

Mobilya (Çerçeve Konstrüksiyon) Tasarımında Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri

Yalçın ÖRS, Hasan EFE

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Ankara-TÜRKİYE

Geliş Tarihi : 09.01.1996

Özet: Bu çalışmada mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında uygulanan geleneksel ve alternatif birleştirmelerin mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Bu maksatla çerçeve tipi konstrüksiyonlarda mevcut çekme, eğilme ve makaslama mukavemet elemanları kavelalı tutkallı, zıvanalı tutkallı ve özel tipte iki bağlantı elemanı (multifix ve minifix) ile bunların kombinasyonundan oluşan bir bağlantı olmak üzere toplam beş çeşit birleştirme statik yük altında denemeye tabi tutulmuştur.

Deney sonuçlarına göre; esnek birleştirme sağlayan alternatif bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmeler, rijit birleştirme sağlayan geleneksel birleştirmelere göre daha başarılı bulunmuştur.

Mechanical Behavior of Joint Connectors on Furniture (Frame Construction) Design

Abstract: In this research, mechanical behavior of traditional and alternative joints which are used on construction design of furniture frames have been investigated.

Those members which are taken into the frames construction as tension, bending and shear strength members with dowel, mortise-tenon joints with adhesive and two types of furniture connectros and a combination of both of them are five types of joints have been tested totaly under static load.

Results indicate that the alternative joints which are provided flexible connections are more succesful than traditional joints which are provided rijit connections.

Giriş

İç mekan donatı elemanı olarak mobilya gerek fizyolojik ve gerekse kültürel ihtiyaçları karşılaması nedeniyle günümüz eşya kültüründe önemli bir yere sahiptir.

Mobilya, çerçeve elemanları ile düz ya da kavisli tablalar olmak üzere iki yapı grubundan oluşmaktadır. Plastik mobilyalarda üçüncü yapı grubu olarak kabuk tipi elemanlar bulunur. Bu elemanların hakimiyet durumuna göre mobilya, çerçeve, tablalı veya kabuk konstrüksiyon olarak adlandırılır. İki sistemin eşit ağırlıklı yer aldığı mobilyalarda ise kombine konstrüksiyon söz konusudur(1).

Mobilya konstrüksiyonunda kullanılan çerçevelerin büyük çoğunluğu tasarım esnekliği sebebiyle rijit birleştirmelerdir. Çerçeve tipi konstrüksiyonların

mekanik davranış özellikleri çerçeve çubukları ya da kayıtların eğilme dirençleri ile sağlamlıklarına bağlı iken, tablalı (kutu mobilya) tiplerde tabaların burulma direnci ve rijitliği önem taşır(1).

Mobilya birleştirmelerinden, eleman uçlarının uygun gereçlerle birbirine bağlanması anlaşılmakta, mobilyanın yapısal karakteristikleri, konstrüksiyonda kullanılan birleştirmelerin mekanik davranış özelliklerine bağlı bulunmaktadır.

Birleştirme yerinde etki eden kuvvetleri, çerçeve elemanlarının boy eksenleri yönünde çekme ve basınç, boy eksenlerine dik yönde makaslama-kesme, boy eksenleri veya zıt yönde eğilme veya döndürme kuvvetleri olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür (2).

Mobilya elemanlarının birbirine bağlanmasında

kavelalı ve zıvanalı birleştirme gibi geleneksel teknikler yanında, konut veya ofislerde monte edilen ve kullanımı hızla yaygınlaşmakta olan demonte (Ready-To-Assemble) mobilyaların konstrüksiyonunda metal veya metal+plastikten üretilen mekanik bağlantı elemanları kullanılmaktadır(3).

Teknik ilerlemelerin ortaya çıkardığı yeni malzemeler, her alanda yeni ve özgün ürünler geliştirmeyi olanaklı kılmaktadır. Bu bağlamda mobilya üretiminde de ahşabın tamamlayıcısı veya ikamesi olarak geleneksel malzemeler yerine kullanılabilen, standartlara uygun ve kullanımı daha kolay yeni malzemeler bulunmaktadır.

