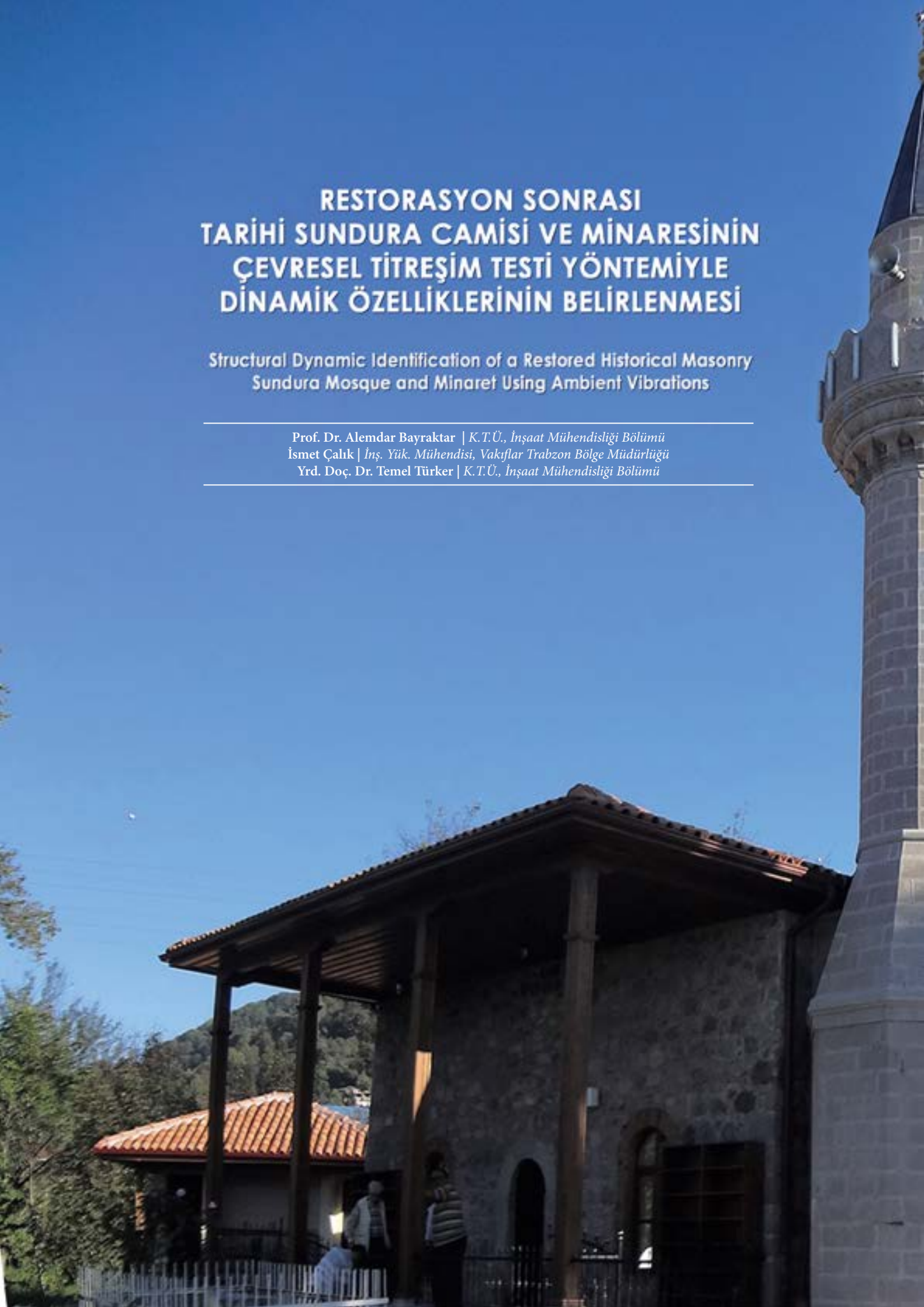


RESTORASYON SONRASI TARİHİ SUNDURA CAMİSİ VE MİNARESİNİN ÇEVRESEL TİTREŞİM TESTİ YÖNTEMİYLE DİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Structural Dynamic Identification of a Restored Historical Masonry
Sundura Mosque and Minaret Using Ambient Vibrations

Prof. Dr. Alemdar Bayraktar | K.T.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü
İsmet Çalık | İnş. Yük. Mühendisi, Vakıflar Trabzon Bölge Müdürlüğü
Yrd. Doç. Dr. Temel Türker | K.T.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü



