



Tarihi Köprülerde Deprem Hasarları ve Restorasyonu: Adana Misis

Köprüsü Örneği

Earthquake Damages And Restoration Of Historical Bridges: A Case Study Of Adana Misis Bridge

MUSTAFA YEĞİN Orcid: 0000-0002-0025-6589

Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Adana

Geliş (received): 16/04/2025

Kabul (Accepted): 16/06/2025

ÖZ

Misis Köprüsü, Ceyhan Nehri üzerinde, Adana'nın Yüreğir ilçesine bağlı Misis Beldesinde yer almaktadır. Köprü taş köprülerimiz içinde Roma devri eserlerinden olup günümüze kadar özelliklerini kaybetmeden ayakta kalabilmiş önemli örneklerden biridir. Tarihi köprü imparator Konstantin (306-337) tarafından IV. yüzyılda yaptırılmış, imparator Justinianus (527-565) tarafından onartılmıştır. Yakın geçmişe gelinceye kadar tarihte birçok kez onarım ve müdahale görmüştür. Adana Ceyhan'da 27.06.1998 tarihinde meydana gelen depremde sonra kullanılamaz duruma gelen köprünün kısa zamanda restorasyonu gerçekleştirilmiş ve kullanıma açılmıştır. 06.02.2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinden sonra bölgesindeki tarihi yapılarda deprem hasarları oluşmuş birçok taş yapıda yıkılmıştır. Deprem gibi doğal etkiler altında köprüler, kısmen ya da tamamen hasar görmektedir. Restorasyon sonrası yirmi beş yıldır kullanımda olan tarihi köprünün deprem etkisi altındaki son durumunu ve performansını değerlendirmek bu çalışmanın başlıca amacıdır. Yapıda gerçekleştirilen onarım ve güçlendirmeler sonrası yaşamış olduğu son depremlerin yapısal durumuna etkilerinin neler olduğu, yapının kullanımında değişiklik olup olmadığı gibi soruların yanıtlarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada deprem etkilerine maruz kalmış tarihi yığma taş kemer köprüde oluşan hasarlar ve hasarlara karşı gerçekleştirilen onarım yöntemleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taş Köprü, Yapım Tekniği, Yapısal Performans, Deprem Etkisi

Mustafa YEĞİN, myegin@cu.edu.tr

DOI: 10.70054/geosound.1677355

ABSTRACT

Misis Bridge is located on the Ceyhan River, in Misis Town of Adana's Yüreğir district. Among our stone bridges, the bridge is one of the works of the Roman period and is one of the important examples that have survived until today without losing its features. The historical bridge was built by Emperor Constantine (306-337) IV. It was built in the century and was repaired by the emperor Justinian (527-565). Until the recent past, it has been repaired and intervened many times in history. The bridge, which became unusable after the earthquake in Adana Ceyhan on 27.06.1998, was restored in a short time and put into use. After the Kahramanmaraş earthquakes that took place on 06.02.2023, many stone structures that had earthquake damage in the historical buildings in the region were destroyed. Bridges are partially or completely damaged under natural effects such as earthquakes. The main purpose of this study is to evaluate the current state and performance of the historical bridge, which has been in use for twenty-five years after restoration, under the effect of earthquakes. It is very important to determine the answers to questions such as what the effects of the last earthquakes experienced after the repairs and reinforcements in the building were on the structural condition, and whether there was a change in the use of the building. In this study, the damages observed in a historical masonry stone arch bridge affected by earthquakes and the repair methods applied to address these damages have been evaluated.

Keywords: *Stone Bridge, Construction Technique, Structural Performance, Earthquake Effect*

GİRİŞ

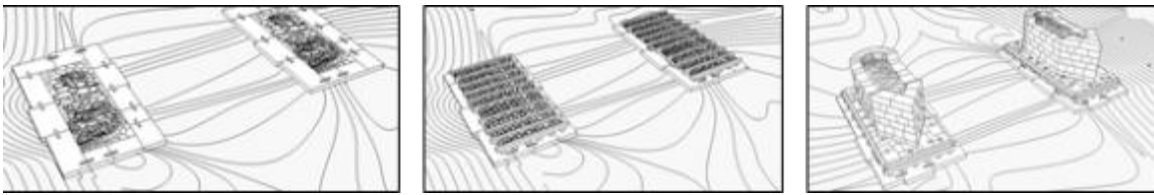
Toplumların ulaşım sistemi üzerinde yer alan köprüler, ticari, iktisadi, askeri, sosyal ve kültürel konulara hizmet eden yararlı yapılar olarak, kültür tarihinde yerlerini almışlardır. Sivil mimari eserlerimiz olan tarihi köprülerimiz, toplumun ekonomik ve ticari gelişmesine katkı sağlayacak olan kervan ve posta yolları üzerinde inşa edilmiştir. Tarih boyunca ulaşım sistemleri sürekli gelişme göstermiş ve bu süreçte köprüler, ulaşım ağının en önemli yapıları arasında yer almıştır. Köprüler, yalnızca iki noktayı kapsayan fiziksel yapıların ötesinde, ekonomik, ticari, askeri, sosyal ve kültürel açılardan da büyük bir tanesine sahiptir. Tarihi köprüler, bulundukları dönemin ekonomik ve ticari dönemine tanıklık eden önemli miras eserleridir. Roma, Doğu Roma, Selçuklu, Osmanlı ve Erken Cumhuriyet tarihinin ulaştığı toplam 1493 tarihi köprü tespit edilmiştir (KGM, 2009). Yurt dışında Osmanlı devletine ait, büyük çoğunluğu Bosna-Hersek'te olmak üzere, 306 köprü inşa edilmiştir. Tarihi köprüler, yalnızca taşımayı sağlayan yapılar ötesinde, aynı zamanda su yapıları olarak da değerlendirilmektedir. İler, köprülerin başlangıçta

doğal olarak oluşan fiziksel engelleri aşmak amacıyla inşa edildiğini belirtmektedir (İlter, 1978). Ancak toplumların ilişkilerine paralel olarak bu yapılar ticari, ekonomik, askeri, sosyal ve kültürel işlevlerin üstlendiği, kentlerin ve medeniyetlerin geliştiği görülmektedir. Yapıldıkları dönemdeki teknik ve mühendislik seviyesini koruyan tarihi köprüler, aynı zamanda estetik ve mimari açıdan da büyük bir başarı örneğidir. Bu yapısal, tarihi köprüler yalnızca fiziksel geçişi sağlayan yapılar olarak değil, aynı zamanda kültürel değişimin korunması ve gelecek nesillere aktarılması açısından da büyük bir öneme sahiptir.

