

ÇERÇEVE KONSTRÜKSİYONLU MOBİLYA "T" TİPİ KAVELALI BİRLEŞTİRMELERDE KÖŞE DESTEK ELEMANI BOYUTUNUN ÇEKME DİRENCİNE ETKİSİ

Hasan EFE*, Ali KASAL

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Teknik
Okullar,06500, Ankara, TÜRKİYE, hasanefe@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, T-tipi kavelalı tutkallı birleştirmelerde köşe destek elemanı boyutunun çekme direnci üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla, sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*) odunları kullanılmıştır. 30x30x25 mm, 40x40x25 mm, 50x50x25 mm ve 60x60x25 mm ölçülerindeki köşe destek elemanları ile yapılan örnekler, kayından hazırlanan kavelalarla tutkallı olarak birleştirilmiştir. Kavelalar ve köşe destek elemanlarının yapıştırılmasında polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Deneyler ASTM-D 1037'de belirtilen esaslara uyularak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, kayın odunu kullanılan 40x40x25 mm ölçülerindeki köşe takozlu birleştirmeler diğerlerine üstünlük sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Çekme direnci, köşe takozu, kavelalı birleştirme

EFFECT OF THE CORNER BLOCK DIMENSION ON TENSILE STRENGTH OF T-TYPE DOWEL JOINTS FOR FRAME CONSTRUCTION

ABSTRACT

Effect of the corner block dimension on tensile strength for T-type glued dowel joints has been studied. For this purpose, pine wood (*Pinus sylvestris L.*) and beech (*Fagus orientalis Lipsky*) wood were used. Specimens, measuring of 30x30x25 mm, 40x40x25 mm, 50x50x25 mm ve 60x60x25 mm corner blocks were joined with beech dowels. Polyvinylacetate (PVAc) adhesive was used in gluing of dowel and the corner blocks. Tests were carried out according to the principles of ASTM-D 1037. According to the test results, beech wood exhibited better performance than pine wood, and 40x40x25 mm corner block was more supportive to the structure than other corner blocks.

Key Words: Tensile strength, corner block, dowel joints

1.GİRİŞ

Mobilya üretiminde genellikle; kutu, çerçeve ve kombine olmak üzere üç temel konstrüksiyon kullanılmaktadır. Üretimde tablaların kullanıldığı mobilyalar kutu, masif çerçevelerin yer aldığı

mobilyalar çerçeve, her iki elemanın da kullanıldığı mobilyalar ise kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak tanımlanmaktadır (1).

Çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda, özellikle döşemeli koltuk, kanepeler gibi mobilyaların iskelet kısımlarında çerçeve elemanları çeşitli noktalarda birbirlerine farklı birleştirme yöntemleriyle bağlanmaktadır. Bu yöntemlerden kavelalı ve zıvanalı birleştirmeler tutkallı olarak uzun yıllardan beri kullanıldığı gibi, vidalı ve tel zımbalı birleştirmelerin tutkallı ya da tutkalsız olarak kullanımı da yaygınlaşmıştır.

Meşede (*Quercus borealis* L.) üreformatdehit tutkalı kullanılarak 8, 10, 12 mm çapında huş (*Betula lutea*) odunundan elde edilen kavelalarla yapılan T-tipi masif çerçeve birleştirmelerin eğilme direncinde, kavelanın düz çekme mukavemetinin etkili olduğu bildirilmiştir (2).

Şeker akçaağacı (*Acer saccharum*), meşe (*Quercus borealis*) ve kavak (*Populus*) odunları üzerinde yapılan tek kavelalı birleştirmelerin çekme ve eğilme direncine kavela çapı ve en fazla 50 mm'ye kadar kavela boyu etkili bulunmuş, diğer şartlar eşit olmak üzere çekme direnci bakımından tek kavelalı T-tipi birleştirmenin I-tipi boy birleştirmeye göre % 70 daha avantajlı olacağı belirtilmiştir (3).

Meşe (*Quercus rubra*) ve şeker akçaağacı (*Acer saccharum*) odunları üzerinde aynı odunlardan elde edilen çift kavelalar ve PVAc tutkalı ile yapılan T-tipi birleştirmelerin eğilme momenti ile eğilme direnci arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur (4).

Şeker akçaağacı (*Acer saccharum*) odunları ile aynı malzemeden elde edilen 60 mm boyunda, 9.5 mm çapında kavelalarla, üreformatdehit tutkalı kullanılarak yapılan çift kavelalı T-tipi birleştirmelerin yorulma direnci deneylerinde; birleştirmenin yorulma limiti (fatigue limit) statik mukavemetinin 1/6'sı kadar bulunmuştur (5).

