



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2009, Volume: 4, Number: 4, Article Number:1A0055

ENGINEERING SCIENCES

Received: April 2009

Accepted: September 2009

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2009 www.newwsa.com

Ali Ural

Adem Doğangün

Karadeniz Technical University

aliural@ktu.edu.tr

Trabzon-Turkey

GELİŞTİRİLEN BİR YAPISAL ANALİZ PROGRAMIYLA YIĞMA YAPILARIN ANALİZİ

ÖZET

Ülkemizde yığma yapıların mekanik davranışları maalesef tam olarak irdelenmemekte ve araştırmacıların ilgisini çoğu zaman çekmemektedir. Oysaki ülke nüfusunun, özellikle kırsal kesimde yer alan nüfusun yarısından fazlasının halen bu tür yapılarda ikamet ettiği göz önüne alındığında, yığma yapıların ne denli önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, MATLAB programı yardımıyla geliştirilmekte olan bir yapısal analiz programının doğrusal analiz kısmının tanıtımı yapılmakta ve yığma yapılar üzerinde gerçekleştirilen uygulamalar ayrıntılı bir biçimde sunulmaktadır. Analizlerde Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılmakla birlikte detaylı mikro modelleme yaklaşımı kullanılarak modeller oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar gerek literatürden ve gerekse LUSAS programıyla yapılan analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: FEMMAS, Yığma Yapılar, Sonlu Elemanlar Metodu, LUSAS, Doğrusal Analiz

ANALYSES OF MASONRY STRUCTURES WITH A DEVELOPING STRUCTURAL ANALYSIS SOFTWARE

ABSTRACT

Mechanical behaviors of masonry structures are unfortunately not examined and generally not given enough importance by the Turkish researchers. The importance of masonry structures appears due to most of the citizens currently stay at these buildings, especially on the rural part of Turkey. In this study, only linear part of a developing structural analysis software using MATLAB presented and case studies on masonry structures are given detailed. Structural models constituted with detailed micro modeling approach following the general finite element method rules. The results are given comparatively from both literature and LUSAS software results.

Keywords: FEMMAS, Masonry Structures, Finite Element Method, LUSAS, Linear Analysis



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yığma yapılar dünya üzerinde yaygın olarak kullanılan yapı sistemlerinden biridir. Bu tür yapıların taşıyıcı sistemini taş, tuğla, kerpiç gibi malzemelerden yapılan duvarlar oluşturmaktadır. Günümüzde betonarme yapılar en yaygın olarak inşa edilen yapılar olarak görülse de, özellikle kırsal kesimlerde yığma türü yapıların yoğunluğu dikkat çekmektedir. Ayrıca günümüze kadar ulaşmış tarihi yapıların(köprüler, camiler, medreseler, v.d.) tamamına yakını yığma sistemde yapılmışlardır. Bu sebeplerden dolayı yığma yapıların iyi irdelenip mekaniksel davranışlarının net bir şekilde ortaya konması gerekmektedir. Son yıllarda ülkemizde yığma ve tarihi yığma yapılarla ilgili çalışmalara yer vermeye başlanmıştır. Bu çalışmalardan bazıları; Batur [1], Erden [2], Sucuoğlu ve Erberik [3] ve Toker ve Ünay [4] olarak sıralanabilir.

Yapısal davranışın belirlenmesi açısından düşünöldüğünde, yığma birimler ile harçtan oluşan taşıyıcı duvarlar homojen bir yapıya sahip olmadığından analizlerde betonarme, prefabrike veya çelik yapılar gibi düşünölmemesi gerekmektedir. Çünkü yığma yapıların düşey taşıyıcı elemanları olan duvarlar, tuğla/taş ve harçtan meydana gelen heterojen yapıya sahip olan elemanlardır. Bu heterojenlikten dolayı meydana gelecek olan çatlama şekilleri de duvara etkiyecek yüke göre değişmektedir. Heterojen bir elemanın modellenmesi ise oldukça zor olmaktadır. Bu problemi aşmak amacıyla çeşitli homojenleştirme işlemleriyle taşıyıcı duvarların homojenleştirilerek modellenmesi en uygun çözüm yoludur. Ayrıca modellenecek sistemin büyüklüğüne göre farklı modelleme yaklaşımlarının da kullanılması gerekmektedir. Lourenço [5] çalışmasında yığma yapıların analizinde gerek homojenleştirme ve gerekse modelleme yaklaşımlarını topluca irdlemiştir.