Bunlardan çok amaçlı bağlantı elemanları (multifiks), mobilyaların daha çabuk yapımı ve detayların çözümünde önemli kolaylık sağlamaktadır. Ancak mobilyanın, kullanım sırasında etkilendiği dış yükler ile, bunların oluşturacağı iç gerilemeleri güvenle karşılayacak bir konstrüksiyon (birleştirme) tasarımına sahip olması gerektiğinden, sağlamlık ve kararlılığının belirlenmesi gereklidir.

Bu nedenle mobilyada, geleneksel birleştirme tekniklerinden kavelalı ve zıvanalı birleştirmeler ile demonte mobilya konstrüksiyonunda kullanılan çok amaçlı bağlantı elemanlarıyla yapılan birleştirmelerin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması araştırma konusu seçilmiştir.

Materyal ve Metot

Bağlantı Elemanları

Denemelerde, demonte mobilya üretiminde kullanımı gitgide yaygınlaşan özel bağlantı elemanlarından, çok amaçlı bağlantı elemanı (multifiks) sabit stoplamalı tip (Şekil 1) ile, eksantrik sıkmalı silindirik bağlantı elemanı (minifix) soket vidalı tip (Şekil2) kullanılmıştır. Türkiye'de üretilen elemanlar ön denemelerde başarısız olduğundan ithal malzemeler tercih edilmiştir(4). Bunlar çelik malzemedен yüzeyleri nikelajlı olarak üretilmişlerdir.



Şekil 1. Multifiks Bağlantı Elemanı



Şekil 2. Minifix Bağlantı Elemanı

Tutkal

Tutkallı birleştirmelerde, soğuk olarak uygulanması, kolay sürülmesi çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz olması gibi özellikleri sebebiyle iç mekan mobilyası üretiminde tercih edilen polivinil asetat (PVA) reçinesi kullanılmıştır. Bu maksatla piyasadan temin edilen tutkal, birleştirme yerlerine 150~200 gr/m² hesabıyla sürülmüştür.

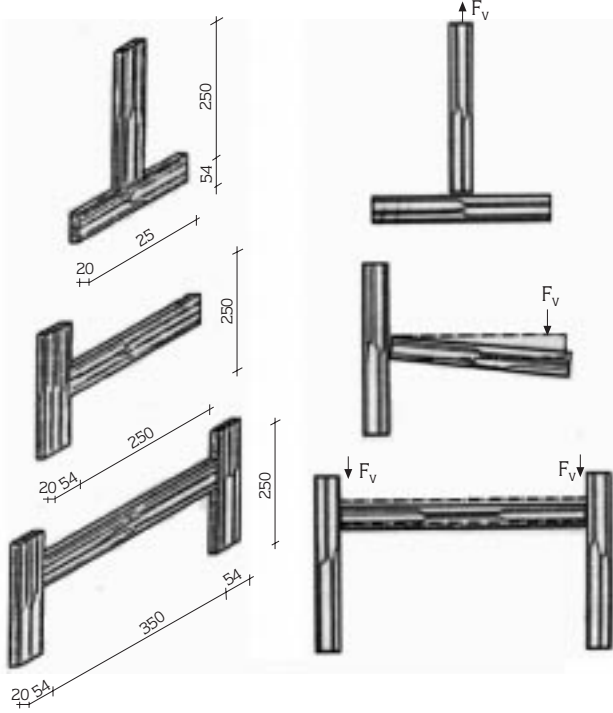
Ağaç Malzeme

Ağaç malzeme olarak, mobilya endüstrisinde en çok kullanılan yerli ağaç türlerimizden ikinci sınıf kayın odunu (*Fagus orientalis* lipsky) seçilmiştir. Bu maksatla piyasadan "Rasgele Seçim (Randomly Selected)" yöntemi ile temin edilen keresteler 100x70x300 mm ölçülerde biçildikten sonra havalandırılan ve direk güneş ışığı almayan bir ortamda aralarına göknar lat-alar konularak 1 sene süre ile istifte bekletilmişlerdir. Böylece hava kurusu hale getirilen parçalar 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem şartlarındaki iklim odasında denge rutubetine ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir.