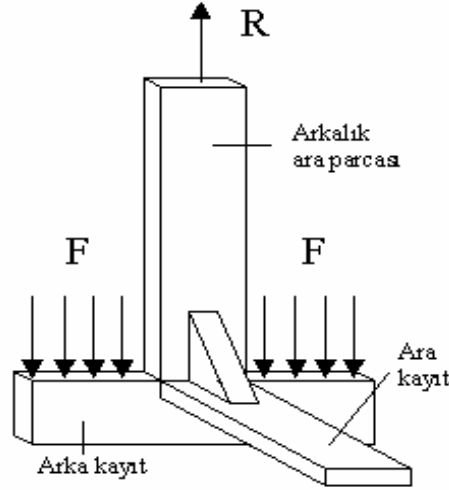
Düzlem yüzey dışı kavelalı birleştirmelerin esnekliği ve mukavemeti ile ilgili olarak, ceviz (*Juglans*) odunları üzerinde şeker akçaağacı (*Acer saccharum* L.) kavelaları kullanılarak yapılan eğilme deneyi sonuçlarına göre; düzlem yüzey çerçeveli T-tipi birleştirmeler, düzlem yüzey dışı T-tipi birleştirmelerden 14 defa daha az dirençli bulunmuştur (6).

T-tipi kavelalı birleştirmelerde rasyonel kavela tipini belirlemek için; çam (*Pinus sylvestris* L.), meşe (*Quercus borealis* L.) ve kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) üzerinde, farklı çap, boydaki kavelalarla çekme deneylerinin yapıldığı çalışmada; en iyi sonucun meşe odunu üzerinde, 36 mm boyunda ve 10 mm çapındaki kavelalarla elde edildiği bildirilmiştir (7).

Çam (*Pinus sylvestris* L.), kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ve meşede (*Quercus borealis* L.) kavela özelliklerinin, birleştirmenin direncini diğer birleştirme elemanlarından daha fazla etkileyeceği, kavelalar arası uzaklık ile kavela çap ve boyunun gerekenden fazla artırılmasının direncin azalmasına neden olacağı belirtilmiştir (8).

Çerçeve sistemlerde, "T" tipi birleştirme sıkça rastlanan bir birleştirme şeklidir. Bu birleştirmeler özellikle döşemeli koltuk ve kanepelerin iskeletlerinde; ön kayıt - ara kayıtlar, arka kayıt - ara kayıtlar, arka kayıt - arkalık ara kayıtları, arka ayak - yan kayıt, ön ayak - yan ara kayıt, arka ayak - kolçak gibi bağlantı noktalarında karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlantı noktaları kullanım sırasında çekme, eğilme, kesme, burulma gibi zorlamalarla karşı karşıyadır. Çerçeve sistemler kullanım esnasında maruz kaldıkları bu zorlamalara direnç gösterebilmelidir. Bu sebeple, çerçeve sistemini oluşturan elemanların ve özellikle bağlantı noktalarının yeterli mukavemete sahip olmaları gerekir. Güvenilir bir sistem oluşturabilmek için, birleştirmelerin sağlıklıkları artırılmalıdır. Köşe destek elemanları, çerçeve konstrüksiyonlu masif mobilyalarda direnci arttırmak amacıyla en çok kullanılan elemanlardır.

Deneylerde, arka kayıt - arkalık ara kayıtları bağlantısını temsil eden T-tipi birleştirmeler örnek olarak alınmışlardır. Oturma esnasında ön, arka ve yan kayıtlara insanın ağırlığından dolayı düşey yönde yayılı (uniform) yük etki eder. Düşey yöndeki bu yayılı yük etkisi, arka kayıt - arkalık ara parçaları bağlantılarını çekme etkisine maruz bırakır (Şekil 1).



Şekil 1. Kanepenin iskeletinde arka kayıt - arkalık ara parçaları bağlantısında çekme etkisi.

Bu çalışmada, söz konusu noktalarda, mukavemeti arttırmak için kullanılan köşe destek elemanlarının boyutlarının çekme direnci üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

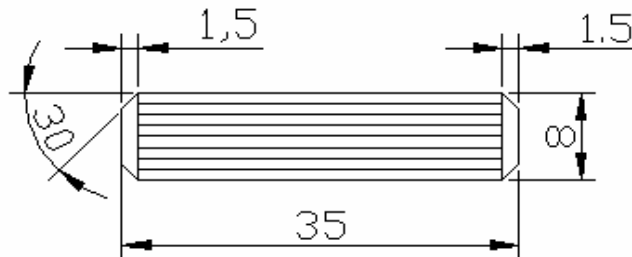
2.MATERYAL ve METOT

2.1. Ağaç Malzeme

Denemelerde, ülkemizde masif mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılan Doğu kayını ve sarıçam araştırma materyalleri olarak alınmıştır. Malzemeler piyasadan rasgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Ağaç malzemenin seçiminde, kerestenin sağlıklı olmasına, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir. Temin edilen kalaslar kaba ölçülerinde kesildikten sonra, havalandırılan ve direk güneş ışığı almayan bir ortamda aralarına göknar latalar konularak istiflenmiş ve yaklaşık bir sene süreyle bekletilmişlerdir.

