

MERZİFONLU KARA MUSTAFA PAŞA CAMİ TAŞIYICI SİSTEMİ ÜZERİNE İRDELEME

Burçin Şenol ŞEKER * , Adem DOĞANGÜN, Ferit ÇAKIR

Özet

İslam mimarisinde ana yapılar genellikle farklı şekilde camiler ve külliyelerden oluşmaktadır. Bu nedenle, bu tarz yapılara hemen hemen bütün İslam şehirlerinde rastlamak mümkündür. Ancak, geçen zaman içerisinde bu tür yapıların büyük bir bölümü zarar görmekte ve statik ve dinamik yükler etkisi altında risk altında bulunmaktadır. Bu yapıların doğru bir şekilde korunması için öncelikli olarak yapısal davranışlarının doğru bir şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle, bu çalışmada Merzifon ilçe merkezinde bulunan Kara Mustafa Paşa Cami ele alınmış ve caminin yapısal davranışına odaklanılmıştır. Bu amaçla, Kara Mustafa Paşa Cami sayısal ortamda modellenmiş ve hazırlanan model üzerinde statik ve dinamik analizler yapılarak caminin yapısal performansı araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yığma camiler; sonlu elemanlar metodu; yapısal stabilite; sismik değerlendirme; yapısal bütünlük.

STRUCTURAL ANALYSIS AND ASSESSMENT OF HISTORICAL KARA MUSTAFA PASHA MOSQUE IN MERZIFON, TURKEY

Abstract

Main structures in the Islamic architecture are generally composed of different style mosques and complexes of buildings adjacent to mosques. Hence, these structures can be found in every ancient Islamic city. However, over the past years, these structures have had some damages and many historical mosques have been at risk due to static and dynamic effects. Thus, better understanding of their structural behaviors is crucially important in order to determine the protection requirements for these structures. Therefore, this study mainly focuses on the structural behaviors of Kara Mustafa Pasha Mosque in Merzifon, Amasya, Turkey. The main purpose of this paper is to investigate structural behaviors of the domed mosque and to determine the static and dynamic effects. For this purpose, Kara Mustafa Pasha Mosque has been numerically modeled and it has been analyzed by means of static and dynamic analyses methods.

Keywords: Masonry mosques; finite element analysis; structural stability; seismic assessment; structural integrity.

*Amasya Üniversitesi, Merzifon Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Amasya
E-posta: senolseker@yahoo.com

1. GİRİŞ

Kara Mustafa Paşa Cami Osmanlı mimarisinin en güzel örneklerinden biri olup Amasya ilinin Merzifon ilçesinde yer almaktadır. Genel olarak bir külliye şeklinde inşa edilen yapı grubunda, medrese, cami, mektep, kütüphane, şadırvan ve imarethane gibi yapılar bulunmaktadır. Camiinin ana giriş kapısı üzerinde bulunan kitabeye göre, külliyenin önemli bir bölümü Sultan İbrahim oğlu Sultan Mehmed zamanında Merzifonlu Kara Mustafa Paşa tarafından 1666 - 1667 yılları arasında yaptırılmıştır [1]. Külliye, mimari bakımdan çok fazla değişikliğe uğramasa da, külliye merkezinde yer alan camiinin 1840, 1852, 1875, 1952, 1975, 1990 ve 1997 yıllarında onarım geçirdiği bilinmektedir. Bu onarımlar taşıyıcı sistemden ziyade iç süslemeler, mihrap, minber, pencere açıklıkları, harim kuzey duvarı, son cemaat yeri, minare ve şadırvan bölümlerinde gerçekleşen küçük çaplı onarımlardır.

Cami prizma şeklinde bir plana sahip olup kuzey bölümünde yer alan son cemaat yeri ile birlikte kuzey – güney doğrultusunda uzanan dikdörtgen bir plana sahiptir. İç mekan itibariyle dikdörtgen planda tasarlanan cami, kuzey kenarına yerleştirilen iki ayak ve doğu-batı duvarları arasında uzanan sivri kemerler yardımıyla iki bölüme ayrılmıştır. Caminin güney bölümünde yer alan kare planlı ana mekan tek kubbe ile örtülmüştür. Kuzey bölüm ise, iki sivri kemerle üç bölüme ayrılmış ve yan bölümler aynalı tonoz, orta kısım ise oval planlı yarım kubbe ile kapatılmıştır. Kubbelerin tamamı dıştan kurşun malzemeler yardımıyla koruma altına alınmıştır. Camii inşa malzemesi olarak genellikle düzgün kesilmiş sarı kum taşı kullanılmış olup kubbe, minare ve iç mekanlarda ise tuğla, mermer ve az miktarda kaba yonu taşından yararlanılmıştır.