Deney Örneklerinin Hazırlanması

Kavelalı tutkallı, zıvanalı tutkallı, multifiks elemanlı mekanik, minifix elemanlı mekanik, kavelalı tutkallı multifiks elemanlı birleştirilmiş 5 farklı çerçeve konstrüksiyonda, çekme, eğilme ve makaslama dirençlerini belirlemek için 12 şer adet olmak üzere toplam 180 adet örnek hazırlanmıştır.

Bu maksatla deney örnekleri, rutubetleri TS 2471 esaslarına göre kontrol edilen yaklaşık %12 rutubetli parçalardan, tutkal kullanılması halinde ISO 6237, mekanik bağlantılı elemanlarını hazırlanmasında ise BSI 6948 ve ASTM-D 1037 standartlarında belirtilen esaslara uyularak elde edilmişlerdir (Şekil 3).



Şekil 3. Çekme, Eğilme ve Makaslama Direnci Deney Örnekleri (Ölçüler mm)

Deney Metodları

Deneyler, 4 tonluk Üniversal Deneme Makinesinde, ISO 6237, BSI 6948 ve ASTM-D 1037 de belirtilen esaslara uyularak, basınç kolonunda 2 mm/dak. hız sağlanan statik yüklemelerle yapılmıştır.

Her deney türü için, defleksiyon anındaki maksimum yük (Fmax), makine göstergesinden okunmuş ve kuvvetin tesir ettiği alan (A) hesaplanarak gerilmeler:

$$\tau = \frac{F_{max}}{A} \text{ N / mm}^2$$

eşitliğinden belirlenmiştir. Buna göre çekme ve eğilme direnci deneylerinde kuvvetin etki alanları (A); makaslama direnci deneylerinde A_1 ile gösterilirse:

1. Kavelalı Tutkallı Birleştirmelerde

$$A = A_1 = n(\pi \cdot D \cdot L) \text{ mm}^2$$

Burada:

n: Kavela sayısı

D: Kavela çapı mm

L: Karşı elemandaki kavela boyu mm

2. Zıvanalı Tutkallı Birleştirmelerde

$$A = n(L \cdot h) + \pi D L \text{ mm}^2, A_1 = n(\pi \cdot D \cdot L) \text{ mm}^2$$

n: Zıvana sayısı

L: Zıvana boyu mm

h: Zıvana genişliği mm

D: Zıvana kalınlığı mm

3. Multifix Mekanik Birleştirme

$$A = n(a \cdot t) \text{ mm}^2$$

$$A_1 = n[(\pi D L)/4 + (\pi \cdot d \cdot l)/2] \text{ mm}^2$$

n: Multifix sayısı

a: Soketin birleştirme yüzeyine uzaklığı mm

t: Soketin kayıt içindeki derinliği mm

D: Soket çapı mm

L: Soket boyu mm

d: Sokete giren vida çapı mm

l: Sokete giren vidanın etkili boyu mm

4. Minifix Mekanik Birleştirme

$$A = n(\pi D L) \text{ mm}^2$$

$$A_1 = n(\pi D L / 2) \text{ mm}^2$$

n: Soket vida sayısı

D: Soket vida çapı mm

L: Soket vida boyu mm

5. Kavelalı Tutkallı Multifix Birleştirme

$$A = n_1(\pi D L_1) + n_2(a t) \text{ mm}^2$$

$$A_1 = n_1(\pi D_1 L_1) + n_2[(\pi D_2 L_2)/4 + (\pi d l)/2] \text{ mm}^2$$

n_1 : Kavela sayısı

d_1 : Kavela çapı mm

L_1 : Kavela etkili boyu mm

n_2 : Soket sayısı

a: Soketin birleştirme yüzeyine uzaklığı

t: Soketin kayıt içindeki derinliği

D_2 : Soket çapı mm

L_2 : Soket etkili boyu mm

d: Sokete giren vidanın çapı mm

l: Sokete giren vidanın etkil boyu mm

Çekme direnci (T_c) ve makaslama direnci (T_m) hesabından farklı olarak eğilme direnci (T_e) değerleri, he-

saplanan gerilme miktarı, birleştirmelerle ilgili iç moment kollarına (e) bölünerek belirlenmiştir. Buna göre:

$$(T_e) = T/e \text{ N/mm}^2$$

eşitliğinden eğilme diencileri hesaplanmış olup, birleştirme tipine göre iç moment kolları;