2.2. Kavela

Denemelerde piyasadan rasgele temin edilen, TS 4539 esaslarına uygun, 8 mm çapında ve 35 mm boyunda, yivli gövdeli kayın odunundan hazırlanmış kavelalar kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Denemelerde kullanılan kavela örneği (ölçüler mm'dir).

2.3 Tutkal

Köşe destek elemanlarının, kavelaların ve arakesit yüzeylerinin yapıştırılmasında polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır.

PVAc tutkalı ile yapıştırmada sıkıştırma basıncı yumuşak ağaçlarda 2-3 kg/cm², sert ağaçlarda 5-6 kg/cm² kadardır. Yapıştırılan iş, sıcaklığa bağlı olarak değişmekle birlikte en az 30 dakika sıklı kalmalıdır. Sıklı kalma süresi uzadıkça tutkalın bağlama gücü artar (9).

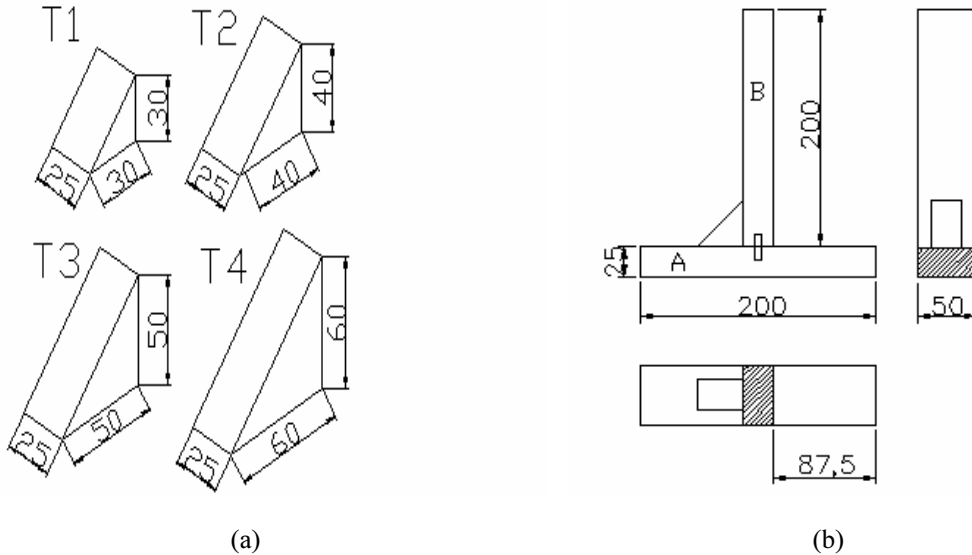
Denemelerde kullanılan tutkalın özellikleri üretici firma tarafından yoğunluk 1,1 g/cm³, vizkositesi 160-200 cps, PH = 5,00, kül miktarı % 3 olarak verilmiştir.

2.4 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Her bir deney örneği yatay (A) ve dikey (B) olmak üzere aynı ölçülere sahip iki elemandan oluşmaktadır. Deney örnekleri hazırlanırken parçalara ilk olarak planya makinasında yüz ve cumba açılmıştır. Daha sonra tüm parçalar kalınlık makinesinde 25 mm kalınlık, daire testere makinasında 50 ± 1 mm genişlik ve 200 ± 1 mm boy ölçülerine getirilmişlerdir. (A) elemanına dikey delik, (B) elemanına ise yatay delik makinasında iki adet kavela deliği açılmıştır. Kavela delikleri, kavelalar (A) elemanına 15 mm, (B) elemanına ise 20 mm girecek şekilde delinmiştir.

Kavelalı birleştirmeler için TS 4539 (10)'da belirtilen esaslara, tutkallama işlemi için ise üretici firma önerilerine uyulmuştur. Kavela deliklerine, kavelalara ve birleşme arakesit yüzeylerine 0,01 g duyarlılık analitik terazi yardımıyla, 150 ± 10 g/m² tutkal sürüldükten sonra elemanlar birbirlerine dik olarak ve işkencede 0,2 N/mm² basınç uygulanarak 60 dakika bekletilmişlerdir.

Daire testere makinasında; T₁ (30x30x25 mm), T₂ (40x40x25 mm), T₃ (50x50x25 mm) ve T₄ (60x60x25 mm) ölçülerinde ikizkenar üçgen şeklinde hazırlanan köşe destek elemanları, 50 mm genişliğindeki birleştirme yüzeyine her iki taraftan eşit mesafe kalacak şekilde ortalanarak PVAc tutkalı ile yapıştırılmıştır. Köşe destek elemanlarının lif yönleri, uzun kenara paralel olacak şekilde ayarlanmıştır. Köşe destek elemanları Şekil 3a'da, deney örneğinin şekli ve ölçüleri Şekil 3b'de gösterilmiştir.

