

## Altyapı ve Kazı Çalışmalarının Tarihi Yapılara Etkisi: Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii Örneği

Mehmet Selim ÖKTEN\*, Burcu BALABAN ÖKTEN\*\*, Savaş EKİNCİ\*\*\*

\* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi  
İstanbul, Türkiye  
ORCID: 0000-0003-4689-767X  
selim.okten@msgsu.edu.tr

\*\* Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi  
İstanbul, Türkiye  
ORCID: 0000-0001-6916-8475  
burcuokten@fsm.edu.tr (iletişim yazarı)

\*\*\* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi  
İstanbul, Türkiye  
ORCID: 0000-0002-0884-836X  
savas.ekinci@msgsu.edu.tr

Araştırma makalesi

Geliş: 31/03/2021

Son düzenleme sonrası geliş: 09/07/2021

Kabul: 10/07/2021

Yayınlanma: 12/07/2021

200

### Öz

Çağdaş kentleşme sorunları ve yeni yapılanma baskıları tarihi yapıları etkileyen önemli başlıklardır. Yeni yolların açılması, mevcut yolların genişletilmesi, çevre düzenlemeleri, elektrik, su, kanalizasyon ve doğalgaz gibi alt yapı inşaatları kentin büyüyen ihtiyaçlarını karşılamak için gerçekleşirken, tarihi yapılar bu inşaat faaliyetlerinden yapısal olarak etkilenmektedir. Araştırmanın amacı tarihi yapıların çevresinde yapılan kazıların yapılarla olan etkisinin literatür çalışmaları ve alan çalışması üzerinden araştırılmasıdır. Bu çalışmada İstanbul kentinde bulunan üç kültürel miras yapısının restorasyonu inşaat mühendisliği çerçevesinden incelenerek tarihi yapıların çevrelerinde gerçekleşen kazılardan yapısal olarak nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Araştırma için seçilen üç proje; Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii restorasyonlarıdır. Araştırmacı seçilen üç projede danışman inşaat mühendisi olarak görev almıştır. Bu çalışmada ilk olarak tarihi yapıların çevresinde yapılan kazıların yapılarla olan etkisi ve alınacak önlemler ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. İkinci olarak araştırma için seçilen üç projeye ait restorasyon süreçleri açıklanarak yapılarda meydana gelen hasarlar ve bu hasarlar nedeniyle yapılara uygulanan güçlendirme yöntemleri açıklanmıştır. Son aşamada tespit edilen sorunlara getirilen güçlendirme önerilerinin tarihi yapılar için oluşturabileceği riskler tartışılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda, tarihi yapıların çevresinde yapılan alt yapı çalışmalarının tarihi yapıların stabil durumunu bozarak yapılarda çatlamalara ve kısmi yıkımlara sebep olduğu tespit edilmiştir. Özellikle tarihi eserlerin üzerine oturduğu zeminde oluşan değişimlerin müdahalesi zor yapısal sorunlara yol açtığı yapılan bu çalışmada görülebilmektedir. Bu çalışma ile gelecekte tarihi yapıların çevresinde yapılacak alt yapı ve üst yapı projelerindeki duyarlılığın artırılması hedeflenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Derin kazılar, inşaat mühendisliği, tarihi yapılar, koruma, güçlendirme

## The Effect of Infrastructure Projects and Excavations on Historical Buildings: The Cases of Seyh Murad Efendi Masjid, Adile Sultan Tomb and Iskender Pasha Mosque

Mehmet Selim ÖKTEN\*, Burcu BALABAN ÖKTEN\*\*, Savaş EKİNCİ\*\*\*

\* Mimar Sinan Fine Arts University  
İstanbul, Turkey  
ORCID: 0000-0003-4689-767X  
selim.okten@msgsu.edu.tr

\*\* Fatih Sultan Mehmet Vakıf University  
İstanbul, Turkey  
ORCID: 0000-0001-6916-8475  
burcuokten@fsm.edu.tr (corresponding author)

\*\*\* Mimar Sinan Fine Arts University  
İstanbul, Türkiye  
ORCID: 0000-0002-0884-836X  
savas.ekinci@msgsu.edu.tr

### Research Article

Received: 31/03/2021

Received in final revised form: 09/07/2021

Accepted: 10/07/2021

Published online: 12/07/2021

### Abstract

Contemporary urbanization problems and reconstruction pressures are important topics that affect historical buildings. While opening new roads, widening existing roads, landscaping, infrastructure constructions such as electricity, water, sewage and natural gas are carried out to meet the growing needs of the city, historical buildings are structurally affected by these construction activities. The aim of the research is to investigate the effects of excavations around historical buildings to the structural systems of the buildings through literature studies and a case study. In this study, the restorations of three cultural heritage buildings in the city of Istanbul were examined within the framework of civil engineering and the effects of the excavations on the structural systems of these three buildings were under-inspection. Three projects were selected for the research; Seyh Murad Efendi Masjid, Adile Sultan Tomb and Iskender Pasha Mosque. One of the researchers worked as a consultant civil engineer in three selected projects. During the course of the research, firstly, the literature review about the effects of the excavations around historical buildings on the buildings and the precautions to be taken has been analysed. Secondly, by explaining the restoration processes of the three projects selected for the research, the damages in the buildings and the strengthening methods applied to the buildings due to these damages were explained. The risks posed by the retrofitting proposals to the problems identified at the last stage for historical buildings were discussed. As a result of the study, it was determined that the infrastructure works around the historical buildings disrupted the stable state of the historical buildings and caused cracks and partial collapse in the buildings. It can be seen in this study that the changes that occur especially below the foundations of the historical artifacts cause structural problems that are difficult to intervene. With this study, it is aimed to increase the awareness in infrastructure and superstructure projects to be built around historical buildings in the future.

**Keywords:** Deep excavations, civil engineering, historical buildings, conservation, strengthening

## 1. GİRİŞ

İstanbul gibi hızlı büyüyen kentlerin alt ve üst yapı ihtiyaçları artmakta ve acil ihtiyaçlar nedeniyle büyük proje kararları ivedilikle alınmaktadır. Alınan bu hızlı alt ve üst yapı proje kararlarının fiziksel ve sosyal etkileri zaman içinde kendilerini göstermektedir. İstanbul kenti gibi çağlar boyunca üst üste yerleşimlerin gerçekleştiği bir kentte bahsi geçen bu projeler mevcut tarihi yapıları da etkilemektedir. Tarihi yapıları etkileyen genel öğeler çağdaş kentleşme sorunları, bakımsızlık, malzemenin yıpranması, doğal afetler ve yeni yapılanma baskıları olarak listelenmektedir. Alt yapı ve üst yapı projeleri özellikle büyüyen şehirlerin ihtiyaçlarını karşılamak için şehirlerin yöneticileri tarafından önemli görülmekte ve şehrin sakinlerinin ihtiyaçlarına yönelik bu projeler hayata geçirilmektedir. Fakat bu tür inşaat kararlarının tarihi yapıların üzerindeki olumsuz etkileri zaman içinde gözlenmektedir. Gerçekleşen inşaatların en belirgin etkisi kazı çalışmaları sonucunda gözlenmektedir. Tarihi yapıların çevresinde yapılan kazılar zemin hareketlerine sebep olmaktadır. Bu zemin hareketlerinin yapılar üzerindeki etkileri bazı durumlarda hemen hissedilirken bazı durumlarda da zaman içinde görülebilmektedir. Zemin hareketleri yapıların döşemelerinde, duvarlarında, kubbelerinde ve çatılarında çatlaklara ve bazen de çökmelere sebebiyet vermektedir. Kazıların tarihi yapıların üzerindeki olumsuz etkileri üzerine alanda birçok çalışma mevcuttur. Fakat bu çalışmaların büyük ölçekli projeleri konu aldığı görülmektedir. Küçük ölçekli kazı işlerinin sebep olduğu olumsuz etkiler üzerine yapılan araştırma sayısı azdır.

### 1.1. Amaç

Bu çalışmada tarihi yapıların çevresinde yapılan inşaatların yapıların taşıyıcı sistemlerine olan etkisinin örnek projeler üzerinden incelenerek tespit edilmesi ve tespit edilen hasarların onarımları için önerilen güçlendirme yöntemlerinin tarihi yapılara olan olumsuz etkilerinin tartışılması amaçlanmıştır.

### 1.2. Araştırma Yöntemi

Bu çalışmada İstanbul kentinde bulunan üç kültürel miras yapısının restorasyonu inşaat mühendisliği çerçevesinden incelenerek tarihi yapıların çevresinde yapılan kazıların yapıları yapısal olarak nasıl etkilediği araştırılmıştır. Araştırma için seçilen üç proje; Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii restorasyonlarıdır. Araştırmacı seçilen üç projede danışman inşaat mühendisi olarak görev almıştır. Veriler restorasyon projelerinde görev alan araştırmacının gözlemleri, proje evrakları, saha fotoğrafları, toplantı notları ve proje süresince yapılan birebir görüşmelerden elde edilmiştir.

Araştırma için ilk aşamada tarihi yapıların çevresinde yapılan kazılar ve yapılan bu kazıların yapılara olan etkisi üzerine literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması yapılırken "Google Akademik" arama motoru kullanılmıştır. Aramada "Tarihi Yapılar" (Historical Buildings), Kazılar (Excavations) ve İnşaat Projeleri (Construction Projects) anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Arama sonucu çıkan makalelerden Elsevier, ASCE, Taylor & Francis ve Springer veritabanlarında yer alan dergilere öncelik verilmiştir. Makalelerin başlıkları ve özetleri öncelikli olarak okunarak eleme yapılmış ve konu ile ilgili makalelere ulaşılmıştır. Son olarak seçilen makalelerin referans bölümlerinde yer alan ve bu çalışmaları atflayan çalışmalar incelenerek yine konu ile ilgili olan diğer makalelere ulaşılmıştır. Alan çalışması için seçilen yapılar ile benzerlikler gösterebilecek çalışmalara öncelik verilmiştir.