Camiinin son cemaat yeri hariç tüm cepheleri aynı formda beden duvarları ile çevrelenmiştir. Genel olarak cami, ana kubbeli mekan ve küçük kubbeli bölümlerin yer aldığı mekan olmak üzere, birbirine bitişik iki kütle halinde algılanmaktadır. Binaya hakim konumdaki ana kubbeli mekanın beden duvarları diğer bölümlere göre daha yüksektir ve üç kademeli bir görünüm yansıtmaktadır. İlk kademe, ön yüzü düz, altı pahlı kesilen ince uzun prizmal taş blokların yan yana dizilmesiyle oluşmaktadır. İkinci kademe, ana gövde üzerine oturtulmuş sekizgen prizmal kasnaktan oluşan ve ağırlık kulelerinin yer aldığı bölümdür. Üçüncü kademe ise, kurşun kaplamalı kubbenin yer aldığı son kısımdır (Şekil 1). Kuzey cephesindeki üç bölümlü ünite ise, ana kütlelerin devamı niteliğinde olup biraz daha basık görünümlüdür.

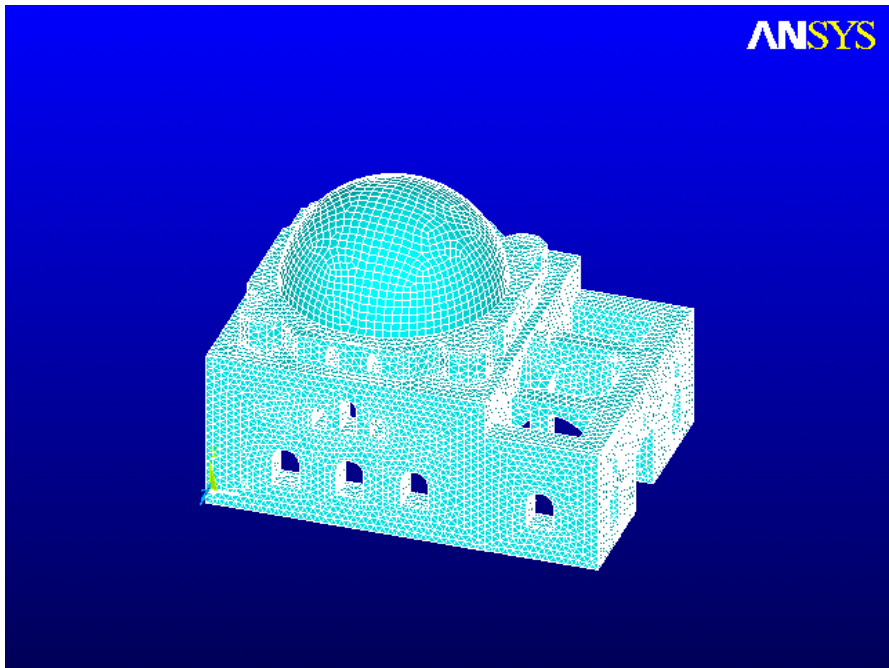
Cami beden duvarlarının tamamı düzgün kesme taş malzeme ile muntazam bir duvar örgüsü şeklinde inşa edilmiştir. Kesme taşların arası ise ince içerlek derz yardımı ile tamamen kapatılarak duvarın sağlam bir form alması sağlanmıştır. Cami iç bölümleri, beden duvarları ve kasnak bölümünde yer alan pencereler yardımıyla aydınlatılmaktadır. Beden duvarlarının üst kısmında dörder adet pencere bulunmaktadır. Doğu ve batı cephesinde yer alan pencerelerin yerleşim düzeni birbirinin tekrarı şeklinde olup bunlardan üçü ana kütlelerin aksını ortalayacak şekilde üçlü kompozisyon halinde dizilmiştir. Birbirine yakın konumda inşa edilen bu pencereler sivri kemerler yardımıyla şekillendirilmiştir. Güney cephesinde ise, doğu ve batıdakilerle aynı özelliklerde üst kısımda üçlü pencere, alt kısımda ise iki pencere açıklığı bulunmaktadır. Cephelerde bulunan pencere açıklıkları genelde simetrik bir düzende yerleştirilmiş olup caminin daha çok ışık alması sağlanmıştır (Şekil 1). Ayrıca, tüm pencereler göz önüne alındığında, alt seviyede bulunan sivri kemerli pencerelerin diğerlerinden daha büyük ebatla olduğu fark edilmektedir [2].