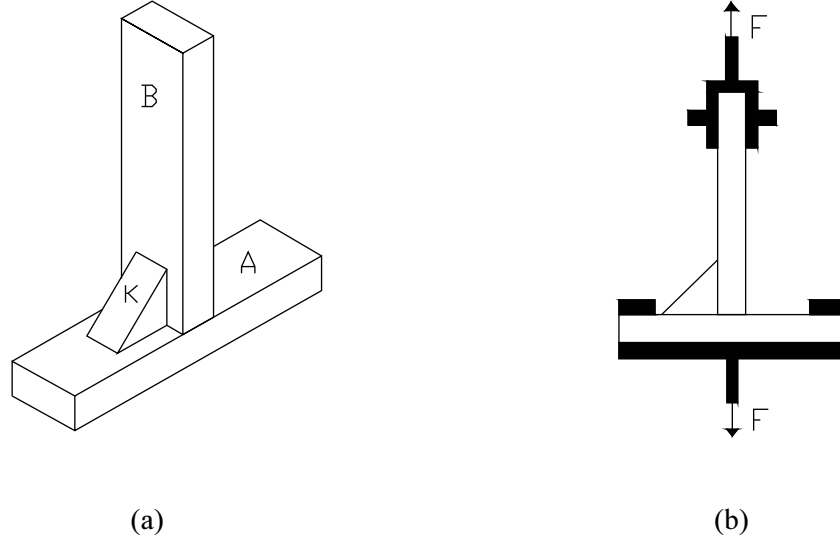


Şekil 3. Köşe destek elemanları (a) ve deney örneği (b) (Ölçüler mm'dir).

Deneylerde 2 odun türü, 4 değişik boyutta köşe destek elemanı, kontrol numuneleri ve her örnekten 5 adet olmak üzere toplam 50 adet deney örneği hazırlanmıştır. Örnekler, 20 ± 2 °C ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında, ortalama %12 rutubete ulaşmaya kadar bekletilmiş olup, rutubet kontrolü için TS 2471' de belirtilen esaslara uyulmuştur (11).

2.5 Deneylerin Yapılışı

Deneyler 4 tonluk Üniversal Test Makinesinde ASTM-D 1037'de belirtilen esaslara uyularak ve basınç kolonunda 2 mm/dk hız sağlanan statik yüklemelerle yapılmıştır (12). Kırılma anındaki maksimum kuvvet (kgf) makinenin göstergesinden okunmuş ve newton (N) cinsinden kaydedilmiştir. Deney örneğinin perspektif görünüşü Şekil 4a'da, deney düzeneği Şekil 4b'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Deney örneğinin perspektifi (a) ve deney düzeneği (b).

2.6 Teorik Hesaplamalar

Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya kavelalı T-tipi birleştirmelerde, ağaç malzemelerin direnç özelliklerinin, tutkalın yapışma direncinden yüksek olacağı kabul edilerek, birleşme yerlerinin taşıyabileceği maksimum kuvvetler hesaplanmıştır. Teorik olarak hesaplanan kuvvetler ile deneylerden elde edilen kuvvetler karşılaştırılarak, deneysel sonuçların hesaplanan değerlere göre hangi oranda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

"T" tipi deney örneklerine doğrusal çekme kuvveti uygulandığında, (A) ve (B) elemanlarının birleşme yerlerinden; kavela yüzeylerinde kayma gerilmeleri, arakesit yüzeylerinde ve köşe destek elemanının (A) elemanına yapışan yüzeyinde ise normal gerilmeler meydana gelir. Köşe destek elemanlı birleştirmelerde, kuvvet doğrultusu arakesit yüzeyinin ağırlık merkezi ekseninden geçmediği için bu birleştirmelerde arakesit yüzeylerinde moment kuvveti oluşur. Deneyler esnasında açılmalar tüm numunelerde köşe destek elemanının (A) elemanına yapışan yüzeyinde meydana geldiği için, köşe destek elemanının (B) elemanına yapışan yüzeyinin, iki elemanın birbirinden ayrılması için herhangi bir zorlama etkisinin olmadığı kabul edilmiştir. Buna göre birleştirmelerin taşıyabileceği kuvvetler (F_{hes}); köşe destek elemanlı birleştirmelerde:

$$F_{hes} = (A_{kavela} \times \tau) + (A_{arakesit} \times \sigma) \quad (N) \quad [1]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

$$A_{kavela} = n(\pi \times D \times L) \quad (mm^2) \quad [2]$$

$$A_{\text{arakesit}} = a \times b \quad (\text{mm}^2) \quad [3]$$

n : Kavela sayısı

D : Kavela çapı (mm)

L : Kavela boyu (mm)

