

EĞİLME MOMENTİNE MARUZ ÇERÇEVE KONSTRÜKSİYONLU "L" TİPİ KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Ercan ÖZGAN ve Tuncay KAP

Yapı Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Konuralp Yerleşkesi, Düzce Üniversitesi, Düzce
ercanozgan@hotmail.com, tuncaykap@hotmail.com

(Geliş/Received: 12.02.2007; Kabul/Accepted: 08.02.2008)

ÖZET

Bu çalışmada, Sarıçam (*Pinus Sylvestris Lipsky*), Doğu Karadeniz Köknarı (*Abies Nordmanniana*), Anadolu Kestanesi (*Castanea Sativa Mill.*) ve Toros Sediri (*Cedrus Libani A. Rich.*) türlerinden imal edilen, Düz Zıvanalı, Düz Zıvanalı-Kavelalı, Gizli Zıvanalı, Gizli Zıvanalı-Kavelalı birleştirme teknikleriyle oluşturulan köşe birleştirmelerin dış eğilme momenti etkisi altındaki performansları incelenmiştir. Bu amaçla toplam 160 adet çerçeve konstrüksiyonlu köşe birleştirme örneği hazırlanmıştır. Birleştirmelerde eğilme etkisindeki en büyük ortalama bileşik basınç gerilmesinin Düz Zıvanalı Kavelalı olarak birleştirilen Çam ağacında, buna karşılık eğilme etkisindeki en düşük ortalama basınç gerilmesinin ise Gizli Zıvanalı Kavelalı olarak birleştirilen Köknar ağacında meydana geldiği belirlenmiştir. Kavelanın, Çam ağacında bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesini Düz Zıvanalı birleştirmede %3 oranına kadar, Gizli Zıvanalı birleştirmede ise %9 oranına kadar arttırdığı görülmüştür. Köknar ağacında, basınç gerilmesini Düz Zıvanalı birleştirmede %20,3 oranına kadar, Gizli Zıvanalı birleştirmede ise %8,9 oranına kadar azalttığı görülmüştür. Kestane ağacında, basınç gerilmesini Düz Zıvanalı birleştirmede % 6,6 oranına kadar artırdığı ancak Gizli zıvanalıda %10,4 oranına kadar azalttığı görülmüştür. Sedir ağacında, basınç gerilmesini, Düz zıvanalıda % 2,4 oranına kadar azalttığı ancak Gizli zıvanalıda ise % 19,5'e kadar arttırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, zıvanalı birleştirmeler, kavela, eğilme momenti.

INVESTIGATING THE PERFORMANCE OF THE "L" TYPE FRAME CONSTRUCTION CORNER JUNCTIONS EXPOSED TO THE INCLINING MOMENT

ABSTRACT

In this study, the performances of the corner joints prepared using by plain mortise, hidden mortise and constructional joint techniques and made from yellow pine (*Pinus Sylvestris Lipsky*), fire tree (*Abies Nordmanniana*), Chenust (*Castanea Sativa Mill.*) and cedar wood (*Cedrus Libani A. Rich.*) were investigated under the inclining moment effects. For this purpose, totally 160 unit frame construction corner junction models were prepared. It was determined after the tests that, when the yellow pine materials were used (*Pinus Sylvestris Lipsky*), the highest average composed inclining pressure resistance occurred with plain mortise and the lowest average pressure resistance occurred with hidden mortise in fire tree (*Abies Nordmanniana*) on the junctions. When dowel was used in the corner joints it was observed that the pressure resistance, under the inclining moment, increased about 3% at plain mortise and increased 9% at hidden mortis in yellow pine. The pressure resistance, under the inclining moment, decreased about 20,3% at plain mortise and decreased about 8,9% at hidden mortis in fire tree. chestnut tree. The pressure resistance, under the inclining moment, increased about 6,6% at plain mortise and decreased about 10,4% at hidden mortis in the chestnut tree. The pressure resistance, under the inclining moment, decreased about 2,4% at plain mortise and increased about 19,5% at hidden mortis in the cedar wood.

Keywords: Wood, mortise joints, dowel, incline moment.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Medeniyet tarihinin çeşitli devrelerinde insanoğlu ahşabı kullanarak fevkalade başarılı eserler meydana getirmiştir. Bu eserler insanların fiziksel, sosyal, ekonomik, estetik, dini ihtiyaç ve ilgilerini yansıtmıştır. İlkel insanlar bile, ağacın çok çeşitli işlerde kullanılabilceğini kısa zamanda deneyerek öğrenmişler, hatta alet-edevat, heykel, totem ve taşıt araçlarının yapımında şaşırtıcı sonuçlara ulaşmışlardır [1]. Bugün için memleketimizde ahşap malzeme; yapı, mobilya-konstrüksiyon, kaplama sistemleri, kalıp ve iskele elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu dört konuda kendine has özellikler ve kalite şartları arz etmektedir. Ahşaba karşı duyulan bu tutkunun açık bir delili olarak yapı malzemeleri ile taklit edilmesi gösterilebilir [2].

Kama dişli birleştirmelerin pencere ve kapı çerçevesi yapımında kullanılması ile ilgili olarak Egner ve Jagfeld (1966), mobilya yapımında kullanımı için Murphey ve Ridhel (1972), çeşitli yapıların taşıyıcı elemanlarının yapılması konusunda Hayle, Strickler ve Adams (1973) çalışmalar yapmıştır. Yapılan bu araştırmalarda; ağaç malzemede, kama dişli birleştirmelerin, "lambalı" ve "zıvanalı" birleştirme yöntemleri ile birleştirilen ağaç malzemeye oranla % 60–80 oranlarında mukavemetin arttığı sonucuna varılmıştır. Kama dişli birleşmelerde, PVAc tutkalı kullanımı halinde ağaç malzemenin kapalı ortamlarda, üre formaldehit tutkalı ile normal iklim koşullarında pencere vb. üretiminde, fenol formaldehit tutkalı ile açık hava koşullarında kullanılabilceği belirtilmiştir [3].

Çerçeve konstrüksiyonlarda kullanılan birleştirme teknikleri (kavelalı tutkallı ve zıvanalı tutkallı) ile iki tane farklı özel mekanik bağlantı elemanı ve bu mekanik bağlantı elemanların ikisinin birlikte kullanılması ile yapılan toplam beş farklı birleştirme karşılaştırılmıştır. Birleştirme teknikleri ile yapılan kavelalı tutkallı ve zıvanalı tutkallı birleştirmelerin mekanik bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelere göre daha mukavemetli olduğu görülmüştür [4]. Tek kavelalı köşe birleştirme uygulanan yonga levhalarda kavela çapı ve kavela boyu arttıkça çekme ve basınç dirençlerinin arttığı tespit edilmiştir [5]. Kavelalı birleştirmelerde kavela özelliklerinin birleştirmenin direncini diğer birleştirme elemanlarından daha fazla etkilediği, kavelalar arası uzaklık ile kavela çap ve boyunun gerekenden fazla artırılmasının direncin azalmasına neden olduğu belirtilmiştir [6].