06.02.2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinden sonra bölgedeki tarihi yapılarda deprem hasarları oluşmuştur. Misis köprüsünün deprem etkisi altındaki son durumunu ve performansını değerlendirmek bu çalışmanın başlıca amacıdır. Yapılan çalışmada tarihi taş köprü materyal olarak kullanılmıştır. Taş köprünün tarihsel süreç içinde yapım sistemi, malzeme kullanımları, yapı elemanları, hasar çeşitleri ile güçlendirme çözüm ve önerileri gibi konular detaylandırılarak ele alınmıştır. Köprü literatür ve yerinde incelemelerle ortaya konularak deprem sonrası günümüz durumu ve deprem hasarları tespit edilmiştir.

TAŞ KEMER KÖPRÜLERDE YAPIM TEKNİĞİ VE TEMEL SİSTEMLERİ

Anadolu'da Roma ve Doğu Roma dönemine ait köprülerde büyük taş bloklar kullanılmış ve bu blokları bir arada tutmak için çeşitli kenet sistemleri geliştirilmiştir. Selçuklu ve Osmanlı döneminde ise bağlayıcı malzeme olarak horasan harcı tercih edilmiş, ayrıca temel ve üst yapıda zıvana ile kenetlerden yararlanılmıştır. Bu dönemde inşa edilen çok açıklıklı köprülerin çoğunun temelleri ahşap ızgaralar veya ahşap kazıklar üzerine oturtulmuştur.



Şekil 1. Konjic Köprüsü, Osmanlı Dönemi, 17.yy., Bosna-Hersek (Sert ve diğ. 2009).

Figure 1. Konjic Bridge, Ottoman Period, 17th Century, Bosnia and Herzegovina (Sert et al., 2009).

Çizelge 1. Anadolu'daki Roma ve Bizans Dönemi taş köprülerin karşılaştırmalı incelemesi

Table 1. Comparative Analysis of Roman and Byzantine Stone Bridges in Anatolia

Köprü Adı	Yer	Nehir / Çay	Dönem (Tarih)	Boyutlar (m)	Malzeme
Cendere	Adıyaman	Kahta Çayı	Roma (2. yy.)	133,74 x 8,00	Kesme taş
Yukarı (Koca)	Kütahya	Çavdarhisar Çayı	Roma (MS 157)	42,00 x 4,50	Kesme taş
Aizonai	Kütahya	Çavdarhisar Çayı	Roma (MS 157)	45,66 x 4,20	Kesme taş
Sulusaray	Tokat	Çekerek Irmağı	Roma	75,00 x 4,50	Kesme taş
Misis	Adana	Ceyhan Nehri	Roma (4. yy.)	132,70 x 6,50	Kesme taş
Mıhlı	Çanakkale	Mıhlı Çayı	Roma	17,00 x 2,00	Kesme taş + moloz taş
Kırkgöz	Afyon	Akar Çayı	Roma / Doğu Roma /Osmanlı	402,00 x 4,45 / 5,50	Kesme taş
Sangarios (Justinianus)	Sakarya	Çark Deresi (Melas Çayı)	Erken Bizans (MS 561)	356,50 x 10,00	Kesme taş
İnikli (Taşköprü)	Bursa	Dere kurumuş	Bizans (11–12. yy.)	50,50 x 5,10	Kesme taş + tuğla + moloz taş
Taşköprü	Adana	Seyhan Nehri	Roma (4.yy)	310,00 x 11,40	Kesme taş

Çizelge 1’de, Roma ve Bizans dönemlerine ait Anadolu’daki bazı taş köprülerin temel özelliklerini karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Köprüler; konumları, yapım yılları, bulundukları su yolları, malzemeleri ve ölçüleri bakımından değerlendirilmiştir. Günümüzde ayakta kalan tarihi köprülerin büyük kısmı taş köprülerden oluşmaktadır. Taş, dayanıklı ve uzun ömürlü bir yapı malzemesi olması nedeniyle köprü inşasında yaygın olarak tercih edilmiştir. Taş köprülerin ana bileşenleri; temeller, tempan duvarlar, kemerler ve döşeme sistemlerinden meydana gelir. Bunların yanı sıra, köprülerdeki taşıyıcı unsurların dışında baba taşı, çörten, korniş, korkuluk, hafifletme (boşaltma) gözü, hafifletme odacığı, selyaran, seyir terası ve kitabe gibi mimari özellikler de yer alabilmektedir (Sert ve ark., 2009).

Köprüler, birçok farklı nedene bağlı olarak zaman içinde yapısal bütünlüklerini kaybedebilirler. Bu nedenler arasında malzeme yorgunluğu, çevresel etkenler, insan müdahaleleri ve doğal afetler yer almaktadır. Ancak, tarihi köprüler için en büyük tehditlerden biri sismik hareketlerdir. Depremler, ani ve güçlü yer hareketleri nedeniyle yapılarda ciddi hasarlara yol açabilir ve geri dönüşü olmayan tahribatlara sebep olabilmektedir.

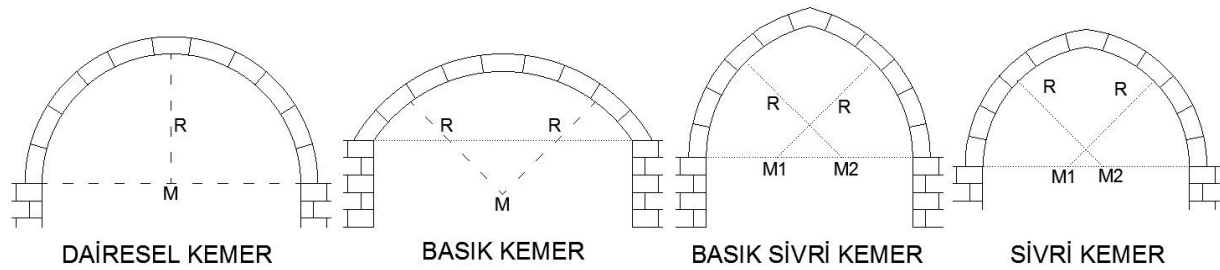
Anadolu coğrafyası, aktif fay hatlarının yoğun olarak bulunduğu bir bölgedir ve tarih boyunca büyük yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. Bu durum, özellikle geleneksel yapı teknikleriyle inşa edilen tarihi eserler açısından büyük bir risk oluşturmaktadır. Depremler sırasında, bir yapının

belirli bölgelerinde aşırı yüklenme meydana gelir ve bu yük taşıma kapasitesinin sınırlarını zorlayarak iç gerilmeleri artırır. Sonuç olarak, taşıyıcı sistemin zayıf noktalarında çatlaklar, deformasyonlar ve hatta çökme gibi ciddi yapısal bozulmalar görülebilmektedir.

