



Paralel Başlıklı Ahşap Kafes Kirişlerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi

Ergün GÜNTEKİN¹, İbrahim Halil Başboğa¹, Tuğba YILMAZ¹

Özet

Bu çalışmada paralel başlıklı ahşap kafes kiriş sistemlerine uygulanan kuvvetlerin oluşturdukları gerilme ve deformasyonun sonlu elemanlar yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için laboratuvar ortamında test edilen bir ahşap kafes kiriş sisteminin ANSYS programı kullanılarak sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Dış yükler altında kiriş elemanlarında meydana gelen gerilme ve deformasyonlar teorik olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde sayısal bir çözümleme tekniği olan sonlu elemanlar yönteminin ahşap kafes sistemlerde deformasyon ve gerilmelerin belirlenmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap kafes sistemler, sonlu elemanlar, gerilme ve deformasyon analizi.

Finite Element Analysis of Parallel Chord Wood Trusses

Abstract

In this study, stresses and displacement analysis of a parallel chord wood trusses system caused by an applied load has been investigated. A wood truss system which tested in laboratory conditions has been modeled and analyzed using ANSYS software under applied load conditions. Stresses developed at the truss elements and deformations caused by the external loads have been studied. Results indicated that finite element analysis which is a numerical technique can be used in determination of stresses and deformation in wood truss systems.

Keywords: Wood truss system, finite element, stress and deformation analysis.

Giriş

Teknolojik bakımdan yüksek özelliklere sahip ağaca olan talep dünya nüfusunun hızla büyümesine paralel olarak artmaktadır. Bu talebin karşılanabilmesi ancak ormanların rasyonel bir şekilde kullanılması ve kesilen ağaçların en verimli şekilde işlenmesi ile mümkündür.

Düz eksenli çubukların üçgen form oluşturmasına dayanan taşıyıcı sistemlere kafes kiriş adı verilir. Özellikle yapılarda büyük açıklıkların geçilmesinde, ağırlıklarının fazla olmaması nedeniyle, dolu gövdeli kirişler yerine kullanılmaktadırlar. Kafes sistemlerde çubukların birbirlerine birleştikleri noktalara düğüm noktaları denir. Bu sistemlerde yüklerin yalnız düğüm noktalarına uygulandıkları düşünülerek analiz edilirler. Kafes sistemler hafifliklerinin yanında havalandırma vb. tesisat için uygun boşlukları nedeniyle tercih edilmektedirler. Ahşap kafes kirişler normal masif kirişlere göre % 25 ve daha yüksek oranlarda odun hammaddesinden tasarruf sağlayarak daha geniş açıklıklarda kullanılabilmelerini mümkündür (Callahan, 1993).

Kafes sistemler genellikle elemanlarındaki gerilmeler ve narinlik oranları dikkate alınarak tasarlanırlar. Ancak, ilk aşamada deformasyon önemsiz gibi görünse de kullanım sırasında oluşacak aşırı sarkmalar yapısal kusur olarak karşımıza çıkacaktır. Ahşap kafes kirişlerde yapı kodlarında yer alan deformasyon kısıtlayıcısı çatı kirişleri için L/240, taban kirişleri için L/360 ile sınırlandırılmıştır (Breyer ve ark., 1999).

Ahşap kafes sistemlerin analizinde bilgisayar programlarının kullanılması yeni değildir. "Purdue Plane Structures Analyzer" 1960'lı yıllarda ortaya çıkan ve bu endüstri tarafından kullanılan programlardan ilkidir (Suddarth ve Wolfe, 1983). Bu program çok pahalı ve kullanıcı için çok karmaşık olduğu için daha çok TPI tarafından belirtilen tasarım özelliklerini kontrol etmek ve geliştirmek için kullanılmıştır (Wolfe ve ark., 1986). Foschi (1977) tarafından geliştirilen "SADT" programı ise birleştirmelerdeki plastik davranışı ve dökme levhaların katkısını analizde kullanmıştır.