Şekil 1. Kara Mustafa Paşa Camii Dış ve İç Görünüşü

2. YAPISAL ANALİZLER

Sonlu elemanlar yöntemi tarihi yapıların statik ve dinamik yükler etkisi altında sistem davranışlarının belirlenmesi ve yapı elemanlarındaki gerilmelerin elde edilmesinde en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu amaçla, çalışma kapsamında sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapının ANSYS [3] programı ile sayısal modeli hazırlanmış (Şekil 2) ve yapısal davranışın belirlenmesi amacıyla hazırlanan model üzerinde statik ve dinamik analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Kara Mustafa Paşa Cami Üç Boyutlu Sonlu Eleman Modeli

Yığma yapılar için malzeme özelliklerinin belirlenmesi oldukça güç olmaktadır. Yapı dış görünümüyle iç bölgeler oldukça farklı olabilmekte, bu da malzeme özelliklerinin doğru bir şekilde tanımlanmasını etkilemektedir. Malzeme örneklerinin alınmaması ve test yapılma olanağı bulunamadığından, yapıda kullanılan malzemelerin mühendislik özellikleri tespit edilememiştir. Bu nedenle malzemelerin mühendislik özellikleri benzer yapılar üzerine yapılan incelemeler ve bilimsel çalışmalar göz önünde bulundurularak literatürde önerilen değerler arasından seçilmiştir [4 - 18]. Cami bölümlerine göre modellerde kullanılan malzemelerin mühendislik özellikleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Ayrıca, yapının 3 boyutlu modeli hazırlanırken kullanılan tüm boyutlar ve matematiksel veriler, tarihi yapı için daha önceden mimar Hüsamettin YELKEN tarafından hazırlanmış olan restorasyon projeleri doğrultusunda tespit edilmiştir.

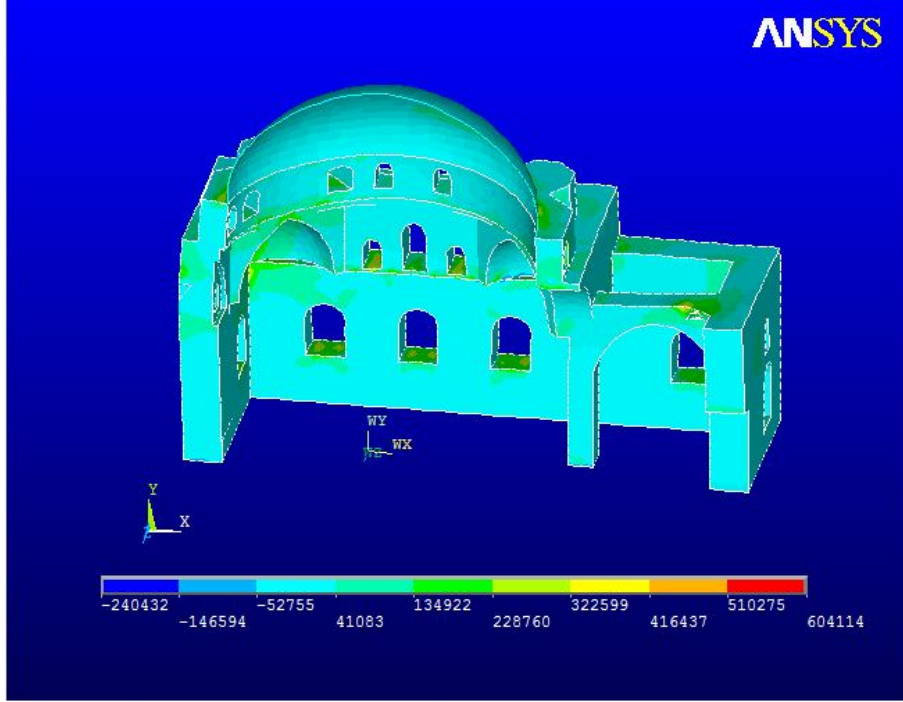
Tablo 1. Analizlerde Kullanılan Malzemelerin Mühendislik Özellikleri