1. Kavelalı Tutkallı Birleştirmede

$$e = e_1 + e_2 / 2$$

e_1 = Kavela eksenleri arasındaki mesafe mm

e_2 = Yüke çapraz konumdaki kavela merkezinin alt cumbaya uzaklığı mm

2. Zıvanalı Tutkallı Birleştirme

$$e = 0.24 h_1 + 0.57 h_2$$

h_1 = Zıvana yüksekliği (genişlik) mm

h_2 = Kayıt yüksekliği (genişlik) mm

3. 4. Multifix ve Minifix Mekanik Birleştirmeler

$$e = e_1 + e_2 / 2$$

e_1 = Multifix ve minifix eksenleri arasındaki mesafe mm

e_2 = Yüke çapraz konumdaki multifix ve minifix eksenlerinin kayıt alt cumbasına uzaklığı mm

5. Kavelalı Tutkallı Multifix Birleştirme

$$e = e_1 + e_2 + e_3 / 3$$

e_1 = Soket ve üst kavela eksenleri arası mesafe mm

e_2 = Soket ve alt kavela eksenleri arası mesafe mm

e_3 = Alt kavela eksen ve alt cumba arası mesafe mm

Bağıntılarından belirlenerek hesaplara katılmıştır (5), (6), (7), (8).

Araştırma Yöntemi

Mobilya üretiminde uygulanan çerçeve konstrüksiyonlarda, birleştirme tiplerini temsilen seçilen, kavelalı (K), zıvanalı (Z), multifix (Mu), minifix (Mi) ve kavelalı+multifix (Km) olmak üzere 5 farklı birleştirmenin, çekme(T_c), eğilme (T_e) ve makaslama (T_m) dirençlerini örnekleme grubu kabul ederek, her birleştirme tipinin dirençlere etkisindeki farklılığın mevcudiyeti varyans analizi ile belirlenmiş, farklılıkların an-

lamlı çıkması halinde bu farklılığın birleştirme tipleri arasındaki önemi DUNCAN karşılaştırma testi yardımıyla saptanmıştır.

Denemeye tabi tutulan 180 örnekten (5x3x12), her birleştirme için 10 ar adet olmak üzere toplam 150 si değerlendirilmeye alınmıştır.

Birleştirmelerle ilgili teorik mukavemet değerleri, deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Teorik yoldan bulunan değerlerin, deneyle bulunanlardan küçük çıkması tercih edilmektedir. Teorik mukavemet değeri belirlenmesinde aşağıdaki kurallara uyulmuştur.

1. Çekme Elemanları

Tutkal kullanılarak gerçekleştirilen kavelalı ve zıvanalı birleştirmelerde 5 N/mm², mekanik birleştirmelerde liflere paralel yönde multifix birleştirmeler için 1/3 kısıtlama ile 8,5 N/mm², minifix birleştirmelerde 7 N/mm², kavelalı+multifix birleştirmelerde ise her iki değer ortalaması alınarak, birleştirme yerindeki mukavemet alanlarının çarpımından teorik değerler belirlenmiştir(1).

2. Eğilme Elemanları

Çekme elemanlarında uygulanan işlemler tekrarlanmış, ancak iç moment kolu, gerilme hesabında çarpan olarak alınırken, mukavemet hesabında bölünmüş olarak işleme dahil edilmiştir. Bulunan değerler kavelalı tutkallı birleştirmelerde iç moment kolunun 1/2'sine, kavelalı, tutkallı multifix birleştirmelerde 1/3'üne bölünmüştür(9).

3. Makaslama Elemanları

Makaslama mukavemeti hesabında işleme ait standart sapma 1,855 ile çarpılarak, sonucu işlemin aritmetik ortalamasından çıkarılmıştır. Buna göre:

$$F = X - (1.855 \times Sd)$$

eşitliği kullanılmıştır(1).