Basınç gerilmelerine karşı yüksek dayanıma sahip taş malzeme ile inşa edilen köprüler, düşey yükler altında büyük direnç gösterebilmektedir. Ancak, deprem gibi dinamik etkiler sonucu ortaya çıkan yatay kuvvetler, bu tür yapıların en zayıf noktalarından biridir. Taş köprüler, kemer formu sayesinde kendi ağırlıkları ve taşıdıkları yükleri etkin bir şekilde zemine aktarabilirler. Ancak, yatay yönde gelen sismik kuvvetler, taş yapıların dayanım sınırlarını zorlayarak kemerlerde çatlaklara, bağlantı noktalarında ayrılmalara yol açabilmektedir.

Bu tür tarihi köprülerin deprem riskine karşı korunabilmesi için modern mühendislik teknikleriyle güçlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Özellikle yatay kuvvetlere karşı dayanımı artıran esnek derz sistemleri, çelik gergiler ve karbon fiber destekler gibi yenilikçi yöntemler kullanılarak yapısal bütünlük sağlanabilmektedir.

Kemer Geometrisi; köprünün ayakta kalmasını sağlayan yapı, taşıyıcı öğelerin yapımıyla başlar. Taş köprülerde bu öğe, kemerdir. Kemer geometrisindeki gelişmeler zaman içinde değişmiştir. Roma ve Doğu Roma dönemi köprülerinde genellikle dairesel kemerler kullanılırken; Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde ise daha gelişmiş bir teknik olan sivri veya basık sivri kemerler tercih edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Köprülerde kullanılan kemer çeşitleri (Cevahir, 2019)

Figure 2. Arch types used in bridges (Cevahir, 2019)

Köprü yapısında en önemli taşıyıcı öğe kemerdir ve üzerine binen yükler kemer öğeleri aracılığıyla basınç şeklinde diğer taşıyıcı öğelere aktarılır. Kemerin taşıyıcı görevini tam olarak

yerine getirebilmesi için, kemer taşlarının doğru yerleştirilmesi son derece önemlidir. Kemer taşlarının derz doğrultuları, yayın merkezine doğru birleşmeli ve kilit taşı tam olarak kemer açıklığının merkezinde yer almalıdır. Kemer geometrisinin doğru bir şekilde hesaplanması ve uygulanması, köprünün stabilitesi için kritik bir faktördür.

TAŞ KÖPRÜLERDE MEYDANA GELEN HASARLAR

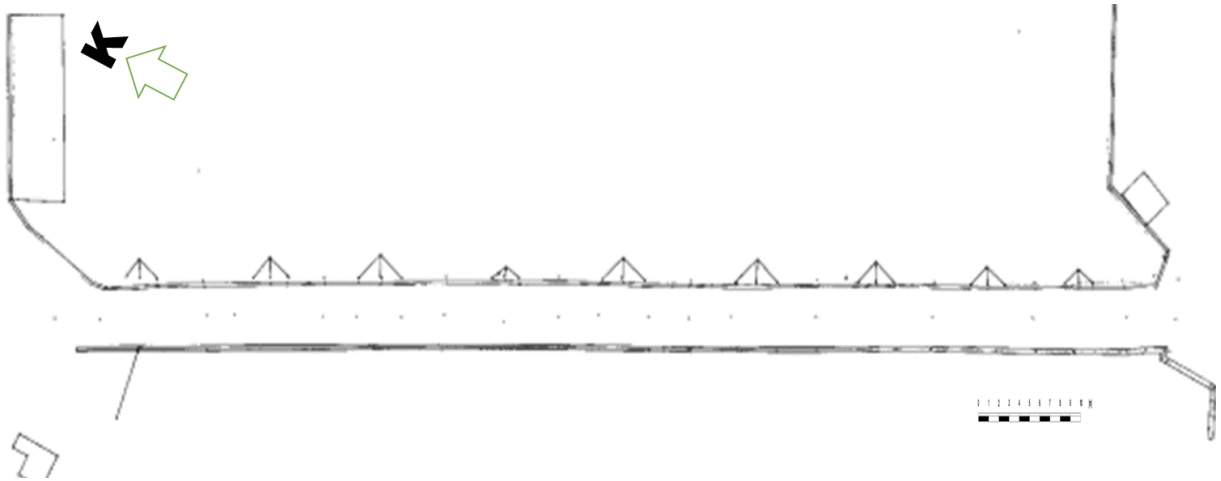
Köprülerin stabilitesini en çok etkileyen faktörlerden biri, temellerin oturduğu zeminin nehir tabanı seviyesindeki değişikliklerdir. Bu değişiklikler sonucu, temeller oyularak açığa çıkabilir ve köprünün yıkılmasına neden olabilir. Ayrıca, zamanla ırmak yatağı dolacak ve su seviyesi yükselecektir. Bu durum, taş malzemenin bozulmasına ve kemerin stabilitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Sıcaklık, don, rüzgâr ve bitki oluşumu gibi diğer faktörler de köprülerin hasar görmesine neden olabilir. Misis Köprüsü'nde görüldüğü gibi ağır tonajlı kamyonlar ve yolcu otobüsleri/ belediye servis otobüsleri de hasarların oluşmasında bir etkindir. Depremler de köprülerde ciddi hasarlara yol açabilmektedir.

27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depremi sonrası kullanılamaz duruma gelen köprünün onarımı için çeşitli teknik araştırmalar yapılmıştır. Restorasyon uygulama projelerinin nitelikli ve uygulanabilir olabilmesi için, öncelikle yapı ve yapıya ait sorunlar analiz edilmiştir. Bu kapsamda yapılan teknik araştırmalar, köprünün sağlıklı bir şekilde restorasyonuna olanak sağlamıştır. Bu teknik araştırmalar arasında köprüden sondaj yoluyla alınan karot numuneleriyle, orijinal malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin tespiti yer almaktadır. Bunun yanı sıra yapı ve üzerinde bulunduğu zeminin tanımlanması için jeolojik-jeoteknik araştırmalar yapılmış, köprü ve yakın çevresindeki dere tabanının topografik haritası çıkarılarak akarsu rejimine etki eden taban profilinin köprü temeliyle ilişkisi belirlenmiştir. Ayrıca, sismik araştırmalar, hidrolojik araştırmalar, iklimsel ve meteorolojik araştırmalar ve doğrusal elastik sonlu elemanlar yöntemi ile yapısal analiz çalışmaları da gerçekleştirilerek köprü restorasyonu için gerekli nitelikli ve uygulanabilir projeler Çukurova Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde proje müellifleri olan Erten, E., Yeğin, M., Köse, A., tarafından hazırlanmıştır.

Bu dönemde inşa edilen köprülerin birçoğunda, sağlam zeminlerde ahşap ızgaralar üzerine inşa edilmiş temeller kullanılırken, taşıma gücü zayıf bataklık zeminlerde ise ahşap kazıklar üzerine temel sistemi uygulanmıştır. Bu temel sistemi, büyük boyutlu bir 'elastomer mesnet' ile desteklenerek, zemin ile yapının tabanı arasına esnek enerji sönümleyici elemanlar yerleştirilmiştir. Bu sayede, zeminden yapıya aktarılan deprem kuvvetleri azaltılmıştır.

