

Kars Kümbet Camisinin Deprem Davranışının İncelenmesi

Asuman Işıl ÇARHOGLU¹, Pınar ZABİN^{1,*}, Kasım Armagan KORKMAZ²

¹*Suleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Muhendisliği Bölümü, Çunur, Isparta*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Muhendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul*

Başvuru: 19/12/2013 Kabul: 27/01/2014

ÖZET:

Tarihi camiler kültürel mirasımızın önemli örneklerini oluşturmaktadır. Bu çalışmada Kars ilinde bulunan kümbet caminin farklı deprem ivmeleri altındaki yapısal davranışları incelenmiştir. Tarihi yapı SAP2000 sonlu elemanlar programı ile üç boyutlu olarak modellenmiş ve zaman tanım alanı yöntemi kullanılarak doğrusal analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarından elde edilen yer değiştirme, gerilme ve taban kesme kuvveti değerleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Tarihi camiler, zaman tanım alanı, sonlu elemanlar

ABSTRACT:

Historical mosques constitute the important samples of cultural heritage. In the present study, Kumbet mosque, which is located in Kars, was examined for its structural behavior under earthquake accelerations. The historical mosq building was modeled as three- dimensional with SAP 2000 finite element software. Lineer analyses by using time history method was carried out. The values of displacement, stress and base shear force obtained from the analysis results were compared. Hence, a detailed evaluation was done for the mosq.

Keywords: Historical mosques, time history analyses, finite elements method

1. GİRİŞ

Ülkemiz en eski ve en etkin deprem kuşaklarından biri olan Akdeniz deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır, depremlerin çoğu bu coğrafi bölgede yoğunlaşmıştır [1]. Depremselliği yüksek olan ülkemiz de geçmişten günümüze kadar birçok medeniyet yaşamıştır. Bu tarihsel zenginlik nedeniyle ülkemizde çok sayıda farklı medeniyet ve kültürü yansıtan tarihi yapı bulunmaktadır. Bu yapılardan bir çoğu da aktif faylar üzerinde bulunmaktadır [2-3]. Yıllar boyunca varlığını sürdürmeye çalışan tarihi yapılar, ömürleri boyunca depreme ve

çeşitli dış etkilere maruz kalmışlardır. Bu süreçte özellikle depremlerden olumsuz olarak etkilenen yapılar bazen yıkılmakta bazen de kullanılamaz hale gelmektedir [4]. Tarihi yapıların depremlerden en az düzeyde etkilenmesi, hasar görmemesi ve en önemlisi yıkılmaması için yapıların depremde hasar görebilecek zayıf noktalarının bilinmesi önemlidir. Bu nedenle tarihi yapılarının deprem analizleri yapılmalı ve yapılara müdahaleler elde edilen sonuçlara göre ve yapıya zarar vermeden gerçekleştirilmelidir [5]. Tarihi yapıların

*Corresponding author, e-mail: pinarusta@sdu.edu.tr

deprem davranışlarının belirlenmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır, Yüzüğüllü vd., İstanbul'da bulunan ve M.S. 527 -536 yılları arasında inşa edilmiş Küçük Ayasofya Camisi'ni sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiş ve analizlerini yapmışlardır [6]. Timur, çeşitli deprem etkilerine maruz kalmış Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisi'ni sonlu elemanlar metodu ile incelemiş ve yapının serbest titreşim modlarını belirlemişlerdir [7]. Tanyıldızı ve Sayın, Anadolu'da en eski ve önemli tarihi yapılardan olan Harput Ulu Camisi'nin depreme karşı güvenilirliğini araştırarak tarihi caminin deprem güvenilirliğini belirlemeye çalışmışlardır [2]. Yılmaz, Rahime Sultan Camisi'ni sonlu elemanlar modeli ile modelleyerek yapının deprem etkisi altındaki en büyük yer değiştirmeleri ve gerilmeleri belirlemişlerdir [8]. Dabanlı , Ö., Hırka-i Şerif Cami'sinin çeşitli yüklemelerde sayısal çözümünü yapmış ve yapının performansını değerlendirmiştir [9]. Nuhoglu vd. çalışmalarında Konak Yalı Camisi'nin deprem davranışını belirlemek için yapının dinamik analizlerini yapmış ve elde edilen sonuçları yürürlükte olan Deprem Yönetmeliği ile karşılaştırarak incelemişlerdir [4]. Akan çalışmasında, tarihi ahşap sütunlu camilerden Ankara Ahi Evran Camisi'nin depreme karşı yapısal davranışını belirlemek için tarihi yapıyı üç boyutlu modellemiş ve yapısal analizini yapmıştır [10]. Soyuk ve Tuna çalışmalarında Mimar Sinan'ın çıraklık eseri olarak tanımlanan Şehzade Mehmet Camisi'ni sonlu elemanlar yöntemiyle modelleyerek tarihi camiye sismik taban