Bu araştırma çerçevesinde seçilen Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii restorasyonlarından elde edilen veriler bir çizelgede toplanmış ve

**Atıf için:** ÖKTEN, M. S., BALABAN-ÖKTEN, B. ve EKİNCİ, S., 2021. Altyapı ve kazı çalışmalarının tarihi yapılara etkisi: Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii örneği. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*. 2 (2), s. 200-219.

bu yapılarda oluşan başlıca hasarlar, hasarların muhtemel sebepleri, güçlendirme önerileri ve bu güçlendirme önerilerinin oluşturabileceği riskler tartışılmıştır. Son olarak literatür taramasından ve alan çalışmasından elde edilen veriler tartışılmıştır.

## 2. ALT YAPI VE ÜST YAPI PROJELERİNİN TARİHİ YAPILARA OLAN ETKİSİ

Tarihi yapıların çevresinde yapılan inşaat projelerinin yapılar üzerindeki etkisini konu alan araştırmalarda inşaat projelerinin büyük ölçekli olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmalarda bahsi geçen inşaat projelerinin çoğunluğu ulaşım ile ilgili projelerdir. Özellikle metro istasyon kazıları ve tünel kazılarının tarihi yapılar üzerindeki etkileri üzerine dünyanın önemli şehirlerinde gerçekleşen metro hattı inşaatları ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Çizelge 1). Bu çalışmalarda proje öncesinde hatların güzergahlarının tarihi yapıların konumuna göre düzenlendiği, kazı öncesi sayısal modeller yardımı ile zemin oturmalarının tahmin edildiği, tarihi yapıların kazılar öncesi takip edilmeye başlandığı, projelerde yapıları korumak için zemin ile ilgili tedbirlerin alındığı, kazı sürecinde tarihi yapıların ve oturdukları zeminlerin sürekli takip edildiği ve inşaat sürecinde tarihi yapılarda oluşabilecek hasarlar ile ilgili önlemler alındığı görülmektedir. Bunlara ek olarak sayısal model çalışmaları ile gerçek yapısal davranışların karşılaştırıldığı çalışmalar da alanda inşaat öncesinde yapıların davranışlarını tespit edebilmek için önemli çalışmalardır.

Boscardin ve Cording (1989) binaların çevresinde yapılan kazıların binalara olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmacıların amacı analitik modeller ile yapıların çevresinde kazılar yapılmadan önce oluşabilecek hasarları tespit etmektir. Bunun için araştırmacılar çevresinde kazı yapılan yapılarda ölçümler yaparak model ile saha sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Kazıların oluşturduğu zemin hareketinin yapılarda yanal bir harekete sebep olduğu bu nedenle alınacak tedbirlerin bu yanal gerilmeleri azaltacak şekilde tasarlanması gerektiğini vurgulamışlardır. Bunun yanında çerçeve sistem ve yığma sistem yapıların bu tip zemin hareketlerinde farklı davrandıklarını da tespit etmişlerdir. Son ve Cording (2011) araştırmalarında sayısal bir model tasarlamışlardır. İki farklı tipte taşıyıcı sisteme sahip (tek sıra tuğla örülü duvarlar ve tuğla dolgulu çerçeve sistem) dört katlı iki yapı modellemişlerdir. Modellerin farklı zemin koşullarında ve yakınlarında bir kazı yapıldığında nasıl hareket ettiği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda kazıya bağlı zemin oturmalarında yapılarda oluşan çatlakların, yapıların strüktür biçimlerine ve toprak yapısına göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bryson ve Kotheimer (2011) çalışmalarında yapıların çevresinde yapılan kazıların yapıya olan etkisinin tümüyle teorik bir çalışma ile ön görülemeyeceğini vurgulamaktadır. Bu nedenle yapının davranışının ancak tahmin edilerek buna önlemlerin alınmasının gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Araştırmacılar yakınında kazı yapılmış olan ve bu kazıdan sonra duvarlarında çatlaklar oluşan bir yapıyı incelemişlerdir. Öncelikle yapının modelini hazırlayarak sonlu elemanlar analizi ile yapılan kazının yapı üzerindeki etkisini analiz üzerinden tespit etmeye çalışmışlardır. Analiz sonuçlarını yapıda oluşan mevcut çatlaklar ile karşılaştırarak analizin öngöremediği çatlakların oluşum sebeplerini araştırmışlardır. Bu çalışma ile araştırmacılar kazı işlerinde kullanılan ön tahmin modellerinin yapıların gerçek davranışını ön görülebilecek şekilde tasarlamayı hedeflemişlerdir. Napolitano ve Glisic (2019) yaptıkları çalışmada fotogrametri ve ayrı elemanlar metodu ile modelleme (DEM) kombinasyonunu kullanarak mevcut yapılar üzerindeki en olası çatlak nedenlerini teşhis etmek için bir yöntem geliştirmişlerdir. Öncelikle beş deneysel, yığma duvar inşa edilmiştir. Bu duvarların zeminine krikolar yerleştirilmiştir. Krikolar kontrollü olarak hareket ettirilerek duvarların üzerinde çatlakların oluşması sağlanmıştır. Duvarların çatlama öncesi ve

sonraki durumu fotogrametri kullanılarak kaydedilmiştir. İkinci aşamada beş deney duvarı ayrı elemanlar metodu kullanılarak modellenmiştir. Simülasyonlardaki çatlak örüntüleri, birleşik deneysel çatlak örüntüleriyle karşılaştırılmıştır. Gerçek duvar davranışına en yakın sonucu veren simülasyon sonrasında İtalya'nın Floransa kentindeki San Giovanni Vaftizhanesi'ndeki bir temel duvarındaki olası çatlama nedenlerini teşhis etmek için uygulanmıştır. Gerçek yapısal davranışları sayısal modeller ile tespit edebilmek için küçük ölçekli yapısal deneylerin yapıldığı sonrasında ise bu yapılan deneylerin oluşturulan sayısal modelleri kalibre etmek için kullanıldığı görülmektedir.

Rampello ve meslektaşları (2012) Roma şehrinde Metro C hattının inşaatından önce tarihi yapıların inşaat sürecinde korunması ile ilgili yapılan ön planlama çalışmalarını açıklayan bir makale hazırlamışlardır. İnşaat öncesinde ilk olarak bir bilim kurulu oluşturulmuş ve bilim kurulu metro inşaatının kazılarında kaynaklı muhtemel zemin oturmalarını ve tarihi yapılara verebilecekleri hasarları modellemiştir. Oluşturulan modellerden faydalanarak metro hattının inşaatı ile ilgili kararlar alarak zemin oturmalarını en aza indirmeye çalışmışlardır. Amorosi ve meslektaşları (2014) yaptıkları çalışmada İtalya'nın Roma şehrinde yer alan Felice Su Kemerleri'nin altından geçen tünel inşaatı sonucunda yapıda oluşan hareketlilik ile araştırmacıların geliştirdikleri sayısal modelin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Bu araştırmanın sonucunda araştırmacıların kullandıkları model sonuçları ile mevcut yapının davranışının tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Sayısal model çalışmaları ile saha çalışmalarının karşılaştırıldığı çalışmalar ile sayısal modelleri araştırmacılar geliştirmişlerdir (Amorosi vd., 2019). Qiu ve meslektaşları (2020) Çin'in Xi'an Şehrinde bulunan Xi'an Şehir Duvarının (XCW) altından geçen metro hattı inşaatı ile ilgili yapının korunması ile ilgili alınan tedbirlerin anlatıldığı bir çalışma yapmışlardır. Xi'an Metro hattı birkaç noktadan XCW'nun altından geçmektedir. Metro tünelinin inşaatı sırasında oluşabilecek düzensiz zemin oturmaları ve titreşimleri tarihi duvarda çatlama veya yıkılmalara sebebiyet verebileceğinden metro inşaatının XCW üzerindeki etkisini en aza indirmek için rota optimizasyonu, tünel açma sırasında aktif kontrol teknolojisi, temel takviyesi, bina takviyesi ve tren titreşimlerini sönmek için yüzer döşeme teknolojisi gibi çeşitli önlemler alınmıştır. Araştırmada Xi'an Metrosu'nun Heping Kapısı yakınlarındaki 4. Hattaki inşaat aşaması ve metro işletmesi aşamasındaki titreşim etkisi ile ilgili vaka çalışmaları yapılmıştır. Heping Kapısı'nın altından iki adet tünel geçmektedir. Kapının bulunduğu noktalarda tonozlu yapıların titreşimlerin etkisinden korunması için çelikten koruma iskeleleri inşa edilmiştir. Yine kapıların bulunduğu yerde zemin oturmalarını azaltmak için iki tip kazık uygulaması yapılmıştır. Birinci tip kazıklar yapı ile tünel arasındaki zemin hareketini azaltmak için, ikinci tip kazıklar ise tarihi yapının temellerini güçlendirmek için yapının temelleri çevresine uygulanmıştır. Tünel inşaatı sırasında yapının oturmalarının tespit edilebilmesi için yapının üzerine cihazlar yerleştirilmiştir. Araştırmacılar kapının bulunduğu alandaki en fazla oturmayı 11.8 mm olarak ölçmüşlerdir. Titreşim ölçümleri de limitlerin altında kalmıştır. Yazarlar yapının korunması ile ilgili alınan önlemleri başarılı bulmuşlardır. Fan, Chen ve Wang (2018) Çin'in Şanghay kentinde bulunan tarihi Longhua Pagoda yapısının metro inşaatları sırasında korunması ile ilgili izlenen yöntemleri incelemişlerdir. Bahsi geçen yapı ahşap kazıkların oluşturduğu bir zemin üzerine örülmüş tuğla bir temelin üzerinde yükselen tuğla yığma ve ahşap karkas yapım tekniği ile inşa edilmiş toplam yüksekliği 41 metre olan yedi katlı bir kültürel miras yapısıdır. Tarihi yapının çevresinden iki adet metro tünel hattı geçmekte ve her iki metro hattının istasyonları da yine yapının yakınında yer almaktadır. Bu durum yapının çevresinde yoğun bir kazı faaliyetinin olacağını göstermektedir. Öncelikle yapının mevcut durumunun tespit edilebilmesi için total station ile yapının çevresinde sekiz noktadan ölçümler



alınmıştır. Bu sayede yapının metro inşaatı öncesindeki durumu tespit edilmiştir. Ardından yapıyı oluşturan tuğla ve ahşap malzemenin durumları ile ilgili malzeme testleri yapılmış ve malzeme test sonuçları yapının iyi korunduğunu göstermiştir. Genel olarak yapı analiz edildiğinde yapının özellikle taşıyıcı sisteminin normal seviyede olduğu tespit edilmiştir. Alınan ölçümler neticesinde yapı sonlu elemanlar programı ile modellenmiş ve farklı koşullarda yapının dayanabileceği maksimum stres seviyeleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında metro kazıları sırasında yapının durumu takip edilmiştir. Tünel kazısı sırasında zemin takviyeleri ve kazı sırasında çıkan suyun kontrollü tahliyesi ile zemin oturmaları takip edilmiştir. Yapıda oluşan maksimum zemin oturması 9.2 mm olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar tarihi yapıların inşaat öncesi mevcut durumlarının tespit edilmesinin ve buna göre önlemlerin alınmasının önemini vurgulamışlardır.