Bulgular

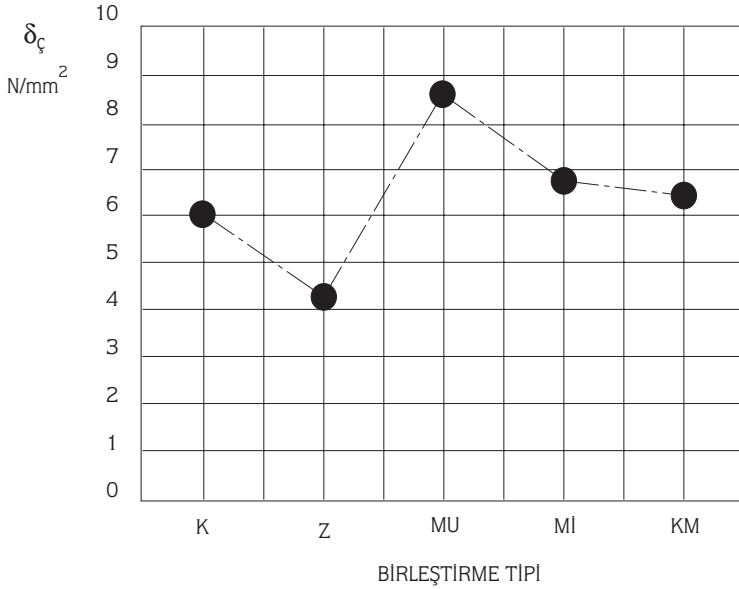
Birleştirme tiplerine göre dirençleri belirlenen 10 ar adet örneğe ilişkin ortalama değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Deneysel Elemanı	Kavelalı (Sd)		Zıvanalı (Sd)		Multifix (Sd)		Minifix (Sd)		Multifix (Sd)	
	Kavelalı	(Sd)	Zıvanalı	(Sd)	Multifix	(Sd)	Minifix	(Sd)	Multifix	(Sd)
Çekme	6.158	0.181	4.301	0.149	8.776	0.178	6.937	0.158	6.557	0.132
Eğilme	0.026	0.007	0.022	0.006	0.051	0.009	0.053	0.007	0.051	0.009
Makas	5.362	1.490	6.996	0.709	15.772	1.123	10.344	0.0651	6.505	0.902

Tablo 1. Birleştirme tipine göre ortalama dirençler (N/mm²)

Değişim Kaynak	Ser. Der.	Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	"F" Oran	Tablo "F" Değeri			Sonuç
					0.001	0.01	0.05	
R	9	0.363298	0.040366	1.82				NS
M	4	103.164700	25.791170	1159.67	4.37	3.83	2.61	xxx
Hata	36	0.800644	0.022240					
Toplam	49	104.328600						

Tablo 2. Çekme Elemanları Varyans Analizi Tablosu.



Şekil 4. Çekme Elemanları Ortamalarının Karşılaştırılması

Değişim Kaynak	Ser. Der.	Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	"F" Oran	Tablo "F" Değeri			Sonuç
					0.001	0.01	0.05	
R	9	0.000562	0.00062	1.01				NS
M	4	0.009292	0.002323	37.53	4.37	3.83	2.61	xxx
Hata	36	0.002228	0.000062					
Toplam	49	0.012082						

Tablo 3. Eğilme Elemanları Varyans Analizi Tablosu.

Her üç deneye ilişkin olarak düzenlenen varyans analizi sonuçlarına göre, birleştirme tipinin dirençlere etkisi 0,001 yanılma olasılığı için farklı çıkmıştır. Tablo 2, 3, 4.

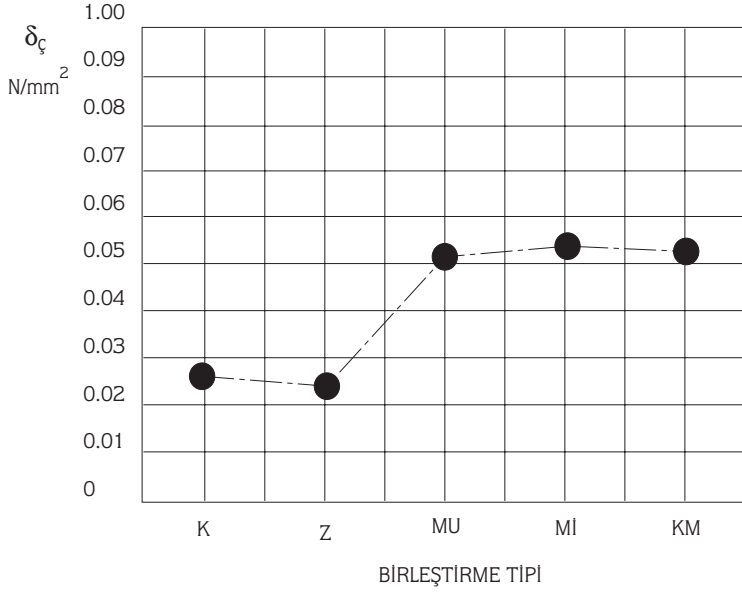
Duncan karşılaştırma testi ile yapılan karşılaştırmalarla ilgili sonuçlar Şekil 4-5 ve 6'da gösterilmiştir.