Günümüzde sonlu elemanlar metodunu kullanarak yapısal analiz yapabilen, paket programlar haricinde açık kaynak kodlu bazı programlar üretilmeye başlanmıştır. Yığma yapıların analizinde de kullanılan bu programlardan bazıları; OpenFEM [6], FEMLAB [7], ALADDIN [8]. Yığma yapıların modellenmesinde en uygun olarak kullanılan ticari nitelikteki paket programların başında ise DIANA [9] programı gelmektedir. Çünkü DIANA, yığma yapıların mekaniksel davranışlarının en uygun olarak tanımlanabildiği bir programdır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, halen geliştirilmekte olan bir yapısal analiz programının doğrusal analiz yapabilen kısmı tanıtılmaktadır. Söz konusu programı Ural [10], doktora tezi kapsamında geliştirmiştir. Programa ait teori, kodlamalar ve doğrulama analizleri söz konusu tezde mevcuttur. Programın adı FEMMAS-L'dir (Finite Element Method of Masonry Structures-Linear Approach). Programın en önemli özelliği açık kaynak kodlu olması ve Matlab ara yüzü yardımıyla yazıldığı için kodlamaların net bir şekilde anlaşılıp temel sonlu elemanlar algoritmasının basit olarak takip edilebilmesini sağlamaktadır.

3. YAPISAL ANALİZLERDE DOĞRUSAL YAKLAŞIM (LINEAR APPROACH ON STRUCTURAL ANALYSES)

3.1. Teori (Theory)

Sonlu elemanlar yöntemi, sürekli bir sistemi problemin karakterine uygun sonlu elemanlara ayırarak elde edilen elemanlar üzerinde iç ve dış kuvvetlerin enerjisinin minimize edilmesi, daha sonra bu elemanların birleştirilmesi tarzında bir uygulama getirmektedir. Bunun sonucu olarak mesnet şartları, sisteme ait



özellikler, dış yüklerin sürekli ya da ani değişimleri kolayca göz önüne alınabilmektedir. Dolayısıyla sonlu elemanlar yöntemi analitik metotlarla çözülemeyen karışık problemlere uygulanabilmektedir [11].