TARİHİ MİSİS KÖPRÜSÜ VE DEPREM HASARLARI

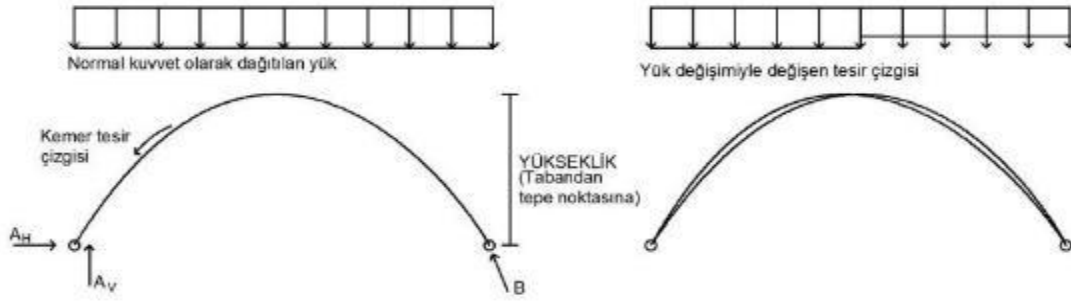
Misis Adana ilinde, Adana-Ceyhan yolu üzerindedir. Bir bucak merkezi olan Misis, Ceyhan (Pyramus) Nehri'nin kuzey kıyısında 'Eski Misis' ve 'Yeni Misis' olmak üzere iki mahalleden meydana gelmiştir. Misis köprüsü, nehrin kuzeyindeki Yakapınar ve güneyindeki Geçitli beldelerini birbirine bağlayarak işlevini bu güne kadar sürdürmüştür. Evliya Çelebi Seyahatname 'sinde köprünün başında küçük bir han olduğunu yazmaktadır. Misis Köprüsü, Adana ilinde bulunan ve Roma Dönemi'nde inşa edilmiş bir köprüdür. Ceyhan Nehri üzerinde bulunan köprü, 135,5 metre uzunluğunda ve dokuz gözlüdür. Köprünün temel sistemi, büyük taş bloklarının birbirine demir kenetlerle bağlanmasıyla oluşturulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Misis Köprüsü Planı

Figure 3. Misis Bridge Plan

Misis Köprüsü muntazam kesme taşlarla yapılmıştır. Roma devri eseri olan köprü orta kısma doğru yükselmektedir. Ayakların önündeki selyaranlar memba tarafta sivri, mansap tarafta ise köşeli takviye çıkıntısı şeklindedir. İki tam tonoz olmak üzere diğerleri sivri dokuz adet kemerden meydana gelmektedir. 27 Haziran 1998 Adana Depreminden sonra köprü'nün 7. ve 8. kemerlerinde önemli derecede hasarların meydana geldiği görülmüştür (Şekil 5, 6).



Şekil 4. Kemerler tarafından dağıtılan yükler (Meistermann 2007)

Figure 4. The loads distributed by the belts (Meistermann 2007)

Kemerler, çelik halatlı sistemlere benzer şekilde, mesnet noktalarına hem yatay hem de düşey kuvvetler iletirler (Şekil 4). Kemer yüksekliği ile yatay kuvvetler arasında ters orantılı bir ilişki vardır; kemer yüksekliği azaldıkça, yatay itki kuvvetleri artmaktadır. Yığma kemerlerde genellikle ölü yükler büyük olur. Ölü yüke kıyasla hareketli yüklerin etkisi daha küçüktür; bu nedenle, tesir çizgisi değişse de bu etki minimal olup, kemerin stabilitesini önemli ölçüde etkilememektedir (Meistermann, 2007).



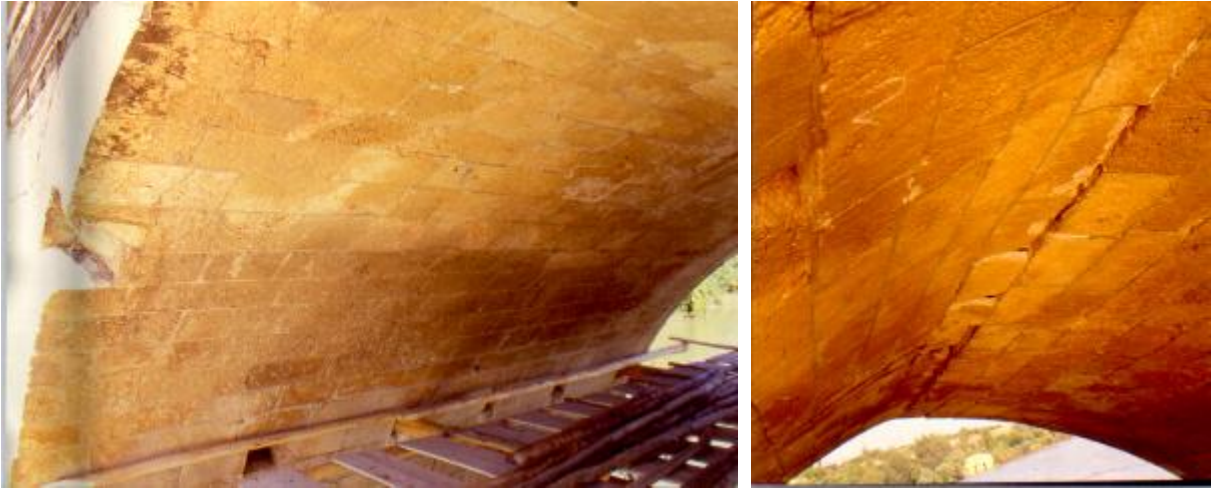
Şekil 5. 8. Açıklık ve Kemerde Hasar (Yeğin, 1998)

Figure 5. 8. Damage to the Opening and Arch (Yeğin, 1998)



Şekil 6. 7.Açıklık ve Kemerde Hasar (Yeğin, 1998)

Figure 6. 7. Damage to the Opening and Arch (Yeğin, 1998)



Şekil 7. 1., 2. Kemerlerde Çatlamalar (Yeğin, 1998)

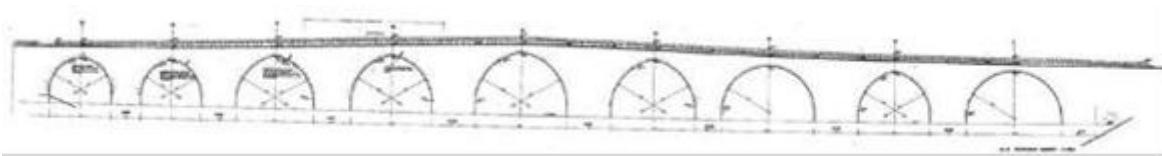
Figure 7. 1., 2. Cracking in Arches (Yeğin, 1998)

Misis Köprüsü, Seyhan nehri üzerinde olan Taşköprü ile aynı yılda inşa edilmiştir. Köprünün kitabesi yoktur. 7.70 mt eninde olan köprünün en büyük kemer açıklığı 11.20 metredir. Sel yaranlar ve kemerler üzerinde kabartma halinde rölyefler (rozetler) vardır. Köprünün inşasında ve sonraki onarımlarda killi kireç taşı kullanıldığı tespit edilmiştir. Zaman içinde köprüye bazı

müdahalelerde bulunduğu anlaşılmaktadır (Yeğın, Misis Köprüsü Restorasyon Projesi Raporu, 1998).