izolatörü ile güçlendirmiş ve yapının güçlendirme öncesi ve sonrası deprem davranışını incelemişlerdir [11].

2. KARS KÜMBET CAMİ (KARS KUMBET MOSQUE)

Kars Kümbet Camisi'nin kitabesi bulunmamaktadır ve hangi tarihte inşa edildiği tam olarak bilinmemektedir fakat X. Yüzyılda Kars ve çevresine hakim olan Bağratlılar zamanında inşa edilmiş olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca Kümbet Camisi'nin 940'lı yıllarda Kıpçak Türkleri tarafından Hıristiyan olan Türkler için yapıldığı söylenmektedir. Yapı Ruslar

Döneminde (1878-1918) Ortodoks Kilisesi olarak kullanılmış 1918 den sonra cami olmuştur, daha sonraki dönemler boyunca depo, karakol ve müze binası olarak kullanılmaya devam eden yapı günümüzde Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne ait cami olarak işlevini sürdürmektedir. Yapının malzemesi bazalt taşıdır ve yapının duvarları düzgün kesme taş ile inşa edilmiştir [12-13]. Yapı dört yapraklı yonca planlıdır. Yapıda merkezi mekanı örten 11.00 m çapında oniki dilimli kaburgalı kubbe, zeminden kubbe merkezine kadar yaklaşık 21.00 m yüksekliktedir. Kars Kümbet Cami şekil 1'de görülmektedir.

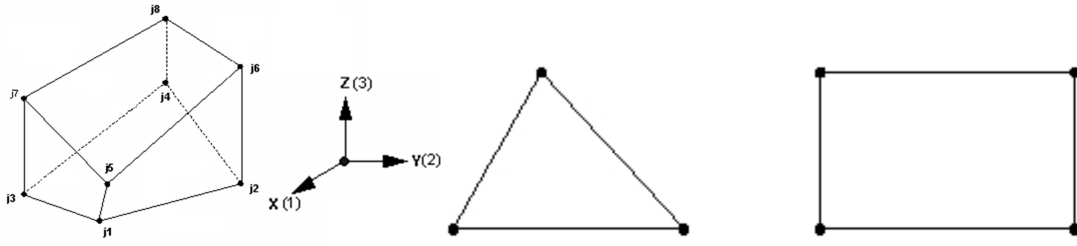


Şekil 1. Kars Kümbet Camisi (Kars Kumbet Mosque)