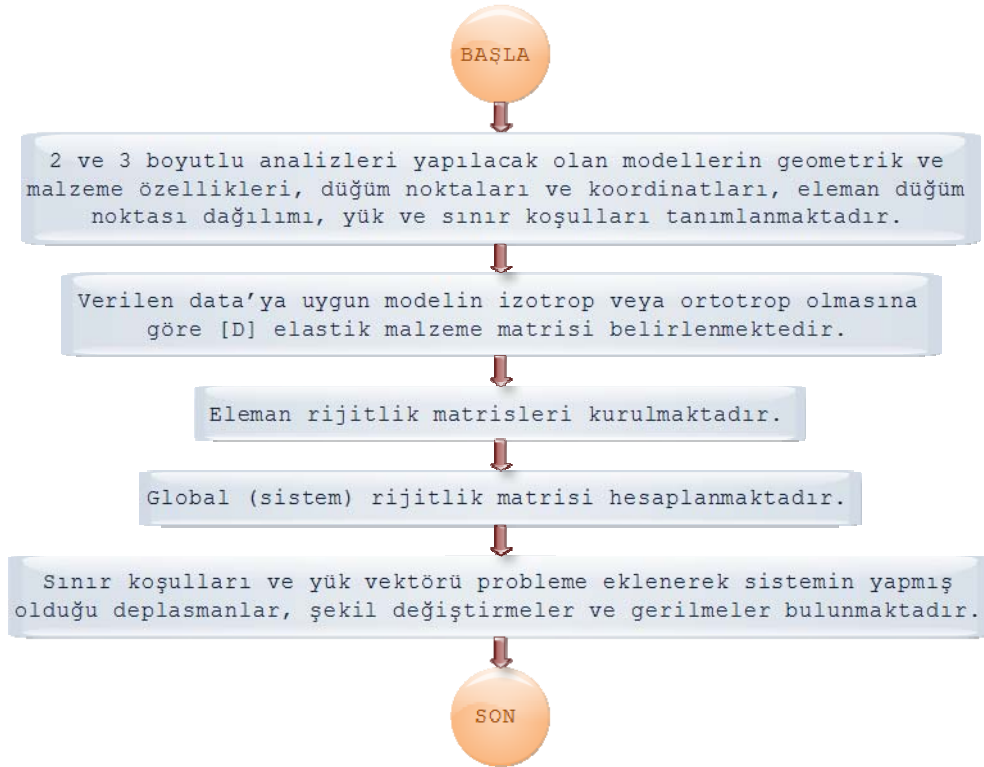
Sistemi oluşturan elemanların her biri düğüm noktalarında birbirlerine bağlandıkları kabul edilmektedir. Daha sonra sonlu eleman yüzeyinin şekil değiştirilmesi, düğüm noktalarının deplasman parametrelerine bağlı olarak ifade edilmektedir. Deplasman parametreleri; deplasman bileşenleri, dönmeler ve burulma eğriliği gibi deplasman vektörlerini içermektedir. Başka bir deyişle eleman yer değiştirmeleri, seçilen şekil fonksiyonu vasıtasıyla düğüm noktası yer değiştirmelerine bağlı olarak ifade edilmektedir. Burada seçilen şekil fonksiyonu sistemi tam olarak tarif edebilmelidir. Literatürde son zamanlarda geliştirilen fonksiyonlarla daha yakınsak sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. Eğilme hesaplarında düğüm noktalarının deplasman parametrelerinin belirlenmesi, sistemin deplasman yüzeyinin ve her düğüm noktasındaki kesit tesirlerinin bulunması için yeterlidir. Seçilen deplasman parametreleri ve şekil fonksiyonu yardımıyla sistemin malzeme özelliklerine göre rijitlik matrisi, sisteme etkiyen yüklerin durumuna göre de yük vektörü hesaplanmaktadır. Eleman rijitlik matrisi ve yük vektöründen yola çıkarak sistemin rijitlik matrisi ve yük vektörü bulunmaktadır. Buradan da, sınır şartları göz önüne alınarak düğüm noktası bilinmeyenleri hesaplanmaktadır [12].

Bu çalışmada FEMMAS-L, sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı doğrusal sistemlerin çözümü için geliştirilmektedir.

3.2. FEMMAS-L Programının Tanıtımı (Information about FEMMAS-L)

Yığma duvarların/yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarını incelemek amacıyla FEMMAS [13] adında bir sonlu elemanlar programı geliştirilmiştir. Program FEMMAS-L ve FEMMAS-NL olarak iki bağımsız alt programdan oluşmaktadır. FEMMAS-L doğrusal problemlerin çözümü için, FEMMAS-NL ise doğrusal olmayan problemlerin çözümü için kodlanmıştır. Kodlamalarda MATLAB [14] programından faydalanılmıştır.

FEMMAS-L, düzlem gerilme hali dikkate alınarak kodlanmaktadır. Hazırlanan kodların esas özelliği; Mühendisler ve araştırmacılar arasında yaygın olarak bilinen yapısal analiz programından biri olan LUSAS [15] programından elde edilen veri dosyasına tam olarak uyum sağlamasıdır. Yani LUSAS'ta oluşturulan herhangi bir modelin verileri kolaylıkla söz konusu programa aktarılabilen ve kısa süre içerisinde analizi yapılabilir hale gelmektedir. İki boyutlu analizlerde 4 düğüm noktalı ve her düğüm noktasında 2 serbestliği bulunan dörtgen (quadrilateral) eleman, üç boyutlu analizlerde ise 8 düğüm noktalı ve her düğüm noktasında 3 serbestliği bulunan katı (solid) eleman entegre edilmiştir. Aşağıda geliştirilmekte olan FEMMAS-L programının genel olarak hesap adımları verilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. FEMMAS-L programının hesap adımları
(Figure 1. Algorithm of FEMMAS-L software)

Analizlerde gerekli parametreler adresleme yoluyla ilgili matristen alınarak değerlendirilmekte ve hesaplanmaktadır. Sonuç değerleri ise yine ilgili matrislerde uygun yerlerine yerleştirmek ve istenen bilgiler yine adresleme yardımıyla ilgili matrislerden bulunup kullanıcıya sunulmaktadır.

