

EDİRNEKAPI MIHRIMAH SULTAN CAMISINDE YAPILAN ONARIM ve GÜÇLENDİRME ÇALIŞMALARI

Restoration and Reinforcement Works of the Edirnekapi Mihrimah Sultan Mosque

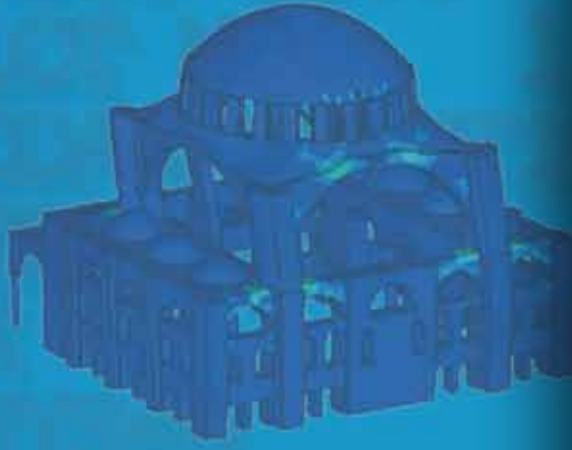
Dr. Haluk Sesigür | İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi
Prof. Dr. Feridun Çılı | İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi

17 Ağustos 1999 İzmit ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri Marmara Bölgesi'nin önemli bir bölümünü etkilemiş olup, tarihi yapıların hasar görmelerine neden olmuşlardır. Son 15 yılda tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesi ile ilgili birçok uygulama yapılmıştır. Bu uygulamaların en önemlilerinden birisi de Edirnekapı'daki Mihrimah Sultan Camisi'dir. Cami 1562-1565 yılları arasında inşa edilmiş olup, tarihsel arşivlerden 1719, 1814 ve 1894 tarihlerinde oluşan büyük depremlerde önemli hasarlar gördüğü belirlenmiştir. 17 Ağustos 1999 İzmit depreminde ana kubbeyi taşıyan güneydoğu cephesindeki ana askı kemerinde hasar oluşmuş, cephe duvarlarında ve ana kubbede çatlaklar meydana gelmiştir. Bunlara ek olarak zayıf zemin koşullarından kaynaklanan oturmaların oluşturduğu hasarlar da gözlenmiştir. Bu çalışmada onarım ve güçlendirme çalışmaları ve sayısal analiz sonuçları ile birlikte önerilen güçlendirme sistemi hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Restorasyon, Cami, Onarım ve güçlendirme, Çekme çemberi, Gergi

After 17 August 1999 Izmit and 12 November 1999 Düzce Earthquakes which are affected very wide area in Marmara region, many damages are observed in historical buildings and structures. During last 15 years numerous repair and strengthening projects are also realized on heritage buildings. Among these projects restoration of Edirnekapı Mihrimah Sultan Mosque is an important application in terms of repair and strengthening practice. The mosque was built between 1562-1565 in Edirnekapı. According to records, this monumental structure has been severely damaged by series of earthquakes in 1719, 1814 and 1894. After 17 August 1999 Izmit Earthquake, the main arch on the southeast façade has severely damaged. There are some cracks observed on the façade walls and on the main dome. Another observation about some cracks on the façade walls originated by settlements due to poor soil conditions. This study focuses on repair and strengthening works and some numerical results for proposed strengthening system.