Çizelge 1. Tarihi yapıların çevresinde yapılan kazılar ile ilgili çalışmalar

Araştırmacılar	Tarihi Yapı	Yer	Proje İsmi	Kazının Türü
(Qiu vd., 2020)	Xi'an Şehir Duvarı (XCW)	Xi'an Çin	Xi'an Metrosu	Metro Tünel Kazısı
(Dalgic vd., 2019)	Hoca Paşa Camii	Sirkeci İstanbul Türkiye	Marmaray Ulaşım Projesi	Şaft kazısı
(Miliziano ve de Lillis, 2019)	Carducci Okulu	Roma İtalya	Metro Hattı İnşaatı	Metro Tünel Kazısı
(Tomczak, 2019)	Tarihi Konut Yapıları	Varşova Polonya	3 Kat Bodrumu Bulunan Bir Yapı Projesi	Derin Kazı
(Fan, Chen ve Wang, 2018)	Longhua Pagoda	Şanghay Çin	Şanghay 11 ve 12 Numaralı Metro Hattı Projesi	Metro Tünel Kazısı
(Ledesma ve Alonso, 2017), (Alonso, 2018)	Casa Mila ve Sagrada Familia Bazilikası	Barcelona İspanya	Madrid Barcelona Fransa Tren Hattı Projesi	Tren Tünel Kazısı
(Bilotta vd., 2017)	Santa Maria della Vittoria Kilisesi	Napoli İtalya	Napoli Metrosu Hat 6 İnşaatı	Metro Tünel Kazısı
(Aktan, 2015)	Tarihi Bira Fabrikası	Bomonti İstanbul Türkiye	Hilton İstanbul Bomonti Oteli ve Konferans Merkezi Projesi Otopark İnşaatı	Otopark Temel İnşaatı – Derin Kazı
(Amorosi vd., 2014)	Felice Su Kemerleri	Roma İtalya	Metro Hattı İnşaatı	Metro Tünel Kazısı
(Li vd., 2014)	Asia Building Shanghai Club Building Union Building	Bund Şanghay Çin	Şanghay Bund Bölgesi Araç Tüneli Projesi	Araç Tünel Kazısı

Dalgic ve meslektaşları (2019) İstanbul Sirkeci Tren İstasyonu'nun yakınında bulunan Hoca Paşa Camii ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Camii geçirmiş olduğu bir yangın sonrasında 1868 yılında tekrar inşa edilmiş yığma bir yapıdır. Camii konumu itibari ile Sirkeci tren istasyonunda yapılan metro istasyonu kazılarına yakındır. Bu nedenle araştırmacılar tarafından metro inşaatı sırasında camii yapısının zemin kaynaklı davranışlarını tespit etmek için birkaç seviyeli bir araştırma yapmışlardır. Marmaray Ulaşım inşaatı 2006-2013 yılları arasında tamamlanmıştır. Hoca Paşa Camii yapısında 2008 yılından itibaren ölçümler alınmaya başlanmıştır. Bu sayede yapının yakınındaki kazılar başlamadan önce yapıya ait

**Atıf için:** ÖKTEN, M. S., BALABAN-ÖKTEN, B. ve EKİNCİ, S., 2021. Altyapı ve kazı çalışmalarının tarihi yapılara etkisi: Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii örneği. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*. 2 (2), s. 200-219.

kazı öncesi durum tespit edilebilmiştir. Sonrasında ölçümlerin düzenli olarak alınmasına devam edilmiştir. Yapılan araştırmanın üç temel kısmı vardır. Birinci kısmı yapının durumunu yerinde ölçmeye yönelik tespitleri içermektedir. İkinci aşamada yapının davranışını tespit edebilmek için sayısal bir model oluşturmuşlardır. Oluşturulan modelde ilk analizde yapının üzerindeki mevcut çatlakları göz önüne almadan duvarları modelleyerek mevcut zemin oturmalarını göz önünde bulundurarak duvarlara yükler vererek ve duvarların diğer birleştikleri duvarlar ile olan ilişkisini dikkate alarak yapının davranışına bakmışlardır. Bunun sebebi modelleme sırasında oluşabilecek belirsizlikleri en aza indirmektir. Sayısal modelin ikinci aşamasında kademeli olarak gerçekleşen Marmaray Ulaşım projesine ait şaft ve metro tüneli kazıları sonucu zemin oturmaları, yapının rijitliği ve zemine ait veriler de sayısal modele eklenmiştir. Araştırmanın üçüncü aşamasında ise yapının kazılar sonucunda zemin hareketini önleyebilmek için zemin güçlendirmesi yapılarak yapıyı koruma altına almışlardır. Aktan (2015) İstanbul Bomonti'de yer alan endüstriyel kültürel miras yapılarından olan tarihi Bomonti Bira Fabrikası yakınında gerçekleşecek olan otopark inşaatına ait temel kazılarının oluşturabileceği zemin hareketlerine karşı tarihi yapının korunması için alınan önlemlerin açıklandığı bir çalışma yapmıştır. Tarihi yapının iki metre yakınında 26 metre derinliğinde bir kazı yapılmıştır. Kazı öncesi alanda yapılan sondajlar sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek kazı destek sistemi için öngermeli ankrajlara sahip kademeli kazıklı duvar inşa edilmesi önerilmiştir. Önerilen bu yöntem sonlu elemanlar programı ile modellenerek hesaplamalar yapılmıştır. Sayısal modelde önerilen yöntemin uygun olduğu sonucuna varılarak kazı çalışmalarına başlanmıştır. Kazı sırasında ölçümler alınmaya devam edilmiştir. Kazıdan alınan ölçümler ile sayısal modelden elde edilen sonuçların benzer olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada tarihi yapının davranışına dair bir ölçüm ele alınmamış kazı sırasındaki deplasman oranları ile sayısal modelde elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

Alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde tarihi yapıların çevresinde gerçekleşecek olan inşaat faaliyetleri öncesinde tarihi yapıların mevcut durumlarının tespitine yönelik analizlerin önemsendiği görülmektedir. Bu tespit çalışmalarının ardından yapıların ve yapıların bulunduğu zemin verilerinin sayısal olarak modellenerek yapılması planlanan inşaat faaliyetinin etkisi ölçülmeye çalışılmaktadır. Elde edilen veriler ile tarihi yapıların zemin hareketlerinden etkilenmemeleri için kazık sistemleri ve yapıyı koruyucu çelik iskeleler ile önlemler alınmaktadır. Bu çalışmalara ek olarak inşaat sırasında yapılar üzerinden ölçümler alınarak inşaatların kontrollü ilerlemesi sağlanmaktadır. Tarihi yapıların kazı çalışmalarından etkilenmelerini en aza indirmeyi hedefleyen bu çalışmaların sonuçları incelendiğinde başarılı oldukları görülmektedir. Yapılan çalışmalarda kazı öncesinde model çalışmalarının yapıldığı ve bu model çalışmalarına göre tarihi yapıların kazı çalışmaları sürecinde zarar görmelerini engelleyecek zemin önlemleri alındığı görülmektedir. Bunlara ek olarak inşaat faaliyetleri başlamadan önce yapıların davranışlarının gözlemlenebilmesi için yapısal sağlık izleme sistemleri kurulduğu ve inşaat sürecinde ve sonrasında bu sistemlerden alınan verilerin titizlikle değerlendirildiği görülmüştür.

### 3. ALAN ÇALIŞMASI

Alanda yapılan araştırmalar incelendiğinde özellikle büyük şehirlerde ulaşım projeleri nedeniyle tarihi yapıların çevrelerinde yapılan kazıların neden olduğu zemin oturmalarının ve bu zemin oturmalarının yapılara olan etkisini en aza indirebilmek için yapılan önleyici ve koruyucu çalışmalar görülmektedir. Bahsi geçen büyük inşaat projelerinde alınan önlemlerin tarihi yapıların korunmasında etkili olduğu alanda yazılan makalelerden takip edilebilmektedir.

Fakat daha küçük çaplı projeler nedeniyle yapılan kazıların tarihi yapılara olan etkilerini takip etmek mümkün olamamaktadır. Literatür taramasında küçük ölçekli projelerde tarihi yapıların çevresinde yapılan derin kazı çalışmalarına ait araştırmalara ulaşılamamıştır. Araştırmacılar bunun sebebinin bu tip küçük ölçekli derin kazı işlerinden önce diğer büyük inşaat projelerinde olduğu gibi ön çalışma evresinde tarihi yapıların göz önüne alınmadığını düşünmektedirler. Bunun sebebi bu tip kazıların görece diğer bahsi geçen projelerde yapılan kazılara göre küçük olmaları nedeniyle tarihi yapılara olumsuz bir etkisinin olmayacağını düşünülmesidir. Bu makale için seçilen örneklerde yer alan tarihi yapıların çevresinde alt yapı ve üst yapı projeleri ile ilgili kazılar yapılmıştır. Yapılan bu kazıların tarihi yapılara olan etkisi bir süre sonra fark edilmiş ve zemin oturmalarından zarar gören yapıların güçlendirilmesi gerekmiştir. Bu bölümde ilk olarak araştırma konusu olan Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve Fatih İskender Paşa Camii yapılarına ait genel bilgiler ve geçirdikleri restorasyon süreçleri ile ilgili bilgiler verilerek yapılara uygulanan güçlendirme projeleri açıklanmıştır. Ardından tartışma bölümünde yapılara uygulanan güçlendirme tekniklerinin yapılar için oluşturabilecekleri riskler tartışılmıştır.

