

Tek ve Çift Zıvanalı Ahşap Doğrama Köşe Birleştirmelerinde Diyagonal Çekme Performansının Belirlenmesi

Mustafa ALTINOK, Cevdet SÖĞÜTLÜ, Nihat DÖNGEL, Şemsettin DORUK

ÖZET

Bu çalışmada, tek ve çift zıvanalı ahşap doğrama köşe birleştirmelerinde ağaç türü, tutkal çeşidi ve presleme yönünün diyagonal çekme performansına etkileri araştırılmıştır. Bu maksatla, sarıçam (*Pinus Sylvestris* Lipsky) ve Uludağ göknarı (*Abies Bornmülleriana*) odunlarından tek ve çift zıvanalı köşe birleştirmeler hazırlanmıştır. Birleştirmelerin yapıştırılmasında PVAc-D3 ve PVAc-D4 tutkalları kullanılmış olup, birleşme noktaları, kenardan ve kenar+yüzeyden preslenmiştir. Hazırlanan 160 adet örneğe ISO 6237 esaslarına göre diyagonal çekme deneyi uygulanmıştır. Sonuç olarak, diyagonal çekme performansı en yüksek PVAc-D4 tutkalı ile kenar ve yüzeyden preslenerek yapıştırılan çift zıvanalı sarıçam örneklerde, en düşük ise PVAc-D3 tutkalı ile kenardan preslenerek yapıştırılan tek zıvanalı Uludağ göknarı örneklerde belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağaç malzeme, zıvanalı birleştirme, diyagonal çekme gerilmesi.

Determination of the Diagonal Tensile Strength Performances of the Wooden Window Corner Joints with Single or Double Mortise and Tenon

ABSTRACT

In this study, the effects of wood species, adhesive types and pressing direction on diagonal tensile strength performance in the wooden window corner joints with single or double mortise and tenon were examined. Specimens of single and double mortise and tenon corner joints were prepared from Scotch pine (*Pinus Sylvestris* Lipsky) and Uludağ fir (*Abies bornmülleriana*) woods with this objective. PVAc-D₃ and PVAc-D₄ adhesives were used to join the mortise and tenon corner joints. The joining points were pressed from the edge and from the surface and edge. A total of 160 each specimens were prepared and the diagonal tensile strength test was made according the principles given in ISO 6237. In conclusion, it was determined that the highest diagonal tensile strength performance was in the double mortise and tenon corner joint specimens from Scotch pine pressed from the edge and from the surface with PVAc-D₄ adhesive and the lowest diagonal tensile strength performance was in the single mortise and tenon corner joint specimens from Uludağ fir pressed from the edge with PVAc-D₃ adhesive.

Key words: Wooden material, mortise and tenon corner joints, diagonal tensile strength

1. GİRİŞ

Teknolojik bakımdan yüksek özelliklere sahip ahşaba olan talep, nüfus ve konut ihtiyacına paralel olarak artmaktadır. Bu talebin karşılanabilmesi, ormanların rasyonel bir şekilde değerlendirilmesi ve kesilen ağaçların azami verimle işlenmesi ile mümkündür (1).

Orman kaynaklarının verimli kullanılması bakımından, ağaç malzemedan üretilen mobilya ve doğramaların uzun ömürlü ve dayanıklı olması gerekmektedir. Bu maksatla üretim sırasında kalite kontrol testlerinin yapılmasının önemi artmaktadır. Birleştirmelerinin sağlamlığı mobilya ve doğramanın sağlamlığını doğrudan etkilemekte, yapılan testlerle hangi birleştirme tipinin daha güvenilir ve uygulanabilir olduğu belirlenebilir.

Makale 27.10.2009 tarihinde gelmiş 14.05.2009 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

M.ALTINOK, C.SÖĞÜTLÜ, N. DÖNGEL, Ş.DORUK Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü 06500 Teknikokullar/ ANKARA
e-posta : altinok@gazi.edu.tr ,cevdets@gazi.edu.tr,
ndongel@gazi.edu.tr, sdoruk@gazi.edu.tr
Digital Object Identifier 10.2339/2009.12.2. 107-112.

mektedir. Kama dişli birleştirmelerin pencere ve kapı çerçevesi, mobilya ile çeşitli inşaatların taşıyıcı elemanlarının yapımında kullanılması hâlinde lambalı, zıvanalı ve yarma-geçme birleştirme yöntemleri ile birleştirilen ağaç malzemeye oranla % 60–80 daha fazla bir sağlamlılık kazandığı bildirilmektedir (2).

