

Tarihi Çobançeşme Köprüsü'nün Yapısal Analizi

Ahmet Yavuz ŞAHİN^{1*}

¹İnşaat Teknolojisi / Gelişim Meslek Yüksekokulu, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Türkiye

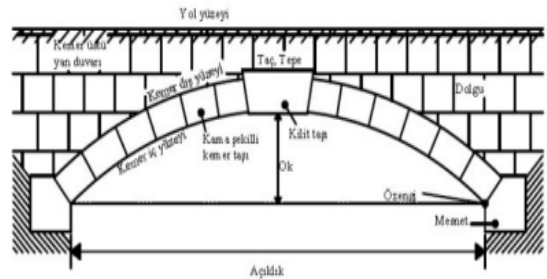
^{*}(a.yavuzsahin@gmail.com) Başlıca yazarın mail adresi

Özet – Bu çalışmada beklenen İstanbul Depremi için binalarda kentsel dönüşüm ve güçlendirme çalışmaları yapılırken İstanbul açısından kültürel miras olarak görülen Ayamama Deresi üzerinde bulunan ve İlk Roma Dönemi eserlerinden olduğu tahmin edilen Çobançeşme Köprüsü'nün yapısal davranışı incelenmiştir. Ayamama Deresi'nin yatağı değiştirildiğinden Çobançeşme Köprüsü günümüzde aktif olarak kullanılmamaktadır. Çobançeşme Köprüsü kesme taş işleme ile gerçekleştirilen kemer formu köprü olma özelliği ile öne çıkmaktadır. Altı adet kemer gözü bulunan köprünün uzunluğu 38,9m, genişliği 4,2m ve kemer açıklıkları değişkenlik göstermekle birlikte en geniş 3,6m'dir. Çalışma kapsamında sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak Sap2000 programında statik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda İstanbul için önemli tarihi kültürel miras olarak görülen Çobançeşme Köprüsü'nün korunması için ilgili kurumlara ve akademisyenlere önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler – Kemer Köprü, Sap2000, Sonlu Elemanlar, İstanbul Depremi, Yapısal Analiz

I. GİRİŞ

Tarih boyunca insanlar nehirler vadiler gibi belirli açıklıkları geçmek ve bölgede ulaşımı sağlayabilmek adına bir çok yapı tekniği ile köprüler inşa etmiştir. İlk zamanlar ahşap malzeme kullanılarak tasarlanan köprüler, zaman içerisinde ahşabın çevresel koşullara dayanıksızlığı nedeni ile ahşaba göre daha dayanıklı ve kalıcı olan taşlar ile köprüler inşa etmiştir[1]. Taşların farklı boyutlarda olması köprünün dinamik yükler altında taşıma kapasitesinin azalması neticesinde insanlar, taşları kesme yoluna giderek köprüleri kesme taş formunda tasarlamaya başlamıştır [1,2]. Ancak taşlarda gevrek malzeme olduğundan basınç dayanımı yüksek fakat çekme dayanımları düşük olduğundan belirli bir düzen doğrultusunda uygulanması gerekmektedir. Bu bağlamda insalığın geliştirmiş olduğu ilk yapı tekniğinden olan kemer formu geliştirilmiştir [1]. Kemerler gerek köprülerde, gerekse dini mekanlarda (cami, kilise vb.) kullanılmış ve tarih boyunca bu sistem ve malzemenin doğru kullanılması sonucu bir çok yapı kültür mirası olarak günümüze kadar ulaşmıştır [1,2].



Şekil 1. Yığma Kemer Köprü Bölümleri

Büyük Anadolu Depremleri sonrası son günlerde yazılı ve görsel medyada sıkça gündeme gelen beklenen Marmara Depremi hiç kuşkusuz yapı stokları kapsamında yaşlı bir şehir olan İstanbul'u derinden etkileyecektir [3]. Aynı zamanda İstanbul bir çok medeniyete başkentlik yapması nedeniyle oldukça fazla kültür mirasını barındırmaktadır. Bu nedenle beklenen Marmara Depremi öncesi gerekli fizibilite çalışmaları ile ilgili kurum ve kuruluşların bölgenin tarihi kültür miraslarını korumak açısından Çobançeşme Köprüsü'ne yönelik restorasyon çalışmaları yapılarak kamuya açık hale getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da yapı yılı ve dönemi tam olarak bilinmeyen ancak İlk Roma

Dönemi eserlerinden olduğu düşünölen İstanbul Bahçelievler ilçe sınırları içerisinde Ayamama Dere yatağında bulunan Çobançeşme Köprüsü'nün yapısal analizi gerçekleştirilmiştir. Günümüzde köprü Ayamama Deresi'nin dere yatağının değiştirilmesi nedeniyle aktif olarak kullanılmamaktadır.