Keywords: Restoration, Mosque, Repair and strengthening, Steel ring, Steel tie

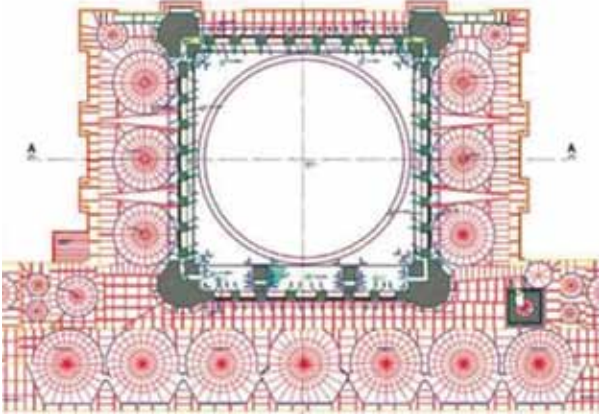


Yapı Taşıyıcı Sistemi

Mimar Sinan'ın önemli eserlerinden birisi olan Mihrimah Sultan Camisi 1562-1565 yılları arasında Edirnekapı'da inşa edilmiştir. Plan ölçüleri yaklaşık olarak 50.00m x 35.00m olup harim hacmi, 17.50m çapında tek kubbe ile örtülmüştür (Şekil 1, Foto 1). Kubbenin kalınlığı en üst kotta 40cm, mesnet kotunda 75cm mertebesindedir. Kubbe, açıklıkları 18.40m, enkesit ölçüleri 2.30m x 2.70m olan kemerlerle taşınmaktadır. Taşıyıcı duvar kalınlıkları kuzeydoğu, güneybatı ve güneydoğu cephelerinde 74cm, kuzeybatı cephesinde ise 288cm'dir. Bu cephede daha önce bir onarım ve güçlendirme çalışması yapıldığı anlaşıl-



Fotoğraf 1-2. Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisi, görünüş ve ağırlık kuleleri



Şekil 1. Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisi, plan.

maktadır. Kemerlerdeki yatay itkiyi azaltmaya yönelik düzenlenmiş ağırlık kulelerinin plan ölçüleri yaklaşık olarak 3.60m x 3.90m'dir (Şekil 1, Foto 2).

1999 İzmit Depreminden Sonra Camide Oluşan Hasarlar

Bilinen tarihi verilerden, Mihrimah Sultan Camisi'nde 1719, 1814 ve 1894 depremlerinde önemli hasarlar meydana geldiği anlaşılmaktadır. Cami, Fevzipaşa Caddesi açıldıktan sonra oldukça yüksek bir kotta kalmış ve zaman içinde caddeye doğru kayma eğiliminde olduğu saptanmıştır. 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremlerinde ise caminin mihrap cephesindeki ana askı kemerinde açıklığın yaklaşık olarak

dörtte biri uzaklığında bulunan bir taş düşmüş, cephe duvarlarında çatlaklar oluşmuştur (Foto 3,6). Buna ek olarak cephe duvarlarında dövmeye demir gergilerin ek bölgelerinde hasarlar/kopmalar (Foto 4) ve kubbede çatlak oluşumu belirlenmiştir (Şekil 2, Foto 5).

Camide oluşan hasar ve caddeye kayma eğilimi bulunması, 2000'li yıllardan başlayarak cami, temel zemini ve temel yapısı üzerindeki çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur.¹ Yapının Fevzipaşa Caddesine doğru kayma eğilimini önlemek amacı ile caminin güneybatı ve kuzeydoğu cephelerinin temel kotunda betonarme bağ kirişleri ile bir-

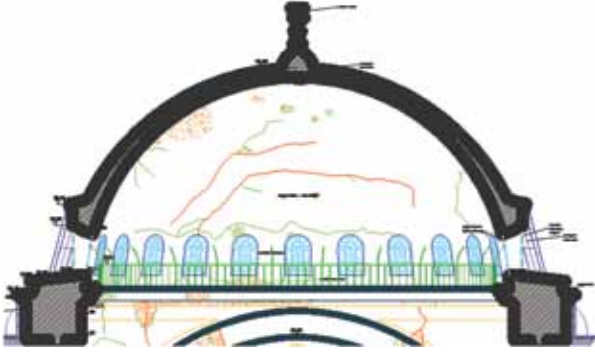
1 İstanbul Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camii, Zemin Etüd Raporu. Ersöz İnşaat San. Müşavirlik ve Tic. Ltd. Şti, Eylül 2000; Prof. Dr. Zekeriya Polat, 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi Sonrası İstanbul, Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camii, Yapı Hasarlarının Yerinde İncelenmesi ve Alınması Gerekliliği Üzerine Görüşler, 19 Mart 2001; Prof. Dr. Zekeriya Polat, İstanbul, Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camii, Yapı Sisteminin Güçlendirilmesi Üzerine Görüşler, 19 Mart 2001; Prof. Dr. Remzi Ülker-İnş. Y. Müh. Emine Alhas, Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camisi Temel Zemini, Sistemi Hakkında Geoteknik Ön İnceleme Raporu, 25.11.2004; Prof. Dr. Zekai Celep-Prof. Dr. Mete İncecik-İnş. Y. Müh. Emine Alhas, Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camii Temel Zemini ve Temel Mühendisliği Raporu, Mayıs 2005; Prof. Dr. Erol Güler, Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii, Temel Takviye ve Zemin Güçlendirme Projesi, ElcGroup Ltd. Şti., Bilgi 2000 Mühendislik ve İnşaat Ltd. Şti., İstinat Duvarları Güçlendirme Projesi, 2007.



