



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKSARAY İLİNDE BULUNAN TARİHİ KÖPRÜLERİN
YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ: TARİHİ BAŞ
KÖPRÜ'DEKİ RESTORASYON ÇALIŞMALARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Naciye Münevver ÖZDEMİR

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali URAL**

AKSARAY, 2023

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 202303003 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Naciye Münevver ÖZDEMİR tarafından hazırlanan “ **AKSARAY İLİNDE BULUNAN TARİHİ KÖPRÜLERİN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ: TARİHİ BAŞ KÖPRÜ'DEKİ RESTORASYON ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ** ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ali URAL

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Prof.Dr. Mehmet Emin KARA

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Prof.Dr. Burçin Şenol ŞEKER

Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 18/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Naciye Münevver ÖZDEMİR

TEŞEKKÜR

Çalışmamda bana yön gösteren, destek ve emeklerini esirgemeyen, beni yönlendiren, bilgilerini paylasan, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım tez danışmanım sayın Prof. Dr. Ali URAL' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilgileriyle ışık tutan, akademik yolda yürüme şevki kazandıran Aksaray Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmamı yürütebilmem için gerekli belgeleri edindiğim Karayolları Genel Müdürlüğü, Sanat Yapıları Daire Başkanlığı, Tarihi köprüler şube Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni destekleyen, haklarını asla ödeyemeyeceğim babam Esat ÖZDEMİR'e annem Hatice ÖZDEMİR'e ablam İlknur Emine ÖZDEMİR'e abim Ramazan ÖZDEMİR'e, yengem Nilay ÖZDEMİR'e ve bütün çalışmalarım boyunca yanımda olan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Naciye Münevver ÖZDEMİR
AKSARAY, 2023

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Taraması	2
2. RESTORASYON ÇALIŞMALARI	10
2.1 Tarihi Çevre Kavramı.....	10
2.2 Koruma Kavramı, Amacı, Önemi ve Gerekliliği	11
2.3 Kültür Varlıklarını Yeniden İşlevlendirme Kavramı	15
2.3.1 İşlev değişikliğinde adaptasyon süreci	17
2.3.2 Yeni fonksiyonun uygunluğu	19
2.4 Genel Restorasyon Çalışmalarında Kullanılan Teknikler	21
2.4.1 Tarihi yığma kemer köprülerde hasar, onarım ve güçlendirme.....	22
3. TARİHİ YIĞMA KEMER KÖPRÜLER ve AKSARAY İLİNDE BULUNAN KÖPRÜLER.....	24
3.1 Tarihi Yığma Kemer Köprülerin Yapımı ve Yapı Elemanları	24
3.2 Tarihi Yığma Kemer Köprü Formları	26
3.2.1 Dairesel kemerler	27
3.2.2 Basık sivri kemerler	27
3.2.3 Sivri kemerler	28
3.3 Anadolu’da Kemer Formunun İlk Örnekleri.....	28
3.3.1 Roma ve Bizans Dönemine ait köprüler	29
3.3.2 Osmanlı Dönemine ait köprüler.....	31
3.3.3 Selçuklu Dönemine ait köprüler	31
3.4 Aksaray İlinde Bulunan Köprüler	32
3.4.1 Nakkaş Köprüsü.....	34
3.4.2 Debbaglar Köprüsü	34
3.4.3 Yaprakhisar Köprüsü	35
3.4.4 Karasu Köprüsü	35
3.4.5 Kalanlar Köprüsü.....	36
4. TARİHİ BAŞ KÖPRÜ	37
4.1 Tarihsel Gelişimi	37
4.2 Tarihi Baş Köprü’de Yapılan Restorasyon Çalışmaları	38
4.3 Tarihi Baş Köprü’nün Mevcut Durumu	38
4.3.1 Baş Köprü’nün plan ve mimari özellikleri	39
4.3.2 Baş Köprü’de kullanılan malzemeler	41
4.4 Köprü’nün Restorasyon Öncesi Durumunda Gözlenen Bozulmalar	41
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	44
5.1 Restorasyon Öncesi Durum için Yapılan Analizler	48
5.1.1 Zati yük analizi	48
5.1.2 Hidrolik yük analizi	51
5.1.3 Deprem analizi.....	55
5.1.4 Taşıt yükü analizi.....	59
5.1.5 Deprem + Taşıt yükü analizi.....	63

5.1.6 Hidrolik + Taşıt yükü analizi	66
5.1.7 Deprem + Hidrolik yük analizi	70
5.1.8 Hidrolik + Deprem + Taşıt yükü analizi.....	73
5.2 Restorasyon Sonrası Modelleme İçin Yapılan Analizler	77
5.2.1 Zati yük analizi	77
5.2.2 Hidrolik yük analizi	80
5.2.3 Deprem analizi.....	83
5.2.4 Taşıt yükü analizi.....	87
5.2.5 Deprem + Taşıt yükü analizi.....	91
5.2.6 Hidrolik + Taşıt yükü analizi	94
5.2.7 Deprem + Hidrolik yükü analizi	98
5.2.8 Hidrolik + Deprem + Taşıt yükü analizi.....	101
6. SONUÇ.....	105
KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ.....	114



YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKSARAY İLİNDE BULUNAN TARİHİ KÖPRÜLERİN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ: TARİHİ BAŞ KÖPRÜ'DEKİ RESTORASYON ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Naciye Münevver ÖZDEMİR

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali URAL

ÖZET

Tarihi kemer köprüler hakkında bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar genellikle kemer formunun ve yapısal davranışlarının incelenmesi, kullanılan malzemelerin yapısal davranışa etkisi üzerine olmuştur. Bu tez çalışmasında ise Aksaray ilinde bulunan Tarihi Baş Köprü'nün restorasyon öncesi ve restorasyon sonrası durumu için farklı yük ve yük kombinasyonları altında gerçekleştirilen analiz sonuçlarından elde edilen gerilme ve deformasyon bölgeleri belirlenmiştir. Tarihi Baş Köprü, LUSAS(2022) programı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile iki durum için modellenmiş ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, seçilen tarihi kemer köprü üzerinde restorasyon öncesi ve sonrası durumları için elde edilen analiz sonucunda restorasyon etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Tez altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm giriş bölümü olup, literatür taramasına yer verilmiştir. İkinci bölümde, kültürel varlıkların korunmasına ilişkin bilgiler verilmekte olup koruma aşamasında nelere dikkat edileceği üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde, tarihi yığma kemer köprüler hakkında genel bilgiler verilerek tarihçesine değinilmiştir ve bölümün sonunda Aksaray ilinde bulunan örneklerine değinilmiştir. Dördüncü bölümde ise bu tez çalışmasında analizi yapılacak olan Tarihi Baş Köprü' den detaylı bir şekilde bahsedilmiş ve yapının tarihsel gelişimi, mimari dönemi, restorasyon öncesi ve restorasyon sonrası malzeme bilgileri sunulmuştur. Beşinci bölümde öncelikle bu çalışmada kullanılacak olan program hakkında bilgi verilerek seçilen köprünün restorasyon öncesi ve sonrası için oluşturulan modellemeleri üzerinde analizleri gerçekleştirilmiştir. Altıncı bölüm sonuç bölümü olup, kemer köprü üzerinde gerçekleştirilmiş olan restorasyon çalışmalarının köprülerin yapısal davranışına olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır. Tarihi yapıların geri kazanılmasında restorasyon çalışmalarının gerekli olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi Köprüler, Yapısal Analiz, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Doğrusal Analiz, LUSAS, Tarihi Baş Köprü

Ocak, 2023; 114 sayfa

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL FEATURES OF HISTORIC BRIDGES IN AKSARAY: EVALUATION OF RESTORATION WORKS ON THE HISTORICAL BAŞ BRIDGE

Naciye Münevver ÖZDEMİR

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Ali URAL

ABSTRACT

Many studies have been carried out on historical arch bridges. These studies have generally focused on the examination of the arch form and its structural behavior, and the effects of the materials used on the structural behavior. In this thesis, the stress and deformation zones obtained from the analysis results performed under different load and load combinations for the pre-restoration and post-restoration condition of the Historical Baş Bridge in Aksaray were determined. Historical Baş Bridge has been modeled and analyzed for two cases with the finite element method using the LUSAS (2022) software. For this purpose, it is aimed to examine the effects of restoration as a result of the analysis obtained for the pre-restoration and post-restoration conditions on the selected historical arch bridge.

The thesis consists of six chapters. The first chapter is the introduction and literature review is included. In the second part, information about the protection of cultural assets is given and it is focused on what should be considered during the protection phase. In the third chapter, general information about the historical masonry arch bridges is given and their history is mentioned and at the end of the chapter, the examples in Aksaray province are mentioned. In the fourth chapter, the Historical Baş Bridge, which will be analyzed in this thesis, is mentioned in detail and the historical development of the building, its architectural period, pre-restoration and post-restoration material information are presented. In the fifth chapter, firstly, information about the program to be used in this study was given and the analysis of the selected bridge was carried out on the models created for the pre-restoration and post-restoration. The sixth chapter is the conclusion, and it has been concluded that the restoration works carried out on the arch bridge have positive effects on the structural behavior of the bridges. It has been observed that restoration works are necessary for the recovery of historical buildings.

Keywords: Historical Bridge, Structural Analysis, Finite Element Method, Linear Analysis, LUSAS, Historical Baş Bridge

January, 2023; 114 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Kemer elemanları	24
Şekil 3. 2. Köprü elemanları	25
Şekil 3. 3. Köprüde kullanılan kemer formları	26
Şekil 3. 4. Dairesel kemer formu	27
Şekil 3. 5. Basık kemer formu	27
Şekil 3. 6. Sivri kemer formu	28
Şekil 3. 7. Cendere Köprüsü	29
Şekil 3. 8. Misis Köprüsü	30
Şekil 3. 9. Uzun Köprü	31
Şekil 3. 10. Akköprü	32
Şekil 3. 11. Aksaray ili merkezinde bulunan köprüler.....	33
Şekil 3. 12. Nakkaş Köprüsü.....	34
Şekil 3. 13. Debbağlar Köprüsü.....	35
Şekil 3. 14. Yaprakhisar Köprüsü	35
Şekil 3. 15. Karasu Köprüsü.....	36
Şekil 3. 16. Kalanlar Köprüsü.....	36
Şekil 4. 1. Baş Köprü'nün Gertrude Bell tarafından 1907 yılında çekilmiş bir fotoğrafı	37
Şekil 4. 2. Baş Köprü görünüşü.....	38
Şekil 4. 3. Baş Köprü plan görünüşü.....	39
Şekil 4. 4. Baş Köprü rölöve kesit.....	40
Şekil 4. 5. Baş Köprü restorasyon kesit	40
Şekil 4. 6. Restorasyon öncesi köprüye sonradan eklenmiş betonarme konsollu döşeme ve sıcak asfaltlı yol	41
Şekil 4. 7. Restorasyon öncesi ana kemer yapısında meydana gelen çatlaklar	42
Şekil 4. 8. Restorasyon öncesi ana kemer yapısında meydana gelen çatlaklar	42
Şekil 4. 9. Restorasyon öncesi durumda köprüde meydana gelen bitkilenmeler	43
Şekil 5. 1. Restorasyon öncesi durum için oluşturulan sonlu elemanlar modeli.	45
Şekil 5. 2. Restorasyon sonrası durum için oluşturulan sonlu elemanlar modeli.	45
Şekil 5. 3. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, deplasman renklendirmesi.....	49
Şekil 5. 4. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.....	49
Şekil 5. 5. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.....	50
Şekil 5. 6. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.....	50
Şekil 5. 7. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, çekme şekil değiştirmesi.....	51
Şekil 5. 8. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.....	51
Şekil 5. 9. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, kayma şekil değiştirmesi.....	51
Şekil 5. 10. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, deplasman renklendirmesi.....	52

Şekil 5. 11. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	52
Şekil 5. 12. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	53
Şekil 5. 13. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	53
Şekil 5. 14. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, çekme şekil değiştirmesi.	54
Şekil 5. 15. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.	54
Şekil 5. 16. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, kayma şekil değiştirmesi.	54
Şekil 5. 17. Türkiye deprem tehlike haritasına girilen veriler.	55
Şekil 5. 18. TBDY 2018 Tarihi Baş Köprü'nün konumu periyot-spektral ivme grafiği	55
Şekil 5. 19. Restorasyon öncesi durum için TBDY, 2018'e göre taban kesme kuvveti hesabı.	56
Şekil 5. 20. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	57
Şekil 5. 21. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	57
Şekil 5. 22. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	58
Şekil 5. 23. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	58
Şekil 5. 24. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	59
Şekil 5. 25. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	59
Şekil 5. 26. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	59
Şekil 5. 27. Kamyon tekerlek aralıkları ve ağırlık dağılımı.	60
Şekil 5. 28. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	60
Şekil 5. 29. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	61
Şekil 5. 30. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	61
Şekil 5. 31. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	62
Şekil 5. 32. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	62
Şekil 5. 33. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	62
Şekil 5. 34. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	63
Şekil 5. 35. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	63
Şekil 5. 36. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	64

Şekil 5. 37. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	64
Şekil 5. 38. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	65
Şekil 5. 39. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	65
Şekil 5. 40. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	66
Şekil 5. 41. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	66
Şekil 5. 42. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	66
Şekil 5. 43. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	67
Şekil 5. 44. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	67
Şekil 5. 45. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	68
Şekil 5. 46. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	68
Şekil 5. 47. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	69
Şekil 5. 48. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	69
Şekil 5. 49. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	69
Şekil 5. 50. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	70
Şekil 5. 51. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	70
Şekil 5. 52. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	71
Şekil 5. 53. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	71
Şekil 5. 54. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	72
Şekil 5. 55. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	72
Şekil 5. 56. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	73
Şekil 5. 57. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	73
Şekil 5. 58. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	74
Şekil 5. 59. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	74
Şekil 5. 60. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	74
Şekil 5. 61. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	75

Şekil 5. 62. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtl yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	75
Şekil 5. 63. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtl yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	76
Şekil 5. 64. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtl yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	76
Şekil 5. 65. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtl yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	76
Şekil 5. 66. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, deplasman renklendirmesi.	77
Şekil 5. 67. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	78
Şekil 5. 68. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	78
Şekil 5. 69. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	79
Şekil 5. 70. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, çekme şekil değiştirmesi.	79
Şekil 5. 71. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.	79
Şekil 5. 72. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, kayma şekil değiştirmesi.	80
Şekil 5. 73. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, deplasman renklendirmesi.	80
Şekil 5. 74. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	81
Şekil 5. 75. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	81
Şekil 5. 76. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	82
Şekil 5. 77. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, çekme şekil değiştirmesi.	83
Şekil 5. 78. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.	83
Şekil 5. 79. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, kayma şekil değiştirmesi.	83
Şekil 5. 80. Restorasyon sonrası durum için TBDY, 2018'e göre taban kesme kuvveti hesabı.	84
Şekil 5. 81. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	85
Şekil 5. 82. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	85
Şekil 5. 83. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	86
Şekil 5. 84. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	86
Şekil 5. 85. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	87
Şekil 5. 86. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.	87

Şekil 5. 87.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	87
Şekil 5. 88.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, tasarım kamyonun yerleşimi.	88
Şekil 5. 89.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	88
Şekil 5. 90.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	89
Şekil 5. 91.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	89
Şekil 5. 92.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	90
Şekil 5. 93.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	90
Şekil 5. 94.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	90
Şekil 5. 95.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	91
Şekil 5. 96.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	91
Şekil 5. 97.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	92
Şekil 5. 98.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	92
Şekil 5. 99.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	93
Şekil 5. 100.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	93
Şekil 5. 101.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	94
Şekil 5. 102.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	94
Şekil 5. 103.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	94
Şekil 5. 104.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	95
Şekil 5. 105.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	95
Şekil 5. 106.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	96
Şekil 5. 107.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	96
Şekil 5. 108.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	97
Şekil 5. 109.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	97
Şekil 5. 110.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	97
Şekil 5. 111.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	98

Şekil 5. 112.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	98
Şekil 5. 113.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	99
Şekil 5. 114.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	99
Şekil 5. 115.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	100
Şekil 5. 116.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	100
Şekil 5. 117.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	101
Şekil 5. 118.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	101
Şekil 5. 119.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtlık yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	102
Şekil 5. 120.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtlık yükü analizi, deplasman renklendirmesi.	102
Şekil 5. 121.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtlık yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.	102
Şekil 5. 122.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtlık yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.	103
Şekil 5. 123.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtlık yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.	103
Şekil 5. 124.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtlık yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.	104
Şekil 5. 125.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtlık yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.	104
Şekil 5. 126.	Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıtlık yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5. 1. Sonlu elemanlar modellerinin düğüm ve eleman sayısı.	44
Çizelge 5. 2. Restorasyon öncesi durum için dikkate alınan malzeme özellikleri.....	45
Çizelge 5. 3. Restorasyon sonrası durum için dikkate alınan malzeme özellikleri....	46
Çizelge 6. 1. Restorasyon öncesi ve sonrası için analiz sonuçları tablosu.	105



SİMGELER VE KISALTMALAR

F	Frekans
Hz	Hertz
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
kN	Kilo Newton
m	Metre
MAC	Modal Güvence Ölçütü
mm	Milimetre
MPa	Mega Pascal
N	Newton
OMA	Operasyonel Modal Analiz
Pa	Pascal
Sn	Saniye
T	Periyot
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
m³	Metre Küp

1. GİRİŞ

Tarihi yapılar tüm dünya için kültürel bir mirastır. Bu eserler bize o dönemki toplumların sosyal ve kültürler değerlerini yansıtan bir belge niteliği taşır. Bu nedenle tarihi yapıları yeniden işlevlendirmek, günümüzde kullanılması için önemli bir amaca hizmet edebilmektedir. Fakat söz konusu yapılara olan müdahalelerin doğru bir şekilde yapılması ile günümüze aktarımı sağlanmalıdır. Çünkü bu eserler geçmiş ile gelecek arasındaki bağlantıyı yaparak gelecek nesillere aktarmaktadır. Bu yapılar geçmişteki toplumların kültürel değerleri ve sosyo-ekonomik durumları hakkında bilgi sahibi olmamıza ışık tutmaktadır.

Ülkemiz coğrafi konumundan birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olup, bunlara bağlı olarak birçok korumaya değer kültürel yapıya sahiptir. Yıllardır hemen hemen tüm dünyada özenle yapılan koruma işlemleri, son zamanlarda daha da yasallaştırılarak amaca uygun olması ve onarım bilincini kaybetmemesi için gözetim altına alınmıştır. Nitekim bu yapıtlar sadece ülkemizi değil tüm dünyayı ilgilendirmektedir. Bu yüzden her ülke kendi koruma prensiplerini ve koruma vakıfları, kuruluşları oluşturmuştur.

Günümüzde bilinçsizce yapılan onarım ve iyileştirme çalışmaları ne yazık ki bugün birçok tarihi yapının yok olmasına ve kullanılamaz duruma gelmesine sebep olmuştur.

İnsan ve mekân arasındaki bağ, söz konusu yapıları statik bir kavram olmaktan çıkartıp, dinamik bir niteliğe dönüştürmektedir. Bir mekânın oluşumunu ve işlevini etkileyen söz konusu kullanıcının ihtiyaçlarının iyi belirlenmesi ve yapının uygunluğunun iyi irdelenmesi gerekmektedir.

Kültürel ve doğal mirasımız olan mekân ve yapıların korunması, günümüzde mücadele edilmesi gereken bir hal almıştır. Kültürel ve doğal kaynakların korunması için etkili önlemlerin alınması gerekmektedir. Çünkü yapıların mevcut halinin korunması, çevresel koşullara uygun olarak düzenlenmesi ve inşa edilmesi içerisinde bulunduğu ya da yaratıldıkları dönem veya dönemlerin teknolojik, ekonomik, kültürel, sosyal ve fiziksel değerlerinin günümüze taşınabilmesi için oldukça önemlidir (Kuloğlu, 1994).

Diğer bir ifadeyle tarihi çevreler, yaratıldıkları dönem ya da dönemlerin teknolojik, ekonomik, kültürel, sosyal ve fiziksel şartları sonucunda oluşmuştur. Bu sebeple tarihi çevrelerin korunması ile kendilerini oluşturan bu şart ve değerlerinin tamamının yaşatılması, geliştirilmesi ve korunması mümkün olmaktadır. Tarihi yapıların bütün dünya için “kültürel miras” değeri düşünüldüğünde ve yapıldığı dönemin değerlerini yansıttığı göz önünde bulundurulduğunda; günümüzde tarihi yapıların restorasyona uğrayarak yenilenmesi ya da yeni bir işlevle tekrar kullanılmasının önemi anlaşılmaktadır.

Tarihi yapıların genellikle onarım sonrası çöküntüye uğramasındaki en önemli faktör ekonomik kaynakların iyi saptanamaması ve kullanıcı ihtiyaçlarının göz ardı edilmesidir. Çünkü tarihi nitelik taşıyan bir yapının temelde ekonomik olarak daha uygun görünüyorsa da, doğru ve akılcı bir çözüm için bütçenin iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada ele alınan konu, korumaya değer yapılarda yeniden işlevlendirme süreci ve gerçekleştirilen restorasyon çalışmalarının yapısal davranışa etkilerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla Aksaray ilinde seçilen Tarihi Baş Köprü'nün restorasyon öncesi ve sonrası durumunun modelleri üzerinde analizler gerçekleştirilerek restorasyon etkilerinin izlenmesi ana çıkış noktasıdır.

1.1. Literatür Taraması

Fanning ve Boothby (2001) çalışmalarında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak üç taş köprüyü üç boyutlu olarak modellemişlerdir. Köprülerin işletme yükleri altındaki sonlu eleman modellerinin statik analizi yapılmış ve bu modellerden elde edilen sonuçlar köprünün test sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Aoki vd. (2004) Japonya'daki Rakanji taş kemer köprüsünün deneysel, teorik ve dinamik bir analizini yaptılar. Bunun için öncelikle köprü malzemesinin sonlu elemanlar modeli oluşturmak için gerekli olan mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik testler yapılmıştır. İkinci olarak köprünün sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve yapılan analizler sonucunda köprünün teorik titreşim modları ve doğal frekansları hesaplanmıştır. Daha sonra köprüde çevresel titreşimlerin neden olduğu ivmelerin ölçümleri yapılmış ve bu deneysel veriler yardımıyla köprünün deneysel dinamik

özellikleri belirlenmiştir. Son olarak, elde edilen deneysel ve teorik dinamik özellikler karşılaştırılmıştır.

Ural (2005) bu çalışmada Trabzon ili Maçka yakınlarında bulunan Çoşandere (Kınalı) Köprüsü SAP2000'de modellenmiş, önce statik olarak modellenmiş, ardından modelin deprem sırasındaki lineer elastik davranışı ve depremin neden olduğu gerilme ve şekil değiştirme incelenmiştir. Bu amaçla Elentro'daki 1940 depreminin ivme kaydından elde edilen modelin sismik davranışı incelenmiştir. Günümüzde en uygun yöntemlerden biri olarak kabul edilen sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır.

