



Evaluation of strengthening approaches on a cultural heritage building in the context of structural performance and restoration principles

İlhan Okan YAZGAN¹, ORCID: 0000-0002-0182-1826

Abstract

Sustainability of architectural heritage through generations necessitate preserving not only their originality, but also structural integrity. Various damages generated over time, can cause decrease in the possessed genuine structural performance when they were initially constructed. Instantaneous effects such as earthquakes may cause partial or total collapse. Strengthening is a structural intervention aiming to improve the safety level in order to meet functional changes or standards. Within the structural improvements or strengthening measures, besides improving structural performance, originality should also be regarded at the maximum level. Within this study, possible performance changes in the building located in Konak, İzmir, which was strengthened due to the change in function, has been examined by numerical modelling and analysis method. It has been determined that the level of security has increased significantly. Interpretation of the data obtained by non-engineering disciplines with ease, is one of the main goals of the study. It was concluded that the interventions were conducted cautiously, the authenticity-security relationship was optimized, and the architectural integrity was not damaged.

Highlights

- Security levels of architectural heritage are limited to the construction technologies valid for the period in which they were built.
- Outcomes of the static calculations needs to be understandable and interpretable by non-engineering disciplines.
- Basic principles of restoration and authenticity-security balance needs to be considered in strengthening of architectural heritage.

Keywords

Cultural heritage; Restoration; Structural strengthening; Structural analysis; Numerical modeling; Restoration principles; İzmir

Article Information

Received:

07.12.2022

Received in Revised Form:

30.06.2023

Accepted:

11.07.2023

Available Online:

17.07.2023

Article Category

Research Article

Contact

1. NEO Danışmanlık Mimarlık,
Ankara, Türkiye.

ilhanokanyazgan@hotmail.com

Bir kültürel miras yapısındaki güçlendirme uygulamalarının yapısal performans ve restorasyon ilkeleri bağlamında değerlendirilmesi

İlhan Okan YAZGAN¹, ORCID: 0000-0002-0182-1826

Öz

Mimari mirasın yaşatılarak gelecek nesillere aktarılması, özgün niteliklerin yanı sıra yapısal bütünlüğün de korunmasını gerektirir. Zamanla ortaya çıkan çeşitli hasarlar, yapıların ilk inşa döneminde sahip oldukları strüktürel performansın azalmasına, deprem gibi anlık etkilerle kısmi veya bütüncül yıkımlara sebep olmaktadır. Güçlendirme, güvenlik seviyesinin işlev değişikliği ya da standartlar gereğince yükseltilmesini amaçlayan strüktürel müdahalelerdir. İyileştirme veya güçlendirmelerde, yapısal performansın artırılmasının yanı sıra, özgünlüğün de azami düzeyde gözetilmesi gerekir. Çalışma kapsamında, İzmir, Konak İlçesi'nde bulunan ve işlev değişikliği sebebiyle güçlendirilen yapıdaki olası performans değişikliği, sayısal model ve analiz yöntemiyle incelenerek, güvenlik düzeyinin anlamlı düzeyde arttığı belirlenmiştir. Elde edilen verilerin mühendislik dışı disiplinler tarafından da yorumlanabilir sadelikte olması hedeflenmiştir. Güçlendirme uygulaması restorasyonun temel ilkeleri bağlamında değerlendirilmiş, müdahalelerin ihtiyatla gerçekleştirildiği, özgünlük - güvenlik ilişkisinin optimize edildiği, mimari bütünlüğe zarar verilmediği sonucuna varılmıştır.

Öne Çıkanlar

- Mimari mirasın güvenlik seviyeleri inşa edildikleri dönem için geçerli yapım teknolojileri ile sınırlıdır.
- Statik hesap sonuçlarının mühendislik disiplini dışındaki uzmanlar tarafından da anlaşılır ve yorumlanabilir olması gerekir.
- Mimari mirasın güçlendirilmesinde, restorasyonun temel ilkeleri ile özgünlük – güvenlik dengesi dikkate alınmalıdır.

Anahtar Sözcükler

Kültürel miras; Restorasyon; Yapısal güçlendirme; Yapısal analiz; Sayısal modelleme; Restorasyon ilkeleri; İzmir

Makale Bilgileri

Alındı:

07.12.2022

Revizyon Kabul Tarihi:

30.06.2023

Kabul Edildi:

11.07.2023

Erişilebilir:

17.07.2023

Makale Kategorisi

Araştırma Makalesi

İletişim

1. NEO Danışmanlık Mimarlık,
Ankara, Türkiye.

ilhanokanyazgan@hotmail.com

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Taşınmaz kültür mirasının özgünlüğünün korunması ancak konum, malzeme, tasarım ve işçilik gibi özelliklerin bütüncül muhafazası ile mümkündür. Mimarî mirasın yaşatılması, sahip oldukları mimari ve estetik değerlerin yanı sıra, strüktürel özelliklerinin de korunmasını gerektirir. Keza strüktürel sistemi hasar görmüş veya ayakta kalma yetisini, dolayısı ile özgünlüğünü yitirmiş bir taşınmaz kültür varlığının korunduğu iddia edilemez (ICOMOS, 2013).

Türkiye'deki mimari miras stoğu, bazılarının geçmişi binlerce yıla dayanan, yığma sistemle inşa edilenlerin yanı sıra, farklı inşa tekniklerine sahip, nispeten yakın dönem yapıları da barındırmaktadır. 19. yüzyıl ve erken Cumhuriyet Dönemi'nde inşa edilen söz konusu yapıların bir kısmı halihazırda kent dokusunun kullanılan birer parçasıdır. Dönemleri itibariyle günümüzde kullanılanlara daha yakın tekniklerle inşa edilen bu yapılar, eski yerleşim merkezlerindeki yapı stoğunun önemli bölümünü oluşturmaktadır. Bu yapıların çoğunlukla kamu kurumları tarafından kullanıldıkları bilinmektedir.

Cumhuriyetin ilanını takiben, iktisadi kalkınmanın desteklenmesi amacıyla Anadolu'nun birçok yerinde inşa edilen banka binalarının bazıları kurumlarca düzenlenen mimari proje yarışmaları veya sipariş ile elde edilen özgün tasarım ürünleridir. Özellikle ilçe ve bucaklarda bulunan şube ve ajans binalarının inşasında ise çoğunlukla tip projeler kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ele alınan İzmir İli, Konak İlçesi'ndeki yapının da sahibi olan kamu bankasına ait diğer miras niteliğindeki yapıların mimarisinde de inşa edildikleri dönemin karakteri izlenebilmekte ve büyük bölümü aktif olarak kullanılmaktadır (Çilingir, 2020).

Mimarî mirasın inşasında geleneksel malzeme ve yapım teknikleri kullanılarak oluşturulan taşıyıcı sistemlerin bilimsel yöntemlerle araştırılması ve yapısal davranışların çözümlenmesi, koruma sürecinin başlıca aşamalarından birisidir. Taşıyıcı sistemde izlenen ve çeşitli doğal afetler veya fiziksel etkilerden kaynaklanan hasarların teşhisi diğer bir önemli aşamayı oluşturmaktadır (Dabanlı, 2019). Coşkun ve Binan (2013) strüktürel sağlamlaştırmayı; "yapıyı ayakta tutan taşıyıcı sistemindeki hasarların giderilmesi amacıyla yapılan çeşitli boyut ve yöntemlerle (geleneksel teknikle, çağdaş teknikle, geleneksel ve çağdaş tekniklerin bir arada kullanılmasıyla) yapılan takviyeler" olarak tanımlamışlardır. Taşıyıcı sistemlere uygulanacak yapısal iyileştirme ve güçlendirmelerde, mevcut yapısal performansın artırılmasının yanı sıra, yapının özgünlüğünün de azami düzeyde korunması esastır.

Mimarî mirasın korunması ve onarımına yönelik proje ve uygulamalar; arkeoloji, sanat tarihi, malzeme bilimi, elektrik, mekanik mühendislikleri gibi farklı dallardan uzmanların yer aldığı disiplinler arası iş birliğini gerektirir. Ancak strüktürel sorunların çözülmesi gerektiğinde, koruma mimarlığı ve inşaat mühendisliğinin daha yakın çalışması gerekmektedir. Bu çerçevede mevcut yapısal performansın ortaya konması ile güçlendirme müdahalelerinin belirlenmesi amacıyla takip

edilecek yöntemin, başta koruma - onarım pratiğinin yürütücüsü konumundaki uzman mimar olmak üzere, inşaat mühendisliği dışındaki diğer disiplinler tarafından da kolayca anlaşılır ve yorumlanabilir olması önemlidir.

Çalışma kapsamında; mimari miras niteliğindeki bir banka yapısında gerçekleştirilen güçlendirme uygulaması incelenmektedir. 1930'lara tarihlenen yapının mimari özellikleri, strüktürel durumu ile Ekim 2020 tarihli İzmir depremindeki davranışı irdelenmekte, deprem sonrası karbon fiber malzemeler ile gerçekleştirilen güçlendirme anlatılmaktadır. Mimari mirasın strüktürel onarımına yönelik ulusal ve uluslararası ilkeler kapsamlı şekilde ele alınmaktadır. Yapının uygulama öncesi ve sonrasındaki olası yapısal performansı, hazırlanan sayısal model kullanılarak gerçekleştirilen analizlerle mühendislik dışı disiplinler tarafından da anlaşılır şekilde, grafik gösterim ve basit tablolarla ortaya konmaktadır. Güçlendirme uygulamasının çalışma konusu yapının strüktürel performansına katkısının ortaya konmasını takiben, uygulama temel restorasyon ilkeleri bağlamında değerlendirilerek optimum faydanın sağlanıp sağlanamadığı tartışılmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHODOLOGY)

Çalışma kapsamında incelenen kültürel miras yapısının özellikleri ile kullanılan yöntemle ilişkin açıklamalar takip eden başlıklarda yer almaktadır.

Materyal (Material)

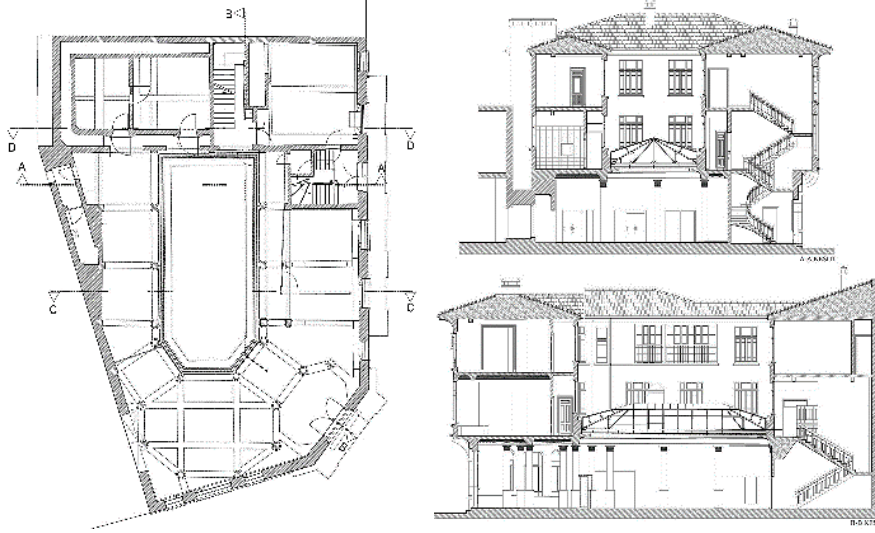
Çalışma kapsamında ele alınan kültürel miras yapısı, İzmir İli, Konak İlçesi, Akdeniz Mahallesi'nde köşe parselde bulunmaktadır. Ülke çapında yaygın şube ağına sahip kamu bankasının İzmir kurumsal şubesi olarak planlanan yapı, inşa edildiği döneme ait kamu binalarına benzer şekilde, Birinci Ulusal Mimarlık Akımının tasarım özelliklerini taşımaktadır. Caddeye baki veren cephelerinde yer alan 1. kat seviyesindeki çıkma ve geniş saçaklar, aynı cephelerde kullanılan silme ve plaster unsurları ile geometrik ve bitkisel motifler haricinde sade bir tasarıma sahiptir. İlk inşası 1930 yılına tarihlenen yapının mimari tasarımı, aynı bankanın başka illerde inşa edilen bazı şube yapılarına benzetmekle birlikte, mimari projesinin kime ait olduğu kesin olarak tespit edilememiştir (Pakben, 2019).

Mimari Özellikler (Architectural Features)

Çalışma konusu yapı, İzmir'de dönem yapılarının yoğun olarak bulunduğu Gazi Bulvarı ile Şehit Fethi Bey Caddesi'nin kesiştiği köşede, kentin ticari merkezi olma özelliğini geçmişten günümüze sürdüren önemli bir kavşakta konumlanmıştır. Kıyı hattına yakın bir parselde yer alan yapının yakın çevresinde; banka, han ve ticaret borsası gibi kamusal ve ticari işlevlere sahip kültür varlığı niteliğindeki yapılar bulunmaktadır.