27 Haziran 1998 Adana Depreminden sonra köprüde gözlenen hasarlar şu şekilde sıralanabilir:

- Köprünün 8. ayağında bir çökme gözlenmiştir. Çökmenin ne zaman gerçekleştiğı belirlenememiştir. Hem deprem etkisiyle, hem de köprüde meydana gelen oturma sebebiyle bu ayakla bağlantısı olan kemerlerde çatlamalar olmuştur.
- Depremden sonra 6., 7., ve 8. kemerlerde çatlamalar oluşmuş; 7. ve 8. kemerlerin doğu cephelerinde kemer kenarlarından içeriye doğru devam eden taş dökülmeleri meydana gelmiştir (Şekil 7).
- Köprü ayaklarında meydana gelen oturmalar, üst yapı elemanlarında çeşitli hasarlara yol açarak yapısal bütünlüğü olumsuz etkilemektedir. Ayaklarda oluşan oturmalar, üst yapıda malzeme ezilmesi, duvar düzlemi doğrultusunda kesme çatlakları, rijit gövde şekline dönüşüm ve hatta yıkıma neden olabilecek denge bozulmalarına sebebiyet vermektedir. Bu tür oturmalar özellikle tarihi ve taş köprülerde daha belirgin olup, zamanla yapının taşıyıcı sisteminde ciddi deformasyonlara yol açabilmektedir.
- Deprem kuvvetleri, köprüde aksel kuvvetler, kesme kuvvetleri, eğilme ve burulma momentleri oluşturarak ciddi yapısal hasarlara sebep olabilmektedir.
- Deprem sırasında meydana gelen yatay ve düşey hareketler, yapı elemanlarında gerilme birikimlerine yol açarak çatlak, kesme, kayma ve kırılmalara neden olmuştur. Ayrıca, deprem yüklerinin düzensiz dağılması sonucu yapıdaki rijitlik düzensizlikleri ortaya çıkmış ve taşıyıcı sistemin kapasitesini aşan deformasyonlara sebep olmuştur (Çizelge 2).



Şekil 8. Köprü Boy Kesiti (Yeğın, 1998)

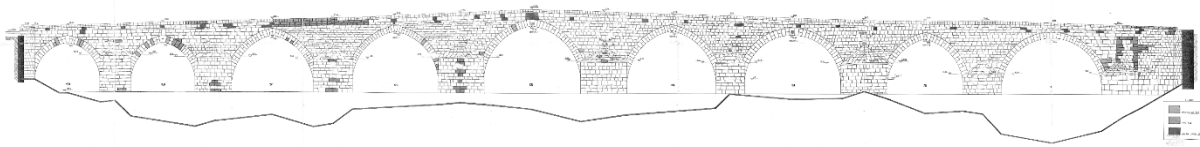
Figure 8. Bridge Length Section (Yeğın, 1998)

Çizelge 2. 1998 Depreminde Misis Köprüsünde oluşan hasarlar ve yapılan müdahaleler

Table 2. Damages and Interventions on the Misis Bridge During the 1998 Earthquake

KÖPRÜ /KEMER	1.KEMER 1.AYAK	2.KEMER 2. AYAK	3.KEMER 3. AYAK	4.KEMER 4.AYAK	5.KEMER 5.AYAK	6.KEMER 6.AYAK	7.KEMER 7. AYAK	8.KEMER 8. AYAK	9.KEMER
HASARLAR	Düz çatlaklar Kemer taşlarında bozulmalar	Çatlamalar Kilit Taşlarında Deplasman Kemer taşlarında bozulmalar	Çapraz Çatlaklar Kemer taşlarında bozulmalar	Düz çatlaklar Kemer taşlarında bozulmalar	Çatlama, ayrılma	Çatlama, ayrılma	Çatlama, Kemerde Taş dökülmesi,	Çatlama, Kemerde Taş dökülmesi,	Çatlama, Ayrılma
ONARIM ve GÜÇLENDİRME (müdahaleler)	Hasar görmüş Tonoz ve duvarların yeniden yapımı	Hasar görmüş Tonoz ve duvarların yeniden yapımı	Hasar görmüş Tonoz ve duvarların yeniden yapımı	Tonoz ve duvarların yeniden yapımı	Tonoz ve duvarların Yeniden yapımı	Tonoz ve duvarların Yeniden yapımı	Tonoz ve duvarların Yeniden yapımı	Tonoz ve duvarların Yeniden yapımı	Tonoz ve duvarların Yeniden yapımı

Köprünün planda tümüyle düzgün bir hatta sahip olmaması ve harpuştalarda düşeyde ve yatayda deformasyonlar bulunması, ölçümlerin çok hassas alınması zorunluluğunu getirmiştir. Rölövelerin hazırlanmasında ölçümlerin olabildiğince hassas olabilmesi için düşey ve yatay ölçümlerin tümü total station ile alınmıştır. Restorasyon projelerinin hazırlık sürecinde köprü yaya ve taşıt trafiğine kapatılmıştır. Adana Kültür Varlıkları Koruma Kurulu'nun 24.07.1998 gün ve 3137 sayılı kararı ile uygun görülen ve onaylanan projeler doğrultusunda onarım uygulamaları Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından tamamlanarak köprü 2001 yılında kullanıma açılmıştır. Restorasyon sürecinde tonozların üzeri açıldıktan sonra sağlam taşlar aynı yerlerinde kullanılarak ve hasar gören taşların yerine aynı malzemeden aynı ölçü ve biçimde yeniden yapılanları yerleştirilerek, tonozlar yerinde örülmüştür. Kenar duvarlarındaki taşların onarımında olabildiğince orijinal taşların kullanımı sağlanmıştır (Şekil 8, 9, 10).