Brencich ve Sabia (2008) bu çalışmada 1866 yılında inşa edilen tarihi Tanaro Köprüsü üzerinde köprünün malzeme özelliklerini belirlemek için ileri akış, akustik ve Schmidt darbe testleri yapılmıştır. Malzemelerin test edilmesi sırasında elde edilen veriler kullanılarak köprünün teorik bir modeli oluşturulmuş, titreşim modları ve doğal frekanslar elde edilmiştir. Köprü daha sonra, tüm köprüdeki her bir durum için doğal frekansları, sönümlleme faktörlerini ve mod şekillerini, iki açıklığını ve dolgu duvarların yokluğunu belirlemek için dinamik olarak test edilmiştir. Bu çalışma sonucunda dinamik testler kullanılarak köprünün dinamik özelliklerinin belirlenmesi için köprünün büyük bir bölümünün ölçülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bayraktar vd. (2009) çalışmalarında, Kömürhan Köprüsü'nün Sonlu Eleman Model İyileştirmesi çalışmasında; Malatya-Elazığ karayolu üzerinde bulunan Kömürhan Köprüsü'nün dinamik karakteristikleri SAP2000 programı kullanarak analitik olarak modellenmiştir. Çalışma sonucunda, analitik ve deneysel olarak elde edilen dinamik analizler birbiriyle karşılaştırılmış, malzeme mekanik özellikleri ve sınır değerlerinde ki değişimler dikkate alınarak köprünün mevcut durumunu yansıtan gerçek sonlu eleman modeli elde edilmiştir.

Birinci (2010) bu çalışmada dinamik performans olarak bilinen taş kemer köprülerin doğal frekanslarının, mod şekillerinin ve sönümlleme faktörlerinin deneysel ve teorik olarak belirlenmesi ve köprülerin sonlu eleman modellerinin operasyonel modal analiz yöntemi kullanılarak iyileştirilmesi amaçlanmaktadır.

Oliveira vd. (2010) çalışmalarında, 59 Tarihi Yığma Yapı üzerinde yaptıkları çalışmada tarihsel ampirik kurallar kısaca sunulmaktadır. Geometrik sonuçların

ayrıntılı bir tartışmasından yola çıkarak kemer geometrisi, dolgu kalınlığı ve fiziksel özelliklerin nihai yük taşıma açısından büyük önem taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ramos vd. (2010) çalışmalarında, Portekiz'deki Mogadouro Saat Kulesi ve Lizbon'daki Jeronimos Manastırı Kilisesi'nin modal ve yapısal tanımlanmasına ilişkin iki yapı incelemesini ele almışlardır. Bu yapılar, Minho Üniversitesi tarafından titreşim, sıcaklık ve bağıl hava nemi sensörleri ile izlenmiştir. Modal parametreleri tahmin etmek için operasyonel modal analiz yöntemi kullanılmıştır. Amaç, yığma yapılarda hasar değerlendirmesi gerçekleştirmektir. Tarihi yapıların korunmasına yardımcı olan bir koruma izleme sürecinin bir parçası olarak titreşim kayıtları ile erken aşamada yapı hasarları belirlenmektedir. Çalışma, izlenme sisteminin kurulumunu, sistem tanımlamasını ve belirlenen mod parametreleri üzerindeki ortamın etkisinin araştırılmasını içeren dinamik analiz adımlarını sunulmaktadır.

Aras vd. (2011) çalışmalarında, İstanbul'da 1861-1865 yılları arasında inşa edilmiş tarihi bir kagir sarayın modal özelliklerinin belirlenmesini sunmaktadır. Hem deneysel hem de sayısal bir çalışma yapılmıştır. Deneysel çalışma ortam titreşim araştırmasına dayalıyken, sayısal analiz yapının sonlu elemanlar modelinden faydalanılmıştır. Deneysel çalışmanın sonuçları en şüpheli parametre olan, duvarın elastik modülü, basit işlemlerle sayısal model ile deneysel sonuçlarla kalibre edilmiştir. Deneysel ve sayısal analizler arasında iyi bir tutarlılık elde edilen çalışma, sarayın dinamik özelliklerini ortaya çıkarılmıştır.

Callaway vd. (2012) çalışmalarında, yığma kemer köprülerde dolgu malzemesinin etkisini araştırmışlardır. Bu araştırma kapsamında 27 adet küçük ölçekli köprüler üzerinde deneysel yapılmıştır. Yapılan deneysel testler analiz yazılım ile karşılaştırılarak dolgu malzemesinin köprü taşıma kapasitesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Pastor vd. (2012) çalışmalarında, Modal Güvence Ölçütü'nün (MAC) mod şekillerinin ayrıklığının tayini amacıyla kullanımını incelemişlerdir. Çalışmaya göre MAC; istatistiksel bir gösterge olup mod şekilleri arasındaki tutarlılık derecesini belirleyen bir parametre olarak değerlendirilmekte ve sayısal değeri 0 ile 1 arasında sınırlandırılmaktadır.

Milani ve Lourenço (2012) yığma kemer köprülerin statik davranışı bir 3D aracılığıyla sayısal olarak analizini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma için deneysel olarak iki gerçek ölçekli yığma köprü için gerçekleştirilmiştir. Hem 2D hem 3D limit analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte dolgunun neden olduğu güçlendirme etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak 3D modelleme sadece eğik geometriler ve simetrik olmayanlar için geçerlidir.

Korkmaz vd. (2013) Taş kemer köprülerin sismik direncini belirlemek için yapılan çalışmalarda, 19-20. Yy. Osmanlı döneminden kalma tarihi Timisvat Köprüsü'nü ele aldılar. Tarihi köprü sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmiş ve model üzerinde deprem ivme kayıtları ve zaman tarihçesi ile dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. En yüksek gerilim değerleri Kobe depreminden, en düşük sonuçlar ise Anze depreminden alınmıştır. Yer değiştirme sonuçları karşılaştırıldığında en büyük yer değiştirme Kobe depreminde, en küçük yer değiştirme ise Anze depreminde meydana gelmiştir.

Sarhosis vd. (2014) eğiklik açısının yük taşıma üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılan Sonlu Eleman Yöntemi 28 farklı geometride tek açıklıklı taş kemer köprüler modellenmiştir. Kemerler üzerine yükleme yapılarak çökme değerlerinde karşılık çatlak gelişimi ve düşey sehim profili kaydedilmiştir. Sonuç olarak eğiklik açısının yığma kemerlerin taşıyabileceği nihai yük kapasitesi üzerindeki etkisinin fazla olduğudur.

Genç (2015) bu çalışmada köprü restorasyonu üzerine tarihsel araştırmanın köprülerin yapısal davranışları üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu amaçla seçilen kemer köprüünün restorasyon öncesi ve sonrası durumunu analiz ederek restorasyonun etkilerini analiz etmeyi amaçlamıştır.

Ataei vd. (2016) seksen yıllık bir tarihi yığma köprüünün kapasite değerlendirilmesi yapılmıştır. 40m uzunluğunda 30m yüksekliğinde ana açıklığın deplasman ölçümü 0,01mm hassasiyetle gerçekleştirilmiştir. Yer değiştirme sonuçlarına göre sonlu eleman modeli güncellenmiştir. Düzenlenen model üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda köprüünün mevcut durumda hizmet verebileceği kararlaştırılmıştır.

Costa vd. (2016) çalışmalarında, bir ortam titreşim testinden tahmin edilen dinamik modal parametreleri kullanarak taş duvar kemerli bir demiryolu köprüsünün sayısal modelinin kalibrasyonu yapılmıştır. Geliştirilen 3B sayısal model, köprü yapısal bileşenlerinin ve malzemelerinin deneysel mekanik özelliklerinde göre sonlu elemanlar yöntemi ile teorik model oluşturulmuştur. Köprü modellemesinde köprü dinamik ölçümlerinden yararlanılmıştır. Güncellenmiş köprü malzemesi özelliklerinin parametreleri doğrulanması, malzeme testinin sonuçlarına, mevcut köprü tasarım verilerine ve ortam titreşim testlerine dayanmaktadır. Köprü model kalibrasyonu ile teorik modelin gerçek yapıyı temsil etmesi sağlanmıştır.

Alparslan vd. (2017) bu çalışmada Ordun ilçesi Ulubey semtinde bulunan 15.5 m uzunluğunda ve 4.75 m genişliğindeki tarihi tek açıklıklı Sarp Dere köprüsünün dinamik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Tek açıklıklı tarihi bir köprünün modal parametrelerini elde etmek için teorik ve deneysel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Tarihi taş köprünün modal parametrelerini elde etmek için deneysel bir yöntem olarak, operasyonel modal analiz yöntemi kullanılmıştır. Pilot çalışmada, köprüdeki kritik noktalara hassas üç eksenli ivmeölçerler yerleştirilmiş ve ivmeölçerlerden elde edilen kayıtlar kullanılarak yapının doğal frekansları, mod şekilleri ve sönümlleme faktörleri belirlenmiştir. Teorik analiz sürecinde ANSYS programı kullanılarak yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modeli oluşturulmuş ve tarihi köprünün doğal frekansları ve titreşim modları elde edilmiştir. Daha sonra deneysel ve teorik olarak elde edilen salınımların doğal frekansları ve modları karşılaştırıldı. Tarihi köprü, tarihi taş köprünün sonlu eleman modelinde varsayılan malzeme özellikleri ve sınır koşulları gibi belirsizlikleri en aza indirerek iyileştirilmiştir. Çalışma sonucunda deneysel ve teorik analizlerde elde edilen sonuçlar arasında önemli farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır.

Zhang vd. (2018) çalışmalarında, yığma kemer köprüler, kemer, yan duvarlar ve dolgu malzemesi dâhil olmak üzere farklı yapısal ve yapısal olmayan bileşenler arasındaki etkileşim tarafından belirlenen karmaşık bir üç boyutlu davranış sergilediğini savunmaktadır. Bu çalışma, kemer gövdesinin orta ölçekli bir tanımını dolgu ve köşebent duvarlar için plastisiteye dayalı bir süreklilik yaklaşımıyla birleştiren, yığma kemer köprülerin dikey yükleme altındaki davranışları incelemek için gelişmiş bir

sonlu eleman stratejisi sunmaktadır. Sonlu eleman modeli mevcut deneysel laboratuvar test sonuçlarıyla doğrulanmıştır.

Barbieri (2019) bir tarihi yığma kemer köprü üzerinde yaptığı çalışmada yığma köprülerin sismik durumunu değerlendirmek için iki metodu karşılaştırmıştır. Tarihi yığma kemer köprü modellenerek üzerinde doğrusal olmayan statik analiz yapılmıştır. Köprü üzerinde ilgili mekanik parametreler (yapı geometrisi ve yapı malzeme özellikleri) ve sismik parametreler üzerinden yapılan çalışmalar olasılık değerleri ilişkilendirilmiştir.

Cevahir (2019) çalışmada, Roma döneminden Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemine kadar uzanan tarihi taş köprülerin tarihsel süreçleri ve değişimleri, kullanılan malzemeler, yapım yöntemleri ve tasarım özellikleri çeşitli örnekler üzerinden kronolojik sırayla incelenmiştir.

Demir (2019) çalışmada, Diyarbakır İli Merkez Sur İlçesi'nde Dicle Nehri üzerinde bulunan tarihi Dicle (On Göz) Köprüsü modellenerek tarihi bir yapının mevcut sismik performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Zaman tanım alanında yapılan analizler sonucunda her bir deprem kaydının yer değiştirme ve gerilme değerleri ile elde edilen sonuçlar birbiriyle karşılaştırılarak köprünün sismik davranış sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Özkaya (2019) çalışmada, tarihi taş yapıların inşası sırasında düşey doğrultuda etkiyen statik yükleri ele almaktadır. Ancak taş yapılar da sismik etkilerle zarar görebilir veya yok olabilir. Tarihi yığma yapıların güvenli bir şekilde korunması ve geleceğe taşınması için deprem performansı sağlanmalıdır. Yığma yapıların sismik yükler altındaki davranışını tahmin etmek için bina özelliklerinin değerlendirilmesine dayalı analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, performansa dayalı analiz yöntemlerinden biri olan “akma spektrumu yöntemi” kullanılarak tek açıklıklı tarihi taş kemer köprülerin performansının analiz edilmesidir.

Palatsu vd. (2019) çalışmalarında, gelişmiş modelleme stratejilerini kullanarak yığma kemer köprülerin yapısal davranışının daha iyi anlaşılmasını sağlamayı amaçlanmaktadır. İlk olarak yığma kemer köprüler modellenerek analizler

gerçekleştirilmiştir. Analizler neticesinde duvar kırılmalarından kaynaklı ciddi kapasite düşüşü ve zemin dolgusunun önemi gösterilmiştir.

Scozzese vd. (2019) çalışmalarında, Orta İtalya’da bulunan Aralık 2013’te şiddetli bir sel sırasında temel oyulması nedeniyle yedi açıklıktan ikisinin yıkıldığı çok açıklı bir yığma kemer köprüsü olan Rubbianello Köprüsü’nü ele alarak yığma kemer köprülerinde sel kaynaklı oyulma sorunu incelenmektedir. Çalışmanın iki amacı vardır: Sayısal bir modelle 2013 yılında köprünün yıkılmasına neden olan oyulma seviyesi ve buna karşılık gelen çökme mekanizması ile birlikte köprünün mod özelliklerinin (titreşim frekansları ve mod şekilleri) farklı oyulma seviyelerine duyarlılığının değerlendirilmesidir. Doğrusal olmayan üç boyutlu bir köprü modeli oluşturularak model elastik özellikleri, köprünün kalan kısmında operasyonel modal analiz (OMA) ile gerçekleştirilen dinamik parametreler kullanılarak teorik model kalibre edilmiştir. Çalışma sonucunda hem köprünün çökmesinin nedeni hem de OMA’nın köprü oyulmasının izlenmesi için uygunluğu hakkında faydalı bilgiler sunulmuştur.

Avşin (2020) çalışmada, günümüzde kabul gören koruma yaklaşımı kapsamında; Bir kültür varlığının korunması için ileri sürülen iddiaların başarılı olup olmadığını ve Dünya Mirası statüsü için gerekli olan üstün evrensel değerlerden biri olan özgünlük kriterini ne ölçüde karşıladığını belirlemeyi amaçlamıştır.

Okuyucu ve Kanbur (2020) çalışmalarında, tarihi bir yığma köprünün restorasyon öncesinde, esnasında ve sonrasında operasyonel modal analiz yöntemi ile modal analiz parametreleri incelemişlerdir. Köprünün tüm deneysel modal analizleri tüm restorasyon aşamaları için aynı verilmiştir. Fakat köprüde gözle görülür herhangi bir hasar yokken restorasyondan iki yıl sonraki ölçümde köprünün tempan duvarlarında hasar meydana geldiği görülmüştür. Sonuç olarak ise operasyonel modal analiz yöntemi ile hasarların önceden tespit edilebileceği kanısına varılmıştır.

Onat (2020), literatürden derlediği 22 adet tarihi yığma köprü için deneysel olarak elde edilen doğal titreşim frekanslarını sunmuştur. Bununla birlikte literatürde bulunan doğal titreşim frekansı için önerilen deneye dayalı formülleri derlemiştir. Bu bilgiler ışığında tarihi yığma köprülerin fiziksel özelliklerine göre doğal titreşim frekansını veren deneysel bir formül üretmiştir.

Sözen ve Çavuş (2020) çalışmalarında, Tarihi Yılanlı (Leylekli) Kemer Köprüsü'nün özgün ve değişime uğramış formu üzerinde 3D model olarak ANSYS programında modellenmiştir. Her iki model üzerinde statik ve zaman tanım alanında analizler gerçekleştirilerek gerilme deformasyonları irdelenmiştir. Gerek statik gerekse dinamik verilerden elde edilen sonuçlara göre değişime uğramış kemer köprü modelinin daha az zorlandığı sonucuna varılmıştır.

Artan (2021) çalışmada, Muş ilinde bulunan tarihi Murat Köprüsü'nün gerilme ve gerinim bölgeleri çeşitli analizler kullanılarak belirlenmiştir. Tarihi Murat Köprüsü ANSYS programı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile modellenip analiz edilmiştir. Bu analizlere dayanarak, tarihi köprünün gerilme ve gerinim bölgeleri belirlenmiştir.

Kanbur (2021) bu çalışmasında, Erzurum il sınırları içerisinde yer alan tarihi Pehlivanlı (Kireçli) Köprüsü dinamik davranış parametrelerinin restorasyon öncesi, restorasyon sonrası dönemlerde operasyonel modal analiz yöntemi ile deneysel olarak elde edilmesi ve incelenmesinde dair bir çalışma yapılmıştır. Pehlivanlı (Kireçli) Köprüsü mod şekillerinin restorasyondan yaklaşık iki yıl sonra tempan duvar hasarına bağlı olarak değiştiği operasyonel modal analiz uygulaması ile tespit edilmiştir. Hasarın onarımı sonrasında modal davranış parametrelerinin restorasyondan hemen sonraki hasarsız durumla özdeş hale getirmediği belirlenmiştir. Çalışma neticesinde periyodik olarak gerçekleştirilecek operasyonel modal analiz uygulaması ile deneysel olarak elde edilecek dinamik davranış parametreleri üzerinden tarihi köprülerin yapı sağlığı takibinin yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yılmaz (2022) bu çalışmasında, köprülerin bu özelliklerinden yola çıkarak ülkemizdeki tarihi köprüler hakkında genel bir araştırma yapılmış olup ardından sayısal çalışma amacıyla Murat Bey Köprüsü dikkate alınmıştır. Köprü üç boyutlu olarak SAP2000 sonlu eleman programı yardımıyla modellenmiş ve modellemede makro modelleme yöntemi esas alınmıştır. Öncelikle köprünün kendi ağırlığı altında statik analizler yapılmıştır. Daha sonra köprünün sismik değerlendirilmesi için zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi kullanılmıştır.

2. RESTORASYON ÇALIŞMALARI

2.1 Tarihi Çevre Kavramı

Tarihi çevre, önceki medeniyetlerden kalan, genellikle yerleşim alanlarını kaplayan ve taşınamayan kalıntıların bulunduğu çevrelerdir. İnsanlık tarihinde yerleşik yaşama geçildiğinden bu yana, yaşam alanlarında ve yerleşim yerlerinde mutlak suretle taşınamaz ve taşınabilir nesneler, bir iz ya da bir kalıntı bırakmıştır. Taşınamaz olanlar genel olarak kültür ve müze varlıklarının sorumluluğunu alan ünitelere bağlı olarak gezi alanları ve sergileme alanı gibi koruma altındaki yerleşim yerlerinde; taşınabilir olanlar ise müzelerde sergilenmektedir. Günümüzde halen varlığını sürdüren ve arkeolojik kazılarla ortaya çıkarılmış bu alanlar devlet tarafından “sit alanı” olarak değerlendirilmekte ve tarihi dokunun korunması amaçlanmaktadır (Hacısalıhoğlu, 2013).

Tarihi çevre, daha önceki medeniyetlerde yaşayan insanların günümüze bıraktıkları eserler, kalıntılar ve diğer hayat alanlarından oluşmaktadır. Kendi başına anıt oluşturmayan, ancak bir arada görsel, geleneksel ve tarihi değer taşıyan kentlerin ve kasabaların kendilerine özgü niteliklerini belirleyen bütün unsurların birlikte değerlendirilmesi tarihi çevre olarak tanımlanmaktadır (Akçura, 1973).

Tarihi çevre de genel olarak “sit” alanları kastedilmekte ancak arkeolojik, tarihi ve kırsal sitler de tarihi çevre kapsamında değerlendirilmektedir. Eski mahalle ve kentlerin incelenmesi, günümüzü ve kendimizi tanımaya ve anlamaya yardımcı olmaktadır. Önceki medeniyetlerin estetik duyarlılığı, yaşam felsefesi, ekonomik ve sosyal yapısı tarihi çevrelerde saklıdır. Çünkü bu çevreler insan ölçüsüne göre düzenlenmiş olmasıyla öğretici nitelik taşımaktadır. Ayrıca geçmişe yönelik bir merak uyandırmakta; geçmişe yolculuk imkânı tanımaktadırlar (Ahunbay, 2009).

Tarihi kent mekânları veya tarihi çevre, bir nevi “açık hava müzesi” fonksiyonu görmektedir. Önceki medeniyetlere ait yapıım teknikleri, gelenekleri ve hayat koşullarının izlerinin sürülmesinde önemlidirler. Ayrıca her türlü ulaşım, çevre, bina, teknik ulaşım gibi imkân ve aracın hızlı bir şekilde geliştiği ve değiştiği dünyada tarihi çevre, geçmişte içinde bulunulan çevre hakkında bilgi vermektedir.

Tarihi çevreler folklorik değerleri korumakta; estetik önemleri ve arkeolojik tarihleri nedeniyle de korunmaları gerekmektedir. Bu sebeple ülkelerin çoğu özgün iç donanımları ile korunan küçük müze-kentler olarak sanayi çağından geçmişe direkt bir bakış açısı vermektedir. Ayrıca tarihi çevreler (Ahunbay, 2009);

- Her geçen gün kaybolmaya daha da yaklaşan kültürel miraslar ve doğal değerler olması açısından oldukça önemlidir. Çünkü asırlardır üzerinde yaşadığımız, kirlettiğimiz ve kullandığımız her şey, bugün yok olmak ve tükenmek üzeredir. Geçmişinden kopuk yaşayan toplumlar, benliklerini yitirmektedir.
- Bu bağlamda biyolojik çeşitlilik, doğal alanların korunması, hem insanlık hem de doğadaki diğer canlılar açısından oldukça önemlidir. Tarihi çevre ve doğal alanların tahrip olması ve yok olmasından en çok etkilenecek olanlar insanlardır ve bu nedenle dünya ülkeleri bozulmuş ve yeniden düzenlenebilir alanlar ve henüz bozulmamış alanların korunması için çabalamaktadır.
- Tarihi çevrede bulunan yapılar, duvar resmi gibi bezemelerin kalitesi, ahşap oymacılığı, yapım teknikleri, mekân tasarımları ve mimarlık üslupları gibi unsurlarıyla bölgenin mimari kimliğini tanımlayan tarihi verilerdir ve oldukça önemlidirler. Bu nedenle mekân ve zamandan soyutlanmış olarak müzelerde gösterilen unsurlar yerine, yaşayan ve ayakta duran bir kent ya da köyün unsurları olan binalar ve onların unsurlarını çevrenin bütünlüğünü kavramak ve özgün konumda görmek açısından tarihi çevreler önem arz etmektedir.