Cami Bölümü	Elastisite Modülü (N / m ²)	Poisson Oranı	Birim Hacim Ağırlığı (kgf / m ³)
Duvarlar	8.37E+9	0.17	2650
Fil ayakları	8.37E+9	0.17	2650
Kemerler	8.37E+9	0.17	2650
Ana kubbe	2.51E+9	0.17	1760

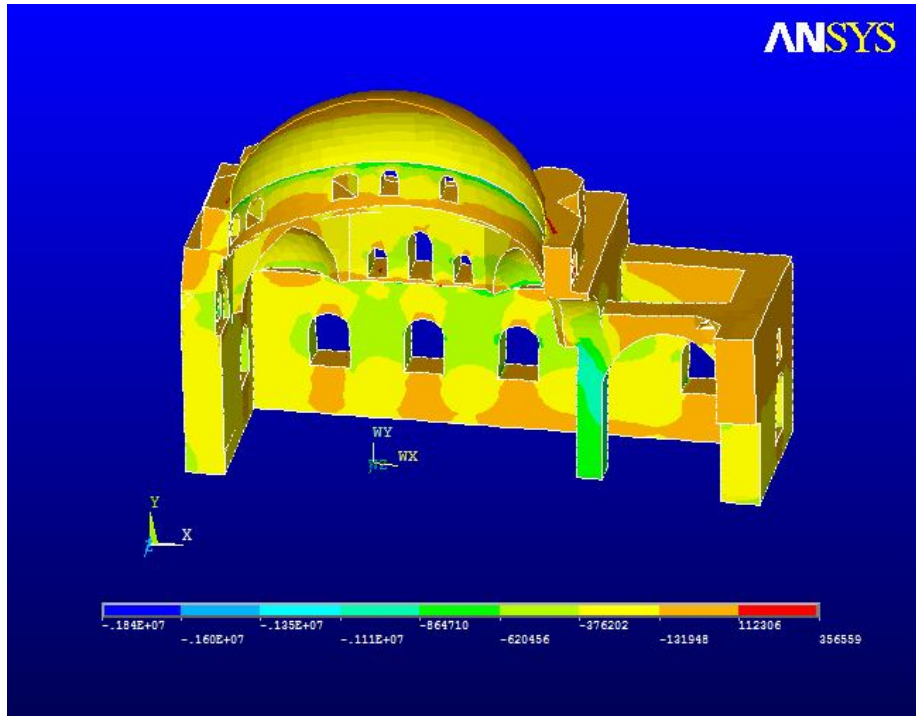
2.1 Zati Yük Analizi

Hazırlanan sonlu eleman modelinde öncelikli olarak yapının kendi ağırlığı altındaki durumunu incelemek amacıyla zati yük analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, düşey gerilme değerleri yaklaşık 1.35 MPa olarak tespit edilmiştir (Şekil 3). Bu değer, taş malzeme için basınç dayanım değeri olan 35 MPa dan oldukça küçüktür. Gerilmelerin daha çok ana kubbeyi taşıyan fil ayaklarında yoğunlaştığı ve fil ayaklarının alt bölümlerinde maksimum değerlere ulaştığı görülmektedir. Ayrıca, Şekil 4'de görüldüğü gibi, cami genellikle basınç gerilmeleri etkisi altında olup, giriş bölümündeki üç gözlü kısımdaki kemer tepe noktasında 0.416 MPa değerinde çekme gerilmesi olduğu gözlenmektedir. Çekme emniyet gerilmesinin 3.5 MPa olduğu ve taş malzemenin birbirine demir malzemeyle kenetli olduğu dikkate alındığında, bu değer camii statğine etkisinin ihmal edilebileceği düşünülmektedir.