Şekil 9. Köprü Görünüş (Yeğin, 1998)

Figure 9. Bridge View (Yeğin, 1998)



Şekil 10. Köprü Kemerlerinin Restorasyonu (Yeğin, 1998)

Figure 10. Restoration of Bridge Arches (Yeğin, 1998)



Şekil 11. Misis Köprüsü görünüş mansap (Yeğin 2005)

Figure 11. Misis Bridge view mansap (Yeğin, 2005)

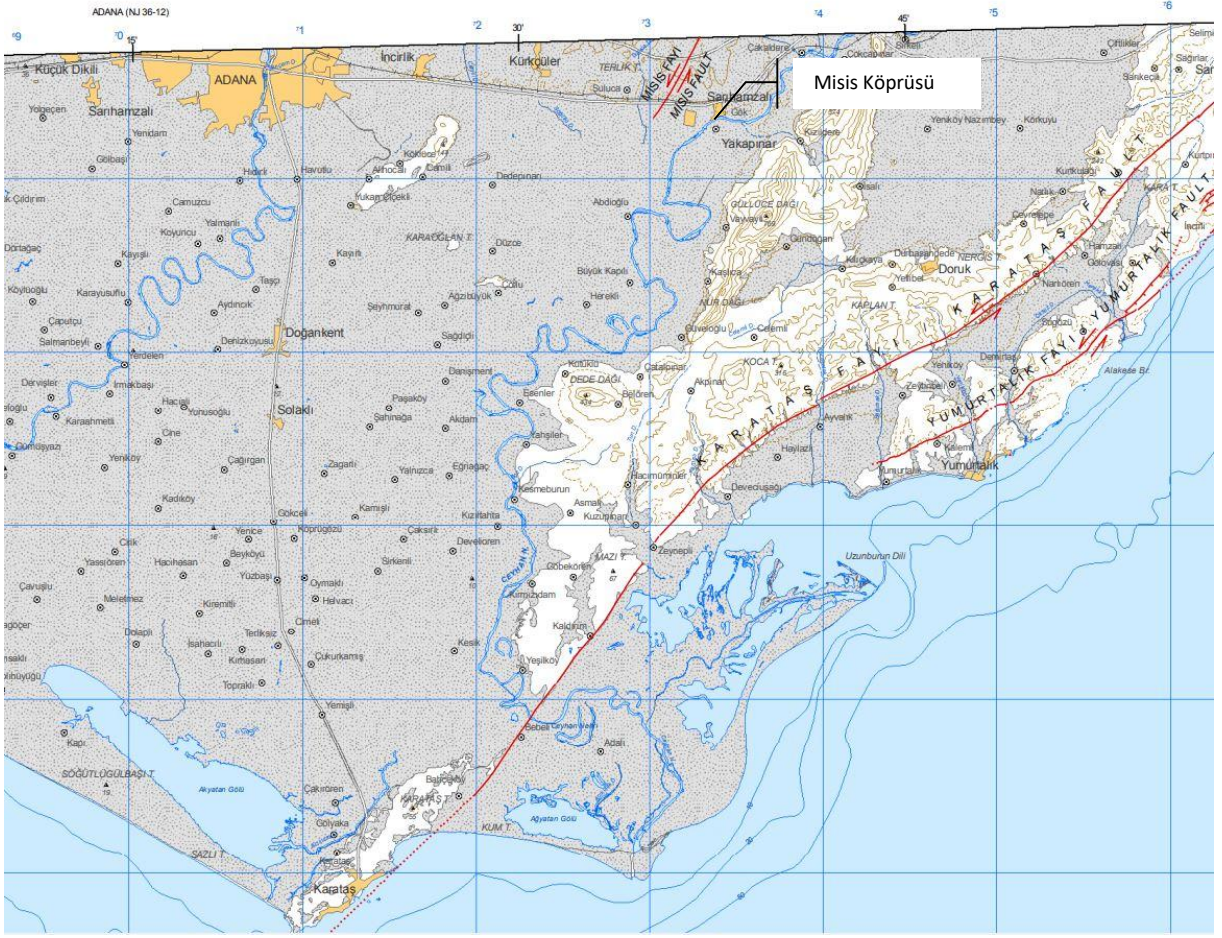


Şekil 12. Misis Köprüsü Görünüş Memba (Yeğın 2005)

Figure 12. Misis Bridge View Memba (Yeğın, 2005)

06.02.2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinden sonra Şekil 14’da görülebileceği gibi ayak üzerindeki tonoz taşlarında açılmalar oluşmuştur (Şekil 14). Açıklıklarda tonozların ayaklarla birleşim derzlerinde selyaran seviyesinde yatay açılmalar oluşmuştur. 7. ve 8. gözlerde kemerlerde düşeyde açılmalar gözlenmiştir. Misis ve Yumurtalık fay hattına yakın olan köprünün, 1998, 2000, 2005 ve 2010 yıllarında yerinde yapılan gözlem ve fotoğraflamalar ile tespitleri yapılmıştır. Yapılan müdahalelerin sonuçları ve üzerindeki taşıt trafiğine ve çok yoğun araç yüküne karşı kemerler ve ayaklar periyodik olarak kontrol edilmiştir. Restorasyon teknikleri ile ilgili yapılan bu gözlem ve teknikler deprem sonrası değişimleri karşılaştırabileceğimiz bilgileri elde etmemize olanak tanımıştır.

06.02.2023 depremi sonrasında, köprüde meydana gelen yapısal hasarlar ve sismik kuvvetlerin etkisi altında; korkuluklar, tonozlar, ayaklar ile mansap ve memba cephelerindeki duvarların mevcut durumları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu incelemeler, deprem öncesine ait fotoğraf ve görsel verilerle karşılaştırılarak meydana gelen yapısal değişiklikler kapsamlı bir biçimde ortaya konulmuştur (Şekil 11,12, 14).



Şekil 13. Misis Fayı ve Misis Köprüsü (MTA harita arşivinden)

Figure 13. Misis Fault and Misis Bridge (from MTA map archive)

Yakapınar'da yer alan Misis Köprüsü'nün kuzeyinde Misis Fayı, güneyinde ise Karataş ve Yumurtalık fayları bulunmaktadır (Şekil 13). Bu fay sistemlerinin mekânsal dağılımı, bölgenin tektonik yapısı ve sismik aktivitesinin anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Yapısal durumun değerlendirilmesi ve hasarların tespiti için, yapısal analizler ve alan çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapısal analizler, köprünün statik ve dinamik davranışlarının incelenmesi için kullanılmıştır. Alan çalışmaları kapsamında, köprünün görsel incelemesi yapılmış, yapı elemanlarının durumu belirlenmiş ve hasarlı bölgeler tespit edilmiştir. Ayrıca, köprünün temel, ayak, kemer ve üstyapı elemanlarındaki yapısal durumları incelenmiştir.



Şekil 14. Misis Köprüsü 1. Göz ve Ayak 2005 (yazar arşivi)

Figure 14. Misis Bridge: 1st Arch and Pier (2005) (Author's Archive)

06.02.2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında, Şekil 15'te de görülebileceği üzere, mansap yönünde konumlanan ayak üzerinde yer alan tonoz taşlarında belirgin açıklıklar ve ayrılmalar gözlemlenmiştir. Bu açılmalar, tonoz sisteminde meydana gelen yatay itkilere bağlı olarak taşlar arasındaki derzlerde oluşan kaymaların ve bağlayıcı malzemenin zayıflamasının bir sonucu olarak değerlendirilmektedir.