Kendine özgü karakteristik unsurları ve orijinal yönlerini koruyabilen tarihi çevre unsurları, halk sanatının da tanınması ve yerinde görülmesi açısından oldukça önemlidir ve öğretici nitelik taşımaktadır. Günümüzde dokumacılık, saraçlık, gümüş işlemeciliği ve bakırcılık gibi sanatların tarihi kentlerde, geleneksel ortam içinde bulunduğu oldukça dikkat çekici olmakta; bu sanatların yaşatılması için de tarihi çevreler önem arz etmektedir.

2.2 Koruma Kavramı, Amacı, Önemi ve Gerekliliği

Korumak, “bir şeyi dış etkilere, tehlikeye, zor bir durumdan uzak tutmak, esirgemek, muhafaza etmek, eskimesini, yıpranmasını önlemek için gereken dikkat ve özeni göstermektir”.

Kentsel bağlamda korumak ise; “kentlerin belli kesimlerinde yer alan çağ bilimsel ve yapıtasarcılık değerleri yüksek yapıtlarla, anıtların ve doğa güzelliklerin kentte bugün yaşayanlar gibi gelecek kuşakların da yararlanması için her türlü yıkıcı, saldırgan ve dokuncalı eylemler karşısında güvence altına alınması” şeklinde ifade edilmektedir (Türk Dil Kurumu, 2019).

“2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu” ise koruma ve korunmayı eş anlamlı olarak ele almakta ve “taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarında muhafaza, bakım, onarım, restorasyon, fonksiyon değiştirme işlemleri; taşınır kültür varlıklarında ise muhafaza, bakım, onarım ve restorasyon işleri” şeklinde tanımlamaktadır (2863 Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, 1983).

Tarihsel yapılar bağlamında koruma kavramı, eski tarihlerden bu yana farklı şekillerde tanımlanmakta; yapılan çalışmalar doğrultusunda nitelik ve anlamı sürekli değişerek genişlemektedir. İlk zamanlar koruma kavramı müzecilikte mumyalama ve örnekleri sakama anlamlarında kullanılırken, günümüzde mimari koruma kavramı haline gelmiş ve boyutları genişlemiştir. Mimari açıdan koruma tarihi yapıların ya da tek bir tarihi yapının bulunduğu bir alanı, farklı tarihi niteliklerinden dolayı korumayı ifade etmektedir. Ayrıca kavram bir tarihi çevreyi, yapı grubunu ya da tek bir yapıyı içinde bulunan şartlara uygun hale getirmeyi ve yeniden işlevlendirmeyi de kapsamaktadır. Koruma kavramı inkâr etmek ve değişimi engellemek kavramlarından temel almakta da; değişimin tamamen engellenmesi imkânsız olduğu için mümkün olan en iyi halde olmasını sağlamak için koruma uygulamaları yapılmaktadır. Bu bağlamda koruma;

- Disiplinler arası bir eylemdir ve korunacak değerlerin devamlılığının sağlanması temeldir.
- Hayatın ihtiyaçları karşılandığı ve çağdaş hayatla bütünleştiği zaman kültürel değerlerin korunması bir anlam taşımaktadır.
- Toplumların gelişmesinde önemli bir araçtır.
- Kamu yararına yapılan bir eylemdir (Kuban, 2000).

Korumacılık yeniye üretirken eskiye saygı duyma, gelecek nesillere aktarma, iyileştirme, düzenleme gibi çeşitli kavramları içermekte; yeni nesillerin tarih hafızasının oluşturulmasında ve desteklenmesinde teşvik edici bir araç olarak kullanılmaktadır.

Kültürel bir gereklilik olan korumanın, kullanma-koruma dengeleri göz ardı edilmeden yapılması gerekmektedir. Çünkü gelecek nesillere aktarılabilmesi ve anıtsal değerlerinin toplumsal ortak miras olarak sürdürülebilmesi için koruma oldukça önemlidir. Koruma bu bağlamda sanat ve tarihi değeri olan kent parçalarının, doğal değerlerin ve yapıların hayatlarını sürdürebilmeleri için gereken önlemleri almak olarak tanımlanmaktadır (Hasol, 1995).

Koruma kavramı, toplumların geçmişteki kültürel değerlerini, ekonomik ve sosyal özelliklerini yansıtan mekânsal/fiziksel yapının toplumlarda yaşanan gelişmeler sürecinde ortadan kalkmasını önleyip, kentli ve kent ile bütünleşerek hayatını sağlamaya odaklıdır. Koruma eylemi, “dün”, “bugün” ve “yarın” içinde barındıracak şekilde “yaşatmak” şeklinde de tanımlanabilmektedir (Kiper, 2006).

Kültürel değerlerin korunması kapsamında kategorilere ayırma, sınıflandırma ve sayma olmak üzere üç metot bulunmaktadır. Kategorilere ayırma metodunda, kültür varlığının genel bir tanımlaması; sınıflandırma metodunda yetkililerce alınan bir karar kapsamında içerikte eserler koruma altındaki kültür varlıkları; sayma yönteminde ise varlıkların sayılması ön plana çıkmaktadır. Sayma yönteminde sayım yapanların ya da değerlendirenlerin gözünden kaçmış değer ve varlıklar koruma dışı kalabilmekte bu nedenle eksiksiz bir liste oluşturmak mümkün olmamaktadır (Özel, 1998).

Bir yapının “kültürel miras” olarak tanımlanması ve “koruma” kapsamına alınması için bazı değerleri bünyesinde barındırması gerektirmektedir. Bunlar (Feilden, 1982);

1. Kullanımsal değerler

- Politik, sosyal, ekonomik ve işlevsel değerler

2. Kültürel değerler

- Bilimsel, kentsel, mimari, simgesel, estetik, arkeolojik ve tarihi değerler

3. Duygusal değerler

- Simgesel, süreklilik, kimlik ve merak değerleri

Bu sınıflandırma; sosyo-ekonomik değerler (nadirlik, teknik veya artistik, kimlik) ve kültürel değerler (politik, sosyal, eğitim, fonksiyonel, ekonomik) olmak üzere ikiye ayrılabilirdi gibi; sembolik, tarihsel, sosyal, manevi, estetik ya da otantiklik, sembolik, tarihi, sosyal, manevi, estetik, miras, seçenek varlık şeklinde de yapılabilmektedir (Throsby, 2000).

Kültürel mirasların değerinin belirlenmesi ve korunması çeşitli sebeplerden yapılmaktadır. Korumada genel amaç yalnızca yapının fiziksel dokusunu korumak değildir, bunun yanında yapının sahip olduğu sanatsal ve simgesel değerleri korumaktır. Yapının korunması demek bu değerlerin her ikisinin korunması demektir. Korunması için bir yapının yalnızca fonksiyonel olması değil, kültürel bir yeri de bulunması; insanlığın ya da toplumun kolektif hafızasında ya da tarihinde yer edinmesi gerekmektedir (Kuban, 2000). Korumanın temel amaçları genel olarak üç başlık altında toplanabilmektedir (Eruzun, 2001):

1. “Kültürel sürekliliğinin sağlanması”

Bir toplumun gelişebilmesi için kültür birikimlerine sahip çıkmaları gerekmektedir. Toplumlar kültür bağlarını koparmamak ve kendi kültürlerini korumak, sürdürmek için korumayı kendilerine görev edinmektedir. Koruma kültürel sürekliliği sağlamakta hem modern hem de gelecek kültürlerin sağlıklı şekilde yeni basamaklara çıkmasına ortam hazırlamaktadır. Kültür bağları kopan bir toplumda karakter yok olmakta; gelecek ile geçmiş arasındaki köprülerin sağlam tutulması bu bağlamda oldukça önemli görülmektedir.

2. “Tarihi mirasın gelecek nesillere aktarılması”

Tarih boyunca çeşitli uygarlıkların meydana getirdiği kültür unsurları çevreleriyle beraber günümüzde benzeri olmayan çok değerli kültür miraslarını oluşturmaktadır. Bu miras hem günümüzdeki insanların hakkıdır hem de gelecek nesiller bu mirasta hakka sahiptir. Tarihi mirasın korunması ile kültürel miras hem günümüzde yaşatılmakta hem de gelecek nesillere iletilebilmektedir.

3. “İnsanlara tarih ile bütünleşik yeni yaşam olanakları sağlaması”

Günümüzde insanların yeni istekleri ve ihtiyaçları bulunmaktadır. Yeni teknoloji ile geliştirilen imkânlarla bu istek ve gereksinimlere cevap verilmeye başlanmaktadır. İnsan ölçeğindeki kentsel doku, sokaklar ve eski yapılar çağımızda yeni yaşam olanakları sağlaması açısından onarım ve yenilemelere tabi tutulmakta ve koruma ile yeni yaşam olanakları yaratılmaktadır.

2.3 Kültür Varlıklarını Yeniden İşlevlendirme Kavramı

Yeniden işlevlendirme, “yapıların yeniden kullanımı yoluyla tarihi nitelik taşıyan mirasın korunmasında etkili bir yöntemdir”. Kent hafızasında tarihsel öneme sahip ilk kullanımları savunma, konut, üretim, eğitim, ticaret ve din gibi fonksiyonlarda olan yapılar, kentlerdeki yönetsel, ekonomik, demografik değişimler sebebiyle tamamen boşaltılmış olmakta ya da az kullanılmaktadır. Kullanım ömürleri ve işlevsel ömürleri bitmiş olan bu yapıların yıkılması ve mirasın yerle bir edilmesi yerine fiziksel devamlılığının sağlanması için yeniden işlevlendirme yapılmaktadır (Bacon, 2001).

ICOMOS (2013), “Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi’nde yeniden işlevlendirme “Kültür varlığının özgün işlevi dışında başka bir işlev için kullanılması yönünde alınan kararın gerektirdiği müdahalelerin, restorasyon/koruma projesi kapsamında uygulanmasıdır.” şeklinde tanımlanmakta ve “Bu yeniden kullanım sürecinde yapılar kabul edilebilir bir yaşam standardına yükseltilirken, özgünlüğü, bütünlüğü ve anlamı saygı görmelidir.” şeklinde yeniden işlevlendirmede tarihsel yapı açısından dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmektedir.

Yapıların işlevsel olarak eskimesi ve yapıların özgün işlevini kaybetmesi sonucunda yeniden işlevlendirme yapılmaktadır. Genel olarak yeniden işlevlendirme gerektiren sebepler şu şekildedir:

Özkafa (2015)’e göre;

- Kültürel ve tarihi sebepler
- Ekonomik sebepler
- Fiziki sebepler
- Fonksiyonel sebepler

Uğursal (2011)'e göre;

- Çevre faktörü
- Ekonomik sebepler
- Sosyo-kültürel değişimler

Altınoluk (1998)'e göre;

- Çevre faktörleri
- Ekonomik sebepler
- Kültürel ve tarihsel sebepler

Bu sebepler genel olarak ele alınacak olursa;

1. Çevre faktörü ve imar mevzuatındaki değişimler: Yapıların işlevsel devamlılığını etkileyen en önemli öğelerden birisi çevreyle olan etkileşimidir. Tarihsel yapıların bulunduğu çevrenin işlevsel ve fiziksel olarak değişmesi, yapının da değişimini gerektirmektedir. Ayrıca yapı alanlarının ticaret baskısı altında kalması ve o alanda bulunan yapıların fonksiyonunun değişmesi üstüne alınan kararlar sonucunda yeniden işlevlendirme yapılabilmektedir. Sınırlandırılmış bir bölgede, ada ölçeğinde ya da sokak ölçeğinde öncelikli değerlerin belirlenmesi gerekmektedir (Uğursal, 2011).

2. Ekonomik sebepler: Terkedilmiş ve fonksiyonunu kaybetmiş yapıların düzenli onarım ve bakımların yapılmaması, kısa bir süre içerisinde yapıların tahrip olmasına sebep olmaktadır. Vandalizm, rant kaygısı, doğa koşulları ve zaman gibi faktörler yapıların bozulmasında hız kazandırmaktadır. Yapılar yeniden işlevlendirildikleri zaman fiziksel ömürleri de artmaktadır (Köksal, 2005).

3. Fiziki sebepler: Kent dokusunda yaşanan değişiklikler, yapının kullanım etkinliğine doğrudan etki etmektedir. Kervansaray ve han gibi önemli ticaret yolları üstünde bulunan ve ticaret işlevi olan yapılar, kentlerin genişlemesiyle kent içi hanları olarak adlandırılmaya başlanmıştır. Zamanında bölgenin en yoğun trafiğine sahip bu alanlar, kent merkezleri ya da insanların rekreasyon alanları içinde kalabilmektedir (Özkafa, 2015).

4. Fonksiyonel sebepler: Yapıların fonksiyonel ve fiziksel ömürleri her daim aynı sürede olmamaktadır. Yapılar fonksiyonel olarak eskiyebilmekte ya da fiziksel ömürleri boyunca orijinal fonksiyonlarını kaybedebilmektedir. Günümüzde kervansaray, medrese ve saray gibi yapılar özgün fonksiyonunu kaybetmiştir. Bu nedenle işlevin geliştirilmesi ve tamamen değiştirilmesi gerekmekte ve yeniden işlevlendirilme yapılmaktadır.

2.3.1 İşlev değişikliğinde adaptasyon süreci

Tarihi yapıların birçoğu ne yazık ki günümüz şartlarına ve teknolojiye uyum sağlayamadığı için çoğu zaman bakımsız, dökük, koruma eksikliği, bilinçsizlik gibi nedenlerden dolayı neredeyse enkaz görünümüne bürünmüştür. Bu binaların yeniden canlandırılması gerek çevresel algıyı gerekse toplumun bunun bilincine varmasına katkı sağlayacaktır. Böylece binanın eski değerini yeniden kazanması, aynı zamanda tarihin yeniden ortaya çıkarılması algılanabilir hale gelecektir.

Bu süreçte yeniden kullanıma adaptasyon kavramını ele alabiliriz. Adaptasyon süreci binanın yeni işlevini kazandıktan sonra başlıyor diyebiliriz. Yapısal yönden nitelikli ve fonksiyonel olan binaların ekonomik olarak yeniden doğması için yeni işlevler geliştirmesi iyileşme sürecinin bir birleşeni olarak görülmektedir. Adaptasyon süreci tamamlandığında ve bina işlevine, saygınlığına ve çağdaş kullanıma kavuştuğunda bunu bir başarı göstergesi olarak değerlendirebiliriz.

İşlev diğer bir deyişle fonksiyon, gereksinimlerin belirlediği istekler ve isteklerin programlanmasını ifade etmektedir. Bir yapının çeşitli amaçlarla kullanılan birimleri arasında, kullanmanın gerektirdiği bir sıralanma şeklinde de tanımlanmaktadır. Bir yapının tasarlanması bir eylemin birbirini izleyen olaylarla gerçekleşmesi gibi kurgulanmaktadır (Kuban, 2000).

Yapılara işlev kazandırma kapsamında yeniden işlevlendirme işlemi; bu klasik öğretilerden farklıdır. Mimari tasarımda yeni bir bina tasarlanmakta, tüm fiziksel unsurları işlevlere göre belirlenebilmektedir. Ancak yeniden işlevlendirme farklıdır. Yeniden işlevlendirmede yeni işlevlerin, mevcut yapıya adapte edilmesi gerekmektedir.

Yeniden işlevlendirme, konunun bir boyutu olarak yapının tekrar kullanımına imkân sağlamakta ve fiziksel ömrü uzatmaktadır. Yeniden işlevlendirmede işlev değişikliğinin adaptasyon sağlaması için ilk olarak işlevin doğru seçilmesi gerekmektedir. İşlev seçiminde sanatsal kullanımlar ve kamuya açık kültürel kullanımlar tercih edilmeli, bireysel kullanımlar göz ardı edilmelidir. Ayrıca kültürel kalkınmaya katkı sağlayan, yerel kullanıcıyı dikkate alan, coğrafyadan soyutlanmayan ve bunların yanı sıra bilinçsiz kullanımının ve tahribatının önüne geçilen katılımlar hedeflenmelidir (Köksal, 2005).

Yeniden işlevlendirmede işlevler belirlenirken şunlara dikkat edilmelidir (Kocabıyık, 2014):

- Yapının kentteki konumu, yapı çevresi ile ilişkisi.
- Yapı çevresi, yapının günümüz fonksiyonlarına ve yapıların strüktürel sağlamlığına sınıflandırılması.
- Yapı ve etrafı ele alınarak varsa süreç içerisinde oluşan fonksiyon değişimlerinin belirlenmesi.
- Yapının günümüze ulaşana kadar geçirdiği bütün işlevsel ve fiziksel süreçlerin değerlendirilmesi.
- Yapının strüktürel özelliklerinin, mekânsal özelliklerinin, mimari karakterinin analiz edilmesi.
- Eğer yeniden işlevlendirme birden çok yapı için düşünülüyorsa, mimari niteliklerinin kümelenmesi ve birbirleriyle olan ilişkilerinin belirlenmesi.
- Yapının kazandırılacak işlev için uygunluğunun değerlendirilmesi ve kent dokusu silüetinde ve dokusunda nasıl etki yaratacağının tasarlanması.
- Yapının kullanıcılar ve kent için önemi ile kullanıcıların yapıyı nasıl algıladığının belirlenmesi.

Bu işlevler seçilirken alışkanlık ve gereksinimlerin mevcut binanın özellikleriyle uyumu sağlanmalıdır. Yapının işleve adapte olması için seçilmesi gereken işlevler şu şekilde de sınıflandırılabilmektedir (Karapınar, 1997):

- Teknik gereklilikler: Yeni işlev katılan yapılar, fiziki çevre koşullarına uygun şekilde oluşturulmalı ve modern konfor şartlarının sağlanması amacıyla gereken sistemleri barındırmalıdır.

- Çevre gereklilikleri: Bina, dış ve iç mekân tasarımı ve genel düzen yerleşimi ile bölgenin gereksinimlerini karşılamalıdır.
- Hareket ve kullanıma ait gereklilikler: Kullanıcıların mekanlar arasında sirkülasyon hareketleri ve yönelmeleri göz önünde bulundurulmalı, sembolik, kültürel ve toplumsal açıdan kullanım gereksinimleri karşılanmalıdır.
- Mekânsal gereklilikler: Yapıya katılan yeni işlevi ile mekân ve form arasındaki ilişkileri sağlamalı ve boyutsal kriterleri karşılamalıdır.

İşlevin seçilmesi süreci etkili şekilde yapıldığında adaptasyon süreci de etkili şekilde işlemektedir. Adaptasyon sürecinin sağlanması ile yeni fonksiyonun uygunluğu sağlanabilmekte; uygunluk çerçevesinde yapı projesi hazırlanabilmektedir.

Yeniden kullanımda adaptasyon için doğru işlevin seçimi yapının akıbeti için çok büyük önem taşır. Bir dizi araştırmanın sonucunda karar verilmesi gereken bir süreçtir.

Yeniden kullanımdaki adaptasyon süreci diğer tasarım planlamalarından daha farklı bir süreci izlemektedir. İşleve göre çevre, bina ve mekân tasarımı yerine var olanı işleve uyarlamak ve yeniden organize etmek söz konusudur. Bunun içinde alışılanın aksine öncelikli olarak yasa ve ilkeler göz önünde tutulduktan sonra akabinde çevresel faktörler, kültürel faktörler, tarihsel etki, fiziksel faktörler ve yapısal kısıtlamalar belirleyici olmaktadır. Belirleyiciler beraberinde, yeni kullanıcısının memnuniyeti ve bu memnuniyeti göstereni olarak kullanılan mekânların performansının nasıl ilerlediği ile doğrudan bağlantı kurar. Sonucun en iyi seviyeye getirebilmek içinde tabii ki belirleyicilerin en iyi şekilde saptanması şartı söz konusudur. Tasarlanan bütün mekânların sürdürülebilir olması ve yaşanabilir olması öncelikli kriterlerdir.

2.3.2 Yeni fonksiyonun uygunluğu

Yeniden işlevlendirme de belirlenen fonksiyonun uygun olması için yapının hem iç mekânında hem de cephesinde farklı düzeylerde müdahaleler yapılması gerekmektedir. Müdahaleler genel olarak;

- İşlevsellik açısından yapının belli kısımlarının yıkılması.
- Yapıya yeni ilaveler yapılması.

- Mekânlar tasarlanırken mevcut hacim yetersiz ise, yardımcı mimari unsurların kullanılması.
- Yapının mevcut mekânsal hacminin değiştirilmesi gibi geniş ölçekli olabilmektedir (Altınoluk, 2008).

Binada genel olarak yeni işlevin uygunluğu açısından yapılabilecek müdahaleler şu şekilde sıralanabilir (Yaldız, 2003):

1. Plan şemasına müdahaleler: Yeni fonksiyonun uygun olması için plan şemasının değiştirilmesi gerekebilmektedir. Değişim sürecinde ilk günkü fonksiyonun gerektirdiği plan niteliklerinin değiştirilmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Genel olarak işleve uygunluk için plan şemasına yapılacak müdahaleler şu şekildedir:

- a) Yeni fonksiyonun gereksinimlerinin karşılanması amacıyla ek yapıların inşası.
- b) Mekânlar arası duvarların yıkılması ile yeni mekânlar inşa edilmesi.
- c) Mevcut mekânlar arasında geçişler inşa edilerek bağlantı kurulması.
- d) Ara kat eklenmesi.
- e) Yarı açık mekânların kapatılması ya da mekânlara açık ek yapıların inşa edilmesi.
- f) Karma, düşey, yatay ya da yer altında tasarlanan ek binaların inşası.

2. Taşıyıcı sisteme müdahaleler: Bir yapının taş temeller, çatı makasları, kirişler, kolonlar, tuğla duvarlar ve taş duvarlar gibi açıkta bulunan yapısal elemanları, tarihi yapının karakteri açısından oldukça önemlidir. Ayrıca gözle görülmeyen diğer yapısal elemanların yapıldığı dönemin teknolojisini yansıtması oldukça önemlidir. Yeni işlev verme sürecinde taşıyıcı sistemlere yapılan müdahaleler yapının uygunluğu için oldukça önemlidir. Mümkün olduğunca taşıyıcı sistemler kendine ait yapısal taşıyıcılar ile yenilenmelidir.

3. Teknik ihtiyaçlar sonucu yapılacak müdahaleler: Tarihi binalarda pis-temiz su sistemleri, aydınlatma, havalandırma ve ısıtma sistemlerine dair kullanılan öge ve malzemeler, bu yapıların tarihi kimliği açısından oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra modern konfor şartlarının sağlanması ve fiziki çevre koşullarının yeni işlev verilen binada yapay olarak oluşturulması için günümüz koşullarına uygun pis-temiz su, yangın güvenliği, havalandırma, uygun ısıtma gibi teknik sistemleri barındırması gerekmektedir.

Tarihi yapılarda bu teknik sistemlerin yeniden işlevlendirilmesin de yapının dış cephe ve iç mekânda görsel bir soruna neden olmayacak ve yapısal sisteme yeni yük getirmeyecek şekilde planlanması uygunluk açısından önemlidir.