Köşe birleşimlerinin mukavemetlerini inceleyen bazı araştırmalar yapılmıştır. Ahşap köşe birleşimlerinin rijitliğini arttırmaya yönelik araştırmada zıvanalı köşe birleşiminde beş farklı tutkal türü kullanarak mukavemet değerlerindeki değişim incelenmiştir. Çalışmada, ahşap doğrama köşe birleşimlerinin rijitliğini arttırmada kullanılan tutkal türlerinin

mukavemet üzerindeki etkinliği en zayıf tutkal ile en kuvvetli tutkal arasında, geleneksel geçme köşe birleşimlerinde % 107, bu çalışmada önerilen dişli köşe birleşimlerinde ise % 67 düzeyinde bir mukavemet artışı görülmüştür. Sonuç olarak tutkal türünün, geçmenin rijitliği üzerindeki etkisinin geçme türüne göre düşük düzeyde olduğu ifade edilmiştir [7].

Bazı ağaç türlerinde temel işlem makineleri ile açılmış zıvanaların diyagonal basınç ve çekme dirençlerinin belirlenmesine yönelik olarak üç farklı ağaç türü ve iki farklı tutkal türü denenmiş ve köşe birleşim mukavemetlerindeki değişimler araştırılmıştır. Çalışmada, meşe, sarıçam ve doğu kayını ağaçlarında şerit testere, daire testere ve freze makinelerinde zıvanalar açılmış, açılan bu zıvanalar PVAc ve desmodur-VTKA tutkalları ile yapıştırılmıştır. Yapılan diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucunda; en yüksek çekme ve basma dirençlerinin freze makinesinde açılmış PVAc tutkalı ile yapıştırılmış olan kayın ağacında olduğu belirlenmiştir. En düşük çekme ve basınç dirençlerinin ise şerit testere makinesinde açılmış desmodur-VTKA tutkalı ile sıkılmış olan sarıçam ağacında olduğu belirlenmiştir [8].

Sarıçam, köknar, kestanesi ve toros sediri ile imal edilen, düz zıvanalı, düz zıvanalı-kavelalı, gizli zıvanalı, gizli zıvanalı-kavelalı köşe birleştirmelerin çekme kuvvetlerine karşı mukavemetleri incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda, birleştirmelerde en büyük çekme mukavemetinin çam malzemede düz zıvanalı birleştirmede, en düşük çekme mukavemetinin ise kestane kullanıldığında düz zıvanalı birleştirmede olduğu görülmüştür [9]. Ahşap pencere kanatlarının alt ve üst köşe zıvanalı birleşimlerinde çekme dayanımı ve sarkma verileri bakımından kavelalı birleşimlerin kavelasız birleşimlerden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [10].

Bu çalışmada, Çam, Köknar, Kestane ve Sedir ağaçlarından imal edilen, Düz Zıvanalı, Düz Zıvanalı-Kavelalı, Gizli Zıvanalı ve Gizli Zıvanalı-Kavelalı birleştirme teknikleriyle yapılan çerçeve konstrüksiyonlu köşe birleştirmelere eğilme momenti oluşturacak kuvvet uygulanarak, bu moment etkisi altında ki performansları belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL and METHOD)

2.1. DeneY Örneklerinin Hazırlanması (Preparing Samples)

Bu çalışmada, yerli ağaç türlerinden Sarıçam (*Pinus Sylvestris Lipsky*), Doğu Karadeniz Göknaarı (*abies nordmanniana*), Anadolu Kestanesi (*castanea sativa Mill*), ve Toros Sediri (*cedrus libani A. Rich.*) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ağaç malzemenin; Toros Sediri Isparta ilinden, Sarıçam, Göknaar ve Kestane de Düzce ilindeki kerestecilerden

rasgele seçilen tomrukların diri odun kısmından TS 1476'de belirtilen esaslara uygun olarak hazırlanmıştır. Numuneler 20x5x10 cm ebatlarda daire testere ile biçilmiş ve hava kurusu rutubet derecesine (%12) ulaşıncaya kadar yaklaşık 20 °C' de ve % 65 bağıl nem altındaki iklimlendirme odasında bekletilmişlerdir. Deney parçaları, Şekil 1 ve Şekil 2' de verilen planlara uygun olarak birleştirilmiştir. Birleştirmede, 40 adet Düz Zıvanalı, 40 adet Düz Zıvanalı-Kavelalı, 40 adet Gizli Zıvanalı ve 40 adette Gizli Zıvanalı-Kavelalı köşe birleştirme olmak üzere toplam 160 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deney örneklerinin birleşme yüzeylerinin kesilmesinde, kalınlığı 1mm, dış profili PV, dış yüksekliği 14mm, göğüs açısı 22°, çapraz miktarı iki dış çaprazlı bir dış düz şerit testere kullanılmış ve biçme hızı yaklaşık olarak 6-8m/dk olarak gerçekleştirilmiştir. Tutkallanacak birleştirmelerin yüzey alanları hesaplanarak kaydedilmiştir.

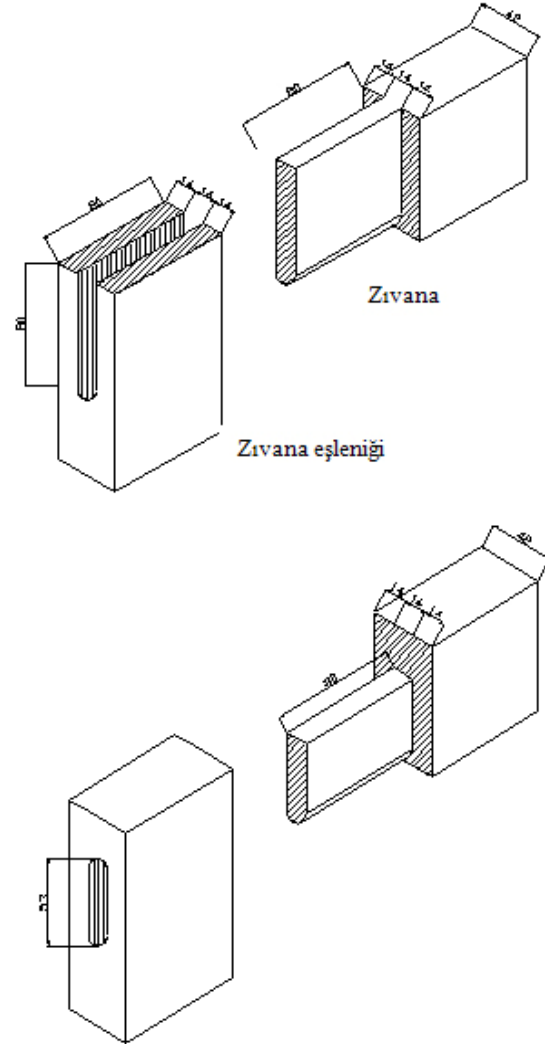
Birleştirme örneklerinde kullanılan parçalar 200 mm boyunda, 80 mm yüksekliğinde ve 42mm genişliğinde (200x80x42mm) hazırlanmıştır [11]. Zıvana eşlenikleri delik makinesi ile zıvanalar freze ve daire testere kullanılarak hazırlanmıştır. Her parçanın yüzeyine fırça ile 150-200g/m² hesabına uygun miktarda tutkal sürülerek yapıştırılmıştır. Yapıştırılmış parçalar işkence ile eşit sayıda döndürülerek sıkıldıktan sonra zamana bağlı olarak gerçekleşecek yapışma mukavemetinin, birleşimin her yerinde aynı oranda olması ve bu basınç altında yapıştırıcının sertleşme sürecini tamamlayarak iyi bir yapışma sağlanabilmesi için 0,2 N/mm² basınç ile preslenmiştir.

