde oldukları için mobilya üretiminde yapılması gereken şey, direkt olarak mobilya parça ebatlarında kesim işlemi yapmaktır. Masif mobilyada ise gerekli olan mobilya parçalarının ebatlarına ulaşabilmek için birçok maksimum 10 cm. genişliğinde masif parçaların yan yana birleştirilmeleri gerekmektedir. Hatta öncesinde kalas halinde olan masif malzemeler önce şerit testerelede dilimlenip toleranslı ölçülerde kesilip ardından planya makinesinde bir yüz bir kenar temizlendikten sonra istenilen kalınlığa gelene kadar kalınlık makinesinde işleme tabi tutulurlar. Ardından çeşitli yöntemlerle yan yana birleştirme işlemleri yapılır. Tüm bu işlemler haliyle maliyeti artırmaktadırlar. Bir yandan masif ürün talebi bir yandan da işlem sayısının ve maliyetlerin azaltılması gereksiniminden dolayı son yıllarda masif panel malzemeler üretilmeye başlanmıştır. Bu malzemeler küçük ebatlarda kusursuz masif parçaların yan yana ve uç uca birleştirilmesiyle levhalar halinde üretilmektedirler. Bu masif panellerde de zayıflık oranı çok düşük olmaktadır. Çünkü kalınlık artık sabit olduğundan sadece MDFLam ve YLLam malzemelerde olduğu gibi masif paneller, direkt istenilen parça ebatlarında kesimleri yapılarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu masif panellerin üretilmesi, artık malzeme olan küçük ebatlardaki parçaların yeniden üretim sürecine katılmaları sağlanarak ekonomiye de katkı sağlanmaktadır. Bu yüzden son yıllarda masif panel malzemelerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamaktadır.

Kabin tipi mobilyalarda kavelalı ve vidalı L köşe birleştirmelerin direnç üzerine etkilerini MDF ve YL malzemelerde birçok araştırmacı incelemiştir. Liu ve Eckelman [2] 19 mm kalınlığındaki yonga levhalarda ve 22 mm. kalınlığında lif levhalarda, 5x50, 7x50, 7x70 mm'lik vidalar ve 10 mm çapındaki kavelalar ile hazırladıkları deney örneklerini basınç deneylerine tabi tutmuşlardır. Deney sonuçlarına göre vida uzunluğunun çapından daha fazla direnci etkilediğini ve birleştirme elemanları arasındaki uzaklığın yaklaşık olarak 57 mm'den daha az olması durumunda direncin azaldığını belirlemişlerdir. Park ve diğ. [3] 16 mm kalınlığındaki yonga levhanın 13 farklı vida ve 1 kavela ile hazırladıkları köşe birleştirmeler de yük kapasitesi üzerine bağlantı elemanı çeşidinin ve vida dişi şeklinin etkilerini araştırmışlardır. Vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmeden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Efe ve İmirzi [4] 16 ve 18 mm kalınlığında yonga levha ile MDF ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak malzemelerde kavelalı ve kavelalı-vidalı birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerini araştırmışlardır. Kavelalı-vidalı birleştirmelerin kavelalılarından daha yüksek moment taşıma kapasitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. 18 mm kalınlığındaki MDF'nin yonga levhaya göre %26 daha yüksek dirençte olduğunu ortaya koymuşlardır. İmirzi ve Efe [5] 14, 16 ve 18 mm kalınlığında YL, MDF ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplaklarda (OKP) poliüretan tutkallı (PUR) "L" tipi kavelalı ve kavelalı-vidalı birleştirmelerin dirençlerini araştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre kavelalı-vidalı birleştirmelerin kavelalılarından daha fazla yük taşıdığını ve MDF'nin YL'ya göre %29 daha yüksek değerler elde edildiğini belirtmişlerdir. İmirzi ve diğ. [6] 14, 16 ve 18 mm kalınlığında YL, MDF ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplaklarda (OKP) "L" tipi vidalı, kavelalı-vidalı, vidalı-PVAc (polivinilasetat) tutkallı ve vidalı-PUR tutkallı birleştirmelerin dirençlerini araştırmışlardır. Tutkallı birleştirmelerin tutkalsız birleştirmelerden daha yüksek çekme ve basınç dirençlerine sahip olduklarını belirlemişlerdir. Tutkal çeşidinin istatistiksel olarak önemli olmasına rağmen direnç değerlerinin birbirine yakın olması nedeniyle hangisinin kullanıldığının çok önemli olmadığını ancak direncin gerekli olduğu mobilyalarda mutlaka tutkallı kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmaların yanında Özen ve diğ. [7] bağ budama artıklarından ve çam yongaları ile elde ettikleri 5 farklı levhada kavelalı ve vidalı L-tipi köşe birleştirmelerin eğilme moment kapasitelerini araştırmışlardır. Kavelalı birleştirmelerin vidalı birleştirmelerden çekme deneylerinde ortalama %12 ve basınç deneylerinde ise ortalama %20 daha yüksek eğilme moment kapasitesine sahip olduklarını belirlemişlerdir.