4. Cepheye yapılacak müdahaleler: Tarihi yapılarda inşa edildikleri dönemin mimari tasarımını yansıtan çatı örtü sistemleri, boşluk-doluluk oranları ve diğer cephe unsurlarına yapılacak müdahaleler, minimum ölçüde ve yapının özgün karakteri bozulmadan, uygun şekilde yapılmalıdır.

5. Yapının yakın çevresine yapılacak müdahaleler: Bütün mimari yapılar içerisinde oldukları çevre ile bir bütün olarak kabul edilmelidir. Bu bağlamda yapının yakın çevresinde bulunan duraklar, otoparklar, yaya-taşıt yolları, park düzenlemeleri, yeşil alan, aydınlatma elemanları ve kent mobilyaları yapının uygunluğu açısından önemlidir.

Venedik Tüzüğü'ne göre; "Kültür varlığının korunması, ölçeği dışına taşmamak koşuluyla çevresinin de bakımını içine almalıdır. Eğer geleneksel ortam varsa, olduğu gibi bırakılmalıdır. Kütle ve renk ilişkilerini değiştirecek hiçbir yeni eklentiye, yok etmeye ya da değiştirmeye izin verilmemelidir." şeklinde çevre ile bina arasındaki ilişkinin nasıl olması gerektiği belirtilmiştir.

2.4 Genel Restorasyon Çalışmalarında Kullanılan Teknikler

Kültürel varlıkları korumanın temel yaklaşımı, her zaman korumayı sağlamak için düzenli bakım çalışmalarının yapılmasıdır. Restorasyon uygulamaları öncesinde yapılan araştırma ve dokümantasyon çalışmaları yapıların detaylı bir şekilde tanınmasını sağlar. Kültür varlıklarının restorasyonu için aşağıda sıralanan tekniklerden biri veya birkaçı sıklıkla birlikte kullanılmaktadır. Bu koruma teknikleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- a) Sağlamaştırma: Yapısal malzemelerin sağlamaştırılması, taşıyıcı sisteminin güçlendirilmesi, çemberleme, bağlantı çubukları ve gergi uygulamaları.
- b) Bütünleme: Kısmen hasar görmüş veya tahrip olmuş yapının unsurlarının geleneksel veya modern malzemeler kullanılarak özgün tasarımına entegre edilecek şekilde tamamlanma sürecidir. Entegrasyon, yalnızca gerçek yapısal verilere veya belgelere dayandığında kabul edilebilir bir uygulamadır.

- c) Yenileme: Değişen yaşam biçimleri ve buna bağlı gereksinimler nedeniyle işlevini yitiren tarihi yapıların başka bir işleve uyarlanması veya işlevini sürdüren ancak konfor koşulları eskimiş tarihi yapıların yenilenmesi işlemidir.
- d) Yeniden Yapım: Tamamen tahrip olmuş, yok olmuş veya çok harap durumda olan bir kültür varlığı ya da sitin mevcut belgelere göre yeniden inşasıdır. Bu sadece özel durumlarda izin verilen bir uygulamadır.
- e) Temizleme: Kültür varlığının veya kentsel sitin genel estetik değerlerini bozan muhdes eklerden temizlenmesidir.
- f) Taşıma: Genel olarak kültür varlığının yerinde tutulması temel ilkedir. Ancak kesin bir alternatifi olmayan ve kamu yararına olan çok önemli Bayındırlık etkinlikleri, jeolojik yapı veya doğal afetler, bulundukları yerdeki kültür varlıklarının veya tarihi yerleşimlerin korunmasını zorlaştırabilir hatta imkânsız hale getirebilir. Bu durumda kültür varlığı veya yerleşimin önceden belirlenmiş uygun bir yere taşınması ve orada yaşamını sürdürmesi gerekebilir.

Bu aşamalardan geçerek gerçekleştirilen restorasyon çalışmalarında olabildiğince az müdahale ile kültür varlığının tarihi belge ve estetik değerlerinin korunması amaçlanmaktadır.

2.4.1 Tarihi yığma kemer köprülerde hasar, onarım ve güçlendirme

Ülkemizde son yıllarda kültürel varlıklarımızın korunması amacıyla birçok restorasyon çalışması gerçekleştirilmektedir. Kültürel varlıklarımızın önemli bir parçası olan tarihi kemer köprüler de bu anlamda büyük yer tutmaktadır. Tarihi kemer köprülerde genel restorasyon aşamaları ile restore edilmekte olup, gerçekleştirilecek restorasyonundaki amaç öncelikle hasarın belirlenmesine yöneliktir. Köprüler genellikle aşağıda belirtilen etkenlerden dolayı hasar görmektedir (Ural vd., 2008).

- Mesnet oturması,
- Seller,
- Depremler,
- Yetersiz kaplama ve drenaj,
- Yığma malzemelerinin dayanıksız olması,
- Aşırı ve düzensiz yükleme,

- Savaşlar,
- Bitki örtüsü ve biyolojik kolonizasyon varlığı,
- Dere yatağının daralması.

Bu koşullar sonucunda tarihi köprüler hasar görmekte ve bazen de yıkılmaktadır. Bu gibi durumlarda yapının korunması ve tekrar kullanıma açmak amacıyla onarım, güçlendirme işlemi yapılabilir.

Güçlendirme yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Öncelikle tarihi yapının sürekli bakımının yapılması gerçekleştirilecek birçok hasarı engelleyebilmektedir. Yapının bu şekilde olmadığı ve onarımın gerektirdiği durumlarda ise seçilen yöntem ekonomik, hızlı, sürekli ve güvenli olmalıdır. Uygulamada dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir (Yanık, 2017).

- Hasar küçük ise yerel bir onarım uygulanmalıdır.
- Eğer hasarlar fazla ise genel bir onarım yapılmalıdır.
- Onarım, yapının estetiğini bozuyorsa gizli onarım yapmak daha uygun olmaktadır.
- Onarımlar ve güçlendirmeler sistemin rijitliğini değiştirdiğinden hesapları ona göre düzenlemek doğru sonuç verecektir.
- Onarım ya da güçlendirmeye karar verdikten sonra o anda yürürlükte olan yönetmeliklere uygun proje tasarlanmalıdır.

Son yıllarda ülkemizde ve dünyada tarihi eserlerin öneminin anlaşılmasıyla üsteki bilgilerde dikkate alınarak birçok tarihi kemer köprülerde onarım ve güçlendirmeler yapılmaktadır. Aşağıda yığma kemer köprülerde kullanılan bazı güçlendirme teknikleri belirtilmiştir.

- Çatlakların enjeksiyonla doldurulması
- Çelik Çubuklarla Ankrajların Yapılması
- Yıkılan Bölümlerin Kısmi Olarak Tamamlanması (Rekonstrüksiyon)
- Sistemin Onarılması
- Çevre drenajının yapılması
- FRP Çubuklarla ve Kumaşla Güçlendirme

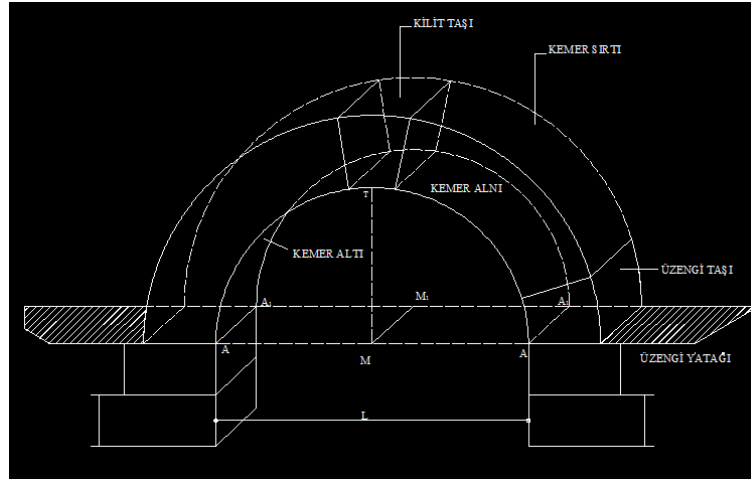
3. TARİHİ YIĞMA KEMER KÖPRÜLER ve AKSARAY İLİNDE BULUNAN KÖPRÜLER

3.1 Tarihi Yığma Kemer Köprülerin Yapımı ve Yapı Elemanları

Yığma kemer köprüler belirli açıklıkları geçmek için karşıdan karşıya uzanan düz şekilde ya da kâgir ayaklar üzerine bindirilmiş kemerli yapılardır. Anadolu'nun dört bir yanında yığma kemer köprü bulunmaktadır.

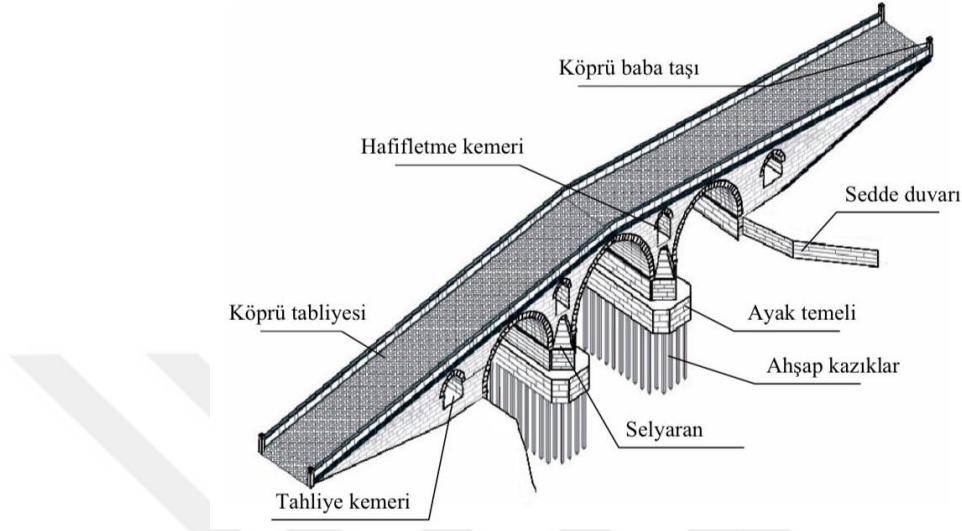
Kemerin şekli, kemere giren her şeyin kemer desteklerine aktarılacağı şekilde tasarlanmıştır. Kayış boyunca yönlendirilen yük, kayış tahrikleri tarafından örtülen açık kayışın her iki tarafına aktarılır. Desteklere aktarılan yüklerin yönü dikey değildir. Böylece destek, bu eğimli yükün ağırlığını ve uzunluğunu desteklemektedir. (Çamlıbel, 2000).

Kemerde üç unsur vardır: üzengi, kilit taşı ve kemer için örgü taşı. Üzengi, kemerin başlangıç taşı olarak bilinir. Kilit taşı, kemerin düşey ekseninde kendisiyle diğer etriyeler arasında kilit görevi gören elemandır. Yükler kilit taşına yönlendirilir ve şekil gereği kemer taşlarına aktarılır. Kemer örgü taşları ise üzengi ve kilit taşları arasında doldurmak için kullanılan taşlardır. Kemer elemanları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Kemer elemanları (Mahrebel, 2006).

Taş kemer köprüleri oluşturan birçok yapı elemanı bulunmaktadır. Her devlet ve uygarlık kendine has özelliklerde köprüler ve köprü elemanları inşa etmişlerdir. Aşağıda bu yapı elemanları sıralanmıştır ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir (Tunç, 1978, Gürbüz, 2012).



Şekil 3. 2. Köprü elemanları (Alaboz, 2008).

Tahliye Kemer: Köprü'nün doğu ve batı uçlarında yer alan, sel durumunda yapı üzerine gelen kuvveti, sel sularının tahliyesini sağlayarak azaltan kemerli kısımlardır.

Köprü tabliyesi: Köprülerin üzerinde geçişi sağlamak için yapılmış olan kaplamaya denilmektedir. 19. Yüzyıl sonlarından itibaren taşıt trafiğinin artması ile birlikte birçok köprü'nün döşemelerinde değişiklik olmuştur. Köprü döşemelerinin beton ve asfalt kaplandığı, köprü genişliğinin araç geçişine uygun olmaması nedeni ile beton tabliye yapılarak, köprü eninin genişletildiği görülmüştür. Geçmişteki onarımlarda bazı köprülerin özgün döşemesinin üstüne, bazılarının ise özgün döşemesi sökülerek, dolgu üstüne beton ve asfalt kaplama yapıldığı görülmektedir.

Selyaran: Suyun açıklara yönelmesi ve çarparak köprüye zarar vermemesi için, köprü ayaklarının memba tarafına yapılan üçgen planlı masif taş bölüm.

Ahşap kazıklar: Vitruvius'un "Mimarlık Üzerine" adlı M.Ö. 1. yy.'da yazdığı kitabında su içinde temel yapma teknikleri anlatılmıştır. Temel inşaatında; öncelikle temel yapılacak yere batardo yapılması, batardonun içindeki suyun boşaltılarak açılan bölümün sudan uzaklaştırılması, sert zemine kadar kazılması, zeminin yumuşak

olması durumunda ise ahşap kazıklar çakılması ile temel teşkil edildiğinden bahsetmiştir. Batardonun oturduğu zeminin toprağının geçirimli olması durumunda içerideki suyu boşaltmak için keson (su geçirmez büyük sandık) kullanılmıştır.

Ayak temeli: Ana kemeri taşıyan ayaklar, üzengi hizasında bulunan kornişin altından itibaren başlamaktadır.

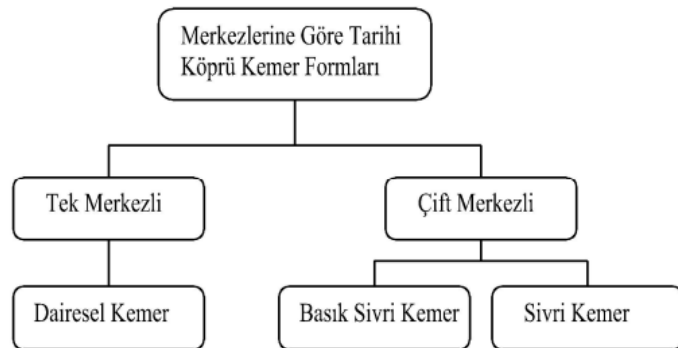
Sedde duvarı: Seddeler köprü altındaki su türbülansını dolayısıyla erozyonu azaltmakta ve imlanın yan akımlardan dolayı aşınmasını önlemektedir.

Köprü baba taşı: Köprü giriş ve çıkış noktalarında korkuluklarının başlangıç kısımlarına veya arasına konulan özellikli taşlardır. Bunlardan düz ve sade olanlarının yanı sıra, Osmanlı dönemi mezar taşlarına benzeyen örneklere de rastlanmaktadır. Roma dönemi köprülerinde baba taşına ilaveten, köprüyü yaptıran kişinin önemine göre sütunlarda kullanılmıştır.

Hafifletme kemeri: Ana kemerin oturduğu, ayakların üzerinde, selyaranlarda bir taş sırası kadar yukarıda bulunan, ayaklara gelen üst yapı yükünü azaltmak amacıyla yapılan kısımlardır.

3.2 Tarihi Yığma Kemer Köprü Formları

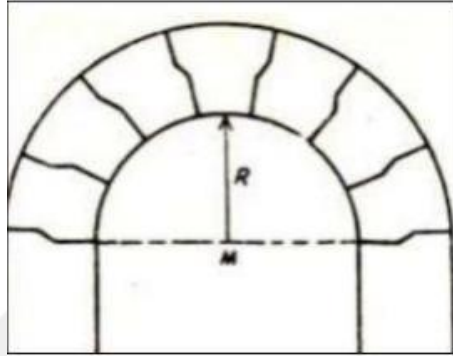
Tarihi köprülerimizin kemer formları; dönemsel ve bölgesel farklılıkların yanı sıra köprünün yapıldığı alanın yapısal özellikleri nedeniyle de çeşitlilik göstermektedir (Sert, 2002). Çeşitleri şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3. 3. Köprüde kullanılan kemer formları (Ceylan, 2013).

3.2.1 Dairesel kemerler

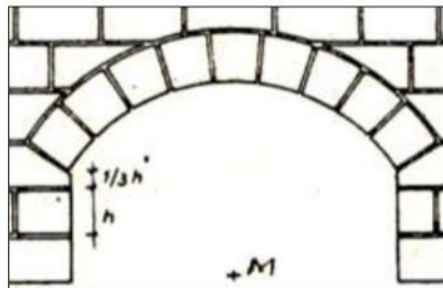
Roma köprülerinde sıklıkla karşılaştığımız bir kemer formu olan daireysel kemer, genellikle yük taşıma amaçlı yapılır. Şekil 3.4'te gösterilen daireysel kemer örneğinde olduğu gibi başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar tek bir daireysel eğimle çizilen ve yerden yükseklikleri kemer açıklığının yarısına eşit olan kemerlerdir (Alaboz, 2008).



Şekil 3. 4. Dairesel kemer formu (Alaboz, 2008).

3.2.2 Basık sivri kemerler

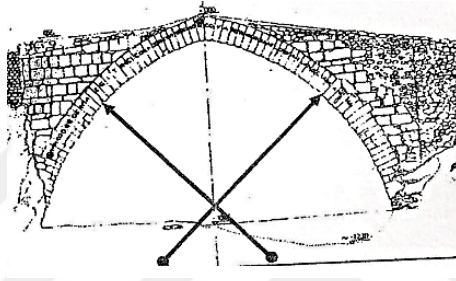
Dikey yük taşıma kapasitesi daireysel kemer formuna göre nispeten daha az olan, yay merkezi kemer ortasında etriye seviyesinin altında olan ve yüksekliği açıklığın yarısından az olan bir kemer formudur (Şekil 3.5). Genellikle Selçuklu ve Osmanlı dönemi Türk köprülerinde kullanılır. Köprüye etki eden yüksek yatay kuvvetler, köprü ayaklarının daha güçlü olmasını ve gergilerin kullanılmasını gerektirmektedir (Alaboz, 2008).



Şekil 3. 5. Basık kemer formu (URL-1).

3.2.3 Sivri kemerler

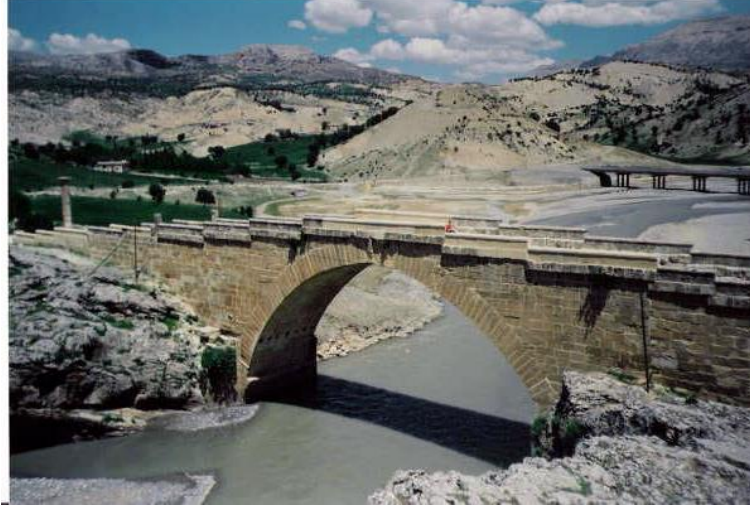
Selçuklu, Ortaçağ ve Gotik dönem mimarilerinde ve kısmen de Osmanlı köprülerinde sıkça görülen bir kemer formudur. Selçuklular döneminde nehir geçişlerini kolaylaştırmak için yapılan köprü ve su kemerlerinde kullanılır. Şekil 3.6’da verilen sivri kemer formunda görüldüğü gibi, kemeri oluşturan ve birbirine simetrik olan yayların yarıçapı, kemerin yarısından daha büyüktür. Yay merkezleri etriyede veya altında olabilir. Kemerin oluşturan yay merkezleri arasındaki mesafe arttıkça kemerin tepesi de buna göre yükselir ve kemer daha sivri bir görünüm alır. Dairesel kemerlere kıyasla ayaklara iletilen yükler düşeye daha yakındır (Ceylan, 2013).



Şekil 3. 6. Sivri kemer formu (Ceylan, 2013).

3.3 Anadolu’da Kemer Formunun İlk Örnekleri

Kemerli formun ilk örnekleri M.Ö. 3000’li yıllarda Mezopotamya’da Sümerlerin yeraltı mezarlarında görülmüştür. Mısırlılara ait olan bu örnekler, onların aynı zamanda bu uygarlıktaki kemer formunun yapısal potansiyelinin de farkında olduklarını göstermektedir. Ancak kemerin şeklini Sümerler icat etmiş olsa da bu konuda başarılı bir iş çıkaran Romalılar olmuştur. Türkiye’deki Cendere Köprüsü ve Karamagara Köprüsü, Roma döneminden kalan eserlerden bazılarıdır (Ural, 2005). Türkiye’de bulunan Cendere Köprüsüne ait bir görsel Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3. 7. Cendere Köprüsü (Ural, 2005).

3.3.1 Roma ve Bizans Dönemine ait köprüler

Tarihte bilinen ilk taş köprüler Roma döneminde yapılmıştır. Aynı zamanda taş köprülerin yapımında da en ileri teknik düzeye bu dönemde ulaşılmıştır. Roma döneminde en üst düzeye ulaşan taş köprü yapım teknikleri ve kemer kullanım biçimleri birçok dönemde büyük farklılıklar göstermeden kullanılmıştır (Troyano, 2003). Anadolu'daki taş köprülerde de benzer teknikler kullanılmıştır. Ancak coğrafi farklılıklar, bölgedeki taş ocaklarında çıkarılan farklı taş türleri ve farklı teknik bilgiler örgü tekniklerinde farklılaşmalara neden olmuştur.

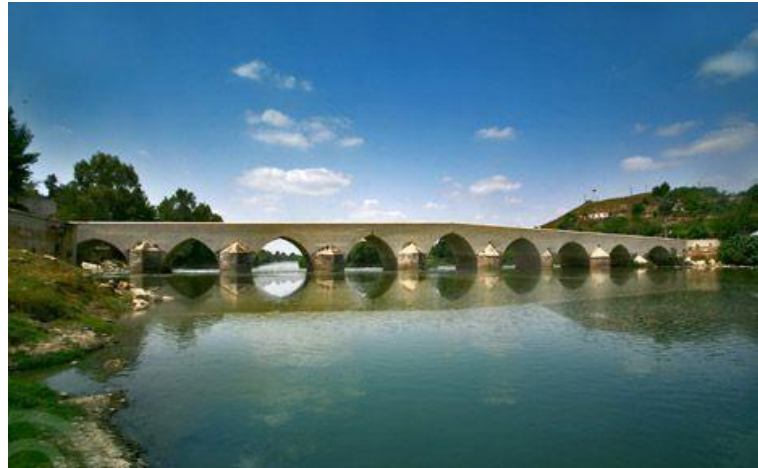
Roma köprülerinin inşası sırasında köprünün statik yeterliliği ön planda tutulmuştur (Troyano, 2003). Genellikle dairesel kemer formlarının kullanıldığı Roma köprülerinde tasarımı etkileyen en büyük etken kemer açıklığı olmuştur.

