

HASARLI TARİHİ KÖPRÜLERİN YAPISAL DAVRANIŞLARINA RESTORASYON ÇALIŞMALARININ ETKİSİ

¹Ahmet Can ALTUNIŞIK, ²Alemdar BAYRAKTAR, ³Ali Fuat GENÇ

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye
Tel: (0462) 377 40 20 E-Mail: ahmetcan@ktu.edu.tr

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon/ Türkiye
Tel: (0462) 377 26 53 E-Mail: alemdar@ktu.edu.tr

³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon/ Türkiye
Tel: (462) 377 40 20, E-Mail: ali_fuat_genc@hotmail.com

Özet

Tarihi yapıların mevcut yapısal durumlarının belirlenmesi, statik ve dinamik yüklere karşı göstereceği davranışlarının tahmin edilmesi, yapılacak restorasyon çalışmalarının taşıyıcı sistem davranışını olumlu ve/veya olumsuz yönde etkileyeceğinin analiz edilmesi günümüzde gelişmiş toplumlar seviyesinde önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda tarihi köprüler gibi geçmişe günümüze bağlayan önemli mühendislik yapılarının mevcut durumlarının tespit edilerek restorasyon çalışmalarının yapılması ve bu yapıların geleceğe güvenle devredilmesi amacıyla bir çok çalışma sürdürülmektedir. Bu çalışmada da, Aydın İli, Karacasu İlçesi'nin 4km doğusunda, Karacasu-Tavas Karayolu ve Dandalaz çayı üzerinde bulunan hasarlı Dandalaz Köprüsü örnek olarak seçilmiş, köprünün restorasyon öncesi ve sonrası durumlarına ait analizler gerçekleştirilerek, yapılacak restorasyon çalışmalarının yapısal davranışa olan etkisi belirlenmiştir. Sonlu eleman analizlerinde yapı-zemin etkileşimi de dikkate alınarak ANSYS sonlu eleman programı kullanılmıştır. Sonlu eleman modellemelerinde röleve ve restorasyon projelerinden yararlanılmıştır. Analizlerde kullanılan ve sonuçları doğrudan etkileyen taş ve harç numunelerine ait malzeme özellikleri ile zemin parametreleri deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Dandalaz köprüsünün yapısal davranışının belirlenmesi amacıyla altı farklı analiz gerçekleştirilmiştir. İlk üç analizde köprünün mevcut durumu, son üç analizde ise köprünün restorasyon sonrasındaki durumu kendi ağırlığı, hareketli yük ve deprem yükleri için ayrı ayrı incelenmiştir. Her bir analiz sonucunda, köprüde meydana gelen maksimum yerdeğiştirme, çekme ve basınç gerilmeleri ile çekme ve basınç şekildeğiştirmeleri hem sayısal hem de kontur diyagramı olarak elde edilmiştir. Çalışma sonunda yapılacak restorasyon çalışmalarının yapısal davranışı olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Köprü Genel Bilgileri

Dandalaz Köprüsü, Aydın İli, Karacasu İlçesi'nin 4km doğusunda, Karacasu-Tavas Karayolu ve Dandalaz çayı üzerinde bulunmaktadır. Karacasu'nun güney doğusunda toplanan suların sonucu oluşan ve başlangıçta Ceyre çayı adını alan Dandalaz çayı, Babadağ eteklerinden gelen Işıklar

Deresi ve Akyar Deresi'nin sağdan katılımıyla çakıllı ve kayalı bir yatakta ilerleyerek düzlüğe inmekte ve Kuyucak yakınlarında büyük Menderes'e ulaşmaktadır.

Köprü, Karacasu ile Denizli'nin Tavas İlçesi arasında kervan ve ticaret yolu üzerinde inşa edilmiştir. Tarihi köprünün güneyine yeni yapılan betonarme kemer köprü ile Tavas yönünden gelen yolun güzergâhı, köprüden itibaren değiştirilerek Karacasu İlçesine batı yönünden bağlandığı anlaşılmaktadır. Dandalaz Köprüsü'nün mevcut haline ait bazı görünüşler Şekil 1'de verilmektedir.

Dandalaz Köprüsü'nün yapım tarihi tam olarak bilinmemekte olup, kaynaklarda Osmanlı dönemine ait olduğu belirtilmektedir. Bölgenin 1426 yılında II. Murat tarafından Osmanlı Devletine katıldığı göz önüne alınırsa, kaynaklara göre en erken 15.yy'da yapılmış olabileceği düşünülmektedir.

Mevcut durumu itibari ile taşıyıcı sistem elemanları (kemer, tempan duvar, dolgu vb.) büyük ölçüde hasarlı olan Dandalaz Köprüsü kullanım dışı kalmıştır. Yapılacak restorasyon çalışmaları sonucunda, mevcut durumu ile kullanım dışı kalan köprünün yaya geçişine açılması planlanmaktadır.