TS 3891'e göre PVAc tutkalının yapıştırılacağı ahşabın rutubet miktarının % 6 ile % 15 arasında olması önerilmektedir. Ancak PVAc tutkalı ile yapıştırılan ahşabın tutkaldan aldığı nemi bünyesinden atarak rutubet oranının dengelenmesi ve tutkal ile ahşabın birleşim hattında zamanla oluşacak iç gerilmelerin de deney sonucuna yansıtılabilmesi amacıyla numuneler 0,2 N/mm²'lik statik basınç etkisi altında 16 süre ile prese maruz bırakılmıştır [10,7,12,13]. Zıvanalı birleştirmelerde Polivinilasetat (PVAc) tutkalı ile birlikte piyasadan hazır olarak alınan yivli ve 10mm çapında kayından yapılmış kavela kullanılmıştır. Yapıştırıcı olarak kullanılan PVAc tutkalının viskozitesi 500±10 cp (20°C), pH'ı 5 (20°C) ve yoğunluğu 1.12g/cm³'tür. Birleştirmeler 90° açı oluşturacak şekilde yapılmış olup birleştirme teknikleri hakkında ayrıca bilgi verilmiştir.

2.1.1. Düz zıvanalı ve gizli zıvanalı birleştirmeler (Plain mortis and hidden mortis junction)

Bir elemanın ucunda açılan zıvananın diğer elemanda açılan zıvana eşleniğine yerleştirilmesi suretiyle yapılan birleştirme tekniği olarak tanımlanan zıvanalı birleştirmelerde, tutkal her iki elemana da sürüldükten sonra sıkıştırılmıştır. Zıvanalar, zıvana eşleniklerine

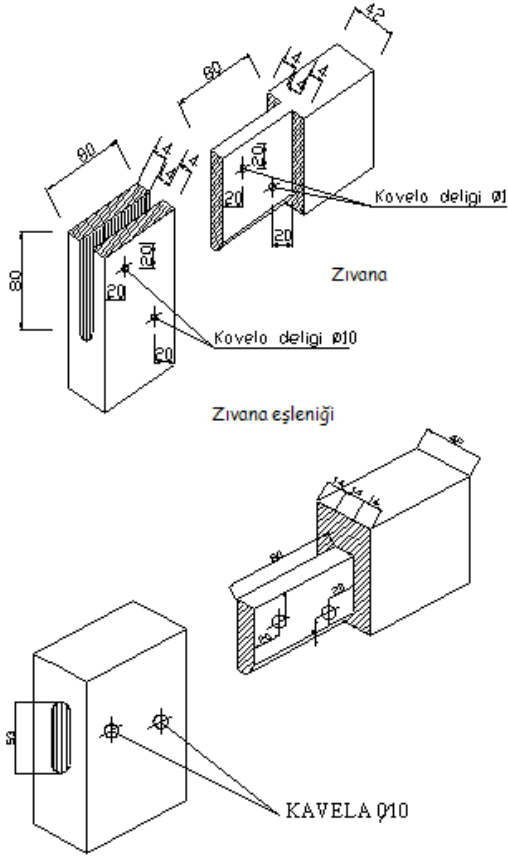
orta sıklıkta geçirilerek yerleştirilmiştir. Zıvanaya yeterli miktarda tutkal sürüldükten sonra zıvana eşleniğine yerleştirilmiş ve dışarı çıkan tutkal artıkları da temizlenmiştir. Düz Zıvanalı ve Gizli Zıvanalı şeklinde yapılmış olan birleştirmelerde kullanılan parçalar aşağıda gösterilmiş olan detaya uygun olarak hazırlanmıştır [14 -15] (Şekil 1).



Şekil 1. Düz ve Gizli Zıvanalı birleştirme detayı (Ölçüler mm. olarak verilmiştir).

2.1.2. Kavelalı birleştirmeler (Junctions with dowel)

Kavelalı birleştirmeler, Düz Kavelalı ve Gizli Zıvanalı-Kavelalı şeklinde yapılmıştır [15-16]. Kavelalar piyasadan hazır olarak alınmış ve kayın ağacından yivli olarak yapılmışlardır. Kavelalı birleştirme yapılan yüzeyler birbirine iyice alıştırmış ve tutkal her iki elemana sürüldükten sonra çakılarak birleştirilmiştir. Kavelalar birleştirme yerine çakıldıktan sonra 2 saat bekletilmiş olup birleştirme ait detayları gösterilmiştir (Şekil 2).

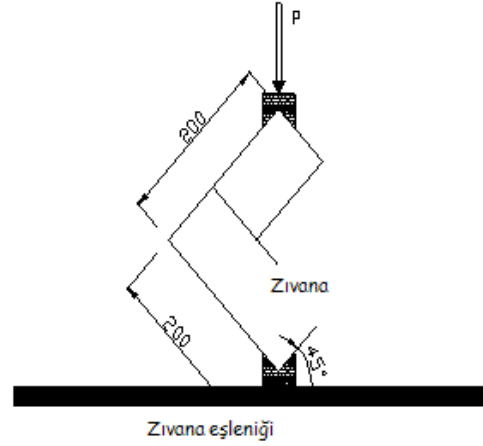


Şekil 2. Düz ve gizli zıvanalı kavelalı birleştirme detayı (Ölçüler mm. olarak alınmıştır.)