Bunlara göre; her üç deneyde de mekanik birleştirmeler, tutkallı birleştirmelere göre daha başarılı bulunmuştur. Bu sonuç, dış kuvvetlere mekanik birleştirmelerde ağaç malzemenin, tutkallı birleştirmelerde ise tutkallı yüzeylerin karşı koyulmasından kaynaklanabilir.

Eğilme direncinin minifix birleştirmelerde daha başarılı olması, birleştirme yüzeyine göre iç moment kolunun daha büyük olması ile açıklanabilir.

Kavelalı tutkallı birleştirmeye ilave edilen multifix elamanı, birleştirme mukavemetini olumlu yönde etkilemiştir. Diğer taraftan kavelalı tutkallı multifix birleştirmenin mekanik birleştirmelere göre daha düşük mukavemetli çıkması, kuvvete karşı koyan bölgenin zorunlu olarak zayıflatılmış olmasından kaynaklanabilir.

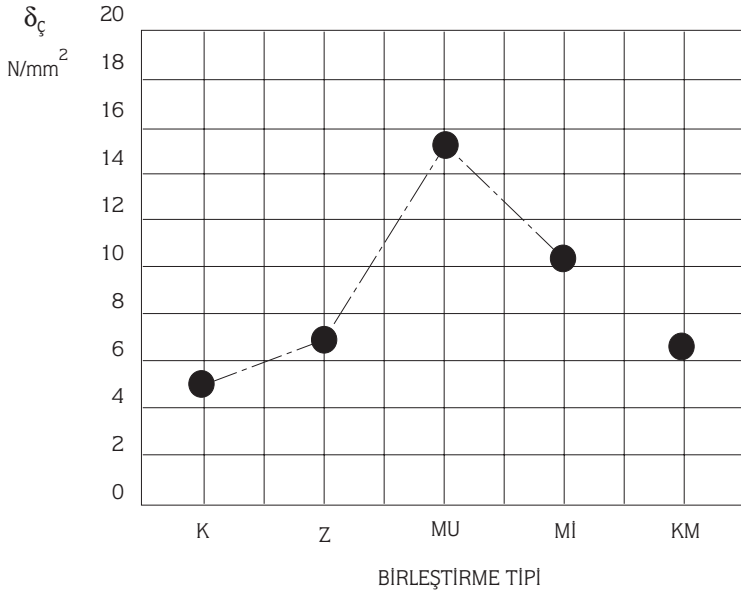
Teorik yolla belirlenen mukavemet değerleri ile deneyle belirlenen ortalama mukavemet değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Eğilme Elemanları Ortamalarının Karşılaştırılması.

Değişim Kaynak	Ser. Der.	Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	"F" Oran	Tablo "F" Değeri			Sonuç
					0.001	0.01	0.05	
R	9	4.741856	0.526873					NS
M	4	704.666800	176.166700	0.45	4.37	3.83	2.61	xxx
Hata	36	42.247920	1.173553	150.11				
Toplam	49	751.656600						

Tablo 4. Makaslama-Kesme Elemanları Varyans Analizi Tablosu.



Şekil 6. Makaslama Elemanları Ortamalarının Karşılaştırılması.

Bunlara göre mekanik birleştirmelerin daha kararlı olacağını söyleyebiliriz.