Fotograf 3. Mihrap cephesi ana kemerinden düşen taş.



Fotoğraf 4. Dövme demir gergi hasarı.



Şekil 2. Kubbede oluşan çatlaklar.



Fotoğraf 5. Kubbede oluşan çatlaklar.

birine bağlanması (Celep/İncecik/Alhas 2005) temel yüklerinin daha alt kotlara indirilmesini sağlamak üzere cephe duvarları alt kotunun altında bir kazıklı temel sistemi oluşturulması (Güler) yada cami altındaki zemini sabit tutmak amacı ile avlu çevresinde, sağlam zemine soketlenecek şekilde inşa edilecek betonarme çevre duvarının kuyu temel sistemi ile gerçekleştirilmesi gibi yöntemler önerilmiştir.²

Onarım ve İyileştirme Yöntemi

Caminin mihrap cephesi ana kemerinden düşen taşın cephede ani bir göçmeye neden olmaması amacıyla, 1999 Kocaeli depremlerinden hemen sonra, tüm cepheyi kaplayacak çelik bir askı sistemi inşa edilmiştir (Polat 2000 ve 2001), (Foto 6,7).

Camide Fevzipaşa Caddesinin açılmasından kaynaklanan zemin koşullarındaki değişimin neden olabileceği

hasar oluşumunu önlemek amacı ile avlu çevresinde cami cephe duvarları temel altı kotu olan -7.20'nin altında ayırılmış silttaşı ve kiltası şeklindeki sağlam zemine en az 5m kadar soketlenen 2m kalınlığında ve kuyu temel sistemi ile bir perde sistemi oluşturulmuştur (Şekil 3, Foto 8).

