

KAVELALI MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNİN SONLU ELEMENLAR ANALİZİ

Ergün Güntekin

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

ÖZET

Sonlu elemanlar metodu (SEM) pratikte normal yöntemlerle sonucu bulunamayan veya çözümü zor mühendislik problemlerinin analizinde çok kullanılan nümerik bir yöntemdir. Bu çalışmada SEM hakkında kısaca bilgi verilmiş ve kavelalı mobilya köşe birleştirmelerinin SEM ile modellenmesi yapılmıştır. Oluşturulan modeller ANSYS™ bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. SEM mobilya tasarımcıları ve üreticileri için yardımcı olacağı şüphesizdir. Fakat ahşabın homojen olmayan yapısı ve birleştirmelerin lineer olmayan davranışları modelleme sırasında dikkate alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Sonlu elemanlar analizi, Mobilya, Kavelalı birleştirmeler

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF DOWELED FURNITURE CORNER JOINTS

ABSTRACT

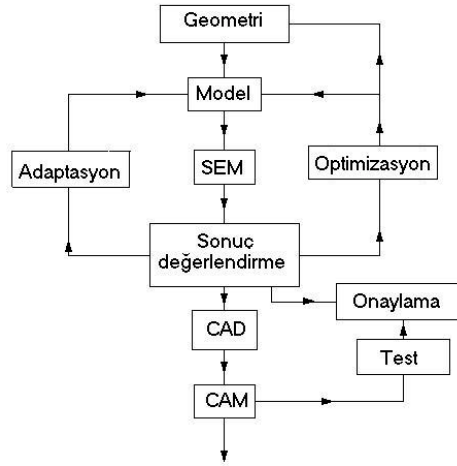
The finite element method has become a common practice for analysis of problems that cannot be solved or solution is difficult in conventional methods. In this study, a brief information is given about the method and doweled furniture corner joints are modeled using this method. The models were analyzed using ANSYS™ commercial software. FEM is a important tool for furniture designers and manufacturers. However, it should be remembered that wood is not homogenous and the behavior of furniture joints is not linear.

Keywords: Finite element analysis, Furniture, Dowel joints

1. GİRİŞ

Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) mühendislikte malzemelerin veya sistemlerin dış etkenlere (kuvvet, ısı, elektrik, vb.) karşı davranışlarının analizinde kullanılan nümerik bir metottür. SEM yapısal statik hesaplamalarda rijitlik matrisi $\{K\}$ ile deformasyonlar matrisinin $\{u\}$ kuvvetler matrisine $\{F\}$ eşitlenmesi ile kurulan matematik modelin nümerik çözümünü içerir. SEM'i kullanan çok sayıda bilgisayar programı mevcuttur; ALGOR™, COSMOS/M™, NASTRAN™, ADINA™, ve ANSYS™ bunlara örnek olarak verilebilir. Bu programlarda yapılan yapısal analizlerde genellikle malzemeler homojen ve izotropik olarak kabul edilir. Homojen ve izotropik özelliklerin kullanılması ahşap ve ahşap kompozitleri için yanlış sonuçların çıkmasına yol açabilir.

SEM de ahşap için üç yöndeki elastikiyet özellikleri ve bu yönlere ait Poisson sabitlerinin kullanılması homojen olmayan ve anizotrop durumlardan dolayı ortaya çıkacak problemlerin önüne geçilmesinde yardımcı olur (Jamaludin, 1995). SEM'in kullanılması hertürlü mühendislik alanında yaygınlaşmaktadır. SEM geçmişte tasarımın onaylanmasında kullanılmasına rağmen günümüzde tasarım aşamasının bir ögesi haline gelmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Tasarımda SEM in rolü (MacNeal, 1993).

SEM deki temel fikir sürekli bir sistemi sonlu sayıda elemana ayırmaktır. Her elemanın davranışı gerilim veya deformasyon fonksiyonları ile belirlenir. Elemanlar birbirlerine düğüm noktalarında bağlıdırlar. Elemanların ve düğüm noktalarının kombinasyonu sonlu elemanlar ağı olarak tanımlanır.

Sonlu elemanlar analiz prosedürü temel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Genel olarak bu aşamalar ANSYS™ gibi bilgisayar programlarındaki temel işlem aşamalarında temsil edilmektedirler. Bu aşamalar:

- Giriş modülü (Preprocessor): Bu aşamada eleman tipleri, eleman sabitleri, elemanların özellikleri, modelin geometrisi, eleman büyüklüğü belirlenilerek ağ oluşturulur.

- Hesap modülü (Solution): Bu aşamada hangi analizin yapılacağı, sınır noktaları ve yüklemeler belirlenerek analiz başlatılır.