Zemin üzeri iki kat olarak inşa edilen yapıda bodrum kat bulunmamaktadır. Ana giriş, kuzeybatı köşedeki iki kanatlı büyük demir kapıdan sağlanmaktadır. Batı cephe güney bölümde personel ve servis girişi olarak kullanılan ikinci bir kapı bulunmaktadır. Yapı, kuzeydoğu ve güney yönlerde komşu parsellerdeki daha yüksek yapılarla bitişik nizamdadır. İnşa edildiği parselin geometrik biçimlenişi ile bitişik nizam komşu parseller yapının plan şemasını şekillendirmiştir. Yapının giriş katı bankacılık hizmetleri için tasarlanmış olup, planlanan bütüncül mekanda dairesel ve dörtgen

formlu düşey taşıyıcılar bulunmaktadır. Giriş katın güney bölümünde iki adet kasa odası ile zemin ve 1. katlar arasındaki iki kollu merdiven, doğu cephesinde bulunan ikinci giriş kapısından ulaşılan holde ise tüm katları birbirine bağlayan özgün merdiven yer alır. 1. ve 2. katların doğrudan müşteriye yönelik olmayan; sağlık birimi, bilgi işlem, arşiv, idari birimler vb. işlevler için kullanıldığı bilinmektedir (Şekil 1).



Şekil 1 - Yapının rölöve çizimleri; solda zemin kat planı, sağda en ve boy kesitleri (Pakben, 2019).

Parsel geometrisindeki düzensizlikler ile ana giriş kapısının bulunduğu kuzeybatı köşedeki açılı çeper hariç, ana hatlarıyla dörtgen plan şemasına sahip yapının orta bölümü iç avlu şeklinde düzenlenmiş olup, avlunun 1. kat döşeme seviyesinde çelik konstrüksiyon ışıklık bulunmaktadır (Şekil 2). İç mekana bakan alt yüzeyi vitray bezemeli olan avlu ışıklığı, sade bir tasarıma sahip iç mekana görsel zenginlik katmasının yanı sıra zemin kat ana mekanın doğal ışık almasını sağlamaktadır (Pakben, 2019).



Şekil 2 - Yapının iç mekan fotoğrafları; solda zemin kat ve orta ışıklık, sağda 1. kat (Pakben, 2019).

Yapının batı ve kuzeybatı cephelerininin 1. kat seviyesinde çıkma, kuzey cephesinde ise kat silmesi yer alır. Ana arterlere bakı veren; kuzey, kuzeybatı ve batı cephelerdeki kapı ve pencere boşlukları

dikdörtgen formda olmasına karşın zemin kat pencerelerin üst çerçeveleri köşelerde pahlı veya sivri kemerli planlanmıştır. Yapının zeminden 2. katına doğru kademeli olarak azalan kat yüksekliği, cephe kurgusu ve pencere boyutlarında da hissedilmektedir. Kütleyle oranla genişçe tasarlanan saçaklar dönemin baskın mimari akımının önemli unsurlarıdır. Yapının doğu (arka) ve iç avluya bakı veren cepheleri ise oldukça sade olup, herhangi bir hareket veya bezeme unsuru barındırmamaktadır (Şekil 3).



Şekil 3 - Yapının dış cephe (solda) ve iç avlu (sağda) fotoğrafları (Pakben, 2019).

Taşıyıcı Sistem ve Uygulama Öncesindeki Durumu (Structural System and Its Pre-implementation Situation)

Betonarmenin kullanılmaya başlandığı erken dönemlerde, taş veya tuğla malzemelerin de taşıyıcı sistemin birer bileşeni oldukları bilinmektedir. Yapı dış hatlarında kullanılan kalın tuğla duvarlar betonarme ile birlikte taşıyıcı sisteme katkıda bulunmaktadır. Bu çerçevede yapının betonarme karkas ve yığmadan oluşan karma bir taşıyıcı sisteme sahip olduğu söylenebilir.

İç mekanlar arasındaki tuğla bölme duvarlarda 10 ila 25 cm arasında, dış duvarlarda ise sırasıyla; zemin katta 45, 1. katta 30, 2. katta ise 25 cm kalınlıklarda dolu veya delikli tuğla kullanılmıştır. Yapının tüm iç ve dış yüzeyleri çimento bağlayıcılı sıva ile kaplı olup, ana arterlere bakı veren; kuzey, kuzeybatı ve batı cephelerde ise taş görünümlü imitasyon sıva kullanılmıştır. Yapının zemin kat güneydoğu bölümünde betonarme perde iç duvar ile çevrili iki adet kasa odası bulunmaktadır. Düşey sirkülasyonu sağlayan her iki merdiven de betonarmedir. Batı tarafta, tüm katlara hizmet veren ve özgün olduğu değerlendirilen merdiven, güney yönde zemin ve 1. katlar arasında çalışan ve sonradan eklendiği düşünülen iki kollu merdivenle karşılaştırıldığında çok daha narindir. Özgün merdivende izlenen narinlik, birinci ve ikinci kat ile çatı seviyesi betonarme tabliye kalınlıklarında da izlenmektedir. Katlardaki tabliye kalınlıkları, şap ve kaplama malzemeleri hariç; 14 cm düzeyindedir. Yapının zemin kat ışıklık boşluğu çevresi ile kuzey ve kuzeybatı bölümlerinde çapı Ø40 cm olan dairesel kolonlar bulunmaktadır. Kolonların zeminden yaklaşık h: 1,20 m seviyelerinde sonradan eklenen silindirik betonarme destek elemanları bulunmaktadır (Şekil 2). Betonarme sistemin diğer düşey taşıyıcıları ise kareye yakın dörtgen kesitte olup, ölçüleri üst katlarda azalmak üzere; 40 x 40 cm ile 25 x 25 cm arasında değişmektedir. Betonarme tabliyelerin ağırlıkları düşey taşıyıcılara sırasıyla; zemin katta (tabliye hariç); 35 – 40 cm, 1. katta; 35 cm, 2. katta ise; 25

cm yüksekliğindeki betonarme kirişlerle aktarılmaktadır. Yapının özgün zemin kaplamaları, batı taraftaki merdiven ve sahanlıklarda karosiman ve dökme mozaiktir. Düzensiz bir forma sahip üst örtü farklı yönlerde eğimli ahşap oturtma, kırma çatı olarak tasarlanmış olup, Marsilya tipi kiremit kaplıdır.

İzlenen hasar ve sorunlar, niteliksiz müdahale ve mekansal değişiklikler ile yapı malzemelerinde meydana gelen bozulmalardan ibarettir. En ciddi yapısal sorun, kuzeydoğudaki bitişik nizam inşaatın temel kazısından kaynaklanan oturmanın sebep olduğu derin ve sürekli çatlaklardır. Bankacılık hizmetlerinin komşu parselde yer alan yeni binada verilmeye başlanması sonrası uzun süre kullanılmayan yapının onarılarak işlevlendirilmesi amacıyla proje çalışmaları başlatılmıştır. Statik değerlendirmelerde, sismik hareketlerin sık yaşandığı, deprem sonucu meydana gelen yer ivmesi (g) açısından yüksek tehlike bölgesinde (AFAD, 2018) bulunan yapıya ait taşıyıcı sistemin olası deprem yüklerini karşılayamayacağı tespit edilmiştir. Belgeleme ve analiz çalışmaları sonucunda hazırlanan ve yapısal güçlendirme uygulamalarını da içeren restorasyon projelerinin uygulanmasına 2020 yılı temmuz ayında başlanmıştır.

30 Ekim 2020 Tarihli İzmir Depreminin Etkileri (Effects of İzmir Earthquake Dated October 30, 2020)

Restorasyon projelerinde öngörülen uygulamalara öncelikle muhdes yüzey kaplamaları ve yapıya sonradan eklenen ve kaldırılmaları öngörülen; doğrama, bölme duvar gibi niteliksiz unsurların sökülmesi ile başlanmıştır. Öncelikle, yapısal güçlendirme kapsamında uygulanacak karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) malzemenin, beton (tabliye, kolon, kiriş) ve tuğla yüzeylere penetre olmasını sağlamak üzere sıva rasparları yapılmıştır.

30 Ekim 2020 günü, planlı şantiye işlerinin devam ettiği saatlerde (14:51) merkez üssü Ege Denizi, Seferihisar açıkları, büyüklüğü Mw 6.6 olan ve 15,68 sn süren bir deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2020).

Şantiyede yapısal güçlendirme uygulamalarına henüz başlanmamış ve iç duvar, betonarme tabliye ve diğer taşıyıcı yüzeylerde bulunan; sıva, şap vb. kaplamalar sökülmüş haldeyken meydana gelen şiddetli depremin etkisiyle meydana gelen hasarlar takip eden paragrafta özetlenmektedir.



Şekil 4 - 30 Ekim 2020 tarihli deprem sonucunda meydana gelen hasarlar (03.11.2020).

Yapının kuzeydoğu köşesindeki zemin oturmasından kaynaklanan, deprem öncesinde de var olan çatlaklar, iç duvarlarda yaygınlaşmış, avluya bakan beden duvarlarında daha da belirginleşmiş ve dış cephe sıvasında da açık şekilde izlenebilir hale gelmiştir (Şekil 4). Deprem kuvvetleri sonucu çalışma konusu yapı ile güney yöndeki komşu parselde bulunan yapıda meydana gelen ötelenmeler sonucunda, çatının güney bölümünde bulunan tuğla kalkan duvarın harpuşa bölümü kısmen yıkılmış, aradaki dilatasyon boşluğunu kapatan duvarlarda kısmi kayıplar meydana gelmiştir. Çatının güneydoğu köşesinde yer alan bacanın şapka bölümü kısmen yıkılmıştır. Depremin etki yönüne paralel tuğla duvarların bazılarında diyagonal çatlaklar meydana gelmiştir. Benzer çatlakların meydana geldiği iki adet duvarda statik bütünlük ve stabilite yitirilmiştir. Deprem güçlerine karşı farklı tepkiler üreten yığma tuğla duvarlar ile betonarme bileşenlerin ara kesitlerinde, deprem hareketinden kaynaklı ayrışmalar izlenmiştir. Farklı esneklik ve rijitlik özelliklerine sahip iki ayrı sistemin ara kesitinde izlenen bu hasarın oluşmasında, kalınlığı yer yer 5 cm'yi aşan çimento bağlayıcılı sıvanın deprem öncesinde sökülmüş olmasının da önemli rol üstlendiği söylenebilir. Yapının düşey betonarme elemanlarından birkaçının kirişlere yakın üst bölümünde depremle ilişkileri kesin olarak teşhis edilemeyen kılcal çatlaklar izlenmiştir. Çatlak gibi görünen bu izlerden daha düzenli olan bazılarının, yapının inşası sırasında betonun farklı zamanlarda dökülmesinden kaynaklı soğuk derzler oldukları anlaşılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5 - 30 Ekim 2020 tarihli deprem sonucunda meydana gelen hasarlar (03.11.2020).

Yapının iç sıvalarının büyük oranda sökülmüş olması, deprem sonrasında gerek betonarme gerekse de yığma sistem bileşenlerinin rahatlıkla izlenebilmesine olanak sağlamıştır. Ancak betonarme ve yığma sistem elemanlarını bütünlükten sokuların sökülmüş olmasının, özellikle tuğla duvarlarda deprem yönünde meydana gelen düzlem dışı hareketleri tetiklediği söylenebilir. Başta tuğla duvarlarda izlenen diyagonal çatlakların yönleri ile güney yöndeki komşu bina ve çalışma konusu yapının temasından kaynaklanan hasarlar değerlendirildiğinde, deprem kuvvetlerinin kuzey – güney doğrultulu bir ötelenmeye sebep olduğu anlaşılmaktadır. Denize oldukça yakın konumu, karma inşaat sistemi, deprem yüklerine maruz kaldığı esnadaki fiziksel durumu (iç sıvaların sökülmüş olması vb.), depremin şiddeti gibi faktörler ile kent geneli ve yakın çevredeki diğer yapılarda meydana gelen hasarlar bir arada değerlendirildiğinde, yapının depremi nispeten az hasarla atlattığı olduğu

görülmektedir. Buna karşın yapı, benzer veya daha şiddetli olası depremlere karşı korumasız durumdadır.

Yapısal Güçlendirme Uygulamaları (Implementations of Structural Strengthening)

2. grup korunacak tescilli yapı kategorisindeki binanın müze işlevi ile kullanılması amacıyla hazırlanan projeler, İzmir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından 2019 yılı ağustos ayında onaylanmıştır. Proje kapsamındaki statik çalışmalarda, yaklaşık 90 yıl önce inşa edilen taşıyıcı sistemin olası deprem yüklerini karşılayamayacağı vurgulanmış, kuzeydoğu köşedeki oturmada kaynaklı mevcut hasarlar da dikkate alındığında, yapının güçlendirilmesi kararı alınmıştır. Bu çerçevede hazırlanan inşaat mühendisliği projesinde, kolon, kiriş, tabliye gibi betonarme elemanlar ile yığma tuğla taşıyıcı ve bölme duvarlardan özellikle zemin ve 1. kat seviyesinde bulunanların, karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) kumaş (şilte) ve şerit (lamine plaka) uygulanmak suretiyle güçlendirilmesi öngörülmüştür (Pakben, 2019).