Bu çalışmada, Artvin İli Hopa İlçesi Sundura Mahallesi'nde yer alan ve yeni restore edilen tarihi taş cami ile doğal taş malzeme kullanılarak geleneksel yapım teknikleriyle yeniden yapılan minarenin dinamik karakteristikleri Çevresel Titreşim Testi yöntemiyle belirlenmiştir. Doğal moloz taştan yapılmış, ahşap mahfil katlı ve ahşap çatılı Sundura Camisi, 2012 yılında Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından restorasyon kapsamına alınmıştır. Caminin dış sıvası sökülüp ve doğal taş yapı ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca iç sıvası yenilenen caminin ahşap çatısındaki hasarlar onarılmış, giriş kısmına yapılan betonarme duvarlar kaldırılarak giriş kapısının etrafı açılmıştır. Orijinaline uygun olarak yapılmayan cami minaresi tamamen yıkılmış ve Koruma Kurulu onaylı projesine uygun olarak yeniden yapılmıştır. Gerçekleştirilen restorasyon uygulamalarından sonra caminin dinamik yapısal davranışı, sismik düzeydeki sinyalleri ölçme özelliğine sahip ivmeölçer kullanılarak takip edilmiş ve toplanan sinyallerden caminin doğal frekansları, modal sönüm oranları ve mod şekilleri belirlenmiştir. Restorasyon aşamasında yeniden yapılan minarede de benzer inceleme yapılarak dinamik parametreler belirlenmiştir. Cami ve minarenin hasarsız durumları için referans değerler olarak dikkate alınabilecek bu dinamik karakteristikler, söz konusu yapıların sonlu eleman modellerinin kalibre edilmesi, sağlık izlemesi ve güvenlik analizlerinde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Titreşim Testi, Dinamik Karakteristikler, Tarihi Yapılar, Minareler, Camiler.

In this study, the dynamic characteristics of Artvin Hopa Sundura Mosque and its masonry minaret have been identified by using Ambient Vibration Test. The main body of the mosque was constructed with natural stone and its mahfil and roof parts were made of wood. The historical mosque was restored completely and its stone minaret was reconstructed with traditional construction techniques by the Trabzon Regional Directorate of Foundations in 2012. In restoration activities, its exterior plaster was dismantled and the natural stone surface was revealed. The interior blaster was renovated and the roof was repaired according to the original case. The minaret, which made from concrete, was pull down and a new one made of natural stone was constructed with traditional masonry techniques. After the restoration, the dynamic behavior was determined by measuring the vibration responses of the structure under environmental effects, such as wind, traffic, etc., the natural frequencies, mode shapes and the modal damping ratios were identified. During the measurement, sensitive accelerometers were used. The same methodology was also used in the measurement of the new minaret and the dynamic parameters were identified similarly. These results named as reference values can be used in calibration of finite element models, health monitoring and structural safety analyses of Sundura Mosque in the future.

Keywords: Ambient Vibration Test, Dynamic characteristics, Historical buildings, Minarets, Mosques.

GENEL BİLGİLER

Tarihi yapılar, kültürel değerlerinin geçmişten geleceğe aktarılmasını sağlayan ve insanlığın ortak değerleri olarak nitelendirilen varlıklardır. Bu yapıların korunması ve gelecek nesillere güvenle devredilebilmesi, ancak gerekli bakım, onarım ve güçlendirmelerinin yapılmasıyla mümkündür. Bu işlemlerin doğru ve başarılı bir şekilde yapılabilmesi için yapıların mevcut özelliklerini yansıtan yapısal davranışlarının bir bütün olarak belirlenmesi gerekir.

Tarihi eserlerin yapısal davranışlarının belirlenmesi ile ilgili birçok araştırmacı çeşitli yöntemlerle incelemeler yap-

mış ve yapmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda analitik ve deneysel yöntemler kullanılmaktadır. Akan (2010) tarafından Anadolu'daki tarihi ahşap sütunlu camilerin önemli örneklerinden biri olan Ankara Ahi Elvan Camisi'nin yapısal analizi yapılmıştır. Doğangün vd. (2011) tarafından İzmir Bergama Kızılavlu Bazilikasının ana girişinin sismik performansı analitik olarak incelenmiştir. Can ve Ünay (2012) tarafından tarihi yapıların deprem davranışlarını belirlemek için sayısal yöntemlerle ilgili bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çoğu çalışmada, tarihi yapıların yapısal davranışlarının analitik olarak belirlenmesindeki zorluklardan bahsedilmektedir. Ayrıca restorasyon uygulamalarının tasarlanması ve bu uy-



Şekil 1. Sundura Camisi Hopa, Artvin, Türkiye.

gulamaların yapısal davranışa etkilerinin değerlendirilmesindeki güçlükler ortaya konulmaktadır. Deneyssel yöntemler kullanılarak Turek vd. (2002), Durukal vd. (2003), Gentile ve Saisi (2007), Beyen (2007), Bayraktar vd. (2007), Bayraktar (2009), Bayraktar vd. (2011) ve Lourenço ve Ramos (2011) tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda incelenen yapıların dinamik karakteristikleri deneyssel yöntemlerle titreşim testleri yapılarak belirlenmekte ve yapısal davranışa ilişkin değerlendirmeler yapılmaktadır. Creazza vd. (2001) tarafından FRP ile güçlendirilmiş tonoz yapısının analitik ve deneyssel analizi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Atamturktur vd. (2011) hasarlı ve hasarsız tonoz yapısının titreşim karakteristiklerini teorik ve deneyssel olarak incelemiştir. Çalık vd. (2012) çalışmasında yığma taş minarelerin analitik ve deneyssel yöntemlerle güvenliğinin belirlenmesini araştırmıştır.

