

MONTAJA HAZIR MOBİLYA BİRLEŞTİRMELERİNİN ROTASYONAL SÜNME ÖZELLİKLERİ ve MODELLENMESİ

Ergün GÜNTEKİN

SDÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü,
32260, Isparta
eguntekin@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada orta yoğunlukta liflevha (MDF) ve yongalevha (YL) ile mekanik bağlantı elemanları kullanılarak oluşturulmuş montaja hazır mobilya birleştirmelerinin uzun süreli yüklemeler altındaki rotasyonel sünme özellikleri araştırılmıştır. Kavelalı birleştirmeler de çalışmada test edilmiştir. Deney örnekleri üç farklı seviyede 10 000 dakikaya kadar yüklemelere maruz bırakılmıştır. Sonuçlar bütün birleştirmelerin uzun süreli yüklemelerde rotasyonlarını ikiye katladığını yani elastikiyetlerini yitirdiklerini göstermiştir. Çalışmada test edilen birleştirmelerin rotasyonel sünme özellikleri dört elemanlı analog ile modellenabilir.

Anahtar kelimeler: Montaja hazır mobilya, Birleştirme elemanı, Sünme

ROTATIONAL CREEP PROPERTIES AND MODELING OF READY-TO-ASSEMBLE (RTA) FURNITURE JOINTS

ABSTRACT

In this study, rotational creep properties of RTA (Ready To Assemble) furniture joints that were constructed with medium-density-fiberboard (MDF) and particleboard (PB) using mechanical fasteners were evaluated. Wooden dowels were also included in the study. Joint specimens were subjected to three level of loadings for up to 10 000 minutes. Results indicated that long-term rotations were doubled indicating major stiffness reduction of the joints tested. Rotational creep of the joints can be modeled using four elements analog.

Keywords: RTA, Furniture, Fasteners, Creep

1. GİRİŞ

Uzun süreli yüklemeler mobilya dahil her türlü yapının bütünlüğünü etkilemektedir. Kitaplıklarda sarkık bir yatay eleman sünmenin hesaba katılmadığı yetersiz bir tasarımın sonucu olarak gösterilebilir (Eckelman, 1997). Uzun süreli yüklenmeler beklendiğinde ahşap yapıların tasarımında kullanılan değerlere bir düzeltme faktörü uygulanmaktadır (AFPA, 1997).

Montaja hazır mobilyaların yapımı için çok çeşitli bağlantı elemanları geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Bu bağlantı elemanları yüklemelere değişik zaman periyodları sürecince dayanmak durumundadırlar. Mobilya birleştirmelerinin uzun süreli yüklemeler altındaki davranışlarını inceleyen çalışmalar konu ve sayı olarak çok sınırlıdır. Bugüne kadar uzun süreli yüklemelerin bu tür birleştirmeler üzerindeki etkilerini inceleyen tam bir çalışma mevcut değildir.

Bu çalışmanın amacı mekanik bağlantı elemanları ile hazırlanmış mobilya köşe birleştirmelerinin uzun süreli yüklemeler altındaki rotasyonel hareketlerini incelemektir. Çıkarılacak sonuç bu tür birleştirmelerin iyileştirilmesi için gerekli olduğu gibi bu tür bağlantı elemanlarını kullanan tasarımcı ve üreticilere de fikir vermesi bakımından önem taşımaktadır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Malzemeler

Testlerde kullanılan YL ve MDF'nin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ASTM D 1037 (ASTM, 1998) standartında belirtilen esaslara göre saptanmıştır. Deney örnekleri teste tabi tutulmadan önce % 65 ± 5 nisbi rutubet ve 20 ± 3 °C'ta bir hafta süreyle bekletilmiştir.