### 3.1. Şeyh Murad Efendi Mescidi

Şeyh Murad Efendi Mescidi, İstanbul Eyüp Nişanca semtinde XVII. yüzyıl ortalarında kurulan medresenin güneydoğu köşesinde yer almaktadır. Külliye içinde mescit-tevhidhane yapıları, türbe ve hücreler yer almaktadır. Mescidin plandaki dış boyutları yaklaşık 9.5m x 9.5m olup bir sıra kesme taş üzeri iki sıra harman tuğla örgü ile kırıktı harçtan oluşan yığma duvar sistemiyle inşa edilmiştir. Kare plan olan harim mekânından kubbeye, önce sekizgen kasnak ve kasnaktan tromplarla geçiş sağlanmıştır. Ana kubbe sekizgen şekli takip eden toplamda 8 adet kemer ile kare kaideye oturmaktadır. Tekkenin yüksekliği mekân içerisindeki döşeme kotundan kubbe üstü kotuna yaklaşık 8.8 m'dir. Tek bir hacimden oluşan yapının güney-doğu ve kuzey-doğu duvarlarının temelleri ile güney-batı, kuzey-batı duvarlarının temelleri arasında kot farkı bulunmaktadır. Yapı planda her iki doğrultuda simetrik kabul edilebilir (Ökten, 2015a). Mescid depremler, yetersiz bakım ve yıpranma nedeniyle zaman içinde ağır hasarlar görmüş ve bu nedenle dönem içinde çeşitli restorasyon projeleri yapıya uygulanmıştır (Şenalp, 1982; Ökten, 2011; Ökten, 2015a; Kılınçarslan, 2019).

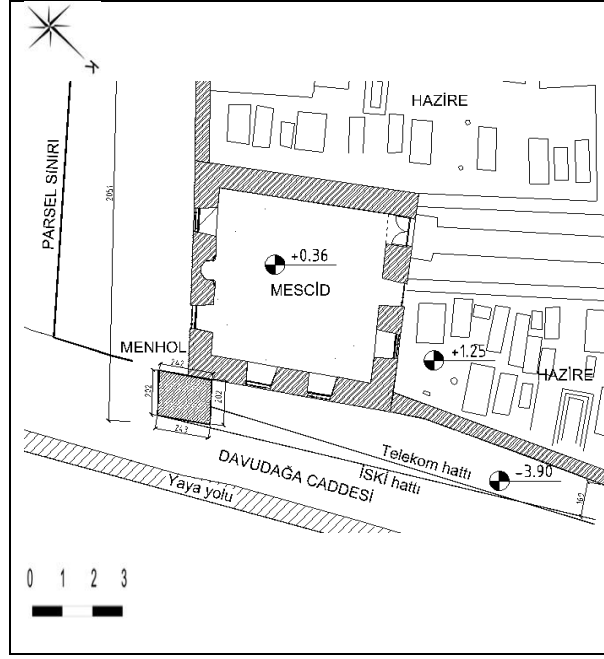
2014 yılında restorasyon çalışması ile medresedeki tüm binalar yenilenmeye başlanmıştır. Çalışmaları tamamlanan medrese yapılarında kısa bir süre sonra çatlaklar tekrar oluşmuştur. Mescidin batı ve kuzey cephelerindeki taşıyıcı duvarlarını ve kubbesini kuzey-güney doğrultusunda kesen, yarık mertebesinde geniş bir yarık tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Mescid yapısındaki hasarlar (Mehmet Selim Ökten, 2014)



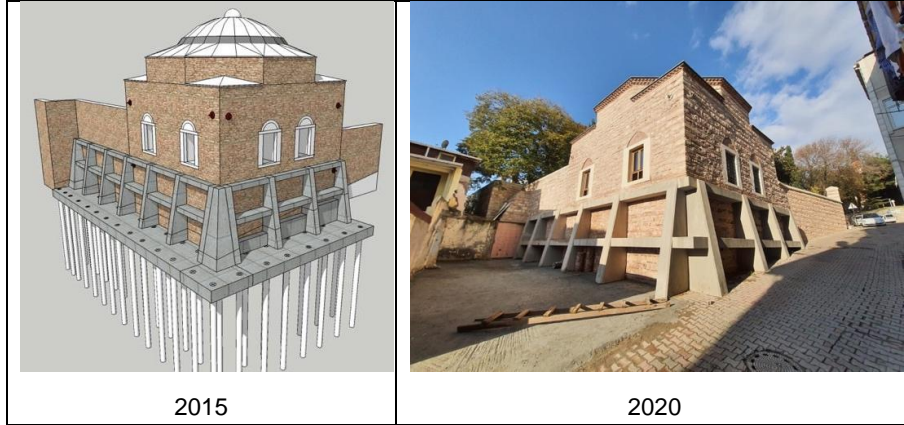
Hasarların kısa sürede tekrar etmesinden, sorunun zemin kaynaklı olabileceği ön görülmüş ve restorasyon çalışmaları bu yönde ilerlemeye başlamıştır. Yeraltı radarı ölçüm çalışmalarından medresenin iç avlusunda ve mescid duvarlarının hemen yanında kanallar tespit edilmiştir. Açılan araştırma çukurlarında iç avluda tarihi su kanalları, mescid duvarlarının hemen yanında ise son dönemde inşa edilmiş yapı temellerinin altına kadar inen çeşitli derinliklerde isale hattı ve internet veri kablolarının geçtiği kanallar tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Mescid duvarının yanında inşa edilen kanallar (Hassa Mimarlık, 2016)

Kâgir binaların bitişiğinde yapılan derin kazıların kâgir duvar temelleri için çok kritik olduğu açıktır. Yapılan bu kazılar literatür çalışmalarında da görüldüğü gibi çoğu zaman yığma duvarların dönmesine ve oturmasına neden olmaktadır. Su geçen kanalların zaman içinde yıpranması, düzenli su akışının bozulmasına ve etrafındaki zemine etki ederek üst yapıda hasarlara neden olmaktadır.

Sahadan elde edilen bu bilgilere göre danışman inşaat mühendisi tarafından yeni bir yapısal güçlendirme projesi tasarlanmıştır. Güçlendirme projesinin genel konsepti, önce zemin hareketlerini önlemek ardından üst yapıyı güçlendirmektir. Mescidin taşıyıcı duvarları ve kubbesi için gerekli güvenlik önlemleri alındıktan sonra duvarların dönmesini ve kaymasını önlemek için mevcut taşıyıcı sisteme ve temele ek bir payanda sistemi ile destek verilmesi öngörülmüştür. Payanda inşaatının güvenlik açısından bir seferde değil, kademeli olarak yapılması planlanmıştır. Daha sonra taşıyıcı duvardaki çatlaklar, özgün malzemenin bünyesine uygun puzolanik kireç esaslı tamir harçları ile enjeksiyon yapılarak onarılmıştır. Hasar görmüş kubbedeki yapısal bütünlüğü sağlamak ve kubbe eteğindeki çekme gerilmelerini karşılamak için bu bölgeye puzolanik esaslı harç ile karbon elyaf kuşaklama yapılmıştır. Yapının taşıyıcı duvarlarının depreme karşı bir bütün olarak çalışması için iki kotta, duvarları birbirine bağlayan ve deprem esnasında oluşan çekme gerilmelerini karşılayan çelik gergilerden faydalanılmıştır (Şekil 3).

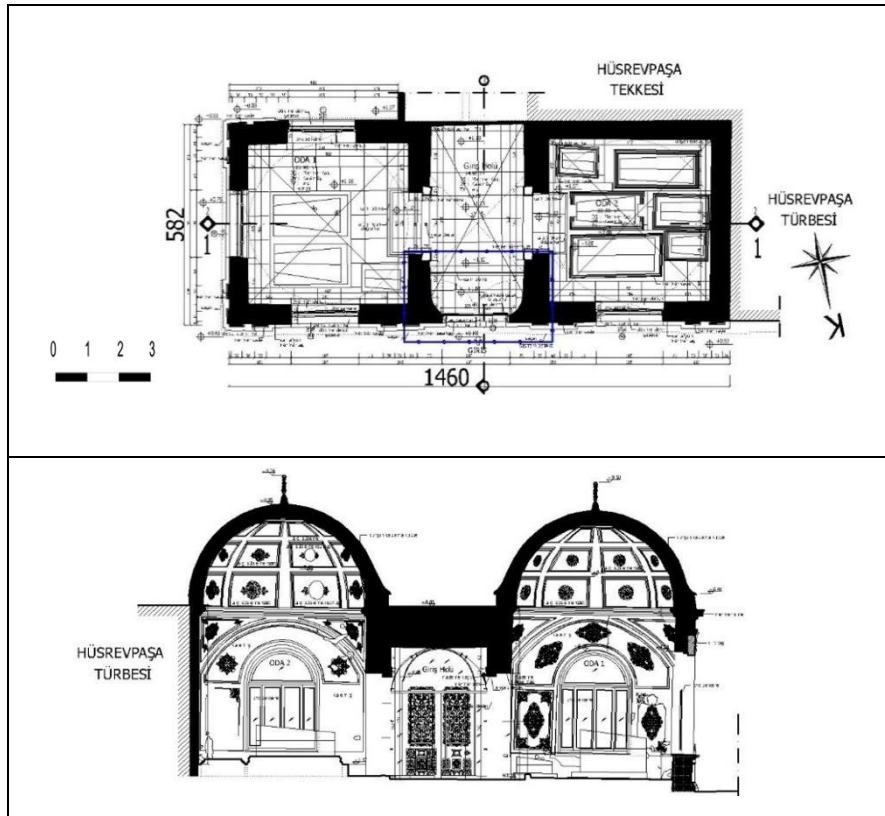


Şekil 3. Restorasyon öncesi planlanan güçlendirme müdahaleleri modeli (Savaş Ekinci, 2015) ve restorasyon sonrası durum (Mehmet Selim Ökten, 2020)

### 3.2. Adile Sultan Türbesi

Mehmed Ali Paşa Türbesi ismiyle de anılan türbenin giriş kapısı üzerinde yer alan Sultan Abdülmecid tuğrası, yapının 1849 tarihinde yapıldığını göstermektedir. İstanbul İli, Eyüp İlçesi, Cülüs Yolu'nda bulunan Adile Sultan Türbesi planda boyutları yaklaşık 5.80m x 14.60m olan kesme taş yığma duvar sistemiyle tek katlı olarak inşa edilmiş, duvar kalınlıkları 49 cm ile 70 cm arasında değişen kâgir bir yapıdır. Yapı güneybatı cephesinde Hüsrev Paşa Türbesi ile bitişiktir. Dikdörtgen plandaki türbe giriş holü ve iki oda olmak üzere toplam üç kısımdan oluşmaktadır. Giriş holünün üzerinde tonoz, kare planda olan odaların üzerinde kubbeler yer almaktadır (Şekil 4). Odalardaki kat yükseklikleri, döşeme üzerinden kubbe altına yaklaşık 7.20m, giriş holünde ise 3.70m'dir (Ökten, 2015b).

