



Rize Merkez Kurşunlu Camisi'nin deprem davranışının incelenmesi

Kasım Armağan Korkmaz^{1*}, Pınar Zabin², Asuman Işıl Çarhoğlu², Ayhan Nuhoglu³

^{1*}İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, İstanbul

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Isparta

³Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, İzmir

30.10.2011 Geliş/Received, 27.01.2014 Kabul/Accepted

ÖZ

Tarihi yapıların mevcut yüklere ve ileride olabilecek zorlanmalara karşı yapısal davranışlarının belirlenmesi, korunması, sağlamlaştırılması, restorasyon ve mühendislik açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda, tarihi yapılar bilgisayar programları ile modellenerek analizleri yapılmakta ve davranışları belirlenmektedir. Bu çalışmada, SAP2000 programı kullanılarak Rize Merkez'de bulunan ve 1570 yılında İskender Cafer Paşa tarafından yaptırılan Kurşunlu Camisi üzerinde Cape Mendocino, Düzce ve Landers depremleri uygulanarak, zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Yığma taşıyıcı sisteme sahip olan tarihi yapıda her bir ivme kaydı için ortaya çıkan yer değiştirme ve gerilme değerleri elde edilmiş ve analiz sonuçları doğrultusunda bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: tarihi yığma yapılar, Rize Kurşunlu camisi, zaman tanım alanı

Investigation of seismic behavior of Rize Kursunlu Mosque

ABSTRACT

Investigation of structural behavior of historical building's under existing loads and stresses is important for conservation, restoration and engineering. Therefore, historical buildings are modelled with computer softwares for their analyses to get information about their structural behaviors. In the present study, Sap2000 program is used to conduct time history analyses with the data of Cape Mendocino, Düzce and Landers earthquakes to understand seismic behavior of kurşunlu mosque, built by Iskender Cafer Pasha in 1570 AD, located in Rize down town. Displacemet and stress values are calculated for each acceleration records. According to calculated results, an evaluation was done for the mosque.

Keywords: historical masonry buildings, Rize Kursunlu Mosque, time history

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Yazar e-postaları: korkmazar@itu.edu.tr pinarusta@sdu.edu.tr carhoglu@mmf.sdu.edu.tr
anuhoglu@eng.ege.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Geçmiş kültürlerin günümüze yansması olan tarihi yapıların birçoğu karşılaştığı olumsuzluklara rağmen hala varlıklarını sürdürmektedir. Günümüzde birçok yeni yapı depreme karşı yeterli dayanım gösteremezken, eski yapıların depremlere karşı dayanım göstermesi oldukça ilgi çekicidir. Tarihi yapıların deprem güvenliğini belirlemek için, yapının depreme karşı dayanımının bilinmesi gerekmektedir, bunun için tarihi yapılar üzerinde gerekli bilimsel çalışmalar artırılarak, tarihi yapıların gerek mevcut taşıyıcı sistem özelliklerinin gerçekçi olarak belirlenebilmesi gerekse özellikle deprem yüklerine karşı dayanımlarının artırılması için pratik ve uygulanabilir yöntemler geliştirilmelidir.

Türkiye, tarihi yapılar bakımından zengin bir ülkedir. Geçmişten günümüze miras kalan ve geleceğe miras olarak iletilmesi gereken tarihi yapılar, toplumların tarihini ve kültürünü yansıtan en önemli görsel ve manevi unsurlardandır. Aynı zamanda bu tür eserler, turizm sektörünün önemli unsurlarındandır. Bu yapıların günümüz koşullarında korunması, güvenle ayakta kalmalarının ve sürekliliklerinin sağlanması gereklidir. Özellikle Karadeniz bölgesinde yer alan çeşitli ve çok sayıda olan tarihi nitelikteki yapıların içinde camiler önemli yere sahiptir. Günümüzde de topluluklar tarafından halen kullanılıyor olmaları ve buldukları bölgede bir sembol haline gelmiş olmaları bu tür yapıları daha da ön plana getirmektedir. Bu nedenle tarihi yapıların korunmaları ve gereken önemin verilmesi oldukça önemlidir. Tarihi yapılar ayrıca büyük kültürel öneme de sahiptir. Dolayısıyla tarihi yapıların korunması çok önemli bir konudur. Tarihi yapılar çoğunlukla yığma yapı tekniği ile inşa edilmişlerdir. Yığma yapıların basınç dayanımı göreceli olarak yüksek, çekme dayanımı düşüktür. Bu yüzden, yığma yapılarda çekme gerilmesi oluşan bölgeler önemlidir. Deprem ve zemin oturmaları, tarihi yığma yapılarda iki temel hasar nedenidir. Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesi çok özel bir konudur. Dolayısıyla bu konuda yapılan çalışmalar çok değerlidir.