Bu makalede, restore edilen tarihi Sundura camisi ve geleneksel yapım teknikleri ile yeniden yapılan minarenin dinamik karakteristikleri Çevresel Titreşim Testi yöntemiyle belirlenmiştir. Deneyssel çalışmalar sonucunda, bu yapının daha sonraki dönemlerde yapısal sağlık izlemesi ve güvenliğinin değerlendirilmesine esas teşkil edecek veriler elde edilmiştir.

SUNDURA CAMİSİ

Hopa, Artvin iline bağlı Türkiye'nin kuzeydoğu köşesinde Gürcistan sınırında yer alan bir sahil ilçesidir. Türki-



Fotoğraf 1. Sundura Camisine ait görüntü.

ye-Gürcistan gümrük kapısı olan Sarp Sınır Kapısını Hopa ilçesinde bulunmaktadır. Sundura Mahallesi, Hopa'nın merkezinde olan ve ilçe stadyumu ile çeşitli okulları da içeren önemli bir mahalledir. 19. yy'da inşa edildiği tahmin edilen Sundura Mahallesi Camii yıllar itibariyle çeşitli müdahaleler görmüş olup, Doğu Karadeniz Bölgesinin klasik ahşap çatılı cami tipindedir.

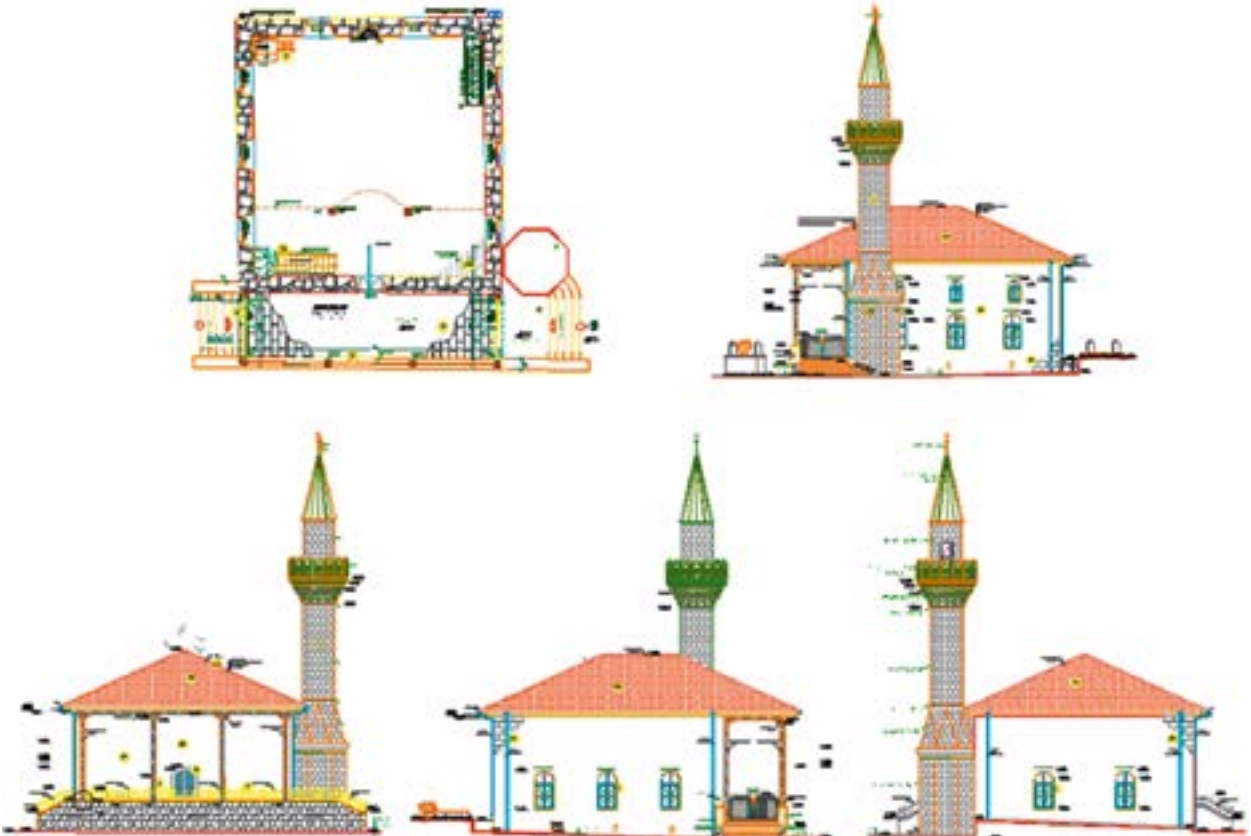
Hopa Sundura Mahallesi Camii, Artvin Hopa Sundura Mahallesi 227 ada 4 parselde yer almaktadır. Eserin doğusunda küçük bir dere, batısında yol, güney ve kuzeyinde mezarlık bulunmaktadır. Yapının konumunu belirtir harita Şekil 1'de verilmektedir.