Roma köprülerinde belirleyici özelliği olan teknik yöntem, iri kesme taşların düzenli ve titiz bir işçilikle kullanılmasıdır. Ancak bazı Roma köprülerinde tuğla veya taşların tuğla ile birlikte kullanıldığı görülmektedir (Marta, 1991). Roma yapılarının çoğunluğunda kullanılan bossage (dışa doğru çıkıntılı taş) taşı da daha çok köprü yapılarında kullanılmıştır. Tempan duvarlarında kullanılan kesme taşlar köprü cephelerinde enine ve boyuna geçmeli olarak kullanılmıştır. Taş sıralarından biri uzunlamasına, diğeri enine yönde yerleştirilmiştir. Bu uygulama ile dolgu ve tempan duvarının bütünlüğü sağlanmaktadır.

Taşların birbirleriyle olan bağlantılarını güçlendirmek için kelepçeler ve zıvanalar kullanılmıştır (Adam, 1999). Roma köprülerinde kullanılan kemer yükseklikleri genellikle kendi aralarında büyük bir farklılık göstermemektedir. Yapılan köprüler genellikle düşük eğimli köprülerdir. Bu tip köprüler genellikle düz kemerlerden veya dairesel kemerlerden oluşmaktadır (Alaboz, 2008).

Roma imparatorluğunun Anadolu'dan doğuya doğru genişlemesi güçlü bir yol ağının oluşmasına neden olmuştur. Bu durum, büyük nehirler üzerinde köprülerin inşasına yol açmıştır. Bizans yollarının çoğu Justinianus tarafından tamamlanmıştır. Önemli bir karayolu güzergâhı olan Kayseri-Sivas karayolu güzergâhı üzerinde yer alan Kızılırmak, geçilmesi zor akarsulardan biridir (Alaboz, 2008).

Roma ve Bizans dönemlerinden kalma birçok köprü vardır. Misis Köprüsü, Ceyhan Nehri üzerinde yer almaktadır. Anadolu'nun ilk Roma köprüsü olarak bilinir. 4. Yüzyılda Roma imparatoru Flavius Julius Constantine tarafından yaptırılmıştır. Köprü dokuz gözlü olarak yapılmıştır. Selçuklu, Bizans ve Haçlı savaşlarına sahne olan köprü, Ramazanoğlu Beyliği ve Osmanlı döneminde şiddetli depremlerle yıkılmış, ancak farklı dönemlerde yapılan onarımlar sayesinde ayakta kalmayı başarmıştır. Köprünün toplam uzunluğu 132,7 metre, genişliği ise 6,5 metredir. Dokuz açıklıklı köprünün en büyük açıklığı 11,0 metredir (Şekil 3.8).



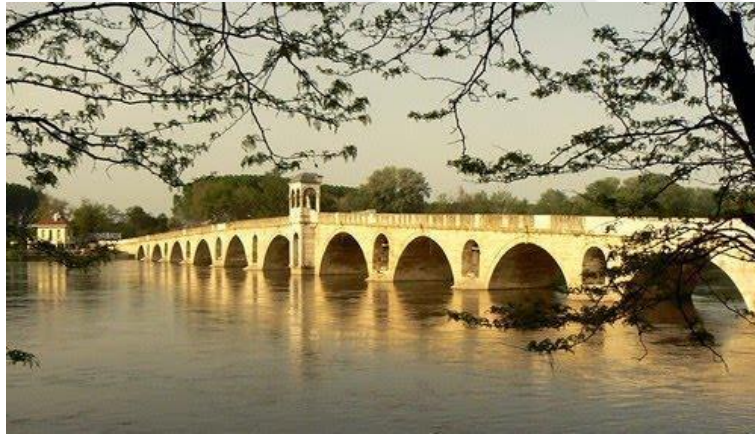
Şekil 3. 8. Misis Köprüsü (Ural vd., 2007).

Ayrıca Roma ve Bizans dönemine ait Türkiye de bulunan köprülere “Justinianus Köprüsü, Güvercin Köprüsü, Asi Nehri Köprüsü” örnek olarak verilebilir (Ural vd., 2007).

3.3.2 Osmanlı Dönemine ait köprüler

Osmanlı İmparatorluğu dönemi; nispeten basit sayılabilecek geçici ahşap köprüler, önce sefer yapılan yollar ile fetihten sonra alınan bölgelerde ulaşımı kolaylaştırmak için yapılmış, daha sonra bu ahşap köprüler taş malzemelerle güçlendirilip yenilenmiş ve sabit köprüler haline getirilmiştir. (Çulpan, 1975). Osmanlı döneminde yapılan köprülerin çoğu günümüze kadar gelebilse de; nehir geçişlerindeki değişiklikler, hava koşullarının aşındırıcı etkileri, sel suları gibi doğal ve insan müdahaleleri sonucu kullanılamaz hale gelen veya yıkılan birçok köprü örneği vardır (Çulpan, 1975, Tanyeli, 2006).

Osmanlı döneminden kalma birçok köprü bulunmaktadır. Örnekleri arasında Kapağa Köprüsü, Kanuni Sultan Süleyman Köprüsü, Odabaşı Köprüsü, Sokullu Mehmed Paşa Köprüsü, Yalnızgöz Köprüsü sayılabilir. II. Murat'ın 1426-1443 yılları arasında Ergene Nehri üzerine mimar Muslihiddin'e yaptırdığı Uzun Köprü, 1392 metre uzunluğunda ve yer yer 6.80-6.90 metre genişliğindedir. Bu köprü 174 gözetleme deliğinden oluşmaktadır. Şekil 3.9'da köprüye ait görsel verilmiştir.



Şekil 3. 9. Uzun Köprü (Ural vd., 2007).

3.3.3 Selçuklu Dönemine ait köprüler

Anadolu'daki Selçuklu ve Osmanlı dönemlerine ait köprülerde, özellikle ilkbaharda sel sularının yüksekliği ve oluşturdukları çarpma kuvvetleri göz önüne alınarak nehirlerin ortasında en geniş açıklıklı ve daha yüksek yüksekliğe sahip kemerler kullanılmıştır. Nehir kıyısına doğru gidildikçe kemer açıklıkları görece daha küçük,

yükseklikleri daha alçak, yani yüksek eğimli köprülere rastlıyoruz. Kemerlerde genellikle sivri kemer formu kullanılmaktadır (Alaboz, 2008).

Selçukluların Anadolu'yu ele geçirmesiyle; 12. yüzyılda Doğu Anadolu'da ve 13. yüzyılda İç Anadolu'da birçok köprü inşa edilmiştir (Alkan vd., 2011). Selçuklu ve Artukoğlu köprüleri, özenle kesme taş ve farklı malzemelerden yapılmış, düzenli, süslü köprülerdir. Kemerler büyük ve ince işlenmiş taşlar şeklinde olabileceği gibi, tempan duvarları da bölgede bulunan taş veya moloz örgüler şeklinde olabilir (Tanyeli, 2006).

İç Anadolu bölgesinde Selçuklu döneminden kalma çok sayıda taş köprü bulunmaktadır. Bu döneme tarihlenen köprülere örnek olarak Tekgöz Köprüsü, Yeşilirmak Köprüsü, Çanlı Köprüsü, Kesik Köprüsü, Kızılırmak Köprüsü verilebilir (Çulpan, 1975). Selçuklu döneminin önemli köprülerinden biri de Ankara'da Çubuk Nehri üzerinde bulunan Akköprü'dür. Köprü yedi gözden oluşur. Kayışlar sivri uçludur. Köprü, Anadolu Selçuklu Sultanı Alaaddin Keykubad tarafından Mimar Bedreddin'e yaptırılmıştır. Köprüye ait görsel Şekil 3.10'da verilmiştir



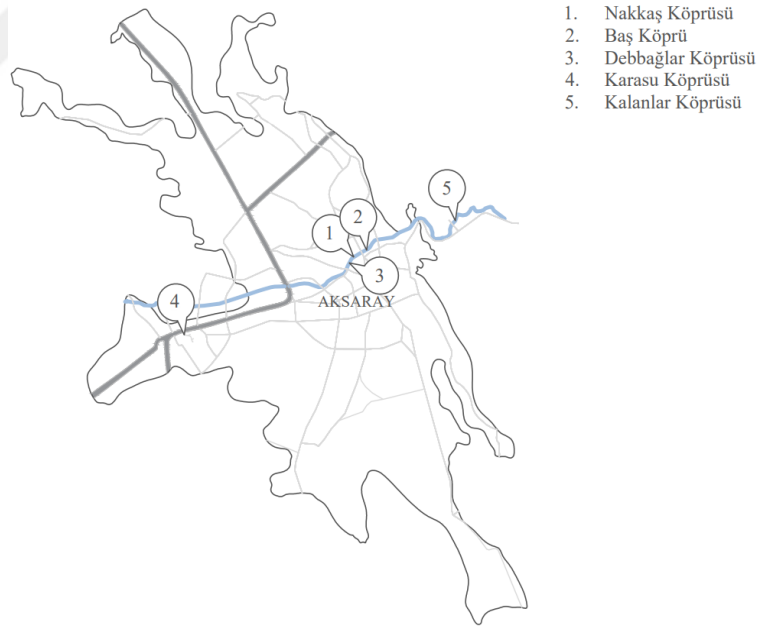
Şekil 3. 10. Akköprü (Ural vd., 2007).

3.4 Aksaray İlinde Bulunan Köprüler

Aksaray'da Neolitik Çağ kültürlerine ait yerleşim yerlerini saptayabilmek ve gün yüzüne çıkarabilmek için yapılan çalışmalar sonucunda bölgeye ilişkin arkeolojik kalıntılara rastlanmıştır; çok sayıda düz ve tepelik yerleşim yerleri tespit edilmiştir.

Milattan önceki dönemde çeşitli medeniyetlere ev sahipliği yapmış olan Aksaray, bu dönemden sonra sırasıyla Roma İmparatorluğu, Selçuklu Devleti ve Osmanlı Devleti idaresi içerisinde kalmıştır.

Tarihten günümüze çok sayıda medeniyete ev sahipliği yapmış olan Aksaray, şüphesiz bünyesinde bu medeniyetlere ait birçok yapı barındırır. Yapıların arasında yer alan, ulaşımın en önemli unsurlarından biri olan köprülerin geçmişte ne denli önemli olduğu bilinmektedir. Anadolu'ya yerleşen birçok uygarlık köprüler yapmıştır. Bunlardan günümüze uzanan köprüler genel olarak Türk İslam mimarisine aittir. Aksaray'ın eski coğrafi yapısı nedeni ile birçok köprü de şehirde yapılmıştır. Ancak bunlardan altısı günümüze kadar ulaşabilmiştir. Şehirdeki köprülerden kitabesi olanların tamamı Anadolu Selçuklu Devletine aittir. Melendiz Çayı'nın varlığı ilde köprü yapılmasını zorunlu kılmış, buna bağlı olarak da tarihi değere sahip köprülerin bir kısmı günümüzde tarihi eser olarak yerini almıştır. Şekil 3.11'de Aksaray ili merkezinde bulunan köprülerin harita üzerinde konumu verilmiştir.



Şekil 3. 11. Aksaray ili merkezinde bulunan köprüler.

Köprüler tarihe tanıklık etmenin yanında halen şehir içi ulaşımında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Köprüler, genellikle kemerli olup 3 ve daha fazla göze sahip şekilde imar edilmiştir.

Melendiz yatağının genişliğine bağlı olarak köprülerin uzunluğu fazla değildir. Ancak o dönemde ulaşımı sağlaması açısından hayati bir rol oynadığı bilinmektedir.

3.4.1 Nakkaş Köprüsü

Nakkaş ve Meydan mahallelerini Dere mahallesine bağlayan köprü iki küçük bir büyük sivri kemerden oluşmaktadır. Bu köprünün de hiçbir yerinde yapanı, yapıldığı tarihi ve yaptıranı gösteren bir kitabesi mevcut olmayıp, Selçuklu dönemine ait olduğu bilinmektedir. Köprü 2012 yılında karayolları 3. Bölge Müdürlüğü tarafından restore edildikten sonra daha sağlam bir yapı haline gelmiştir. Köprünün toplam uzunluğu 27,42 metre genişliği ise 4,2 metre civarındadır. Ortadaki ana kemer açıklığı yaklaşık 10 metre, küçük kemer açıklıkları ise yaklaşık 7 metre civarındadır. Köprü kemer taşları, selyaranlar ve topuk kısımları düzgün kesme taştan, tempan duvarları ise kaba yonu taştan inşa edilmiştir (Ural, 2012). Şekil 3.12’de köprünün şimdiki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. 12. Nakkaş Köprüsü.

3.4.2 Debbağlar Köprüsü

Bu köprü Azmi Milli Un Fabrikası yanında yer almaktadır. Debbağlar mahallesinde bulunduğu için böyle adlandırılmıştır (Konyalı, 1974). Köprünün Anadolu Selçuklu Devleti döneminde yapıldığı tahmin edilmektedir. Doğu – Batı doğrultusunda üç gözlü bir köprüdür. İki ayak ve üç beşik kemer üzerinde taşınmaktadır. Ayaklarında üçgen kesitli selyaranlar görülmektedir. Ulu Irmak duvar çalışması sırasında kemerlerden bir tanesi duvar içerisinde bırakılmıştır.

Köprü üzerinde bulunan kitabeden, köprünün Hicri 1311 tarihinde Ali Paşa tarafından onartıldığı anlaşılmaktadır (URL-4). Köprünün şimdiki görüntüsü Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3. 13. Debbağlar Köprüsü.

3.4.3 Yaprakhisar Köprüsü

Ihlara Vadisi'ne yakın bir konumda yer almaktadır. Köprü Melendiz Çayı üzerinde kesme taşlardan yapılmış olup üç gözlü kemer yapıda bulunmaktadır. Köprü üzerinde kitabe bulunmamaktadır. Şekil 3.14'te köprünün şimdiki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. 14. Yaprakhisar Köprüsü (URL-2).

3.4.4 Karasu Köprüsü

Köprü iki gözlü olup, yolu düz olan köprülerdendir. Kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanmaktadır. Yaklaşık 13,50 metre uzunluğundaki köprünün büyük kemer açıklığı 3,80 metre, küçük kemer açıklığı ise 2,40 metredir. Köprü genişliği ise 4,26 metredir. Kesme taş ve moloz taş malzemeden inşa edilmiştir.

Üzerinde kitabe mevcut değildir. 22 Haziran 1863 yılında Aksaray’da meydana gelen taşkın nedeniyle tamamen yıkılan eserler arasındadır. Mevcut köprü ise 1863 yılından sonrasına aittir (URL-3). Köprü üzerinde hiçbir restorasyon çalışması gerçekleştirilmemiştir. Köprünün şidiki görüntüsü Şekil 3.15’te verilmiştir.



Şekil 3. 15. Karasu Köprüsü.

3.4.5 Kalanlar Köprüsü

Dört gözlü köprünün Selçuklu eseri olduğu tahmin edilmektedir. Köprü yaklaşık 36 metre uzunluğundadır. Köprünün kesme taşlardan inşa edildiği bilinmektedir. Suyun geliş tarafındaki gözün ortak ayaklarına konan payandalar, suların getirdiği ağaç dallarının ve otların takılarak gözleri kapatmamaları için yapılmıştır. II. Abdülhamid’in Seraskeri Hacı Ali Paşa tarafından köprü onartılmış ve ayaklarına takviye yapılmıştır. Şekil 3.16’da köprünün şimdiki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. 16. Kalanlar Köprüsü.

4. TARİHİ BAŞ KÖPRÜ

Aksaray ilinin şehir merkezinde bulunan Baş Köprü, Ulu Irmak üzerine inşa edilmiş olup Sofular mahallesi ve Çerdiğin mahallesini birbirine bağlamaktadır. Tarihi Baş Köprü'nün dünya üzerindeki konumu 38.375931° enlem, 34.028446° boylam noktasıdır.

İki küçük bir büyük kemerden oluşmakta olan köprü 3 gözlüdür. Bugün bir kemeri tamamen kapalı 1 kemerinin de yarısı kapalı olacak şekilde değişime uğramakta olup, hafif araç trafiği ve yaya trafiğine açık halde kullanılmaktadır. Köprü 2012 yılında karayolları 3. Bölge Müdürlüğü tarafından restore edilmiştir. Şekil 4.1'de Tarihi Baş köprü ile ilgili belgelerde eski bir görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4. 1. Baş Köprü'nün Gertrude Bell tarafından 1907 yılında çekilmiş bir fotoğrafı (Ural, 2012).

4.1 Tarihsel Gelişimi

Baş Köprü Ulu Irmak üzerinde yer alan ikinci köprü özelliği taşımaktadır. Köprü'nün yapım tarihi bilinmemekte olup, köprüde kullanılan malzemeler ve yapım tekniğinden 13. Yüzyılda Selçuklu tarafından inşa edildiği anlaşılmaktadır. Evliya Çelebi Seyahatnamesinde, bu köprü'nün Sultan Alaeddin tarafından yaptırıldığı söylenmektedir. Dolayısıyla bu köprüyü Aksaray'ı kuran, Archelasi Aksaray yapan Sultan ikinci Kılıçarslan tarafından yaptırıldığını kabul etmek gerekir (Konyalı, 1974).

Osmanlı arşivinde, Tarihi Baş Köprü, Sultan II. Bayezid adına Aksaray vakıflarını tespit eden defterde köprünün adı Ser Köprü olarak geçmektedir. Baş Köprüde geçmiş dönemlerde yapılan onarımlara dair herhangi bir bilgi/belge veya fotoğraf mevcut değildir.

4.2 Tarihi Baş Köprü’ de Yapılan Restorasyon Çalışmaları

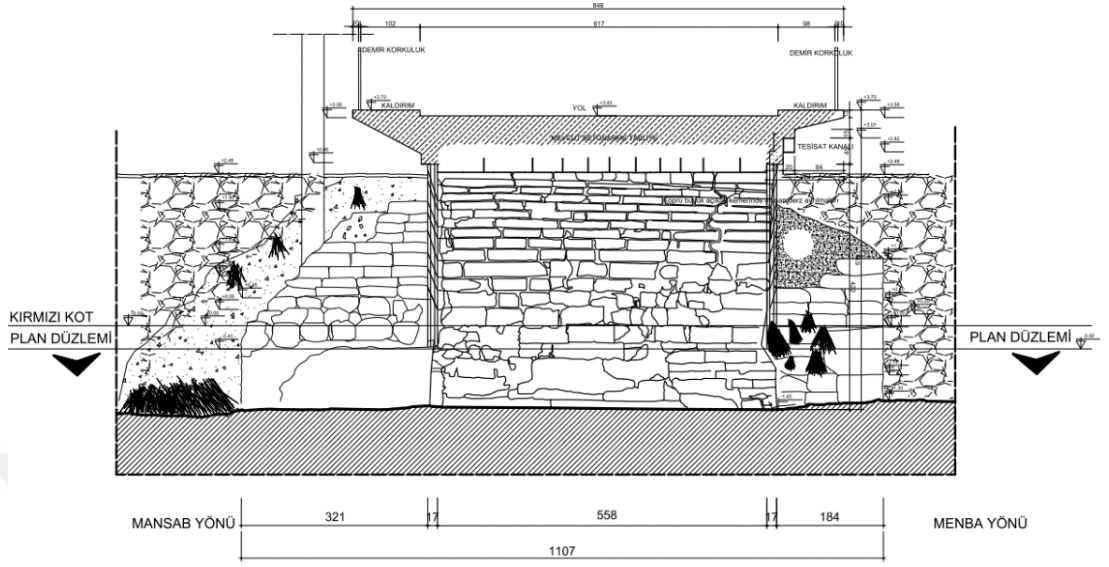
Köprünün geçmiş dönemlere ait yapılan onarım çalışmaları bilinmemektedir. Ancak 1980 ve daha sonraki yıllarda ırmak üzerinde çeşitli düzenlemeler yapıldığı bilinmektedir. Bu düzenlemelerde ise ırmak tabanı köprü ayağına kadar çıkartılmış, neredeyse kemer üzengi taşına kadar getirilmiştir ve köprü uzunluğunda ise ırmak boyutlarına göre kısıtlamalar yapılmıştır. Neredeyse 36,8 metre uzunluğundaki köprü 25,5 metrelik bir ırmak genişliğine sığdırılmıştır. Ardından köprünün, ilk belgeli restorasyon çalışması Aksaray Belediyesinin ihtiyacı üzerine 2012 yılında Karayolları 3. Bölge Müdürlüğü, Köprüler Dairesi Başkanlığı tarafından, betonarme kirişli tabliye betonu üzeri sıcak asfaltın çıkartılmasıyla ve bir kemerinin tekrar açılmasıyla restorasyonu gerçekleştirilmiştir.

4.3 Tarihi Baş Köprü’nün Mevcut Durumu

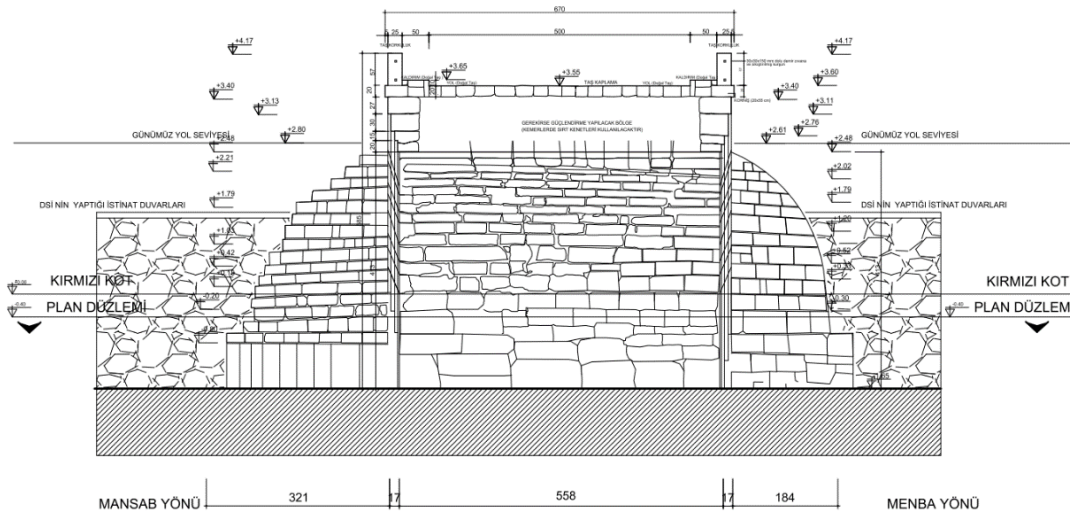
Baş Köprü, Nakkaş Köprüsü ile birlikte Aksaray ilinde bulunan tarihi gözde yapılarından biridir. Şekil 4.2’de köprünün şimdiki görüntüsü verilmektedir.