Günümüze kadar konuyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yılmaz, çalışmasında tarihi yapıların deprem analizleri ile ilgili kapsamlı bilgiler vererek mevcut bir tarihi cami yapısını detaylı olarak ele almıştır. Tarihi yapıların modellenmesi ve deprem güvenliklerinin belirlenmesi adlı tezinde Sakarya ilinde bulunan Rahime Sultan camisinin deprem analizini yapmış ve tarihi yapıların deprem davranışı açısından malzeme özelliklerini incelemiştir [1]. Bilgin, günümüzde halen

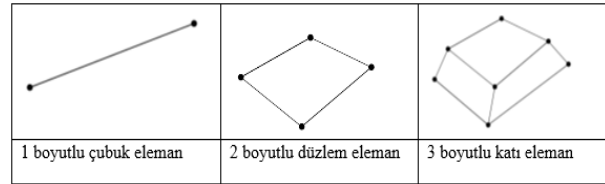
ayakta olan Mimar Sinan camilerindeki kubbe sistemlerinin yapısal davranışlarını incelemiştir [2]. Karaesmen ve Ünay deprem kuşağı üzerindeki Mimar Sinan yapılarından Şehzade Mehmet ve Edirnekapı Mihrimah Sultan camisini sonlu elemanlar yöntemi ile modellemiş ve bu yapıların deprem altındaki durumunu incelemiştir [3]. Erdik ve Durukal, ileride olması muhtemel şiddetli bir depreme karşı, Ayasofya'nın deprem güvenliği için gerçekçi bir model oluşturarak yapının analitik ve deneysel davranışı ile ilgili veriler vermiş, karşılaştırmalar yapmıştır [4]. Bartoli ve Blasi, tarihi yapıların deprem yükleri altındaki davranışlarını ele almış şekil değiştirmiş bir kemerli yapı, bir kilise ve Florance'daki bir köprüyü sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiştir [5]. Ayasofya Müzesi ile ilgili diğer bir çalışmada Çakmak vd., söz konusu tarihi yapının deprem davranışını sonlu eleman yöntemiyle incelemiştir [6]. Selahiye vd., 1549-1557 yılları arasında Mimar Sinan tarafından Kanuni Sultan Süleyman adına inşa edilmiş Süleymaniye Camisini sonlu elemanlar yöntemiyle teorik olarak ele almışlardır [7]. Yüzügüllü vd., M.S. 527-536 yılları arasında inşa edilmiş ve İstanbul'da kullanılabilir durumdaki en eski yapılardan biri olan Küçük Ayasofya Camisini incelemiştir [8]. Timur, 1562-1565 yılları arasında inşa edilmiş Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisini incelemiştir [9]. Teomete ve Aktaş, Urla Kamanlı Camisi üzerinde sonlu eleman yöntemi ile analiz yapmıştır. [10]. Akan ve Özen, 1421 yılında Yıldırım Beyazıt'ın oğlu Çelebi Sultan Mehmed tarafından yaptırılmış olan, sekizgen planlı Yeşil Türbe'yi incelemiştir [11]. Özkul ve Kuribayashib çalışmalarında, İstanbul'daki Ayasofya Camisinin statik analizini eğrisel trapez sonlu eleman kullanarak incelemiştir. Çalışmada önerilen teorik yaklaşımla, kesme etkilerinden kaynaklanan şekil değiştirmelerin hesaplara daha gerçekçi olarak dahil edilebildiği vurgulanmıştır [12]. Doğangün ve arkadaşları, yükseklikleri 20m 25m ve 30m olan farklı geometrik boyutlardaki yığma taş minarelerin dinamik analizlerini teorik olarak incelemiştir. Çalışmada her bir minare tipi için elde edilen yer değiştirme ve gerilme davranışları değerlendirilerek, bu tür yapıların tasarımında ve güçlendirilmesinde esas alınabilecek çeşitli kriterler önermişlerdir [13]. El-Attar ve arkadaşları, Mısırda 1992 yılında meydana gelen deprem sonucunda birçok tarihi yapının çeşitli oranlarda hasara uğradığını belirterek, bu yapıların önemlilerinden biri olan ve Memluk tarzında inşa edilmiş Manjag-al Yusuf minaresinin geometrik, malzeme özelliklerini ve dinamik davranışını incelemiştir. Yazarlar, mevcut haliyle depreme karşı yetersiz dayanımda sahip olduğunu ifade ettikleri yapının güçlendirilmesi için çeşitli öneriler sunmuşlardır [14].

2. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ VE ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ (FINITE ELEMENTS METHOD AND TIME HISTORY)

Zaman tanım alanında hesap yöntemi son dönemlerde yapısal analizlerde ve teknolojideki artan gelişmelerle birlikte yapıların tasarımında, analizinde ve sismik analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [15]. Zaman tanım alanında yapılan analizlerde deprem yükleri doğrudan binaya uygulanır ve yapı davranışının en doğru şekilde temsil eder. Bu analizlerde belli yön ve belli bir aralıktaki gerçek deprem ivme kayıtları kullanılarak analiz yapılmakta ve mod sayısına göre yapının periyodu bulunmaktadır. Yapıların analizinde, zaman tanım alanında hesap yöntemi; zaman tanım alanında doğrusal elastik veya zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz olmak üzere iki şekilde uygulanabilmektedir [16]. Zaman tanım alanı analizlerinde en önemli konu uygun deprem kayıtlarının seçilmesi ve bu kayıtların analizlerde kullanılacak şekilde ölçeklenmesidir. Yapıların deprem analizlerinde kullanılan bu yöntemin başarılı olması depremin meydana geldiği bölgelerdeki deprem ivmelerinin düzgün bir şekilde kayda alınması ile gerçekleşir. Deprem kayıtları yapay yollar kullanılarak oluşturulan tasarım ivme spektrumu uyumlu kayıtlar, kaynak ve dalga özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş kayıtlar ve gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar olmak üzere üç farklı kaynaktan elde edilebilir. Bu kaynaklar arasında gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar, depremin oluşumunu ve depremin belli başlı özelliklerini içerdiğinden diğer kayıtlardan elde edilen sonuçlara göre gerçeğe daha fazla yaklaşmamızı sağlar. Bu nedenle gerçek deprem esnasında alınan kayıtların sayısının teknolojinin ilerlemesiyle artması gerekse bunlara erişimin kolaylaşması analizlerde gerçek kayıtların kullanılmasını arttırmıştır [17], [18], [19].

Sonlu elemanlar yöntemi yapıların statik ve dinamik yükler altındaki davranışının belirlenmesinde, yapı elemanlarının gerilme tespitinde, çeşitli yapıların tasarımında ve çözümünde sıklıkla kullanılan, sayısal faktörleri çözüme katmaya olanak sağlayan yöntemlerden biridir. Mühendislikte birçok problemin çözümünde kullanılan sonlu elemanlar yönteminde yapı sonlu boyutta çok sayıda elemana bölünmekte ve sonrasında düğüm noktası adı verilen elemanlarla birleştirilmektedir. Sonlu elemanlar metodunda esas karmaşık bir problemi basite indirgemek ve probleme çözüm bulmaktır. Doğrusal ve doğrusal olmayan Statik ve dinamik analizlerin yapılabildiği sonlu elemanlar yöntemi çeşitli malzeme özelliklerinde ve düzensiz geometriye sahip yapılarda kolayca uygulanmaktadır [20], [21]. Sonlu elemanlar yönteminde bölge veya cisim çok sayıda küçük ve sonlu elemana bölünebilmektedir. Bu elemanlar bir, iki veya üç boyutlu olabilmektedir ve

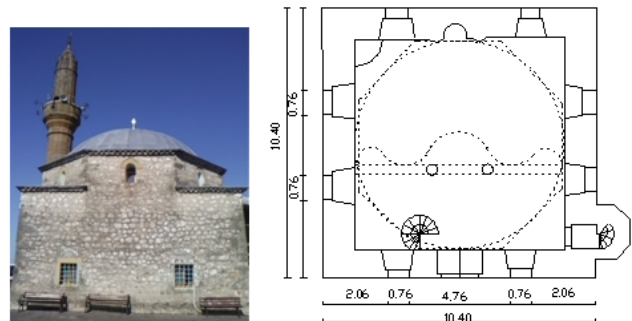
düğüm ya da düğüm noktalarıyla birbirlerine bağlanmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılacak analizlerde cismin geometrisi ve analizin tipi eleman seçiminde önemlidir. Zaman ve ekonomi yönünden tercih edilen bu yöntemde çeşitli yapı eleman modellerini bir arada kullanmak da (çubuk, kabuk, plak, prizma) mümkün olmaktadır [21]. Sonlu elemanlar yönteminde kullanılacak eleman türleri Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Sonlu elemanlar yönteminde kullanılan elemanlar (Elements using of finite elements method)