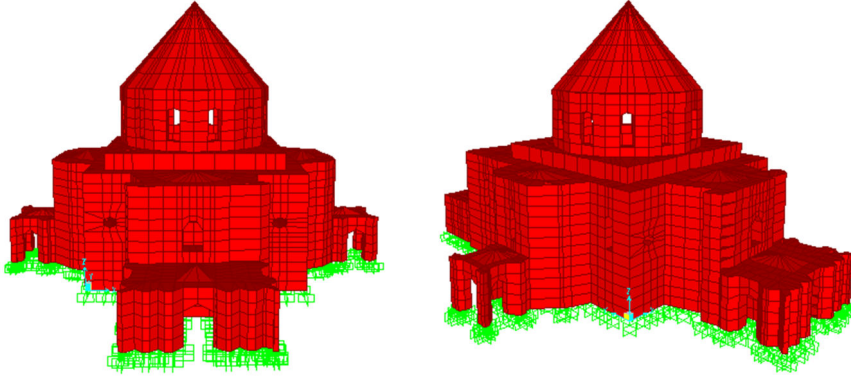
3. KARS KÜMBET CAMİSİNİN DEPREM DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ (DETERMINATION OF SEISMIC BEHAVIOUR OF KARS KUMBET MOSQUE)

Çalışmada örnek olarak Kars Kümbet Cami sonlu elemanlar yöntemi ile ve yapının gerçek boyutları dikkate alınarak modellenmiştir. Yapı modeli 5297 adet düğüm noktası 2411 adet katı (solid) ve 484 kabuk eleman ile

oluşturulmuştur. Yapının duvarları 8 düğüm noktalı katı elemanlarla, örtü elemanları ve çatı ise 3 ve 4 düğüm noktalı kabuk elemanlarla oluşturulmuştur. Katı eleman üç boyutlu yapıların modellenmesinde ve analizinde kullanılan sekiz düğüm noktasına sahip katı bir elemandır, kabuk eleman ise 3 ve 4 düğüm noktasına sahip kabuk elemandır. Modellemede kullanılan katı ve kabuk elemanlar Şekil 2'de Kümbet Cami Modeli Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 2. Modellemede kullanılan katı (SOLİD-3 boyutlu) ve kabuk (SHELL-2 boyutlu) elemanlar (Solid and Shell elements which are used for the models) [4-14]



Şekil 3. Kümbet Cami 3 Boyutlu Sonlu elemanlar modeli (3-D finite element modeling of kümbet mosque)

Tarihi yapıların birçoğu gibi tarihi camilerin birçoğu da yığma yapı tarzında ve doğal taş, kesme taş, mermer, tuğla, kiremit ve horasan harcı ile inşa edilmiştir [4]. Sonlu elemanlar yöntemi ile modellenen yapıda kullanılan duvar malzemesi (taş+harç) birlikte modellenmiş ve tek bir malzeme özelliği kabul edilmiştir. Malzeme özelliği Tablo 1’de görülmektedir.

Kümbet caminin dinamik analizi için 20 adet gerçek deprem ivme kaydı seçilmiş ve yapıya zaman tanım alanında doğrusal analiz uygulanmıştır. Tarihi yapıya uygulanan depremlerin özellikleri tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Modellemede kullanılan malzeme özellikleri (Material properties used the modelling) [15]

	Elastisite modülü (Mpa)	Birim hacim ağırlığı (kg/m ³)	Poisson oranı
Taş Duvarlar (Harç+Taş)	450	2447	0.2

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

No	Deprem	Tarih	Moment Büyüklük (M _w)	Kayıt	Yer Hızı (cm/s)	Yer ivmesi (g)	Odak Uzaklığı(km)	Tip
1	<u>Anza</u> (Horse Canyon)	25/02/1980	4.9	AZF315	2.6	0.066	12.1	Yanal Atımlı
2	<u>Kobe</u>	16/01/1995	6.9	KJM000	79.3	0.821 3	6.9	Yanal Atımlı
3	<u>Kocaeli</u>	17/08/1999	7.4	SKR090	79.5	0.376	3.1	Yanal Atımlı