Kabin tipi mobilya köşe birleştirmelerde tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin çekme ve basınç direnci üzerine yapılan birçok çalışmada [8-16] lif levhaların yonga levhalardan ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin tutkallı (sabit) birleştirmelerden daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Kabin tipi mobilyalarda kavelalı ve vidalı L köşe birleştirmelerin direnç üzerine etkilerini masif panel malzemelerde ise çok az araştırmacı incelemiştir. Taş [17] kızılçam masif panel malzemeler ile PVAc, poliüretan ve silikon tutkallarını karma birleştirme (kavelalı ve yabancı çıtalı) ve L-köşe elemanlı karma birleştirme yöntemlerinde kullanarak kabin tipi mobilyalarda L-köşe birleştirme elemanının yük taşıma kapasitesi üzerindeki etkisi araştırmıştır. Deneyler sonucunda L-köşe birleştirme elemanının, yük taşıma kapasitesini önemli ölçüde arttırdığını tespit etmiştir. Çekme değerinin (1198.70 N), basınç değerinden (544.18 N) ortalama iki kat daha fazla olduğunu belirlemiştir. Taş [18] diğeri çalışmasında ise bir öncekinden farklı olarak birleştirme yönteminde sadece kavelalı olarak yani yabancı çıta kullanmadan deney örneklerini benzer şekilde hazırlamıştır. Yine çekme değerinin, basınç değerinden ortalama iki kat daha fazla olduğunu belirlemiştir.

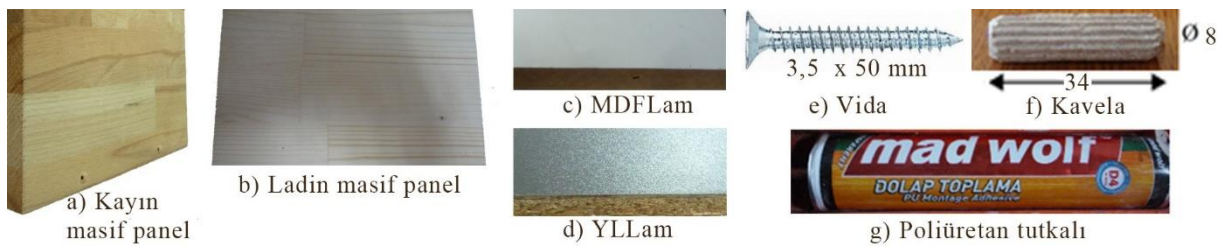
Yapılan çalışmalardan da anlaşıldığı gibi kabin tipi mobilyalarda YLLam ve MDFLam malzemelerin birleştirilmesinde günümüzde yaygınca kullanılan kavelalı veya vidalı birleştirme yöntemleri ile ilgili

birçok çalışma olmasına rağmen masif panel malzemelerde ise herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple bu çalışmada literatürdeki boşluğu doldurmak için Ladin ve Kayın masif paneller malzemelerde kavela ve vida birleştirme elemanları kullanarak L-tipi köşe birleştirmelerin eğilme moment değerleri üzerine etkileri araştırılmaktadır. Ayrıca masif panel malzemelerin L-tipi kavelalı ve vidalı köşe birleştirmelerdeki eğilme moment değerlerini, MDFLam ve YLLam malzemelerinkiler ile kıyaslayabilmek için MDFLam ve YLLam malzemelerde de kavelalı ve vidalı L-tipi köşe birleştirmelerin eğilme moment değerleri üzerine etkileri araştırılmaktadır. Bunun yanısıra, tutkallı ve tutkalsız olarak kavelalı ve vidalı birleştirmelerin eğilme moment değerleri üzerine etkileri de karşılaştırılarak incelenmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. MATERYAL

Deney örneklerinin hazırlanmasında ahşap malzeme olarak son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan masif paneller, yapraklı ağaç türlerinden zor yarılma özelliğine sahip Kayın panel ve iğne yapraklı ağaç türlerinden ise hafif ve kolay yarılma özelliğine sahip Ladin panel malzemeler (18 mm kalınlığında 1210x4100 mm ebatlarında) piyasadan rastgele yöntemle seçilerek kullanılmıştır (Şekil 1). Ayrıca deney örneklerinin hazırlanmasında ahşap esaslı malzemelerden MDFLam ve YLLam malzemeler 18 mm kalınlığında 1830x3660 mm ebatlarında piyasadan rastgele yöntemle seçilerek kullanılmıştır (Şekil 1). Bu malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinden ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin özgül ağırlığı 30'ar örnekte (TS 2472 [19] (ahşap) ve TS EN 323 [20] (ahşap esaslı malzemeler)), rutubet miktarı 30'ar örnekte (TS 2471 [21] (ahşap) ve TS EN 322 [22] (ahşap esaslı malzemeler)), eğilme direnci ve elastikiyet modülü direnci ise 5'er örnekte TS EN 310 [23] (ahşap esaslı malzemeler) standartlarına uygun olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Deney örneklerinde kullanılan malzemeler.