Yonga levha örneklere uygulanan tek kavelalı köşe birleştirme elemanlarının basınç ve çekme deneylerinde, kavela çapı ve kavela boyu arttıkça dayanımın da arttığı tespit edilmiştir (3).

Kutu mobilya üretiminde uygulanan kavelalı, yabancı çitalı ve lambalı birleştirmeli ahşap levha numunelerine çekme ve basınç yükleri etki ettirildiğinde, kavelalı birleştirme en iyi sonucu verirken, yabancı çitalı birleştirmenin ikinci sırada yer aldığı belirtilmiştir (4).

Yonga ve lif levhalara uygulanan “L” tipi tutkallı ve tutkalsız birleştirmelerin çekme dirençlerinin araştırıldığı çalışmada, demonte birleştirmelerin sabit birleştirmelerden daha başarılı olduğu bildirilmiştir (5).

Kavak (*Populus*) malzeme örneklere uygulanan değişik birleştirmelere ait çalışmada, birleştirme mukavemetinin, teknik açıdan önemli olduğu kadar, maliyeti düşürücü etkisinin de üretimde sağlanacak ekonomi bakımından önemine dikkat çekilerek, birleştirmelerin seri üretime uygun tasarlanması önerilmiştir. Ayrıca, çekme ve basma elemanlarından oluşan çoklu zıvanalı ve parmak köşe birleştirmelerin aynı biçimdeki kavelalı birleştirmelere göre 2 ile 4 kat daha fazla dirençli olacağı ifade edilmiştir (6).

Zıvanalı birleştirmelerde, yüzeyden presleme yönteminin, geleneksel kenardan presleme yöntemine göre daha güçlü bir bağlantı sağladığı bildirilmiştir (7).

Daire testerede ve şerit testere makinesi kullanılarak hazırlanan zıvanalı T-tipi birleştirmelerde, en başarılı çekme dayanımının PVAc tutkalı ile yüzeyden preslenerek yapılan Doğu kayını örneklerle elde edildiği bildirilmiştir (8, 9).

L-tipi kavelalı köşe birleştirmelerin diyagonal çekme dirençlerinin araştırıldığı çalışmada, en iyi çekme dayanımının polivinilasetat tutkalı ile gerçekleştirildiği belirtilmiştir (10).

Bu çalışmada, sarıçam ve Uludağ göknarı odunlarından hazırlanan ahşap doğrama köşe birleştirmelerindeki tek ve çift zıvana uygulamalarında, tutkal çeşidi ve presleme yönünün yapışma direncine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Ağaç Malzeme

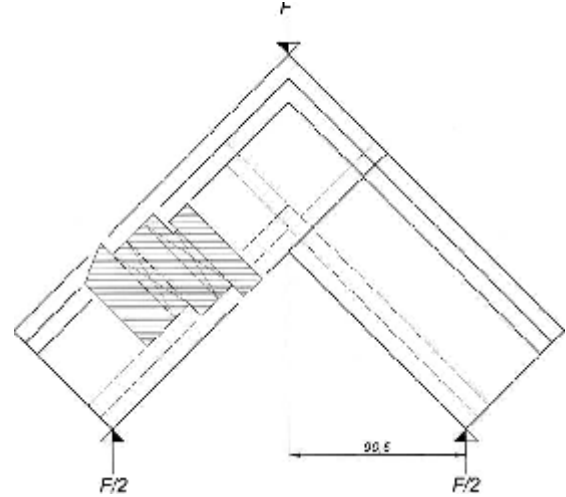
Deneylerde, sarıçam (*Pinus sylvestris Lipsky*) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana*) odunları kullanılmıştır. Kullanılan ağaç malzemeler, Ankara Mobilyacılar Sitesinden *rasgele seçim* yöntemi ile temin edilmiştir. Ağaç malzemenin doğal renkli, böcek ve mantar zararlarına uğramamış, budaksız, ardaksız, büyüme kursurları bulunmayan, düzgün lifli ve diri odun kısmı olmasına dikkat edilmiştir.