¹ SDÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta

Son otuz yılda genel amaçlı sonlu elemanlar metodunu (SEM) kullanan ALGOR, COSMOS, ADINA, ANSYS, NASTRAN gibi programların yanında yapısal analizler için ETAB ve SAP 2000 gibi birçok program geliştirilmiştir ve ticari olarak kullanılmaktadır. Yapısal analizlerde kullanılan programların ahşap kafes sistemlerin modellenmesinde de kullanılabileceği ve elde edilen sonuçların laboratuvar sonuçları ile de uyumlu olduğu görülmüştür (Gupta ve ark., 2004).

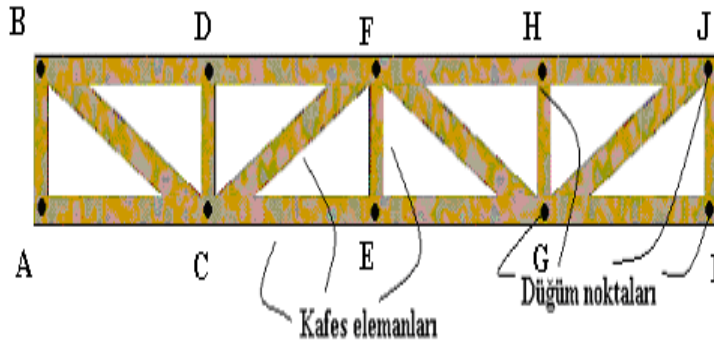
Dış etkenler altındaki ahşap veya ahşap sistemlerinde SEM uygulaması ilk defa Jamaludin (1995) tarafından kullanılmıştır. 1995 yılından 2005 yılına kadar geçen zaman içinde bile bu alanda yüzlerce çalışma yapılmıştır (Mackarle, 2005).

Bu çalışmanın amacı sonlu elemanlar metodunun kullanılarak paralel başlıklı ahşap kafes kirişlerde gerilmelerin ve deformasyonun belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada Şekil 1’de gösterilen paralel başlıklı ahşap kafes kiriş üretilmiştir. Kirişin yapılmasında piyasadan temin edilen 40 x 40 mm enine kesitinde Kızılcım (*Pinus Brutia* Ten.) keresteler kullanılmıştır. Kafes sistemin (Şekil 1) eğimli ara elemanlarının her bir ucunda 13 mm çapında 13 cm uzunluğunda 6 köşe başlı civata 13 mm kılavuz delik açılarak, dik ara elemanları ise 10’luk çivi kullanılarak başlıklara birleştirilmiştir. Her bir kafes örneği için 8’er adet civata ve çivi kullanılmıştır. Kafes kirişin uzunluğu 244 cm, yüksekliği ise 30 cm’dir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan kafes kirişin ölçüleri (uzunluk = 244 cm, yükseklik = 30 cm).

Yöntem

Çalışmanın ilk aşamasında kızılçamın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ASTM D 143 standartlarına göre bulunmuştur.

Çalışma için üretilen 5 adet kafes kiriş Şekil 2’teki gibi F düğüm noktasından yüklenerek oluşan deformasyonlar tespit edilmiştir. Aynı kafes sistemin ANSYS programı kullanılarak sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. ANSYS programında kafes elemanları Link-1 elemanı ile modellenmiştir. Link-1 elemanı aksenal çekme ve basınç özellikleri olan, her düğüm noktasında iki serbestlik derecesine sahip (x ve y eksenleri yönünde şekil değiştirme) tek yönlü bir elemandır. İki düğüm noktası (key points), kesit alanı (1600 mm^2), E değeri (7000 N/mm^2) ve poisson oranı (0.3) girilerek eleman tanımlanmıştır. Modelde kafes kiriş orta - üst düğüm noktasından 200-7200 N yüklenerek analiz edilmiştir.



Şekil 2. Laboratuvar şartlarında test edilen kafes kiriş.