Birleştirme elemanları olarak Şekil 2'de görüldüğü gibi mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılan 3,5x50 mm ölçülerinde vida ve 8x36 mm ölçülerinde kavela kullanılmıştır. 3,5 mm çapındaki vidaların dış dibi (kök) çapı 2,25 mm, dış adımı ise 1,6 mm'dir. Kavelalar Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky.) odunundan hazırlanmış düz yivli şekilde olup piyasadan rastgele olarak seçilmiştir. Efe [24] 8 mm çaplı kavelaların 10 mm çaplı kavelalara üstünlük sağladığını ve yonga levhalarda yivli

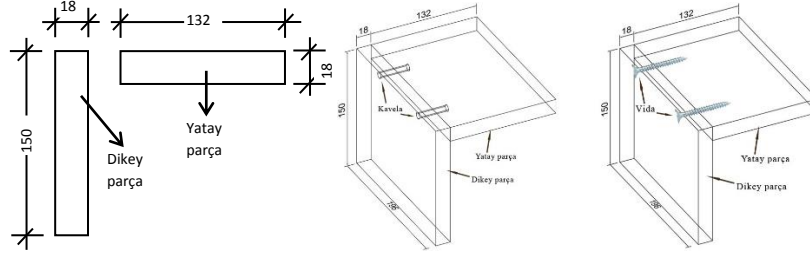
yüzeyle kavelaların, lif levhalarda ise düz yüzeyle kavelaların daha iyi direnç sonuçlarına sebep olduğunu ortaya koymuştur.

Yapıştırıcı madde olarak tutkallı deney örneklerin hazırlanmasında kavela deliklerine ve yatay parça ile dikey parçaları birbirine birleştirmek için Mad Wolf poliüretan tutkalı kullanılmıştır (Şekil 1). Mad Wolf poliüretan tutkalı tek komponentli, hızlı kürleşen, poliüretan esaslı, solvent içermeyen, çekme ve akma yapmayan, boşluk doldurma özelliğine sahip, su dayanımı DIN EN 204 [25]'e göre D4 olan, yüksek yapışma gücüne sahip, 15-20 dk. pres süresine ve 5-10 dk. yüzey kuruma süresine sahip olup şeffaf renkte bir yapıştırıcıdır.

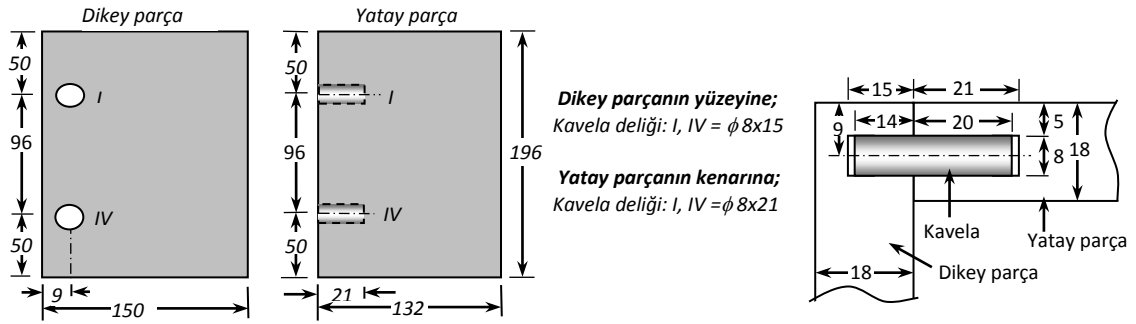
B. DENEY ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI

L-tipi köşe birleştirme deney örnekleri, Şekil 2'de görüldüğü gibi yatay ve dikey parça olmak üzere 2 parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar birbirine dikey parçanın yüzeyinden ve yatay parçanın ise kenarından olmak üzere 90° açı korunarak Ladin ve Kayın masif panel, MDFLam ve YLLam malzemeler, kavela ve vida birleştirme elemanları ile tutkallı ve tutkalsız olmak üzere 4 farklı konfigürasyonda hazırlanmıştır. 18 mm kalınlığındaki 1210x4100 mm ebatlarındaki masif panel ve 1830x3660 mm ebatlarındaki MDFLam ve YLLam malzemeler, CNC (computerized numerical control) ebatlama makinesinde 150x196 mm ebatlarında 40'ar adet dikey parça ve 132x196 mm ebatlarında 40'ar adet yatay parça elde etmek için kesilmiştir. Bu parçalardan yarısı kavelalı diğer yarısı ise vidalı olmak üzere birleştirileceği için Şekil 3'te görülen delgi planlarına göre delgi makinesinde delinmiştir. Kavelalı birleştirmeler için dikey parçalarda, parça yüzeyine birleşme yüzey kenarından 9 mm içeride ve yan kenarlardan 50 mm içeride olacak şekilde 8 mm çapında 15 mm derinliğinde 2 adet delik delinirken yatay parçalarda ise birleşme kenarlarının tam ortasına ve yan kenarlardan 50 mm içeride olacak şekilde 8 mm çapında 21 mm derinliğinde 2 adet delik delinmiştir. Vidalı birleştirmeler için ise dikey parçalarda, parça yüzeyine birleşme yüzey kenarından 9 mm içeride ve yan kenarlardan 50 mm içeride olacak şekilde boydan boya yani 18 mm derinliğinde 2 mm çapında 2 adet kılavuz deliği açılırken yatay parçalarda ise birleşme kenarlarının tam ortasına ve kenarlardan 50 mm içeride olacak şekilde 24 mm derinliğinde 2 mm çapında 2 adet kılavuz deliği açılmıştır. Perçin [26] çalışmasında eğilme ve çekme deneylerinde MDFLam ve Suntalam malzemelerde 3.5 x 50 mm vida kullanılan birleştirmelerde 2 mm kılavuz deliği yüksek direnç değeri gösterdiği belirtmiştir. Vidalı birleştirmelerde kılavuz deliklerinin çapını vida gövde çapının yaklaşık %80'i, kılavuz deliği girme derinliğini ise vida uzunluğunun yaklaşık %75'i olarak uygulamışlardır [7,26,27]. Kılavuz deliği çapı, Wood handbook [28]'a göre yumuşak odunlarda vida kök çapının %70'i sert odunlarda ise vida kök çapının %90'ı olmalıdır şeklinde belirtilmektedir. Açılan kılavuz deliklerin, malzemenin çatlamasını önleyeceği ve vida dişlerinin optimum şekilde görevlerini yapabilmelerine olanak sağlayacağı bildirilmiştir [27]. Ayrıca Perçin [26] uyguladığı gibi bu çalışmada da dikey parçalarda açılan kılavuz deliklerine vidalar dışarıda kalmasın ve parçaya tam olarak oturabilsinler diye havşa açılmıştır. Tutkalsız kavelalı birleştirmelerde kavela delikleri tutkallandıktan sonra kavelalar, yatay parçalarda açılan 8 mm çapında ve 21 mm derinliğindeki kavela deliklerine kalıp yardımıyla 20 mm kavela girecek şekilde plastik çekiç ile çakılmışlardır. Ardından bu parçaların karşılıkları olan dikey parçalar, kavelalar deliklerine karşılık getirilerek birleştirilmişlerdir (Şekil 2). Tutkalsız vidalı birleştirmelerde ise yatay ve dikey parçaların birleşme açısı olan 90° 'yi koruyabilmek için kalıp içerisine bu parçalar yerleştirilerek açılmış olan kılavuz delikleri karşılık gelecek şekilde yerleştirildikten sonra şarjlı yardımıyla tam 90° açıyla vidalar vidalanmıştır. Kayın malzemeler çok sert olduklarından dolayı bu malzemelerde vidalama işlemi sırasında vidanın rahatça girebilmesi, parçayı yakmaması veya vidanın kırılmaması için vidaya vax sürülmüş ve vidalar vidalama işlemi

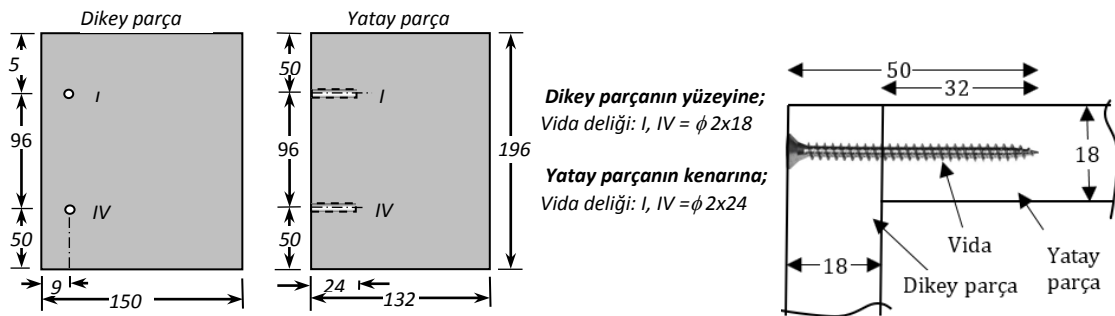
sırasında 2'şer defa vida ara ara geri çekilip tekrar vidalanmıştır. Tutkallı birleştirmelerde ise yukarıda belirtilen işlemlere ilave olarak kavela deliklerine ve birleşme yüzeylerine poliüretan tutkalı sürülmüştür. Özen ve diğ. [7] deney örneklerini hazırladığı gibi bu çalışmada da kavela delikleri ve yüzeylerine tutkal uygulaması da yapılarak bir grup deney örneği hazırlanmıştır. Englesson [29] yeterli miktarda tutkal kullanımının kavela tutma mukavemeti üzerinde etkili bir faktör olduğunu vurgulamış ve 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. Vidalı birleştirmelerde ise Özen ve diğ. [7] yaptıkları gibi vida deliklerine tutkal uygulanmamıştır.