2.2. Tutkal

Deney örneklerinin yapıştırılmasında, tek bileşenli polivinilasetat (PVAc-D3) ve % 5 sertleştirici (Turbo hardener 303.5) ilavesiyle güçlendirilmiş çift bileşenli polivinilasetat (PVAc-D4) tutkal kullanılmıştır. PVAc-D3, Klebit 303 isimli tutkaldır. BS EN 204 standardına göre (11) tek bileşenli olarak D3 hizmet sınıfı için kullanıma hazır halde pazarlanmaktadır. Uygulamalarda, yüzeye 120–180 g/m² olacak şekilde sürülür. Açık bekleme süresi 20 °C’de 10 dakikadır (12). PVAc-D4, Klebit 303 tutkal çözeltisine % 5 oranında sertleştirici katılımı ile rutubete dayanıklılığı daha da artırılarak, BS EN 204’e göre D4 yapışma kalitesine sahip hale getirilebilmektedir (13, 14).

2.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada, ağaç türü (2), tutkal çeşidi (2), presleme yönü (2), zıvana çeşidi (2) ve her örnekten 10’ar adet olmak üzere toplam 160 (2x2x2x2x10) adet diyagonal çekme deney örneği hazırlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Diyagonal çekme deney örneği (mm)

Kaba ölçülerde kesilen örnek taslakları aralarına göknar latalar konularak havalandırılan ve direk güneş ışığı almayan bir ortamda doğal olarak kurutulmuştur. Daha sonra taslaklar 20 ± 2°C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında % 12 denge rutubetine ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Denge rutubetine ulaşan örnek taslakları net ölçülerinde kesildikten sonra freze makinesinde elemanların uçlarına zıvana ve eşlenikleri açılmıştır. Zıvanalara 160 gr/m² hesabına göre tutkal sürülerek preslenmiştir. Preslenmiş örneklerin tutkallı birleştirmeleri tam sertleşmeye bırakılmışlardır. Deney örneklerinin bir kısmına sadece zıvana kenarından, bir kısmına ise zıvana kenarı+yüzeyinden endüstriyel uygulamalara göre ve eşit miktarda basınç uygulanmıştır. Basınç uygulamada sıkıştırma vidaları kullanılarak, vidaların sıkıştırma boşluğu alındıktan sonra her bir örnek için eşit sayıda döndürme yapılarak eşit basınç gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

2.4. Yöntem

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi malzeme laboratuvarındaki 4 ton kapasiteli Üniversal Test Cihazının 800 Kp’luk kademesinde yapılmıştır. Deney cihazının ilerleme hızı 2 mm/dak yol olacak şekilde ayarlanmıştır. Makineden okunan maksimum kuvvet N cinsinden kaydedilmiştir. Diyagonal basınçta meydana gelen gerilme değerleri dış moment kuvveti ($M_{dış}$) = iç moment kuvveti ($M_{iç}$) esasından hareketle aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak belirlenmiştir. Bu eşitlikte yapıştırıcının enine kesit yüzeylerde yapışma emniyet gerilmesi sabit kabul edilip, 0.8 N/mm² olarak alınmıştır.

$$M_{dış} = F \times L \quad (N \times mm)$$

$$M_{iç} = (n (b_Z \times h_Z \times L_{Mz1} \times \sigma_Y) + n (b_Z \times h_Z \times L_{Mz2} \times \sigma_M))$$

$$F \times L = (n (b_Z \times h_Z \times L_{Mz1} \times \sigma_Y) + n (b_Z \times h_Z \times L_{Mz2} \times \sigma_M))$$

Burada;

$M_{dış}$: Toplam dış moment,

$M_{iç}$: Toplam iç moment,

- F :Test kuvveti (N),
L :Kuvvet doğrultusu ile mesnet noktası arasında kalan dik mesafe (L=39,6 mm),
N :Zivana yüzeyi sayısı,
 b_z :Zivana yüzeyi genişliği (mm),
 h_z :Zivana yüzeyi uzunluğu (mm),
 L_{Mz1} :Zivana yan yüzey ağırlık merkezinden dönme noktasına olan dik mesafe (mm),
 L_{Mz2} :Zivana maktada yüzey ağırlık merkezinden dönme noktasına olan dik mesafe (mm),
 σ_Y :Yapıştırıcının yüzeyde yapışma emniyet gerilmesi,
 σ_M :Yapıştırıcının maktada yapışma emniyet gerilmesi ($\sigma_{CM} = 0,8 \text{ N/mm}^2$).

presleme yönü ve zivana tipi değişimine göre % artış miktarları Çizelge 1’de verilmiştir.