4	<u>San Fernando</u>	02/09/1971	6.6	ORR021	15.6	0.324	24.9	Ters Eğik Atımlı
5	<u>Düzce</u>	12/11/1999	7.1	1060-N	11	0.028	30.2	Yanal Atımlı
6	<u>Cape Mendocino</u>	25/4/1992	7.1	CPM-UP	63	0.754	8.5	Ters Eğik Atımlı
7	<u>Coyote Lake</u>	06/08/1980	5.7	G01-UP	2.5	0.072	9.3	Yanal Atımlı
8	<u>Hollister</u>	28/11/1974	5.2	G01247	4.0	0.132	12.3	Yanal Atımlı
9	<u>Loma Prieta</u>	18/10/1989	6.9	G01090	33.9	0.473	11.2	Ters Eğik Atımlı
10	<u>Lytle Creek</u>	12/09/1970	5.9	CSM095	1.8	0.071	88.6	Ters Eğik Atımlı
11	<u>Morgan Hill</u>	24/04/1984	6.2	G01320	2.9	0.098	16.2	Yanal Atımlı
12	<u>N. Palm Springs</u>	08/07/1986	6.0	AZF225	5.8	0.099	20.6	Ters Eğik Atımlı
13	<u>Landers</u>	28/06/1992	7.3	SIL000	3.8	0.05	51.7	Yanal Atımlı
14	<u>Santa Barbara</u>	13/08/1978	7.2	SBA222	16.3	$\frac{0.20}{3}$	14.0	Ters Oblik Atımlı
15	<u>Victoria, Mexica</u>	09/06/1980	6.1	CPE045	31.6	0.62	34.8	Yanal Atımlı
16	<u>Northridge</u>	17/01/1994	6.7	TPF000	17.6	0.364	37.9	Ters Eğik Atımlı
17	<u>Whitter Narrows</u>	10/01/1987	6.0	ALH180	22	0.333	13.2	Ters Eğik Atımlı
18	<u>Imperial Valley</u>	15/10/1979	7.0	CPEDWN	6.8	0.116	8.3	Yanal Atımlı
19	<u>Parkfield</u>	28/06/1966	5.6	C12320	6.8	$\frac{0.063}{3}$	14.7	Yanal Atımlı
20	<u>Livemor</u>	27/01/1980	7.4	LMO355	9.8	$\frac{0.25}{2}$	8.0	Yanal Atımlı

Birçok yapı için geçerli bir yöntem olan döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit olduğu kabulü yapıların dinamik analizlerinde de geçerli olan bir kabuldür. Rijit diyafram kabulünde döşeme kendi düzlemi içinde sonsuz rijittir ve şekil değiştirmez. Yatay deprem kuvveti analizinde döşemedeki herhangi bir noktada birbirine dik iki ötelenme ve bir dönme bileşeninin olduğu ve üç

serbestlik derecesinin bulunduğu varsayılır. Böylece her bir kat düzleminde döşeme üzerinde yer değiştirme değeri bilinen herhangi bir noktaya bağlı olarak döşeme üzerindeki diğer noktaların yer değiştirme değerleri bulunabilir [16-17]. Çalışmada ele alınan Kars Kümbet Camisi'nde de döşemede rijit diyafram kabulü yapılmıştır.

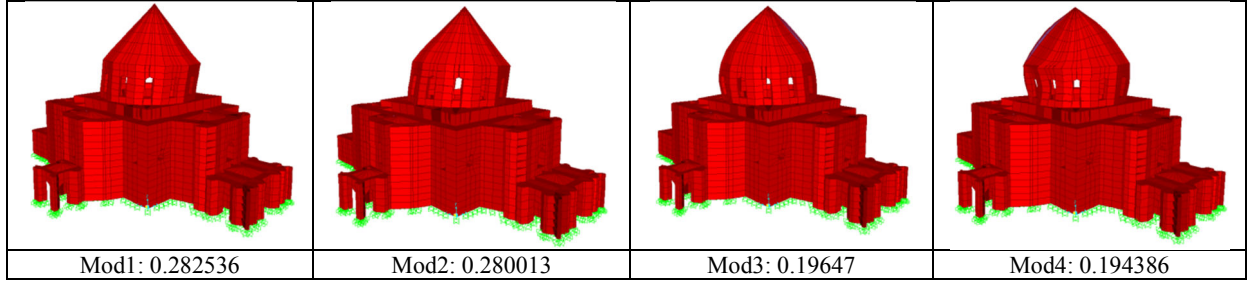
4. KARS KÜMBET CAMİSİNİN ANALİZ SONUÇLARI (ANALYSIS RESULTS OF KUMBET MOSQUE)