Şekil 2. Deney örnekleri.



a) Kavela



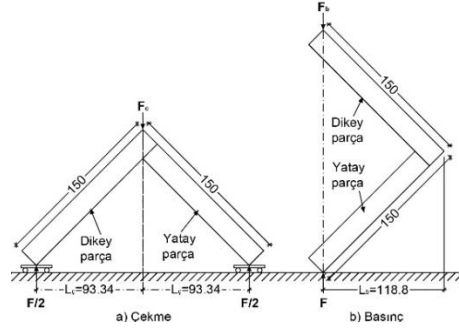
b) Vida

Şekil 3. Delgi planları.

C. YÖNTEM

Kabin tipi mobilyalar, köşelerinden açılmaya veya kapanmaya zorlanarak çekme ve basınç yüklerine maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle hazırlanan deney örnekleri, Şekil 4'te görüldüğü gibi 6 mm/dk. hızına sahip statik yük altında çekme ve basınç deneylerine tabi tutulmuşlardır.

Deneyler, 20 °C oda sıcaklığında ve 10 kN yük kapasitesine sahip Universal test cihazında yük uygulama işlemi deney örnekleri kırılana ya da direnç artışında ani bir düşüş olana kadar devam ettirilerek yapılmıştır. Elde edilen Newton cinsinden yük değerleri, bilgisayar tarafından kaydedilmiştir. Elde edilen bu değerler, $M=Fxd$ formülü (M =eğilme moment değeri [Nm], F =kırılma anındaki maksimum yük değeri [N] ve d =kuvvet kolu [d]) yardımıyla birleştirmelerin eğilme moment değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 4. Deney düzenekleri.

D. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Elde edilen eğilme moment değerlerine, SPSS istatistik programı yardımıyla Çoklu Varyans Analizi uygulanmış ve ana etkenlerin kendi aralarında veya birbirleriyle etkileşimlerinin istatistiksel olarak önemli olup olmadıkları belirlenmiştir. Bu değerlendirmede malzeme çeşidi (Ladin, Kayın, MDFLam ve YLLam), birleştirme elemanı (kavela ve vida), birleşme yüzeyi (tutkallı ve tutkalsız) ve deney şekli (çekme ve basınç) ana etkenlerinin ilişkisi 0.001 önem düzeyinde belirlenmiştir.

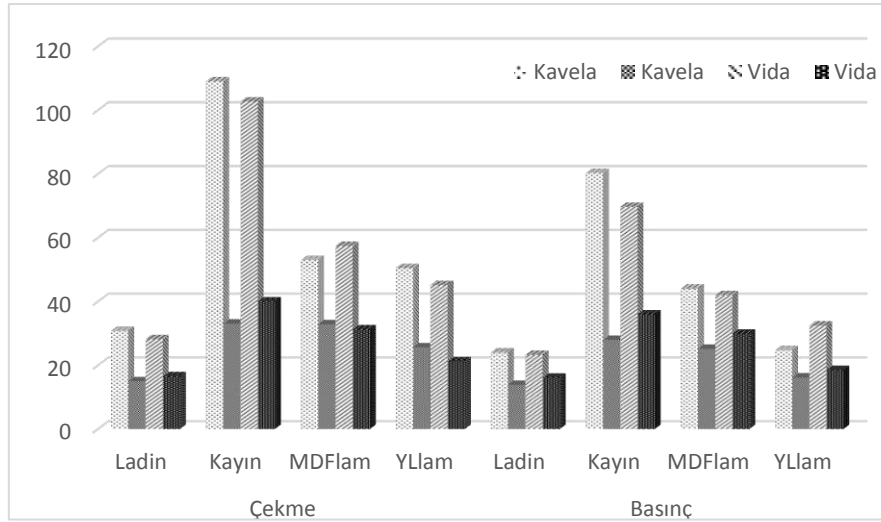
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneylerde kullanılan Ladin, Kayın, MDFLam ve YLLam malzemelerin sırasıyla özgül ağırlıkları 0.396 gr/cm^3 , 0.718 gr/cm^3 , 0.759 gr/cm^3 ve 0.642 gr/cm^3 iken rutubetleri ise %7.7, %7.7, %6.9 ve %8.1 olarak belirlenmiştir. MDFLam ve YLLam malzemelerin sırasıyla elastikiyet modülleri 3411 N/mm^2 ve 3516 N/mm^2 iken eğilme dirençleri ise 25.85 N/mm^2 ve 18.59 N/mm^2 olarak belirlenmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen eğilme moment değerleri, Tablo 2’de ve Şekil 5’de verilmiştir. Ayrıca deney gruplarının kendi içlerinde ve birbirleri ile etkileşimlerinin istatistiksel anlamda önemli olup olmadıklarını belirlemek amacıyla yapılan Çoklu Varyans Analizi sonuçları da Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Çekme ve basınç eğilme moment değerleri [Nm].