Şekil 1. Dandalaz Köprüsü'ne ait bazı görünüşler

Köprünün Mimari ve Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi

Tarihi köprüler gibi geçmişi günümüze bağlayan önemli mühendislik yapılarının statik ve/veya dinamik yükler altında göstereceği davranışın doğru bir şekilde belirlenebilmesi için taşıyıcı sistemin mimari ve geometrik özelliklerinin, bölgenin sismik aktivitesi ile malzeme ve zemin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Köprü, yaklaşık 6.24m genişliğinde ve 30.27m uzunluğunda olup, su seviyesinden kemer iç yüzeyine olan yüksekliği 20.16m'dir. Köprünün özgül döşemesi üzerine asfalt kaplama yapılmıştır. Korkulukları onarılarak ve yenilenerek kısmen korunmuş durumdadır. Köprü üzerinden ilçeye su ileten çelik borunun geçirdiği görülmektedir.

Aydın İli deprem haritasında, Aydın il ve ilçelerinin içinde buldukları deprem kuşakları gösterilmektedir. Harita incelendiğinde, Aydın ilinin tamamının I. Derece deprem kuşağında olduğu görülmektedir.

Dandalaz Köprüsü'nde kullanılan malzemelerin mekanik özelliklerini tespit etmek amacıyla köprüden alınan taş ve harç numuneleri deneylere tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda taş ve harçlara ait elde edilen mekanik özellikler, Dandalaz Köprüsü'nün analizleri sonucunda elde edilen yerdeğiştirme, gerilme ve şekildeğiştirme değerlerini kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır. Alınan numunelere göre taşların ortalama basınç dayanımları 50MPa civarında elde edilmiştir. Aynı taşların deneysel çalışmalardan elde edilen ortalama birim hacim ağırlığı 2200-2400 kg/m³ aralığında belirlenmiştir. Köprüde kullanılan harçlardan da numuneler alınmış ve bu numuneler deneylere tabi tutulmuştur. Yapılan deneylere göre harç numunelerin ortalama basınç dayanımı 5-7MPa olarak belirlenmiştir.

Köprü'nün Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi

Dandalaz Köprüsü'nde kullanılan malzeme ve taşıyıcı sisteme ilişkin yıkılmalar, bozulmalar, yapısal çatlaklar, taş kayıpları, bitkilenme ve yosunlanmalar gibi sorunlar tespit edilmiş ve hazırlanan rölöve çizimlerinde farklı tarama ve renklendirmeler ile gösterilmiştir. Burada daha çok köprü taşıyıcı sisteminin yük taşıma kapasitesini etkileme ihtimali yüksek olan etkiler üzerinde durulmaktadır. Elde edilen veriler ışığında mevcut durumda taşıyıcı sistem için en büyük tehlike köprü temel, kemer ve duvar bölgesinde bulunan hasarlar, eleman kayıpları, rutubet, su alma ve nem sorunları ile sol yan yüzeyde meydana gelen oyulmalardır.

Yapısal Analizler ve Değerlendirmeler

Dandalaz Köprüsü'nün mevcut ve restorasyon sonrası durumuna ait yapısal davranışının belirlenmesi amacıyla köprü'nün sonlu eleman yöntemiyle analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde taşıyıcı sistem elemanlarına ait genel bilgiler, eleman boyutları ve malzeme özellikleri ilgili firma tarafından sağlanan çizim dosyalarından ve diğer kaynaklardan elde edilmiştir. Köprü'nün mevcut ve restorasyon sonrası durumu için hazırlanan sonlu eleman modelleri ANSYS [1] yapısal analiz programında oluşturulmuştur. Bu amaçla gerçekleştirilen analizler aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır:

Köprü'nün mevcut durumu dikkate alınarak gerçekleştirilen analizler

- Mevcut Durumda Kendi Ağırlığı Altındaki Köprü Davranışının Belirlenmesi
- Mevcut Durumda Kendi Ağırlığı ve Hareketli Yükler Altındaki Köprü Davranışının Belirlenmesi
- Mevcut Durumda Kendi Ağırlığı, Hareketli Yükler ve Deprem Yüğü Altındaki Köprü Davranışının Belirlenmesi

Köprü'nün restorasyon sonrasında gerçekleştirilen analizleri

- Restorasyon Sonrası Durumda Kendi Ağırlığı Altındaki Köprü Davranışının Belirlenmesi
- Restorasyon Sonrası Durumda Kendi Ağırlığı ve Hareketli Yükler Altındaki Köprü Davranışının Belirlenmesi
- Restorasyon Sonrası Durumda Kendi Ağırlığı, Hareketli Yükler ve Deprem Yüğü Altındaki Köprü Davranışının Belirlenmesi

Köprünün Mevcut Durumu Dikkate Alınarak Gerçekleştirilen Analizler

Dandalaz Köprüsü'nün mevcut durumu dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modeline göre yapılmış analizlerde köprünün hasar görmüş ve/veya kopmuş elemanları dikkate alınmıştır. Köprünün mevcut durumuna ait sonlu eleman modeli Şekil 2'de verilmektedir. Sonlu eleman modeli 141266 düğün noktası ve 95193 sonlu elemandan oluşmaktadır. Tüm analizler doğrusal elastik olarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde taşıyıcı sistem elemanları için kullanılan malzeme özellikleri Tablo 1'de verilmektedir.