3. TARİHİ KURŞUNLU CAMİSİ (HISTORICAL KURSUNLU MOSQUE)

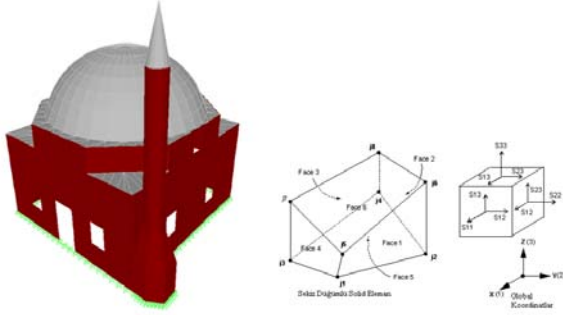
Kurşunlu Cami, zemin sınıfı Z3 olan Rize ilinde bulunmakta olup H.978/M.1570 yılında Cafer Paşa tarafından yaptırılmıştır. Cami 10.40x 10.40 m ölçülerinde kare planlı, ahşap malzemedan yapılmış bir son cemaat yeri, taş duvarlar ve kubbe ile örtülü bir harim kısmından meydana gelmektedir. Caminin duvarları moloz taşlarla örülmüştür. Harimin kuzeybatı köşesinden minareye çıkılmakta ve kare planlı harimin kuzey cephesinde bir kapı bulunmaktadır. Caminin aydınlatılmasını sağlamak için her cephede düz lentolu iki pencere ve sekizgen kubbe kasnağı üzerinde yuvarlak kemerli pencereler bulunmaktadır. Kubbe dıştan kurşun kaplıdır, tromplara oturan kubbenin içinde demir parmaklıklı bir kandillik bulunmaktadır. Mihrap taştan yapılmış olup sade bir görünüme sahiptir [22]. Kurşunlu Camisinin görünümü ve Caminin planı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Kurşunlu Camisinin Görünümü ve Caminin Planı (Kurşunlu mosque and plan)

4. KURŞUNLU CAMİSİNİN DEPREM DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ (DETERMINATION OF KURŞUNLU MOSQUE EARTHQUAKE RESPONSE)

Çalışmada örnek olarak kurşunlu camisi sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiş ve model üzerinde zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Hazırlanan yapı modelinde 2067 adet düğüm noktası kullanarak 2031 alan oluşturulmuştur. Kurşunlu Cami Modeli Şekil 3'te görülmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi ile modellenen yapıda kullanılan malzeme özellikleri de Tablo 1'de görülmektedir. Model üzerinde Cape Mendocino, Düzce ve Landers deprem ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal analizler yapılmıştır. Kullanılan deprem ivme-zaman grafikleri şekil 4-5 ve 6'da, ivme kayıtları ise Tablo 2'de verilmiştir.



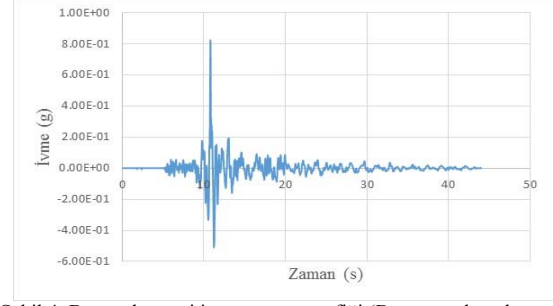
Şekil 3. Kurşunlu camisinin Yapısal Modellemesi ve Analizde Kullanılan Yönler (Kurşunlu mosque's structural modeling and direction used in analysis)

Tablo 1. Modellemede kullanılan malzeme özellikleri (Material properties used in the modeling)

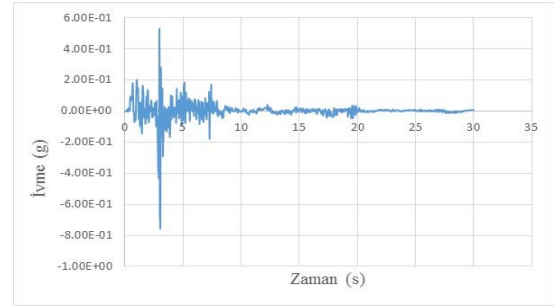
	Elastisite modülü (KN/m ²)	Birim hacim ağırlık (KN/m ³)	Kütle (KN)	Poisson Oranı
Duvarlar (Taş ve Sıva)	450000	24.0	2. 4473	0. 20
Örtü Malzemesi	13000000	2.20	0. 2243	0. 16

Tablo 2. Analizlerde kullanılan depremlerin özellikleri (earthquake properties used in the analysis)