Ayrıca, söz konusu açıklıklar, kemer sisteminin rijitliğinde azalma meydana geldiğini ve taşıyıcı sistemde yerel stabilite kayıplarının yaşandığını işaret etmektedir. Bu durum, yapının deprem etkileri altındaki dinamik davranışına yönelik detaylı bir yapısal analiz yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 15. Misis Köprüsü 1. Göz ve Ayak 2023 (yazar arşivi)

Figure 15. Misis Bridge: 1st Arch and Pier (2023) (Author's Archive)

Hasar gören korkuluk ve tempan (kılıf duvarı) taşlarında, mansap ve memba yönlerinde, kemer kilit taşları hizasında belirgin açılmalar kaydedilmiştir.



Şekil 16. Korkuluk Duvarlarında ve Yol Kaplamasında Açılmalar 2023 (yazar arşivi)

Figure 16. Cracks in the parapet walls and road pavement. (2023) (Author's Archive)



Şekil 17. Korkuluk Duvarlarında ve Yol Kaplamasında Açılmalar 2023 (yazar arşivi)

Figure 17. Cracks in the parapet walls and road pavement. (2023) (Author's Archive)

Açıklıkların üst noktalarında tonoz sırtlarında yol üzerinden korkuluklara doğru devam eden ve korkuluk duvarların da görülen açılmalar mevcuttur (Şekil 16,17).



Şekil 18. Batı Cephesi 6.,7.,8. Gözlerin Kemerlerinde Açılma ve Çatlaklar (2023)

Figure 18. Cracks and openings in the arches of the 6th, 7th, and 8th spans on the western facade (2023)

Tarihi köprünün nominal taşıma kapasitesi 10 ton olarak belirlenmiş olmasına rağmen, toplu taşıma araçları kullanımı sırasında gözlemlenen ağırlık yaklaşık 25 tona ulaşmakta olup, belirlenen kapasitenin önemli ölçüde üzerinde seyretmektedir. Bu durum, köprünün yapısal bütünlüğü, dayanıklılığı ve güvenliği açısından kritik bir risk oluşturmaktadır (Şekil 16, 17, 18).



Şekil 19. 5. Göz Korkuluk Duvarında Açılma ve Çatlaklar (2023)

Figure 19. Cracks and separation in the parapet wall of the 5th span (2023)

Deprem sonrasında, 5. göz konumundaki korkuluk ve tempan (kılıf duvarı) taşlarında belirgin açılmalar gözlemlenmiştir (Şekil 19). Köprü genelinde, deprem etkisi altında kemer sisteminin basınç gerilmelerini büyük ölçüde karşıladığı gözlemlenmiştir. Ancak, kemer elemanlarında dinamik etkiler sonucu oluşan kesme kuvvetlerine bağlı olarak çeşitli çatlakların meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca, duvar elemanlarında gerilme dağılımının homojen bir karakter sergilemediği; bu dağılımın, farklı duvar yüzeylerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Yerinde yapılan incelemelerde köprünün onarımlar geçirdiği bununla birlikte köprünün yoğun olarak kullanıldığı üzerinden ağır vasıtalar geçtiği görülmüştür. Köprünün doğu (memba) cephesinde kemer ayaklarında özellikle 5.,6.,7. ayaklarda derzlerde açılmalar oluşmuştur. Depremle birlikte aşırı yüklü araç geçişleri bu problemleri giderek arttırmaktadır. Tarihi köprülerin taşıyıcı sistemleri genellikle basınç kuvvetleri ile çalışır. Ancak, su akışı, deprem gibi yatay yükler hem basınç hem de çekme gerilmeleri oluşturabilir. Bu nedenle, restorasyon çalışmalarında, orijinal yapıya ait esnek temel bağlantı sistemi korunarak, temelin rijit hale getirilmesine neden olacak uygulamalardan kaçınılmalıdır. Restorasyon sırasında, köprüde kullanılan taş malzemenin niteliklerine uygun taşlar ve orijinal harç karışım oranlarına uygun harçlar kullanılmalıdır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Misis Köprüsü, Roma dönemine tarihlenen ve özgün mimari özelliklerini büyük ölçüde koruyarak günümüze ulaşabilmiş nadir taş köprü örneklerinden biri olarak kültürel ve mühendislik mirasımız açısından önemli bir yapı niteliği taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, köprünün mimari karakteristikleri ile inşa tekniği detaylı bir biçimde incelenmiş; 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında gerçekleştirilen yerinde gözlemler doğrultusunda tespit edilen yapısal hasarlar sistematik biçimde belgelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Tarihsel süreçte birçok depreme maruz kalan bu yapının taşıyıcı sistemini sürdürülebilir kılmak ve özgün karakterini koruyarak gelecek kuşaklara aktarılmasını sağlamak amacıyla, bütüncül bir koruma ve güçlendirme yaklaşımının benimsenmesi gereklidir. Bu doğrultuda yürütülecek müdahalelerde, yapının tarihi kimliği ile mimari özgünlüğünün korunması, temel ilke olarak ele alınmalıdır. Yerinde yapılan incelemeler, köprünün farklı dönemlerde çeşitli onarımlardan geçtiğini ortaya koymakta; ancak günümüzde ağır taşıt trafiğine açık olması nedeniyle, taşıma kapasitesinin üzerinde yüklemelere maruz kaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, yapısal bütünlük açısından ciddi bir tehdit oluşturmakta ve acil önlem alınmasını gerekli kılmaktadır.

Köprünün yapısal performansının artırılmasına yönelik müdahaleler, kapsamlı bir restorasyon projesi kapsamında ele alınmalı; düzenli bakım ve izleme sistemleri oluşturulmalı, ihtiyaç hâlinde ilave güçlendirme uygulamaları gündeme alınmalıdır. Deprem sonrası oluşan hasarlar kapsamında, özellikle korkuluk ve tempan (kılıf duvarı) taşlarında, kemer açıklıkları içerisinde ve ayak hizalarında meydana gelen açılma ve yer değiştirmeler, restorasyon sonrası yapılan müdahalelere rağmen taşıyıcı sistemin sürekliliğinde sorunlar bulunduğu işaret etmektedir. Bu durum, yapının hem taşıyıcılık hem de koruma bağlamında çok yönlü değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Deprem etkilerine karşı yapının dayanıklılığının artırılması amacıyla, modern mühendislik yaklaşımları çerçevesinde detaylı yapısal analizlerin gerçekleştirilmesi ve elde edilen bulgulara uygun güçlendirme yöntemlerinin uygulanması büyük önem arz etmektedir. Söz konusu

müdahaleler, yalnızca yapının uzun ömürlü olmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda can ve mal güvenliği açısından da kritik rol oynamaktadır.