Fotoğraf 2. Sundura Camisinin restorasyon öncesi ve sonrasına ait görüntüler.



Fotoğraf 3. Sundura Camisine ait dış ve iç mekan görüntüleri.



Şekil 2. Sundura Camisi kat planı ve cephe görünüşleri (Restorasyon Projesi, 2012).



Fotoğraf 4. Sundura Camisi restorasyonuna ait görüntüler.



Fotoğraf 5. Sundura Camisinin minaresinin yapımına ait görüntüler.

Mülkiyeti Vakıflar Genel Müdürlüğüne ait Hopa Sundura Mahallesi Camisi, Trabzon Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından 19.12.2008 tarih ve 1915 numaralı karar ile korunması gerekli kültür varlığı olarak belirlenmiştir. Kurul 23.03.2011 tarih ve 3282 numaralı karar ile koruma grubunun I olduğuna

karar vermiştir. Camiye ait görüntü Fotoğraf 1’de verilmektedir.

Eserin kim tarafından yaptırıldığı bilinmemekle birlikte 19. yy’da yapıldığı tahmin edilmektedir. Yapı dönem dönem çeşitli müdahaleler görmüş olup 1960’lı yıllarda yapılan onarım sırasında son cemaat kısmı betonarme olarak kapatılmış



Fotoğraf 6. Sundura Camisindeki ölçümde ivmeölçer yerleşimine ait görüntüler.



Fotoğraf 7. Sundura Camisindeki ölçümde veri toplama sistemine ait görüntüler.

ve beton briket ile şu anda taş minarenin bulunduğu yere bir minare eklenmiştir. Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2012 yılında gerçekleştirilen onarım kapsamında Koruma Kurulu onaylı projesine göre yapı eklentilerinden arındırılmış ve minaresi geleneksel tekniklere uygun olarak yığma yapı tekniği ile doğal taştan yaptırılmıştır. Eserin 2012 yılı restorasyon öncesi ve sonrası halini gösterir fotoğraflar Fotoğraf 2’de sunulmuştur.

Caminin harimi moloz taş duvardan yapılmış kare planlıdır. Kiremit kaplı ahşap çatının içinde gizli kubbe bulunmaktadır. Kubbenin iç iskeleti ahşap olup kaplaması bağdadi sıvalı; tavanın geri kalan kısmı ise çıtalı ahşap tavadır. Eserin iç duvarları sıvalı ve boyalı, mihrabı taş minber ve kürsüsü ahşaptır. Ahşap mahfil katına caminin içinden ve doğusunda yapılan merdiven ile çıkılmaktadır. Eserin restorasyon sürecinde sıvalı dış cephesinin sıvaları raspa edildiğinde pencere sövelerinin ateş tuğlasından yapılmış olduğu ve önemli derecede doku ve malzeme kaybına uğradığı belirlenmiştir. Onarım esnasında bu sövelerde de restorasyonlar yapılmış ve yapının dış cephesi derzlenerek orijinal taş haliyle bırakılmıştır. Şekil 2’de caminin kat planı ve yan cephe görünüşleri verilmektedir. Son cemaat mekanı onarımdan sonra orijinal şekli ile açık hale getirilmiş ve geleneksel yapım tekniğine uygun olarak kesme taştan yığma minare yapılmıştır. Sekizgen kaideli, farisili gövdeli, tek şerefeli ve konik külahlı minarenin

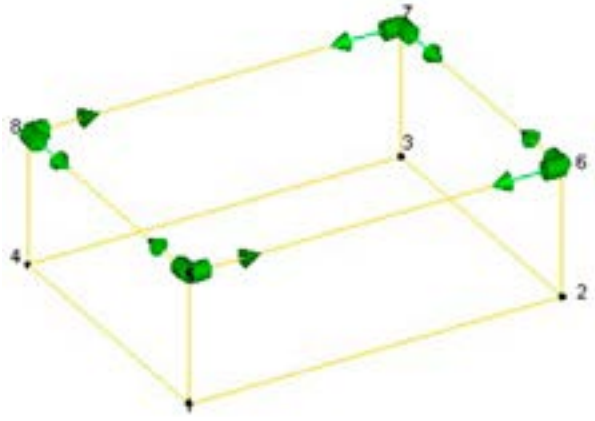
ahşap olan külah kısmı kurşunla kaplanmış. İlgili projeler Mimar Ali Kemal Gün tarafından hazırlanmış olup, tüm hakları Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğüne aittir.

Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2012 yılında tamamlanan restorasyonu tamamlanan eser, hali hazırda ibadete açıktır. Fotoğraf 3’te Sundura Camisinin restorasyon sonrası ait iç ve dış mekan görüntüleri verilmektedir.

SUNDURA CAMİSİ RESTORASYON UYGULAMALARI

Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2012 yılında tamamlanan restorasyon çalışmaları kapsamında camide aşağıdaki sıralanan müdahaleler yapılmıştır:

- Eklenti son cemaat mekânı yıkılarak yapı arındırılmış, projesi doğrultusunda ahşap iskeletli son cemaat mekânı yapılmıştır.
- Beton briketten yapılan minare yıkılmıştır.
- Çatı kaplaması kaldırılmış, çatıda tahkimat yapılarak üst örtü su ve ısı yalıtımı yapılarak yenilenmiştir. Gizli kubbeyi taşıyan ahşap kirişlere çelik takviyeler yapılmış ve çatı taşıyıcıları takviye edilmiştir.
- Eserin çürümüş ahşap döşeme, tavan kaplaması ve doğramaları yenilenmiştir.
- Mihrap, minber ve giriş kapısı yağlı boyalardan temizlenmiş ve orijinal taş ve ahşap öğeler ortaya çıkarılmıştır.



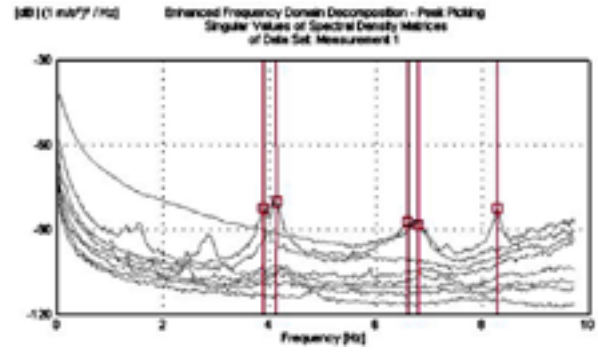
Şekil 3. Sundura Camisindeki ölçüme ait temsili model ve ivmeölçer yerleşimi.

Mod Numarası	GFTAA Yöntemi	
	Frekans (Hz)	Sönüm Oranı (%)
1	3.910	2.163
2	4.129	1.317
3	6.701	0.635
4	6.824	3.815
5	8.243	0.967

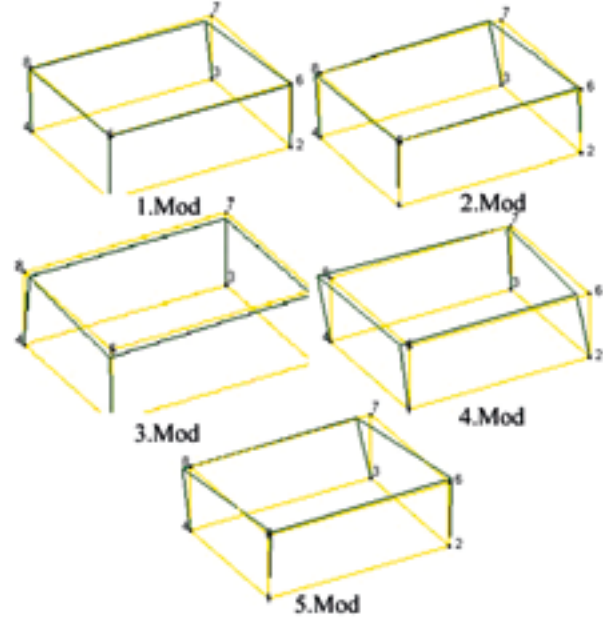
Tablo 1. Sundura Camisinde ölçülen ilk beş doğal frekans ve sönüm oranı.

- Cami iç sıvası horasan sıva ile yenilenmiştir.
- Cami dış cepheleri sıvadan arındırılmış ve derzlenerek orijinal taş doku ortaya çıkarılmıştır.
- Dış sıvanın sökümü neticesinde ortaya çıkan tuğla sövelerin bakımı ve derzi yapılmış, tamamen bozulmuş olanlar yenilenmiştir.
- Geleneksel yapım tekniği ile kesme taştan yığma minare yapılmıştır.
- Caminin kuzeydoğu köşesinde şadırvan ve tuvalet yapılmıştır.
- Çevre düzenlemesi yapılmıştır.
- Elektrik tesisatı yenilenmiş ve çevre aydınlatmaları yapılmıştır.

Caminin onarımına ve minarenin yapımına ilişkin görüntüler Fotoğraf 4-5'te verilmektedir.