Birleştirme Elemanı	Birleşme yüzeyi	Çekme Direnci				Basınc Direnci			
		Ladin	Kayın	MDFLam	YLLam	Ladin	Kayın	MDFLam	YLLam
Kavela	Tutkallı	30.75	108.98	52.97	50.5	23.97	80.3	43.96	24.75
	Tutkalsız	14.95	33.04	32.8	25.59	13.83	27.93	25.1	16.13
Vida	Tutkallı	28.14	102.67	57.40	45.11	23.22	69.65	41.97	32.41
	Tutkalsız	16.49	40	31.24	21.19	16.1	35.91	29.88	18.49



Şekil 5. Eğilme moment değerleri [Nm].

Tablo 3. Çoklu Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Ana Faktörler						
Malzeme a	Çekme	25309.710	3	8436.570	1079.655	***
	Basınç	14250.092	3	4750.031	1353.648	***
Birleştirme elemanı b	Çekme	16.896	1	16.896	2.162	ns.
	Basınç	42.095	1	42.095	11.996	**
Birleşme yüzeyi c	Çekme	21318.513	1	21318.513	2728.199	***
	Basınç	7694.054	1	7694.054	2192.626	***
Etkileşimler						
Malzeme * Birleştirme elemanı	Çekme	114.793	3	38.264	4.897	*
	Basınç	105.025	3	35.008	9.977	***
Malzeme * Birleşme yüzeyi	Çekme	9299.425	3	3099.808	396.692	***
	Basınç	3781.488	3	1260.496	359.212	***
Birleştirme elemanı * Birleşme yüzeyi	Çekme	48.408	1	48.408	6.195	ns.
	Basınç	166.341	1	166.341	47.403	***
Malzeme * Birleştirme elemanı * Birleşme yüzeyi	Çekme	239.187	3	79.729	10.203	***
	Basınç	371.290	3	123.763	35.270	***
Hata	Çekme	500.105	64	7.814		
	Basınç	224.580	64	3.509		
Düzeltilmiş Toplam	Çekme	56847.036	79			
	Basınç	26634.965	79			
Toplam	Çekme	206405.136	80			
	Basınç	112295.979	80			

^a : Ladin panel, Kayın panel, MDFlam, YLLam, ^b : Kavela, Vida, ^c : tutkallı, tutkalsız, df : serbestlik derecesi, *** : % 0.1 önem düzeyinde önemli, ** : % 1 önem düzeyinde önemli, * : % 5 önem düzeyinde önemli, ns : önemsiz.

Deney sonuçlarına göre tüm deney gruplarında çekme deneylerinde elde edilen eğilme moment değerleri, basınç deneylerinde elde edilenlerinkinden % 32 yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer masif panel malzeme ile benzer sonuçlar elde eden Taş [17,18], Kızılçam masif panellerden hazırlanan

deney örneklerinde çekme değerinin, basınç değerinden ortalama iki kat daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Onlarında belirttiği gibi bu fark, çekme deneyi sırasında deney örneğine uygulanan kuvvetin iki mesnet noktası ile karşılanmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir.

Ayrıca kayın masif panellerden hazırlanan deney gruplarında elde edilen eğilme moment değerleri, Ladin masif panellerden hazırlananlardan en az 2 kat olmak üzere yüksek çıktığı ortaya koyulmuştur. Bunun sebebi, kayın malzemenin ladin malzemedeki özgül ağırlığının çok yüksek olması ile açıklanabilir. Bunun yanında tüm malzemeler arasında kayın masif panellerden elde edilen eğilme moment değerlerinin diğerlerinden oldukça yüksek olduğu ve bunu sırasıyla MDFLam, YLLam ve ladin masif panel malzemenin izlediği görülmektedir. Yapılan Çoklu Varyans analizi sonuçlarına göre malzeme çeşidinin hem çekme hem de basınç eğilme moment değerleri üzerinde istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde önemli olduğu ve Tablo 4'te görüldüğü gibi 4 farklı homojenlik grubunun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. Homojenlik grupları.