Kümbet Camisinin deprem etkisindeki yapısal davranışının belirlenmesinde Sap2000 sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Dinamik doğrusal analizde 12 adet mod değeri dikkate alınmıştır. Yapıya etkilenen her bir deprem ivme kaydı için yapıda meydana gelen x ve y

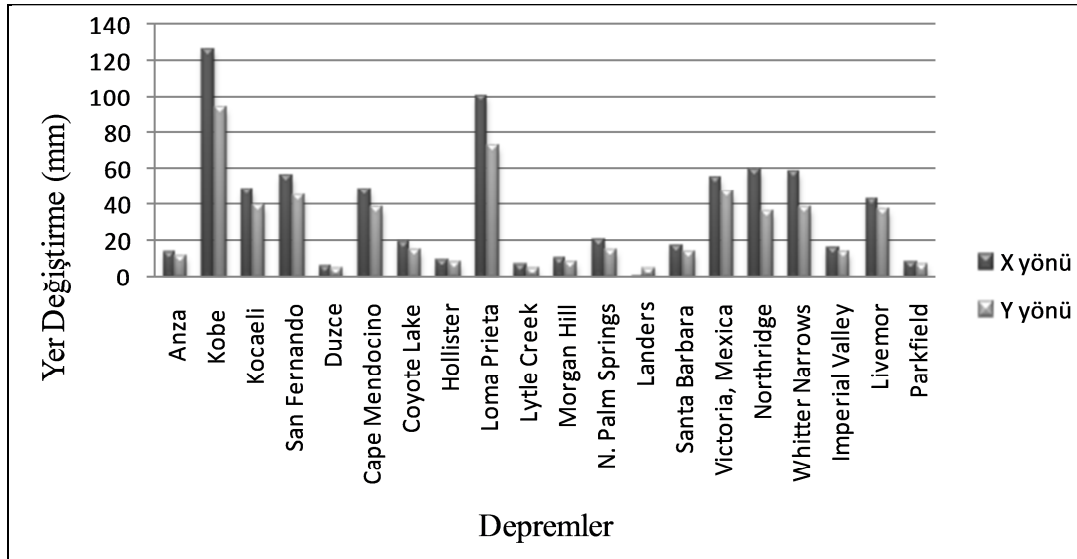
yönü yer değiştirme, gerilme ve taban kesme kuvveti değerleri elde edilmiş ve veriler grafiklerle gösterilmiştir. Modal analiz sonucunda oluşan periyot değerleri Tablo 3'de ve ilk dört moda ait mod şekilleri Şekil 4'de görülmektedir. Ayrıca modelden elde edilen yer değiştirme, çekme gerilmesi, basınç gerilmesi ve taban kesme kuvveti grafikleri ise Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de, gösterilmiştir.

Tablo 3. Modelden elde edilen periyot değerleri (Periods value obtained from the Model)