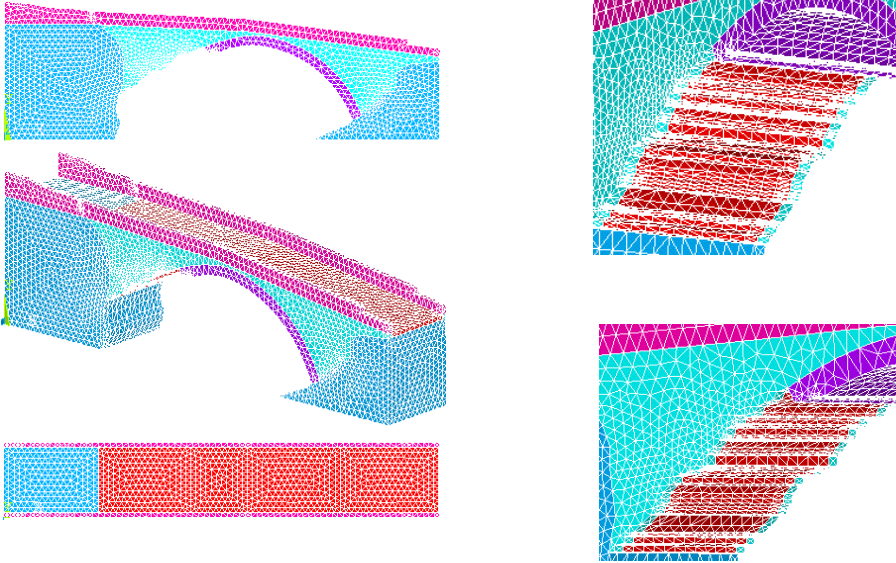
Tablo 1'de belirtilen Elastisite Modülü değerleri taşıyıcı sistem elemanlarında herhangi bir hasar bulunmaması durumu için dikkate alınması gereken değerlerdir. Fakat Dandalaz Köprüsü'nün mevcut durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarında kopmalar, bozulmalar ve çatlamlar gibi hasar durumları mevcuttur. Mühendislik yapılarının taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasarlar (kopmalar, bozulmalar, çatlamlar vb...) sonlu eleman analizlerinde dikkate alınan Elastisite Modülü değerinin azaltılmasıyla hesaplara katılabilir. Bu amaçla, Tablo 1'de belirtilen Elastisite Modülü değerleri taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar düzeyine bağlı olarak, benzer çalışmalar ve literatür kaynakları da dikkate alınarak belirli oranlarda azaltılmıştır.

Tablo 1. Köprünün mevcut durum analizlerinde dikkate alınan malzeme özellikleri

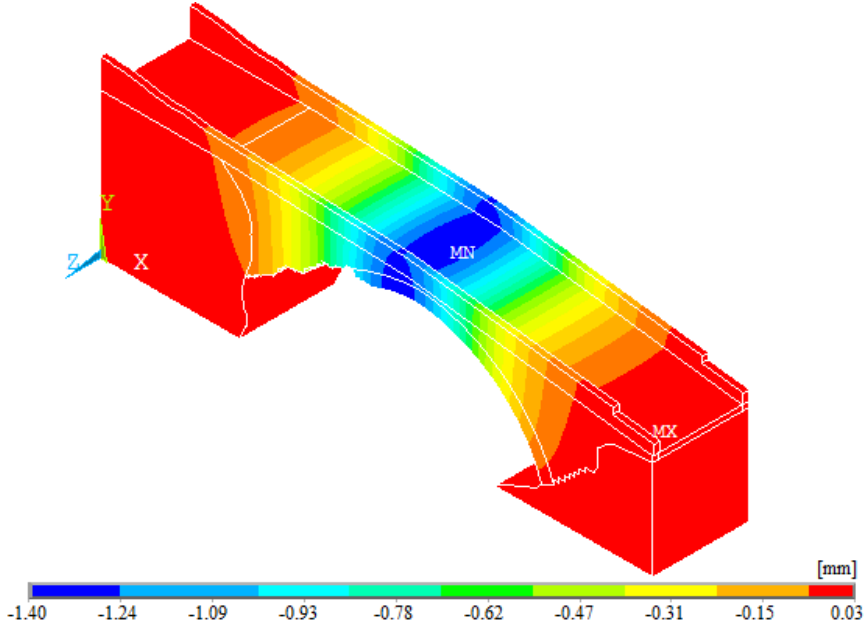
Taşıyıcı Sistem Elemanları	Malzeme Özellikleri			
	Elastisite Modülü (N/m ²)		Poisson Oranı	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)
	Hasarsız Durum	Hasarlı Durum		
Kemer	1.6E10	0.64E10	0.30	2000
Yan Duvar	1.6E10	0.64E10	0.30	2000
Dolgu	7.5E09	2.25E09	0.30	1200
Korkuluk	1.6E10	0.64E10	0.30	2000
Yamaç	2.0E10	2.0E10	0.35	2500