2.3. Deney Uygulaması (Application of the Experiments)

Örnekler üzerine eğilme momenti oluşturabilmek için diyagonal basınç kuvveti uygulanmıştır [17]. Deneyde, 300 kN kapasiteli, hızı ayarlanabilen dijital göstergeli basınç cihazı kullanılmıştır. Şekil 3'te görülen deney düzeneği hazırlanmıştır. Uygulanan "P" kuvvetinin etkisiyle eğilme momenti oluşturularak numuneler kırılmıştır. Deneye tabi tutulan 160 numunenin yaklaşık %83'ünde (133 numunede) kırılmalar ahşapta meydana gelirken, yaklaşık %17'inde ise tutkaldan sıyrılmış şekilde olmuştur. Bu nedenle kırılmaların genel olarak ahşapta olduğu söylenebilir. Birleşmede kullanılan tutkalın ahşaptan daha az mukavemetli olduğu hallerde kırılmalar tutkaldan sıyrılmış şekilde olmuştur. Ancak, tutkalın ahşaptan daha mukavemetli olduğu durumlarda ise kırılma ahşapta olmuştur. Birleşmelerde iyi penetre olan kuvvetli bir tutkal kullanılması ve tutkallamanın doğru yapılması halinde kırılma büyük oranda tutkaldan sıyrılmış şekilde değil ahşaptan kırılma şeklinde olmaktadır.

Eğilme momenti etkisine maruz kalacak olan birleşmelerdeki deney örnekleri TS 4449'a uygun olarak hazırlanmıştır [15]. Birleşmelerin yapışma yüzey alanları birbirinden farklı olup TS 4905'e göre "Düz Zıvanalı" ve "Düz Zıvanalı-Kavelalı" birleşmelerin yapışma yüzey alanları 157 cm²,



Şekil 3. Diyagonal basınç deney örneği (Ölçüler mm'dir.)

"Gizli Zıvanalı" ve "Gizli Zıvanalı-Kavelalı" birleşmelerin yapışma yüzey alanları ise 124,6 cm²'dir.

Deneyler sonucunda elde edilen bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin hesapları; mukavemet momentleri, eğilme momenti etkisindeki basınç gerilmeleri, normal kuvvet etkisindeki basınç gerilmeleri ve bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri için yapılmıştır.

Buna göre; Dikdörtgen kesitte, eğilme etkisindeki mukavemet momenti (W),

$$W = \frac{b.h^2}{6} \text{ 'ye göre,}$$

Eğilme etkisindeki basınç gerilmesi (σ) ise;

$$\sigma = \frac{M}{W} \text{ 'ye göre hesaplanmıştır.}$$

Bununla birlikte deneyde uygulanan "P" yükünün etkisiyle birleşmelerde, eğilme momenti ile birlikte normal kuvvet etkisi de meydana geldiği için bileşik eğilme etkisi söz konusudur. Bu nedenle birleşmelerde oluşan eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri (σ_1) ve normal kuvvet etkisindeki basınç gerilmeleri (σ_2) her deney için ayrı ayrı hesaplanmış ve bu verilerden faydalanılarak bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri (σ_{em}) hesaplanmıştır.

Eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri (σ_1);

$$\sigma_1 = \frac{M}{W} = \frac{P.d}{2\sqrt{2}\left(\frac{b.h^2}{6}\right)} \text{ 'ye göre,}$$

Normal kuvvet etkisindeki basınç gerilmeleri (σ_2);

$$\sigma_2 = \frac{P}{2\sqrt{2}.b.h} \text{ 'ye göre,}$$

Bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri (σ_{em}) ise;

$$\sigma_{em} = \sigma_1 + \sigma_2 = P \left(\frac{d}{2\sqrt{2} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}} + \frac{1}{2\sqrt{2} \cdot b \cdot h} \right), \text{ ye}$$

göre hesaplanmıştır.

Bu ifadelerde;

σ_1 : Eğilme etkisindeki basınç gerilmesini (N/mm²),
 σ_2 : Normal kuvvet etkisindeki basınç gerilmesini (N/mm²),

M : Birleştirmelere uygulanan "P" yükünün etkisiyle oluşan eğilme momentini (Nmm),

W : Mukavemet momentini (N/mm²),

d : Birleştirmelere uygulanan "P" yükünün uygulandığı nokta ile momentin oluştuğu nokta arasındaki yatay

uzaklığı, [$d = (l \cdot \cos 45 - h\sqrt{2})$] formülünden

$d = (200 \cdot \cos 45 - 80\sqrt{2})$] göstermektedir.

b : Birleştirilen parçaların genişliğini (42 mm),

h : Birleştirilen parçaların yüksekliğini (80 mm)

göstermektedir.

Hesaplamalar sonucunda elde edilen bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri tablo haline getirilmiş ve verilerin anlamlı hale getirilebilmesi amacıyla da istatistiksel analizler yapılmıştır [18].

3.3. Numunelerin Rutubet Miktarının Belirlenmesi (Determining of the Water Content for Samples)

Rutubetin ölçülmesi için, basınç deneyi uygulanan örneklerinden deneyden hemen sonra, TS 2470 "Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler" standardında belirtilen esaslara uygun olarak 20×20×20mm boyutlarında her ağaç türü için 10 adet küp deney örneği üretilmiştir [11]. Üretilen küp deney örnekleri üzerinde, TS 2471 "Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini" standardına göre rutubet miktarı hesaplanmıştır [19].

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Formülde;

w =Rutubet miktarı (%),

m_1 =Hava kuru ağırlık (gr) ve

m_2 =Etüv kuru ağırlık (gr).

4. VERİLER ve DEĞERLENDİRME (DATUM and EVALUATION)

Dört farklı malzeme ve dört farklı birleştirme tekniği kullanılarak hazırlanan 160 adet numunenin bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 1, Tablo 2).

Tablo 1. Çam ve Köknar' da birleştirme tekniklerine göre bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri (N/mm²).

	ÇAM				KÖKNAR			
	Düz Zıvana	Gizli Zıvana	Düz Zıvana Kavelalı	Gizli Zıvana Kavelalı	Düz Zıvana	Gizli Zıvana	Düz Zıvana Kavelalı	Gizli Zıvana Kavelalı
1	0.813	0.650	1.355	0.631	0.894	0.623	0.743	0.522
2	0.948	0.604	1.196	0.611	0.577	0.553	0.577	0.530
3	1.084	0.840	0.925	0.654	0.960	0.743	0.546	0.519
4	0.859	0.588	1.084	0.813	0.983	0.565	0.824	0.515
5	1.173	0.751	1.037	0.565	0.975	0.611	0.728	0.759
6	1.153	0.627	1.018	0.743	0.940	0.546	0.627	0.627
7	1.037	0.793	1.060	0.817	0.666	0.600	0.565	0.503
8	1.018	0.623	0.995	0.836	0.642	0.693	0.608	0.557
9	1.262	0.534	0.789	0.882	0.875	0.546	0.820	0.472
10	0.948	0.561	1.130	0.623	0.971	0.588	0.728	0.522
Σ	10.294	6.571	10.588	7.175	8.483	6.068	6.765	5.526
Ort.	1.029	0.657	1.059	0.717	0.848	0.607	0.676	0.553
Y. Alanı (cm ²)	157	124.6	157	124.6	157	124.6	157	124.6

Tablo 2. Kestane ve Sedir' de birleştirme tekniklerine göre bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri (N/mm²).