209



Şekil 4. Türbenin planı ve kesiti (Hassa Mimarlık, 2015)

2014 senesinde yapının kuzeydoğu köşesinin bitişiğinde Yağmur Suyu Terfi Merkezi inşaatı için iksa kazıkları imal edilmiş, imalatların tamamlanmasından sonra planda boyutları 4.50m x 7.50m olan 5 m derinliğinde bir temel çukuru açılmıştır (Şekil 5). Bu uygulama sırasında Adile Sultan Türbesi'nde çatlaklar oluşmuştur (Şekil 6).



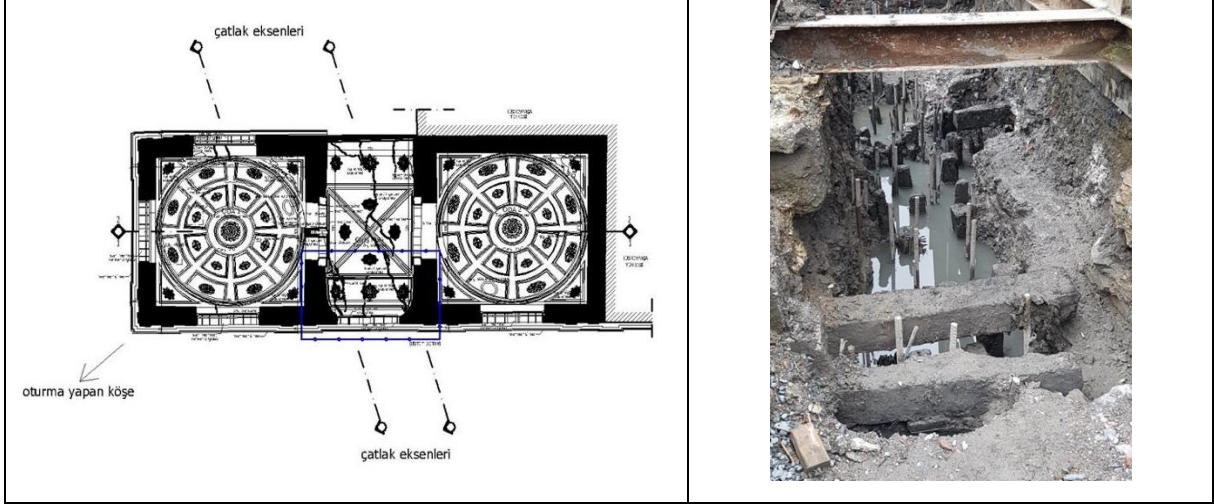
Şekil 5. Terfi Merkezi inşaatı için açılan temel çukuru (Hassa Mimarlık, 2014)



Şekil 6. Türbede oluşan hasarlar (Mehmet Selim Ökten, 2014)

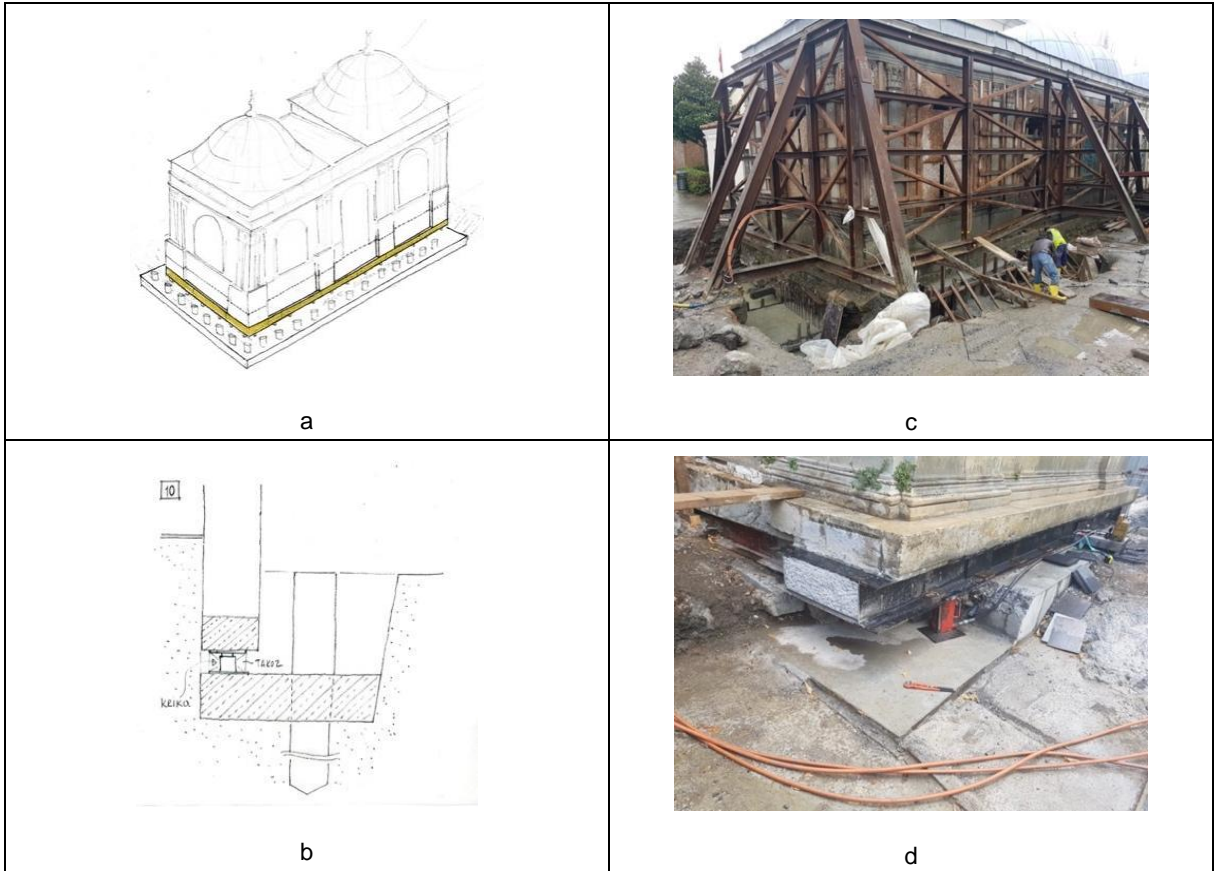
Yapılan ölçümlerde türbenin kuzeydoğu köşesinin yaklaşık 12 cm oturma yaptığı tespit edilmiştir. Türbede oluşan hasar, temel duvarına çok yakın yapılan terfi istasyonu inşaatındaki iksa kazıklarının imalatı sırasında yapının o bölgede oturduğu ahşap kazıklı temel sistemi ve zemin yapısının bozulması sonucu oluşmuştur (Şekil 7).





Şekil 7. Türbede oluşan çatlak eksenleri, oturma yapan köşe ve ahşap kazıklı temel sistemi (Mehmet Selim Ökten, 2014)

Zemine ve temel sistemine yapılacak güçlendirme müdahaleleri öncesinde çelik askı sistemi ile yapının güvenliği sağlanmıştır. Türbedeki 12 cm'ye varan oturmaların taşıyıcı sistem bütünlüğü açısından tehlike arz etmesi sebebiyle yapının kaldırılarak bozulan gerilme dağılımının tekrar sağlanması ve sağlam bir mesnete oturtulması amaçlanmıştır. Kaldırma işlemi için yapının temellerine etkiyen yükü düzgün bir şekilde dağıtacak betonarme bir hatıl ve bu hatılın oturduğu kazıklı bir temel inşa edilmiştir. Krikolar vasıtasıyla yapı kontrollü bir şekilde kaldırılmıştır (Şekil 8).



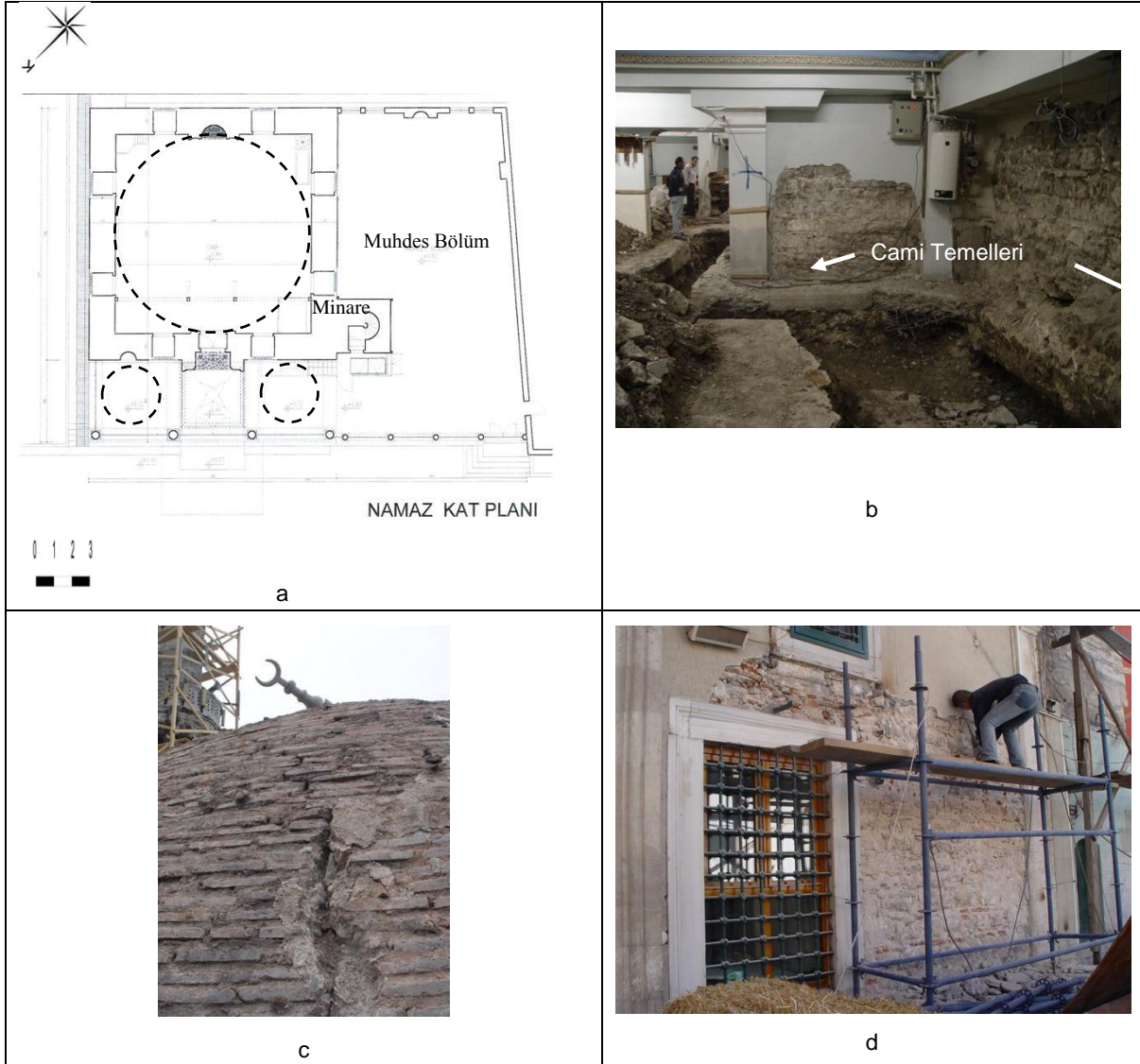
Şekil 8. Planlanan güçlendirme müdahaleleri eskizi (a ve b) (Savaş Ekinci, 2015), askı iskelesi (c) (Mehmet Selim Ökten, 2018) ve kriko ile kaldırma işlemi (d) (Mehmet Selim Ökten, 2018)