Tartışma ve Sonuçlar

Demonte mobilya üretiminde multifix ve minifix

bağlantı elemanlarıyla yapılan birleştirmeler, geleneksel birleştirme tekniklerinden kavelalı ve zıvanalı birleştirmelere göre daha uygun sonuçlar vermiştir. Mekanik birleştirmelerde, birleşme yerinde kuvvetin etki alanı ile direnç arasında doğru orantılı bir ilişkiden söz edilebilir.

Deney Elemanı	f max. N/mm	A mm ²	τ N/mm ²	Emni. Geril.	İç mo.ko. e	Teorik F N/mm N/mm ²	f-F (%) mm
Kavela	7735	1256	6.16	2.05	–	62.80	-18
Zivana	8293	1928	4.30	1.43	–	9600	+16
Multifix	7408	844	8.78	2.93	–	7174	-3
Minifix	7402	1068	6.93	2.31	–	7476	+1
Kav.+Mult.	9516	1451	6.56	2.19	–	8706	-9
Kavela	680	1256	0.03	0.01	20	628	-8
Zivana	1130	1928	0.02	0.006	32	877	-22
Multifix	865	844	0.05	0.02	20	717	-17
Minifix	1140	1068	0.05	0.02	20	748	-34
Kav.+Mult.	980	1451	0.05	0.02	13	871	-11
Kavela	16.720	3240	5.16	1.72	–	13.770	-17
Zivana	23.750	3390	7.00	2.34	–	19.255	-19
Multifix	13.300	846	15.92	5.30	–	11.709	-12
Minifix	11.050	1068	10.35	3.45	–	9.762	-12
Kav.+Mult.	22.000	3381	6.51	2.17	–	16.364	-23

Tablo 5. Deneysel ve teorik mukavemet değerleri.

Diğer taraftan, bağlantı yerlerinde zorlanma, geleneksel birleştirmelerde ağaç malzemede etkili olmaktadır. Bu nedenle, kapalı koltuk ve kanepeler gibi ağır mobilyaların konstrüksiyonunda takviye amacıyla, portatif mobilya ve dekorasyon elemanları ile ahşap+metal ayak kayıt veya tabla ayak bağlantılarında mekanik birleştirmeler önerilebilir.

Ayrıca, mekanik birleştirmeler çok amaçlı, modern ve sağlam mobilya üretiminde tasarımcılara daha geniş

alternatifler sunabileceği gibi, üretim kolaylığı, malzeme tasarrufu, ürünlerin depolanması, taşınma ve dağıtımında önemli yararlar sağlayabilir.

Bunlara ilaveten, üst yüzey işlemleri ve kullanım yerinde muhtemel onarımlar dikkate alınarak çalışmanın ekonomik yönü araştırılabilir. Benzer çalışmalar mobilya konstrüksiyon tasarımında veri tabanı oluşturma bakımından önerilebilir.

Kaynaklar

1. Eckelman, A., C., Strength Design of Furniture I, Tim Tech, Inc., W. Lafayette, Indiana, 1978, 117.
2. Eckelman, A., C., A Look at ... The Strength Design of Furniture, Forest Products Journal, 16, 3 (1966), 21-24.
3. Trinka, M., Ready-to-Assemble Furniture; Marketing and Material Use Trends, Forest Products Journal, 40, 3, (1989), 35.
4. Anonymous, The Complete Hafele KG. Bes. und Möbelzubehör, Nogold, 1984.
5. Eckelman, A., C., Bending Strength and Moment-Rotation Characteristics of Two-Pin Moment-Resisting Dowel Joints, Forest Products Journal, 21, 3, (1970), 35-39.
6. Eckelman, A., C., Shear Strength of Dowel Joints, Produe Uni. Paper 4567, (1971), 24-28.
7. Hill, D., M. and Eckelman, A., C., Flexibility and Bending Strength of Mortise and Tenon Joints, Purdue Uni. Journal No.4758, (1973), 25-33.
8. Eckelman, A., C., Strength of Furniture Joints Constructed with Through-Bolt and Dowel-Nuts, Forest Products Journal, 39, 11/12, (1989), 41-48.
9. Furusawa, T., Mechanical Behavior of Dowel Joints, Ins. of Vocational Training, Aihara, Kanagawa, 1988.