Taş veya tuğla ile inşa edilen yığma yapıların düşey yöndeki basınç dayanımları oldukça yüksek olmasına karşın, özellikle deprem gibi farklı doğrultulardan ve tekrarlı etkiyen yükler sonucu oluşan çekme gerilmelerine karşı dayanım ve süneklikleri oldukça düşüktür (Bal ve Şimşek, 2019). Modern betonarme sistemler ise hem basınç hem de çekme kuvvetlerine dirençli olmalarına karşın, çalışma konusu yapıdaki betonarme bileşenlerin, dönemin kısıtlı teknik olanakları sebebiyle gerek beton sınıfı gerekse de donatı özellikleri açısından yeterli olmadığı aşikardır. Keza betonarme elemanlarda sıva raspa ve zemin şaplarının sökülmesi sonrasında ortaya çıkan; segregasyon, korozyon, çatlak ve kısmi kayıplar gibi hasarlar, sistemin günümüzde geçerli deprem güvenliği gereksinimlerinin oldukça altında bir performansa sahip olduğunu göstermiştir (Şekil 6).



Şekil 6 - Betonarme sistemde izlenen segregasyon ve donatı korozyonu sorunları (11.12.2020).

Yığma yapılarda dayanımın esneklik sağlanarak artırılması amacıyla, fiber takviyeli polimer (FRP) donatılar (çubuklar) veya CFRP şilte ve plakalar kullanılmaktadır. Şilte ve plakalar epoksi esaslı reçineler ile yığma örgünün dış yüzeyine yapıştırıldıklarında, fiber takviyeli polimer donatı çubukları

ise derzler boyunca yerleştirildiklerinde, çekme etkisini karşılamakta ve enerji yutma kapasitesini artırmaktadırlar (Milani vd., 2014).

Bazalt, cam, kevlar ve karbon esaslı malzemeler kullanılarak üretilen FRP malzemelerin başta yığma elemanlar olmak üzere yapısal sistemlerin güçlendirilmesi amacıyla kullanımı nispeten yeni bir müdahale yöntemidir. Son yıllarda mimari mirasın güçlendirilmesinde de kullanılan FRP sistemlerinin başlıca avantajları arasında; korozyona uğramamaları, aşınma dayanımlarının yüksekliği, lineer elastik özelliklerinden dolayı kopma mukavemetlerinin yüksek olması, hafiflikleri ve ihtiyaca göre çeşitli ebat ve formlarda üretilebiliyor olmaları sayılabilir (Albert vd., 2001; Capozucca, 2011; Milani, 2010; Penelis ve Penelis, 2020). FRP malzemelerin yığmanın yanı sıra betonarme sistemlerde de yer değiştirme kapasitesini önemli oranda artırdığı ve göçmeyi geciktirdiği bilinmektedir (Xiao ve Ma, 1997).

Çalışma konusu yapıya yönelik statik projelerde yapısal güçlendirme için karbon fiber kumaş ve şerit formlu plakaların kullanılması öngörülmüştür. Karbon fiber ile epoksi bileşiminden oluşan ve akma limitlerinin aşılmadığı yükler karşısında yüksek gerilmeleri karşılayabilen plakalar, tuğla duvarların taşıma kapasitelerini artırmak amacıyla harici takviye donatısı olarak, kolon, kiriş ve döşeme gibi betonarme yapı elemanlarında ise çekme dayanımını artırmak amacıyla kullanılmıştır. Karbon lifli polimerlerden tek yönlü dokunarak üretilen kumaşlar ise, kesme dayanımı ve sünekliğin artırılması amacıyla betonarme kolon ve kirişlere salgılanarak kullanılmıştır (Dinçer, 2019).

Tablo 1 - CFRP malzemelerin teknik özellikleri.

Malzeme Cinsi	Malzeme Boyutları (mm)		Teknik özellikler*		
	En (mm)	Kalınlık (mm)	Çekme Dayanımı	Elastisite Modülü	Kopma Uzaması
1- CFRP Plaka	10	1.4	3250 MPa	2.12 x 10 ⁵ MPa	%1.50
2- CFRP Kumaş **	500	0.167	4840.44 MPa	230.35 x 10 ² MPa	%1.95

* Tabloda malzemelerin ortalama teknik değerleri yer almaktadır.
 ** Karbon lifli polimer kumaşın lif doğrultusu 0°'dir (tek doğrultuludur). CFRP kumaşın lamine haline ait ve ASTM D3039 (Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials) normlarına göre belirlenen teknik değerleri belirtilmiştir.

Şerit formlu plakalar ile kumaşın uygulanması öncesinde beton yüzeylerdeki segregasyon, kısmi kayıp veya çatlak gibi sorunlar giderilmiş, açığa çıkan ve korozyona uğramış donatılar mekanik ve kimyasal yöntemlerle temizlendikten sonra TS EN 1504-3 standartlarına uygun, yüksek mukavemetli çimento esaslı tamir harcı ile sıvanarak kapatılmıştır. Ayrıca beton yüzeyindeki çimento sütü, kir, sıva kalıntıları gibi unsurlar yine uygun mekanik (kumlama, taşlama gibi) yöntemlerle giderilerek yüzey uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Tuğla duvarlarda ise sıva raspalarından kalan harç artıkları temizlenmiş, hasarlı tuğlalarda lokal tamir ve yenilemeler yapılmış, plakaların projede öngörülen sıklıkta ve mesafelerde uygulanabilmesi amacıyla yüzeylerde yatay – düşey gridler oluşturulmuştur. Tuğla yüzeyler ile plakalar arasındaki aderansın artırılması ve

plakanın yapıştırılabileceği homojen bir yüzey elde edilmesi amacıyla işaretlenen yaklaşık 15 cm genişlikteki gridal hatlar, çimento esaslı tamir harcı ile sıvanmıştır. Uygulama yerinde ihtiyaç duyulan ebatlara göre kesilen şerit plaka ve kumaş elemanlar, yüzey hazırlığı tamamlanan betonarme ve tuğla yüzeylere yüksek dayanımlı epoksi esaslı reçine kullanılarak yapıştırılmıştır. Reçine kürünü aldıktan sonra yük, plaka ve kumaşlara aktarılır hale gelmektedir (Şekil 7).



Şekil 7 - CFRP şerit elemanlarla duvarda ve tavanda güçlendirme uygulaması (Ocak 2021).

Zemin katta yer alan dörtgen ve dairesel kolonlara iki kat kumaş uygulanmış, öncesinde dairesel kolonların alt bölümlerindeki silindirik betonarme takviyeler, olası bir depremde kesme etkisine yol açabilecekleri ve güçlendirme uygulamasına engel teşkil edecekleri değerlendirilerek sökülmüştür. Kumaş elemanların performanslarının artırılması amacıyla, betonarme kirişlerin tabliyeye yakın yan yüzlerine 20 – 25 cm aralıklarla filiz ekimi yapılmış, kirişlerin yan ve alt yüzeylerine sargılanan kumaşlar bu filizlere ankrajlanmıştır. Statik proje gereğince güçlendirme çalışmaları ağırlıklı olarak yapının zemin ve 1. katlarında gerçekleştirilmiş, 2. katta herhangi bir uygulama yapılmamıştır. CFRP plaka ve şerit uygulaması yapılan betonarme ve tuğla yüzeyler yeniden sıvanarak kapatılmıştır (Şekil 8 ve 9).



Şekil 8 - CFRP kumaşla betonarme elemanlarla güçlendirme uygulaması (Nisan 2021).

Yöntem (Methodology)

Güçlendirmenin yapının güvenlik düzeyine etkisi, sayısal model ve analiz yöntemiyle ele alınmış olup, mimari mirasın özgünlüğüne etkisi ise temel restorasyon ilkeleri bağlamında irdelenmiştir.

Mimari Mirasın Strüktürel Onarımına Yönelik İlke ve Yaklaşımlar (Principles and Approaches to the Structural Restoration of Architectural Heritage)

Kültürel miras niteliğindeki yapılarda, bakım ve onarımların düzenli aralıklarla ve kapsamlı şekilde gerçekleşmemesi, uzun yıllar süren kullanım dışı ve bakımsızlık sebebiyle meydana gelen hasarlar yapısal performansın düşmesine yol açmaktadır. Yapı malzemelerinin zamanla yıpranması, insan kaynaklı müdahaleler, çevresel faktörler ile doğal afetler, mimari mirasta ortaya çıkan yapısal sorunların başlıca sebepleridir. Yapısal sistemi tehdit eden doğal afetlerin başında ise çoğunlukla depremlerin sebep olduğu sismik hareketler gelmektedir. Farklı doğrultularda etkiyen değişken yüklerin kısa bir zaman aralığında yapısal sistemi etkilemesi şeklinde ortaya çıkan sismik hareketler, başta yığma yapılar olmak üzere mimari mirasta ciddi hasarlara, kimi zaman yıkılmalara yol açabilmektedir.

Mimari mirasın sürekliliğinin sağlanmasındaki temel koşul yapısal bütünlüğün korunmasıdır. Yüzlerce hatta birkaç bin yıl öncesine ait yapıım teknikleri ve konvansiyonel malzemeler ile inşa edilmiş yapıların statik açıdan günümüz güvenlik koşullarını sağlayabilmeleri veya en azından bu koşullara yaklaşabilmeleri için güçlendirilmeleri gerekmektedir. Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'nde (ICOMOS, 2013) 'insanlığın ortak malı olan ve özgün nitelikleri ile gelecek nesillere aktarılması gereken yapı ve yapı grupları' şeklinde tanımlanan mimari mirasa yönelik güçlendirmelerin, diğer koruma ve onarım uygulamalarında olduğu gibi ulusal ve uluslararası ölçekte benimsenmiş bütünlük koruma ilkeleri doğrultusunda gerçekleştirilmesi gerekir.

Çağdaş restorasyon kuramının öncü isimlerinden Camillo Boito tarafından 1883'te belirlenen Çağdaş Restorasyonun Beş İlkesi'nde; mimari mirasın güçlendirilmesine ilişkin temel yaklaşımlar ortaya konmaktadır. Boito'ya göre (1883); "sağlamlaştırma onarımdan daha iyidir, onarım ise restore etmekten daha iyidir" dolayısı ile yapıya en az müdahale edilen uygulama en iyi uygulamadır.

Boito tarafından belirlenen bir diğer kriter ise; ek veya onarımın zorunlu olduğu durumlarda yapının görsel bütünlüğü ve biçimine saygılı olunmasıdır. Restorasyon yapıyla harmoni içinde olmalı, ancak onu taklit etmemeli, sırtmamalıdır, fakat yeni yapıldığı belli olmalıdır” (Alanyurt, 2010).

1931 yılında Atina’da toplanan Uluslararası Tarihî Anıtlar Mimar ve Teknisyenleri Kongresi’nde yayınlanan ve Carta del Restauro olarak da bilinen 11 maddelik Atina Tüzüğü’nde tek yapı ölçeğindeki çağdaş koruma ilkelerinin genel çerçevesi ortaya konmuştur (Alanyurt, 2010). Tüzükte restorasyon uygulamaları; sağlamlaştırma, rekonpozisyon, temizleme, bütünlendirme, yenileme olmak üzere beş başlıkta tanımlanmaktadır. Tüzüğün ilk maddesinde, günümüz için de kabul gören temel bir yaklaşım olarak; yapılarda zaman içerisinde yitirilen direncin yeniden kazanılması için sürekli bakım ve sağlamlaştırma yöntemlerinin tercih edilmesi önerilmektedir (Coşkun ve Binan, 2013). Atina Tüzüğü’nün 9. maddesinde ise; bir anıtın sağlamlaştırılması veya kütesinin bütünlendirilmesi için özgün yapı tekniğinin yetersiz kalması halinde çağdaş tekniklerin kullanılabilirliği ifade edilmekte, yıpranmış yapıların ayakta tutulabilmesine yönelik güçlendirme çalışmalarının, farklı disiplinlerden uzmanların katılımı ve bilimsel çalışma yöntemiyle gerçekleştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Atina Tüzüğü, 1931).

Türkiye, Avrupa Konseyi ve UNESCO’nun mimari mirasın korunmasına yönelik birçok kararını benimsemiş; Venedik Tüzüğü (1964), Dünya Kültürel ve Doğal Mirasın Koruma Sözleşmesi (1972), Avrupa Mimari Mirasın Koruma Sözleşmesi (1985) ile Avrupa Arkeoloji Mirasının Korunması Sözleşmesi (1992) yasalaştırılarak kanun haline getirilmiştir (ICOMOS, 2013).