**Atıf için:** ÖKTEN, M. S., BALABAN-ÖKTEN, B. ve EKİNCİ, S., 2021. Altyapı ve kazı çalışmalarının tarihi yapılarla etkisi: Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii örneği. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*. 2 (2), s. 200-219.

### 3.3. Fatih İskender Paşa Camii

İskenderpaşa Camii Osmanlı döneminde yapılmış kâgir bir yapıdır. İstanbul Fatih'te Sarıgüzel Caddesi üzerinde bulunan yapının bir adı da Terkim Camii'dir. 1505 tarihinde yapıldığı tahmin edilmektedir. Cami 1756, 1887, 1945 ve 1956 tarihlerinde çeşitli tamirler geçirmiştir. Tamamen kesme taştan ve kubbeli olarak yapılmış caminin iç ölçüleri 10.95x10.90 m'dir. Duvar kalınlığı 1.45cm dir. Yapı, kemerler ve pandantiflerle desteklenmiş ortada kubbesi olan bir taşıyıcı sisteme sahiptir.

Tarihte büyük depremler geçirmesine rağmen günümüze kadar ulaşan yapı, 1989 yılında minarenin bulunduğu cephede avlu kotundan yaklaşık -3.50m kotuna kadar kazılarak, caminin kâgir temellerinin altına incek şekilde bodrum ve zemin kattan oluşan bir ek yapı ile zayıflatılmıştır. Minare temel duvarlarını da açıkta bırakacak şekilde yapılan bodrum katlı ilave yapı, cami ve minarenin kâgir temellerinin mesnetlenme durumunu değiştirmiş, yapı 17 Ağustos 1999 Gölcük depreminde bu yöne doğru burularak hareket etmiştir. Cami bu durumu ile artçı depremleri de geçirmiş, kubbede, kubbe kasmağında, taşıyıcı duvarlarda ve minarede önemli çatlaklar oluşmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Planda muhdes bölüm (a), Avlu kotunun altında mevcut kâgir temellerin yanında inşa edilen ek yapı (b), 1999 depremleri sonrasında kubbede oluşan yarık (c), Taşıyıcı duvarlardaki hasar (d) (Hassa Mimarlık, 2004)

**Atıf için:** ÖKTEN, M. S., BALABAN-ÖKTEN, B. ve EKİNCİ, S., 2021. Altyapı ve kazı çalışmalarının tarihi yapılara etkisi: Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii örneği. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*. 2 (2), s. 200-219.

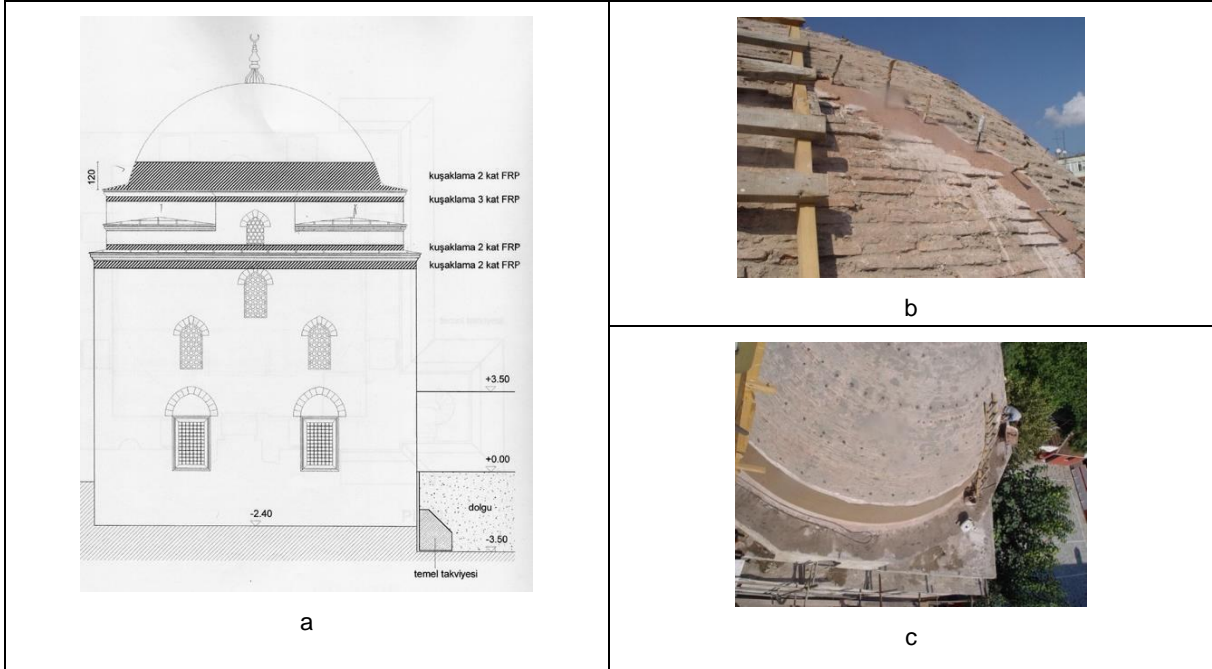


Güçlendirme aşamalarında ilk olarak caminin zayıflayan kâgir temelleri, ek bir betonarme temel sistemi ile desteklenmiştir. Sonrasında hasara sebebiyet veren muhdes ek kaldırılarak zemindeki boşluk sıkıştırılarak geri doldurulmuştur (Şekil 10).



Şekil 10. Kâgir temel sistemine yapılan takviye (Hassa Mimarlık, 2004)

Caminin taşıyıcı duvarlarındaki ve kubbedeki hasarlar için sırasıyla enjeksiyon ve lifli polimerler ile güçlendirme işlemleri uygulanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Güçlendirme müdahaleleri krokisi (a) (Hassa Mimarlık, 2004) ve uygulamaları (b ve c) (Hassa Mimarlık, 2008)

Çalışma konusu olan tarihi yapı örneklerinde görüldüğü gibi yapıların yakın çevresinde uygulanan altyapı ve kazı çalışmaları sonucu oluşan hasarlar, uzun bir süreçte ve normal yapılara oranla daha uzmanlık gerektiren uygulamalarla giderilebilmektedir. Çizelge 2'de araştırma konusu yapılarda oluşan hasarlar, nedenleri, güçlendirme önerileri ve oluşabilecek riskler özet olarak verilmiştir.

Örnekleme oluşturan yapı grubunun yakınında yapılan kazıların görece küçük ölçekli olması ve bu kazıları gerçekleştiren ekiplerin kazıların neden olabileceği zemin riskleri konusunda bilgi sahibi olmamaları nedeniyle bu kazılar öncesinde tarihi yapıların korunması ile ilgili önlemler alınmamıştır. Literatür taramasından da görülebileceği gibi büyük ölçekli

projelerde proje öncesinde detaylı zemin etüdüleri, mevcut tarihi yapıların tespiti ve kazı çevresinde yer alan yapılara ait model çalışmalarının yapıldığı gözükmektedir (Qiu vd., 2020; Dalgic vd., 2019; Fan, Chen ve Wang, 2018; Ledesman ve Alonso, 2017). Bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ile, kazı çalışmalarının tarihi yapılar üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indireyecek önlemler alınmaktadır.

Zemini oluşturan toprak yapısı da gerçekleşen kazıların olumsuz etkilerinin farklı zamanlarda yapılarda hissedilmesine sebep olmaktadır. Örneğin Adile Sultan Türbesi'nin yakınında yapılan kazının etkisi yapıda hemen hissedilmiştir. Bunun yanında Fatih İskender Paşa Camisi'nin yakınında yapılan kazının etkileri 1999 Gölcük depremi sonrasında yapıda görülebilmektedir. Bu iki belirgin örnek kazılar ile ilgili alınacak önlemlerde zemin etüdülerinin önemini vurgulamaktadır. Aynı zamanda tarihi yapıların çevrelerinde yapılan kazıların etkilerinin zemin durumuna göre hemen gözlemlenemeyeceğini fakat ciddi bir depremde bu tür kazıların bu yapıların yıkılmasına sebep olabileceğini de göstermektedir.