Köprünün mevcut durumu için, kendi ağırlığı altında gerçekleştirilen analizler sonucunda meydana gelen yerdeğiştirmelere ait kontur diyagramı Şekil 3 (a)'da verilmektedir. Şekil 3 (a)'dan da görüldüğü üzere yerdeğiştirmeler kemer açıklık ortasından köprü ayaklarına ve kenar mesnetlere doğru azalmaktadır. Maksimum deplasman kemer açıklık ortasında 1.40mm olarak elde edilmiştir.

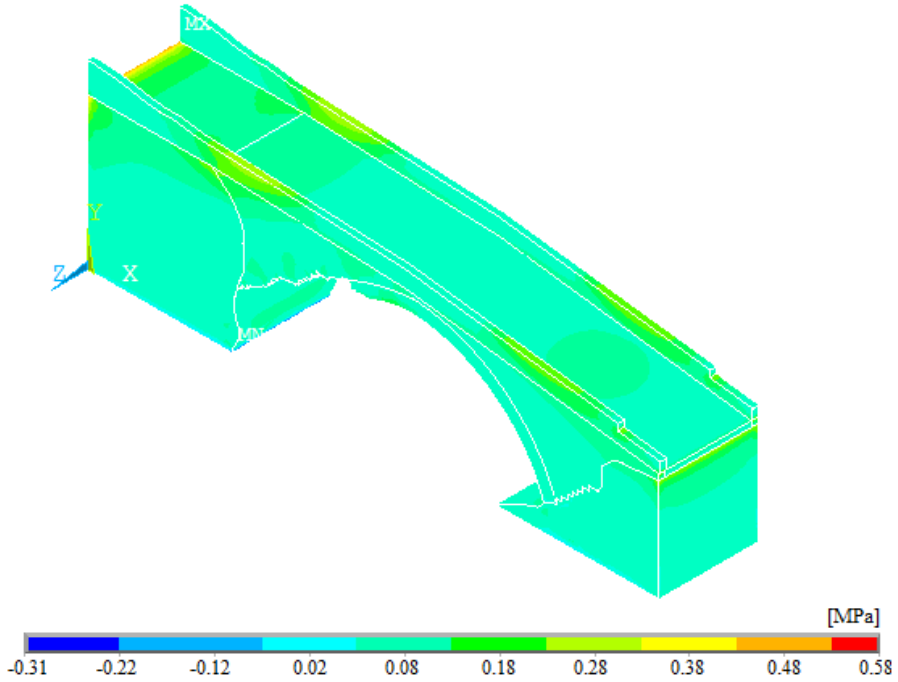
Analizler sonucunda elde edilen çekme ve basınç gerilmelerinin dağılışına ait kontur diyagramı Şekil 3 (b-c)'de verilmektedir. Şekil 3 (b-c)'den de görüldüğü üzere çekme gerilmelerinin maksimum değerleri köprünün kenar yamaçlara birleşen bölgelerinde lokal olarak 0.58MPa değerinde elde edilmektedir. Ayrıca, hasarlı durumda bulunan tempan duvarlarda, kemerlerde ve korkulukların sağ ve sol kenarlarında 0.28MPa değerinde gerilmeler oluşmaktadır. Bu kısımlar hariç köprünün diğer taşıyıcı elemanlarda çekme gerilmeleri maksimum 0.08MPa değerine ulaşmıştır. Basınç gerilmelerinin maksimum değerleri ise hasarlı durumda bulunan tempan duvarların ve kemerin alt bölgelerinde 1.70MPa olarak elde edilmektedir. Ayrıca, kemerin sağ tarafının yamaca mesnetlendiği bölgelerde ve tempan duvarların bazı kısımlarında 1.08MPa civarında gerilme yığılmaları mevcuttur. Bu bölgeler dışında tempan duvarlar, kemerler, dolgu ve yamaçlarda elde edilen basınç gerilmeleri maksimum 0.46MPa civarındadır.