Deplasman açısından incelendiğinde ise, maksimum deplasmanın kubbe tepe noktasında olduğu ve bu değer yaklaşık 1.25 mm civarına ulaştığı görülmektedir (Şekil 5). Yapılan tüm statik analizler sonucunda caminin zati yükler etkisi altında güvenlik sınırları içerisinde yer aldığı ve yapının statik açıdan güvende olduğu görülmektedir.



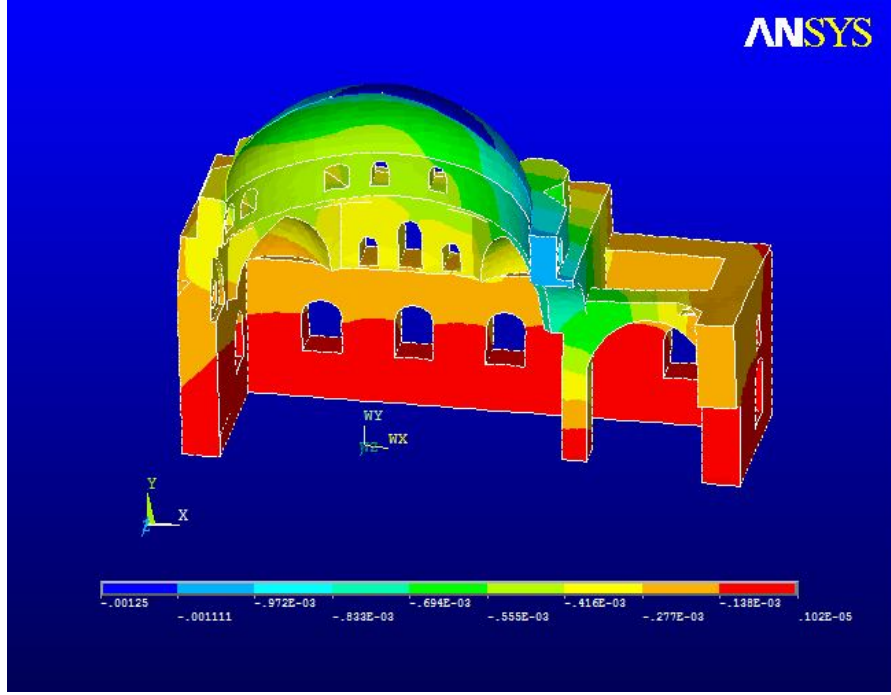
Şekil 3. Basınç Gerilmeleri Dağılımı



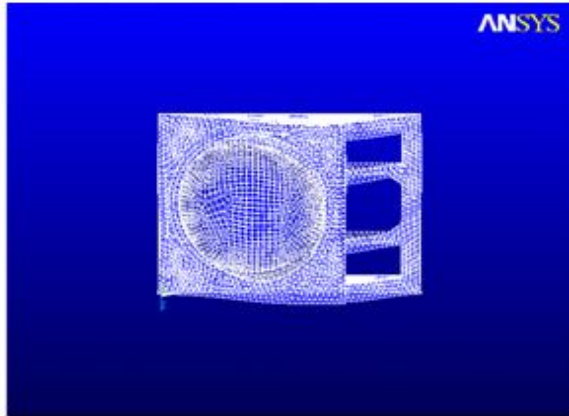
Şekil 4. Çekme Gerilmeleri Dağılımı

2.2 Deprem Analizleri

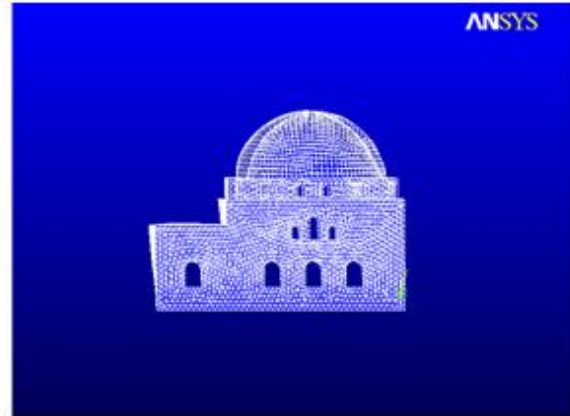
Depreme göre hesap için ilk önce yapıda mod birleştirme yöntemiyle analizler yapılmış ve 30 mod dikkate alınarak karelerin toplamının karekökü (SRSS) yöntemi uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucunda elde edilen mod şekillerinin birkaçı Şekil 6'da gösterilmektedir. Bu şekiller göz önüne alındığında, titreşim açısından zorlanan kısımların, camii girişindeki üç gözlü bölüm ve giriş duvarı üst bölümleri olduğu görülmektedir.