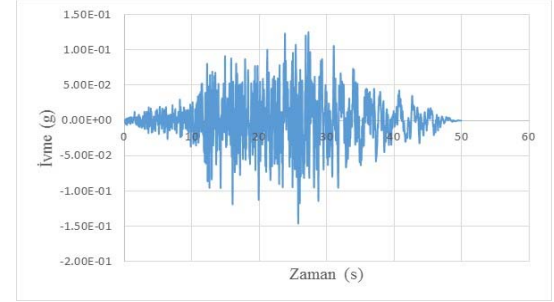
Deprem	Tarih	Moment Büyüklük (Mw)	Yer ivmesi (g)	Odak Uzaklığı (km)
Düzce	12/11/1999	7.1	0.822	10
Landers	28/06/1992	7.3	0.146	7.0
Cape Mendocino	25/04/1992	7.1	0.754	9.6



Şekil 4. Düzce depremi ivme-zaman grafiği (Duzce earthquake acceleration-time graph)



Şekil 5. Cape Mendocino depremi ivme-zaman grafiği (The Cape Mendocino earthquake acceleration-time graph)



Şekil 6. Landers depremi ivme-zaman grafiği (The Landers earthquake acceleration-time graph)

5. ANALİZ SONUÇLARI (ANALYSIS RESULTS)

Yapılan doğrusal analizler sonucunda ilk 4 periyot değeri dikkate alınmıştır. Bunun yanı sıra her bir deprem ivme kaydı için modelde meydana gelen x ve y yönü maksimum yer değiştirme ve maksimum gerilme değerleri bulunmuştur. Modal analiz sonucunda oluşan periyot değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Modelden elde edilen periyot değerleri (period value obtained from model)

Peryotlar	Peryot değerleri (sn)
T1	0. 598035
T2	0. 590750
T3	0. 324908
T4	0. 318214

Cape Mendocino, Düzce, Landers deprem ivme kayıtlarından elde edilen yer değiştirme ve gerilme

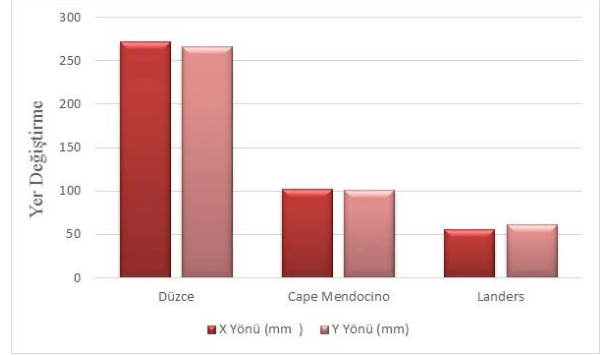
değerleri sayısal olarak Tablo 4 ve 5’de verilmiştir. Ayrıca yer değiştirme değerleri grafik olarak Şekil 7’de, normal gerilme değerleri Şekil 8’de kayma gerilme değerleri şekil 9’da gösterilmiştir. Şekil 10’da zaman tanım alanı analizi sonucu elde edilen yer değiştirme grafiği, Şekil 11 ve Şekil 12’de ise Cape Mendocino depreminin model üzerinde meydana getirdiği x ve y yönü gerilme değeri ise gösterilmiştir. Tablo 4’te yer alan an yüksek yer değiştirme değerleri yapının minarenin tepe noktasından elde edilmiştir.

Tablo 4. Modelden elde edilen yer değiştirme değerleri(displacement obtained from model)

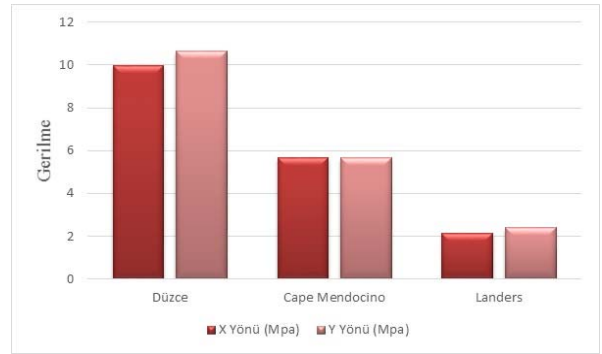
Deprem	Yer Değiştirme Değerleri	
	X (mm)	Y (mm)
Düzce	271.53	266.30
Cape Mendocino	101.89	101.02
Landers	55.21	60.82

Tablo 5. Modelden elde edilen normal ve kayma gerilme değerleri (normal stress and shear stress obtained from model)