Şekil 4. Camiye ait GFTAA yöntemi kullanılarak elde edilen spektrum.



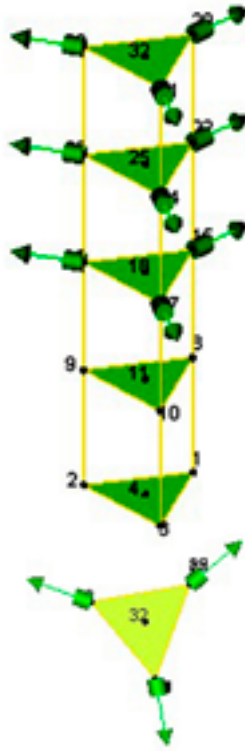
Şekil 5. Sundura Camisinin ilk beş deneysel mod şekli.

SUNDURA CAMİSİNİN VE MİNARESİNİN ÇEVRESEL TİTREŞİM TESTLERİ

Operasyonel Modal Analiz yöntemi, mevcut yapıların dinamik davranışlarını yansıtan ve doğal frekans, mod şekli ve sönüm oranı olarak adlandırılan dinamik karakteristiklerinin deneysel ölçümler kullanılarak belirlenmesinde en



Fotoğraf 8. Sundura Camisi minaresinde gerçekleştirilen ölçüme ait görüntüler.



Şekil 6. Sundura Camisi minaresinde yapılan ölçüme ait temsili model ve ivmeölçer yerleşimi.

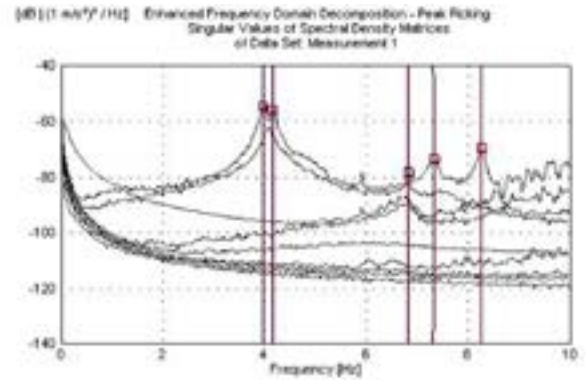
etkili yöntemdir. Bu yöntemle yapılan ölçümlerde yapıda herhangi bir hasar oluşturulmadığından, özellikle de tarihi yapılar için oldukça kullanışlı ve tercih edilen bir yöntemdir. Çevresel Titreşim Testi olarak da adlandırılan bu yöntemde, yapı taşıyıcı yükü, rüzgâr veya yaya hareketi gibi bilinmeyen çevresel etkilerle uyarılmakta ve yapının bu etkilere verdiği tepkiler ölçülmektedir.

Hopa Sundura Mahallesi Camii ve minaresinde yapılan ölçümler, Çevresel Titreşim Testi Yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde titreşim verilerini toplayabilmek amacıyla sismik ivmeölçerler, ivmeölçerlerden alınan sinyalleri biriktirmek amacıyla veri toplama ünitesi ve sinyalleri işlemek amacıyla sinyal işleme programları kullanılmıştır. İvmeölçerler olarak B&K8340 tipinde kablolu ivmeölçerler, veri toplama ünitesi olarak 17 kanallı Brüel&Kjaer3560 veri toplama ünitesi kullanılmıştır. Toplanan veriler PULSE yazılımı aracılığıyla bilgisayara aktarılmış ve OMA yazılımıyla yapının dinamik karakteristikleri elde edilmiştir (PULSE, 2006; OMA, 2006).

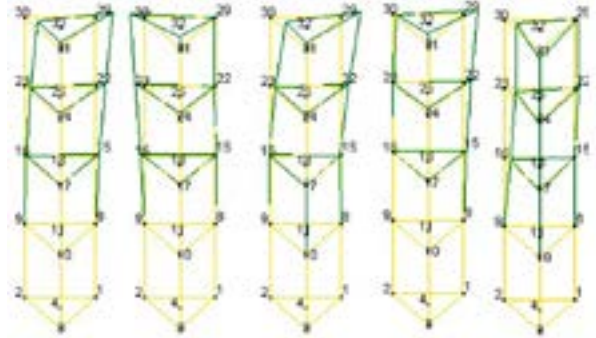
Caminin Çevresel Titreşim Testi

Hopa Sundura Mahallesi Camisinde gerçekleştirilen ölçümde toplam 8 adet ivmeölçer kullanılmıştır. İvmeölçerler yapının enine ve boyuna doğrultulardaki hareketlerini ölçecek şekilde caminin köşe noktalarında dış yüzeylere bağlanmıştır. Fotoğraf 6-7'de ivmeölçer yerleşimine ve veri toplama sistemine ait görüntüler verilmektedir.