Tablo sonuçlarına göre, ağaç türü bakımından sarıçam örnekler Uludağ göknarı örneklerden, tutkal çeşidi bakımından ise PVAc-D₄ tutkalı sarıçam örnekler, PVAc-D₃ tutkallı sarıçamdan daha büyük kuvvet taşımıştır.

Tek zivanalı ve çift zivanalı köşe birleştirmenin taşıdığı diyagonal çekme kuvveti; PVAc-D₃ tutkalı ile kenardan preslenerek yapıştırılan sarıçamda % 13.4, Uludağ göknarında % 11.3, kenar+yüzeyden preslenmiş sarıçamda % 13.4, Uludağ göknarında % 16.2 artış meydana gelmiştir. Bu durum, PVAc-D₄ tutkalı ile kenardan preslenerek yapıştırılan sarıçamda % 20.5,

Çizelge 1. Diyagonal basınç kuvveti (N) ortalamaları, tutkal çeşidi, presleme yönü ve zivana tipi değişimine göre kuvvet artış oranları (%)

Zivana Tipi	PVAc-D ₃						PVAc-D ₄					
	Kenar		Kenar + Yüzey				Kenar		Kenar + Yüzey			
	Sarıçam	Uludağ göknarı	Sarıçam	Artış	Uludağ göknarı	Artış	Sarıçam	Uludağ göknarı	Sarıçam	Artış	Uludağ göknarı	Artış
Tek	5000	3780	5510	10.2	4310	14	5070	4040	6060	19.5	5200	28.7
Çift	5670	4210	6250	10.2	5010	19	6110	5240	6770	10.8	6010	14.6
Artış	13.4	11.3	13.4		16.2		20.5	29.7	11.7		15.5	

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Ahşap doğrama köşe birleştirmelerinde, ağaç türü, tutkal çeşidi ve presleme yönünün etkilerini belirlemek amacıyla çoklu varyans analizi yapılmıştır. Varyans kaynaklarının karşılıklı etkileşimlerinin $\alpha = 0.05$ 'e göre anlamlı çıkması halinde, farklılıkların hangi faktör için önemli olduğu Duncan testi ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Tek ve çift zivanalı ahşap doğrama köşe birleştirmelerinde diyagonal çekme kuvvet ortalamaları,

Uludağ göknarında % 29.7, kenar+yüzeyden preslenmiş sarıçamda % 11.7, Uludağ göknarında % 15.5 artış olarak gerçekleşmiştir.

PVAc-D₃ tutkallı tek zivanalı kenardan preslemeye göre kenar + yüzeyden preslemede sarıçamda % 10.2, Uludağ göknarında % 14 kuvvet taşıma artışı meydana gelmiştir. Bu durum PVAc-D₄ tutkallı sarıçam örneklerde % 19.5, Uludağ göknarında % 28.7 olarak gerçekleşmiştir. Çift zivanalı örneklerde ise; PVAc-D₃ tutkallı sarıçamda % 10.2, Uludağ

Çizelge 2. Diyagonal çekme gerilmesi varyans analizi

VARYANS KAYNAĞI	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0,05$
Ağaç Türü (A)	1	1.480	1.480	157.8862	0,0000*
Tutkal Çeşidi (B)	1	2.962	2.962	315.9248	0,0000*
Etkileşim (AB)	1	0.178	0.178	18.9374	0,0000*
Zivana Tipi (C)	1	5.629	5.629	600.3422	0,0000*
Etkileşim (AC)	1	0.187	0.187	19.9453	0,0000*
Etkileşim (BC)	1	0.029	0.029	3.1390	0.0786
Etkileşim (ABC)	1	0.005	0.005	0.5765	NS
Pres Yönü (D)	1	41.239	41.239	4398.451	0,0000*
Etkileşim (AD)	1	0.015	0.015	1.6015	0.2077
Etkileşim (BD)	1	0.472	0.472	50.3392	0,0000*
Etkileşim (ABD)	1	0.167	0.167	17.8176	0,0000*
Etkileşim (CD)	1	0.763	0.763	81.3938	0,0000*
Etkileşim (ACD)	1	0.001	0.001	0.1121	NS
Etkileşim (BCD)	1	0.001	0.001	0.0641	NS
Etkileşim (ABCD)	1	0.002	0.002	0.2166	NS
Hata	144	1.350	0.009		
Toplam	159	54.481			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