Bu belgelerden Venedik Tüzüğü’nün (ICOMOS, 1964) 10. Maddesinde; anıtların geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda bilimsel verilerle ve deneylerle kanıtlanmış modern teknikler kullanılarak sağlamlaştırılabilirliği belirtilmektedir.

Türkiye’de mimari mirasın korunması ve onarımına yönelik esasların belirlendiği referans metin; Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu’nca 1999 tarihinde oluşturulan; “Taşınmaz Kültür Varlıklarının Gruplandırılması, Bakım ve Onarımları Hakkındaki (660 sayılı) İlke Kararları”dır. İçtihat sayılabilecek söz konusu kararın ‘Müdahale Biçimleri’ başlığı altında yer alan ‘Onarım’; “yapının yaşamını sürdürmeyi amaçlayan, tasarımda, malzemede, yapıda ve mimari öğelerde değişiklik gerektiren müdahaleler” şeklinde, ‘Sağlamlaştırma (Konsolidasyon)’ ismiyle anılan yapısal güçlendirme müdahaleleri ise, onarımın altında yer alan; ‘Esaslı Onarım (restorasyon)’ kapsamında tanımlanmıştır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 1999).

660 sayılı ilke kararında ‘Esaslı Onarım İlkeleri’ başlığı altında değinilen; “yapıların yıkılmadan korunmaları esastır” ifadesi haricinde yapısal güçlendirme ile doğrudan ilişkilendirilebilecek başka bir ifadeye yer verilmemiştir. Bu sebeple güçlendirme uygulamalarının, aynı başlık altında yer alan; “yapının sosyo-kültürel ve tarihi kimliğini oluşturan mekansal, biçimsel ve yapısal özellikleri ve çevre içindeki özgün konumun korunacağı, müdahalenin biçim ve niteliklerinin yapının mevcut fiziksel durumu gözetilerek koruma kurulunca saptanacağı” yaklaşımı çerçevesinde ele alınması gerekmektedir (Örmecioglu, 2011).

Statik müdahale ilkelerinin belirlendiği 2003 tarihli ‘Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu için İlkeler’ isimli ICOMOS tüzüğü’nün ‘Genel Ölçütler’ başlığında ise;

mimari mirasın güçlendirilmesinin disiplinler arası çalışmayı gerektirdiği, ayrıca işlev değişikliğinin söz konusu olması halinde koruma kuralları ve güvenlik koşullarının bütüncül şekilde dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Strüktürün korunmasının yapının bütüncül şekilde korunması hedefine ulaşmak için bir araç olduğu, olası avantaj ve dezavantajlar tam olarak belirlenmeden uygulamaların yapılmaması, acil önlemlerin ise geri dönülebilir nitelikte olması gerektiğine değinilmektedir (ICOMOS, 2003).

Tüzüğün ‘Araştırma ve Teşhis’ başlığında ise, yeni yapıların karşılaması gereken güvenlik seviyelerinin mimari miras açısından aşırı, bazen uygulanması mümkün olmayan önlemleri gerektirebileceği, bu gibi durumlarda bu yapılara özgü koşulların analiz edilerek, güvenlik konusuna farklı yaklaşımlar geliştirilebileceği belirtilmektedir (ICOMOS, 2003).

Tüzüğün ‘İyileştirici Önlem ve Denetimler’ başlıklı son bölümünde ise mimari mirasın strüktürel onarımına yönelik başlıca ilkeler;

- Zorunlu olduğu kanıtlanmayan müdahalelerin yapılmaması,
- Güçlendirme müdahalelerinin güvenlik hedefleri ile orantılı olması,
- En az müdahale gerektiren ve kültürel değerlerle uyumlu olan tekniklerin seçilmesi,
- Müdahalelerin mümkün olduğunca geri döndürülebilir (reversible) olması,
- Onarımda kullanılacak yeni ve özgün yapı malzemelerinin birbirleri ile uyumlarının araştırılması,
- Müdahalelerin gelecekte de anlaşılmasını sağlayacak izlerin korunmasına özen gösterilmesi,
- Tarihi bir malzeme veya belirgin bir mimari öğenin kaldırılması veya değiştirilmesinden mümkün olduğunca kaçınılması,
- Müdahalelerin mimari mirasa etkisinin uygulama sırası ve sonrasında yapılacak denetimler ve izleme süreci ile belirlenmesi,

şeklinde ifade edilmektedir (ICOMOS, 2003).

Ulusal ölçekte benimsenecek bir kültür politikasına kaynak teşkil etmesi amacıyla hazırlanan 2013 tarihli Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesinde (ICOMOS, 2013), yapısal müdahaleler, ‘mimari mirasın korunmasına yönelik müdahale biçimleri’ başlığı altında, ‘Yapısal İyileştirme’ ve ‘Güçlendirme’ başlıklarıyla ele alınmaktadır. Metinde yapısal iyileştirme; “yapının mevcut güvenlik seviyesinin iyileştirilmesi ve en fazla ilk yapım aşamasında sahip olduğu güvenlik seviyesine kadar çıkarılması” şeklinde tanımlanmış olup, bu kapsamdaki müdahalelerin “özgünlük – güvenlik ilişkisini optimum düzeyde sağlayacak biçimde tasarlanması” gerektiği vurgulanmaktadır. Bildirgede güçlendirme ise; “yapının mevcut güvenlik seviyesinin işlev değişikliği ya da standartların gereği olarak yükseltilmesi amacıyla yapılan strüktürel müdahaleler bütünü” şeklinde tanımlanmaktadır. Güçlendirmenin mimari bütünlüğe zarar verilmeksizin aşağıda sıralanan ilkeler çerçevesinde belirlenecek müdahaleler ve özenle uygulanması gerektiği belirtilmiştir. Bildirgede yer alan güçlendirme ilkeleri şöyledir;

- “Geleneksel tekniklerle inşa edilmiş yapılarda strüktürel güvenliği artırmak amacıyla yapılacak müdahaleler yapının özgün strüktürel bünyesini değiştirmemeli ve geri dönülebilir olmalıdır (ICOMOS, 2013)”.
- “Erken modern ve çağdaş yapı strüktürleri söz konusu olduğunda, özellikle kamusal kullanımlarda olması durumunda, yapının özgün niteliklerinin başkalaştırılmasına yol açılmaması öngörülür (ICOMOS, 2013)”.

Söz konusu tanımlardan hareketle, inşa dönemi, tekniği ve kamusal işlevi itibarıyla makale konusu yapı özelinde incelenen güçlendirme uygulaması, bir önceki paragrafta belirtilen ilke çerçevesinde ele alınmaktadır.

Sayısal Modelleme ve Analiz (Numerical Modeling and Analysis)

“Mimari mirasın yapısal bütünlüğünün korunması veya güçlendirilmesi suretiyle güvenle geleceğe aktarılmasının sağlanması, ancak karar verici konumdaki farklı disiplinlerden uzmanların, yapının strüktürel kapasite ve performansını anlamalarıyla mümkün olmaktadır” (Yazgan, 2020).

Mimari mirasın genellikle karmaşık ve üç boyutlu geometriye sahip taşıyıcı sistemleri, strüktürel davranışın basit mekanik ilkeler ve taşıyıcı sistem elemanlarının temel yapısal prensiplerine dayandırılarak belirlenmesini olanaksız kılar. Yapının mevcut ve olası güçlendirme müdahaleleri sonrası sergileyeceği yapısal performansın belirlenmesini hedefleyen hesaplamalar için en uygun yöntem sayısal çözümlerdir (Crocı, 1998).

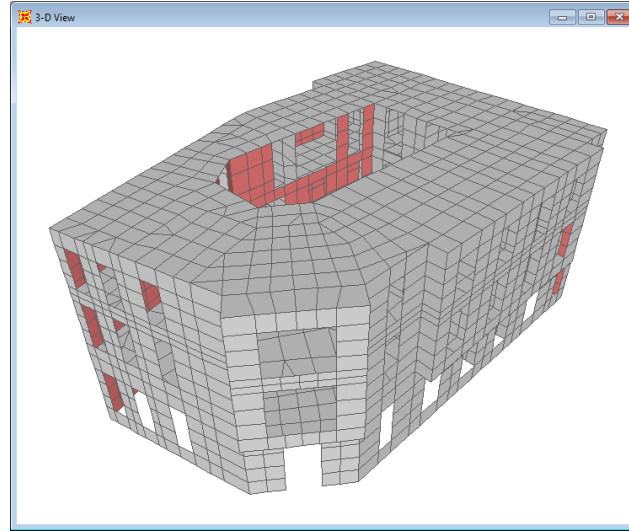
Yapısal modelleme ve analiz yazılımlarında meydana gelen gelişmeler, mimari mirasa yönelik strüktürel güçlendirme müdahalelerinin uygulama öncesi veya sonrasında gerçeğe en yakın şekilde modellenerek analiz edilmesi suretiyle, fayda ve performansın öngörülebilmesini sağlamıştır (Küçükdoğan vd., 2010).

Can ve Ünay’a göre (2012); “yapısal çözümlenmenin en önemli aşaması sayısal modellemedir. Sayısal modelleme, farklı malzemelerden üretilmiş ve değişken kesit geometrisine sahip taşıyıcı sistem elemanlarının, mekaniğin temel kurallarına göre doğru ve uyumlu bir şekilde matematiksel terimlere dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir”. Matematiksel modelleme aynı yazarlar (Can ve Ünay, 2012) tarafından; “yapının geometrik boyutlarını, mesnetlerin ve taşıyıcı sistem elemanlarının birleşim noktalarının hareket yeteneklerini ve serbestlik derecesini, yapı üzerine etki eden yükleri göz önüne alarak, yapının tanımlanması” olarak ifade edilmektedir.

Bu çalışmada sayısal modelleme ve analiz yönteminden, strüktürel durumu temsilen hazırlanan analitik modelin farklı koşullarda analiz edilmesi suretiyle güçlendirme müdahalelerinin strüktürel performansa olası katkısının ortaya çıkarılması amacıyla yararlanılmıştır.

Yapının Sonlu Eleman Modeli ve Hesap Parametreleri (Finite Element Model of the Structure and Analysis Parameters)

Çalışma konusu yapının güçlendirme öncesi ve sonrası strüktürel performansını incelemek amacıyla sonlu elemanlar hesap yöntemi ile iki ayrı yapısal analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 9’da görüldüğü üzere binanın gerçekçi geometrik boyutları ve malzeme özellikleri dikkate alınarak SAP2000 sonlu elemanlar bilgisayar programı için modeller hazırlanmıştır (SAP2000, 2005). Hesaplar üç ayrı yükleme senaryosuna göre gerçekleştirilmiştir. Birinci yükleme senaryosu; taşıyıcı sistem elemanlarının, duvarların ve diğer taşıyıcı olmayan sabit yapı (inşaat, konstrüksiyon) elemanlarının kendi ağırlıklarını ve olası hareketli yükleri içeren (G) düşey yük hesabını içermektedir. İkinci ve üçüncü yükleme senaryoları ise; binanın konumuna göre Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde (Deprem Yönetmeliği) tanımlanan spektrum ile belirlenen tepki spektrumu hesabından ibarettir (AFAD, 2018). Spektrum, EQx ve EQy yüklemesi olmak üzere iki ayrı asal doğrultuda uygulanmıştır. Sonuçların kolaylıkla değerlendirilebilmesi amacıyla, G + EQx (Düşey yükler + x eksenini doğrultusundaki deprem yükleri) ve G + EQy (Düşey yükler + y eksenini doğrultusundaki deprem yükleri) olmak üzere iki farklı yük kombinasyonu yapılmıştır. Deprem etkisinin belirlendiği tepki spektrumu hesabında ilk 12 mod dikkate alınmıştır.



Şekil 9 - Sonlu elemanlar hesap modeli görseli (kuzeybatı yönünden).

Kabuk ya da plak elemanları Can ve Ünay (2012) tarafından; “döşemelerin, duvarların veya herhangi bir uzaysal formun yapısal analizinde kullanılan ve genellikle kendilerine üçgen veya dörtgen görünüm veren, üç ya da dört düğüm noktasının birleştirilmesiyle oluşturulurlar” şeklinde tanımlanmaktadır. Çalışma konusu yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarının büyük bölümü “SHELL” olarak da adlandırılan “genel kabuk elemanı” ile tanımlanmaya uygundur. Bu nedenle, tuğla ile inşa edilmiş taşıyıcı niteliktekiler ile diğer yığma (tuğla) duvarlar, kasa dairesindeki betonarme duvarlar ve betonarme döşemeler SHELL elemanları ile modellenmiştir. Çubuk ve kirişler ise aynı yazarlar (Can ve Ünay, 2012) tarafından; “her iki eksen etrafında eğilme ve kayma ile aksenal ve burulma şekil değiştirmesi özellikleri gösteren, çizgisel eleman tipleri” şeklinde

tanımlanmıştır. Çalışmada betonarme kolonlar, kirişler ve hatıllar “FRAME” olarak da adlandırılan “çubuk elemanları” ile modellenmiştir (Demircan ve Ünay, 2022).