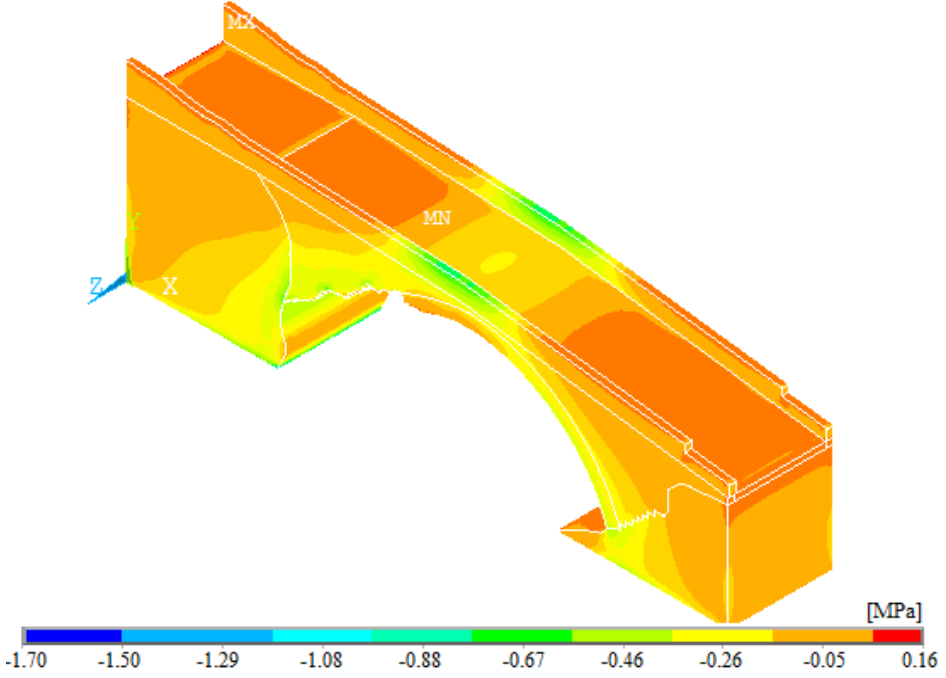
Şekil 2. Dandalaz Köprüsü'nün mevcut durumuna ait sonlu eleman modeli,
perspektif ve görünüşleri



a) Yerdeğiştirmeler



b) Çekme gerilmeleri



c) Basınç gerilmeleri

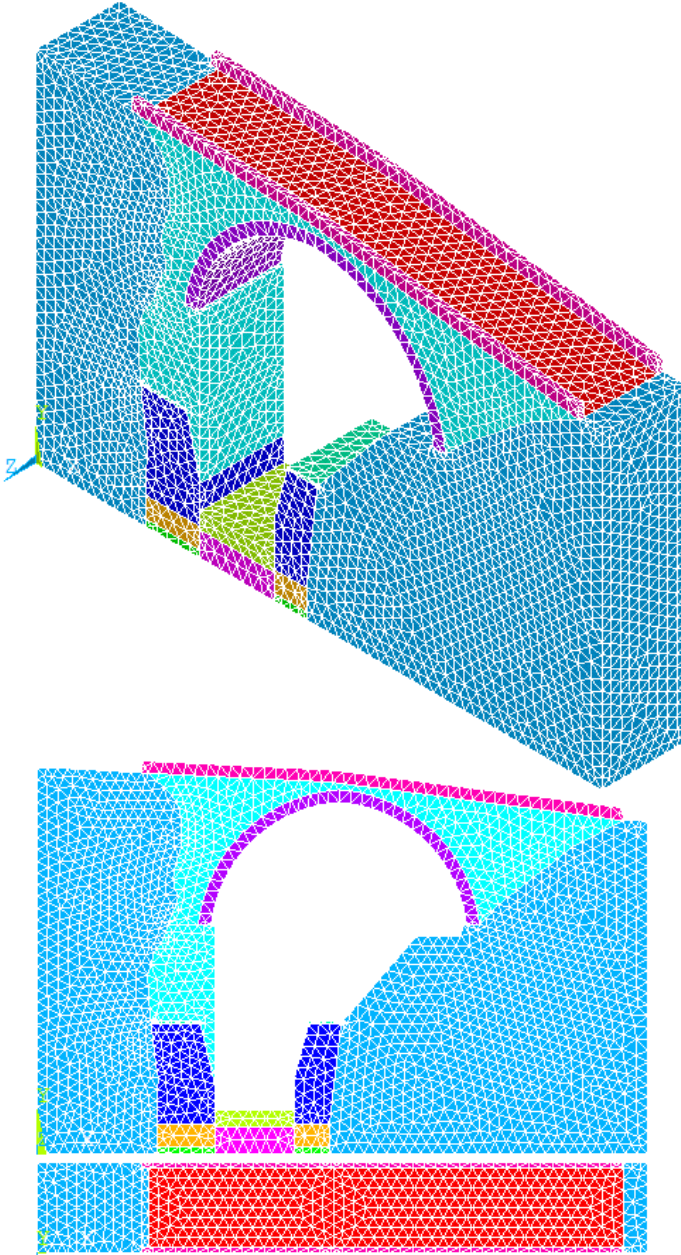
Şekil 3. Köprü'nün mevcut durumu için, kendi ağırlığı altında gerçekleştirilen analizlerden elde edilen yerdeğişirmeler ile çekme ve basınç gerilmeleri