göknarında % 19, PVAc-D₄ tutkallı sarıçamda % 10.8, Uludağ göknarında % 14.6 olarak gerçekleşmiştir.

Doğrama köşe birleştirmelerinde ağaç türü, tutkal çeşidi, zıvana tipi ve pres yönü değişimine göre elde edilen diyagonal çekme gerilmesi ortalamalarına çoklu varyans analizi uygulanarak sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Buna göre, diyagonal çekme gerilmesi değerlerine ağaç türü (A), tutkal çeşidi (B), zıvana tipi (C),

Buna göre, en yüksek çekme gerilmesi; sarıçam, PVAc-D₄ tek zıvana ve kenar+yüzeyden preslenmiş örneklerde elde edilmiştir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi ve ağaç türü-zıvana tipi Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre en yüksek çekme gerilmesi PVAc-D₄ tutkallı ile yapılandırılan sarıçam örneklerde, en düşük çekme gerilmesi ise

Çizelge 3. Ağaç türü, tutkal çeşidi, zıvana tipi ve presleme yönü Duncan testi karşılaştırma sonuçları (N/mm²)

AĞAÇ TÜRÜ				TUTKAL ÇEŞİDİ			
Sarıçam		Uludağ Göknarı		PVAc-D ₃		PVAc-D ₄	
\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
1,910	A*	1,717	B	1,677	B	1,949	A*
ZIVANA TİPİ				PRESLEME YÖNÜ			
Tek Zıvana		Çift Zıvana		Kenar		Kenar + Yüzey	
\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
2,001	A*	1,626	B	1,306	B	2,321	A*

LSD ± 0,0296

Çizelge 4. Ağaç türü-tutkal çeşidi ve ağaç türü-zıvana tipi Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları (N/mm²)

AĞAÇ TÜRÜ - TUTKAL ÇEŞİDİ							
Sarıçam				Uludağ Göknarı			
PVAc-D ₃		PVAc-D ₄		PVAc-D ₃		PVAc-D ₄	
\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
1,740	C	2,079	A*	1,615	D**	1,820	B
AĞAÇ TÜRÜ - ZIVANA TİPİ							
Sarıçam				Uludağ Göknarı			
Tek Zıvana		Çift Zıvana		Tek Zıvana		Çift Zıvana	
\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
2,063	A*	1,756	C	1,939	B	1,495	D**

LSD ± 0,042

Çizelge 5. Tutkal çeşidi-presleme yönü ve zıvana tipi-presleme yönü Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları (N/mm²)

TUTKAL ÇEŞİDİ - PRESLEME YÖNÜ							
PVAc-D ₃				PVAc-D ₄			
Kenar		Kenar + Yüzey		Kenar		Kenar + Yüzey	
\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
1,224	D**	2,131	B	1,387	C	2,512	A*
ZIVANA TİPİ - PRESLEME YÖNÜ							
Tek Zıvana				Çift Zıvana			
Kenar		Kenar + Yüzey		Kenar		Kenar + Yüzey	
\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
1,424	C	2,578	A*	1,187	D**	2,065	B

LSD ± 0,042

\bar{X} : Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek çekme gerilmesi **: En düşük çekme gerilmesi

presleme yönü (D) faktörleri, AxB, AxC, BxD, CxD ikili etkileşimleri ve AxBxD üçlü etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı ($\alpha=0,05$) bulunmuştur. BxC, AxD ikili etkileşimleri anlamsız; AxBxC, AxCxD, BxCxD üçlü etkileşimleri ve AxBxCxD dördü etkileşimleri ise önemsiz çıkmıştır.