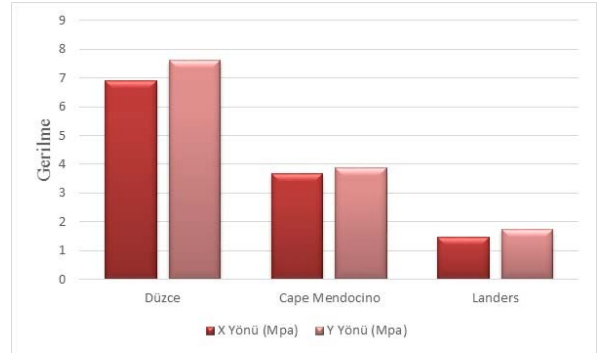
Deprem	Normal Gerilme Değerleri		Kayma Gerilme Değerleri	
	X(Mpa)	Y(Mpa)	X (Mpa)	Y(Mpa)
Düzce	9.997	10.672	6.914	7.633
Cape Mendocino	5.689	5.651	3.683	3.879
Landers	2.151	2.41	1.477	1.752



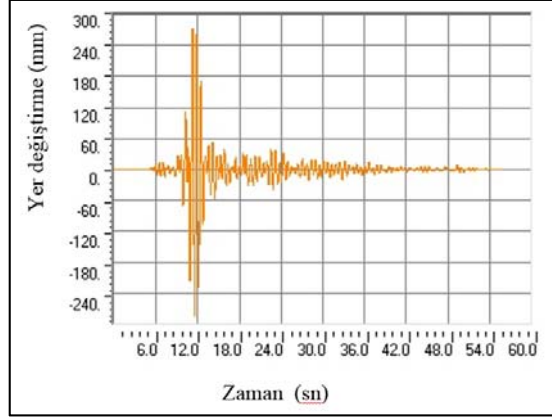
Şekil 7. Analiz sonuçlarından elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri (maximum displacement obtained from Analysis values)



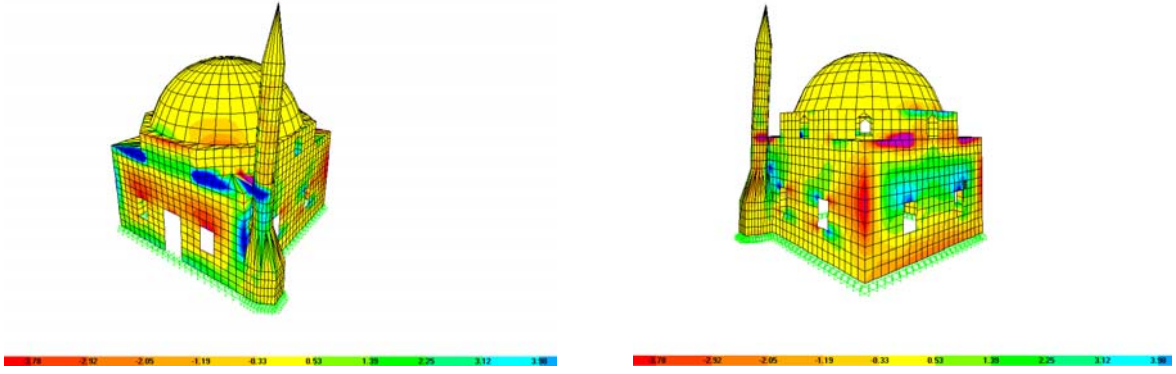
Şekil 8. Analiz sonuçlarından elde edilen maksimum normal gerilme değerleri (maximum normal stress obtained from Analysis values)



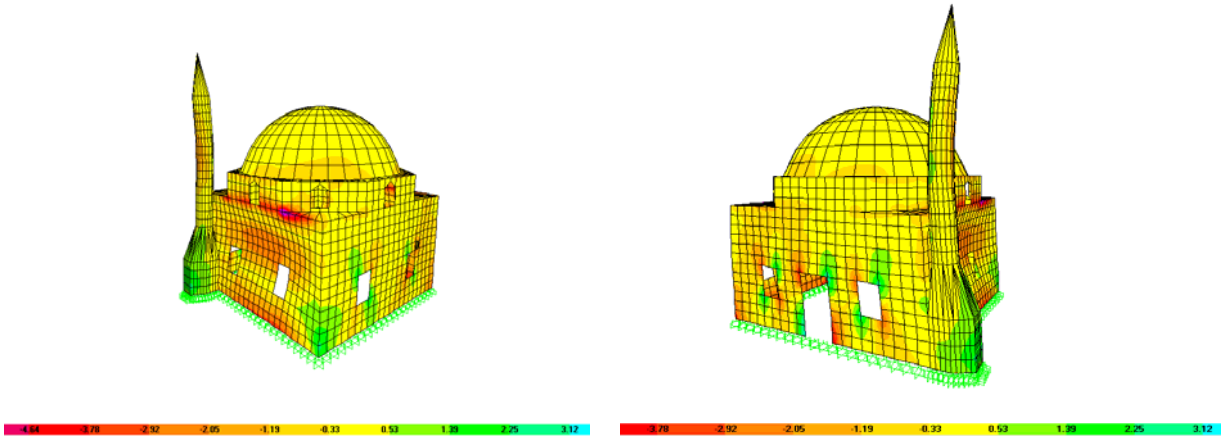
Şekil 9. Analiz sonuçlarından elde edilen maksimum kayma gerilme değerleri (Maximum shear stress obtained from Analysis values)