τ : PVAc tutkallı tek kayın kavelanın düz çekme direnci (Sarıçamdan : 4.948, Doğu kayımından 5.982 N/mm²) (13)

a : Arakesit yüzeyi genişliği (mm)

b : Arakesit yüzeyi uzunluğu (mm)

σ : PVAc tutkalının kopma gerilmesi değeri (0.8 N/mm²) (14)

eşitliğinden hesaplanmıştır. Köşe destek elemanlı birleştirmelerde ise;

$$F_{\text{hes}} = M / L \quad [4]$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada;

M : Arakesit yüzeyinde oluşan moment kuvveti (Nmm)

L : Kuvvet doğrultusundan dönme noktasına (C) olan dik mesafe (T₁: 42,5 mm, T₂: 52,5 mm, T₃: 62,5 mm, T₄: 72,5 mm)

şeklinde eşitlenebilir. Buna göre arakesit yüzeylerinde meydana gelen momentler

$$M = (A_{\text{kavela}} \times \tau \times y_k) + (A_{\text{arakesit}} \times \sigma \times y_a) \quad (\text{Nmm}) \quad [5]$$

y_k : Kavela ekseninden dönme merkezine olan mesafe (mm)

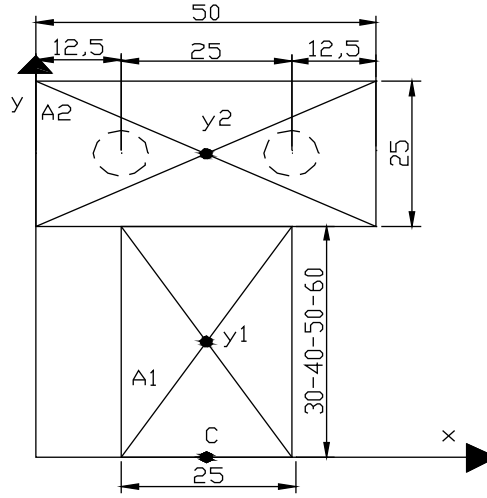
y_a : Arakesit yüzeyi ağırlık merkezinden dönme merkezine olan mesafe (mm) ve birleşme yerinin taşıyabileceği kuvvetler;

$$F_{\text{hes}} = (A_{\text{kavela}} \times \tau \times y_k) + (A_{\text{arakesit}} \times \sigma \times y_a) / L \quad (\text{N}) \quad [6]$$

eşitliklerinden hesaplanmıştır. Arakesit yüzeylerinin ağırlık merkezlerinin ordinat (y) değerleri, dönme merkezlerine olan mesafe olarak alınmıştır. Bu değerler hesaplanırken:

$$y_a = (A_1 \times y_1) + (A_2 \times y_2) / (A_1 + A_2) \quad (\text{mm}) \quad [7]$$

eşitliğinden yararlanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Arakesit yapışma yüzeyi alanı, ağırlık merkezleri ve dönme noktası (C); (Ölçüler mm'dir)

2.7 Gerilme Analizi

Masif mobilya, kavelalı tutkallı köşe destek elemanlı ve elemansız birleşirmelerde, birleşirmenin sağlamlık ölçüsü, birleşme yerlerindeki yapışma yüzeylerinin açılmasına gösterilen direnç olarak kabul edilmiştir. Açılma meydana gelen maksimum kuvvet değerleri (F_{maks}), birleşirmelerin yapışma yüzey alanları (A) için çekme gerilmeleri (σ_{φ});

$$\sigma_{\varphi} = F_{maks} / (A_1 + A_2) \quad (N/mm^2) \quad [8]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

A_1 : Kavela yüzeyi alanı (mm^2)

A_2 : Arakesit yüzeyi alanı (mm^2)

2.8 Verilerin Değerlendirilmesi

Köşe destek elemanı boyutunun çekme direncine etkilerini belirlemek için çoklu varyans analizi kullanılmış, farklılıkların anlamlı çıkması halinde, bu farklılıkların hangi ağaç türleri ve köşe destek elemanı boyutları arasında önemli olduğu LSD testi ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Yapılan hesaplamalarda kullanılan değerler, teorik hesaplar ile deneylerden elde edilen kuvvet değerleri ve karşılaştırmaları Çizelge 1' de verilmiştir.