	KESTANE				SEDİR			
	Düz Zıvana	Gizli Zıvana	Düz Zıvana Kavelalı	Gizli Zıvana Kavelalı	Düz Zıvana	Gizli Zıvana	Düz Zıvana Kavelalı	Gizli Zıvana Kavelalı
1	0.735	1.014	1.122	0.809	1.029	0.770	0.662	0.747
2	1.254	0.867	1.254	0.913	1.053	0.813	1.010	1.327
3	0.751	1.049	0.882	1.084	1.022	0.666	1.037	1.385
4	1.118	0.940	1.238	0.898	1.029	0.820	0.991	0.693
5	0.813	0.906	0.863	0.998	1.014	0.770	0.995	0.921
6	0.940	0.867	1.037	0.778	0.937	0.832	0.968	0.859
7	0.759	1.087	0.975	0.708	0.983	0.820	0.925	0.836
8	1.091	0.975	0.991	0.751	0.998	0.766	0.991	0.844
9	1.068	0.995	1.014	0.848	0.968	0.728	1.029	0.844
10	1.122	0.921	0.909	0.851	0.991	0.793	1.169	0.844
Σ	9.652	9.621	10.286	8.638	10.023	7.779	9.776	9.300
Ort.	0.965	0.962	1.029	0.864	1.002	0.778	0.978	0.930
Alan	157	124.6	157	124.6	157	124.6	157	124.6

Tablo incelendiğinde, Çam malzeme için maksimum bileşik eğilme etkisindeki ortalama basınç gerilmesinin 1,059 N/mm² ile Düz Zıvana-Kavelalı birleştirme ve minimum bileşik eğilme etkisindeki ortalama basınç gerilmesinin 0,657 N/mm² ile Gizli Zıvanalı birleştirmede olduğu görülmektedir. Köknar

kullanıldığında ise elde edilen maksimum bileşik eğilme etkisindeki ortalama basınç gerilmesinin $0,848 \text{ N/mm}^2$ ile Düz Zıvanalı birleştirmede, minimum bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin ise $0,553 \text{ N/mm}^2$ ile Gizli Zıvana-Kavelalı birleştirmede olduğu görülmektedir.

Tablo incelendiğinde, Kestane için maksimum bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin $1,029 \text{ N/mm}^2$ ile Düz Zıvana Kavelalı birleştirmede, minimum bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin ise $0,864 \text{ N/mm}^2$ ile Gizli Zıvana Kavelalı birleştirmede olduğu görülmektedir. Sedir için maksimum bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin $1,002 \text{ N/mm}^2$ ile Düz Zıvanalı birleştirmede, minimum bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin ise $0,778 \text{ N/mm}^2$ ile Gizli Zıvanalı birleştirmede olduğu görülmektedir. Dört farklı ağaç ve dört farklı birleştirme tekniğine göre toplam 16 grup için elde edilen bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin ortalamaları aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4).

Toplam 16 grup içinde en yüksek ortalama bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin $1,059 \text{ N/mm}^2$ ile Çam ağacında ve Düz Zıvanalı Kavelalı birleştirmede olduğu görülmüştür. Buna karşılık en düşük ortalama bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin ise $0,553 \text{ N/mm}^2$ ile Köknar ağacında ve Gizli Zıvanalı Kavelalı birleştirmede olduğu görülmüştür. Ağaç türleri ve birleştirme tekniklerine göre numuneler için elde edilen bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri ile ilgili grafiklerde çizilerek karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 5 ve Şekil 6).

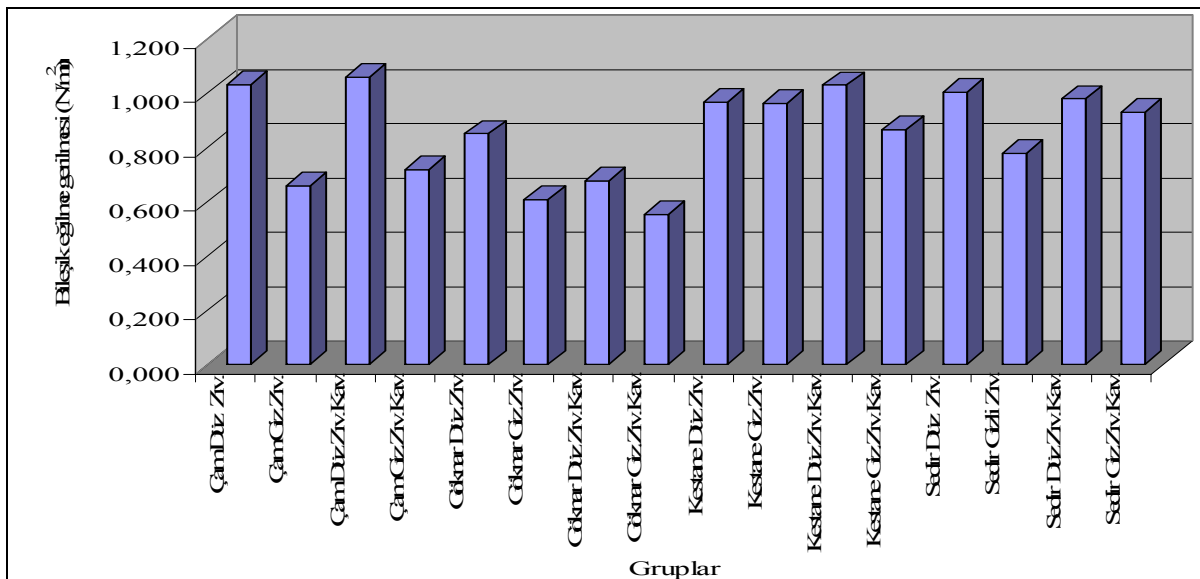
Şekil incelendiğinde, Düz Zıvanalı Birleştirme de bileşik eğilme etkisindeki en büyük basınç gerilmesinin Çam ağacı kullanıldığında, Sedir ağacının ise bileşik eğilme etkisindeki basıncı

karşılama kapasitesinin Çam'dan düşük olduğu ancak gerilme değerinin tüm numunelerde bir birine yakın olduğu görülmektedir. Kestane ve Köknarda oluşan bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin ise farklı değerlerde olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, Gizli Zıvanalı birleştirmede eğilme etkisindeki en büyük basınç gerilmesinin Kestane ağacında olduğu, diğer ağaçlarda ise eğilme etkisindeki basınç gerilmesini karşılama kapasitelerinin Kestane'den daha düşük olduğu ve birbirlerine yakın değer aldıkları görülmektedir.