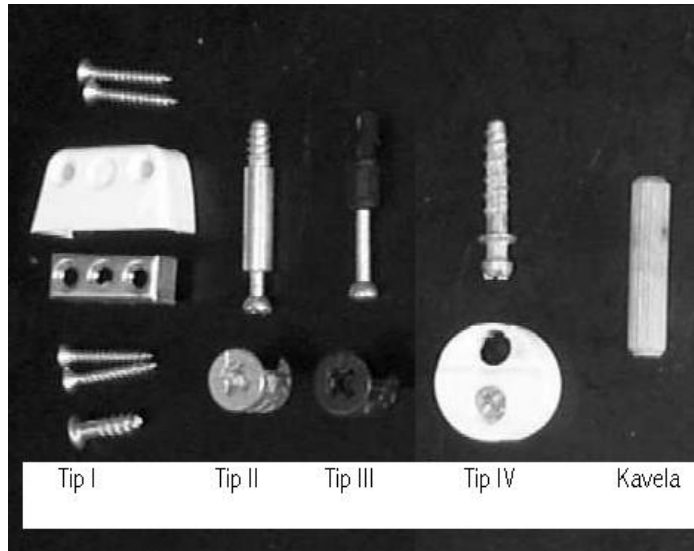
2.2. Bağlantı elemanları

Bu çalışmada kullanılan bağlantı elemanları Şekil 1'de gösterilmiştir. Herbir birleştirme bir bağlantı elemanı veya ahşap kavela ile birleştirilmiş yüz ve kenar olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. Yüz elemanın ebatları 18 x 13 cm'dir, kenar elemanın ebatları ise 14 x 13 cm dir (Şekil 2). Tip I bağlantı elemanları plastik ve metal olmak üzere iki yuva ve beş adet vidadan oluşmaktadır. Tip II bağlantı elemanları bir metal yuva ve bir soket vidadan oluşmaktadır. Tip III bağlantı elemanları Tip II ile benzerlik gösterir. Tip III'te soket vidanın uç kısmı plastiktir. Tip IV bağlantı elemanları bir plastik yuva ve bir metal vidadan oluşmaktadır.

Bu bağlantı elemanlarının diğerlerinden farkı metal vidanın birleştirilen kenar elemanının kenarına giriyor olmasıdır. Kavelalı birleştirmelerde kavelalar kayın (*Fagus grandifolia*) odunundan yapılmış olup PVA tipi tutkal kullanılmıştır.

2.3. Sünme testleri

Bu tip birleştirmelerin sünme testlerinin yapılmasında standart bir yöntem olmadığı için Şekil 2'de görülen test düzeneği hazırlanmıştır. Test edilecek birleştirmeler 32 mm kalınlıktaki bir tablaya civata-somun ve çelik köşebentler yardımı ile bağlanmıştır. Birleştirilen kenar elemanına tutturulan zincirin ucuna asılan metal-kova içine yerleştirilmiş fişek saçmaları ile de gerekli yük uygulanmıştır. Kenar elemanına asılan zincirin birleşme noktasına olan uzaklığı 12,5 cm'dir. Yükleme sonucu oluşan deformasyonlar her bir kenar elemanı altına yerleştirilen sehim ölçer ile ölçülmüştür. Herbir birleştirmeye uygulanan yük miktarı o birleştirilenin direncinin % 25, % 50 ve % 75'ine tekabül etmektedir. Birleştirmelerin direnç değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Rotasyonel sünme testleri 10.000 dakikaya kadar sürdürülmüştür. Sünme testlerinin gerçekleştirildiği ortamın sıcaklığı 21 ± 3 °C, rutubeti $65 \pm 5\%$ değerlerinde tutulmuştur.



Şekil 1. Bağlantı elemanları.



Şekil 2. Sünme testleri.

Çizelge 1. Uzun süreli yüklemelere maruz bırakılan birleştirmelerin ortalama direnç (Nm) esneklik (Nm/rad) değerleri (Güntekin, 2003).

Malzeme	Birleştirme	Direnç	Esneklik
MDF	Tip I	10,25	69,9
	Tip II	7,4	198,2
	Tip III	7,4	120,7
	Tip IV	7,8	142,8
	Kavela	20,7	292,1
YL	Tip I	9,84	71,3
	Tip II	3,95	80,1
	Tip III	5,47	84,5
	Tip IV	4,98	68,6
	Kavela	17,79	268,2

2.4. Rotasyonel sünmenin modellenmesi

Birleştirmelerin rotasyonel sünme hareketlerini modellemek için doğrusal yay ve yağ kutusu ile oluşan mekanik model oluşturulmuştur (Şekil 3). Mekanik modeller masif ahşaptaki (Liu, 1994; Plevris and Triantafillou, 1993), ahşap esaslı kompozitlerdeki (Pierce and Dinwoodie, 1977; Pierce et al., 1985; Yeh, 1990; Mundy et al., 1998) ve ahşap birleştirmelerdeki (Jang et al., 1993) uzun süreli deformasyonların tahmininde sıkça kullanılmaktadır. Bu modellerde doğrusal yaylar elastik deformasyonu simüle ederken yağ kutusu ise plastik veya viskoz deformasyonları simüle etmektedir (Bodig and Jayne, 1982). Kullanılan model aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir:

$$r = \frac{M}{k_1} + \frac{M}{k_2} \left[1 - \exp\left(\frac{-k_2 t}{\eta_1}\right) \right] + \frac{M t}{\eta_2} \quad [1]$$