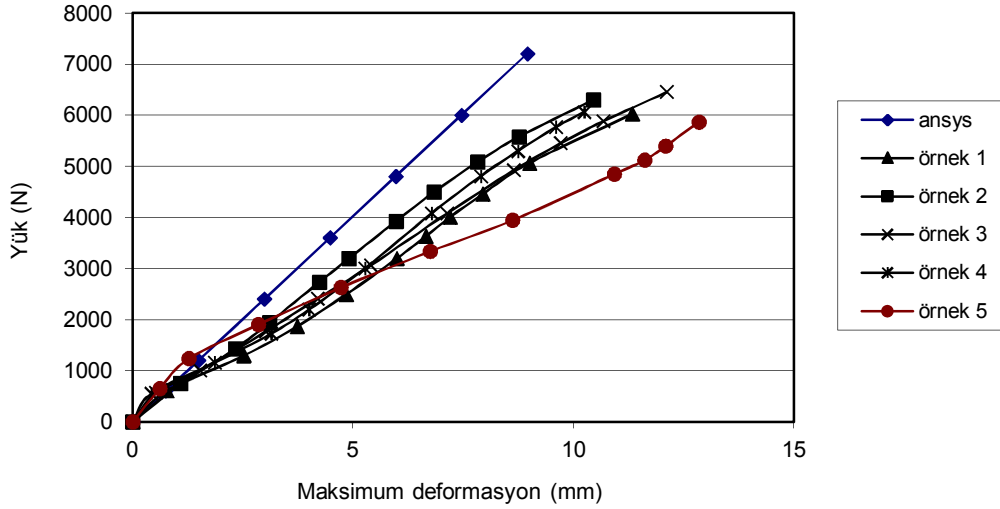
Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kullanılan kerestenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Kullanılan kerestenin elastikiyet modülü Güntekin (2008) tarafından rapor edilenden düşük gözükmetedir. Bunun nedeni yüksek miktarda genç odun ihtiva etmesi olabilir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan kızılçamın (*Pinus Brutia* Ten.) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Özgül Ağırlık	0.52	0.43	0.60	0.047
Rutubet (%)	10.05	9.47	11.32	0.31
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	6962	5255	8654	1294
Eğilme direnci (N/mm ²)	94	73	116	17

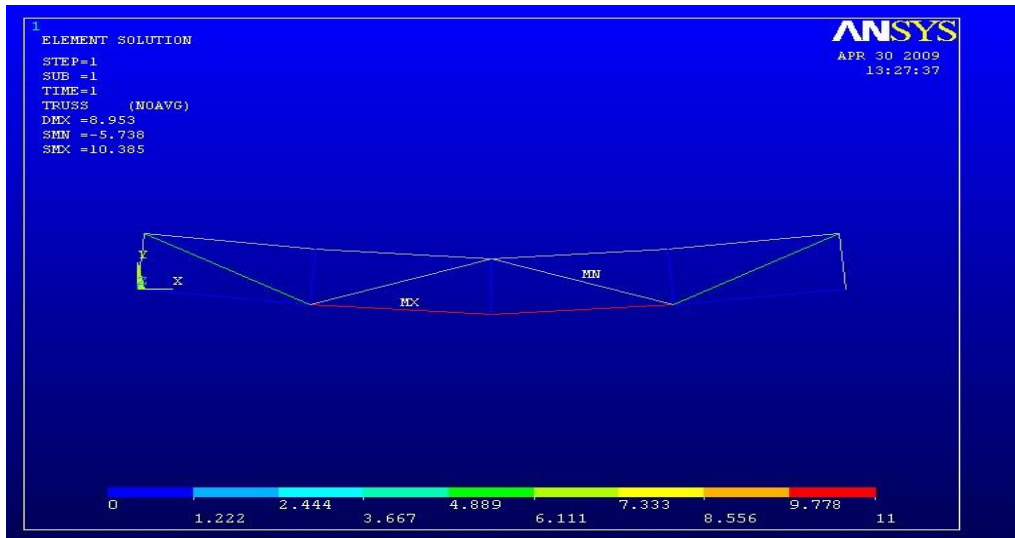
Şekil 3’te laboratuvar şartlarında elde edilen deformasyon değerleri ile ANSYS’te oluşturulan sonlu elemanlar modeli ile elde edilen deformasyon değerleri karşılaştırılmıştır. Grafikte sonlu elemanlar modeli ile elde edilen deformasyon değerlerinin 5. örnekteki iki yükleme noktası hariç daha düşük olduğu görülmekte 3000-4000 N yük aralığından sonra doğrusal olmadığı görülmektedir. Yük miktarı arttıkça model ile örnekler arasındaki fark artmaktadır. Bunun sebebi ahşap malzemenin elastik bölgenin dışına çıkıyor olması olabilir. ANSYS modeli en çok örnek 2 ile benzerlik göstermektedir. Bu örnekte son yükleme noktasında tespit edilen deformasyon ANSYS modelinden % 25 daha fazladır. Ayrıca, kullanılan malzemenin elastikiyet modülündeki değişkenlik % 18 düzeyindedir.