Çalışma kapsamında yapılacak olan Çobançeşme Köprüsü'nün statik ve dinamik analizleri için köprünün olduğu bölgeye gidilerek yerinde ölçü alım işlemi gerçekleştirilmiştir. Köprünün toplamda Altı adet kemer gözü bulunmakla birlikte toplam uzunluğu 38,9m, genişliği 4,2m ve kemer açıklıkları değişiklik göstermekle birlikte en genişi 3,6m olarak ölçülmüştür.

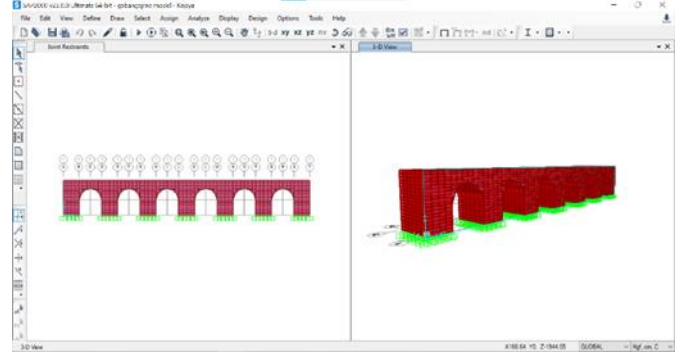


Şekil 2. Çobançeşme Köprüsü

Köprü elemanlarının bir kısmının toprak altında atıl durumda kalmasından dolayı net yükseklik ölçümleri gerçekleştirilememiştir. Yine köprünün bulunduğu konum itibariyle elverişsiz ortam koşulları nedeniyle köprünün eğim oranı hesaplanamamıştır. Tarihi köprü olma özelliğinden dolayı köprüden numune kesme taş alınıp incelenememiş bu durumun oluşturmuş olduğu eksik verileri ise (elastilite modülü, poisson oranı, basınç ve çekme dayanımları vb.) literatürden [4,5] destek alınarak ve köprüde kullanılan taşın varsayımsal metod ile özellikleri belirlenmiştir. Köprü Sap2000 paket programında modellenmiştir. Modelleme sırasında toprak altında ve atıl kalan bölgelerin genişlikleri veriler doğrultusunda 3,6 m yığma duvarlar 2,47m, yanal aks 1,80m ve köprü parapet 1,20m olarak alınmıştır. Bu veriler doğrultusunda modellenen yapı Şekil 3.'te gösterilmiştir.

Sonlu elemanlar modellenmesi iki boyutlu ve düzlem deformasyon türünden kabul edilip önce köprü geometri özellikleri ile AutoCad programında dizayn edilip daha sonra, köprü shell elemanlarına ayrılıp SAP2000 programına aktarıldıktan sonra kabuk elemanlar solid forma çevrilmiştir. Burada zemin, kemer, dolgu harcı malzemelerinin farklı özellikleri bulunduğu ve yapının tarihi

dokusundan dolayı literatürde bulunan taş kemer köprülerde kullanılan kesme taş ve harçların elastilite modülü, poisson oranı değerleri referans alınmıştır.



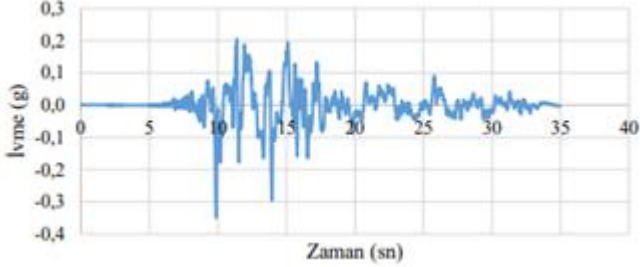
Şekil 3. Modellenen Köprü

Modellenen yapının deprem sırasındaki davranışının görülebilmesi adına Time History analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarının daha gerçekçi olabilmesi için deprem kayıtlarının doğru seçilmesi ve spektrum ölçeklendirmesinin yapılması gerekmektedir. Bu analiz metodunda ölçümün alındığı istasyon, istasyonun depreme uzaklığı, zeminin tipi ve yapısı gibi parametreler oldukça önemlidir. Afad veri tabanı spektrum değerleri göz önünde bulundurularak doğal deprem kayıtları "Pacific Earthquake Engineering Research Center" olarak biline veri tabanından seçilmiştir [3,6]