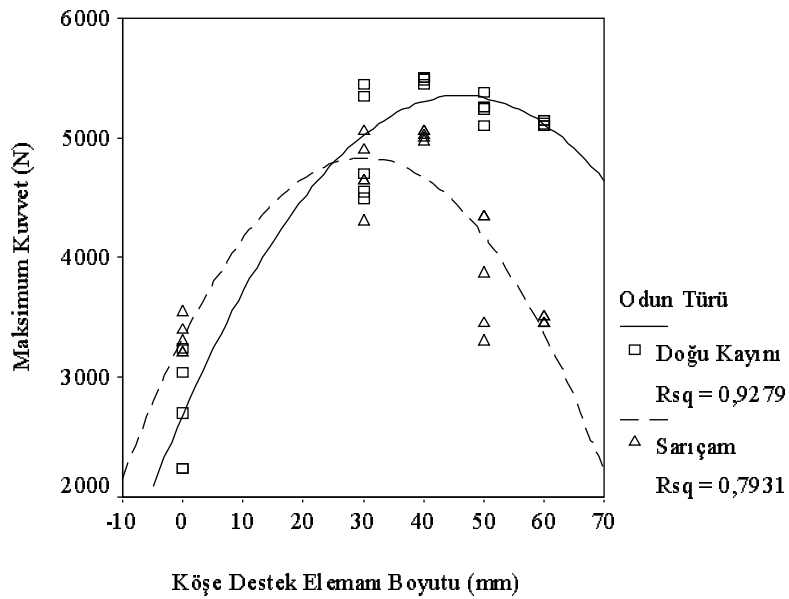
Çizelge 1. Hesaplamalarda kullanılan değerler ve deney sonuçlarının teorik hesaplamalara göre gerçekleşme oranları.

Ağaç Türü	Köşe Takozu Boyutu	(F _{max}) (N)	(F _{hes}) (N)	(M) (Nmm)	(A _{kavejla}) (mm ²)	(A _{arakeşit}) (mm ²)	(y _k) (mm)	(y _a) (mm)	F _{max} /F _{hes} (%)
SARIÇAM	Takozsuz	3330	4729	-	753,6	1250	-	-	71
	30x30 cm	4710	4941	209974	753,6	2000	42,5	32,187	96
	40x40 cm	5017	5034	264262	753,6	2250	52,5	38,055	99
	50x50 cm	3863	5129	320551	753,6	2500	62,5	43,75	76
	60x60 cm	3470	5225	378839	753,6	2750	72,5	49,318	67
DOĞU KAYINI	Takozsuz	2700	5508	-	753,6	1250	-	-	50
	30x30 cm	4910	5720	243091	753,6	2000	42,5	32,187	86
	40x40 cm	5487	5813	305171	753,6	2250	52,5	38,055	95
	50x50 cm	5243	5908	369252	753,6	2500	62,5	43,75	89
	60x60 cm	5125	6005	435332	753,6	2750	72,5	49,318	86

Deneylerden elde edilen maksimum kuvvet değerleri için yapılan regresyon analizi sonucunda, köşe destek elemanı boyutu ile maksimum çekme kuvveti değerleri arasındaki ilişkinin tanımlanmasında sarıçam odunu için $y = 3327,94 + 99,7742x - 1,6522x^2$, doğu kayını odunu için ise $y = 2689,61 + 115,156x - 1,2454x^2$ eşitlikleri elde edilmiştir (Şekil 6).

y = Maksimum çekme kuvveti değeri (N)

x = Köşe destek elemanı boyutu (mm)



Şekil 6. Çekme kuvveti - köşe destek elemanı boyutu ilişkisini gösteren regresyon eğrileri

Determinasyon katsayısı, sarıçam için $r^2 = 0,7931$, Doğu kayını için ise $r^2 = 0,9279$ ve regresyon modeli güvenilirliği sarıçam için $Pr > 0,05$, Doğu kayını için ise $Pr > 0,01$ düzeyinde gerçekleşmiştir.

Çekme direncine ilişkin istatistik değerler Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Çekme direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Köşe Takozu	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4	Numune 5	Ortalama (X)	Standart Sapma (s)
Sarıçam	Takozsuz	1,771	1,597	1,696	1,597	1,647	1,662	0,074
	30x30 mm	1,561	1,779	1,688	1,688	1,833	1,710	0,104
	40x40 mm	1,653	1,681	1,681	1,671	1,664	1,670	0,012
	50x50 mm	1,187	1,014	1,336	1,336	1,06	1,187	0,150
	60x60 mm	0,984	0,998	0,984	0,998	0,984	0,984	0,007
Doğu Kayını	Takozsuz	1,347	1,122	1,522	1,622	1,122	1,347	1,228
	30x30 mm	1,942	1,652	1,7	1,634	1,979	1,783	0,166
	40x40 mm	1,827	1,831	1,814	1,831	1,831	1,826	0,007
	50x50 mm	1,652	1,567	1,61	1,613	1,613	1,611	0,030
	60x60 mm	1,462	1,455	1,469	1,455	1,469	1,462	0,007

Ağaç türü ve köşe destek elemanı boyutunun çekme direnci üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Ağaç türü ve köşe destek elemanı boyutunun çekme direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değeri	Alfa Tipi Hata İhtimali P < 0,05
Ağaç Türü	1	0,329	0,329	27,5210	0,0000
Köşe Takozu	4	2,044	0,511	42,8155	0,0000
A.T. X K.T.	4	1,001	0,250	20,9709	0,0000
Hata	40	0,478	0,012		-
Toplam	49	3,852			-

A.T. : Ağaç türü

K.T. : Köşe takozu boyutu

T-tipi birleştirmelerin çekme direnci üzerinde, ağaç türü ve köşe destek elemanı boyutunun etkileri 0,05 hata olasılığı için önemli çıkmıştır. Yapılan ikili karşılaştırma sonuçları 0,05 hata payı ile anlamlı bulunmuştur.