şekil 10. Düzce depreminin uygulanması ile elde edilen zamana bağlı yer değiştirme değerleri (Time-dependent displacement values obtained from Düzce earthquake)



şekil 11. Düzce depreminin x yönü maksimum gerilmeleri (X-direction maximum stress of the Duzce earthquake)



şekil 12. Düzce depreminin y yönü maksimum gerilmeleri (Y-direction maximum stress of the Duzce earthquake)

Duvarın kayma emniyet gerilmesi Denklem 1 dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu denklemde;

τ_{em} : Duvarın kayma emniyet gerilmesi, τ_o : Duvarın çatlama emniyet gerilmesi ve μ : sürtünme katsayısı olup değeri 0.5 alınmaktadır, σ : düşey gerilme değeridir [23] [24].

$$\tau_{em} = \tau_o + \mu \cdot \sigma \quad (1)$$

τ_o değeri taş duvar malzeme için 0.1 MPa olarak alınabilir. Taş duvarlar için kayma emniyet gerilmesi $\tau_{em} = 0.1 + 0.5 \sigma$ şeklinde hesaplanacaktır. Düşey gerilme değeri kritik kesitler için 10.672 MPa elde edildiği görülmektedir. kayma emniyet gerilmesi 5.436MPa elde edilmektedir. Yapıya uygulanan depremlerden en büyük etki gösteren deprem Düzce depremi olup yapının kayma emniyet gerilmesi 5.436 MPa elde edilmiştir. Analizler sonucu elde edilen kayma gerilmelerinin emniyet gerilmesini aştığı görülmektedir. Bu durum bu özellikteki bir depremin meydana gelmesi durumunda yapıda hasarlar oluşabileceğini göstermektedir.

6. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Bu çalışmada, kesme taştan yapılan ve tarihi camilere tipik bir örnek teşkil eden Kurşunlu Camisinin deprem etkisindeki davranışı incelenmiştir. Tarihi yapı hakkında genel bilgiler elde edilmiş ve literatürde verilen değerler dikkate alınarak Kurşunlu Camisi bilgisayar ortamında modellenmiştir. Zaman tanım alanında Cape Mendocino, Düzce ve Landers deprem ivme kayıtları uygulanarak deprem etkisinde yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Doğrusal analizler sonucunda Düzce depreminde 271.53 mm değeri ile en fazla yer değiştirmenin, Landers depreminde ise 55.21 mm değeri ile en az yer değiştirmenin meydana geldiği görülmüştür. Cape Mendocino depremi yer değiştirme değerleri iki deprem arasında yer almıştır. Gerilme değerleri incelendiğinde ise en büyük gerilme değerinin yine Düzce depreminde 10.672 Mpa, en düşük gerilme değerinin ise Landers depreminde ve 2.151Mpa olduğu görülmektedir. Analizlerden elde edilen yer değiştirme ve gerilme değerleri incelendiğine Düzce depremi değerleri diğer depremlere kıyasla daha büyük çıkmıştır. Değerler arasındaki farkın depremlerin tanımlanmasında önemli rol oynayan; etkin yer ivmesi, odak noktası uzaklığı ve yer hızındaki fark nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Basınç dayanımı oldukça yüksek olan taş malzemesinden yığma tarzında inşa edilmiş yapılar uzun yıllar ayakta kalabilmektedir. Bu tür yapılarda deprem etkisinde meydana gelen hasarların başlıca nedeni taşıyıcı duvarlardaki bağlayıcı malzemelerin taş malzemesi kadar iyi dayanıma sahip olamamalarıdır. Özellikle