Yapı malzemelerinin, etkileştikleri yüklerin geri çekilmesi sonrasında orijinal şekillerine dönebilme özelliğine ‘elastisite’ adı verilmektedir. Kullanılan yazılımda (SAP2000, 2005) malzemenin elastiklik düzeyi sayısal bir değer olan; elastisite modülü (E) ile tanımlanmaktadır (Can ve Ünay, 2012). Hesaplarda kullanılan betonarme elemanların elastisite modülü mevcut kolon ve kirişlerin dayanım değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre, binanın güçlendirilmeden önceki durumu için yapılan hesaplarda betonarme malzemesi için elastisite modülü ilgili TS500 (Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları) standardında C16 betonu için önerildiği gibi, $E=27000$ MPa kabul edilmiştir (Türk Standartları Enstitüsü, 2000). Yığma örgüdeki elastisite modülü ve birim ağırlık kabulleri, tuğla ve harcın bütünlük, tek bir malzemeymiş gibi davrandıkları varsayılarak yapılmıştır. Tuğla duvarlar doğrusal elastik malzeme özelliği göstermediğinden elastisite modülünün kesin olarak tanımlanabilmesi oldukça güçtür. Bilimsel literatürde benzer nitelikteki yapılar için gerçekleştirilen laboratuvar deneylerinde dahi kesin sonuçlara ulaşmak kolay olmamıştır (Chaitra vd., 2017; Costigan vd., 2015; Domenico vd., 2020). Bu nedenle, yığma tuğla duvarların malzeme özellikleri, benzer inşa sistemine sahip yapılara yönelik daha önce gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda üretilmiş bilimsel makalelerde sunulan bağıntılardan yararlanılarak ve yürürlükteki deprem yönetmeliğinde yığma yapılar için önerilen değerler dikkate alınarak seçilmiştir (Bayülke, 2011; Bayülke, 2018). Deprem Yönetmeliği’nde tuğla duvarlar için elastisite modülü duvar basınç dayanımının 200 katı olarak verilmektedir (AFAD, 2018). Çalışma konusu binada sıvaların raspanması sonucu ortaya çıkan strüktürel görünüm ve kısıtlı mukavemet değerlerine göre en iyimser tahminle tuğla duvarların maksimum basınç dayanımının 30 kg/cm^2 (3 MPa) olduğu değerlendirilmiş, bu yaklaşımla güçlendirme öncesi yapısal durumun tespitine yönelik gerçekleştirilen yapısal analizlerde tuğla duvarlar için elastisite modülü; $E= 3 \times 200 = 600$ MPa kabul edilmiştir.

Güçlendirme sonrası yapısal durumun değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen hesaplarda, güçlendirme kapsamındaki uygulamalar ile kullanılan malzemelerin etkileri sonlu elemanlar sayısal modeline aşağıdaki şekilde yansıtılmıştır;

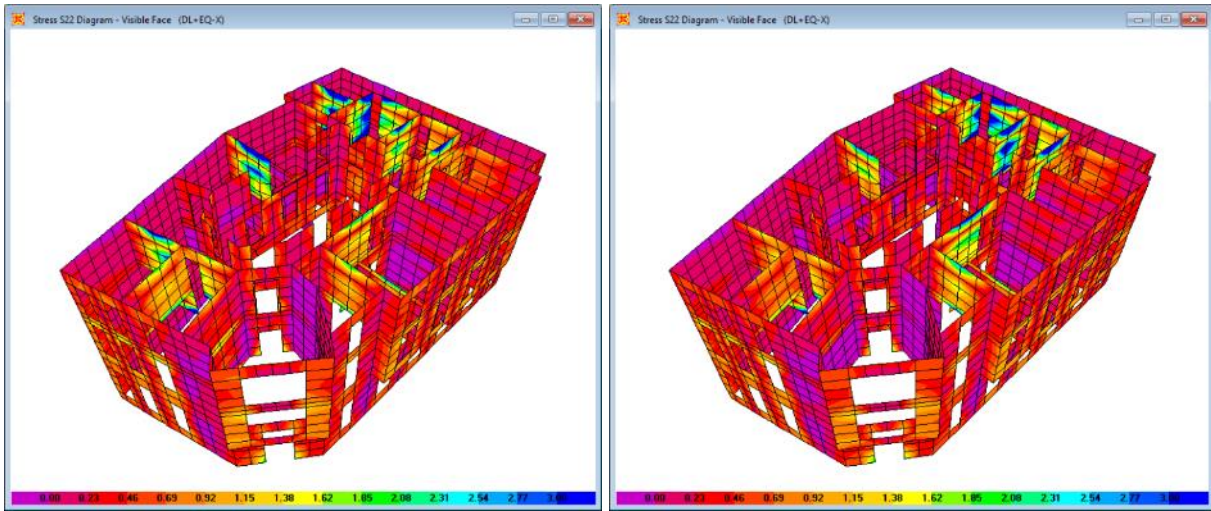
- Değiştirilen ve yeniden inşa edilen elemanların mevcut kesit ve malzeme özellikleri tanımlanmıştır.
- Kesit boyutlarının büyütülmesi için imitasyon dış siva veya benzer yöntemlerle binada yapılan değişiklikler hesap modeline yansıtılmıştır.
- CFRP ve benzer yöntemlerle yapılan güçlendirmelerin etkileri ise ilgili tuğla duvar ve betonarme elemanların elastisite modülünün artırılması suretiyle tanımlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

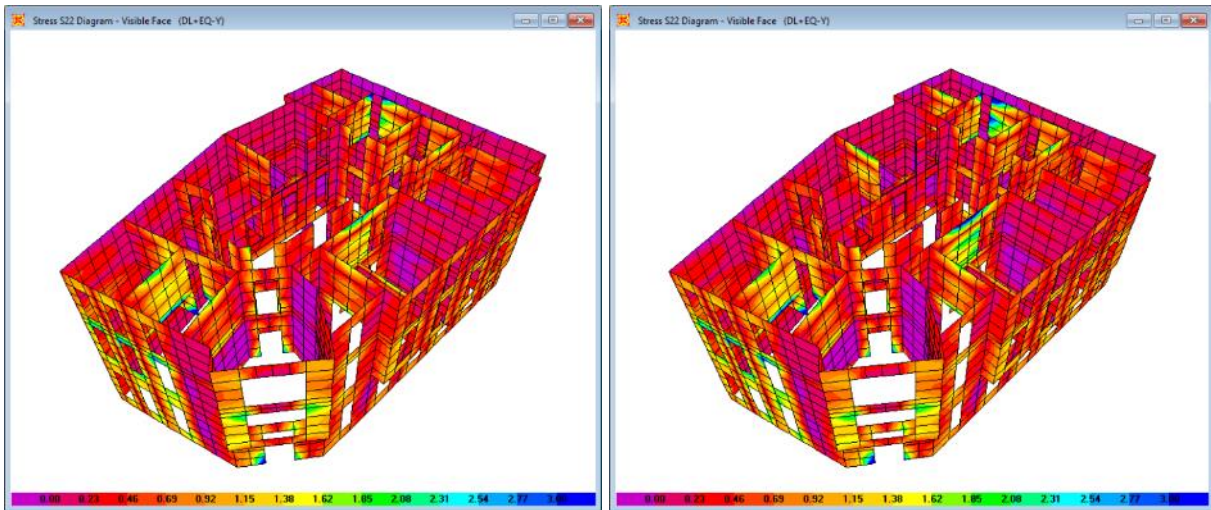
Sonlu Elemanlar Modeli Hesap Sonuçları (Analysis Results of Finite Element Model)

Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda CFRP ve benzer yöntemlerle yapılan güçlendirmenin etkisi, sonlu elemanlar hesap denklemlerinde ancak rijitlik matrislerinin oluşturulmasında kullanılan elastisite modülü (E) değerinin değiştirilmesiyle mümkün olabilmektedir. Elastisite modülünün

hangi oranda değiştiğinin analitik hesap yöntemleriyle belirlenmesi oldukça zordur. Ayrıca, tuğla, bağlayıcı harç ve güçlendirme bileşenleri gibi farklı malzemelerin bir arada çalıştığı tuğla duvarlarda E modülünü kesin olarak hesaplayabilmek oldukça güçtür. Referanslarda işaret edilen ilgili bilimsel makalelerde, çalışma konusu yapıdakine benzer yığma tuğla duvarlar için gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri ile analitik hesaplar karşılaştırılmış ve elastisite modülünün tanımlanması için makul oranlar belirlenmiştir (Bernat-Maso vd., 2014; Sandoval ve Roca, 2013).



Şekil 10 - Güçlendirme öncesi (solda) ve sonrasında (sağda) DL+EQX yük kombinasyonu için duvarlarda oluşan gerilme dağılımı.



Şekil 11 - Güçlendirme öncesi (solda) ve sonrasında (sağda) DL+EQY yük kombinasyonu için duvarlarda oluşan gerilme dağılımı.

Yığma tuğla duvarların yapısal performansa katkısı çalışma kapsamında ele alınmamıştır. Buna karşın, betonarme kolonlardaki deplasmanlar ve moment değişimine olan etkisinin yorumlanabilmesi amacıyla Şekil 10 ve Şekil 11’de, tuğla duvarlardaki gerilme dağılımı ifade edilmiştir. Binanın kendi ağırlığı ile muhtemel hareketli yükleri de içeren sabit yükler (DL) çok daha

baskın olduğundan, olası deprem yüklerinin neden olabileceği gerilme dağılımında önemli bir değişim gözlenmemektedir. Bununla birlikte duvarların bazı bölümlerinde kabul edilen 30 kg/cm^2 (3 MPa) basınç dayanımının aşıldığı gerilme dağılımını ifade eden şekil 10 ve 11’de açıkça görülebilmektedir. Ancak söz konusu hesaplamalarda yük azaltma katsayısının kullanılmadığı dikkate alındığında, basınç dayanımının aşılması bağlamında tuğla duvarlar açısından kayda değer bir sorun olmadığı söylenebilir.

Çalışma kapsamında incelenen yapının güçlendirme sonrasında sergileyeceği olası yapısal performansın belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen hesapların sayısal modellerinde, CFRP ile güçlendirilen tuğla duvar, betonarme kiriş ve kolonlar için benzer bir yaklaşımla malzeme özellikleri tanımlanmıştır (Lignola vd. 2014; Chourasia vd., 2019; Ghiassi vd., 2012; Grande vd., 2008). Elastisite modülündeki artış oranı, yapıda seçilen küçük birimler için hazırlanan, CFRP güçlendirme malzemesinin de dahil edildiği ayrıntılı sonlu elemanlar modelinin analizi sonucunda elde edilen deplasmanların değişimine göre belirlenmiştir. Tablo 2’de güçlendirme öncesi ve sonrası durumu ifade eden hesaplarda kabul edilen malzeme özelliklerini de içeren parametreler özetlenmektedir. Seçilen birim değerler örnek alınarak gerçekleştirilen ayrıntılı hesaplar sonucunda, CFRP ile güçlendirilen betonarme kolon, kiriş ve döşemelerde elastisite modülü %1 oranında artırılarak $E=28000 \text{ MPa}$ kabul edilmiştir. Benzer yaklaşımla, CFRP ile güçlendirilen tuğla duvarların elastisite modülü ise %1.6 artırılarak $E=950 \text{ MPa}$ kabul edilmiştir.

Tablo 2 - Güçlendirme öncesi ve sonrası durumu ifade eden hesaplarda kabul edilen malzeme özellikleri.

Elastisite modülü (E)	Betonarme kolon, kiriş ve döşemeler (E)	Tuğla Duvarlar (E)
Güçlendirme öncesi	27000 MPa (27000000 kN/m ²)	600 MPa (600000 kN/m ²)
Güçlendirme sonrası	28000 MPa (28000000 kN/m ²)	950 MPa (950000 kN/m ²)

Güçlendirme öncesi ve sonrası yapının strüktürel performansını incelemek amacıyla yapılan hesaplar sonucu elde edilen bulgular, güçlendirilmenin binanın strüktürel dayanımını önemli düzeyde artırdığını göstermektedir. Hesap sonuçlarının karşılaştırmalı değerleri Tablo 3 ve Tablo 4’te özetlenmektedir.