- Çıkış modülü (General Postproc): Bu aşamada sonuçlar rakamsal veya grafik olarak okunur.

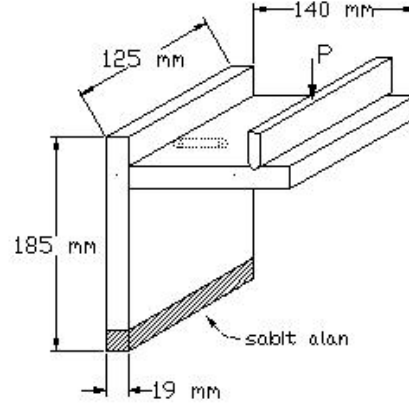
Bu çalışmanın amacı her türlü mühendislik alanında kullanım yeri bulan SEM'in mobilya köşe birleştirmelerinin modellenmesinde ve analizinde kullanmak suretiyle mobilya tasarımcılarına yeni bir yöntem tanıtmaktır.

2. MATERYAL VE METOT

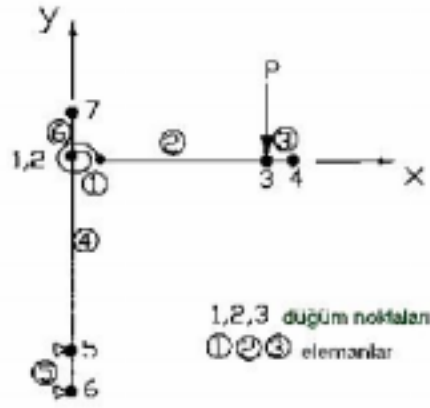
Bu çalışmada Şekil 2'deki gibi yükleme yapılan kavelalı köşe birleştirmelerinin sonlu elemanlar modelleri oluşturulmuştur. Bu köşe birleştirmesi iki farklı sonlu elemanlar modeli ile simüle edilmeye çalışılmıştır (Şekil 3 ve 4). Modeller; lineer olmayan moment-rotasyon verilerini kullanır, lineer olmayan elastik özelliktedir, sadece statik yüklemelerin olduğu kabul eder, ayrıca basit olması için izotropik malzeme özellikleri kullanılmıştır. Ortotropik malzeme özellikleri de modele girilebilir, fakat modeli oluşturulan birleştirmede yükleme ve reaksiyonlar aynı düzlemde olduğu için sonucu etkilemeyecektir. Oluşturulan modellerin analizi ANSYS™ (versiyon 5.7) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

İlk modelde köşe birleştirmesi beam3 elemanı (Şekil 4) ikinci modelde ise shell63 (Şekil 5) elemanı kullanılarak modellenmiş bunlara ilave olarak birleştirme elemanının rotasyonel hareketleri ise combin39 elemanı (Şekil 6) kullanılarak simüle edilmeye çalışılmıştır.

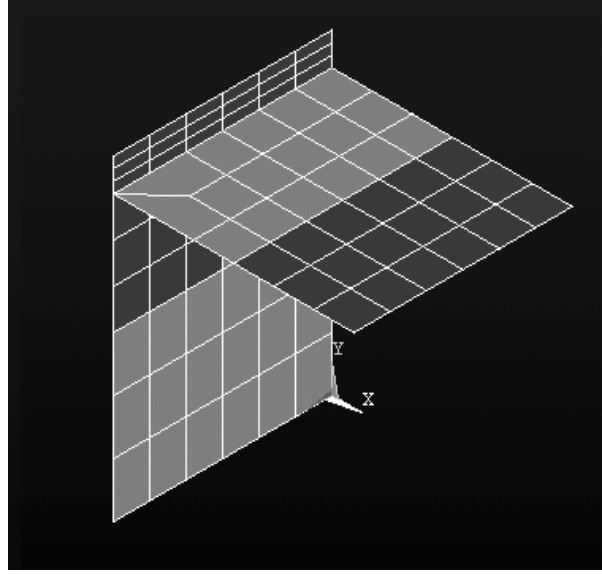
KAVELALI MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ



Şekil 2. Modellemesi yapılan kavelalı mobilya köşe birleşirmesi.



Şekil 3. Köşe birleşirmesinin beam3 ve combin39 elemanları ile modellenmesi.