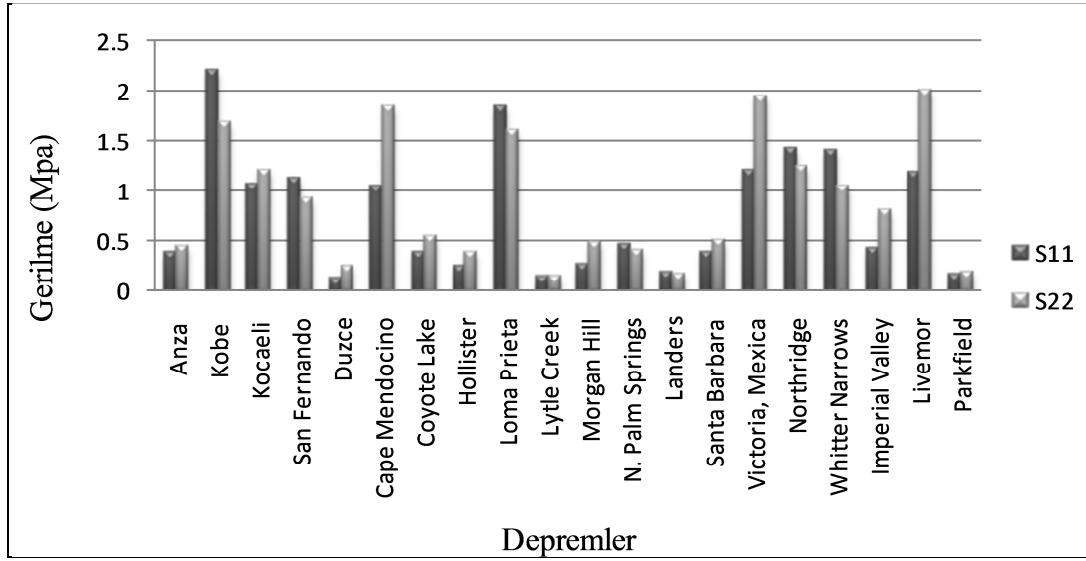
Periyot Değerleri (Sn)			
T1	0.282536	T7	0.185485
T2	0.280013	T8	0.162091
T3	0.19647	T9	0.161955
T4	0.194386	T10	0.156565
T5	0.193509	T11	0.139907
T6	0.193229	T12	0.138295



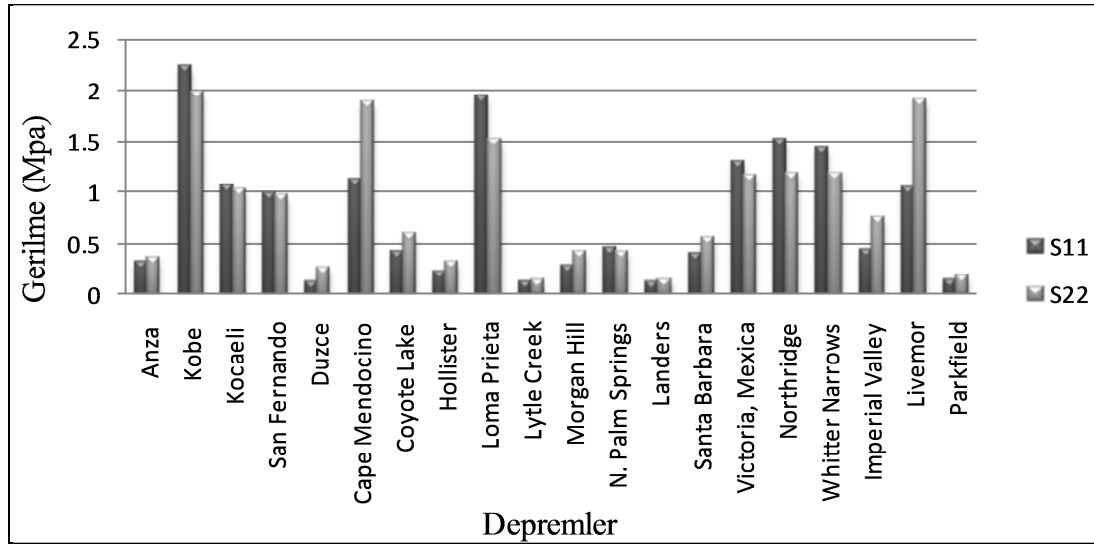
Şekil 4. İlk dört moda ait mod şekilleri (Mode shapes of the first four modes)