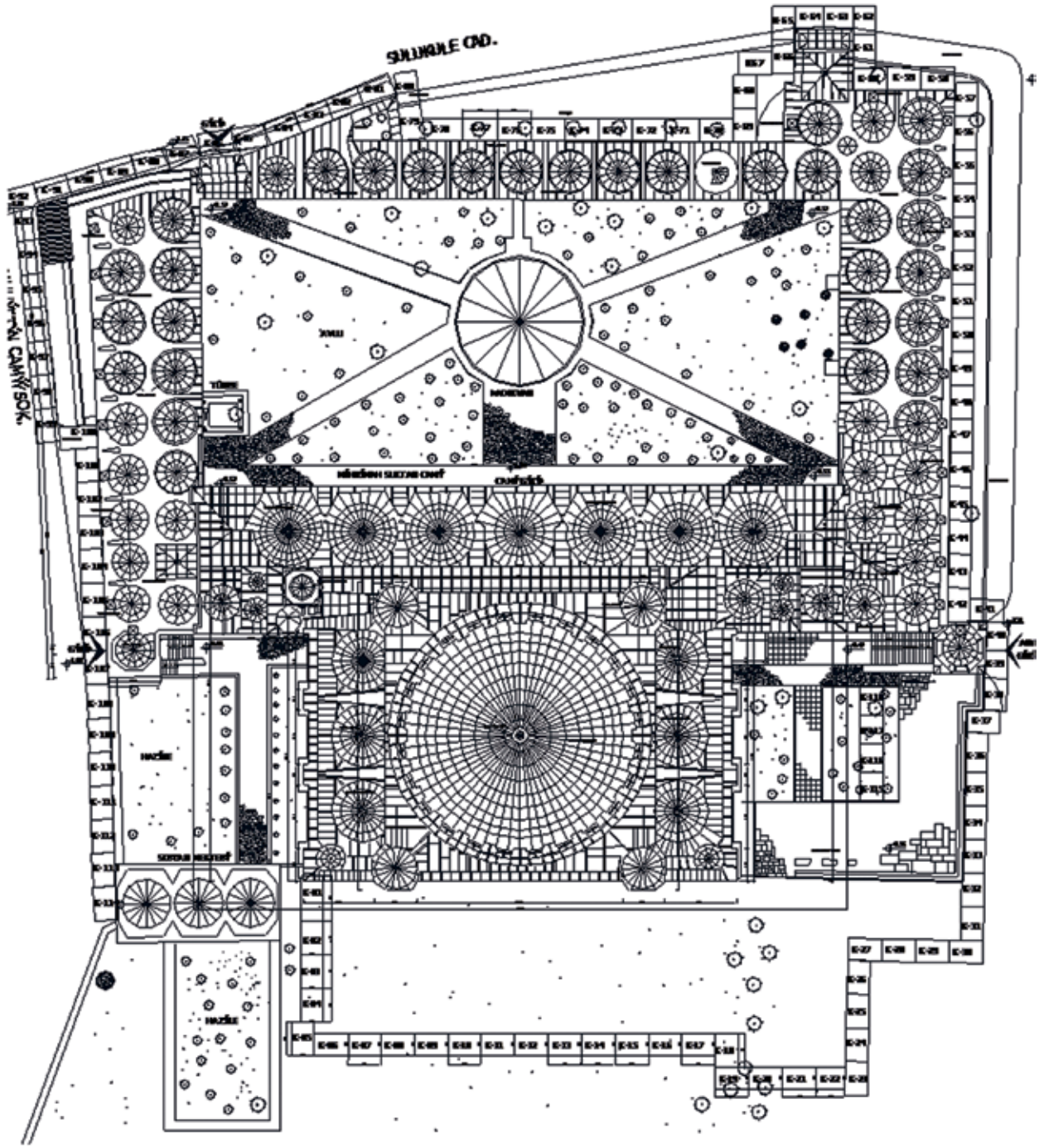
Cephe duvarlarında dövme demir gergilerin ek bölgelerinde belirlenen hasarlar bağlantı elemanlarının yenilenmesi ile onarılmıştır (Foto 9,10).

Camide harim bölümünü örten ana kubbenin etek bölümünden başlayıp tepe kotuna doğru ilerleyen radyal çatlaklar onarıldıktan sonra ileride bu tür çatlak oluşumunun önlenmesi amacıyla kubbe eteğine, aisi316 kalitesinde çelik kullanılarak 10mmx300mm enkesit ölçülerinde bir çekme çemberi düzenlenmiştir (Şekil 4, Foto 11).



Fotoğraf 6-7. Mihrap cephesi ana kemerinde yapılan çelik askı sistemi.

² İstinat Duvarları Güçlendirme Projesi, Bilgi 2000 Mühendislik ve İnşaat Ltd. Şti.2007.



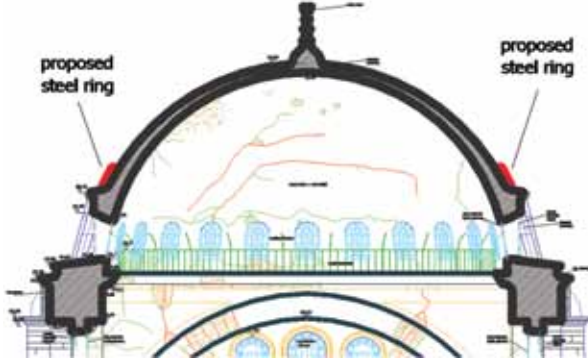
Şekil 3. Cami avlusu çevresindeki perde sistemi.