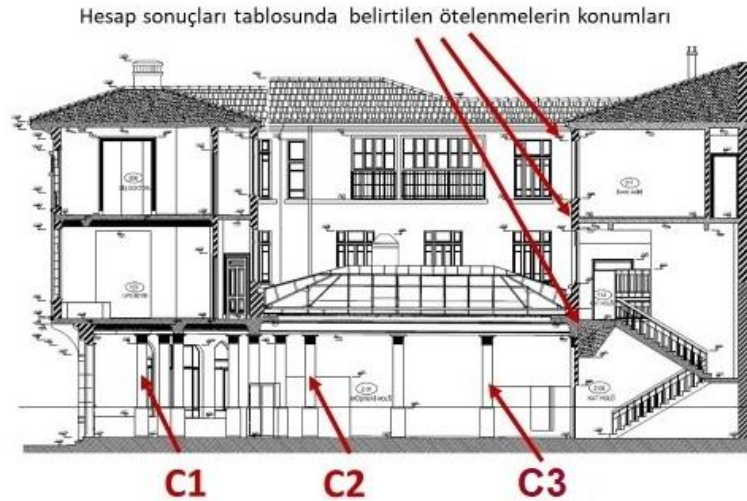
Tepki spektrumu hesapları sonucunda elde edilen periyotların güçlendirme sonucunda azalıyor olması, rijitliğin genel olarak arttığının bir işaretidir. Buna göre, yapısal güçlendirme sonucunda ilk üç doğal titreşim periyodu sırasıyla; $T_1=0.45$ saniyeden 0.38 saniyeye, $T_2=0.36$ saniyeden 0.29 saniyeye, $T_3=0.32$ saniyeden 0.28 saniyeye düşmüştür.

Tablo 3 - Tepki spektrumu hesaplarından elde edilen doğal titreşim periyotları.

Doğal titreşim periyodu	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)	T4 (s)	T5 (s)	T6 (s)
Güçlendirme öncesi	0.45	0.36	0.32	0.29	0.26	0.26
Güçlendirme sonrası	0.38	0.29	0.28	0.26	0.26	0.24

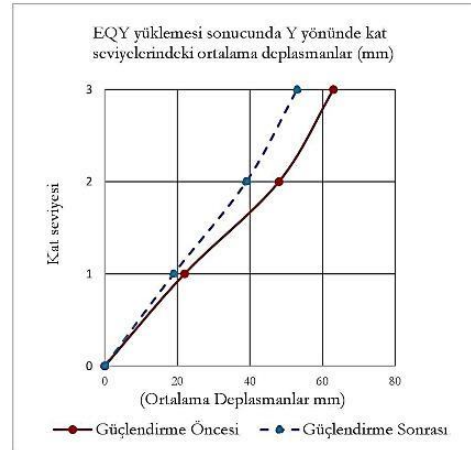
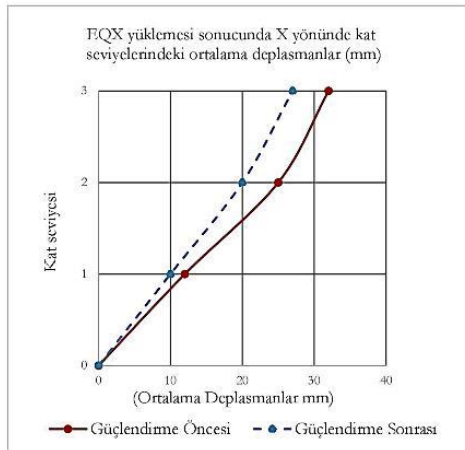
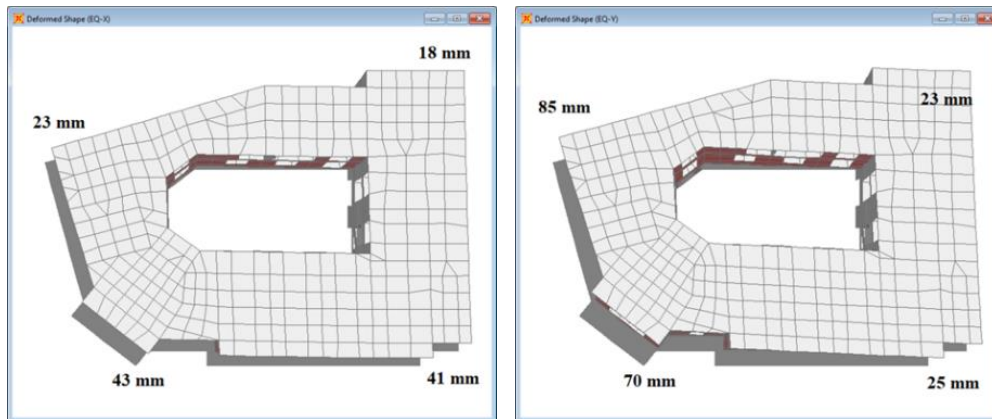
Bina ortasında yer alan iç avlunun köşe birleşim noktalarında deprem hesapları sonucunda elde edilen en büyük yer değiştirmeler x yönünde $\Delta x=23.16$ mm'den $\Delta y=17.41$ mm'ye, y yönünde ise $\Delta x=35.80$ mm'den $\Delta y=27.24$ mm'ye düşmüştür. Bu değerler yapının en üst kat seviyesindeki ortalama yer değiştirmeleri göstermektedir. Şekil 12'de, Tablo 4'te belirtilen yer değiştirmelerin yapı üzerindeki konumları gösterilmektedir. Tablo 4'te yer alan sayısal verilerden, yapıdaki yer değiştirme değerlerinin güçlendirme sonrasında önemli oranda azaldığı anlaşılmaktadır.

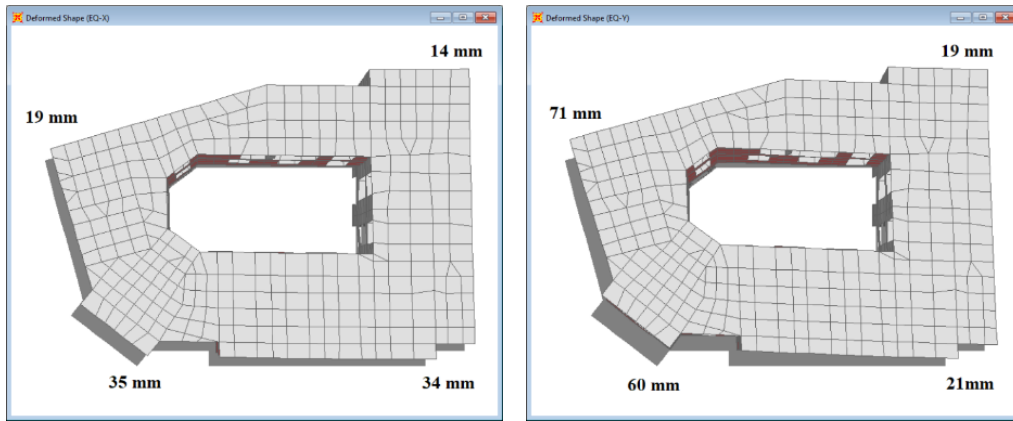
Çalışma konusu yapının strüktürel dayanımının güçlendirme uygulaması sonrasında arttığına en önemli göstergesi ise, taşıyıcı sistem elemanlarına ait moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvetlerde izlenen azalmalardır. Tablo 5 ve Şekil 13'te karşılaştırıldığı üzere, güçlendirme sonrasında binanın betonarme kolon, kiriş ve taşıyıcı tuğla duvarlarındaki iç kuvvetler ve gerilmeler dikkate değer şekilde azalmıştır. Yapının genel strüktürünün deprem hasarlarına karşı kritik durumda olduğu değerlendirilen iç avluyu çevreleyen dairesel kolonlar arasından seçilen (Şekil 12'deki C1, C2 ve C3) betonarme kolonlardaki momentlerin güçlendirme sonrasında önemli oranda azaldığı görülmektedir (Bkz. Tablo 5).


Şekil 12 - Hesap sonuçlarının özetlendiği tablo; 4 ve 5'te yer alan ölçümlerin konumları.

Tablo 4 - Deprem hesapları sonucunda elde edilen yer değiştirme değerleri.

Kat	X ve Y doğrultusunda hesaplanan yer değiştirmeler	EQX (x eksenini doğrultusu deprem hesabı)		EQY (y eksenini doğrultusu deprem hesabı)	
		Δx (mm)	Δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)
2. kat tavanı	Güçlendirme öncesi	23.16	27.62	8.40	17.15
	Güçlendirme sonrası	19.28	22.33	6.79	13.41
1. kat tavanı	Güçlendirme öncesi	16.47	18.08	14.35	23.94
	Güçlendirme sonrası	12.98	13.86	11.26	19.11
Zemin kat tavanı	Güçlendirme öncesi	2.85	2.53	3.07	3.37
	Güçlendirme sonrası	2.49	2.29	2.71	3.09


Şekil 13 - Güçlendirme öncesi ve sonrası durum analizlerinde kat seviyelerindeki (Bkz. Şekil 12) ortalama yer değiştirme değerleri.

Şekil 14 - Güçlendirme öncesi durum analizlerinde EQX ve EQY deprem yüklemesi sonucunda X ve Y yönlerinde hesaplanan en büyük yer değiştirmeler.



Şekil 15 - Güçlendirme sonrası durum analizlerinde EQX ve EQY deprem yüklemesi sonucunda X ve Y yönlerinde hesaplanan en büyük yer değiştirmeler.

Tablo 5 - Seçilmiş betonarme kolonlarda (Şekil 12; C1, C2 ve C3) hesaplanan moment değerleri.

Kolon Yükleme	C1		C2		C3	
	DL+EQX M _{3,3} (kN·m)	DL+EQY M _{3,3} (kN·m)	DL+EQX M _{3,3} (kN·m)	DL+EQY M _{3,3} (kN·m)	DL+EQX M _{3,3} (kN·m)	DL+EQY M _{3,3} (kN·m)
Birincil eksen	M _{3,3} (kN·m)	M _{3,3} (kN·m)	M _{3,3} (kN·m)	M _{3,3} (kN·m)	M _{3,3} (kN·m)	M _{3,3} (kN·m)
İkincil eksen	M _{2,2} (kN·m)	M _{2,2} (kN·m)	M _{2,2} (kN·m)	M _{2,2} (kN·m)	M _{2,2} (kN·m)	M _{2,2} (kN·m)
Güçlendirme öncesi	53.21 143.17	51.39 243.54	65.06 114.17	80.30 192.82	30.82 57.70	34.91 82.65
Güçlendirme sonrası	39.86 99.92	33.20 185.27	57.80 85.08	65.53 154.46	27.30 49.52	28.42 73.41

Güçlendirme Sonrası Performans Değişimi ve Uygulamanın Temel Restorasyon İlkeleri Açısından Değerlendirilmesi (Post-strengthening Performance Change and Evaluation of Implementation in Terms of Basic Restoration Principles)

Elde edilen hesap sonuçları bir arada değerlendirildiğinde; rijitliğin arttığı, olası sismik hareketler sonucunda ortaya çıkabilecek yer değiştirmelerin (ötelenme) önemli oranda azaldığı görülmektedir. Yapısal performansa dair göstergelerin başında gelen ve betonarme ve yığma yapısal elemanlara etkileyen; moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvetlerin ise belirgin şekilde azaldığı anlaşılmaktadır. Bütün bu veriler, güçlendirme uygulaması sonucunda strüktürel performansın önemli oranda iyileştirildiğini göstermektedir.

İzmir’de 2020 yılı Ekim ayında meydana gelen deprem, modern teknik ve malzemelerle inşa edilmiş yeni yapılarla karşılaştırıldığında strüktürel performansları daha düşük olan kültür varlığı niteliğindeki yapılar açısından depreme bağlı ani yük değişimlerinin ciddi risk oluşturduğunu göstermiştir. Depremin meydana geldiği tarihte yapısal güçlendirme çalışmaları henüz tamamlanmamış olmasına karşın belirgin bir hasar meydana gelmemekle birlikte, ileride meydana gelebilecek sismik olaylarda, çalışma konusu yapı ve benzer nitelikteki kültür varlıklarının ciddi tehdit altında kalabileceği aşikardır.

Deprem Yönetmeliği’nde tasarım hesaplarında kullanılacak parametreler arasında yer alan bina önem katsayısı, yapıların kullanım amaçlarına (işlev) göre belirlenmektedir (AFAD, 2018). Bina

önem katsayısı arttıkça, yönetmelikte öngörülen deprem tasarım kriterleri de sıklaşmaktadır. Yönetmeliğin '3.1.2. Bina Önem Katsayıları' başlığı altında yer alan Tablo. 3.1'e göre müzelerin bina kullanım sınıfı (BKS); 1, bina önem katsayısı ise; 1,5 olarak belirlenmişken, diğer işyerlerinin kullanım sınıfları; 3, önem katsayıları ise; 1'dir. İlk inşasından güncel restorasyon çalışmaları başlayıncaya kadar banka şubesi olarak kullanıldığı (BKS 1) bilinen yapının kültür ve sanat etkinliklerine yönelik yeni işlevi sebebiyle önem katsayısı 1,5'a yükselmektedir. Resim ve heykel gibi sanat eserlerinin sergilenecek olması ile öngörülen yoğun ziyaretçi kullanımı, can ve mal güvenliğinin sağlanması açısından yapısal güçlendirmenin önemini artırmaktadır.