Aşağıda, FEMMAS-L programının veri dosyasında bulunması gereken parametreler açıklanmaktadır.

- Düğüm noktaları matrisi (*coord*); Bu matrisde, sistemde yer alan tüm düğüm noktalarının adları ile o düğüm noktasının x, y ve z koordinatları mevcuttur.
- Eleman düğüm noktası dağılımı matrisi (*element*); matrisin birinci sütununda eleman numarası, 2'den 5'e kadar olan sütunlarında ise o elemanın bağlı bulunduğu düğüm noktası numaraları yer almaktadır. Düğüm noktalarının okunma sıraları LUSAS programında olduğu gibi saatin tersi yönünde alınmaktadır.
- Sınır şartları matrisi (*bound*); Düğüm noktaları programda ya serbest ya da ankastre olarak tanımlanmaktadır. Ankastre mesnetlerin olduğu düğüm noktalarının ilgili matrisin içerisine yazılması gerekmektedir. Matrisin birinci sütunu düğüm noktası numarasını ikinci sütunu x doğrultusundaki serbestliğini, üçüncü sütunu ise y doğrultusundaki serbestliğini belirtmektedir. İkinci ve üçüncü sütunlardaki "1"; ilgili düğüm noktasının ankastre olduğunu, "0" ise ilgili düğüm noktasının serbest olduğunu ifade etmektedir.
- Dış kuvvet matrisi (*force*); Sisteme etkiyen dış yüklerin bulunduğu matristir. Bu matrisin birinci sütununda yükün etki ettiği düğüm noktası numarası yer almaktadır. İkinci ve üçüncü



sütunlarında ise yükün değeri x veya y doğrultusu dikkate alınarak yazılmaktadır.

- Malzeme parametreleri (*material*) ; Malzemeye ait olan elastik parametreler (E: Elastisite modülü- N/mm^2 , ν :Poisson Oranı) ile modelin kalınlığını temsil eden *thickness* (mm) değeri yer aldığı matristir. Bu matriste üç boyutlu analizlerde kalınlık sütunu yer almamaktadır.
- Geometri parametreleri (*geom*); sadece iki boyutlu analiz yapıldığı kısımda gerekli olan ve her bir sonlu elemanın kalınlığının yer aldığı matristir.

Tablo 1. FEMMAS-L programına ait veri giriş dosyası örneği [16]
(Table 1. An example of input data file of FEMMAS-L [16])

<pre>% NODAL COORDINATE MATRIX coord=[1 0 0 2 100 0 3 100 100 4 0 100 5 100 200 6 0 200]; % % ELEMENT CONNECTIVITY MATRIX element=[1 1 2 3 4 2 4 3 5 6]; % % BOUNDARY CONDITIONS MATRIX bound=[1 1 1 2 1 1]; % % MATERIAL PROPERTIES MATRIX material=[1 15000 0.2 2 17500 0.2]; % % GEOMETRIC PROPERTIES MATRIX geom=[1 10 2 10]; % % EXTERNAL APPLIED LOAD MATRIX force=[6 1000 0];</pre>	
---	--

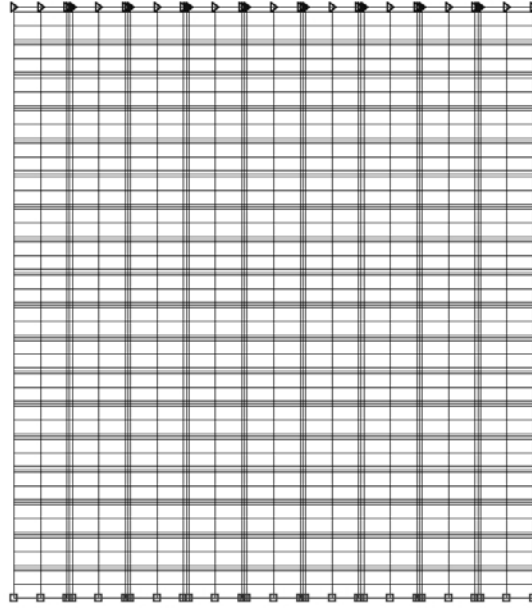
4. UYGULAMALAR (CASE STUDIES)

FEMMAS-L programının geçerliliğini sınamak amacıyla bir dizi analiz gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi iki boyutlu yığma bir duvar modeli üzerinde, diğeri ise üç boyutlu bir kemer formu üzerinde yapılan analizlerdir.