Fotoğraf 8. 8 No.lu kuyu temel.



Fotograf 9-10. Dövme demir gergi hasarı ve onarımı.



Şekil 4. Kubbe eteğinde çekme çemberi



Fotograf 11. Kubbe eteğinde çekme çemberi.

Mihrap cephesindeki ana kemerde taş düşmesi şeklinde oluşan hasarın bu bölgede ana kemerin üzengi seviyesindeki gerginin eksikliği ya da varsa bile zaman içinde bozulmuş olabileceğinden hareketle ana kemerde ek bir gergi önerilmiştir. Gergi, ağırlık kuleleri yüzeyinde ankraj plakaları düzenlenerek mesnetlendirilmiş olup çelik gergi, aisi316 kalitesinde ve 56mm çapındadır (Foto 12,13).

Taşıyıcı Sistemin Değerlendirilmesi

Caminin üç boyutlu sonlu eleman modeli ANSYS programı ile hazırlanmış, yapı taşıyıcı sistemi düşey ve deprem yükleri etkisi altında ayrı ayrı çözülmüştür. Değerlendirmede tuğlalar ile oluşturulan kubbe, kemer gibi yapı elemanlarında elastisite modülü $E=2000$ MPa,

birim hacim ağırlığı $\gamma=1,8$ t/m³, taş duvarlarda ise $E=2500$ MPa ve $\gamma=2,5$ t/m³ olarak alınmıştır. Elastik hesap ilkelere göre yapılan hesapta deprem yükleri elastik tasarım spektrumu yöntemiyle elde edilmiş olup etkin yer ivmesi katsayısı $A_0=0.40$, spektrum karakteristik periyotları $T_A=0.15s$, $T_B=0.40s$, Yapı Önem Katsayısı $I=1.5$ ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=1.5$ olarak seçilmiştir. Yapının birinci elastik titreşim periyodu $T_1=0.58s$ olarak hesaplanmıştır. Caminin iyileştirme öncesi ve sonrasına ilişkin mod şekilleri Şekil 5,6'da gösterilmiştir.

Güçlendirme sonrası kubbe eteğinde düzenlenen çekme çemberinde hesaplanan kuvvet düşey yükler altında 41.4kN, deprem yüklemesi altında 38.7kN mertebesin-

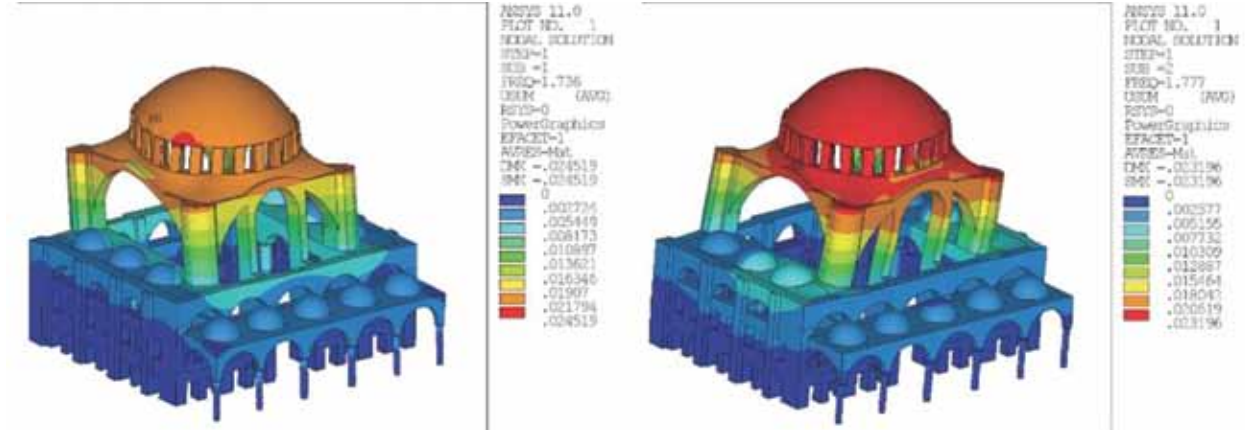


Fotograf 12-13. Mihrap cephesi ana kemerinde düzenlenen gergi ve ankraj detayı.