Ağaç türü, tutkal çeşidi, zıvana tipi ve presleme yönü Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

PVAc-D₃ tutkallı ile yapılandırılan Uludağ göknarı örneklerde elde edilmiştir.

Ağaç türü-zıvana tipi ikili etkileşimine göre en yüksek çekme gerilmesi tek zıvanalı sarıçam örneklerde, en düşük çekme gerilmesi ise çift zıvanalı Uludağ göknarı örneklerde bulunmuştur.

Tutkal çeşidi-presleme yönü ve zıvana tipi-presleme yönü Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir.

Tutkal çeşidi-presleme yönü ikili etkileşimine göre en yüksek çekme gerilmesi PVAc-D₄ tutkalı ile kenar+yüzeyden preslenerek yapıştırılan örneklerde, en düşük çekme gerilmesi ise PVAc-D₃ tutkalı ile kenardan preslenerek yapıştırılan örneklerde elde edilmiştir.

Zıvana tipi-presleme yönü ikili etkileşimine göre en yüksek çekme gerilmesi tek zıvanalı kenar+yüzeyden preslenmiş örneklerde, en düşük çekme gerilmesi ise çift zıvanalı kenardan preslenmiş örneklerde bulunmuştur.

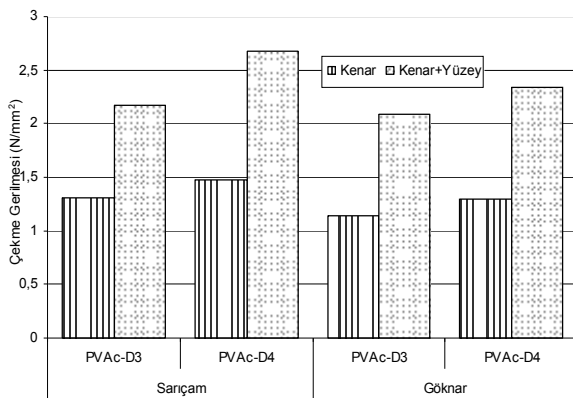
Ağaç türü-tutkal çeşidi-presleme yönü etkileşimine göre Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Ağaç türü-tutkal çeşidi-presleme yönü etkileşimine göre Duncan testi karşılaştırma sonuçları (N/mm²)

AĞAÇ TÜRÜ	TUTKAL ÇEŞİDİ	PRESLEME YÖNÜ	\bar{X}	HG
Sarıçam	PVAc-D ₃	Kenar	1,309	F
		Kenar+Yüzey	2,171	C
	PVAc-D ₄	Kenar	1,475	E
		Kenar+Yüzey	2,683	A*
Gökmar	PVAc-D ₃	Kenar	1,138	G**
		Kenar+Yüzey	2,091	D
	PVAc-D ₄	Kenar	1,300	F
		Kenar+Yüzey	2,340	B

LSD $\pm 0,0593$

Ağaç türü, tutkal çeşidi ve presleme yönü üçlü etkileşimine göre en yüksek çekme gerilmesi PVAc-D₄ tutkalı ile kenar+yüzeyden preslenerek yapıştırılan sarıçam örneklerde, en düşük çekme gerilmesi ise PVAc-D₃ tutkalı ile kenardan preslenerek yapıştırılan Uludağ göknarı örneklerde elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Diagonal çekme gerilmesi

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Ahşap doğramalarda kullanılan tek ve çift zıvanalı çerçeve köşe birleştirmelerin diyagonal çekme gerilmelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada en yüksek diyagonal çekme gerilmesi; sarıçam (1,91 N/mm²), PVAc-D₄ (1,949 N/mm²), tek zıvana (2,001 N/mm²) ve kenar+yüzeyden preslenmiş (2,321 N/mm²) örneklerde bulunmuştur.