Şekil 3. Laboratuvar şartlarında elde edilen deformasyon değerlerinin ANSYS'te oluşturulan sonlu elemanlar modeli ile karşılaştırılması

Kafes elemanlarında küçükte olsa bazı doğal kusurların (budaklar, lif kıvrıklığı vb.) olması deformasyonu arttırabilir. Civata birleştirmeler için elemanlara açılan kılavuz deliklerde kafes elemanlarında gerilme yığılmalarına sebebiyet vererek deformasyonun artmasına katkıda bulunabilirler.

Şekil 4'de görüldüğü gibi ANSYS ile yapılan analizlerde elemanlarda oluşan gerilme miktarları da hesaplanmaktadır. Kafes elemanlarındaki gerilmelerin laboratuvar ortamında bulunması strengaç (strain-gage) kullanılarak yapılabilir. Ancak bu zaman alıcı ve pahalı bir işlemdir. Kafes sistem elemanlarında 7200 N'luk yük altında teorik hesaplamalarla yapıldığında en yüksek çekme gerilmelerinin CE ve EG elemanlarında 10.385 N/mm^2 , en yüksek basma gerilmelerinin CF ve FG elemanlarında 5.659 N/mm^2 , deformasyon ise virtüel iş yöntemi ile hesaplandığında 8.937 mm olduğu bulunmuştur. Aynı yük altında sonlu elemanlar modeline göre CE ve EG elemanlarında 10.385 N/mm^2 çekme, CF ve FG elemanlarında 5.738 N/mm^2 basma gerilmesi ve 8.953 mm 'lik bir deformasyon olduğu görülmektedir.



Şekil 4. ANSYS kullanılarak oluşturulan sonlu elemanlar analizi (DMX = maksimum deformasyon = 8.953, SMN= minimum gerilme = -5.738, SMX = maksimum gerilme = 10.385).

Sonuç

Sonlu elemanlar metodunun kullanılması her türlü mühendislik alanında yaygınlaşmaktadır. Sonlu elemanlar geçmişte tasarımın onaylanmasında kullanılmasına rağmen günümüzde tasarım aşamasının bir ögesi haline gelmiştir. Sonlu elemanlar metodu paralel başlıklı ahşap kafes sistemlerin analizinde dikkatlice kullanıldığında laboratuvar ortamında test edilecek örnek sayısı azaltılabilecek, kullanım sırasındaki mekanik davranışları tahmin edilebilecektir.

Kaynaklar

- ANSYS Inc., 2001, “ANSYS Manual” ANSYS, INC., USA, Version 5.7.
- ASTM D 143. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA
- Breyer D E, Fridley K J and Cobeen K E. 1999. Design of Wood Structures: ASD. McGraw-Hill. New York.
- Callahan, E E 1993. Metal plate connected wood truss handbook. Wood Truss Council of America, Madison, Wisconsin.
- Foschi, R O 1977. Analysis of wood diaphragms and trusses. Part II: Truss plate connections. Canadian Journal of Civil Engineering. 4(3): 353-362.
- Gupta R, Miller T H, and Dung D R. 2004. Practical Solution to Wood Assembly Design Problems. Practice Periodical on Structural Design and Construction. 9(1): 54-60.
- Güntekin, E 2008. Kızılçam Kerestesi ile Yapılmış Metal Plakalı Kafes Kiriş Birleştirmeleri İçin Emniyet Yükleri. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 1:134-142.
- Jamaludin, M A 1995. Prediction of the strength of typical furniture and its immediate members. Ph.D. Dissertation, Mississippi State University.
- Mackerle, J 2005. Finite element analyses in wood research: a bibliography. Wood Science and Technology. 39(7): 579-600.
- Suddarth S K and Wolfe R W. 1983. Purdue plane structures analyzer II—A computerized wood engineering system. Gen. Tech. Rep. FPL-40. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Wolfe R W, Percival D H and Moody R C. 1986. Strength and Stiffness of Light-Frame Sloped Trusses USDA Forest Service Forest Products Laboratory Research Paper FPL 471