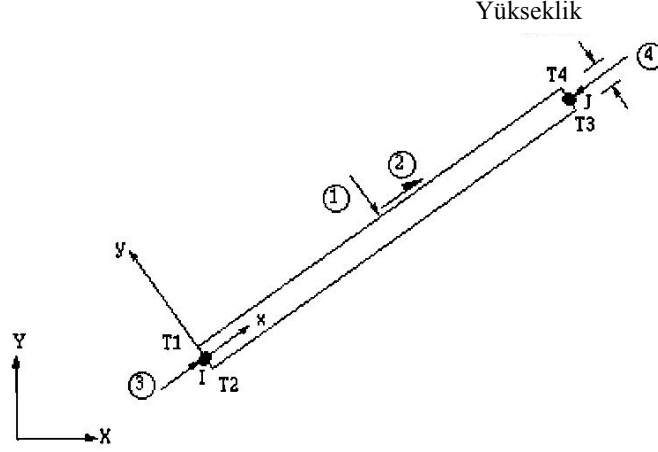


Şekil 4. Köşe birleştirmesinin shell63 ve combin39 elemanları ile modellenmesi.

Beam3 elemanı (Şekil 5) çekme, basınç ve eğilme özellikleri olan uniaksiyal bir elemandır, her düğüm noktasında üç serbestlik derecesine, X ve Y eksenleri yönünde şekil değiştirme Z eksen'i etrafında rotasyon yeteneğine sahiptir. İki düğüm noktası, kesit alanı, atalet momenti, yükseklik ve malzeme özellikleri girilerek eleman tanımlanmış olur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Beam3 elemanının malzeme ve geometrik özellikleri.

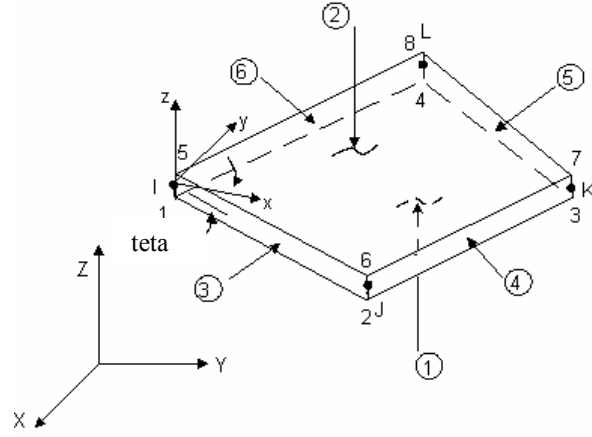
Malzeme özellikleri	Geometrik özellikleri
$E = 2500 \text{ MPa}$	$I = 71448 \text{ mm}^4$
Yoğunluk = 0.7 g/cm^3	Genişlik = 125 mm
	Yükseklik = 19 mm



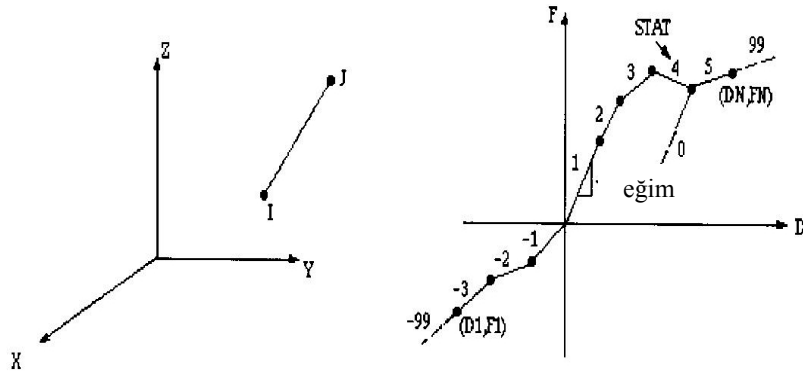
Şekil 5. Beam3 elemanı.

Shell63 elemanı (Şekil 6) dört düğüm noktası, eleman kalınlığı (19 mm) ve ortotropik malzeme özellikleri (2500 MPa) girilerek tanımlanır. Eleman her düğüm noktasında altı serbestlik derecesine sahiptir.

Combin39 elemanı (Şekil 7) doğrusal olmayan yük-deformasyon verilerini kullanabilen, tek yönde hareket kabiliyetine sahip bir elemandır. Eleman tek serbestlik derecesine sahiptir, bu herhangi bir yönde şekil değiştirme olabileceği gibi herhangi bir eksen etrafında rotasyon da olabilir. Aynı nokta üzerindeki iki düğüm noktası ve yük deformasyon veya moment-rotasyon eğrisi girilerek eleman tanımlanır. Combin-39 elemanı için gerçek sabitleri test edilen 5 değişik birleştirmenin ortalaması alınmıştır. Veriler çekme ve basma da birleştirmenin aynı davranışı göstereceğini farzedip iki yönlü yük-deformasyon eğrisi oluşturacak şekilde eksi değerden artıya doğru girilmiştir (Şekil 8).