İkili etkileşimlere göre çekme gerilmesi; en yüksek PVAc-D₄ tutkalı ile yapıştırılan sarıçam (2,079 N/mm²) ve tek zıvanalı sarıçam (2,063 N/mm²) örneklerde, en düşük PVAc-D₃ tutkalı ile yapıştırılan Uludağ göknarı (1,615 N/mm²) ve çift zıvanalı Uludağ göknarı (1,495 N/mm²) örneklerde bulunmuştur. Tutkal çeşidi-presleme yönü ve zıvana tipi-presleme yönü ikili karşılaştırmada ise; çekme gerilmesi en yüksek PVAc-D₄ tutkalı kenar+yüzeyden preslenerek yapıştırılan (2,512 N/mm²) ve tek zıvanalı kenar+yüzeyden preslenmiş (2,578 N/mm²) örneklerde, en düşük PVAc-D₃ tutkalı kenardan preslenerek yapıştırılan (1,224 N/mm²), çift zıvanalı kenardan preslenmiş (1,187 N/mm²) örneklerde elde edilmiştir. Benzer çalışmaların sonucunda kenar+yüzeyden preslenmiş zıvanaların, kenardan preslenmiş zıvanalara oranla daha başarılı olduğu bildirilmiştir (7, 8, 9). Bu durumun, kenardan preslemeye ilaveten zıvana yüzeylerinden de preslenmesi ile zıvana ve eşlenik yüzeylerinin birbirlerine azami düzeyde yaklaşarak tutkal derzinde daha iyi yapışma sağlanmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Yapılan analizlerde, ağaç türü, tutkal çeşidi ve presleme yönü faktörlerinin karşılıklı etkileşimlerinin diyagonal çekme gerilmesinin değişiminde istatistiksel olarak etkili oldukları belirlenmiştir. Bu etkileşimde, en yüksek çekme gerilmesi PVAc-D₄ tutkalı ile kenar+yüzeyden preslenerek yapıştırılan sarıçam örneklerde (2,683 N/mm²), en düşük çekme gerilmesi ise PVAc-D₃ tutkalı ile kenardan preslenerek yapıştırılan Uludağ göknarı (1,138 N/mm²) örneklerde gerçekleşmiştir.

Dörtlü etkileşimde ağaç türünün farklılığı istatistiksel olarak anlamsız çıksa da, tüm karşılaştırmalarda daha yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir. Bu durumun, sarıçam odununun Uludağ göknarı odununa göre daha yüksek özgül ağırlığa sahip olması ve sarıçamın zıvana kesiminde daha düzgün yüzey vermesinden kaynaklandığı söylenebilir. Diğer taraftan, zıvana tipi ve pres yönü değişim kombinasyonları bakımından PVAc-D₄ tutkalı ile yapıştırılan örneklerde PVAc-D₃ tutkalı ile yapıştırılan örneklere göre daha yüksek gerilme meydana geldiği belirlenmiştir. Bunun nedeninin her iki tutkalın da polivinilasetat dispersiyon esaslı olmasına rağmen PVAc-D₄ tutkalının içerisine katılan asit etkili sertleştiricinin kimyasal reaksiyon sonucu dönüşümsüz ve daha kuvvetli yapışma bağı kurmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ancak, sarıçam odunundaki tutkallar arası gerilme farkı Uludağ göknarı odunundaki farktan daha büyük gerçekleşmiştir (Şekil 2). Bu durum, sarıçam odununun bünyesinde bulunan reçinenin PVAc-D₄ tutkalının kimyasal bağ kurma yeteneğini zayıflatmasından kaynaklanabilir.

Her iki ağaç türünden hazırlanan örneklerdeki zıvana tipi değişiminde; çift zıvananın, tek zıvanaya göre daha fazla kuvvet taşımaya rağmen, tek zıvanalı köşe birleştirmelerde çift zıvanalıya göre daha büyük gerilme meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu durum, çift zıvanalı köşe birleştirmelerde tek zıvanalıya göre (iki kat) daha fazla tutkal yapışma yüzeyinin bulunma-

sından kaynaklanmıştır. Bu bakımdan, sabit kuvvetler veya doğrama kanat çerçevesinin kendi yükü karşısında birim alana düşen gerilme bakımından çift zıvanalı köşe birleştirmenin tek zıvanalıya göre daha az zorlanacağı ve bu nedenle daha uzun kullanım ömrüne sahip olacağı söylenebilir. Literatürdeki benzer çalışmada çoklu zıvananın aynı biçimdeki diğer birleştirmelere taşıdıkları kuvvet bakımından üstünlük sağladığı bildirilmiştir (6). Çift zıvanalı deney örneklerinde deformasyon, genellikle zıvanaların dip kısmından kırılması biçiminde oluşmuştur. Bu durum, çift zıvana uygulamasında zıvana kalınlıklarının tek zıvanaya göre daha zayıf kalmasından kaynaklanmış olabilir. Çift zıvanalılarda, zıvana kalınlığının tek zıvana ile eşit alınması halinde daha yüksek gerilme taşıyabileceği söylenebilir.