Ölçüm sırasında ivmeölçer bağlantı noktalarını ve ivmeölçer yönlerini belirlemek amacıyla minareyi temsilen bir model oluşturulmuştur. Bu temsili model Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 7. Minarede GFTAA yöntemi kullanılarak elde edilen spektrum.



Şekil 8. Sundura Camisi minaresinin ilk beş deneysel mod şekli.

turulan model Şekil 3'de verilmektedir.

Caminin dış gövde duvarlarından 60 dakika süreyle ölçüm alınmış ve elde edilen sinyaller analiz edilmiştir. Analiz edilen sinyallerden Geliştirilmiş Frekans Tanım Alanında Ayırıştırma (GFTAA) yöntemi kullanılarak yapının doğal titreşim frekansları, mod şekilleri ve modal sönüm oranları Şekil 4'te verilen spektrum yardımıyla elde edilmiştir. Tablo 1'de ise restorasyon sonrası durum için caminin ilk beş doğal titreşim frekansı ve modal sönüm oranı verilmektedir. Camide yapılan ölçümünden elde edilen ilk beş mod şekli ise Şekil 5'te verilmektedir.

Hopa Sundura Mahallesi Camisinde gerçekleştirilen ölçümde elde edilen frekans değerleri incelendiğinde, ilk beş frekansın 3.910 ile 8.243Hz arasında, sönüm oranının ise %0.635 ile %3.815 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Boyutları ve duvar kalınlıkları dikkate alındığında, rijit olduğu düşünülen bu yapının frekans ve sönüm değerlerinin bu düzeyde olması beklenen bir durumdur (Çalık vd., 2012).

Minarenin Çevresel Titreşim Testi

Hopa Sundura Mahallesi Camisi Minaresinde gerçekleştirilen ölçümde toplam 12 adet ivmeölçer kullanılmıştır. İvmeölçerler yatay yönlerdeki hareketi ölçecek şekilde yerleştirilmiştir. Fotoğraf 8'de minarenin ölçümüne ilişkin bazı görüntüler verilmektedir.

Ölçüm sırasında ivmeölçer bağlantı noktalarını ve ivmeölçer yönlerini belirlemek amacıyla minareyi temsilen bir model oluşturulmuştur. Bu temsili model Şekil 6'da verilmektedir.

Minarede 60 dakika süreyle ölçüm alınmış ve elde edilen sinyaller analiz edilmiştir. Analiz edilen sinyallerden Geliştirilmiş Frekans Tanım Alanında Ayrıştırma (GFTAA) yöntemi kullanılarak minarenin yapım sonrası için doğal titreşim frekansları, mod şekilleri ve modal sönüm oranları Şekil 7'de verilen spektrum yardımıyla elde edilmiştir. Tablo 2'de yeniden inşa edilen minarenin ilk beş doğal titreşim frekansı ve modal sönüm oranı verilmektedir. Minarenin ölçümünden elde edilen ilk beş mod şekli ise Şekil 8'de sunulmaktadır.

Mod Numarası	GFTAA Yöntemi	
	Frekans (Hz)	Sönüm Oranı (%)
1	3.980	1.233
2	4.158	0.734
3	6.815	0.364
4	7.313	1.565
5	8.270	0.732

Tablo 2. Sundura Camisi Minaresinin ölçülen ilk beş doğal frekansı ve sönüm oranı.

Hopa Sundura Mahallesi Camisinin minaresinde gerçekleştirilen ölçümde elde edilen frekans değerleri incelendiğinde, ilk beş frekansın 3.980 ile 8.270Hz arasında, sönüm oranının ise %0.364 ile %1.565 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Boyutları ve duvar kalınlıkları dikkate alındığında, rijit olduğu düşünülen bu yapının frekans ve sönüm değerlerinin bu düzeyde olması beklenen bir durumdur (Çalık vd., 2012).

SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında 2012 yılında restore edilen taşınmaz kültür varlığı olarak tescilli Artvin Hopa Sundura Mahallesi Camisinin ve geleneksel yapım tekniği ile yığma

olarak doğal taş malzemeden yeniden yapılmış minaresinin dinamik karakterleri Çevresel Titreşim Testi kullanılarak deneysel olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıda sıralanmaktadır:

- Caminin ilk beş moduna ait doğal frekanslar 3.910 ile 8.243Hz, modal sönüm oranları ise % 0.635 ile 3.815 arasında değişmektedir.
- Minarenin ilk beş moduna ait doğal frekanslar 3.980 ile 8.270Hz, modal sönüm oranları ise % 0.364 ile 1.565 arasında değişmektedir.
- Restore edilen caminin doğal frekanslarının yeniden inşa edilen minarenin doğal frekanslarına yakın olduğu belirlenmiştir. Cami ile minare kaide kısmının üst kotuna kadar bitişik olduğundan, cami ve minare frekanslarının birbirine yakın olması beklenen bir durumdur ve bu durum yapıların birlikte hareket ettiğini göstermektedir.
- Minarenin sönüm oranlarının caminin sönüm oranlarından daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum minarenin camiden daha narin olmasından kaynaklanmaktadır.