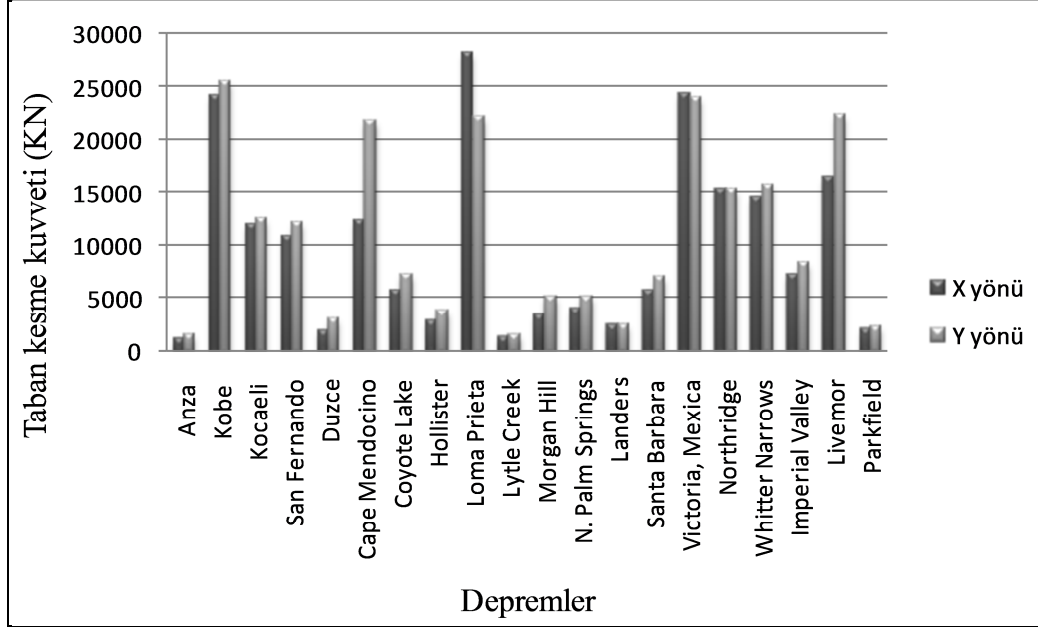
Şekil 5. Doğrusal analizlerden elde edilen Yer değiştirme değerleri (displacement value obtained from linear analysis)



Şekil 6. Doğrusal analizlerden elde edilen Çekme Gerilmesi değerleri (Tensile Stress value obtained from linear analysis)



Şekil 7. Doğrusal analizlerden elde edilen Basınç Gerilmesi değerleri (Compressive Stress value obtained from linear analysis)



Şekil 8. Doğrusal analizlerden elde edilen Taban kesme kuvveti değerleri (Base Reaction value obtained from linear analysis)