Malzeme	Örnek Sayısı	Çekme Direnci		Basınç Direnci	
		Ort. Eğilme Momenti (Nm)	Homojenlik Grubu	Ort. Eğilme Momenti (Nm)	Homojenlik Grubu
Ladin Panel	20	22.58	D	19.27	D
Kayın Panel	20	71.17	A	53.45	A
MDFLam	20	43.60	B	35.23	B
YLLam	20	35.60	C	22.94	C

Diğer yandan tutkallı birleştirmelerin tutkalsız birleştirmelerden daha yüksek eğilme moment değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ile benzer sonuçlar elde eden Efe ve Kasal [10,11] tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığı belirtmişler ve bunu da zorlama kuvvetlerine karşı koymaya çalışan mukavemet alanının, sabit birleştirmelerde tutkallanan yüzey, demonte birleştirmelerde ise malzemenin kendisi olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca literatürde kabin tipi mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerde tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin çekme ve basma direnci üzerine yapılan birçok çalışmada, lif levhaların yonga levhalardan ayrıca tutkalsız (demonte) birleştirmelerin tutkallı (sabit) birleştirmelerden daha yüksek sonuçlar verdiği belirlenmiştir [8-16]. Bu sonuçlar yapılan çalışma ile paralellik göstermektedir. Yapılan Çoklu Varyans analizi sonuçlarına göre birleşme yüzeyinin tutkallı olup olmasının hem çekme hem de basınç eğilme moment değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Diğer bir sonuç olarak sırasıyla ladin, kayın, MDFLam ve YLLam malzemelerde tutkallı birleştirmelerde kavelalı birleştirmelerin vidalı birleştirmelerden çoğunlukla çekme direncinde % 9, % 6, % 8 (azalma) ve % 12 ve basınç direncinde ise % 3, % 15, % 5 ve % 24 (azalma) daha yüksek eğilme moment değerine sahip oldukları görülmüşken tutkalsız birleştirmelerde ise tam tersi bir şekilde vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelerden çoğunlukla çekme direncinde % 10, % 21, % 5 (azalma) ve % 20 (azalma) ve basınç direncinde ise % 16, % 29, % 19 ve % 15 daha yüksek eğilme moment değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Yapılan Çoklu Varyans Analizi sonuçlarına göre birleştirme elemanında çekme testinin eğilme moment değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiş iken basınç, ise 0.01 önem düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

IV. SONUÇ

Bu çalışmada ladin ve kayın masif paneller, MDFLam ve YLLam malzemelerde kavela ve vida birleştirme elemanları kullanarak ve hem tutkallı hem de tutkalsız L-tipi köşe birleştirmelerin eğilme moment değerleri üzerine etkileri araştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre eğilme moment değerlerinin, çekme deneyi sonucunda elde edilen direnç, basınçtakilerden daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Masif panel malzemeler arasından kayın da, ladin den sırasıyla tutkallı kavelalı, tutkalsız kavelalı, tutkallı vidalı ve tutkalsız vidalı birleştirmelerde çekme direncinde % 254, % 122, % 265 ve % 143 ve basınç direncinde ise % 235, % 102, % 200 ve % 123 daha yüksek değerler elde edildiği sonucuna varılmış ve tüm malzemeler arasından ise kayının diğerlerinden oldukça yüksek olduğu ve bunu sırasıyla MDFLam, YLLam ve ladin malzemenin izlediği belirlenmiştir. Tutkallı birleştirmelerin tutkalsız birleştirmelerden daha yüksek eğilme moment değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Tutkallı birleştirmelerde kavelalı birleştirmelerin vidalı birleştirmelerden daha yüksek direnç değerine sahip oldukları görülmüşken tutkalsız birleştirmelerde ise vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelerden daha yüksek direnç değerlerine sahip oldukları sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak direnç gerektiren mobilyalarda Kayın masif panellerin ve tutkallı birleştirmelerin tercih edilmesi önerilmektedir. Birleştirme elemanı olarak ise, istatistiksel açıdan çok önemli bir fark olmadığından dolayı, kavelalı veya vidalı birleştirme yöntemlerinden herhangi birisinin tercih edilebileceği önerilebilir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2014/BAP/090).

V. KAYNAKLAR

- [1] A. Malkoçoğlu, Mobilya Endüstrisi, *Ders Notları (Yayınlanmamış)*, Trabzon, 2016.
- [2] W. Liu and C.A. Eckelman, "Effect of Number of Fasteners on the Strength of Corner Joints for Cases", *Forest Product Journal*, vol. 48, no.1, pp. 93-95, 1998.
- [3] H. Park, K. Semple ve G.D. Smith, "Screw Thread Shape and Fastener Type Effects on Load Capacities of Screw-based Particleboard Joints in Case Construction," *Forest Product Journal*, vol. 56, no. 4, pp. 48-55, 2006.
- [4] H. Efe, ve H.Ö. İmirzi, "Farklı Birleştirme Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalarla Üretilmiş Kutu-Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinin Moment Taşıma Kapasitesi", *Politeknik Dergisi*, c. 11, s. 1, ss. 65-75, 2008.
- [5] H.Ö. İmirzi ve H. Efe, "Kutu Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet ve Rijitlik Analizi", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye. 2009, ss. 13-15.