Minarenin yeniden inşa edilmesi ve caminin de restorasyonun yeni yapılmış olmasından dolayı, hasarsız duruma ait olduğu kabul edilebilecek bu dinamik değerler bir referans kriter olarak alınabilir. İlerleyen zaman içerisinde ölçümler tekrarlanarak dinamik karakteristiklerdeki değişimler gözlemlenebilir. Bu sayede cami ve minarede hasar oluşup oluşmadığı sürekli kontrol altında tutulabilir, yapı güvenliği ve sağlığı bilimsel verilerle izlenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, 106M038 numaralı TÜBİTAK ve KTÜ BAP Projeleri ile kurulan Laboratuvar imkanları ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında verdikleri izinler ve destekler dolayısı ile Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğüne ve değerli personeline teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Akan, A.E., (2010) Tarihi Ahşap Sütunlu Camilerin Sonlu Elemanlar Analizi ile Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi, *SDU International Technologic Science*, 2, 1, 41-54.
- Atamturktur, S., Bornn, L., Hemez, F., (2011) Vibration characteristics of vaulted masonry monuments undergoing differential support settlement, *Engineering Structures* 33, 2472-2484.
- Bayraktar, A., Sevim, B., Altunışık, A.C., Türker, T., (2007) Tarihi Yığma Minarelerin Deprem Güvenliklerinin Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi, *Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-1 Bildiriler Kitabı*, 415-428.
- Bayraktar, A., Türker, T., Sevim, B., Altunışık, A.C., Yıldırım, F., (2009) Modal Parameter Identification of Hagia Sophia Bell-Tower via Ambient Vibration Test, *Journal of Nondestructive Evaluation*, 28, 1, 37-47.
- Bayraktar, A., Türker, T., Altunışık, A.C., Sevim, B., (2011) Structural System Identification of Cultural Heritage Structures By Ambient Vibration Testing, *WCCE-ECCE-TCCE Joint Conference 2, Seismic Protection of Cultural Heritage, Conference Proceedings*, 163-173

- Beyen, K., 2007. 17 Ağustos (1999)
Kocaeli Depreminde Hasar Alan Fatih Camiinin Dinamik Karakteristiklerinin Tanımlanması, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- Can, H., Ünay, A. İ., (2012) Tarihi Yapıların Deprem Davranışını belirlemek İçin Sayısal Analiz Yöntemleri, *G.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 27, 1, 211-217.
- Creazza, G., Sietta, A. V., Matterazzi, R., Vitaliani, R. V., (2001)
Analysis of masonry structures reinforced by FRP, *Historical Constructions*, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds), Guimaraes, 539-545.
- Çalık, İ., Demirtaş, B., Bayraktar, A., Türker, T., (2012)
Yığma Taş Minarelerin Analitik ve Deneysel Yöntemlerle Güvenliğinin Belirlenmesi; Trabzon Muhittin Camisi Minaresi Örneği, *Vakıflar Dergisi*, 38, 121-140.
- Doğangün, A., Ural A., Meraki, Ş., (2011)
Seismic Performance of the Main Entrance of Basılıca (Kızılavlu) at Bergama (İzmir), *WCCE-ECCE-TCCE Joint Conference 2, Seismic Protection of Cultural Heritage, Conference Proceedings*, 333-344.
- Durukal, E., Cimilli, S., Erdik, M., (2003)
Dynamic response of two historical monuments in İstanbul deduced from the recordings of Kocaeli and Düzce earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93, 2, 694-712.
- Gentile, C., Saisi, A., (2007) Ambient Vibration Testing of Historic Masonry Towers for Structural Identification and Damage Assessment, *Construction and Building Materials*, 21, 1311-1321.
- Lourenço, P. B., Ramos, L., F., (2011)
Dynamic Identification and Monitoring of Cultural Heritage Buildings, *WCCE-ECCE-TCCE Joint Conference 2, Seismic Protection of Cultural Heritage, Keynote Papers*, 55-78
- OMA, (2006) Operational Modal Analysis, Release 4.0, Structural Vibration Solution A/S, Denmark.
- PULSE, (2006) Analyzers and Solutions, Release 11.2. Bruel and Kjaer, Sound and Vibration Measurement A/S, Denmark.
- Restorasyon Projesi, (2012) Vakıflar Bölge Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye.
- Turek, M., Ventura, C.E., Placencia, P., (2002)
Dynamic characteristic of a 17th century church in Quito, Internat. Soc. Opt. Eng. 2002, *IMAC-XX, Conference & Exposition on Structural Dynamics*, 4753, 2, 1259-1264.