Şekil 4. 2. Baş Köprü görünüşü.



Şekil 4. 4. Baş Köprü röhlöve kesit (KGM arşivi).



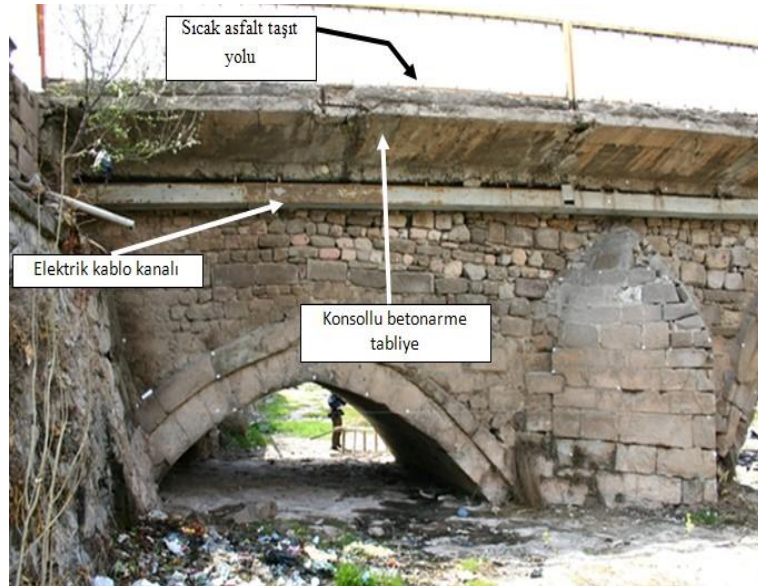
Şekil 4. 5. Baş Köprü restorasyon kesit (KGM arşivi).

4.3.2 Baş Köprü' de kullanılan malzemeler

Köprüde ırmağın üzerinde bulunan kemer gözlerinde, göz tonozlarında ve selyaranlarında kesme taş, gözlerin tempan duvarları ile kara bölümünde bulunan tempan duvarlarında ise moloz taşların kullanıldığı gözlenmiştir. Köprüde kullanılan malzemeler yukarıda belirtildiğı üzere volkanik kökenli tuf taşıdır. Sonraki yıllarda yapı üzerinde Aksaray Belediyesi tarafından değışiklikler yapılmıştır. Bu değışimler köprü üzeri beton kaplama ve genişletme çalışmalarıdır. Kenarlarına ise demir korkuluklar eklenmiştir (Ural, 2012).

4.4 Köprünün Restorasyon Öncesi Durumunda Gözlenen Bozulmalar

Genel olarak köprünün restorasyon öncesi durumunda gerçekleşen bozulmalara bakıldığında statik açıdan bir sorun görülmemektedir. Yapıda en önemli adlandırılabilir ilk bozulma, köprünün taşıt trafiğine açılması için yapılan betonarme kirişli tabliye betonu ve üzeri bitümlü sıcak asfaltın eklenmesi ile oluşturulan güçlendirme çalışmasıdır. Bu uygulamanın yanına ek olarak köprü üzerinde yaya geçişlerinin de sağlanması için yanlardan betonarme konsollar çıkılmıştır (Şekil 4.6).

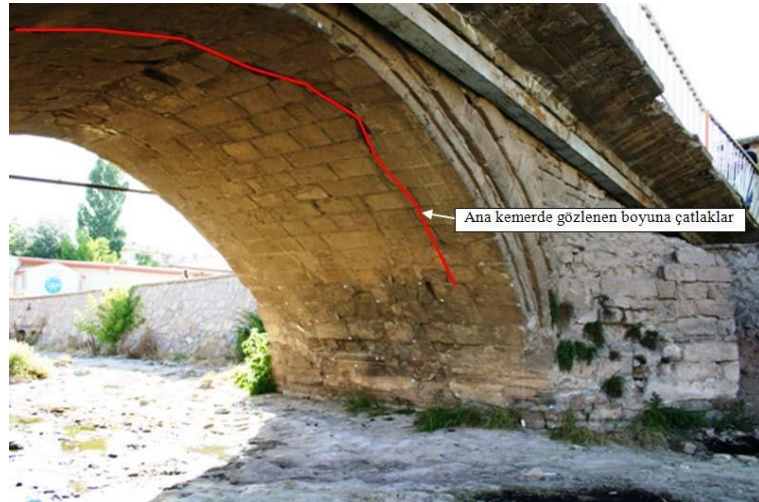


Şekil 4. 6. Restorasyon öncesi köprüye sonradan eklenmiş betonarme konsollu döşeme ve sıcak asfaltlı yol (Ural, 2012).

Güçlendirme çalışmalarından sonra betonarme kısımlar yapının taşıma kapasitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Eskiden yapı sadece yaya veya insan gücü ile kullanılan taşıtların geçeceği bir köprü olarak tasarlanmışken, bugün üzerinden büyük yükte araçlar geçmektedir. Bunun yanında köprüye yapılan betonarme kısımlarda köprüye sabit yük olarak etki etmektedir. Sabit yük ve özellikle taşıt tekerlerinin geldiği yerlerin altında çok sayıda çatlaklar tespit edilmiştir. Bunun yanında ana kemerin iç yüzeyinde gözle görülür şekilde süreklilik sağlayan çatlaklarda bulunmaktadır (Ural, 2012). Şekil 4.7 ve 4.8’de ana kemer üzerinde meydana gelen çatlaklar verilmiştir.



Şekil 4. 7. Restorasyon öncesi ana kemer yapısında meydana gelen çatlaklar (Ural, 2012).



Şekil 4. 8. Restorasyon öncesi ana kemer yapısında meydana gelen çatlaklar (Ural, 2012).

Köprü etrafının dolgu malzemesi ile dolması sonucunda bir kemerin kapanmasından dolayı kemer formunun mesnetleme şekli değişmiş olup, istenilen davranışı sergileyemez hale gelmiş ve üzerinde süreklilik sağlayan çatlaklar meydana gelmiştir. (Ural, 2012). Köprü üzerinde meydana gelen bitkilenmeler Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4. 9. Restorasyon öncesi durumda köprüde meydana gelen bitkilenmeler (Ural, 2012).

Bunun yanında restorasyon öncesi köprünün tempan duvarlarında, kemer üzerinde ve özellikle selyaran taşlarında büyük bir kayıp vardır. Bu kısımlarda ciddi taş boşalmaları oluşmuş olup, taşların yerlerinden düştüğü gözlemlenmiştir. Taş kayıplarının yanı sıra tempan duvarlarında ve selyaran üzerinde bitki oluşumları da gözlemlenmiştir. Bu tür hasarlar küçük küçük oluşsa da biriktiğinde köprü üzerinde büyük hasarlara neden olmaktadır.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Tarihi Baş Köprünün yapısal davranışını gözlemlemek için sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modelleme gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada dünya üzerinde yaygın olarak kullanılan sonlu elemanlar programlarından biri olan LUSAS (2022) tercih edilmiştir. LUSAS (London University Stress Analysis System) FEA Limited (İngiltere) tarafından geliştirilmiş ve doğrusal, doğrusal olmayan, 3-boyutlu statik ve dinamik analizler yapabilen bir yazılımdır (Ural, 2003).

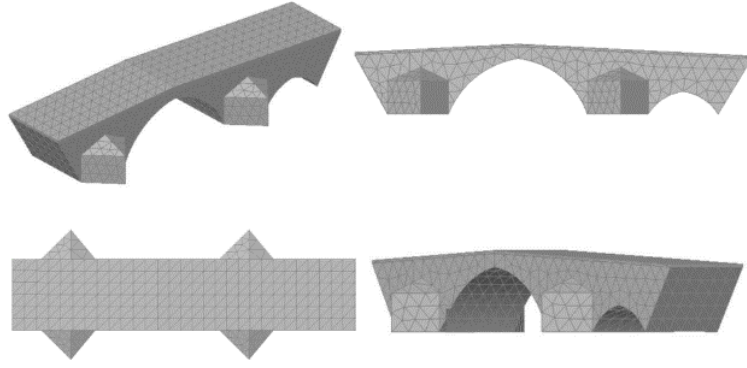
LUSAS (2022) programında iki adet model oluşturulmuştur. Bunlardan birincisi restorasyon öncesi durumu temsil etmektedir. İkincisi ise restorasyon sonrası durumu temsil etmektedir. Modellerde kullanılan yapıya ait genel bilgiler, çizimleri, taşıyıcı elemanlara ait malzeme bilgileri, köprünün rölöve ve restorasyon çizimleri, sanat tarihi raporları ve mimari raporları Karayolları Genel Müdürlüğü, Sanat Yapıları Daire Başkanlığı, Tarihi köprüler şubesinden alınmıştır (KGM arşivi, 2022).

Oluşturulan modellemelerde elde edilen düğüm noktaları ve sonlu eleman sayıları Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Restorasyon öncesi durum için oluşturulan modelde 8701 düğüm notası, 5180 adet sonlu elemandan oluşmaktadır. Restorasyon sonrası modellemede ise 10215 düğüm noktası, 6101 adet sonlu elemandan oluşmaktadır.

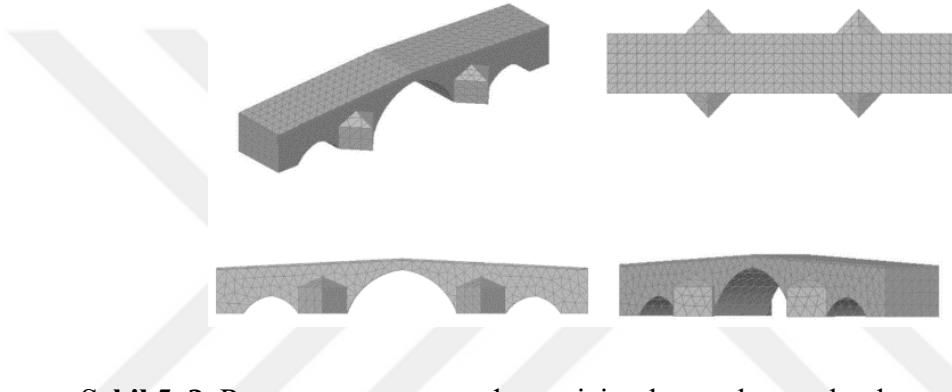
Çizelge 5. 1. Sonlu elemanlar modellerinin düğüm ve eleman sayısı.

	Düğüm Noktası	Eleman
Restorasyon Öncesi Model	8701	5180
Restorasyon Sonrası Model	10215	6101

Her iki sonlu eleman modelinin genel mesh görüntüleri Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5. 1. Restorasyon öncesi durum için oluşturulan sonlu elemanlar modeli.



Şekil 5. 2. Restorasyon sonrası durum için oluşturulan sonlu elemanlar modeli.

Bu çalışma yapılırken yapıda kullanılan malzemelerle ilgili bir laboratuvar çalışması yapılmamıştır. Malzeme özellikleri ise tarihi köprüyle ilgili daha önce yazar Ural tarafından yapılmış olan bir çalışmadan alınmıştır (Ural, 2012). Analizde yer alan restorasyon öncesi model için kullanılan malzeme özellikleri Çizelge 5.2’de, restorasyon sonrası model için kullanılan malzeme özellikleri ise Çizelge 5.3’te belirtilmiştir.

Çizelge 5. 2. Restorasyon öncesi durum için dikkate alınan malzeme özellikleri.

Malzemeler	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Yoğunluk (kg/ m ³)
Yan duvarlar, kemerler, ayaklar	8000	0,3	1000
Dolgu	7500	0,3	1800
Betonarme Kısımlar	25000	0,2	2500

Çizelge 5. 3. Restorasyon sonrası durum için dikkate alınan malzeme özellikleri.

Malzemeler	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Yoğunluk (kg/ m ³)
Yan duvarlar, kemerler, ayaklar	16000	0,3	1600
Dolgu	7500	0,3	1800

Köprü’de kullanılan, tempan duvardan alınan volkanik kökenli tuf taşının Elastisite Modülü’nü bulmak amacıyla TS EN 1996-1-1’de “Genel Amaçlı Harç ile Yapılan Donatısız Kâgir Karakteristik Basınç Dayanımı” başlığında belirtilen formül kullanılabilir.

$$f_k = K f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25} \quad (1)$$

Burada f_k tempan duvarın karakteristik basınç dayanımı, f_b taşın, f_m ise harcın basınç dayanımıdır. K ise yönetmelikte yer alan bir katsayıdır ve değeri 0,40 alınmaktadır. Harcın basınç dayanımı test sonuçları dikkate alınarak 1 MPa olması uygun görülmektedir. Bunun sonucunda tempan duvarın yaklaşık basınç dayanımı değeri 1,78 MPa çıkmıştır. Çekme dayanımı değeri ise basınç dayanımının 0,10 katı civarında alınabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında her iki model üzerinde sekiz farklı yük kombinasyonları uygulanarak yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Restorasyon öncesi gerçekleştirilen analizler;

1. Analiz: Zati yük analizi olmakta olup, restorasyon öncesi durum dikkate alınarak köprünün kendi ağırlığı altındaki davranışı belirlenmiştir.
2. Analiz: Hidrolik yük analizi olmakta olup, restorasyon öncesi durum dikkate alınarak köprünün muhtemel sel durumunda yapıdaki davranışı belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.
3. Analiz: Deprem analizi olmakta olup, restorasyon öncesi durum dikkate alınarak köprünün Türk Deprem Yönetmeliğindeki koşullara uyarak oluşturulan hesaplanan eş

değer deprem yükü altında yapıdaki davranışı belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

4. Analiz: Taşıt yükü analizi olmakta olup, restorasyon öncesi durum dikkate alınarak köprünün dayanabileceği yük miktarı belirlenmiş ve köprüye yerleştirilmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

5. Analiz: Deprem+Taşıt yükü analizi olmakta olup, restorasyon öncesi durum dikkate alınarak köprünün deprem ve taşıt yüküne birlikte ne kadar dayanabileceği belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

6. Analiz: Hidrolik+Taşıt yükü analizi olmakta olup, restorasyon öncesi durum dikkate alınarak köprünün hidrolik ve taşıt yüküne birlikte ne kadar dayanabileceği belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

7. Analiz: Deprem+Hidrolik yük analizi olmakta olup, restorasyon öncesi durum dikkate alınarak köprünün deprem ve hidrolik yüküne birlikte ne kadar dayanabileceği belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

8. Analiz: Hidrolik+Deprem+Taşıt yükü analizi olmakta olup, restorasyon öncesi durum dikkate alınarak köprünün deprem, hidrolik ve taşıt yüküne birlikte ne kadar dayanabileceği belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

Restorasyon sonrası durumu modellenerek sekiz farklı yük kombinasyonları uygulanıp yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Restorasyon sonrası gerçekleştirilen analizler şu şekildedir;

1. Analiz: Zati yük analizi olmakta olup, restorasyon sonrası durum dikkate alınarak köprünün kendi ağırlığı altındaki davranışı belirlenmiştir.

2. Analiz: Hidrolik yük analizi olmakta olup, restorasyon sonrası durum dikkate alınarak köprünün muhtemel sel durumunda yapıdaki davranışı belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

3. Analiz: Deprem analizi olmakta olup, restorasyon sonrası durum dikkate alınarak köprünün Türk Deprem Yönetmeliğindeki koşullara uyarak oluşturulan hesaplanan eş

değer deprem yükü altında yapıdaki davranışı belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

4. Analiz: Taşıt yükü analizi olmakta olup, restorasyon sonrası durum dikkate alınarak köprünün dayanabileceği yük miktarı belirlenmiş ve köprüye yerleştirilmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

5. Analiz: Deprem+Taşıt yükü analizi olmakta olup, restorasyon sonrası durum dikkate alınarak köprünün deprem ve taşıt yüküne birlikte ne kadar dayanabileceği belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

6. Analiz: Hidrolik+Taşıt yükü analizi olmakta olup, restorasyon sonrası durum dikkate alınarak köprünün hidrolik ve taşıt yüküne birlikte ne kadar dayanabileceği belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

7. Analiz: Deprem+Hidrolik yük analizi olmakta olup, restorasyon sonrası durum dikkate alınarak köprünün deprem ve hidrolik yüküne birlikte ne kadar dayanabileceği belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

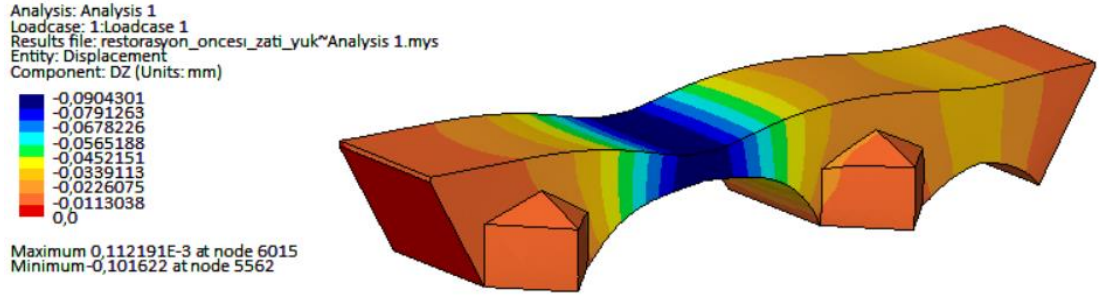
8. Analiz: Hidrolik+Deprem+Taşıt yükü analizi olmakta olup, restorasyon sonrası durum dikkate alınarak köprünün deprem, hidrolik ve taşıt yüküne birlikte ne kadar dayanabileceği belirlenmiştir. Bu analizde köprünün kendi ağırlığı da göz önünde bulundurulmuştur.

5.1 Restorasyon Öncesi Durum için Yapılan Analizler

5.1.1 Zati yük analizi

5.1.1.1 Deplasmanlar

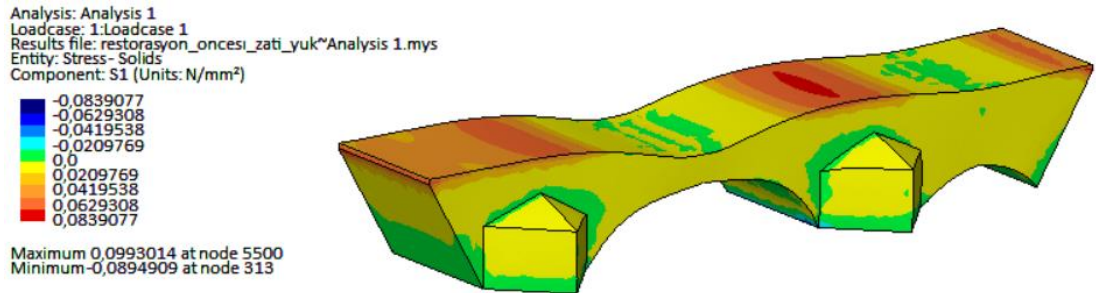
LUSAS(2022) programında girilen malzeme bilgilere göre oluşturulan modelde kendi ağırlığı altında (zati yük) analizi yapılmıştır. Şekil 5.3'te köprünün zati yük analizde meydana gelmiş deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde gösterilmiştir. Mavi ile gösterilen bölgeler deplasmanın en fazla olduğu kısımlardır. Kendi ağırlığı altında deplasman renklendirmesine bakıldığında maksimum deplasman kemer üzeri köprü genişliğinde 0,10 mm civarındadır.



Şekil 5. 3. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, deplasman renklendirmesi.

5.1.1.2 Çekme gerilmesi

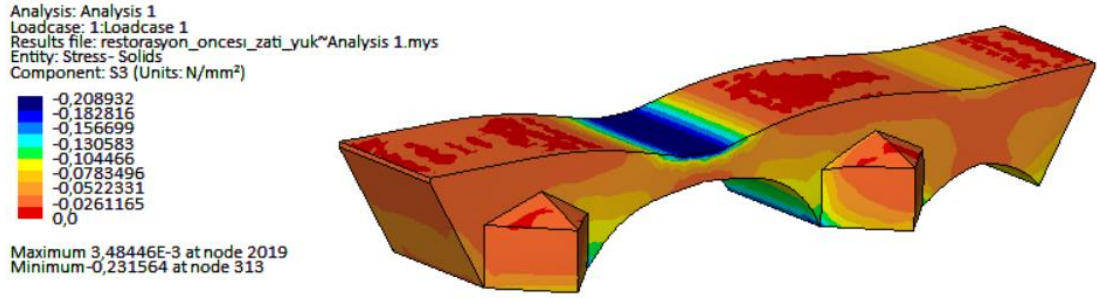
Modelleme sonrası gerçekleştirilen analizde çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesinde bakıldığında köprüde meydana gelen en büyük çekme gerilmeleri betonarme tabliye ile konsolun birleştiği kısımlarda meydana gelmiştir. Maksimum çekme değeri ise yaklaşık 0,09 MPa civarındadır.



Şekil 5. 4. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.1.3 Basınç gerilmesi

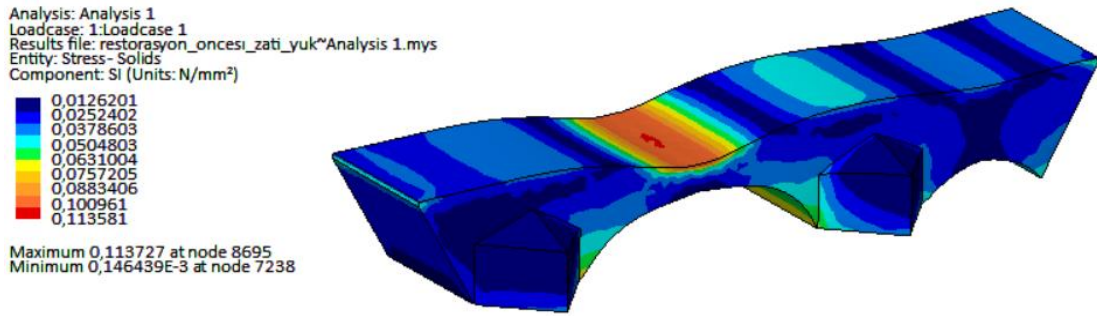
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında köprüde meydana gelen en büyük basınç gerilmeleri ana kemerin mansap tarafında, ana kemerin üst kısmında ve üzengi taşı yakınlarında meydana gelmektedir. Maksimum basınç gerilmesi değeri ise 0,23 MPa civarındadır.