'Mimari Mirasın Strüktürel Onarımına Yönelik İlke ve Yaklaşımlar' başlığında, yapısal güçlendirmeye yönelik restorasyon kriterleri geniş bir çerçevede ele alınmaktadır. Ancak incelenen güçlendirme uygulamasının, mimari mirasa yönelik strüktürel müdahalelere dair somut ifade ve kriterlere yer verilen; 'Venedik Tüzüğü' (ICOMOS, 1964), 'Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu için İlkeler' (ICOMOS, 2003) ile 'Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi' (ICOMOS, 2013) belgeleri çerçevesinde ele alınması benimsenmiştir.

Bu çerçevede ilk değerlendirme, Venedik Tüzüğü'nde (ICOMOS, 1964) yer alan; geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda, geçerliliği ispatlanmış modern teknikler kullanılarak sağlamlaştırma yapılabileceği yönündeki ilke bağlamında yapılmıştır. Özgün betonarme taşıyıcılar ile yığma tuğla duvarların oluşturduğu karma sistemin sağlamlaştırılmasında, yapısal performansa katkısı bilimsel deney ve uygulama deneyimleriyle kanıtlanmış CFRP elemanların kullanılmasının, söz konusu ilkeye uygun olduğu söylenebilir.

Mimari mirasın statik restorasyonuna yönelik somut ilkelerin yer aldığı; 'Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu için İlkeler' isimli tüzükte yer alan temel yaklaşımlara çalışmanın ilgili başlığında kapsamlı şekilde yer verilmiştir (ICOMOS, 2003). Uygulanan güçlendirme müdahaleleri Tüzüğün 'Yiyeleştirici Önlem ve Denetimler' başlığı altında yer alan, takip eden kriterler bağlamında değerlendirilmiştir.

Zorunlu olduğu kanıtlanmayan müdahalelerin yapılmaması: Deprem Yönetmeliği'ne göre (AFAD, 2018) işlev değişikliği sebebiyle bina önem katsayısı da artacağından, mevcut yapısal performansın artırılması zorunlu hale gelmiştir. Bu gibi hallerde, belirlenecek statik müdahalenin niteliği ve kültür varlığına etkisinin kapsamlı şekilde değerlendirilmesi gereklidir.

Güçlendirme müdahalelerinin güvenlik hedefleri ile orantılı olması: İlk inşası günümüzden yaklaşık 90 yıl öncesine dayanan bir yapının, güçlendirilmiş olsun veya olmasın günümüz modern binalarına yakın strüktürel dayanımda olması beklenemez. Bu perspektifle, yapısal güvenliğin özgünlüğe asgari müdahale prensibiyle sağlanması amaçlanmalıdır. Çalışma konusu yapının zemin ve 1. katlarındaki yapısal bileşenlerin riskli ve zayıf olanlarına CFRP uygulaması yapılmış, 2. katta ise herhangi bir güçlendirme müdahalesi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısı ile müdahalenin asgaride tutulduğu ve güvenlik hedefi ile orantılı olduğu söylenebilir.

En az müdahale gerektiren ve kültürel değerlerle uyumlu tekniklerin seçilmesi: Söz konusu ilkede geleneksel ve çağdaş tekniklerden birisi tercih edilmeden önce, yapının durumunun güvenlik ve dayanım beklentilerine göre değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu durum çalışma konusu

yapı bağlamında değerlendirildiğinde, özgün inşa tekniği olan betonarme veya yığma sistem bileşenleri (yeni kolon, giriş, döşeme veya yeni tuğla duvarlar) eklenerek takviye yapılması veya püskürtme beton vb. tekniklerle kesitlerin büyütülmesi halinde, özgün mimari eleman ve mekan ölçüleri ile plan kurgusunda önemli değişikliklerin meydana geleceği öngörülebilir. Bu yöntemlerle yapılacak uygulamanın performans açısından sağlayacağı katkının yanında, yapıdaki sabit yükleri artıracığı, bu durumun da olası sismik hareketlerde yapısal davranış açısından ciddi sorunlara yol açabileceği bilinmektedir. Dolayısı ile özgün malzemelerden çok daha hafif ve güvenlik değerleri yüksek olan CFRP elemanların kullanılmasının, güçlendirme açısından daha efektif ve seçilen sistemin kültür varlığının değerleriyle uyumlu olacağı söylenebilir.

Müdahalelerin mümkün olduğunca geri döndürülebilir olması: Uygulanan CFRP plaka ve şilteler betonarme ve yığma yapı bileşenlerine epoksi esaslı güçlü kimyasallar kullanılarak yapıştırılmıştır. Uygulama öncesi elemanların üzerindeki sıva katmanlarının raspalanarak doğrudan taşıyıcı yüzeyine ulaşılması gerekmektedir. Teorik olarak yapıştırılmış olan CFRP elemanlarının sökülmesi mümkün görünmekle birlikte, bu işlem için darbeli mekanik yöntemlerin kullanılması gerekeceğinden, özgün elemanların belli oranda zarar görmeleri olasıdır. Bu sebeple uygulanan güçlendirme yöntemi, sorunsuz ve hasarsız şekilde geri döndürülebilir özellikte değildir.

Onarımda kullanılacak yeni ve özgün yapı malzemelerinin birbirleri ile uyumlarının araştırılması: CFRP, yapısal performansa katkısı teorik ve pratik olarak kanıtlanmış bir malzeme olup, ister modern, isterse de tarihi olsun, betonarme ve yığma sistemlerin güçlendirilmesi için sıklıkla kullanılmaktadır (Albert vd., 2001; Capozucca, 2011; Milani, 2010). Dolayısı ile uygulamadaki özgün yapı malzemeleri ile CFRP elemanların uyumlu oldukları bilinmektedir (Bal ve Şimşek, 2019; Xiao ve Ma, 1997). Bu durumun proje aşamasındayken değerlendirildiği, güçlendirme teknik ve malzemelerinin seçiminde özgün yapı malzemeleri ile uyum kriterinin gözetildiği statik proje ve raporlarından bilinmektedir (Pakben, 2019).

Müdahalelerin özgün strüktürün gelecekte de anlaşılmasını sağlaması: Söz konusu yaklaşımda güçlendirme müdahalesinin mümkün olduğunca strüktürün özgün tasarım, yapım tekniği ve tarihi değerine saygı göstermesi ve gelecekte de anlaşılmasını sağlayacak izlerin korunması hedeflenmektedir. CFRP şerit elemanlar tuğla duvarlara yatay ve düşey yönlerde bir grid oluşturacak şekilde uygulanmakta, bu durum (sıvanmamış haldeyken) özgün duvar ile güçlendirmenin kolaylıkla ayırt edilebilmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 7). CFRP şilte bileşenler ise, herhangi bir boşluk oluşturmayacak şekilde betonarme yatay ve düşey elemanları sarmalamaktadır (Şekil 8). Bu durum özgün betonarme elemanın doğrudan algılanmasını bir ölçüde engellemekle birlikte, uygulama yapılmamış yüzeyler sayesinde, sistemin bütünü hakkında fikir sahibi olunması mümkündür. Özetle CFRP uygulamasının söz konusu kriteri kısmen karşıladığı söylenebilir.

Tarihi bir malzeme veya mimari öğenin kaldırılması veya değiştirilmesinden mümkün olduğunca kaçınılması: İncelenen güçlendirme çalışmalarında, uygulama yapılacak tüm duvar, tavan ve döşemelerdeki şap ve sıvalar teknik zorunluluk gereği raspa yoluyla kaldırılmış, ancak başka herhangi bir mimari öğenin (kapı, pencere vb.) kaldırılması veya değiştirilmesine ihtiyaç duyulmamıştır. Güçlendirme yapının özgün mimari kurgusu gözetilerek planlanmış ve uygulanmıştır. Uygulama öncesi kaldırılan sıvaların özgün harç formülüne uygun şekilde yeniden

yapılması ve güçlendirme uygulanmayan bölümlerdeki mevcut – özgün sıvalara dokunulmaması da dikkate alındığında, CFRP uygulamasının bu ilkenin gereklerini büyük ölçüde karşıladığı söylenebilir.

Müdahalelerin mimari mirasa etkisinin uygulama sırası ve sonrasında yapılacak denetimler ve izleme süreci ile belirlenmesi: Uygulama boyunca süren denetimlerde yapı kontrol elemanları ve proje müellifi, sökümlerle ortaya çıkarılan yapısal elemanların fiziksel durumlarını düzenli şekilde gözlemleyip, güçlendirme projesini güncellemek suretiyle optimizasyonun ve en az müdahale ilkesinin gözetilmesini sağlamışlardır. Ancak güçlendirme öncesinde yapılmış veya sonrasında etkilerinin tespitine yönelik planlanmış herhangi bir yapısal izleme uygulaması bulunmamaktadır. Bu çerçevede, söz konusu ilkede tanımlanan yaklaşımın kısmen karşılandığı söylenebilir.

Çalışmanın ilgili başlığında kapsamlı olarak ele alınan; Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'nde; mimari mirasın korunmasına yönelik temel ilkeler ile yapısal iyileştirme ve güçlendirme kavramları net ifadelerle tanımlanmaktadır. Bildirgede özetle; kültür varlığının sahip olduğu güvenlik seviyesinin standartlar gereğince veya işlev değişikliğinden dolayı yükseltilmesine yönelik gerçekleştirilecek güçlendirmede, mimari bütünlüğe zarar verilmemesi, uygun müdahale teknikleri geliştirilerek özenle uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır (ICOMOS, 2013).

Bildirgenin 'güçlendirme' başlığı altında; geleneksel tekniklerle inşa edilen yapılarda özgün strüktürde bünyesel değişikliklere gidilmeksizin, geri dönülebilir uygulamalar yapılması gerektiği, çalışma konusu yapının da dahil olduğu modern ve çağdaş yapı strüktürlerinde (çelik, betonarme, karma sistemler gibi) ise kamusal kullanım söz konusu olduğunda, yapıların özgün nitelikleri başkalaştırılmaksızın güçlendirilebileceği belirtilmektedir. Çalışma konusu yapı için öngörülen kamusal işlev (müze) ve yürürlükteki deprem standartları gereğince güvenlik seviyesinin artırılması gerekliliği, yapının bildirgedeki bu yaklaşıma uygun olarak güçlendirilebileceğini göstermektedir. Bu noktada CFRP ile güçlendirme tekniğinin, yapının özgün niteliklerine olan etkisinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'nin (ICOMOS, 2013); '3.2. Koruma Değerleri' başlığında özgünlük; "mimari kültür varlığının anlam kazanabilmesi için gereken ve onun gerçekliğini, değerini ve bütünlüğünü kanıtlayan tüm özellikleri" şeklinde tanımlanmaktadır. Ayrıca; "mimari mirasın özgünlüğü söz konusu olduğunda; konum, tasarım, malzeme ve işçilik özellikleri açısından içinde bulunduğu kültür alanının bozulmamış ve tahrif edilmemiş bir belgesi olmasının" gerektiği belirtilmektedir (ICOMOS, 2013). CFRP ile yapılan uygulama, özgünlük açısından değerlendirildiğinde; konum ve tasarım açısından özgünlüğün büyük ölçüde korunduğu, güçlendirme uygulanan yüzeylerdeki mevcut (alt katmanlarda olasılıkla özgün) sıvaların sökülmesi sonucu malzeme özgünlüğünün kısmen yitirildiği, CFRP elemanların tuğla duvar ve betonarme taşıyıcılara güçlü kimyasallarla yapıştırılması sonucunda da malzeme özgünlüğünün kısmen yitirildiği söylenebilir.

Çalışma konusu uygulama, Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'nde belirlenen genel çerçevede değerlendirildiğinde; yapının kamu kullanımına yönelik yeni işlevini güvenli şekilde sürdürebilmesini amaçlayan müdahalelerin ihtiyatla gerçekleştirildiği, özgünlük - güvenlik ilişkisinin optimum düzeyde sağlanmaya çalışıldığı, kültür varlığının mimari bütünlüğüne zarar verilmediği,

özgünlüğü oluşturan; konum, tasarım, işçilik ve malzeme özellikleri ile tarihsel katmanlara ise güçlendirme tekniğinin elverdiği sınırlarda saygılı olunabildiği değerlendirilmektedir.

SONUÇ (CONCLUSION)

Mimari mirasa yönelik yapısal iyileştirme veya güçlendirme kararları, yapının inşa dönemi, tekniği, mimari ve bezeme özellikleri, hasar ve kullanım durumu, özgün veya öngörülen işlevi, fiziksel çevresi gibi etkenler dikkate alınarak oluşturulmalıdır. Her biri yapıya özel yöntem ve müdahalelerin farklı etkenler gözetilerek ihtiyatlı şekilde planlanması gerektiğinden, güçlendirme uygulamaları için geçerli genel kurallardan söz edilemez. Yapısal performansın artırılmasının amaçlandığı bazı durumlarda birden fazla tekniğin bir arada kullanılması gerekebilir.