Köşe destek elemanı boyutu dikkate alınarak, ağaç türünün çekme direncine etkilerine ait ortalamaların LSD kritik değeri 0,06226 için karşılaştırılması Çizelge 4' de verilmiştir.

Çizelge 4. Ağaç türüne göre çekme direnci ortalama değerleri

AĞAÇ TÜRÜ	ÇEKME DİRENCİ (N/ mm ²)	
	(X)	HG
SARIÇAM	1,444	B
DOĞU KAYINI	1,606	A

LSD 0.06786

X: Aritmetik ortalama

HG: Homojenlik grubu

Köşe destek elemanı boyutunun çekme direnci üzerindeki etkilerine ait ortalamaların LSD 0,09845 kritik değeri için karşılaştırma sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Köşe destek elemanı boyutuna göre çekme direnci ortalama değerleri.

KÖŞE DESTEK ELEMANI BOYU	ÇEKME DİRENCİ (N/mm ²)	
	(X)	HG
KÖŞE TAKOZSUZ	1,504	B
30 X 30 mm	1,746	AB
40 X 40 mm	1,848	A
50 X 50 mm	1,399	C
60 X 60 mm	1,226	D

LSD 0.09845

T-tipi birleştirmelerde çekme direnci en yüksek 40x40 mm köşe takozunda, en düşük çekme direnci ise 60x60 mm köşe takozunda elde edilmiştir.

Ağaç türü ve köşe destek elemanı için LSD 0,1392 kritik değeri kullanılarak yapılan ikili etkileşim sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Ağaç türü - köşe destek elemanı boyutu ikili etkileşimi.

AĞAÇ TÜRÜ	KÖŞE DESTEK ELEMANI	ÇEKME DİRENCİ (N/mm ²)	
		(X)	HG
SARIÇAM	Takozsuz	1,662	BC
	30 X 30 mm	1,710	ABC
	40 X 40 mm	1,670	BC
	50 X 50 mm	1,187	E
	60 X 60 mm	0,989	F
DOĞU KAYINI	Takozsuz	1,347	D
	30 X 30 mm	1,781	AB
	40 X 40 mm	1,827	A
	50 X 50 mm	1,611	C
	60 X 60 mm	1,462	D

LSD 0,1392

T-tipi birleştirmelerde çekme direnci ikili karşılaştırmalarında en yüksek değeri 40x40 mm köşe takozlu kayın odunu örnekleri, en düşük değeri ise 60x60 mm köşe takozlu sarıçam odunu örnekleri vermiştir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Çerçeve konstrüksiyonlu, düzlem yüzey dışı T-tipi birleştirmeler çekme kuvvetleri karşısında grupları itibarıyla farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir.

Çekme deneyleri sonucunda elde edilen maksimum kuvvet değerlerine göre yapılan regresyon analizi sonucunda, köşe takozu boyutu ile kuvvet taşıma performansı arasında eğrisel bir ilişki elde edilmiştir. Buna göre; köşe takozu boyutunun artışı sistemin kuvvet taşıma performansını belli bir değere kadar arttırmış, daha sonra düşürmüştür. Kuvvet taşıma performansı açısından kayın, çamdan % 14 oranında daha başarılı çıkmıştır. Birleştirme elemanlarına köşe destek elemanı ilavesi kuvvet taşıma gücünü kayında çama göre daha fazla arttırmıştır. Sistemin taşıma gücü kayında 30x30 mm'lik köşe takozu ile % 82, 40x40 mm'lik köşe takozu ile % 103, 50x50 mm'lik köşe takozu ile % 94, 60x60 mm'lik köşe takozu ile de % 89 artmıştır. Sarıçamda ise 30x30 mm'lik köşe takozu ile % 41, 40x40 mm'lik köşe takozu ile % 51, 50x50 mm'lik köşe takozu ile % 16, 60x60 mm'lik köşe takozu ile de % 4 artmıştır.