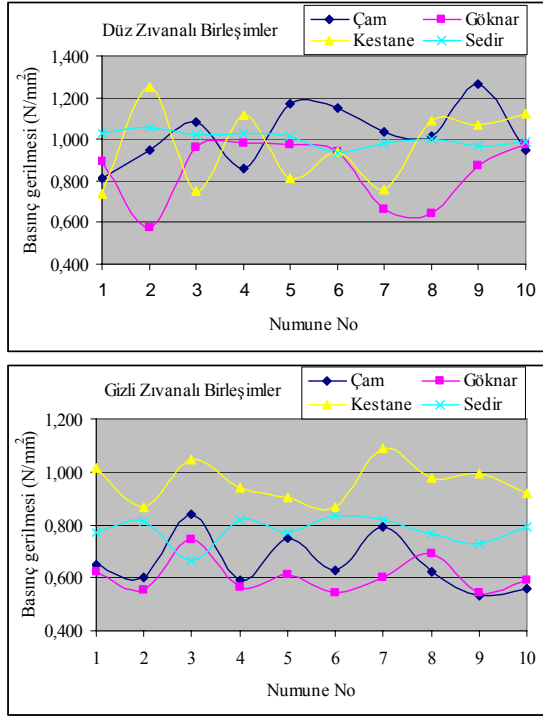
Şekil incelendiğinde, Düz Zıvana Kavelalı birleştirmelerde en düşük eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin Köknar ağacında, eğilme etkisindeki en büyük basınç gerilmesinin ise Çam ağacında olduğu ve diğer ağaçlarda eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin ise birbirine yakın olduğu görülmektedir. Gizli Zıvana Kavelalı birleştirme de eğilme etkisindeki en büyük basınç gerilmesinin Sedir ağacında olduğu, Kestane ağacının basınç mukavemetinin ise Sedirinkine yakın olduğu görülmektedir. Çam ağacının üçüncü sırada yer aldığı ve eğilme etkisindeki en düşük basınç gerilmesinin ise Köknarda olduğu görülmektedir.

5. VERİLERİN ANALİZİ (ANALYSIS OF DATA)

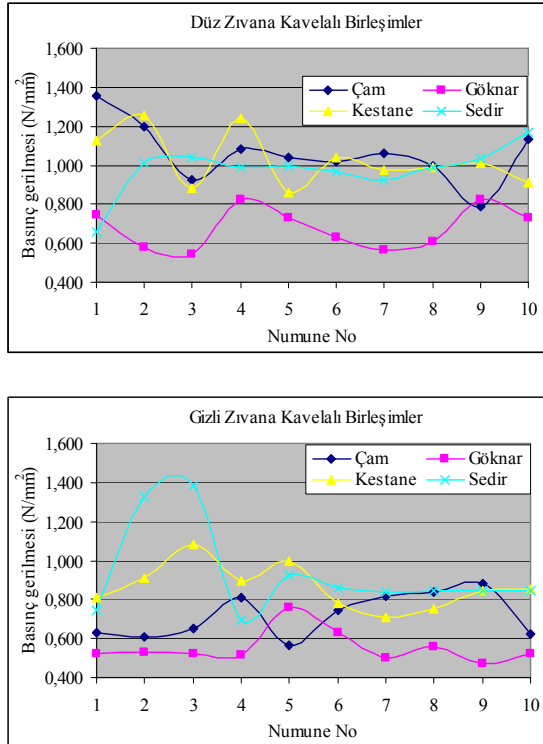
Yapılan deneylerde, bileşik eğilme etkisine maruz kalan Çam, Köknar, Kestane ve Sedir ağaçlarının eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. Ancak hangi grup ortalamasının ve/veya ortalamalarının diğerinden farklı olduğunun belirlenebilmesi amacıyla çoklu karşılaştırma testleri yapılmış ve farklı ortalamaya sahip gruplar belirlenmiştir. Grupların homojen olup olmadıklarının belirlenebilmesi için varyans homojenlik testi yapılmıştır. Varyans homojenlik testinde grupların varyanslarının homojen olmadığı



Şekil 4. Ağaç türleri ve birleştirme tekniklerine göre bileşik eğilme etkisindeki ortalama basınç gerilmeleri.



Şekil 5. Düz ve Gizli Zıvanalı birleştirmelerde eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri.



Şekil 6. Düz ve Gizli Zıvana Kavelalı birleştirmede eğilme etkisindeki basınç gerilmeleri.

belirlenmiştir. Grupların tanımlayıcı istatistik değerleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3).

Dört farklı ağaç ve dört farklı birleştirme şekli kullanılarak yapılan birleştirmeler için elde edilen bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin

Tablo 3. Gruplar için tanımlayıcı istatistik değerleri.

Gruplar	Adet	Ort. Basınç gerilmesi (N/mm ²)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven aralığı		Min.	Max.	
					Alt sınır	Üst sınır			
ÇAM	Düz Zıvana	10	1,029	0,142	0,045	,927	1,131	,81	1,26
	Gizli Zıvana	10	,657	0,102	0,032	,583	,730	,53	,84
	Düz Zıvana	10	1,059	0,152	0,048	,949	1,168	,79	1,36
	Zıvana	10	,717	0,113	0,036	,636	,798	,56	,88
KÖKNAR	Düz Zıvana	10	,848	0,157	0,050	,735	,960	,58	,98
	Gizli Zıvana	10	,607	0,065	0,021	,559	,653	,55	,74
	Düz Zıvana	10	,676	0,104	0,033	,601	,751	,55	,82
	Zıvana	10	,553	0,083	0,026	,493	,612	,47	,76
KESTANE	Düz Zıvana	10	,965	0,189	0,060	,829	1,100	,74	1,25
	Gizli Zıvana	10	,962	0,074	0,024	,908	1,015	,87	1,09
	Düz Zıvana	10	1,029	0,137	0,044	,930	1,127	,86	1,25
	Zıvana	10	,864	0,114	0,036	,781	,945	,71	1,08
SEDİR	Düz Zıvana	10	1,002	0,033	0,011	,979	1,027	,94	1,05
	Gizli Zıvana	10	,778	0,050	0,016	,741	,813	,67	,83
	Düz Zıvana	10	,978	0,128	0,040	,886	1,069	,66	1,17
	Zıvana	10	,930	0,234	0,074	,763	1,098	,70	1,39

gruplar bazında durumu kutu grafikler şeklinde gösterilmiştir. Bu grafiklerde her grubun en üst basınç gerilmesi, ortalama basınç gerilmesi ve minimum basınç gerilmeleri bir bütün olarak aşağıda gösterilmiştir (Şekil 7).

Tüm gruplar için yapılmış olan varyans analizinin homojen olup olmadığı homojenlik testi ile belirlenmiş olup sonuç aşağıda gösterilmiştir (Tablo 4).