Tablo 1. Frekans, Periyod Ve Kütle Katılım Oranları

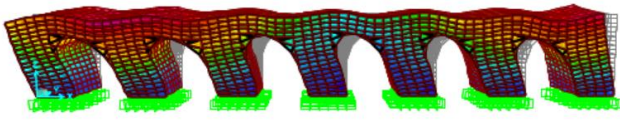
Mod No	Periyod	Frekans	Ux	Uy	Uz
1	0,026948	37,107941	4,8560E-03	1,44E-02	7,366E-03
2	0,025577	39,096894	2,9640E-03	2,68E-02	1,497E-02
3	0,02323	43,04787	0,00474	3,29700E-02	0,020326
4	0,022845	43,773943	0,03046	0,000015	6,30E-03
5	0,02025	49,382214	0,010984	0,030086	2,04E-02
6	0,018465	54,155257	0,044774	0,000109	9,75E-03
7	0,017022	58,746195	1,35710E-02	0,020035	1,56E-02
8	0,014233	70,257985	3,89660E-02	5,49400E-03	0,012953
9	0,012872	77,685052	0,032402	0,00625	0,003308
10	0,011835	84,497383	0,040928	0,005972	0,005132
11	0,010359	96,535372	0,03601	0,010808	0,010364
12	0,010071	99,298766	2,28580E-02	1,48000E-04	0,022985

Oluşturulan yapıya ait frekans periyod ve kütle katılım oranları Tablo 1. 'de verilmiştir. Yapının gerçekleştirilecek deprem analizi için 1999 yılında gerçekleşen Kocaeli Depremi Sap2000 Programına ölçeklendirilmiş ve yapıya etki ettirilmiştir.

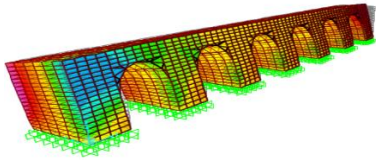


Şekil 4. Kocaeli Depremi İvme-Zaman Grafiği

Analiz sonucunda oluşan iç kuvvetler, eksenel deplasmanlar aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5. Kemer üzerinde oluşan deplasmanlar



Şekil 6. Kemerde oluşan iç kuvvetler

Analiz doğrultusunda kemer formunda tasarlanan kesme taş malzeme parametrelili köprüye Kocaeli Depremi x yönünde etki ettirildiğinde 0,00041 cm, y yönünde etki ettirildiğinde 0,0035 cm, z yönünde etki ettirildiğinde ise 0,0019 cm yer değiştirme meydana gelmiştir.

Tablo 2. Kocaeli Depremi etkisi doğrultusunda oluşan Max Gerilme

(KN/m ²)	x	y	z
Basınc	0,83	1,96	0,71
Çekme	1,03	2,11	0,94

II. SONUÇLAR

Bu çalışmada Çobançeşme Köprüsü'nün yapısal analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları ise; yapılan incelemeler köprünün yalnızca model üzerinden yapısal davranışının analizi olup köprünün tarihi formundan dolayı malzeme parametreleri deneysel yollarla elde edilemediği için ve mevcut röleve sırasındaki olumsuz zemin koşulları ile köprünün belirli bir kısmının toprak altında olması nedeniyle verilen deplasman ve gerilme değerleri kesin sonuçlar değildir. Analiz doğrultusunda etkiletilen Kocaeli Depremi, kemer köprü formunu oluşturan kesme taşların kayma güvenlik sınırı kontrol edilmiş ve güvenli bölgede kaldığı görülmüştür. Yüzyıllardır ayakta olan Çobançeşme köprüsü x,y,z doğrultusunda etkiletilen deprem etkisi altında yine mevcut formunu korumuştur. Fakat köprünün gerek kesme taşları gerekse harç bölgelerinde oluşan boşluklar nedeni ile model ile gerçek davranış arasında farklılıklar oluşacaktır. Ayrıca köprünün belirli bölgesinin toprak altında bulunmasında bu parametreleri doğrudan etkileyecektir. Bu kapsamda mutlaka köprünün çevre düzenlemesi ile ana hatlarının gün yüzüne çıkarılması ve sonrasında yapılacak malzeme parametlerinin deneysel sonuçları, yerinde alınabilecek röleve ile yeni bir analiz gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Cross H., Arches, Continuous Frames, Columns, and Conduits, University of Illinois Press Urban, MN, (1963).
- [2] Melbourne, C., Begimgil, M., Gilbert, M., "The Load Test to Collapse of 5 m Span Brickwork Arch Bridge with tied Spandrel Walls", First International Conference on Arch Bridges, ARCH 95, Bolton, UK, 509-517 (1995).
- [3] Şahin, A.Y., (2023). "Deprem Derzleri ve Çekiçleme Etkisinin Kentsel Dönüşüm Projeleri ile Yapı Stokları Kapsamında Değerlendirilmesi", 1st International Conference on Frontiers in Academic Research.
- [4] Angı, S. (2011). İstanbul Tarihi Yarımada'daki Antik Yapılarda ve Anıtlarda Kullanılan Doğal Taşların Özellikleri ve Korunmuşluk Durumları . Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi , (6),31-42.
- [5] Ramazanoğlu, Y. G. (2009). Adana'da Roma Dönemi Köprüsü: Taşköprü . Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi , 18 (1) , 305-322 .
- [6] Pacific Earthquake Research Center, University of California, Berkeley, CA.