4.1. İki Boyutlu Yığma Duvar Analizi (A 2D Masonry Wall Analysis)

Birinci model olarak, daha önce Lourenço'nun [5] yapmış olduğu çalışmada yer alan yığma duvar modeli ele alınmıştır. Dikkate alınan yığma duvar modeli 18 sıra $210 \times 52 \times 100$ (mm^3) boyutundaki tuğla ile 10 (mm) kalınlığındaki harç tabakasından meydana gelmektedir. Yığma duvarın modellenmesinde LUSAS programının model oluşturma özelliğinden yararlanılmaktadır. Daha sonra *.dat uzantılı dosyadan FEMMAS-L programının veri dosyası oluşturulmuştur. Yığma duvar modelinde 2414 adet 4 düğüm noktalı dörtgen eleman kullanılmış, toplam olarak 4935

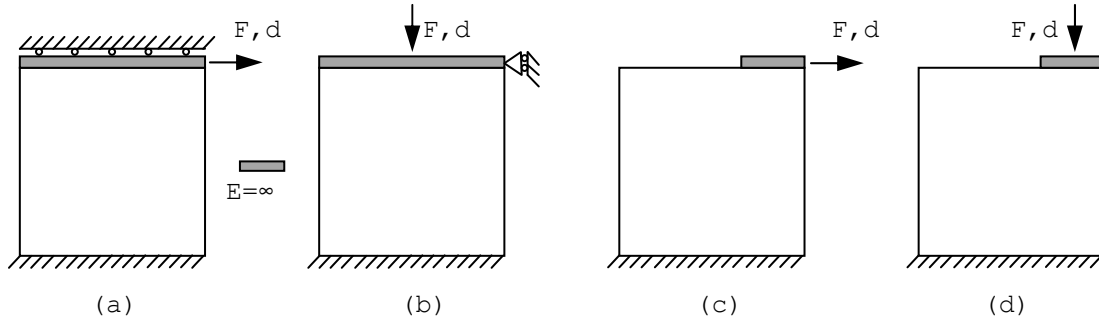
adet serbestlik derecesi tanımlanmıştır. Model zemine ankastre olarak mesnetlenmiştir. Duvara ait oluşturulan sonlu eleman ağı Şekil 2 de görülmektedir.



Şekil 2. FEMMAS-L'de yıçma duvarın Sonlu Eleman Ağı
(Figure 2. Finite element mesh of masonry wall with FEMMAS-L view)

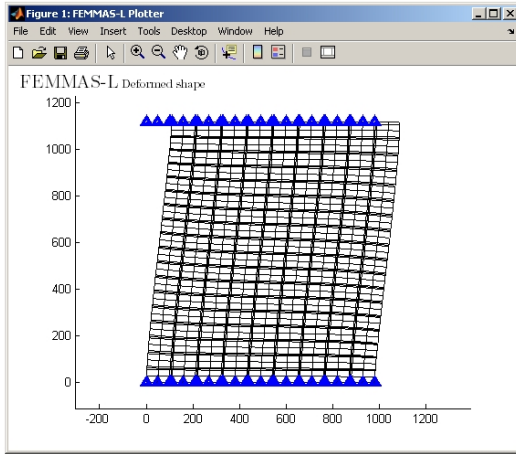
Modelde yer alan tuğla elemanların Elastisite Modülü ve Poisson Oranı sırası ile 20,000 MPa ile 0,15 alınmıştır. Harcın Elastisite Modülü ve Poisson Oranı ise 2,000 MPa ile 0,125 olarak dikkate alınmıştır.

Üretilen model üzerinde, dört farklı yükleme göre analizler gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilk ikisi modelin üstünden yatay ve düşey olmak üzere düğün yayılı yük olarak uygulanmış, diğer iki analizde ise duvar modelinin sağ üst tuğlasına yatay ve düşey yönde noktasal yüklemler yapılmıştır. Tüm analizlerde uygulanan yükler birbirine eşit olup 1000 kN değerindedir. Kontrol parametresi olarak kuvvetin uygulandığı yöndeki maksimum yer değiştirmeler dikkate alınmıştır. Dört farklı analizde uygulanan yükler Şekil 3'de şematik olarak gösterilmektedir.