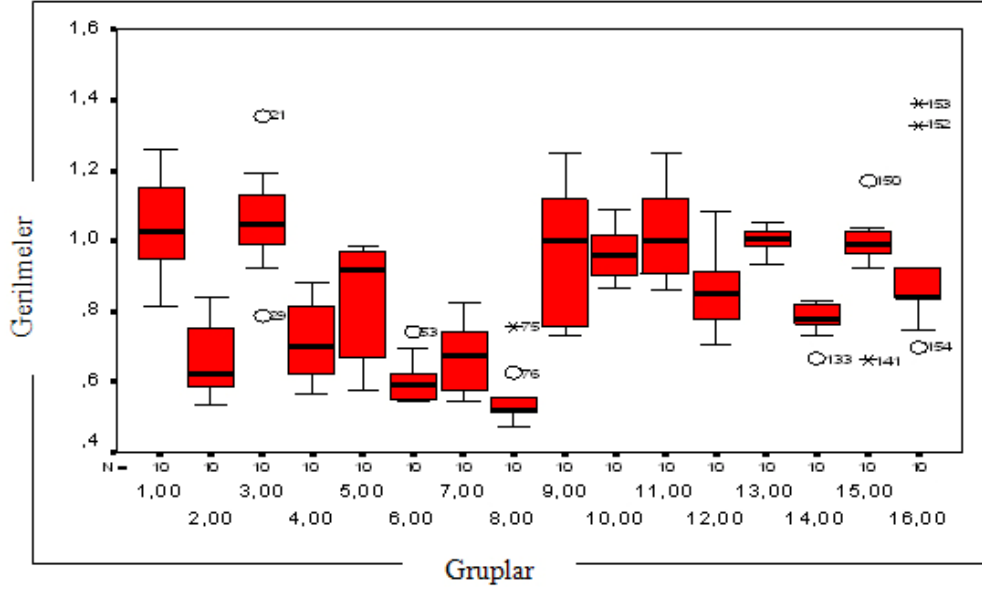
Tablo 4. Varyansın homojenlik test sonucu.

Temel istatistik	Fark1	Fark 2	Önemlilik derecesi.
3,274	15	144	,000

Homojenlik testinde varyansın homojen olmadığı görülmektedir. Grup ortalamalarının aynı ya da en az birinin diğerlerinden farklı olup olmadığını anlaşılabilmesi için "Varyans analizi" yapılmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Varyans analizinin sonucu (ANOVA)

Gruplar arası	Kareler toplamı	Fark	Kareler Ort.	F	Önemlilik derecesi
	4,177	15	,278	16,981	,000
Grup içi	2,361	144	0,016		
Toplam	6,538	159			



Şekil 7. Bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin gruplar bazında durumu.

Anova testi sonucunda anlamlılık derecesinin oldukça önemli olduğu görülmektedir. Bu durum karşılaştırılan gruplardan en az birinin ortalamasının diğerlerinden farklı olduğu anlamına gelmektedir. Hangi grup ortalamasının ve/veya ortalamalarının farklı olduğunu belirleyebilmek için çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır. Farklı ortalamaya sahip gruplar önemlilik düzeylerine göre belirlenmiştir (Tablo 6).

Tabloda ki analiz sonuçlarına göre; aralarındaki önemlilik düzeyi 0.05' ten büyük olanların ortalama eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin birbirine yakın olduğu ve aralarındaki farkın önemli olmadığı

söylenbilir. (Örnek; Çam düz zıvana ile Çam düz zıvana kavela arasındaki değer tablodan 1.00 olarak okunmaktadır. Bu durumda, iki birleştirmenin eğilme etkisindeki basınç gerilmelerinin birbirine çok yakın olduğu söylenebilir). Önemlilik düzeyi 0.05 ile 0.01 arasında olanların ortalama basınç gerilmeleri arasında fark olduğu söylenebilir. Önemlilik düzeyi 0.01 ile 0.001 arasında olanların ortalama basınç gerilmeleri arasında önemli düzeyde fark olduğu söylenebilir. Önemlilik düzeyi 0.001' den küçük olanlarda ise ortalama basınç gerilmeleri arasındaki farkın ileri düzeyde önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 6. Gruplar arası çoklu karşılaştırmaların anlamlılık düzeyleri.

Ağaç cinsleri ve birleştirme şekilleri	Çam düz ziv.	Çam gizli ziv.	Çam düz ziv. Kav.	Çam gizli ziv. Kav.	Gök nar düz ziv.	Gök nar gizli ziv.	Gök nar düz ziv. kav.	Gök nar gizli ziv. Kav.	Kestane düz ziv.	Kestane gizli ziv.	Kestane düz ziv. Kav.	Kestane gizli ziv. Kav.	Sedir düz ziv.	Sedir gizli ziv.	Sedir düz ziv. Kav.	Sedir gizli ziv. Kav.
Çam düz zıvana	-	.000	1.0	.000	.109	.000	.000	.000	1.00	1.00	1.00	.217	1.00	.001	1.00	.942
Çam gizli zıvana	.000	-	.000	1.00	.066	1.00	1.00	.908	.000	.000	.027	.000	.764	.000	.000	.000
Çam düz. ziv. Kav.	1.00	.000	-	.000	.021	.000	.000	.000	.962	.950	1.00	.053	1.00	.000	.99	.673
Çam gizli ziv. Kav.	.000	1.00	.000	-	.636	.861	1.00	.225	.002	.002	.000	.432	.000	1.00	.001	.018
Gök nar düz ziv.	.109	.066	.021	.636	-	.003	.169	.000	.803	.833	.114	1.00	.326	1.00	.651	.988
Gök nar giz. Ziv.	.000	1.00	.000	.861	.003	-	1.00	1.00	.000	.000	.000	.001	.000	.177	.000	.000
Gök nar düz ziv. Kav.	.000	1.00	.000	1.00	.169	1.00	-	.722	.000	.000	.000	.081	.000	.930	.003	.001
Gök nar giz. ziv. Kav.	.000	.908	.000	.225	.000	1.00	.722	-	.000	.000	.000	.000	.000	.008	.000	.000
Kestane düz ziv.	1.00	.000	.962	.002	.803	.000	.000	.000	-	1.00	1.00	1.00	1.00	.079	1.00	1.00
Kestane giz. Ziv.	1.00	.000	.950	.002	.833	.000	.000	.000	1.00	-	1.00	1.00	1.00	.092	1.00	1.00
Kestane düz ziv. kav.	1.00	.000	1.00	.000	.114	.000	.000	.000	1.00	1.00	-	.225	1.00	.001	1.00	.946
Kestane giz. ziv. Kav.	.217	.027	.053	.432	1.00	.001	.081	.000	.927	.942	.225	-	.519	.982	.829	1.00
Sedir düz ziv.	1.00	.000	1.0	.000	.326	.000	.000	.000	1.00	1.00	1.00	.519	-	.008	1.00	1.00
Sedir gizli ziv.	.001	.764	.000	1.00	1.00	.177	.930	.008	.079	.092	.001	.902	.008	-	.039	.343
Sedir düz ziv. Kav.	1.00	.000	1.0	.001	.651	.000	.000	.000	1.00	1.00	1.00	.829	1.00	.039	-	1.00
Sedir giz. ziv. Kav.	.942	.000	.673	.018	1.00	.000	.001	1.00	1.00	1.00	.946	1.00	1.00	.343	1.00	-

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULT and RECOMMENDATIONS)

Dört farklı ağaç türü ve dört farklı köşe birleştirme örneklerinin eğilme momenti etkisi altında ki performansları ile ilgili olarak; toplam 16 grup içinde en yüksek ortalama bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin Çam ağacında ve Düz Zıvanalı Kavelalı birleşimde olduğu görülmüştür. Buna karşılık en düşük ortalama bileşik eğilme etkisindeki basınç gerilmesinin ise Köknar ağacında ve Gizli Zıvana Kavelalı birleştirmede olduğu görülmüştür.