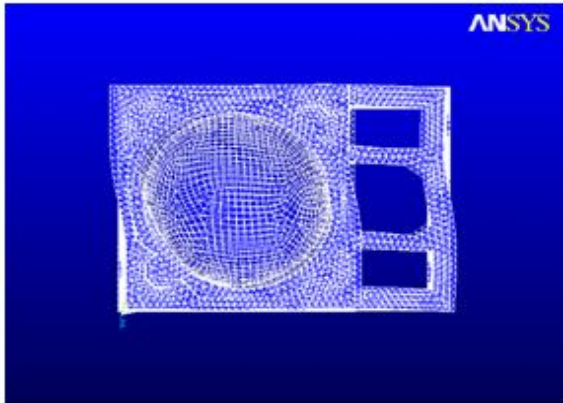
Şekil 5. Düşey Deplasman Değerleri



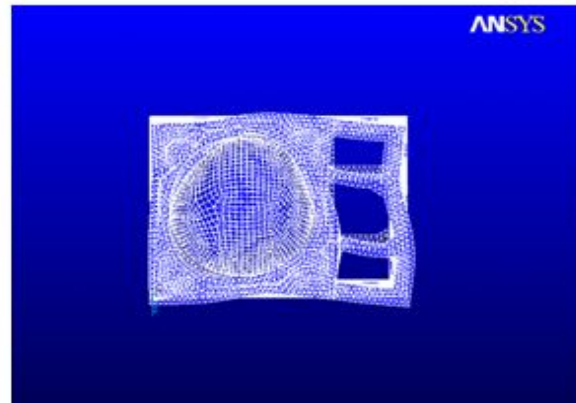
1. mod



2. mod



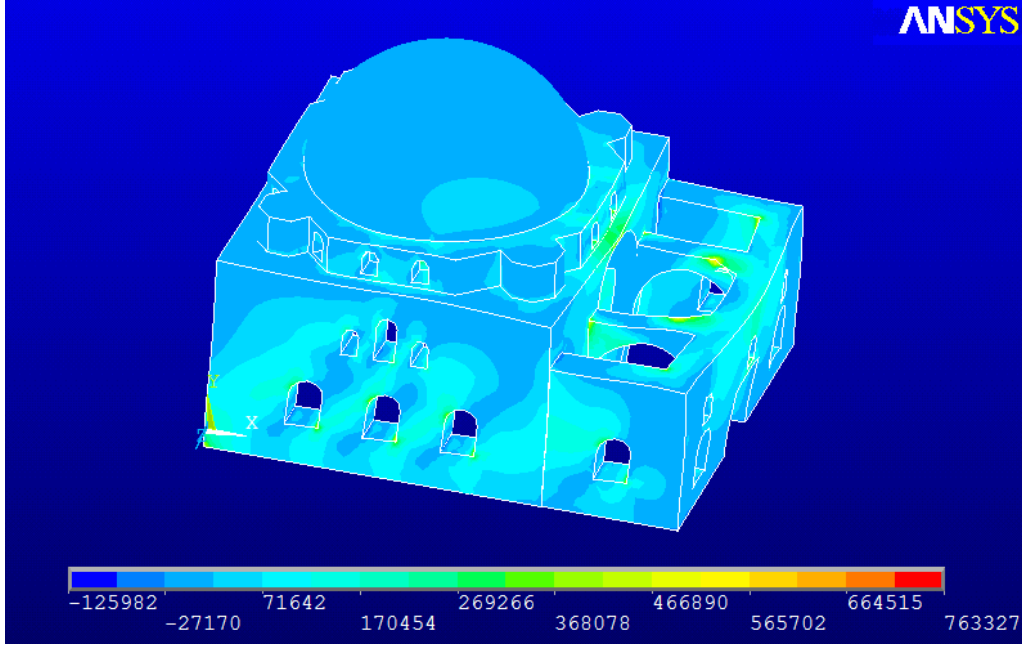
5. mod



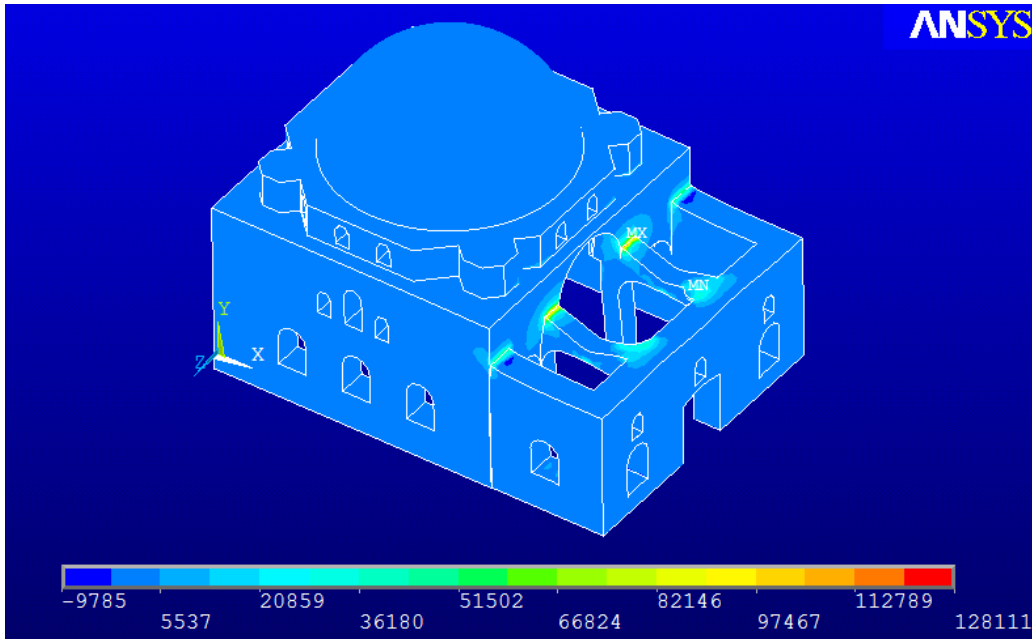
8. mod

Şekil 6. Modal Analizden Elde Edilen Bazı Mod Şekilleri

Mod birleştirme yönteminden sonra, yapıya kuzey - güney ve doğu - batı yönünde İzmit depremi ivme kayıtları etki ettirilmiş ve yapının deprem anındaki davranışı incelenmiştir. Şekil 7'de görüldüğü gibi, depremin kuzey - güney doğrultusunda etkimesi durumunda, zorlanacak bölgelerin, üç gözlü ön bölümün üst noktaları ve giriş duvarı üst kısımları olduğu tespit edilmiştir. Şekil 8'de ise, doğu-batı doğrultusunda camiye etkiyecek bir deprem nedeniyle, üç gözlü bölümün camiye birleştiği noktalarında zorlamalar meydana geldiği ve bu bölümlerde gerilme artışlarının olduğu görülmektedir. Bu nedenle deprem açısından caminin üç kubbeli ön bölümünün ve giriş duvarı üst kısımlarının risk taşıdığı ve olası bir deprem durumunda bu bölümlerin daha hassas bölgeler olduğu belirtilebilir.



Şekil 7. Kuzey - Güney Doğrultusu Deprem Etkisinden Oluşan Gerilme Dağılımı



Şekil 8. Doğu - Batı Doğrultusu Deprem Etkisinden Oluşan Gerilme Dağılımı

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Amasya ili Merzifon ilçesinde yer alan ve Osmanlı mimarisinin örneklerinden biri olan Kara Mustafa Paşa Cami'nin statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular ve getirilen öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

- Bu çalışmada yalnızca cami ana kütleleri üzerinde durularak minare ve son cemaat yeri dikkate alınmamıştır. Ayrıca, yapılan analizlerde caminin oturduğu zemin rijit kabul edilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle caminin deprem performansı hakkında detaylı bilgi için, zemin incelemelerinin de yapıp buna göre yeni analizler yapmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir.
- Camii ana kütleleri kendi ağırlığı altında oldukça rijit durumdadır ve statik olarak oluşan gerilmeler bu tür malzemeler için izin verilen gerilmelerin altında kalmaktadır.
- Cami kütlelerinde deprem etkileri altında zorlanan kısımların girişteki üç gözlü bölme ve ana giriş kapısı üstündeki bölümler olduğu gözlenmektedir. Fakat buralarda da elde edilen gerilme değerleri, bu tür yığma malzemeler için dikkate alınan değerlerin altındadır.