Mimari mirasın korunması ve onarımına yönelik tüm uygulamalar çoğunluğuna Türkiye'nin de yasalar çerçevesinde taraf olduğu uluslararası düzenleme ve ilkelere uygun olarak yürütülmektedir. Esaslı müdahale yöntemlerinin başında gelen yapısal iyileştirme ve güçlendirmeye yönelik planlama ve uygulamaların da bu kriterlere uygun olması gerekir. Mimari mirasın mevcut yapısal durumu ve olası riskler çalışmada örneklenen yapısal analiz vb. yöntemlerle baştan ortaya konmalıdır. Eğer yapısal bütünlüğün korunması veya sürdürülmesi açısından kaçınılmaz ise, yapıya özgü güçlendirme alternatifleri henüz fizibilite aşamasındayken ön değerlendirmelerle belirlenmelidir. Belirlenecek alternatifler arasından uygulanacak tekniğin seçiminde yasal mevzuat ve restorasyonun temel ilkeleri ile özgünlük – güvenlik dengesinin öncelikli olarak gözetilmesi gereklidir. Mimari mirasın yapısal kapasitesinin tespiti ile ihtiyaç varsa iyileştirme veya güçlendirme teknik ve müdahalelerin belirlenmesi süreçleri, başta koruma mimarlığı ve inşaat mühendisliği olmak üzere restorasyon sürecinde yer alan farklı disiplinlerden uzmanların ortak çalışmaları ile yürütülmelidir. Bu iş birliği çerçevesinde, statik hesap sonuçlarının, mühendislik disiplini dışındaki uzmanlar tarafından da kolaylıkla anlaşılır ve yorumlanabilir olması gerekir. Aksi halde, mühendislik dışı uzmanların katkısından yoksun kalan, eksik, hatta sakıncalı kararların ortaya çıkması olasıdır. Çalışmada örneklenen sayısal modelleme ve analizin, verilerin grafik, karşılaştırmalı sayısal değerler gibi sade ve somut formlarda ortaya konması halinde, amaca uygun bir yöntem olduğu söylenebilir.

Güçlendirme çalışmaları planlanırken, mimari mirasın güvenlik seviyelerinin inşa edildikleri dönem için geçerli ve yapım teknolojileri ile sınırlı olduğu göz ardı edilmemelidir. Bu sebeple günümüzde geçerli asgari koşulların değil, mirasın özgünlüğünü en az düzeyde etkileyecek ve optimum fayda sağlayacak uygulamaların planlanması gereklidir. Modern malzeme ve tekniklerle yakın dönemde inşa edilenler de dahil tüm yapıların bir malzeme ve dayanım ömrü olduğu unutulmamalıdır. Mimari miras niteliğinde de olsa strüktürel kapasite limitlerinin aşıldığı durumlarda her yapının ağır hasar alması veya yıkılması olasıdır. Zemin, strüktür hasarları veya olası sismik etkiler sebebiyle riskli oldukları değerlendirilen yapıların, proje ve uygulama öncesinde gelişmiş tekniklerle izlenmesi, doğru tekniklerin belirlenmesine katkı sağlayacaktır. İzleme sistemleriyle uygulama sonrasındaki performans değişiminin tespiti, benzer durumdaki yapılara yönelik ileriki uygulamaların geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Acknowledgements | Teşekkür Beyanı

Araştırmanın yürütülmesine fırsat veren; Ziraat Bankası A.Ş. İnşaat Grup Başkanlığı'na, uygulama pratikleri ve proje kaynaklarından faydalandığım; Gökalp Proje Müş. A.Ş., Pakben Mimarlık Ltd. Şti. ve Er-Efe İnşaat Mühendislik Ltd. Şti.'ne teşekkürlerimi sunarım.

Conflict of Interest Statement | Çıkar Çatışması Beyanı

Bu araştırmanın yürütülmesinde ve makalenin hazırlanması hususunda herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

There is no conflict of interest for conducting the research and for the preparation of the article.

Financial Statement | Finansman Beyanı

Bu araştırmanın yürütülmesinde ve makalenin hazırlanmasında finansman kaynağı bulunmamaktadır.

No financial support has been received for conducting the research and for the preparation of the article.

Ethical Statement | Etik Beyanı

Araştırma etik standartlara uygun olarak yapılmıştır.

All procedures followed were in accordance with the ethical standards.

Copyright Statement for Intellectual and Artistic Works | Fikir ve Sanat

Eserleri Hakkında Telif Hakkı Beyanı

Makalede kullanılan fikir ve sanat eserleri (şekil, fotoğraf, grafik vb.) için telif hakları düzenlemelerine uyulmuştur

In the article, copyright regulations have been complied with for intellectual and artistic works (figures, photographs, graphics, etc.).

REFERANSLAR (REFERENCES)

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), (2018). *Türkiye Deprem Tehlike Haritası*. Alındığı yer <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>.
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Alındığı yer <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm>.
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), (2020). *30 Ekim 2020 Ege Denizi, Seferihisar (İzmir) Açıkları Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu*. Alındığı yer <https://deprem.afad.gov.tr/downloadDocument?id=2064>.
- Alanyurt, U., (2009). Türkiye’de Koruma ve Onarım Üzerine Analiz. Alındığı yer https://www.academia.edu/19861863/T%C3%BCrkiye_de_Koruma_ve_Onar%C4%B1m_%C3%9Czerine_Analiz_2010_masrop_e_dergi.
- Albert, M. L., Elwi, A. E., Cheng, R. J. J. (2001). Strengthening of Unreinforced Masonry Walls Using FRPs. *ASCE Journal of Composites for Construction*, Vol. 5, No. 2, pp. 76-84, May.
- Bal, A., Şimşek, S. (2019). Tarihi Yığma Bir Yapının Lifli Polimerler (FRP) İle Güçlendirme Alternatiflerinin Araştırılması ve Proje Uygulaması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(3), 112-119.
- Bayülke, N. (2018). *Yığma Yapılar: Taş ve Tuğla*. Ankara: İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi.
- Bayülke, N. (2011). Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği. 1. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. Ankara.
- Bernat-Maso, E., Gil, L., ve Roca, P. (2014). Analytical method for the assessment of unreinforced brick masonry walls subjected to eccentric compressive loads. *Construction and Building Materials*, 73, 180-186.
- Can, H., Ünay, A. İ. (2012). Tarihi Yapıların Deprem Davranışını Belirlemek İçin Sayısal Analiz Yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(1), 211-217.
- Capozucca, R. (2011). Experimental Analysis of Historic Masonry Walls Reinforced by CFRP Under in- Plane Cyclic Loading. *Composite Structures*, 94: 277-289.
- Chaitra, K., Keshava, M., ve Vidyadhara, V. (2017). Empirical expression for masonry strength and modulus of elasticity of brick and block assemblages.
- Chourasia, A., Singhal, S., ve Parashar, J. (2019). Experimental investigation of seismic strengthening technique for confined masonry buildings. *Journal of Building Engineering*, 25, 100834.
- Costigan, A., Pavia, S., ve Kinnane, O. (2015). An experimental evaluation of prediction models for the mechanical behavior of unreinforced, lime-mortar masonry under compression. *Journal of Building Engineering*, 4, 283-284.

- Coşkun, B. S., Binan, D., (2013). Erken Cumhuriyet Döneminde Anıtsal Yapıların Güçlendirilmesi Yaklaşımları. 4. *Tarihi yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 27-29 Kasım 2013*. İstanbul, 2013, (ISBN:978-605-01-0548-3),11-22.
- Croci, G. (1998). *The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*. Southhampton, UK: Computation Mechanics Publications, 47-51, 54-63, 89-95, 200-201, 199-214.
- Çilingir, A. M. (2020). *Ziraat Bankası'nın Taşradaki Yüzü: Şube Yapıları ve Bağlıları*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Dabanlı, Ö. (2019), Sav, M., Kurtoglu, M. (Eds.) *Edirnekapı Ayios Yeorgios Kilisesi ve Restorasyonu (2014-2017) – Edirnekapı Ayşos Yeorgios Kilisesi'ndeki Taşyıcı Sistem Sorunları ve Sağlama Uygulamaları*. İstanbul: Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Demircan, R. K., Ünay, A. İ., (2022). Büyük Kütleli Tarihi Kale ve Sur Duvarlarının Çevresel Etkiler Altında Yapısal Dengesinin Analitik Yöntemlerle Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 25, 545-555.
- Dinçer, E. (2019). *Ziraat Bankası İzmir Müzesi, Statik Güçlendirme Projesi ve Proje Raporu*. İzmir: Er-Efe İnşaat Mühendislik Ltd. Şti.
- Domenico, M. D., Risi, M. T. D., Ricci, P., Verderame, G. M., ve Manferdi, G. (2020). Empirical prediction of the in-plane/out-of-plane interaction effects in clay brick unreinforced masonry infill walls. *Engineering Structures*, 227 (2021) 111438.
- Ghiassi, B., Marcari, G., Oliveira, D. V., ve Laurenço, P. B. (2012). Numerical analysis of bond behavior between masonry bricks and composite materials. *Engineering Structures*, 43, 210-220.
- Grande, E., Milani, G., ve Sacco, E. (2008). Modelling and analysis of FRP-strengthened masonry panels. *Engineering Structures*, 30, 1842-1860.
- ICOMOS, (1931). *Atina Tüzüğü (Carta Del Restauro) Uluslararası Modern Mimarlık Kongresi (CLAM) Bildirgesi*. Alındığı yer http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0660878001536681682.pdf.
- ICOMOS, (1964). *Venedik Tüzüğü*. Alındığı yer http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0243603001536681730.pdf.
- ICOMOS, (2003). *Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu için İlkeler*. Alındığı yer http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0033791001536913477.pdf.
- ICOMOS Türkiye, (2013). *Mimari Mirasın Koruma Bildirgesi*. Alındığı yer http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0784192001542192602.pdf.
- Küçükdoğan, B., Kubin, J., Ünay, A. İ. (2010). Seismic Assessment of Monastery of Studios (Imrahor Mosque) in İstanbul. *Advanced Materials Research*, 133-134, 721-726.
- Lignola, G. P., Angiuli, R., Prota, A., ve Aiello, M. A. (2014). FRP confinement of masonry: analytical modeling. *Materials and Structures*, 47: 2101-2115.

- Milani, G. (2010). 3D FE Analysis Model for Multi- Layer Masonry Structures Reinforced with FRP Strips. *International Journal Mechanical Sciences*, 52: 784-203.
- Milani, G., Fedele R., Lourenço P., and Basilio I. (2014, 14-17 October). Experimental and Numerical FE Analyses of Curved Masonry Prisms and Arches Reinforced with FRP Materials. *9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions*, Mexico City.
- Örmecioglu, H. T., (2011). Tarihi Yapıların Yapısal Güçlendirilmesinde Ana İlkeler ve Yaklaşımlar. *Politeknik Dergisi*, Sayı: 3, 233-237.
- Pakben, T. (2019). *T.C. Ziraat Bankası İzmir Tarihi Bina, Rölöve, Restitüsyon, Restorasyon Proje Raporu*. İzmir: Pakben Mimarlık Ltd. Şti.
- Penelis, G. G., Penelis, G. G. (2000). *Structural Restoration of Masonry Monuments Arches, Domes and Walls: Fibre-Reinforced Plastics (FRPs)*. Boca Raton, ST: CRC Press.
- SAP2000, (2005). *Integrated structural analysis and design software*. Berkeley, CA: Computers and Structures Inc.
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, (1999). *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu'nun 660 sayılı ilke kararı*. Alındığı yer <http://teftis.kulturturizm.gov.tr/TR,13918/660-nolu-ilke-karari-tasinmaz-kulturvarliklarinin-grup-.html>.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE), (2000). *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS-500)*. Alındığı yer <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073101043079047073050100084114050099>.
- Xiao, Y., Ma, R. (1997). Seismic Retrofit of RC Circular Columns Using Prefabricated Composite Jacketing. *Journal of Structural Engineering*, 123, 1357-1364.
- Yazgan, İ. O. (2020). *Tarihi Yapıların Bütüncül veya Parçalı Taşınmasında Strüktürel Performanslarının Değerlendirilmesi*. Ankara: Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi.

YAZARIN BİYOGRAFİSİ (BIOGRAPHY OF THE AUTHOR)

İlhan Okan YAZGAN

2000 yılında Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nden mezun oldu. Restorasyon alanındaki yüksek lisans ve doktora eğitimlerini aynı Üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda sırasıyla; 2004 ve 2020 yıllarında tamamladı. 2009 yılından itibaren Gökalp Proje Müşavirlik A.Ş. bünyesinde, 2023 yılı itibariyle ise NEO Danışmanlık Mimarlık kurucusu olarak taşınmaz kültür mirasının korunması ve onarımına yönelik proje ve uygulama çalışmalarında yer alan Yazgan'ın, ulusal ve uluslararası bilimsel dergilerde yayımlanmış makaleleri ile toplantılarda sunulmuş bildirileri bulunmaktadır. Profesyonel çalışmalarının yanı sıra, yağma sistemle inşa edilmiş mimari mirasın yapısal özelliklerinin incelenmesi ve geliştirilmesine yönelik araştırmalarını sürdürmektedir.