Köprü'nün Restorasyon Sonrasında Gerçekleştirilen Analizleri

Dandalaz Köprüsü'nün restorasyon sonrası durumuna göre yapılmış analizlerde köprü'nün hasar görmüş ve/veya kopmuş elemanlarının tamamlandığı ve/veya sağlamlaştırıldığı kabul edilmiştir. Ayrıca, restorasyon sonrası durum için köprü'nün kopan yamaçlarına yapılacak taş istinat duvarları ve istinat duvarları altındaki temeller de dikkate alınmıştır. Dandalaz Köprüsü'nün restorasyon sonrası durumu dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 4'de verilmektedir. Sonlu eleman modeli 138190 düğün noktası ve 94586 sonlu elemandan oluşmaktadır. Analizlerde taşıyıcı sistem elemanları için kullanılan malzeme özellikleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Köprünün restorasyon sonrası analizlerinde dikkate alınan malzeme özellikleri

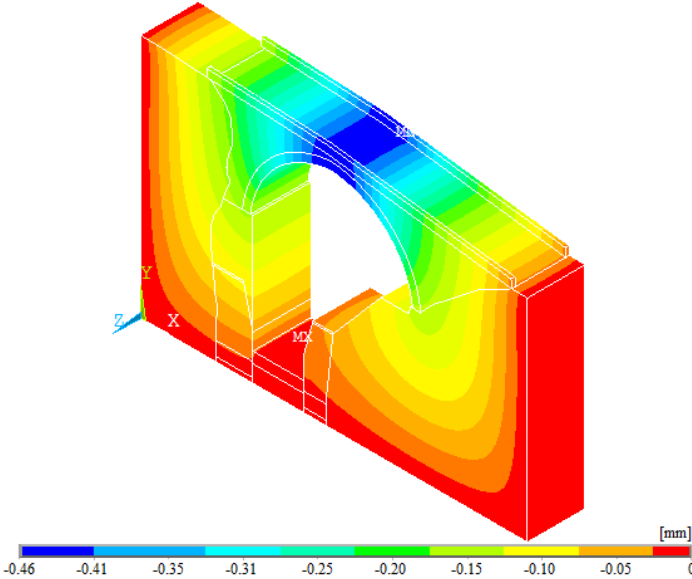
Taşıyıcı Sistem Elemanları	Malzeme Özellikleri		
	Elastisite Modülü (N/m ²)	Poisson Oranı (-)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)
Kemer	1.7E10	0.30	2000
Yan Duvar	1.7E10	0.30	2000
Dolgu	8.0E09	0.30	1200
Yamaç	2.0E10	0.35	2500
Korkuluklar	1.7E10	0.30	2000
Temel	2.0E10	0.20	2500
Temel Altı Beton	2.0E10	0.20	2500
Zemin	2.0E10	0.35	2500
Zemin Üstü Dolgu	1.7E10	0.30	2000
Taş İstinat Duvarı	1.7E10	0.30	2000
İstinat Üzeri Dolgu	1.7E10	0.30	2000



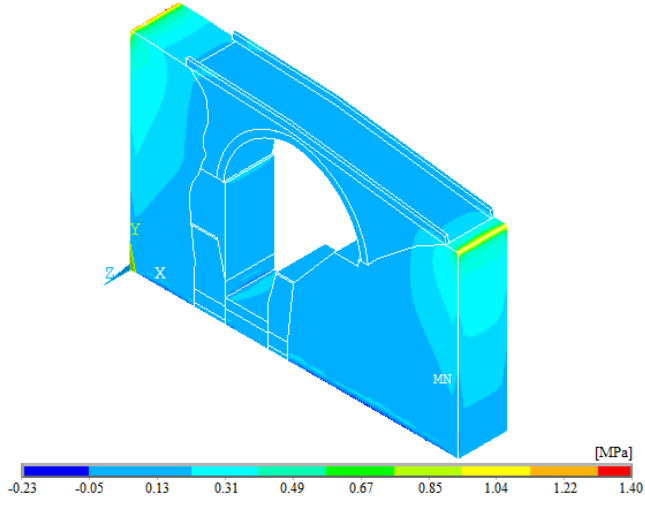
Şekil 4. Dandalaz Köprüsü'nün restorasyon sonrası durumuna ait sonlu elaman modeli, perspektif ve görünüşleri

Köprünün restorasyon sonrası durumu için, kendi ağırlığı altında gerçekleştirilen analizler sonucunda meydana gelen yerdeğişimlere ait kontur diyagramı Şekil 5 (a)'da verilmektedir. Analizlerde yapı-zemin etkileşimi dikkate alınmıştır. Şekil 5 (a)'dan da görüldüğü üzere yerdeğişimler kemer açıklık ortasından köprü ayaklarına ve kenar mesnetlere doğru azalmaktadır. Maksimum deplasman kemer açıklık ortasında 0.46mm olarak elde edilmiştir. Ayrıca, kemer, tempan duvar ve dolgu gibi taşıyıcı sistem elemanlarındaki yerdeğiştirme dağılımının restorasyon sonrasında daha uyumlu bir şekilde devam ettiği görülmektedir. Bu durum yapılacak restorasyonun taşıyıcı sistem davranışını olumlu şekilde etkilediğini göstermektedir.