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Genellikle yığma yapı olarak inşa edilen tarihi yapılar Yapı ağırlıklarının fazla olması nedeniyle daha fazla deprem yüküne maruz kalmaktadır ve dolayısıyla depremden daha fazla etkilenmektedir. Varlığını sürdüren yapıların deprem davranışlarının bilinmesi bu yapıları depreme karşı korunabilmesi için çok önemlidir. Bu çalışmada Kars Kümbet Camisi gerçek ölçüleri ile Sap2000 programında modellenmiş ve yapının deprem davranışı incelenmiştir. Modellenen yapı üzerinde 20 adet gerçek deprem ivme verileri ile dinamik analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda sırasıyla x ve y yönünde en büyük yer değiştirme değerleri 126.015125 mm ve 93.813418 mm, çekme gerilmesi değerleri 2.225 Mpa ve 1.703 Mpa, basınç gerilmesi değerleri 2.251 Mpa ve 1.983 Mpa olarak kobe depreminde, en büyük taban kesme kuvveti değerleri ise 28190 KN ve 22297 KN olarak Loma Prieta depreminde meydana gelmiştir. X ve Y yönünde en düşük yer değiştirme değerleri ise sırasıyla 5.528576 mm ve 4.763311 mm, çekme gerilmesi değeri 0.142 Mpa ve 0.156 Mpa, basınç gerilmesi değerleri 0.132 Mpa ve 0.163 Mpa olarak Landers depreminde, en küçük taban kesme kuvveti değerleri ise 1336.11154 KN ve 1667.14906 KN olarak Anza depreminde meydana gelmiştir. Dinamik analizler sonucunda her iki yönde de meydana gelen Basınç ve Çekme gerilmeleri birbirine yakın çıkmıştır.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Arık, F.Ş., “Selçuklular Zamanında Anadolu'da Meydana Gelen Depremler”, www.dergiler.ankara.edu.tr, (Erişim tarihi: 21.03.2013).
2. Arslan F., “**Depremden Zarar Görmüş Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi**”, Yüksek lisans Tezi, Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
3. Tanyıldız H. ve Sayın E., “Harput Ulu Camisinin Deprem Davranışının Belirlenmesi”, **Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu**, Pamukkale-Denizli, 7-8 Aralık 2006.
4. Nuhoglu A., Öztürk D. ve Bozdoğan K. B., “Konak Yalı Camisi'nin Deprem Davranışının İncelenmesi, Tarihi Yapıların Afet Risklerinin Değerlendirilmesi”, **İzmir Afet Riskini Azaltma Sempozyumu**, İzmir'de Afet Riskini Azaltma Eylem Planı Çalışmaları, 7-8 Aralık 2009.
5. Aydın E.Ö., Fahjan Y.M., Çömlekçioğlu R., “Deprem Bölgelerindeki Tarihi Kâgir Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yeni Teknikler”, **International Earthquake Symposium**, Kocaeli, 22-26 October 2007.
6. Yüzügülü, Ö., Durukal, E., “The effects of the train traffic on the Küçük Ayasofya Mosque in Istanbul”, **International Conference on Studies in Ancient Structures**, YTÜ, Faculty of Architecture, İstanbul, 1997.

7. Timur, T., “**Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii Taşıyıcı Sistem Davranışının incelenmesi**”, YTÜ Yüksek Lisans Tezi, 2001.
8. Yılmaz, P., “**Tarihi yapıların modellenmesi ve deprem analizi**”, Yüksek lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
9. Dabanlı, Ö., “**Tarihi yığma yapıların deprem performansının belirlenmesi**”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
10. Er Akan A., “Tarihi Ahşap Sütunlu Camilerin Sonlu Elemanlar Analizi İle Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi”, **SDU International Technologic Science**, Vol. 2, No 1, pp. 41-54, February 2010.
11. Soyluk A. Ve Tuna M.E., “Sismik Taban İzolasyonu Uygulaması İçin Tarihi Şehzade Mehmet Camisinin Dinamik Analizi”, **J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.**, 2011 Vol 26, No 3, 667-675, 2011.
12. Anı anıtsal Yapılar Koruma Değerlendirme ve Yapım Mimarlık ve Restorasyon Ltd. Şti., “Kümbet camii”, Erişim Tarihi: <http://www.anitsal.com/projedetay.asp?pid=276>.
13. Arslan M., “Kars Kümbet Cami (On iki Havariler Kilisesi)”, **Serhat Kültür**, Mart-Nisan 2008.
14. Vatan M., “**Yığma yapıların sonlu elemanlar yöntemine dayalı analiz modelinin oluşturulmasında fotogrametrik verilerin kullanılması**”, Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
15. Çavuş M., ve Dayı M., “Tarihi Niksar Kırk Kızlar Türbesinin Sismik Davranışı”, **Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi**, ISSN: 2146-8168, Sayı: 2, 25-34, 2013.
16. Terzi M., Elçi H., “Çerçeve Tipi Betonarme Yapılarda Döşeme Süreksizliklerinin Kesit Tesirlerine Etkisi”, **Journal of Engineering Sciences**, cilt 12, sayı 3, 341-349, 2006.
17. Terzi M., Elçi H., “Perde-Çerçeve Betonarme Yapılarda A2 Türü Düzensizliğin Kesit Tesirlerine Etkisi”, **BAÜ FBE Dergisi**, Cilt:11, Sayı:1, 83-94, 2009.