- [6] H.Ö. İmirzi, K. Özkaya ve H. Efe, "Determination of the Strength of L-Type Corner Joints Obtained from Wood-Based Board Materials Using Different Joining Techniques," *Forest Products Journal*, vol. 66, no. 3-4, pp. 214-224, 2016.
- [7] E. Özen, O. Göktaş ve A. Kasal, "Bending Moment Capacity of L-type Furniture Corner Joints Constructed of Particleboard Produced from Vine Pruning Residues," *Wood Research*, vol. 59, no. 2, pp. 313-322, 2014.
- [8] H. Efe, "Modern mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özellikleri," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 1994.
- [9] Y. Örs ve H. Efe, "Mobilya (çerçeve konstrüksiyon) tasarımında bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri," *Doğa-TR J. Of Agriculture And Forestry*, c. 22, s. 5, ss. 21-27, 1998.
- [10] H. Efe ve A. Kasal, "Kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte mobilya köşe birleştirmelerde çekme direnci," *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, c. 8, s. 8, ss. 61-74, 2000a.
- [11] H. Efe ve A. Kasal, "Tabla tipi mobilya köşe birleştirmelerinde eğilme direnci özellikleri," *Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi*, c. 4, s. 4, ss. 33- 45, 2000b.
- [12] R. Şafak, "Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde mekanik özellikler" Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2000.
- [13] H. Efe, A. Kasal ve L. Gürleyen, "Çeşitli tutkallarla yapıştırılmış kutu konstrüksiyonlu kavelalı köşe birleştirmelerin basma direnci etkisi," *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, c. 10, ss. 39-56, 2002.
- [14] H. Efe, A. Kasal ve H. Diler, "Kutu konstrüksiyonlu vidalı mobilya köşe birleştirmelerde eğilme moment dirençleri," *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 6, s. 1, ss. 97-110, 2003.
- [15] A. Kasal, S. Şener, M.Ç. Belgin ve H. Efe, "Bending strength of screwed corner joints with different materials," *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 19, s.3, ss. 155-161, 2006.
- [16] H. Efe, A. Kasal, K. Çağatay ve T. Kuşkun, "Ahşap boy birleştirmelerde farklı bağlantı tekniklerinin çekme mukavemetlerinin karşılaştırılması," *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 12, s. 1, ss. 80-89, 2012.
- [17] H.H. Taş, "Kutu Mobilyalarda L-köşe Bileşim Elemanının Yük Taşıma Kapasitesine Etkisi," *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, c. 12, ss. 126-130, 2011.
- [18] H.H. Taş, "Strength Properties of L-profiled Furniture Joints Constructed with Laminated Wooden Panels," *Scientific Research and Essays*, vol. 5, no. 6, pp. 545-550, 2010.
- [19] *Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini: Türk Standartlar Enstitüsü*, TS 2472, Ankara, 1976.

- [20] *Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağırlığının Tayini*: Türk Standartlar Enstitüsü, TS EN 323, Ankara, 1999.
- [21] *Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini*: Türk Standartlar Enstitüsü, TS 2471, Ankara, 1976.
- [22] *Ahşap Esaslı Levhalar – Rutubet Miktarının Tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü, TS EN 322, Ankara, 1999.
- [23] *Ahşap Esaslı Levhalar–Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülünün Tayini*: Türk Standartlar Enstitüsü, TS EN 310, Ankara, 1999.
- [24] H. Efe, “Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı,” *Politeknik Dergisi*, c.1, s.1-2, ss. 41-54, 1998.
- [25] Classification of Thermoplastic Wood Adhesives for Non-structural Applications: DIN, DIN EN 204, 2016.
- [26] A. Perçin, “Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda kullanılan vidalı düz köşe birleştirmelerde klavuz deliği çapının çekme ve eğilme dirençleri üzerine etkisinin belirlenmesi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye, 2009.
- [27] C.A. Eckelman, Textbook of product engineering and strength design of furniture, Purdue Univ., West Lafayette, Indiana, 2003, ss. 619-99.
- [28] Forest Products Laboratory. 2010. Wood handbook—Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p.
- [29] T. Engleson, “Summary of the Investigations of Several Particleboards in the Swedish Forest Products Research Laboratory,” Unnumbered Publication, Swedish Forest Products Laboratory, Stockholm, ss. 35-38, 1973.