kesme taş malzemesinden inşa edilen yapılarda harç ve çeşitli metal kenetler bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda taşlar arasındaki sürtünme kuvvetleri de taşıyıcı sistemin bütünlüğünün sağlanmasında rol almaktadır. Deprem etkisindeki tarihi yapıların stabilitesinin bozulmasında en önemli etken taşlar arasında bütünlüğü sağlayan harç ve metal kenet gibi bağlayıcıların dayanımlarının taş malzemesinin dayanım değerlerinden oldukça düşük olmasıdır. Özellikle bağlayıcı malzemelerin çekme ve kayma dayanımları yapı stabilitesi için öncelikli belirleyicilerdir. Yığma yapılar, betonarme veya çelik yapılar gibi büyük yer değiştirme yapabileme kabiliyetine sahip değildir. Olası bir deprem durumunda, elde edilen bu değerler camide hasarların oluşabileceğini göstermektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde tarihi ana yapıyı oluşturan duvarlarda ve minarede büyük gerilme oluşmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] P.Yılmaz, *Tarihi yapıların modellenmesi ve deprem güvenliklerinin belirlenmesi*, Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2006.
- [2] H.Bilgin, *Sinan Yapılarında Kubbeli Örtü Sistemlerinin Yapısal Analizi*, Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
- [3] E.Karaesmen ve A. Ünay, «A Study of Structural Aspects of Domed Buildings with Emphasis on Sinan's Mosques,» %1 içinde *Proceedings of the IASS-MSU International Symposium*, Turkey/İsatanbul, 1998.
- [4] M.Erdik ve E. Durukal, «Ayasofya'nın Deprem Davranışı,» %1 içinde *2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, Turkey-İsatanbul, 1993.
- [5] G. Bartoli ve C. Blasi, «Masonry Structures, Historical Buildings and Monuments, In: Advances in Eartquake Engineering,» cilt 3, 1997.
- [6] A. Çakmak, A. Moropoulou ve C. Mullen, «Interdisciplinary Study of Dynamic Behavior and Earthquake Response of Hagia Sophia, Department of Civil Engineering and Operations Research, Princeton Universty,» %1 içinde *USA National Technical Universty of Athens*, Greece, 1994.
- [7] A. Selahiye, N. Aydınoglu ve M. Erdik, *Süleymaniye Camisinin Dinamik özelliklerinin Deneysel ve Analitik Yöntemlerle Belirlenmesi*, Turkey-İtanbul, 1994.
- [8] Ö. Yüzügülü ve E. Durukal, «The Effects of the Train Traffic on the Küçük Ayasofya Mosque in İstanbul,» %1 içinde *International Conference on*

- Studies in Ancient Structures*, YTÜ, Faculty of Architecture, İstanbul, 1997.
- [9] T. Timu, *Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisinin Taşıyıcı Sistem Davranışının incelenmesi*, F. B. E. İ. M. B. Yıldız Teknik Üniversitesini, Dü., İstanbul, 2001.
- [10] E. Teomete ve E. Aktas, «Structural Assessment of a Historical Masonry Structure: Urla Kamanlı Mosque,» %1 içinde *Sixth International Congress on Advances in Civil Engineering*, 2004.
- [11] A. E. Akan ve Ö. Özen, «Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi,» %1 içinde *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 2005.
- [12] O. T. Aksu ve E. Kuribayashib, «Structural Characteristics Of Hagia Sophia: A Finite Element Formulation for Static Analysis,» %1 içinde *Building and Environment*, 2007.
- [13] A. Doğan, R. Acar, H. Sezen ve R. Livaoğlu, «Investigation of Dynamic Response of Masonry Minaret,» %1 içinde *Bull Earthquake Eng*, 2008.
- [14] A. El-Attar, A. Saleh ve A. Zaghaw, «Conservation of a Slender Historical Mamluk-Style Minaret by Passive Control Techniques,» *Structural Control and Health Monitoring*, cilt 17, pp. 157-177, 2005.
- [15] T. Seçme, *Zaman Tanım Alanında Davranış Spektrumunun İncelenmesi*, Eskişehir: Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009, p. 86.
- [16] M. Ergün, *Deprem Yer Hareketlerinin Ölçeklendirilmesi Ve Uygulanışı*, Trabzon: Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [17] M. Doğan, *Depreme Dayanıklı Tasarım Dersi*, Eskişehir, 2005, pp. 81,84,259,365,366,367,381-389 .
- [18] N. Erdemir ve V. Okur, «Kazık Gruplarının Sismik Etki Altındaki Performansı,» *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University*, cilt 24, no. 1, 2011.
- [19] S. M. A. Ankan, «Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikte Uygulamaları,» 2013. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/10944.pdf>. [Erişildi: 17 12 2013].
- [20] A. Soyluk, *Asismik Taban İzolatörü Kullanımının Mimari Tasarıma Etkisi*, Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [21] Ö. Dabanlı, *Tarihi Yiğma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008, p. 170.
- [22] «TGD,» [Çevrimiçi]. Available: http://www.tgdturkey.com/turkey/rize/iskender_c_ afer_pasa_camisi.html. [Erişildi: 10 09 2011].
- [23] N. Batur, *Yiğma yapı tasarımı ve analizi*, İstanbul Üniversitesi, 2006.
- [24] *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, Resmi Gazete, 1997.