Şekil 5. 5. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.1.4 Kayma gerilmesi

Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.6’da gösterilmiştir. Şekilde en büyük kayma gerilmeleri kemer üzerinde ve üzengi taşı yakınlarında meydana geldiği görülmektedir. Maksimum kayma gerilmesi 0,11 MPa civarındadır

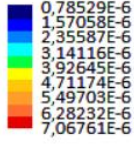


Şekil 5. 6. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

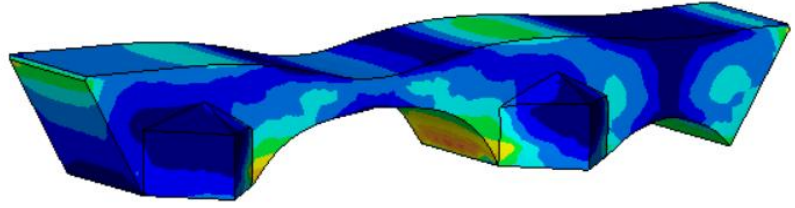
5.1.1.5 Şekil değiştirmeler

Gerçekleştirilen zati yük analizlerinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu, basınç durumu ve kayma durumu için aşağıda verilmiştir. Çekme durumu Şekil 5.7’ de, basınç durumu Şekil 5.8’de, kayma durumu ise Şekil 5.9’da gösterilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,0000070, basınç durumu için 0,000021, kayma durumu için ise 0,000025’dir.

Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1:Loadcase 1
Results file: restorasyon_öncesi_zati_yuk*Analysis 1.mys
Entity: Strain- Solids
Component: E1

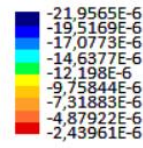


Maximum 7,06957E-6 at node 684
Minimum 1,96294E-9 at node 197

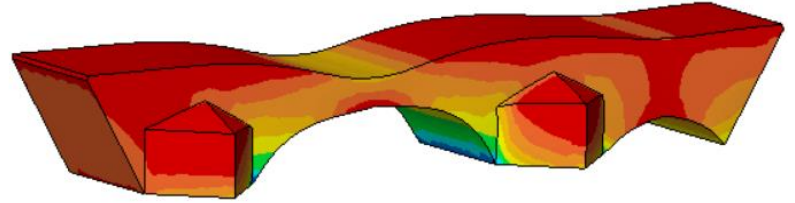


Şekil 5. 7. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, çekme şekil değiştirmesi.

Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1:Loadcase 1
Results file: restorasyon_öncesi_zati_yuk*Analysis 1.mys
Entity: Strain- Solids
Component: E3

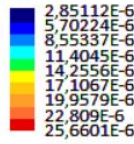


Maximum -9,71205E-9 at node 7238
Minimum -21,9662E-6 at node 313

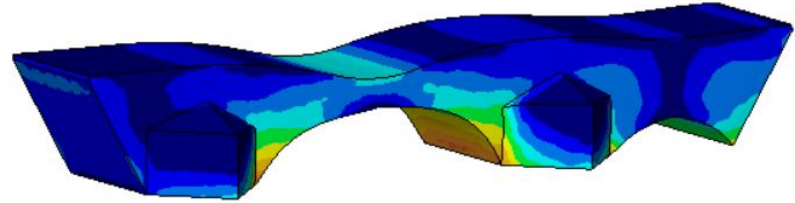


Şekil 5. 8. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.

Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1:Loadcase 1
Results file: restorasyon_öncesi_zati_yuk*Analysis 1.mys
Entity: Strain- Solids
Component: E1



Maximum 25,6742E-6 at node 683
Minimum 14,0581E-9 at node 7238



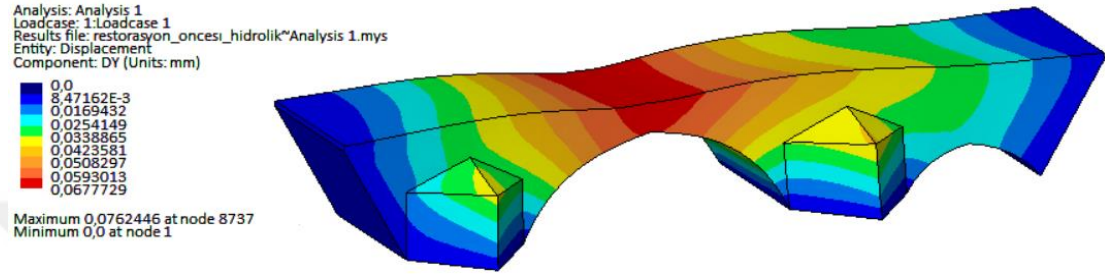
Şekil 5. 9. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.1.2 Hidrolik yük analizi

Hidrolik yük analizi için hesaplanmış olan su kuvvetleri köprünün memba tarafındaki tüm yüzeye statik olarak uygulanmıştır. Hesaplamalar sonucunda statik basınç yükü 28788 N/m^2 alınmıştır. Yapılan bu ikinci analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.1.2.1 Deplasmanlar

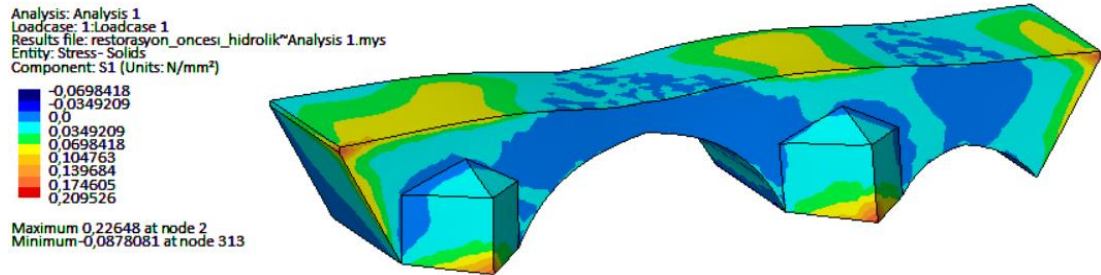
Gerçekleşen hidrolik yükü analizi sonucunda elde edilen deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Model üzerinde kırmızı renkte gösterilen bölgeler deplasmanın en büyük olduğu kısımları göstermektedir. Yatay doğrultuda maksimum deplasman 0,07 mm ile ana kemerin üst kısmında meydana gelmiştir.



Şekil 5. 10. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, deplasman renklendirmesi.

5.1.2.2 Çekme gerilmesi

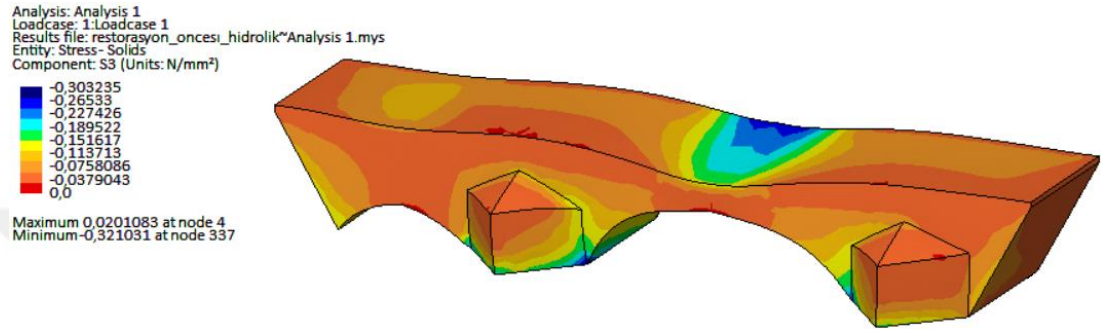
Modelleme sonrası gerçekleştirilen analizde çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Aşağıdaki çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük çekme gerilmeleri kırmızı renkte olup memba tarafında selyaranların temele yakın kısımlarında ve betonarme tabliyenin üst kısımlarında meydana gelmektedir. Maksimum değer 0,22 MPa civarındadır.



Şekil 5. 11. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.2.3 Basınç gerilmesi

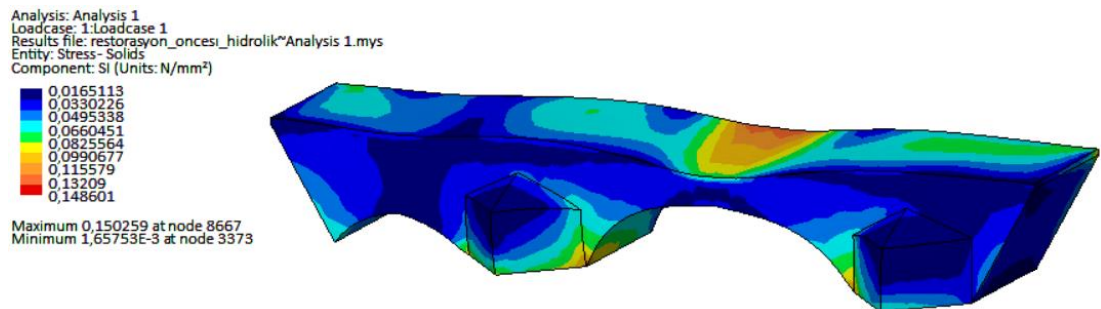
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında memba tarafında kemer kısmı ve mansap tarafındaki selyaranların temele yakın kısımları maksimum basınç gerilmesine maruz kalmıştır. Maksimum basınç gerilmesi 0,32 MPa civarındadır.



Şekil 5. 12. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.2.4 Kayma gerilmesi

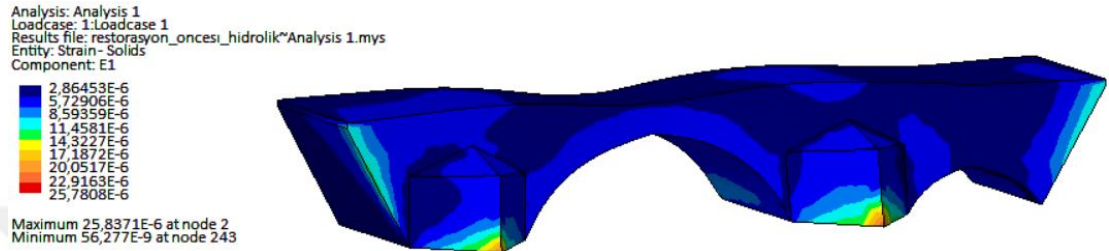
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.13’te gösterilmiştir. Modelde en büyük kayma gerilmeleri mansap tarafında selyaranların temele yakın kısımlarında ve orta kemer üzerinde meydana gelmektedir. Elde edilen maksimum kayma gerilmesi 0,15 MPa civarındadır.



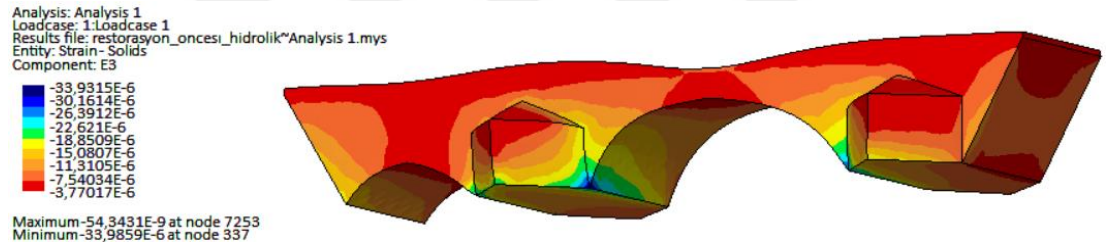
Şekil 5. 13. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.2.5 Şekil değiştirmeler

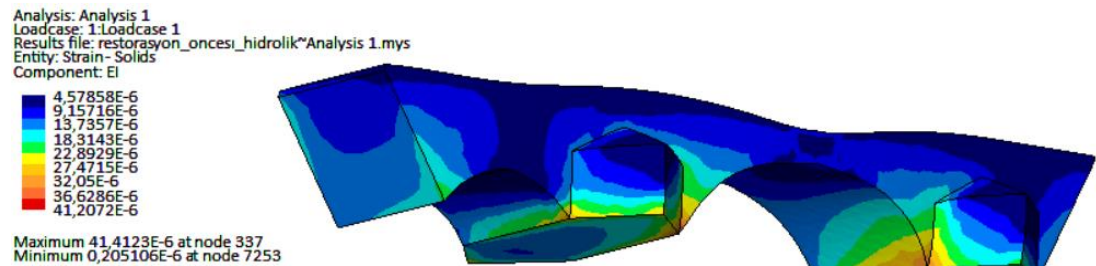
Gerçekleştirilen hidrolik yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.14'te, basınç durumu için Şekil 5.15'te, kayma durumu için ise Şekil 5.16'da verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme çekme durumu için 0,000025, basınç durumu için 0,000033, kayma durumu için ise 0,000041'dir.



Şekil 5. 14. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 15. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 16. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.1.3 Deprem analizi

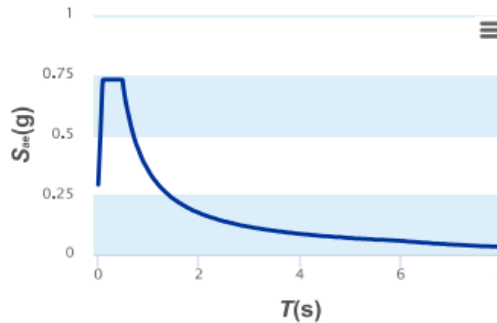
Tarihi kemer köprü'nün deprem davranışlarını belirlemek amacıyla deprem analizi yapılmıştır. Analizin doğru sonuç vermesi ve herhangi bir olası depreme karşı nasıl davranış göstereceğini görmek adına analizler “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)” dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ ne göre yapılan deprem analizi için gerekli deprem verileri Türkiye Deprem Tehlike Haritasından alınmıştır. Türkiye Deprem Haritasına Tarihi Baş Köprü'nün enlem ve boylam değerleri girilmiştir. Zemin etüt verileri bilinmediği için ZE zemin tipi seçilmiştir. Deprem haritasına girilen değerler Şekil 5.17’de verilmiştir.

Kullanıcı Girdileri		
Rapor Başlığı:	Aksaray Bas Koprusu	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlama periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $P_f > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller
Enlem:	38.375845°	
Boylam	34.028393°	

Şekil 5. 17. Türkiye deprem tehlike haritasına girilen veriler.

Girilen bu veriler doğrultusunda tarihi kemer köprü'nün mevcut konumuna ait spektral ivme grafiği elde edilmiştir ve 5.18’de verilmiştir.



Şekil 5. 18. TBDY 2018 Tarihi Baş Köprü'nün konumu periyot-spektral ivme grafiği (AFAD, 2022).

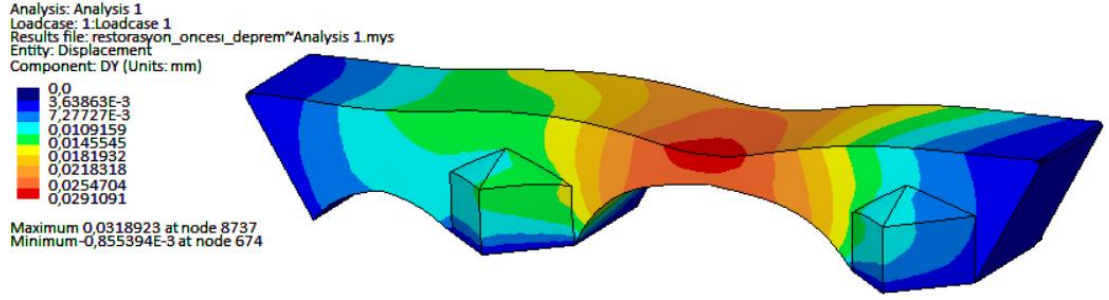
LUSAS(2022) programında modellenen yapının hesaplanan hacmi ile birim hacim ağırlığı değerleri çarpıldığında yapının yaklaşık kütlesi 640 ton çıkmaktadır. Bu değer Şekil 5.19'daki formülde yerine yazıldığında yapıdaki toplam taban kesme kuvveti yaklaşık olarak $V_t=1433$ kN olarak hesaplanmaktadır. Hesaplanan deprem kuvveti yapıdaki olası en olumsuz durumu görmek amacıyla hidrolik yükün uygulandığı memba tarafından yüklenmiştir. Analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

Tarihi Baş Köprü			
TBDY, 2018'e göre Taban Kesme Kuvveti Hesabı			
Doğal Titreşim Periyodu (Modal Analize Göre)	$T =$	0,011	sn
Yapı ağırlığı	$w_t =$	6278,4	kN
Taşıyıcı sistem dayanış katsayısı (Tablo 4.1)	$R =$	2,5	(yığılma için 2,5)
Dayanım Fazlalığı katsayısı (Tablo 4.1)	$D =$	1,5	(yığılma için 1,5)
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	$S_{DS} =$	0,732	
1 sn periyot için tasarım spekt. ivme katsayısı	$S_{D1} =$	0,349	
Bina Kullanım Sınıfı (Tablo 3.1)	$BKS =$	1	
Bina Önem Katsayısı (Tablo 3.1)	$I =$	1,5	(tarihi yapılar için 1,5)
Deprem Tasarım Sınıfı (Tablo 3.2)	$DTS =$	2a	
Bina Yükseklik Sınıfı (Tablo 3.3)	$BYS =$	8	
Yapı Kütlesi (wt/g)	$m_t =$	640,0	t
Sınır periyotlar	$T_A =$	0,095	sn
Sınır periyotlar	$T_B =$	0,477	sn
Yatay elastik tasarım spektral ivmesi	$S_{ae}(T) =$	3,369395	m/s ²
Deprem yükü azaltma katsayısı	$R_a(T) =$	1,50	
Azaltılmış tasarım spektral ivmesi	$S_{ar}(T_p^{(x)}) =$	2,24	
Taban kesme kuvveti	$V_{te} =$	1433,93	kN
Minimum taban kesme kuvveti	$V_{te} =$	275,75	kN
Dikkate alınacak değer	$V_{te} =$	1433,932	kN

Şekil 5. 19. Restorasyon öncesi durum için TBDY, 2018'e göre taban kesme kuvveti hesabı.

5.1.3.1 Deplasmanlar

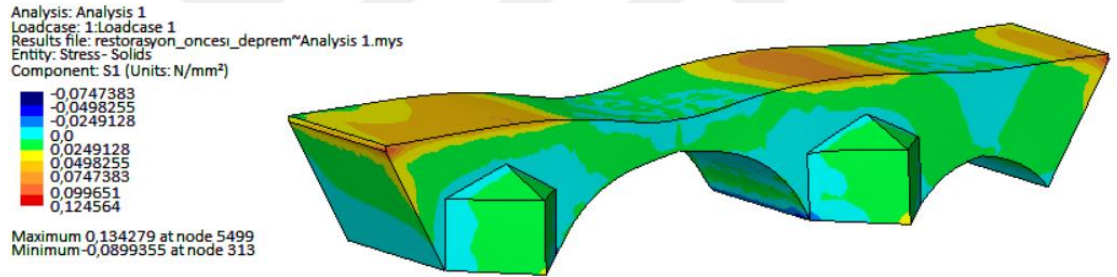
Gerçekleştirilen bu analiz sonucunda deplasmanlar belirlenmiş olup deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.20'de gösterilmiştir. Deprem etkisinde yatay doğrultuda maksimum deplasman 0,03 mm ile kemer bölgesinde meydana gelmiştir.



Şekil 5. 20. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.1.3.2 Çekme gerilmesi

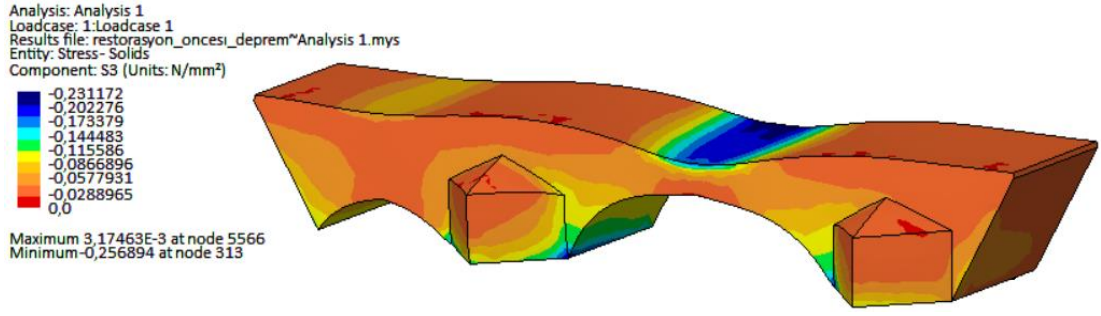
Gerçekleştirilen analizde çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.21’de gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük çekme gerilmesi betonarme tabliyenin mesnet kısımlarında meydana gelmiştir. Maksimum çekme değeri ise yaklaşık 0,13 MPa civarındadır.



Şekil 5. 21. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.3.3 Basınç gerilmesi

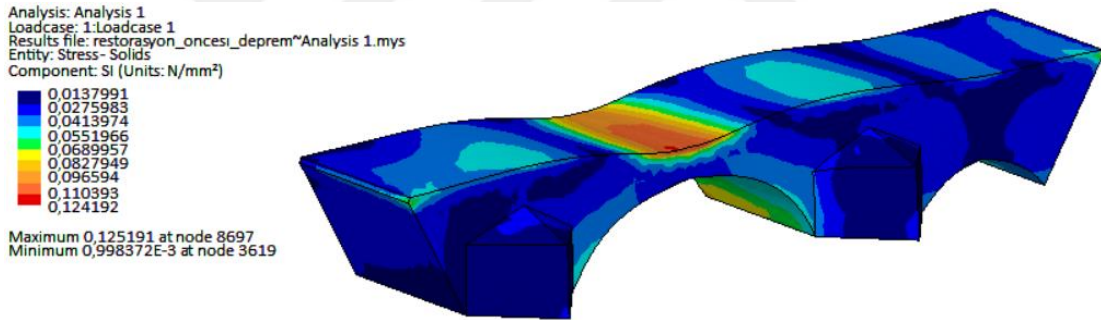
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri renklendirmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.22’de gösterilmiştir. Basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük basınç gerilmelerinin kemer üzerinde ve kemer ayaklarında olduğu görülmektedir. Yaklaşık olarak değeri ise 0,25 MPa civarındadır.



Şekil 5. 22. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.3.4 Kayma gerilmesi

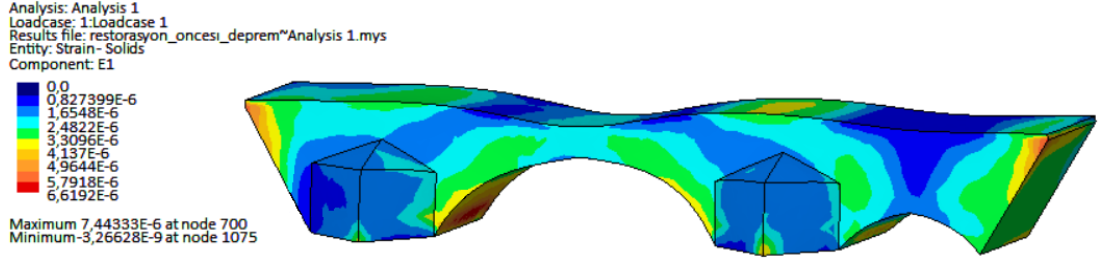
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.23'te gösterilmiştir. En büyük kayma gerilmeleri mansap tarafında ana kemer üzerinde köprü genişliğinde meydana gelmiştir ve değeri yaklaşık olarak 0,12 MPa civarındadır.