4. KAYNAKLAR

- [1] Menç, H., (2000), "Tarih İçinde Amasya", Birinci Baskı, Net Ofset Yayıncılık, Ankara.
- [2] Çerkez, M., (2005), "Merzifon'da Türk Devri Mimari Eserleri", Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [3] ANSYS, 2010, Finite Element Analysis Program, USA.
- [4] Çamlıbel, N., (1998), "Sinan Mimarlığında Yapı Strüktürünün Analitik İncelenmesi", Doçentlik Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Kretevska, K., Taskov, L.J., and Gramatikov, K., (2007), "Experimental and numerical investigations on the Mustafa Pasa Mosque Large Scale Model" Workshop COST C26, 30-31 March 2007, Prague.
- [6] Peker K. and Togrol, E., (2012), "Performance based approaches to structural analysis of historical structures and a case study", <http://www.erdemli.com/dosya/5Z2K4U5W.pdf>
- [7] Akan, A.E., "Tarihi Ahşap Sütunlu Camilerin Sonlu Elemanlar Analizi ile Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi", SDU International Technologic Science, Vol. 2, No 1, February 2010, pp. 41-54
- [8] Azevedo J. and Sincraian G., (2001), "Modelling the Seismic Behaviour of Monumental Masonry Structures", In Proc. of the International Millennium Congress, Paris, France
- [9] Maria L., Beconcini, S.B., and Salvatore, W., (2001), "Structural characterisation of a medieval bell tower: First historical, experimental and numerical investigations", Proc. 3rd Int. Seminar, Structural Analysis of Historical Constructions, Portugal, pp. 431-444
- [10] Aras, F., Krstevska, L., Altay, G., Taskov, L., (2011), "Experimental and Numerical Modal Analyses of a Historical Masonry Palace", Construction and Building Materials, Volume 25, Issue 1, January 2011, pp. 81-91
- [11] Votsis, R.A., Kyriakides, N., Chrysostomou, C.Z., Tantele, E., and Demetriou, T., (2012), " Ambient vibration testing of two masonry monuments in Cyprus", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 43, December 2012, Pages 58-68
- [12] Lourenco, P.B.,(2002) "Computations on historic masonry structures", Progress in Structural Engineering and Materials, Volume 4, Issue 3, pages 301-319
- [13] Ural, A., Doğançün, A., Görkem, S.E., (2006), "Stone Masonry Arch Bridges in Turkey

- and Analysis of a Sample Bridge Including Nonlinear Behavior", 1st International Conference on Restoration of Heritage Masonry Structures Cairo, Egypt, April 24-27, 2006
- [14] Reale, E., Paguni, C., and Florida, S., (2001), "Static and dynamic analysis of S. Peter tower in Modica, Ragusa, Sicily, Ragusa, Sicily. Historical Constructions,. Proceedings of the 3rd International .
- [15] Mosoarca, M., and Gioncu, V., (2010), "Seismic management and damage prevention of religious buildings situated in seismic areas", Proceedings of the International Conference on Risk Management, Assessment and Mitigation, Bucharest
- [16] Toker, S., and Ünay, A.İ., (2004), "Mathematical modeling and finite element analysis of masonry arch bridges", Gazi University Journal of Science, Vol. 17, No. 2
- [17] Krstevska, L., Taskov, L.J., (2009), "In situ testing of the mosque in the village of Mazhici in Kosovo by ambient vibration measurements", Report IZIIS 2009-50.
- [18] Taskov, L.J., Krstveska, L., De Matteis, G., Gramatikov, K., Mazzolani, F., (2009), "Shake Table Test of a Model of Fossanova Church in Reduced Scale", Proceedings, Protection of Historical Buildings, Conference Prohitech 09, Rome, Italy, 2009