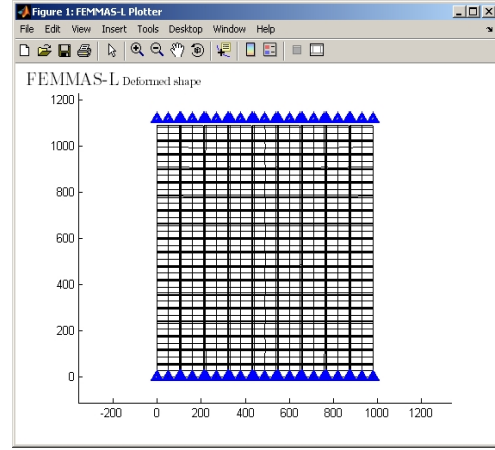


Şekil 3. Uygulama 1'e konu olan modele ait dört farklı yükleme durumu
(Figure 3. Four different load cases of case study 1)

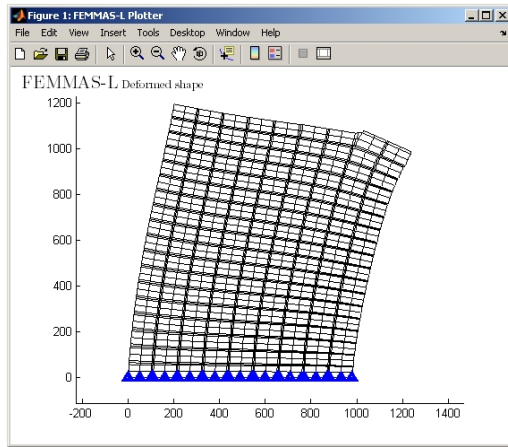
Yüklemler sonunda elde edilen deforme olmuş duvar modelleri Şekil 4'de topluca verilmektedir.



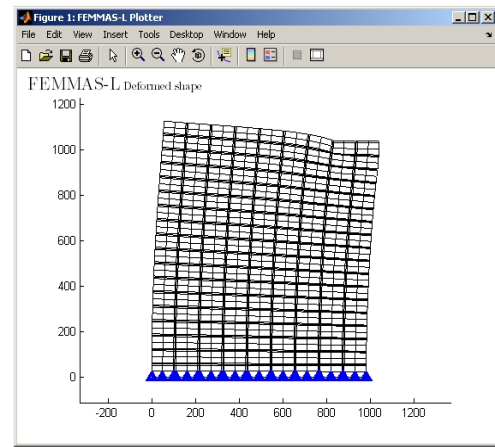
(a) 1. yükleme



(b) 2. yükleme



(c) 3. yükleme



(d) 4. yükleme

Şekil 4. Yığma duvarda dört yükleme sonucunda oluşan deformasyonlar
(Figure 4. Deformed mesh views from graphical user interface of FEMMAS-L)

Tablo 2'de gerek LUSAS ve gerekse FEMMAS-L programlarından elde edilen sonuçlar Lourenço'nun [5] sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Tablo 2. Uygulama 1'de tüm yüklemeleere ait karşılaştırmalı yer değiştirme değerleri
(Table 2. Comparison between displacement results of case study 1)