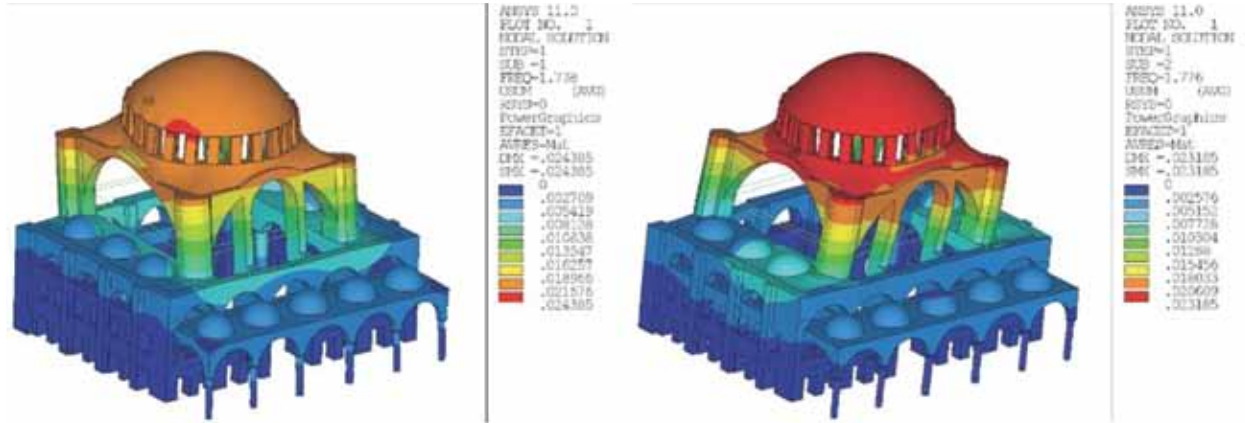
dedir. Yapının davranışını iyileştirmek amacıyla yapılan düzenlemeler öncesi ve sonrası yapılan değerlendirmelerde düşey yükler altında hesaplanan en elverişsiz basınç gerilmeleri 2.00MPa / ~2.00Mpa, ana kemer mesnet bölgesindeki en elverişsiz basınç gerilmeleri 0.82~1.10Mpa / 0.39~0.68Mpa ve kayma gerilmeleri 0.08~0.23Mpa / 0.08~0.21Mpa mertebesindedir. Mihrap cephesindeki ana kemerin üzengi hattında gergi düzenlenmesi kemerin mesnet bölgelerindeki basınç gerilmelerinde %29 ~ %54 oranında azalmaya neden olmuştur.

Güçlendirme sonrası gergide oluşan çekme kuvveti 130kN mertebesindedir.