Çizelge 2 Araştırma konusu yapılarda oluşan hasarlar, nedenleri, güçlendirme önerileri ve oluşabilecek riskler

Proje ismi	Yapıda oluşan başlıca hasarlar	Hasarların Muhtemel sebepleri	Güçlendirme önerileri	Güçlendirme önerilerinin oluşturabileceği riskler
Şeyh Murad Efendi Tekkesi	Yapının batı ve kuzey cephelerindeki taşıyıcı duvarlarını ve kubbesini kuzey-güney doğrultusunda kesen çatlak Bahsedilen çatlağa dik istikamette yapı duvarında oluşan düzlem dışı dönme	Zayıf zemin yapısı Dönem içerisinde tekke duvarına bitişik yapılan alt yapı çalışmaları	Yapı temellerinin güçlendirilmesi Yapı duvarlarına payandalar ile destek yapılması Duvarların paslanmaz çelik gergiler ile bağlanması Kubbenin lifli polimer kuşaklama ile sarılması Çatlakların enjeksiyon ile tamiri	Güçlendirme önerilerinin uygulamasının riskler içermesi nedeniyle uygulamacı firma bulunmasında yaşanan zorluklar Uygulama sırasında gerekli olan kazılar ve kazık imalatı yapılırken yapıda ek hasarların oluşma riski
Adile Sultan Türbesi	Türbenin kuzeydoğu köşesinde 12cm oturma Giriş holündeki tonozu, pencere kemerini ve kubbe eteğini kesen çatlak	Türbenin kuzeydoğu köşesinin hemen bitişğinde yapılan alt yapı inşaatı	Zeminin güçlendirilmesi Temellerin güçlendirilmesi Yapıdaki oturma krikolar ile kaldırma işlemi sonrasında kısmi olarak geri alınması	Mevcut temellerin altına uygulanan temel güçlendirmesi uygulamasında oluşabilecek yapısal hasar riski Kriko ile kaldırma işlemi sırasında yapıda oluşabilecek gerilmelerin oluşturabileceği yapısal hasar riskleri
Fatih İskender Paşa Camii	Kubbeye ve taşıyıcı duvarlarda oluşan derin çatlaklar	Yapının bir cephesinde temel altı kotta oluşturulan hacimler sebebiyle temellerin boşa çıkması	Temellerin güçlendirilmesi ve zeminde oluşturulan boşlukların geri doldurulması Çatlakların enjeksiyon ile tamiri Kubbenin ve taşıyıcı duvarların lifli polimerler ile güçlendirilmesi	Mevcut temellere uygulanan temel güçlendirmesi ve zemin sıkılaştırması uygulamasında oluşabilecek yapısal hasar riski

Hasar görmüş tarihi yapıların restorasyon kararları alınmadan önce bu yapıların ömürleri içerisinde geçirmiş oldukları tadilat süreçlerinin incelenmesi yapılar ile ilgili verilerin toplanabilmesi için önemlidir. Yapıların geçirdikleri tadilatlar, çeşitli sebepler ile yapılarda oluşan hasarlar, yapılarda oluşan hasarların sebepleri, oluşan hasarların tamiri için kullanılan yöntemler gibi bilgiler tarihi yapılar ile ilgili alınacak restorasyon kararlarını etkilemektedir. Bu nedenle alanda yapılan araştırma çalışmaları restorasyon projeleri için önemli bir veri kaynağıdır. Kılınçarslan'ın (2019) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışması bu tür çalışmalara bir örnek olarak gösterilebilir. Şeyh Murad Efendi Mescidi'nin restorasyon süreçlerinin yer aldığı çalışmada, restorasyonda görevli olan danışmanlar ve restorasyon ekibi ile görüşmeler yapılarak bilgiler toplanmış ve yapıya uygulanan restorasyon yöntemleri ve nedenleri tezde tartışılmıştır. Restorasyon süreçlerinin takip edilebildiği bu tür yayınlar hem tarihi yapılarda oluşan hasarların sebeplerinin tespit edilebilmesi hem de oluşan bu hasarların tamir edilmesinin yapılar için ne kadar risk taşıdığını da göstermektedir. Özellikle zemin kaynaklı hasarların tamirlerinde yapıların zeminine müdahale edilmesi gerektiğinden yapının çevresinde ek kazı çalışmalarının yapılması gerekebilmektedir. Bunun örneğini Şeyh Murad Efendi Mescidi ve Adile Sultan Türbesi restorasyonlarında görmekteyiz. Yapının çevresinde mevcut temel hizasına kadar kazılar yapılması gerekmiştir. Bu müdahalelerde yapıların yıkılmaması için çelik iskeleler ile önlemler alınması gerekmiştir. Adile Sultan Türbesi'nin restorasyonunda ise krikolar ile yapının kaldırılması gerekmiştir. Yığma tarihi bir yapının krikolar ile kaldırılması yapının taşıyıcı sistemi için riskli bir uygulamadır. Bu çalışmada sözü edilen tüm bu riskli uygulamaların yapılmasının sebebi ise tarihi yapıların çevresinde önlem alınmadan yapılan kazı çalışmalarıdır.

#### 4. SONUÇ

Tarihi yapıların çevresinde yapılan kontrolsüz alt yapı çalışmaları ve zemin müdahaleleri, bu yapıların temel sistemlerinin zarar görmesine neden olmaktadır. Zayıflayan temel sisteminde zaman içinde meydana gelen oturmalar ve dönmeler, üst yapıda hasara sebep olmaktadır. Bununla birlikte bu müdahaleler, simetrik ve düzenli kurgularıyla yüzlerce yıldır ayakta duran bu yapıları depremlere karşı da savunmasız bırakmaktadır. Yapılacak kazı çalışmaları öncesinde yapıları koruma altına almayı hedefleyen ön değerlendirme çalışmalarının yapılmasının yapıları koruduğu, alanda yapılan çalışmalardan takip edilebilmektedir. Dünya'da ve Türkiye'de yapılan çalışmalarda kazı çalışmaları öncesinde alınan önlemler sayesinde yapıların zarar görmeden bu inşaat faaliyetlerinin tamamlandığı görülmektedir. Bu çalışmalar incelendiğinde bahsi geçen inşaat faaliyetlerinin büyük ölçekli işler olduğu tespit edilmiştir. Büyük ölçekli ulaşım projelerinde planlama aşamasında bilim kurulları oluşturulduğu, oluşturulan bilim kurullarında çok farklı disiplinlerden uzmanların yer aldığı (mimarlar, sanat tarihçileri, restorasyon uzmanları, arkeologlar, mühendisler vb. gibi) görülmektedir. Projelerin planlama aşamasından itibaren bilim kurullarının kurulması ve alanda yapılacak inşaatın etkilerinin ön görülebilmesi için bilgisayar destekli sayısal modellerin hazırlanması etkili bir yöntemdir. Bu modeller inşaat sırasında yapıların nasıl bir davranış göstereceğini ön görmeye çalışır. Yapılan bu ön analiz çalışmaları sonucunda yapılması planlanan inşaatla kullanılacak kazı makinalarının tipleri, kazı yöntemleri, mümkün olan yerlerde güzergah değişiklikleri ve yapıların çevresinde zemin hareketlerini en aza indirgeyecek zemin güçlendirme yöntemleri belirlenmektedir. Tüm bu kararlar planlama aşamasında alındıktan sonra yapılar inşaat sürecinde yapısal sağlık izleme sistemleri ile takip edilmektedirler. Kurulan bu izleme sistemlerinin verileri yine bilim kurullarında yer alan ekipler

tarafından kontrol edilmekte ve gerekli görüldüğü takdirde inşaatlar durdurulmaktadır. Tüm bu titiz çalışmaların olumlu sonuçları alanda yayınlanmış makalelerde gözlemlenebilmektedir. Yayınlanan çalışmaların sayısının artması da yapılan ön model çalışmalarının iyileştirilmesi için kullanılmaktadır. Tüm bu çalışmalara rağmen küçük ölçekli projeler için gerçekleştirilen kazılar ve tarihi yapılar üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmaların sayısı azdır. Bu çalışmada alan çalışmasında yer alan örnekler üzerinden tarihi yapıların çevresinde yapılan kazıların yapılarda oluşturduğu hasarlar ve bu kazılar sonucunda yapıların ayakta kalabilmesi için uygulanan taşıyıcı sisteme yönelik projeler açıklanmıştır. Alan çalışmasında verilen örnekler incelendiğinde, bahsedilen sebeplerle hasara uğrayan yapılara yapılan güçlendirme müdahalelerin uzun süren ve bütçe gerektiren müdahaleler olduğu açıktır. Zemin müdahalelerinin diğer uygulamalara göre belirsizlikler içermesi ve zor oluşu uygulayıcı bulma açısından da güçlükler çıkarmaktadır.

Kültür mirası yapıların korunması, bu yapıların taşıyıcı sistem güvenliğine etki edebilecek altyapı ve kazı çalışmalarının detaylı olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi ile mümkündür. Bu çalışma ile alanda farkındalık oluşturulması hedeflenmiştir. Tarihi yapıların hassas strüktürel durumlarının yapı çevresinde gerçekleşen kazılardan kritik seviyede etkilenmektedir. Tarihi yapıların çevresinde gerçekleşen kazı faaliyetleri ile ilgili yapılan bu çalışmanın yol gösterici olması umulmaktadır.

#### **Bilgilendirme / Teşekkür**

Aksi belirtilmediği takdirde makalede kullanılan şekiller ve çizelgeler belirtilen yazarlar tarafından, belirtilen tarihte üretilmiştir.

HASSA Mimarlık'a bizlere sağladığı veriler için teşekkür ederiz.

#### **Çıkar Çatışması Bildirimi ve Sorumluluk Bildirimi**

Bu makalede araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur, olası bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Makalede belirtilen tüm görüş ve düşünceler yazarların sorumluluğundadır, dergi bu konuda sorumluluk almamaktadır.

Makalede yer alan görsellerin kullanımına dair yasal izinlerin alınması yazarların sorumluluğundadır, dergi bu konuda sorumluluk almamaktadır.

#### **Yazar Katkı Bildirimi**

Mehmet Selim ÖKTEN, Burcu BALABAN ÖKTEN ve Savaş EKİNCİ çalışmanın ana fikrini birlikte geliştirmişlerdir. Alan araştırmasına ait veriler Mehmet Selim ÖKTEN ve Savaş EKİNCİ tarafından sağlanmıştır. Burcu BALABAN ÖKTEN araştırmanın konusu olan tarihi yapıların yakınında yapılan kazılar ve yapılara olan etkisi ile ilgili literatür taramasını gerçekleştirmiştir. Literatür taraması sonucunda elde edilen veriler ile alan araştırmasından elde edilen bulgular Mehmet Selim ÖKTEN, Burcu BALABAN ÖKTEN ve Savaş EKİNCİ tarafından analiz edilmiştir. Tüm yazarlar makale metninin yazımında ve makalenin basıma hazırlık aşamalarında katkıda bulunmuşlardır.