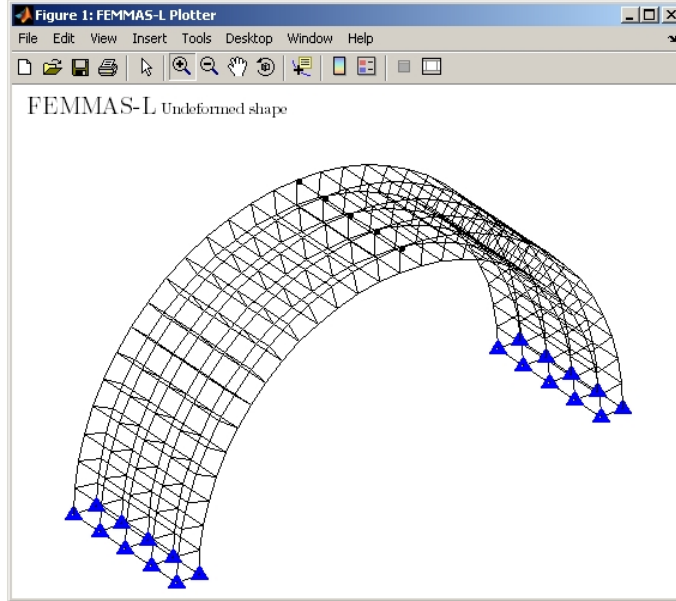
Yüklemeler	Lourenço [5] (mm)	LUSAS [12] (mm)	FEMMAS-L (mm)
Yükleme -1	5,39	5,413	5,413
Yükleme -2	1,35	1,359	1,3588
Yükleme -3	12,41	13,00	12,996
Yükleme -4	3,82	3,850	4,620

4.2. Üç Boyutlu Kemer Analizi (A 3D Arch Form Analysis)

Kültür mirasımız olarak kabul ettiğimiz tarihi yapıların birçoğunda büyük açıklıkları geçmek için kemerler kullanılmıştır. Kemer formunun ilk örnekleri M.Ö.3000 yıllarında Mezopotamya'da

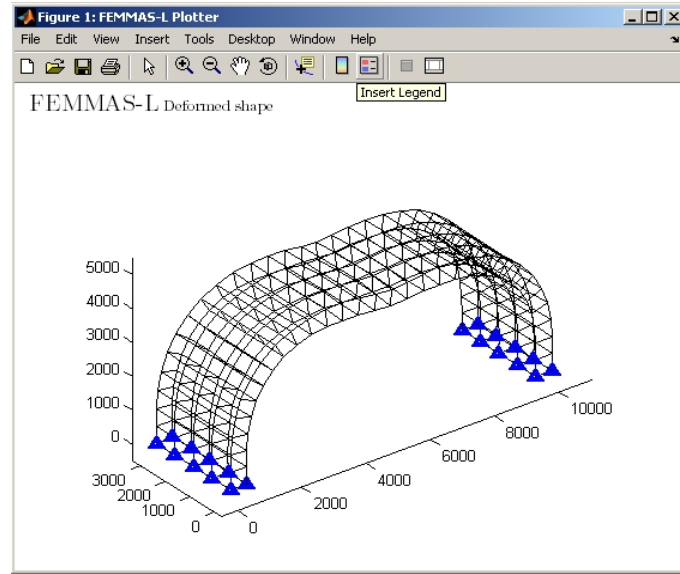
Sümerlere ait yeraltı mezarlarında görülmüştür. Mısırlılara ait olan örnekler, bu uygarlığın da aynı dönemlerde kemer formunun yapısal performansı hakkında bilgi sahibi olduklarını göstermektedir. Ancak, kemer formunu bulanlar her ne kadar Sümerler ya da Mısırlılar olsa da, en etkin ve göz alıcı şekilde kullanmayı başaranlar Romalılar olmuştur [4].

Geliştirilmiş olan üç boyutlu yapısal analiz programının geçerliliğinin belirlenmesi amacıyla, genellikle tarihi yapılarda bu açıklıkları geçmek amacıyla kullanılan kemerlere örnek olarak Şekil 5'te sonlu elemanlar ağı verilen modelin doğrusal elastik analizi yapılmış ve LUSAS programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.



Şekil 5. Kemer modelinin sonlu elemanlar ağı görünümü.
(Figure 5. Finite Element meshes of arch form)

Kemer modelinin açıklığı 9m, yüksekliği 4,5m, genişliği ise 3m olarak tasarlanmıştır. Modelde sekiz düğüm noktalı katı (solid) elemanlar kullanılarak 120 adet eleman ve 310 adet düğüm noktası tanımlanmıştır. Modelde toplam 930 adet serbestlik derecesi tanımlanmıştır. Kemer modelinin her iki ayağı zemine ankastre olarak mesnetlenmiştir. Modelde kullanılan malzemenin Elastisite Modülü 20000 N/mm², Poisson Oranı ise 0,2 olarak seçilmiştir. Şekil 5'ten görüleceği üzere kemer açıklığının ortasında yer alan 5 adet düğüm noktasına -z yönünde 1,000 kN'luk tekil yük uygulanmıştır. Her iki programla yapılan doğrusal elastik analizler neticesinde kemer yapısının deforme olmuş sonlu elemanlar ağı Şekil 6 verilmektedir.