T-tipi birleştirmelerin çekme direnci kayında sarıçamdan % 10 daha yüksek çıkmıştır. Kayın odununun çama göre daha dirençli çıkması; daha homojen bir yapıya sahip olmasına ve yapısal

özelliklerine bağlanabilir. Yoğunluğunun daha fazla olmasının kayına mekanik yönden avantaj sağladığı ifade edilebilir. Buradan, ağaç malzemenin yoğunluğu ile yapışma direnci arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu sonucuna varılabilir. Yoğunluğun fazla olması, birbirine temas eden yüzey alanının büyümesine dolayısıyla moleküllerin birbirine daha fazla yaklaştırılarak adezyon kuvvetinin artmasına sebep olmuş olabilir. Ayrıca, yoğunluğu fazla olan ağaçlarda, ağaç malzemenin selüloz molekülleri ile tutkalın hidroksil grupları (-OH) arasında oluşan hidrojen köprülerinin daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Diğer taraftan, kayın odunu kesicilerle işlem gördükten sonra, çama göre daha düzgün bir yüzey verir. Kayın yüzeyi ile tutkal katmanı arasında oluşacak adezyon kuvvetinin, çam yüzeyinden daha güçlü olması beklenir. Bunun nedeni pürüzlü yüzeylerde noktasal temas gerçekleştiğinden adezyon kuvvetinin azalmasıdır.

Kayın odunundan kavela çekilme direnci sarıçama göre daha yüksektir. Bunun sebebi ise kullanılan kavelalarda kayın olduğundan kayın - kayın yapışmasının, kayın - sarıçam yapışmasından daha güçlü olması ile açıklanabilir.

Çekme direncini, 30x30 mm köşe takozu % 16, 40x40 mm köşe takozu % 23 arttırırken, 50x50 mm köşe takozu % 7, 60x60 mm köşe takozu % 18 azaltmıştır. Köşe takozu boyutunun artmasıyla, taşıyıcı sistemin ağırlık merkezi kuvvet doğrultusundan uzaklaşmakta ve dolayısıyla moment etkisi artmaktadır. Bu nedenle köşe takozu boyutu 40 mm' yi aştıktan sonra, birleşme yüzeyleri oluşan momente karşı koyamamış ve kontrol numunelerinden bile daha düşük gerilme değerlerinde açılmalar meydana gelmiştir.

5. ÖNERİLER

Bu sonuçlara göre çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda, özellikle sandalye ve koltuk iskeletlerinde kayın odununun tercih edilmesi önerilebilir. Ayrıca bu tip mobilyalardaki köşe ve T tipi birleştirmeler köşe takozu ile desteklenmelidir. Kullanılacak köşe takozlarının ölçülerinin 40x40 mm olması yeterli olabilir.

KAYNAKLAR

- Örs, Y., Efe, H., "Mobilya (çerçeve konstrüksiyon) tasarımında bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri", *Doğa-Turkish J. of Agriculture and Forestry*, 22 (5): 21-27 (1998).
- Aoki, T., Kojima A. ve Ugama, S., "The strength of dowel joints", Tech. Note 68. *Bulletin of Industrial Arts Institute*, Tokyo (1963).
- Eckelman, C.A., "Engineering concepts of single-pin dowel joints design", *Forest Products Journal*, (12): 52-60 (1969).
- Eckelman, C.A., "Bending strength and moment-rotation characteristic of two-pin moment-resisting dowel joints", *Forest Products Journal*, (3): 35-39 (1979).
- Eckelman, C.A., "The Fatigue strength of two-pin moment-resistance dowel joints", *Forest Products Journal*, (4): 43-48 (1970).
- Eckelman, C.A., "Out-of-plane strength and stiffness of dowel joints", *Forest Products Research Society*, 29 (8): 32-38 (1979).
- Efe, H., "Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya "T" birleştirmelerinin mekanik davranış özellikleri", *Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6 (6):113-131 (1998).
- Jang, S., "Mechanical characteristics of dowel joints under cyclic loads", *Mogjae Ganghak-Journal of the Korean Wood Science and Technology*, (4) : 91-97 (1995).
- TS 3891, "Yapıştırıcılar - polivinilasetat esaslı emülsiyon (ahşap malzeme için)", (Tadil AMD1: 1992 - 07), *T.S.E.*, Ankara, 1-4 (1982).
- TS. 4539, "Ahşap birleştirmeler - kavelalı birleştirme kuralları", *T.S.E.*, Ankara, 1-3 (1985).
- TS 2471, "Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarının tayini", *T.S.E.*, Ankara, 1-2 (1976).
- American Society for Testing and Materials, "Evaluating the properties of woodbase fiber and particle panel materials", *Standard D 1037, ASTM, West Conshohocken*, Philadelphia, 10-11 (1984).

13. Özen, R., Uysal, B., Özçifçi, A., "Farklı Katmanlardan Oluşan Lamine Ağaç Malzemedede Tutkal Çeşidinin Kavela Çekme Direncine Etkisi", **Teknoloji**, 3 (4) : 1-9 (2000).
14. Altınok, M., "Masa yapımında uygulanan sütun ayaklarda konstrüksiyon modellemesi", **Politeknik**, 1 (1-2): 105-109 (1998).

Geliş Tarihi:24.04.2002

Kabul Tarihi:03.02.2003