Burada;

r = rotasyon,

M = moment

t = zaman,

k = esneklik,

η = viskozite katsayısı

1. eşitlik rotasyonu zamana ve malzeme özelliklerine bağlı olarak vermektedir. Eşitliğin sağ tarafındaki ilk terim $\frac{M}{k_1}$ elastik rotasyonu temsil etmekte ve doğrusal yay elemanı k_1 ile gösterilmektedir; zamana bağlı olan ikinci terim $\frac{M}{k_2} \left[1 - \exp\left(\frac{-k_2 t}{\eta_1}\right) \right]$ geri kazanılabilir elastik rotasyonu temsil etmekte, k_2 ve η_1 'in bileşen etkisi olarak ilişkilendirilmektedir; eşitlikteki üçüncü terim $\frac{M t}{\eta_2}$ akışkanlığı veya geri kazanılamayan rotasyonel sünmeyi temsil etmekte ve η_2 ile ilişkilendirilmektedir. Zaman sonsuza giderken model sabit bir değere doğru pozitif bir oran ile yönelmektedir. Yukarıdaki eşitlik aşağıdaki şekilde istatistiksel olarak yazılabilir:

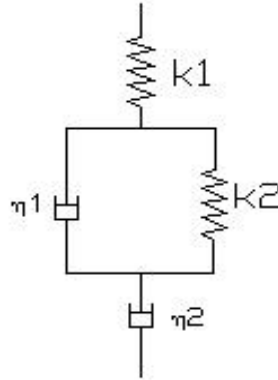
$$r = \beta_1 + \beta_2 [1 - \exp(-\beta_3 t)] + \beta_4 t + \varepsilon \quad [2]$$

Bu eşitlikte $\beta_1 = M/k_1$, $\beta_2 = M/k_2$, $\beta_3 = k_2/\eta_1$, and $\beta_4 = M/\eta_2$ bulunması gereken bilinmeyen parametreler, ε deneysel hatadır.

Bu modeldeki parametrelerin bulunması için doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemi sünme testlerinden elde edilen verilere uygulanmıştır.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

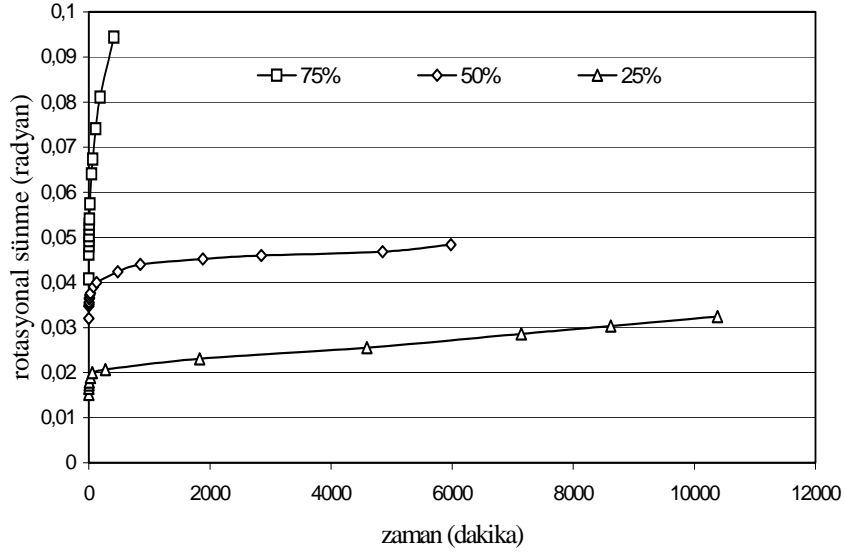
Bu araştırmada kullanılan kompozit malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere MDF’nin elastikiyet modülü ve eğilme direnci YL’ya göre daha yüksektir, bu MDF’nin daha yüksek özgül ağırlıkta olmasından kaynaklanabilir. Kullanılan kompozit malzemeler istenilen denge rutubetinden daha düşük bir rutubete ulaşmıştır. Bunun sebebi kullanılan tutkal ve bu malzemelerin üretim sırasında maruz kaldığı yüksek sıcaklık olabilir. Sünme testlerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SAS® istatistik programından yararlanılmıştır. Şekil 4’te tipik sünme eğrileri görülmektedir. Verilerden çıkarılan sonuçlar doğrultusunda rotasyonel sünmenin birleştirmenin esnekliği ile ilgili olduğu görülmüştür. Tip I birleştirmelerin her seviyeden yüklemeler karşısında en fazla sünmeyi, kavelalı birleştirmelerinde en az sünmeyi göstermesi bu görüşü destekler niteliktedir (Çizelge 3).