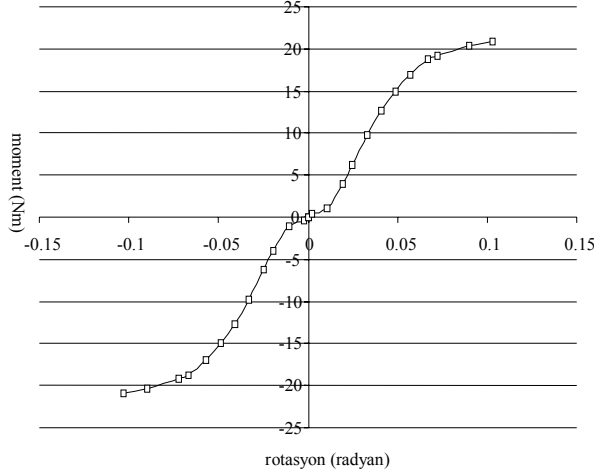


Şekil 6. Shell63 elemanı.



Şekil 7. Combin39 elemanı.

KAVELALI MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

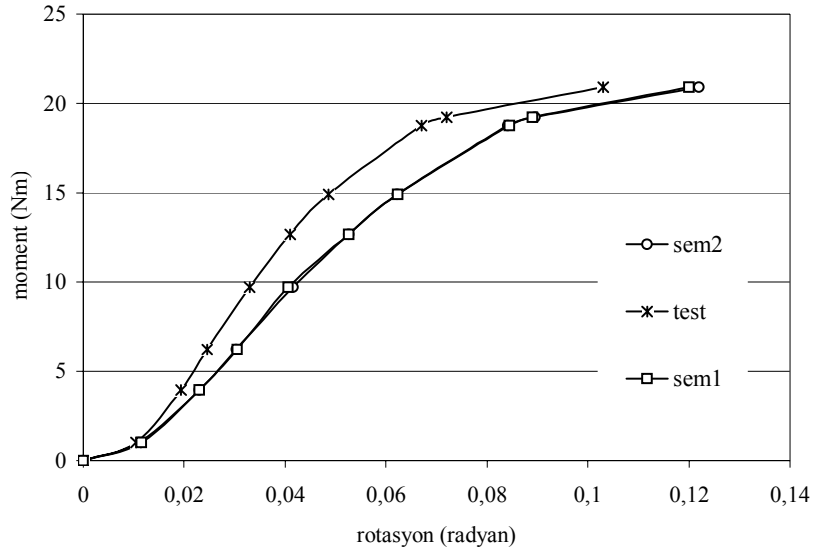


Şekil 8. Combin39 elemanının tahriş edilmesinde kullanılan veri noktalarına örnek.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

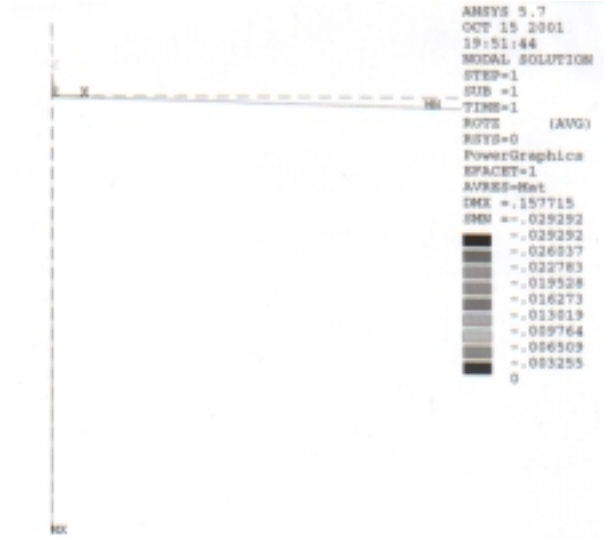
SEM modelleri ile elde edilen moment-rotasyon eğrileri kavelalı birleştirmelerin laboratuarda yapılan statik yükleme testlerinden elde edilen moment-rotasyon eğrileri ile karşılaştırılmıştır. SEM modellerinin ve test yoluyla edilen eğrilerin çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 9). Sonlu elemanlar modelinin avantajlarından biri analiz sonuçlarının testlerden alınan sonuçlara göre daha detaylı olmasıdır (Şekil 10 ve 11). Shell63 elemanı ile modellemede gerilimlerin nerelerde olduğu açık olarak görülmektedir (Şekil 11). Sonlu elemanlar modeli herhangi bir malzeme veya bağlantı elemanı için kolayca değiştirilebilmektedir. Bu çalışmadan çıkarılabilecek önemli bir sonuç ise combin39 tipi elemanların gerek birleştirme olsun gerekse bütün bir kabin tipi mobilyanın modellenmesinde kullanılabileceği ve bu modelleme ile lineer olmayan davranışların birleştirme ve mobilya analizinde daha gerçekçi sonuçlara ulaşılmasına yardımcı olacaktır. Böylece daha önce birleştirmelerin yarı rijit davranışlarının modellenmesinde kullanılan elastikiyet modülünü azaltma ve birleştirme katsayısı kullanma (Cai and Whang, 1993) gibi girişimlere gerek kalmayacaktır. Mobilyaların tüm strüktürünün modellenmesinde iki veya üç boyutlu basit elemanların kullanılması (Eckelman and Rabiej, 1985; Kasal and Pallela, 1995; Gustafsson, 1996; Smardzewski, 1998; Zhang et al.,