Misis Köprüsü'nün, artan taşıt yükleri ve sismik etkiler nedeniyle günümüzde önemli ölçüde yapısal stres altında olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, özgün yapısal sisteminin bozulmadan korunabilmesi için bilimsel verilere dayanan koruma, denetim ve müdahale stratejilerinin ivedilikle uygulanması gerekmektedir. Köprülerin temel işlevi olan ulaşım fonksiyonunun güvenli bir biçimde sürdürülebilmesi için yapısal stabilitenin sağlanması, her türlü restorasyon ve müdahale sürecinde öncelikli hedef olmalıdır.

Bu kapsamda, özellikle taş köprülerde, yapım tekniklerinin özgün biçimiyle analiz edilmesi; kemer geometrisinin doğru şekilde modellenmesi ve tempan duvarlarının tarihsel özgünlüğe uygun olarak yeniden ihyası, yapı bütünlüğünün korunması açısından hayati bir rol üstlenmektedir.

Tarihi taş köprüler yalnızca mimari miras olarak değil, aynı zamanda dönemin mühendislik birikimini ve estetik anlayışını yansıtan çok katmanlı yapılar olarak değerlendirilmelidir. Bu yapıların korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, yalnızca günümüz kuşaklarının değil, aynı zamanda gelecek nesillerin de hakkı ve sorumluluğudur. Dolayısıyla, bakım, onarım ve restorasyon süreçlerinin bilimsel, çok disiplinli ve bütüncül yaklaşımlar çerçevesinde yürütülmesi; hem kültürel mirasın korunması hem de yapısal güvenliğin temini açısından vazgeçilmez bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

06.02.2023 tarihli Kahramanmaraş merkezli depremler sonrası yapılan yerinde gözlemler, yapıdaki hasar düzeyinin, hem geçmiş depremlerin birikimli etkilerini hem de mevcut kullanım koşullarının (ağır taşıt trafiği, yetersiz bakım, uygun olmayan restorasyon müdahaleleri gibi) yapının dayanımını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Köprüde meydana gelen çatlaklar, taş ayrışmaları, korkuluk ve tempan duvarlarındaki açılmalar; taşıyıcı sistemin, özellikle kemer-tonoz ilişkilerinin sismik etkiler altında zayıf kaldığını göstermektedir. Statik olarak oldukça rijit bir yapıya sahip olan Misis Köprüsü'nün, dinamik etkiler karşısında sergilediği performans, yapısal süreklilik ve malzeme homojenliği açısından değerlendirilmiş ve belirli zayıf bölgeler tespit edilmiştir.

Diğer tarihi taş köprülerle karşılaştırıldığında örneğin Malabadi, Uzunköprü veya Mostar Köprüsü gibi Misis Köprüsü, plan organizasyonu ve kemer geometrisi açısından oldukça klasik bir Roma yapısı örneği sergilemekte, fakat sismik direnç bakımından daha fazla hasar gösterebilen bir karaktere sahiptir. Özellikle temellerin bulunduğu zemin koşulları ve taşıma kapasitesini aşan güncel kullanım şekli, Misis Köprüsü'nü benzerlerinden farklı olarak daha kırılgan bir yapı haline getirmiştir. Bununla birlikte, köprünün günümüze kadar büyük ölçüde özgün mimari niteliklerini koruyarak ulaşabilmiş olması, onun korunmaya değerliğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, Misis Köprüsü'nün yapısal bütünlüğünü ve tarihi kimliğini koruyarak gelecek kuşaklara aktarılması temel amaç olmalıdır. Bu doğrultuda; düzenli izleme, bilimsel temelli yapısal analizler, özgün malzeme ve tekniklerle uyumlu restorasyon uygulamaları ve modern mühendislik yaklaşımlarıyla geliştirilecek güçlendirme çözümleri, bütüncül bir koruma stratejisinin parçası olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, köprünün taşıma kapasitesi sınırında kullanılması, ağır vasıta trafiğinden arındırılması ve kontrollü kullanım esaslarının uygulanması, yapının uzun ömürlü korunumu açısından kritik öneme sahiptir.

Misis Köprüsü gibi yapılar, yalnızca geçmişin mimarlık ve mühendislik bilgi birikimini yansıtan örnekler değil; aynı zamanda kültürel sürekliliği simgeleyen canlı miraslardır. Bu mirasın korunması, yalnızca teknik bir görev değil; toplumsal, tarihsel ve kültürel bir sorumluluktur.

KATKI BELİRTME

Makalenin gelişmesine katkı sağlayan hakemlere teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Bozkurt, O., (1952). Koca Sinan'ın köprüleri; İstanbul, Türkiye

Cevahir, Ç., (2019). 'Tarihi Taş Köprülerin Yapım Teknikleri ve Malzeme Kullanımı Açısından İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı, Bursa.

- Çulpan C., (1975). Türk Taş Köprüleri, Türk Tarih Kurumu Yayınları, Ankara, Türkiye
- Ener, E., Sert, H., (2010). “Taş Köprü Restorasyonlarına Yönelik Teknik Araştırmalar ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi”, Karayolları Bülteni, Sayı:570, KGM, Ankara, Türkiye
- Ener, K., (1964). ‘Tarih Boyunca Adana Ovasına Bir Bakış’ altıncı baskı.
- Goykoviç M., (1989). Eski Taş Köprüler, Belgrad, Yugoslavya
- İlter, F. (1978). ‘Osmanlılara Kadar Anadolu Türk Köprüleri’, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayını, No:244, Ankara.
- KGM, (2009). Tarihi Köprüler Kitabı, Yayın No:268, Ankara, Türkiye
- KGM, (2009).Köprüler Dairesi Başkanlığı Tarihi Köprüler Şubesi Müdürlüğü Envanteri, Ankara, Türkiye
- Meistermann, A., (2007). Adım Adım Taşıyıcı Sistemler. Çev. Tuğçe Selin Tağmat. Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları: 192. İstanbul, Türkiye, 85 s.
- Misis Köprüsü Restorasyon Projeleri, (1998). Ç.Ü. Mimarlık Bölümü Proje Arşivi.
- Sert, H., Partal, E.M., Demirci, H., Akbulut, T., Avşın, A., Üste, C., Yılmaz, S., Nas, M., Kasap, F., Turan, G.S., Korkmaz, İ.H. (2009). TARİHİ KÖPRÜLER Teknik Şartname, Mevzuat, Envanter, Proje, Bakım ve Onarımı. KGM Yayınları: 268, Ankara, 410 s.
- Tunç, G., (1978). ‘Taş Köprülerimiz’, T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, Yayın no; 237, s. 142.