Şekil 3. İki doğrusal yay elemanı ve iki yağ kutusundan oluşan mekanik model.

Çizelge 2. Kullanılan malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Malzeme	Özgül ağırlık	Elastikiyet modülü (Mpa)	Eğilme direnci (Mpa)	Rutubet (%)
YL	0,67	1800	14	6,7
MDF	0,75	2500	30	6,0



Şekil 4. Testlerinden elde edilen tipik sünme eğrileri.

Çizelge 3. Test edilen birleştirmelerin toplam rotasyonel sünme (Radyan) değerleri.

Birleştirme tipi	Yük (%)	MDF	YL
Tip I	75	0,298	0,27
	50	0,274	0,232
	25	0,085	0,068
Tip II	75	0,043	0,164
	50	0,039	0,073
	25	0,023	0,039
Tip III	75	0,132	0,181
	50	0,078	0,094
	25	0,025	0,036
Tip IV	75	0,075	0,268
	50	0,067	0,130
	25	0,034	0,058
Kavela	75	0,1	0,078
	50	0,085	0,049
	25	0,047	0,031

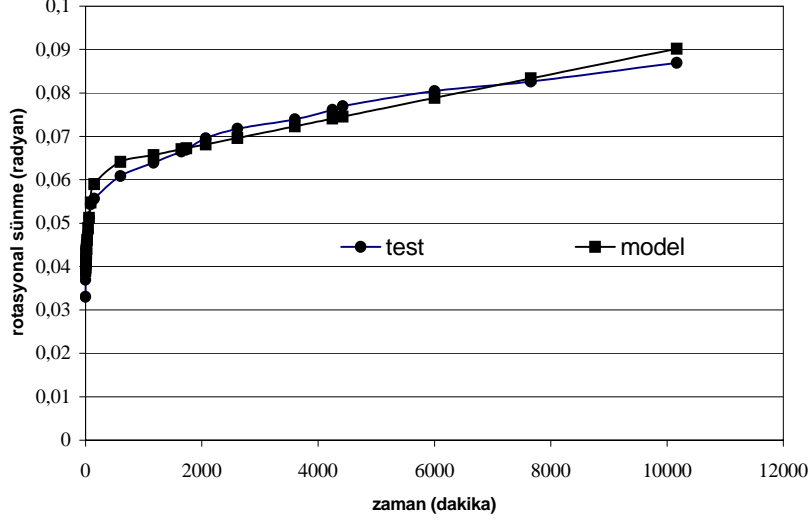
Bağlantı elemanı türü, malzeme türü ve yükleme seviyesinin toplam sünme üzerine olan etkisi incelendiğinde testin başlangıcında iki malzeme arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu görülmüştür. Beklendiği gibi en büyük fark yükleme seviyeleri arasında görülmektedir. 100 dakikalık bir yükleme sonrasında bile ortalama rotasyonel sünme 0,0488 radyan'dan 0,09 radyan'a çıkmıştır, bu da 100 dakika yüklemeden sonra birleştirmelerdeki esnekliğin yarı yarıya azaldığını göstermektedir. % 75 seviyesindeki yükleme 100 dakika devam ettirilmiştir. 10.000 dakika sonrası alınan veriler üzerinde yapılan istatistiksel analizlerde malzeme tipinin toplam sünme rotasyonuna etkisinin olmadığı görülmektedir. Yükleme süresi ve bağlantı elemanı tipinin ise toplam rotasyonel sünme üzerine olan etkisi sürmüştür. Burada yükleme türünün etkisi bağlantı elemanı tipinin etkisine göre oldukça yüksek gözükmektedir. Ortalama toplam rotasyonel sünme değerleri karşılaştırıldığında MDF ile yapılan birleştirmelerin YL ile yapılan birleştirmelere göre daha az sündüğü görülmektedir. Bunun MDF nin daha yüksek özgül ağırlıkta olmasından kaynaklanmış olması muhtemeldir. Bağlantı elemanları arasında ise kavelalı birleştirmelerdeki sünme en azdır. Burada bu tip birleştirmelerde kullanılan tutkalın etkisinin olduğu muhtemeldir. Tip I bağlantı elemanı ile yapılmış birleştirmelerdeki sünme miktarı ise en yüksektir. Bu birleştirmelerin plastik elemanlarının sünmeyi arttırıcı yönde katkısının olduğu düşünülmektedir.