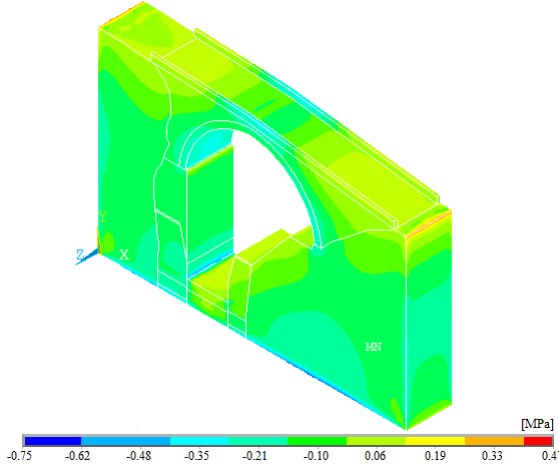
Analizler sonucunda elde edilen çekme ve basınç gerilmelerinin dağılımına ait kontur diyagramı Şekil 5 (b-c)'de verilmektedir. Şekil 5 (b-c)'den de görüldüğü üzere çekme gerilmelerinin maksimum değerleri köprünün kenar yamaçlara oturduğu kısımlarında lokal olarak 1.40MPa olarak elde edilmektedir. Bu kısımlar hariç köprünün taşıyıcı sistem elemanlarında çekme gerilmeleri maksimum 0.49MPa değerine ulaşmıştır. Basınç gerilmelerinin maksimum değerleri kemerlerin sağ ve sol kenarlarının zemine oturduğu bölgelerde, yeni yapılacak taş istinat duvarının zemine temas eden kısımlarında ve köprü modelinin taban bölgelerinde 0.75MPa olarak elde edilmektedir. Bu bölgeler dışında köprüde elde edilen basınç gerilmeleri maksimum 0.35MPa civarındadır.



a) Yerdeğişimler



b) Çekme gerilmeleri



c) Basınç gerilmeleri

Şekil 5. Köprü'nün restorasyon sonrası durumu için, kendi ağırlığı altında gerçekleştirilen analizlerden elde edilen yerdeğişirmeler ile çekme ve basınç gerilmelerine ait kontur diyagramları

Köprü'nün mevcut ve restorasyon sonrası durumları için, kendi ağırlıkları altında gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlar yukarıda detaylı olarak verilmiştir. Köprü'nün mevcut ve restorasyon sonrası durumları için, kendi ağırlığı ve hareketli yükler ile deprem yükleri altında gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen sonuçlar ise tablolar halinde aşağıda verilmektedir (Tablo 3 ve 4).

Tabloda verilen kısaltmalarda “KA: Kendi Ağırlığını”, “HY: Hareketli Yükü” ve “DY: Deprem Yükünü” ifade etmektedir. Her bir analizden elde edilen gerilme ve şekildeğiştirme sonuçları iki değer olarak verilmiştir. Kalın ve italik olarak verilen değerler köprüde lokal olarak oluşan maksimum değerleri, normal font ile verilen değerler köprünün genelinde taşıyıcı elemanlarda oluşan maksimum değerleri ifade etmektedir.

Tablo 3. Mevcut durum analizlerinden elde edilen maksimum yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve gerilme değerleri

Analiz Verileri		Analiz Durumları		
		Mevcut Durum		
		KA*	KA*+SE*	KA*+HY*+DY*
Yerdeğiştirmeler		1.40mm	1.63mm	2.05mm
Gerilmeler	Çekme	0.58 MPa 0.28 MPa	0.60 MPa 0.29 MPa	1.02 MPa 0.68 MPa
	Basınç	1.70 MPa 1.08 MPa	1.96 MPa 1.25 MPa	2.89 MPa 1.99 MPa
Şekil Değiştirmeler	Çekme	0.67E-4 0.30E-4	0.79E-4 0.39E-4	0.95E-4 0.69E-4
	Basınç	0.24E-3 0.08E-3	0.27E-3 0.10E-3	0.50E-3 0.27E-3
*KA: Kendi Ağırlığı		*HY: Hareketli Yük	*DY: Deprem Yükü	

Tablo 4. Restorasyon sonrası durum analizlerinden elde edilen maksimum yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve gerilme değerleri