#### **KAYNAKLAR**

##### **Kitapta Bölüm**

AMOROSI, A., BOLDINI, D., DE FELICE, G., LASCIARREA, W. G. ve MALENA, M., 2019.

Three-Dimensional Numerical Modelling of Historical Masonry Structures Affected by Tunnelling-Induced Settlements. İçinde: R. AGUILAR, D. TORREALVA, S.

MOREIRA, M. PANDO, L.F. RAMOS eds. *Structural analysis of historical constructions*. Springer Netherlands: RILEM Bookseries, s. 947–956.

**Atıf için:** ÖKTEN, M. S., BALABAN-ÖKTEN, B. ve EKİNCİ, S., 2021. Altyapı ve kazı çalışmalarının tarihi yapılara etkisi: Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii örneği. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*. 2 (2), s. 200-219.



### Konferansta bildiri

- ALONSO, E. E., 2018. Tunnelling in urban environments: Protecting sensitive buildings. İçinde: Wei Wu, Hai-Sui Yu, Proceedings of China-Europe Conference on Geotechnical Engineering, *Springer Series in Geomechanics and Geoengineering*. Springer, Cham, s. 1117–1127.
- LI, X., SHANG, D. F., GU, X. L., ZHANG, W. P., FU, Q. ve LI, Y. H., 2014. Monitoring and evaluation of construction impact of Shanghai Bund tunnel on neighboring historical. İçinde: Peña, F. ve Chávez, M., SAHC2014 – 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, 14-17 October 2014, Mexico City. 45, s. 1-12.
- TOMCZAK, U., 2019. A parametric study of the impact of deep excavation on existing buildings. İçinde: Proceedings of the XVII ECSMGE-2019 Geotechnical Engineering foundation of the future, 1-6 September 2019, Reykjavik, Iceland. s. 891-899.

### Dergide makale

- AKTAN, E., 2015. Tarihi bir yapı kenarında yapılan derin kazıya ait vaka analizi. *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*. (60), s. 46–54.
- AMOROSI, A., BOLDINI, D., DE FELICE, G., MALENA, M. ve SEBASTIANELLI, M., 2014. Tunnelling-induced deformation and damage on historical masonry structures. *Geotechnique*. (64), s. 118–130.
- BILOTTA, E., PAOLILLO, A., RUSSO, G. ve AVERSA, S., 2017. Displacements induced by tunnelling under a historical building. *Tunnelling and Underground Space Technology*. (61), s. 221–232.
- BOSCARDIN, M. D. ve CORDING, E. J., 1989. Building response to excavation-induced settlement. *Journal of Geotechnical Engineering*. (115), s. 1–21.
- BRYSON, L. S. ve KOTHEIMER, M. J., 2011. Cracking in walls of a building adjacent to a deep excavation. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. (25), s. 491–503.
- DALGIC, K. D., HENDRIKS, M. A. N., ILKI, A. ve BROERE, W., 2019. A two-stage numerical analysis approach for the assessment of the settlement response of the pre-damaged historic Hoca Pasha Mosque. *International Journal of Architectural Heritage*. (13), s. 704–724.
- FAN, F., CHEN, J. ve WANG, J., 2018. Protection of historical buildings in metro line construction: A case study in Shanghai, China. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*. (23), s. 490–504.
- LEDESMA, A. ve ALONSO, E. E., 2017. Protecting sensitive constructions from tunnelling: the case of World Heritage buildings in Barcelona. *Géotechnique*. (67), s. 914–925.
- MILIZIANO, S. ve DE LILLIS, A., 2019. Predicted and observed settlements induced by the mechanized tunnel excavation of metro line C near S. Giovanni station in Rome. *Tunnelling and Underground Space Technology*. (86), s. 236–246.
- NAPOLITANO, R. ve GLISIC, B., 2019. Methodology for diagnosing crack patterns in masonry structures using photogrammetry and distinct element modeling. *Engineering Structures*. (181), s. 519–528.

**Atf için:** ÖKTEN, M. S., BALABAN-ÖKTEN, B. ve EKİNCİ, S., 2021. Altyapı ve kazı çalışmalarının tarihi yapılara etkisi: Şeyh Murad Efendi Mescidi, Adile Sultan Türbesi ve İskender Paşa Camii örneği. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*. 2 (2), s. 200-219.



QIU, J., QIN, Y., FENG, Z., WANG, L. ve WANG, K., 2020. Safety risks and protection measures for city wall during construction and operation of Xi'an metro. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. (34), s. 1-13.

RAMPELLO, S., CALLISTO, L., VIGGIANI, G. ve SOCCODATO, F. M., 2012. Auswertung der auswirkungen des tunnelbaus auf historische gebäude am beispiel einer neuen u-bahnlinie in Rome. *Geomechanik und Tunnelbau*. (5), s. 275–299.

SON, M. ve CORDING, E. J., 2011. Responses of buildings with different structural types to excavation-induced ground settlements. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. (137), s. 323–333.

## Tez

KILINÇARSLAN, T., 2019. *Şeyh Murad Buhari Tekkesi'nin mimari değerlendirmesi ve koruma sorunları*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi.

## İnternet Kaynağı

ŞENALP, M. H., 1982. *Eyüp Sultan'da Şeyh Murad Külliyesi Hassa Mimarlık* [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.hassa.com/en/node/525> [Erişim Tarihi 25 Haziran 2021].

## Arşiv Belgesi

EKİNCİ, S., 2015. *Şeyh Murad Efendi Tekkesi güçlendirme projesi çalışmaları*. [modelleme] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İstanbul.

EKİNCİ, S., 2015. *Adile Sultan Türbesi güçlendirme projesi arşivi*. [eskizler] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İstanbul.

HASSA MİMARLIK, 2016. *Şeyh Murad Efendi Tekkesi restorasyonu proje arşivi*. [rölöve] HASSA MİMARLIK, İstanbul.

HASSA MİMARLIK, 2015. *Adile Sultan Türbesi restorasyon proje arşivi*. [rölöve] HASSA MİMARLIK, İstanbul.

HASSA MİMARLIK, 2014. *Adile Sultan Türbesi restorasyon proje arşivi*. [fotoğraf] HASSA MİMARLIK, İstanbul.

HASSA MİMARLIK, 2008. *İskender Paşa Camii restorasyon proje arşivi*. [fotoğraf] HASSA MİMARLIK, İstanbul.

HASSA MİMARLIK, 2004. *İskender Paşa Camii restorasyon proje arşivi*. [fotoğraf-rölöve] HASSA MİMARLIK, İstanbul.

ÖKTEN, M. S., 2020. *Şeyh Murad Buhari Tekkesi güçlendirme projesi arşivi*. [fotoğraf] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul.

ÖKTEN, M. S., 2018. *Adile Sultan Türbesi güçlendirme projesi arşivi*. [fotoğraf] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul.

ÖKTEN, M. S., 2015a. *Şeyh Murad Buhari Tekkesi güçlendirme raporu*. [fotoğraf] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul.

ÖKTEN, M. S., 2015b. *Adile Sultan Türbesi güçlendirme projesi öneri raporu*. [rapor] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul.

ÖKTEN, M. S., 2014. *Adile Sultan Türbesi güçlendirme projesi arşivi*. [fotoğraf] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul.

ÖKTEN, M. S., 2014. *Şeyh Murad Buhari Tekkesi güçlendirme raporu*. [fotoğraf] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul.

ÖKTEN, M. S., 2011. *Şeyh Murad Buhari Tekkesi güçlendirme raporu*. [rapor] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul.

### **Biyografiler**

#### **Mehmet Selim ÖKTEN**

Lisans eğitimini Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde bitirdikten sonra MSGSÜ Mimarlık Yapı Mühendisliği kürsüsünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaya başlamıştır. Yüksek Lisans çalışmasında İTÜ İnşaat Fakültesinde Betonarme Kirişlerin Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi konulu tez çalışmasını yapmıştır. Doktora çalışmasını İTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Bilimleri kürsüsünde dolgu duvarlı BA çerçevelerin lifli polimerler ile güçlendirilmesi konusunda tamamlamıştır. Tarihi yapıların korunması ve güçlendirilmesi konusunda bilim kurulu üyelikleri vardır. Hâlen Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yapı Mühendisliği Bilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

#### **Burcu BALABAN ÖKTEN**

Lisans eğitimini İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık Bölümünde 2003 yılında bitirdikten sonra yüksek lisansını 2006 yılında Proje ve Yapım Yönetimi alanında "Türk İnşaat Sektöründe Çalışanların Motivasyonu Üzerinde Kültürün Etkisi" başlıklı tezi ile İstanbul Teknik Üniversitesinde tamamlamıştır. 2016 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesinde Yapım Yönetimi alanında "Türk İnşaat Sektöründe Küçük ve Orta Ölçekli Firmalarda Bilgi Yönetimi" başlıklı Doktora tez çalışmasını tamamlayarak Doktor ünvanını almıştır. Burcu Balaban Ökten 2012 yılından itibaren Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesinde öğretim üyesi olarak görev almaktadır.

#### **Savaş EKİNCİ**

Lisans eğitimini Mimar Sinan Üniversitesi, Mimarlık Bölümü'nde 2001 yılında tamamlayan Savaş Ekinci, yüksek lisansını ise 2006 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilgisi Yüksek Lisans Programı'nda "Hafif Çelik Yapım Sistemleri – Taşıyıcı Sistem, Yapı Fiziği Etkileri ve Mimari Tasarım İlkeleri Açısından Analizi" başlıklı tezi ile tamamlamıştır. Doktora çalışmasını, 2014 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilgisi Doktora Programı'nda "Mevcut Yapıların Uyarlanabilirlik Kapasitesini Belirleme ve Değerlendirme Yöntemi" başlıklı tez ile tamamlayarak Doktor unvanı almıştır. Hâlen Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yapı Bilgisi Bilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.