Birleştirmelerin sünme özelliği dört elemanlı analog yardımı ile modellenebilmektedir. Kullanılan mekanik model ile test sonuçları arasında büyük farklar olmadığı görülmektedir (çizelge 4, şekil 5), fakat modelin bu testlerden farklı durumlar için geçerli olacağı garanti edilemez.

Uzun süreli yüklemelere maruz kalan bütün birleştirmeler belirli miktarlarda rotasyonel sünme özelliği göstermişler ve esnekliklerini kaybetmişlerdir. Rotasyonel sünme miktarları arasındaki fark levhalardaki yoğunluk değişiminin ve birleştirme elemanlarının geometrik farklılığın bir yanısımasıdır. Birleştirmelerin sünme özelliği malzemelerdeki sünme özelliği ile beraber tasarım aşamasında göz önünde tutulması gerekmektedir.

Çizelge 4. Toplam rotasyonel sünme miktarlarının karşılaştırılması (radyan).

Malzeme	Bağlantı elemanı	Yük (%)	Sünme		% fark
			Test	Model	
MDF	Tip I	75	0,298	0,33	-9,69
		50	0,274	0,27	1,48
		25	0,085	0,095	-9,10
	Tip II	75	0,043	0,05	-16,2
		50	0,04	0,049	-18,36
		25	0,023	0,026	-11,53
	Tip III	75	0,132	0,15	-13,6
		50	0,078	0,092	-15,21
		25	0,025	0,03	-16,66
	Tip IV	75	0,075	0,095	-21,05
		50	0,067	0,07	-4,28
		25	0,034	0,04	-15
Kavela	75	0,1	0,095	5	
	50	0,085	0,09	5,88	
	25	0,047	0,05	6,3	
YL	Tip I	75	0,27	0,31	-12,90
		50	0,232	0,235	-1,27
		25	0,068	0,071	-4,22
	Tip II	75	0,164	0,14	17,14
		50	0,073	0,071	2,81
		25	0,039	0,042	-5,71
	Tip III	75	0,181	0,186	-2,68
		50	0,094	0,097	-3,09
		25	0,036	0,04	-10
	Tip IV	75	0,268	0,3	-10,66
		50	0,13	0,16	-18,75
		25	0,058	0,063	-6,82
Kavela	75	0,078	0,071	9,85	
	50	0,049	0,046	6,52	
	25	0,031	0,027	14,81	



Şekil 5. 4 elemanlı modelin test sonuçları ile karşılaştırılması.

KAYNAKLAR

- Bodig, J. and Jayne, B. A., 1982. Mechanics of Wood and Wood Composites. Van Nostrand Reinhold Company.
- Eckelman, C. A., 1997. Textbook of product engineering and strength design of furniture. Purdue University, W. Lafayette, IN.
- Guntekin, E. 2003. Montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performansları. SDU Orman Fakültesi Dergisi. 2003 (2): 37-48.
- Jang, S., Fujimoto, Y., and Mataka, Y., 1993. Viscous-viscoelastic models for creep of nailed joints. Mokuzai Gakkaishi, 39(4): 418-427.
- AFPA, 1997. National Design Specification for Wood Construction, American Forest & Paper Association / American Wood Council
- Pierce, C. B. and Dinwoodie, J. M. 1977. Creep in chipboard. Part 1 Fitting 3- and 4-element response curves to creep data. Journal of Materials Science, 12:1955-1960.
- Pierce, C. B., Dinwoodie, J. M., and Paxton B. H., 1985. Creep in chipboard. Part 5: An improved model for prediction of creep deflection. Wood Science and Technology, 19: 83-91.
- Polansek, A., and Jang, S., 1989. Predicting creep of nailed lumber-to-plywood joints. Journal of Engineering Mechanics, 115(10): 2182-2198.
- Yeh, M. C., 1990. Time-dependent structural behavior of wood composite panels. Ph.D. Dissertation. Auburn University, Auburn, AL.