Düz Zıvanalı Birleştirmede, en büyük basınç gerilmesinin Çam ağacı kullanıldığında karşılanabildiği, Sedir ağacının ise basınç gerilmesinin Çam'dan düşük olduğu ancak her numune için elde edilen basınç gerilmesi değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Kestane ve Köknar'ın ise basınç gerilmelerinin her numune için elde edilen değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Gizli Zıvanalı Birleştirmede, en büyük ortalama basınç gerilmesinin Kestane ağacında olduğu ve deney numunelerinden elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Çam, Köknar ve Sedir ağaçları kullanıldığında ise basınç gerilmelerinin Kestaneden daha düşük olduğu ve birbirlerine yakın değer aldıkları görülmüştür.

Düz Zıvana Kavelalı Birleştirmelerde, en düşük basınç gerilmesinin Köknar ağacı tarafından karşılandığı buna karşılık Çam, Kestane ve Sedir ağaçlarının basınç gerilmelerinin birbirine yakın olduğu ve Sedir ağacının basınç gerilmesi değerlerinin her numune için birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Gizli Zıvana Kavelalı birleştirmeler de en büyük basınç gerilmesinin Sedir ağacı tarafından karşılandığı, Kestane ağacının ikinci, Çam ağacının üçüncü sırada yer aldığı ve en düşük basınç gerilmesinin ise Köknar tarafından karşılandığı görülmüştür. Yapılacak birleştirmelerde Düz Zıvanalı birleştirme tekniği kullanılacaksa Çam ağacının tercih edilmesi gerektiği, Gizli Zıvanalı birleştirme yapılacaksa Kestane ağacının tercih edilmesi gerektiği, Düz Zıvana Kavelalı birleştirmede de Çam ağacının tercih edilmesi gerektiği ve son olarak Gizli Zıvana Kavelalı birleştirme yapılacaksa Sedir ağacının tercih edilmesi gerektiği önerilebilir.

Birleştirmelerde kavela kullanılmasının; Çam ağacında eğilme momentine karşı direnci Düz Zıvanada % 3 oranına kadar Gizli Zıvanalı ise % 9 oranına kadar arttırdığı görülmüştür. Köknar ağacında Düz Zıvanada % 20 oranına kadar azalttığı, Gizli Zıvanada ise % 9 oranına kadar azalttığı görülmüştür. Kestane ağacında Düz Zıvanada % 6,5 oranına kadar arttırdığı ancak Gizli Zıvanada % 10,1 oranına kadar azalttığı görülmüştür. Sedir ağacında Düz Zıvanada %

2,4 oranına kadar azalttığı ancak Gizli Zıvanada ise % 19,5'e kadar arttırdığı görülmüştür.

Bu sonuçlara göre, ağaçların eğilme momentini karşılama kapasitelerinin yapışma yüzey alanına, zıvana türüne (düz, gizli), kavela olup olmasına, ağaçların yapıştırıcıyı emme özelliklerine, rutubet durumlarına dolayısıyla ağaçların mikro yapılarına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yapıştırıcının farklı sıcaklıklara sahip olması durumunda viskozitesi de değişeceği için sıcaklığın ve ahşabın rutubet miktarlarının yapışma mukavemetine etkisinin de incelenmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Hammond, J. J., Donnelly, E.T., Harrod, W.F., Reyner, N.A., and Özden, F., "Ağaç İşleri Teknolojisi", Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, 1968.
2. Eriç, M., Dünün ve Bugünün Ahşapta Üretilmiş Malzemesinin Türkiye Şartları İçinde Yapılan Rasyonel Kullanım İmkanlarının Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1972.
3. Örs. Y., Kama Dişli Birleşmeli Masif Ağaç Malzeme Mekanik Özellikler, Yard. Ders Kitabı, K.T.Ü., Orm. Fakültesi, Trabzon, 1987.
4. Efe, H., Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994.
5. Zhang, H.L., Eckelman, C.A., "The Bending Moment Resistance Of Single Dowel Corner Joints In Case Construction Forest Products", Journal Vol:43. No:6. P9. 19-24 USA. 1993.
6. Jang, S., "Mechanical Characteristics of Dowel Joints Under Cyclic Loads", Mogiac Granghak-Journal of the Korcan Wood Science and Tecnology, 91-97, 1995.
7. Sayıl. B., Ahşap Doğrama Köşe Birleşimlerinin Rijitliğini Arttırma Yolları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
8. Tekin, A., Bazı Ağaç Türlerinde Temel Makineler İle Açılmış Zıvanaların Diyagonal Basınç ve Çekme Dirençlerinin Belirlenmesi, Y.Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
9. Tokgöz, H., Kap, T., Özgan, E., "Farklı Ağaç Türleri ve Zıvanalı Birleştirme Biçimleriyle Oluşturulan Çerçeve Konstrüksiyonlu Doğramalarda Diyagonal Yük Analizi", Teknoloji Dergisi, Cilt 8, Sayı 4, ss:363-376, 2005.
10. Arslan, M., Subaşı, S., Altuntaş, C., "Ahşap Pencere Kanatlarında Birleşim Yeri Mekanik Özellikleri", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. J.

- Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Cilt 21, No: 2, 265–273, 2006.
11. TS 2470. 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Kasım.
 12. Altınok, M., “Ahşap Tutkallı Birleştirmelerde Yapışma Performansına Sıcaklık Artışının Etkileri”, Politeknik Dergisi, Cilt 5, Sayı 4, 341-345, 2002.
 13. Altınok, M., “Yabancı Çıtalı Kutu Konstrüksiyonda Levha ve Tutkal Çeşidinin Diyagonal Basınç ve Çekme Direncine Etkileri” Pamukkale Üniv. Müh.Bil.Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, 137-142. 2003.
 14. T.S.E. 4905. 1986. Ahşap Birleştirmeler-Zıvanalı Birleştirme Kuralları.
 15. T.S.E. 4449. 1985. Ahşap Birleştirmeler
 16. T.S.E. 4539. 1985. Ahşap Birleştirmeler-Kavelalı Birleştirme Kuralları
 17. TS 7251 EN 107 “Pencereler-Deney Metotları-Mekanik Deneyler
 18. Norusis. M.J.. SPSS for Windows Base System Users Guide Release 6.0. SPSS Inc. Chicago.. 1993.
 19. TS 2471. Odunda. Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Kasım, 1976.