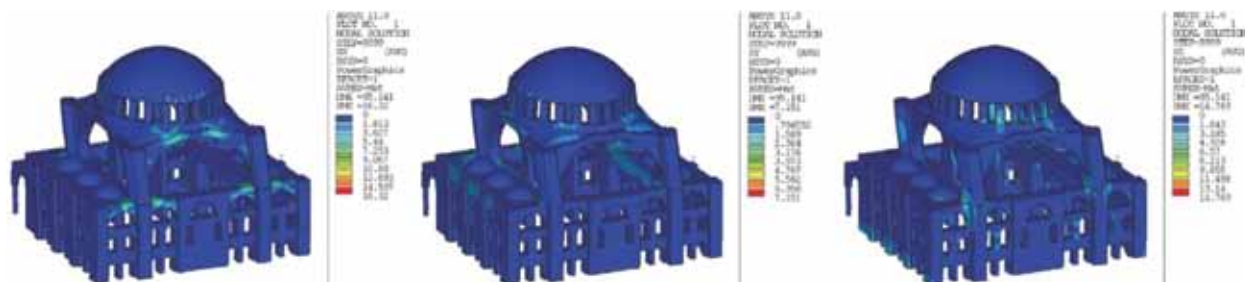
Yapının davranışını iyileştirmek amacıyla yapılan düzenlemeler öncesi ve sonrası yapılan değerlendirmelerde deprem yükleri altında hesaplanan en elverişsiz basınç gerilmeleri 14.78Mpa Mpa / ~6~8 Mpa, kayma gerilmesi 4,23Mpa/4,24Mpa ana kemer mesnet bölgesindeki en elverişsiz basınç gerilmeleri 1.27~1.31Mpa/1.26MPa~1.30MPa ve kayma gerilmeleri 0,60MPa~3,63Mpa/0,61MPa ~ 3,64MPa olarak elde edilmiştir (Şekil 7,8). Güçlendirme



Şekil 5. Yapının güçlendirme öncesi ilk iki mod şekli



Şekil 6. Güçlendirme sonrası ilk iki mod şekli.



Şekil 7. Güçlendirme Öncesi deprem yüklerinin oluşturduğu gerilme dağılımı.



Şekil 8. Güçlendirme sonrası deprem yüklerinin oluşturduğu gerilme dağılımı.

sonrası gergide oluşan çekme kuvveti 300kN mertebesinde.

Yapı taşıyıcı sisteminde, gergili ve gergisiz durumda hesaplanan en elverişsiz gerilmelerin büyüklüğü yaklaşık

olarak aynı mertebededir. Başka bir deyişle gergi düzenlenmesi, yapıda oluşan en elverişsiz gerilmelerin büyüklüğü üzerinde etkili olmamakla birlikte gergili durumdaki gerilme dağılımındaki iyileşme açık biçimde görülmektedir.

KAYNAKÇA

A-Raporlar

İstanbul Edirnekapı, *Mihrimah Sultan Camii, Zemin Etüd Raporu.*

Ersöz İnşaat San. Müşavirlik Ve Tic.Ltd.Şti, Eylül 2000.

Prof.Dr. Zekeriya Polat, 17 Ağustos 1999

Kocaeli Depremi Sonrası İstanbul, Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camii, Yapı Hasarlarının Yerinde İncelenmesi ve Alınması Gerekli Önlemlere Dair Ön Rapor, 30.11.2000.

Prof.Dr. Zekeriya Polat,

İstanbul, Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camii, Yapı Sisteminin Güçlendirilmesi Üzerine Görüşler, 19 Mart 2001.

Prof.Dr.Remzi Ülker/İnş.Y.Müh.Emine Alhas,

Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camisi Temel Zemini, Sistemi Hakkında Geoteknik Ön İnceleme Raporu, 25.11.2004.

Prof.Dr.Zekai Celep/Prof.Dr.Mete İncecik/İnş.Y.Müh. Emine Alhas,

Edirnekapı, Mihrimah Sultan Camii Temel Zemini Ve Temel Mühendisliği Raporu, Mayıs 2005.

Prof.Dr.Erol Güler,

Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii, Temel Takviye Ve Zemin Güçlendirme Projesi,ElcGroup Ltd. Şti.

İstinat Duvarları Güçlendirme Projesi,

Bilgi 2000 Mühendislik ve İnşaat Ltd. Şti. 2007.

B-Yayınlar

Çılı, Feridun/Oğuz Cem Çelik/Haluk Sesigür 2013

Tarihi Yiğma Yapıların Onarımı ve Yatay/Düşey Yükler Etkisi Altındaki Davranışını İyileştirme Yöntemleri, 4.Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, 2013.

Üstündağ, Cenk/Haluk Sesigür/Feridun Çılı 2010

Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisi'nin onarım ve güçlendirilmesi, Kargir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri II, 16-17 Aralık, 2010.