Şekil 6. Kemer modelinin deforme olmuş şekli
(Figure 6. Deformed meshes of arch form)

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, MATLAB kullanılarak kodlanan FEMMAS-L adlı bir sonlu elemanlar programının tanıtımı yapılmaktadır. Söz konusu programın başlıca amacı yığma yapıların analizini yaparak bu tür yapıların davranışlarını incelemektir. Her iki uygulamadan elde edilen, gerek deformasyon şekilleri ve gerekse sayısal değerler bakımından, geliştirilen FEMMAS-L alt programının LUSAS programıyla ihmal edilebilir derecelerdeki hata paylarıyla birlikte çok yakın sonuçları verdiği görülmüştür. İkinci uygulamada üç boyutlu bir kemer modeli dikkate alınmıştır. Bu analizde uygulanan düşey tekil yükler karşısında yaklaşık olarak 8,5 mm düşey deplasman yapmıştır. Her iki programdan elde edilen sonuçlar birbirleriyle örtüşmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler ışığında, FEMMAS-L alt programıyla gerçekleştirilen gerek 2 ve gerekse 3 boyutlu doğrusal analizlerde hata paylarının ihmal edilebilir seviyelerde kalması (en fazla 0,01 mm hata payı) programın geçerliliği ve doğruluğuna işaret etmektedir. Yığma yapıların davranışlarını belirlemeye yönelik hazırlanmakta olan FEMMAS adındaki programın doğrusal olmayan analizlerde kullanılması için çalışmalar hızla ilerlemektedir. Şu ana kadar sadece iki boyutlu dörtgen elemanların kullanıldığı ve Drucker-Prager malzeme modelinin entegre edildiği programın doğrulama süreci ise devam etmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmektedir. (Prj. No:2006.112.001.7)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Batur, A., (1999). Donatısız Yığma Binaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Bazı Ülkelerin Şartnamelerinin İncelenmesi. İstanbul: Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
2. Erden, G., (2004). Donatısız ve Sarılmış Yığma Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi. Trabzon: Fen Bilimleri Enstitüsü; Yüksek Lisans Tezi, KTÜ.



3. Sucuoğlu, H. and Erberik, A., (1997). Performance Evaluation of a Three-Storey Unreinforced Masonry Building During the 1992 Erzincan Earthquake. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 26, 319-336.
4. Toker, S. ve Ünay, A.İ., (2004). Kemerli Taş Köprülerin Matematiksel Modellenmesi ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17,2, 129-139.
5. Lourenço, P.B., (1996). *Computational Strategies for Masonry Structures*. Delft, Netherlands: Delft University of Technology.
6. OPENFEM. An Open Source Finite Element Toolbox, www-rocq.inria.fr/OpenFEM/
7. FEMLAB. An Open Source Finite Element Toolbox, www.femlab.com.
8. Aladdin, A., Computational Toolkit for Engineering Matrix and Finite Element Analysis, <http://www.isr.umd.edu/~austin/aladdin.html>
9. DIANA, (2008). *Finite Element Analysis Program*. Delft, The Netherlands: TNO DIANA.
10. Ural, A., (2009). *Yığma Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi*. Trabzon: Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, KTÜ.
11. Köksal, T., (1995). *Sonlu Elemanlar Metodu*. Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 161 s.
12. Koçak, A. 1999. *Tarihi Yapıların Statik ve Dinamik Yükler Altında Lineer ve Nonlineer Analizi: Küçük Ayasofya Camii Örneği*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
13. FEMMAS, (2009). *Finite Element Method of Masonry Structures Software*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
14. Matlab, (2008). *The Mathworks Company*. Lisans: KTU, Versiyon: 7.0.0. Trabzon.
15. LUSAS, (2007). *Finite Element Analysis Software Products*. United Kingdom: Finite Element System, FEA Ltd.
16. Doğangün, A. and Ural, A., (2008). *Linear Elastic Analyses of Masonry Walls with a Developing Finite Element Code*. 1st International Conf. on Seismic Retrofitting, Tabriz, Iran.