2000), birleştirmelerin modellenmesinde doğrusal olmayan yay elemanlarının kullanılması (Kasal and Pallela, 1995), detayların modellenmesinde üç boyutlu elemanların kullanılması (Jamaludin, 1995; Nakai and Takemura, 1996; Gustafsson, 1995 and 1997) doğru sonuçlar vermiştir.

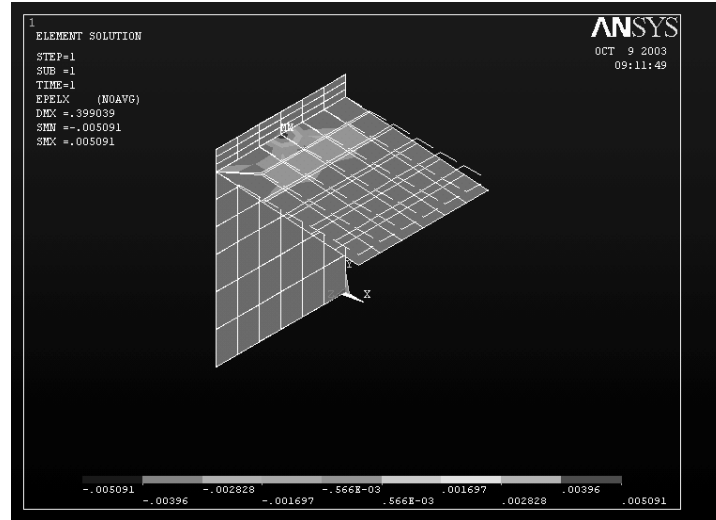


Şekil 9. SEM modellerinin test sonuçları ile karşılaştırılması.

KAVELALI MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ



Şekil 10. Beam3 ve combin39 ile modellenmiş birleşirmenin ANSYS™ analizi.



Şekil 11. Shell63 ve combin39 ile modellenmiş birleşirmenin ANSYS™ analizi.

KAYNAKLAR

- ANSYS Inc., 2001. ANSYS Manual, Version 5.7., ANSYS Inc., USA
- Cai, L. and Wang, F., 1993. Influence of the stiffness of corner joint on case furniture deflection. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 51: 406-408.
- Eckelman, C. A. and Rabiej, R., 1985. A comprehensive method of analysis of case furniture. *Forest Product Journal*, 35(4): 62-68.
- Gustafsson, S. I., 1995. Furniture design by use of finite element method. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 53: 257-260.
- Gustafsson, S. I., 1996. Finite element modeling versus reality for birch chairs, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 54: 355-359.
- Gustafsson, S. I., 1997. Optimizing ash wood chairs. *Wood Science and Technology*, 31: 291-301.
- Jamaludin, M. A., 1995. Prediction of the strength of typical furniture and its immediate members. Ph.D. Dissertation, Mississippi State University, MS, USA.
- Kasal, B. and Pallela, S. V., 1995. Development of analytical models for furniture, Technical Report 95-01, Furniture manufacturing and Management Center, North Carolina State University.
- MacNeal, B., E., 1993. FEA: A guide to the future. *In: What every engineer should know about finite element analysis*, Brauer, J.R. ed. Second edition. Marcel Dekker, Inc. New York. USA.
- Nakai, T. and Takemura, T., 1996. Stress analysis of Through-tenon joint of wood under torsion II. *Mokuzai Gakkaishi*, 42(4): 361-368.
- Smardzewski, J., 1998. Numerical analysis of furniture constructions. *Wood Science and Technology*, 32(4): 273-286.
- Zhang, J., Lin, F., Eckelman, C.A. and Gibson, H., 2000. A structural design model for sofa seat frames equipped with sinusoidal-type springs. *Forest Products Journal*, 50(3): 49-57.