Analiz Verileri		Analiz Durumları		
		Restorasyon Sonrası Durum		
		KA*	KA*+SE*	KA*+HY*+DY*
Yerdeğiştirmeler		0.46mm	0.50mm	0.95mm
Gerilmeler	Çekme	1.40 MPa 0.49 MPa	1.44 MPa 0.51 MPa	1.65 MPa 0.66 MPa
	Basınç	0.75 MPa 0.35 MPa	0.76MPa 0.40 MPa	1.35 MPa 0.76 MPa
Şekil Değiştirmeler	Çekme	0.56E-4 0.25E-4	0.57E-4 0.26E-4	0.79E-4 0.35E-4
	Basınç	0.36E-4 0.24E-4	0.39E-4 0.26E-4	0.60E-4 0.42E-4
*KA: Kendi Ağırlığı		*HY: Hareketli Yük	*D: Deprem Yükü	

Sonuçlar

Tarihi Dandalaz Köprüsü hakkında ilgili firma tarafından sağlanan rölöve çizimleri, köprü resimleri, jeolojik-jeodezik etüt raporları, sondaj raporları ve genel bilgi raporları dikkate alınarak gerçekleştirilen sonlu eleman analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır:

- Dandalaz Köprüsü'nün yapım tarihi tam olarak bilinmemekte olup, kaynaklarda Osmanlı dönemine ait olduğu belirtilmektedir. Bölgenin 1426 yılında II. Murat tarafından Osmanlı Devletine katıldığı göz önüne alınırsa kaynaklara göre en erken 15. yy'da yapılmış olduğu düşünülmektedir.
- Dandalaz Köprüsü'nün kemer taşlarının çoğunun yekpare ve büyük boyutlu kesme taş olması, tempan duvarlarının toprağa yakın kısımlarında yer alan taşların düzgün kesme taş niteliğinde olması, üst kısımdaki taşların ise daha küçük boyutlu taşlarla ve düzensiz örgüde yapılmış olması nedeniyle köprünün geçmiş yıllarda onarım geçirdiği anlaşılmaktadır.
- Dandalaz Köprüsü'nün sol yamacındaki temeli, tempan duvarı ve kemerinin bir kısmı oyulma nedeniyle yıkılmıştır. Ayrıca, köprüde malzeme bozulmaları, yapısal çatlaklar, taş kayıpları, bitkilenme ve yosunlanmalar gibi sorunlar da tespit edilmiştir. Köprü bu haliyle tehlike arz etmektedir.
- Dandalaz köprüsünün yapısal davranışının belirlenmesi amacıyla altı farklı analiz gerçekleştirilmiştir. İlk üç analizde köprünün mevcut durumu, son üç analizde ise köprünün restorasyon sonrasındaki durumu dikkate alınmıştır. Her bir analiz sonucunda köprüde meydana gelen maksimum yerdeğiştirme, çekme ve basınç gerilmeleri ile çekme ve basınç şekildeğiştirmeleri hem sayısal hem de kontur diyagramı olarak elde edilmiştir.
- Analizlerde ilk önce köprünün kendi ağırlığı altındaki davranışı, daha sonra kendi ağırlığı ve hareketli yükler altındaki davranışı ve son olarak da kendi ağırlığı, hareketli ve deprem yükü altındaki davranışı belirlenmiştir.
- Çekme ve basınç dayanımları açısından incelendiğinde, hem mevcut durum hem de restorasyon sonrası durum için yapının kendi ağırlığı ve hareketli yüklerin dikkate alındığı analizlerde çekme ve basınç dayanımının aşılması yönünde bir sorun görünmemektedir. Deprem yükü dikkate alındığında, diğer iki duruma göre çekme ve basınç gerilmelerinde önemli artış meydana gelmektedir.
- Köprünün mevcut durumuna ait analizler sonucunda, köprünün sol tarafının tempan duvarı ve kemer taşının bir kısmının olmamasına rağmen çok büyük gerilme ve şekildeğiştirmeler elde edilmemiştir. Fakat, elde edilen gerilme ve şekildeğiştirme davranış şekilleri, kemer sistemi mevcut köprülerin davranışları ile karşılaştırıldığında, yapısal davranışta farklılıkların olduğu ve köprünün kendi taşıyıcı sistemine uygun davranmadığı, bu nedenle de her an beklenmedik problemlerin yaşanabileceği kanaatine varılmıştır. Dolayısıyla, geçmişten günümüze kadar ayakta kalabilmiş olan bu yapıların yüzyıllarca ayakta kalabilmesi için taşıyıcı sistem güvenliğini tehdit eden unsurların acilen ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Kaynaklar

1. ANSYS. (2014). Swanson Analysis System, US.

Anahtar Sözcükler: Dandalaz köprüsü, Restorasyon, Güçlendirme, Tarihi köprüler, Yapısal davranış, Yapı-zemin etkileşimi.