Kenar+yüzeyden preslenmiş örneklerde, sadece kenardan preslenmiş örneklere göre daha yüksek yapışma direnci meydana geldiği belirlenmiştir. Bunun, zıvana yüzeylerinden uygulanan basınç sonucunda; zıvana ile eşlenik yüzeylerinin birbirlerine maksimum yaklaşması ve buna bağlı olarak tutkal derzinde daha iyi bir yapışma sağlanmış olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Sonuç olarak, doğrama yapımında uygulanan köşe birleştirmelerde, ağaç türlerinden sarıçam, yüksek yapışma direnci veren PVAc-D₄ tutkalı, köşe birleşme yerlerinin daha az zorlanması nedeni ile çift zıvana ve birleşme yerlerinde maksimum yapışma direnci elde edilmesi dikkate alınarak kenar+yüzeyden pres uygulaması tercih edilmelidir. Bu durumda, yüksek sağlamlık performansı sağlanabileceği söylenebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Kılıç, M., Kama Dişli Birleştirmelerde Diş Profilinin Direnç Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü. Fen Bil. Ens. 1999.
2. Örs, Y., Kama Dişli Birleştirmeli Masif Ağaç Malzemede Mekanik Özellikler, Yardımcı Ders Kitabı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:11, 107 s, 1987.
3. Zhang, H., Eckelman, C., A., "The Bending Moment Resistance of Single Dowel Corner Joints in Case

4. Construction", *Forest Product Journal*, 43, 6, P9, 19 – 24, USA, 1993.
4. Özçifçi, A., "Yonga Levha ile Hazırlanan Mobilya Köşe Birleştirmelerine Ait Mukavemet Özelliklerinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1995.
5. Efe, H., Kasal, A., "Kutu Konstrüksiyonlu Sabit ve Demonte Mobilya Köşe Birleştirmelerde Çekme Dayanımı", *G.Ü. Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, Yıl : 8, S : 8, S : 61 – 74, 2000.
6. Richards, D. B., High-Strength Corner Joints for Wood, *Forest Products Journal*, (9), 413-418, 1962.
7. Willard, R., "Compressed Tenons-Parts I.", *Furniture Design and Manufacturing Magazine*, 38 (11), 3-10, 1966.
8. Altınok, M., Döngel, N., Söğütü, C., "Zıvanalı "T" Birleştirmelerde Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Presleme Yönünün Çekme Dayanımına Etkileri", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24 (6) : 767-771, 2000.
9. Altınok, M., Söğütü, C., Döngel, N., "Şerit Testerede Açılmış Zıvanalı Birleşmenin Çekme Dayanımını Etkileyen Temel Faktörlerin Analizi", Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, *Teknoloji Dergisi*, 3 (2-3) : 195-203, 2000.
10. Efe, H., ve Kasal, A., "Tabla Tipi Kavelalı Köşe Birleştirmelerde Tutkal Çeşidinin Çekme Dayanımına Etkileri", G. Ü. T. E. F. , *Politeknik Dergisi*, 3 (4): 67-72, 2000.
11. BS EN 204, "Non-Structural Adhesives for Joining of Wood and Derived Timber Products", *British Standards*, England, 1991.
12. Anonim, "Kleiberit Information, 303", *Anadolu Aktif Pazarlama Ltd. Şti.*, Ürün Teknik Uygulama Broşürü, Ankara.
13. Keskin, H., "Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaçişleri Endüstrisinde Kullanım İmkânları", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 49-58, 2001.
14. Söğütü, C., Döngel, N., "Polivinilasetat (PVAc) ve Poliüretan (PU) Tutkalları ile Yapıştırılmış Bazı Yerli Ağaçlarda Çekmede Makaslama Dirençleri", Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi *Politeknik Dergisi*, 10 (3) : 287-293, 2007.