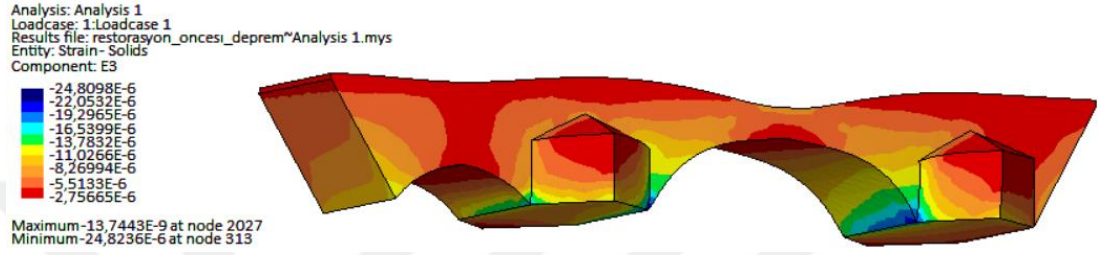
Şekil 5. 23. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.3.4 Şekil değiştirmeler

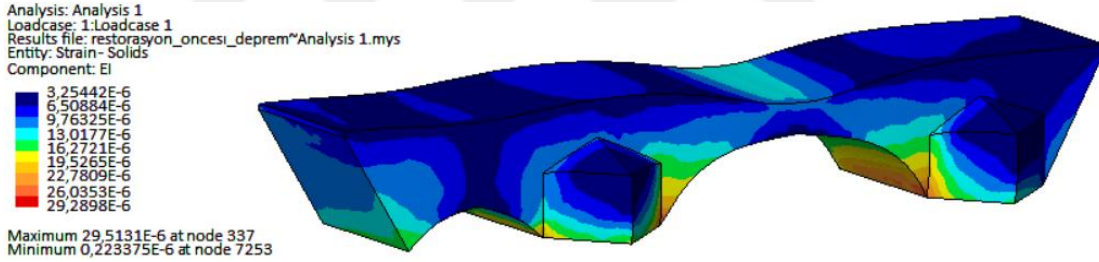
Gerçekleştirilen deprem yükü analizinden şekil değiştirmeleri çekme durumu için Şekil 5.24'te, basınç durumu için Şekil 5.25'te, kayma durumu için ise Şekil 5.26'da verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,0000074, basınç durumu için 0,000024, kayma durumu için ise 0,000029'dur.



Şekil 5. 24. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



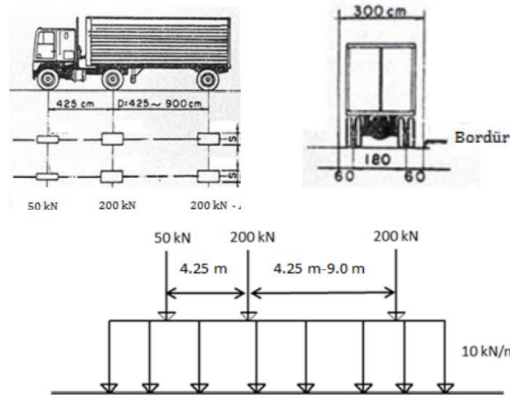
Şekil 5. 25. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 26. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.1.4 Taşıt yükü analizi

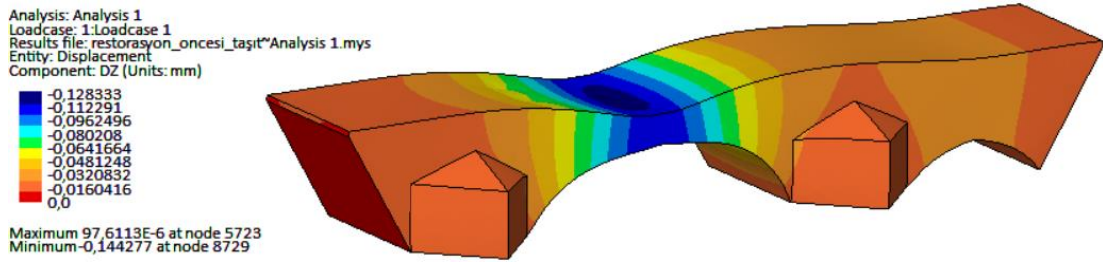
Taşıt yükü analizi için LUSAS(2022) programında H30-S24 taşıt yüklemesi kullanılmıştır. Genel olarak 25,5m uzunluğa 6m genişliğe sahip olan köprüye 1 adet köprü ortasında ve akslara uygun olacak şekilde H30-S24 taşıt yüklemesi yapılmıştır. Şekil 5.27’de kamyon tekerlek aralıkları ve ağırlık dağılımı verilmiştir. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.



Şekil 5. 27. Kamyon tekerlek aralıkları ve ağırlık dağılımı (Ural, 2022).

5.1.4.1 Deplasmanlar

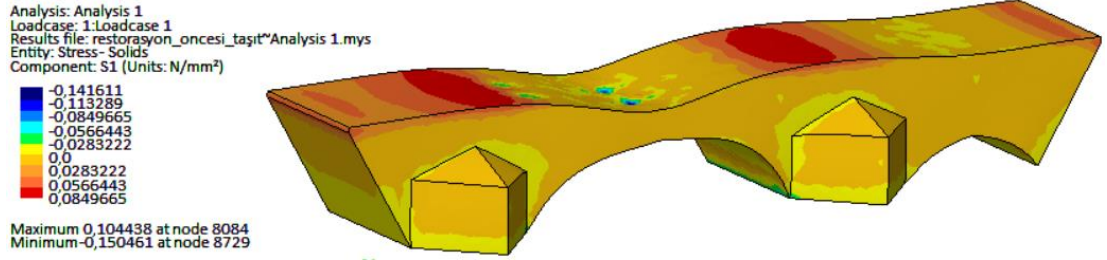
Gerçekleşen analiz sonucunda elde edilen deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.28’de gösterilmiştir. Mavi ile gösterilen bölgeler deplasmanın en büyük olduğu kısımlardır. Köprüde düşey doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,14 mm civarındadır.



Şekil 5. 28. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.1.4.2 Çekme gerilmesi

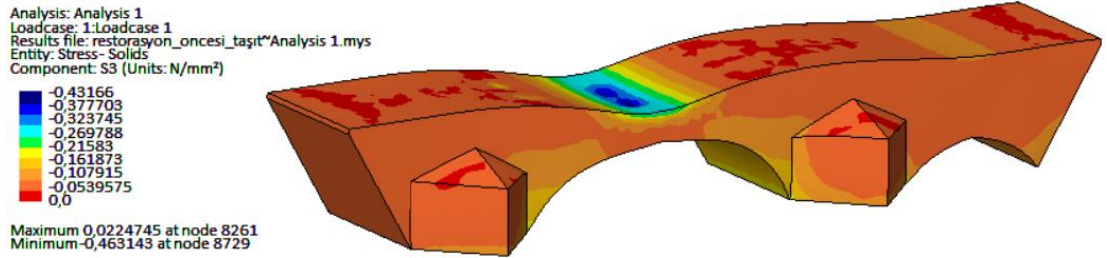
Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.29’da gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında köprüde meydana gelen en büyük çekme gerilmeleri bağlantı mesnet yerlerinde ve kemer yanlarındadır. Maksimum çekme gerilmesi yaklaşık olarak 0,10 MPa civarındadır.



Şekil 5. 29. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.4.3 Basınç gerilmesi

Gerçekleşen taşıt yükü analiz sonucunda yapı elemanlarında elde edilen basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.30'da gösterilmiştir. Tarihi yapıda meydana gelen en büyük basınç gerilmeleri ana kemer üzerinde ve kemer üzengi taşı yakınlarında meydana gelmektedir. Meydana gelen maksimum basınç gerilmesi yaklaşık olarak 0,46 MPa civarındadır.

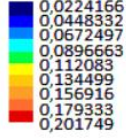


Şekil 5. 30. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

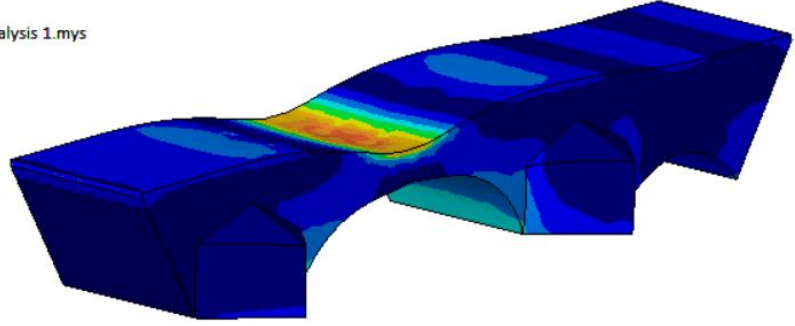
5.1.4.4 Kayma gerilmesi

Gerçekleştirilen taşıt yükü analizi sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.31'de gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde kayma gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük kayma gerilmesinin ana kemer üzerinde meydana geldiği görülmektedir. Elde edilen maksimum kayma gerilmesi yaklaşık 0,20 MPa civarındadır.

Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1:Loadcase 1
Results file: restorasyon_öncesi_taşıt~Analysis 1.mys
Entity: Stress- Solids
Component: SI (Units: N/mm²)



Maximum 0,202663 at node 8732
Minimum 0,913714E-3 at node 2238

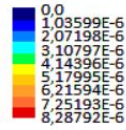


Şekil 5. 31. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

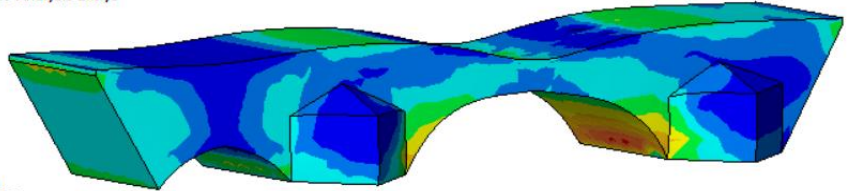
5.1.4.5 Şekil değiştirmeler

Gerçekleştirilen taşıt yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.32’de, basınç durumu için Şekil 5.33’te, kayma durumu için ise Şekil 5.34’te verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,0000084, basınç durumu için 0,000025, kayma durumu için ise 0,000030’dur.

Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1:Loadcase 1
Results file: restorasyon_öncesi_taşıt~Analysis 1.mys
Entity: Strain- Solids
Component: E1

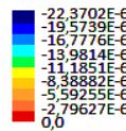


Maximum 8,43484E-6 at node 684
Minimum -0,889065E-6 at node 8729

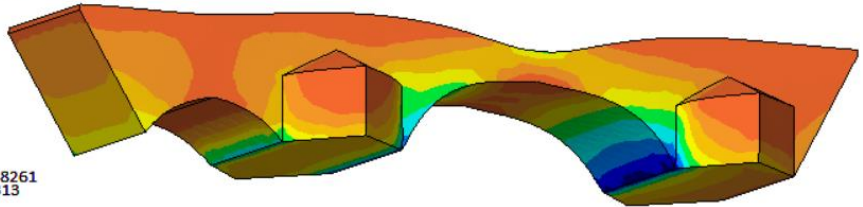


Şekil 5. 32. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.

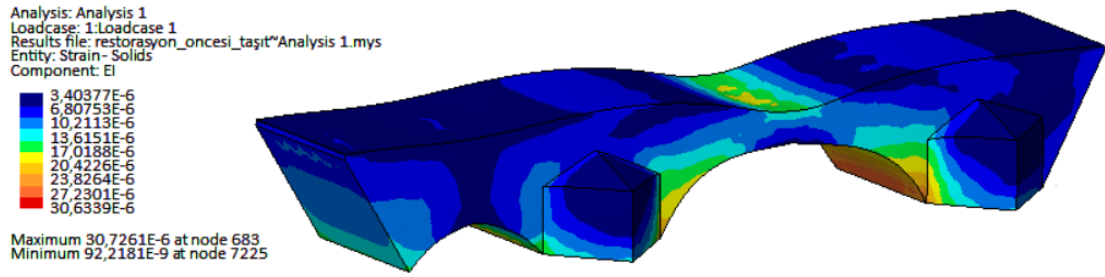
Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1:Loadcase 1
Results file: restorasyon_öncesi_taşıt~Analysis 1.mys
Entity: Strain- Solids
Component: E3



Maximum 0,137516E-6 at node 8261
Minimum -25,0289E-6 at node 313



Şekil 5. 33. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



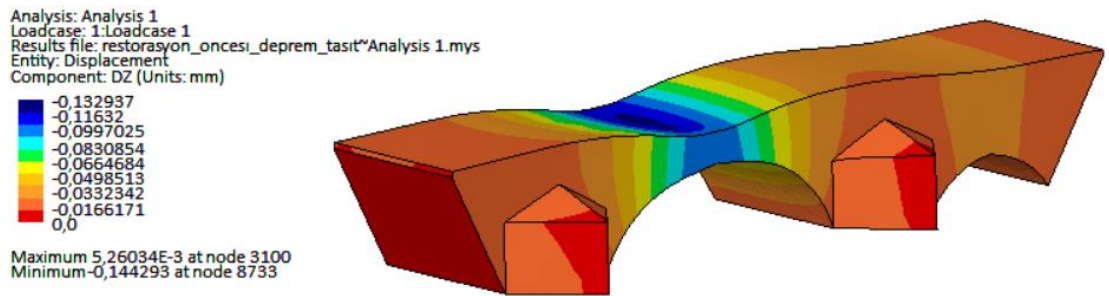
Şekil 5. 34. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.1.5 Deprem + Taşıt yükü analizi

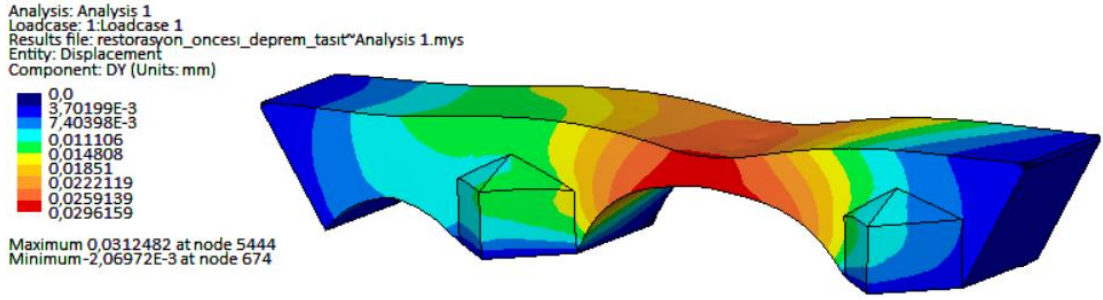
Bu bölümde 5.1.3'teki analizde hesaplanan eşdeğer statik deprem yükü 5.1.4'teki analizde uygulanan taşıt yükü ile aynı anda köprüye uygulanmıştır. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.1.5.1 Deplasmanlar

Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen düşey ve yatay doğrultudaki deplasmanlar belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde sırasıyla Şekil 5.35'te ve Şekil 5.36'da gösterilmiştir. Analiz sonucunda deplasman renklendirilmesine bakıldığında düşey doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,14 mm, yatay doğrultuda ise 0,03 mm olarak meydana gelmiştir



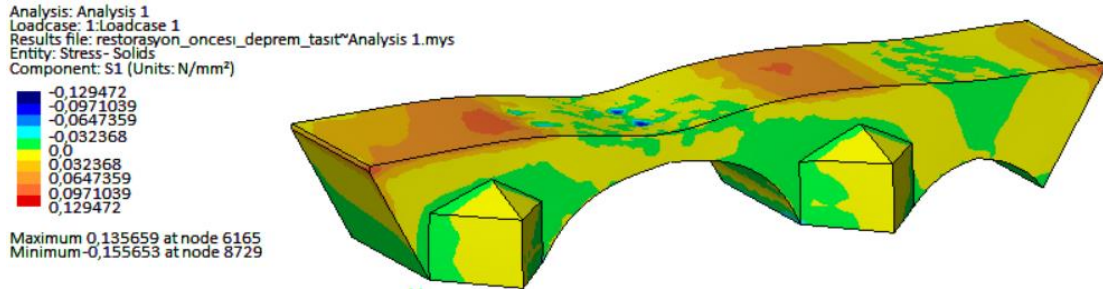
Şekil 5. 35. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.



Şekil 5. 36. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.1.5.2 Çekme gerilmesi

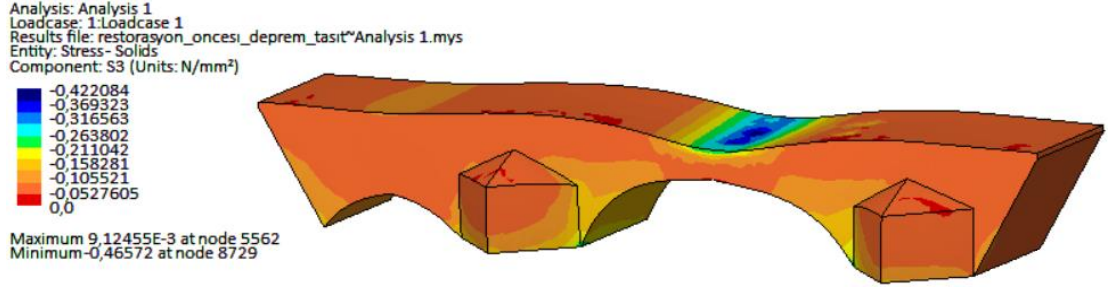
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.37’de gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük çekme gerilmeleri betonarme tabliyenin mesnet ile birleştiği kısımlarda olduğu görülmüştür. Maksimum çekme gerilmesi yaklaşık olarak 0,13 MPa civarındadır.



Şekil 5. 37. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.5.3 Basınç gerilmesi

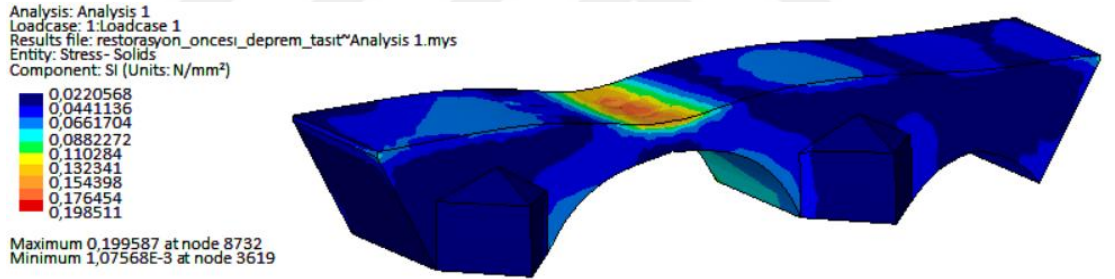
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.38’de gösterilmiştir. Basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük basınç gerilmesinin ana kemer üzerinde olduğu görülmektedir. Maksimum basınç gerilmesi yaklaşık olarak 0,46 MPa civarındadır.



Şekil 5. 38. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.5.4 Kayma gerilmesi

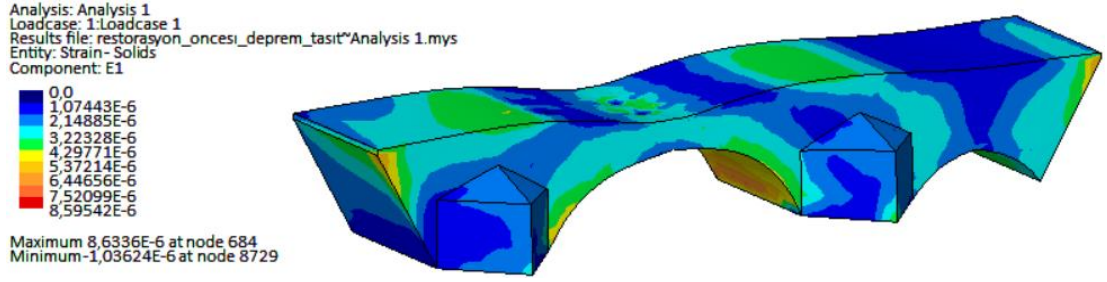
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.39’da gösterilmiştir. En büyük kayma gerilmeleri memba ve mansap tarafında ana kemerin üzerindeki tabliyede meydana gelmiştir. Kayma gerilmelerinin maksimum olduğu bölgeler kırmızı ile gösterilmiştir. Modelde meydana gelen maksimum değer yaklaşık 0,19 MPa civarındadır.



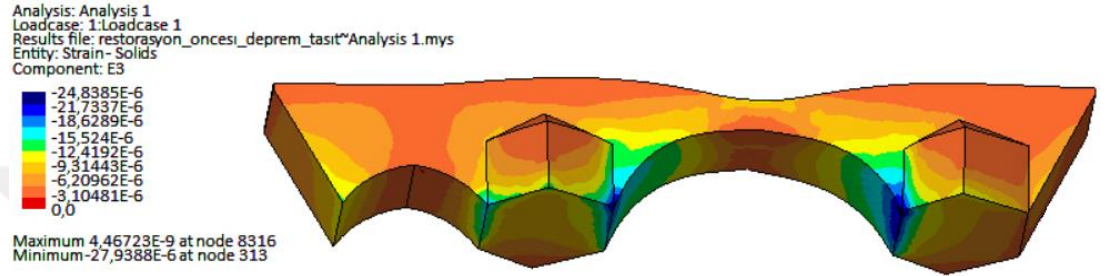
Şekil 5. 39. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.5.5 Şekil değiştirmeler

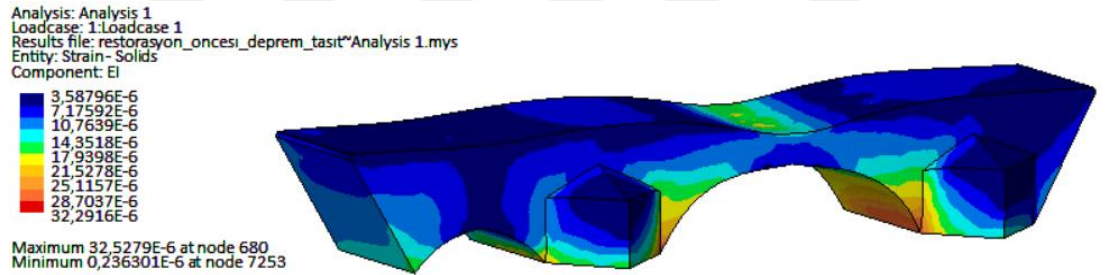
Gerçekleştirilen Deprem+Taşıt yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.40’da, basınç durumu için Şekil 5.41’de, kayma durumu için ise Şekil 5.42’de verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,0000086, basınç durumu için 0,000027, kayma durumu için ise 0,000032’dir.



Şekil 5. 40. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 41. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



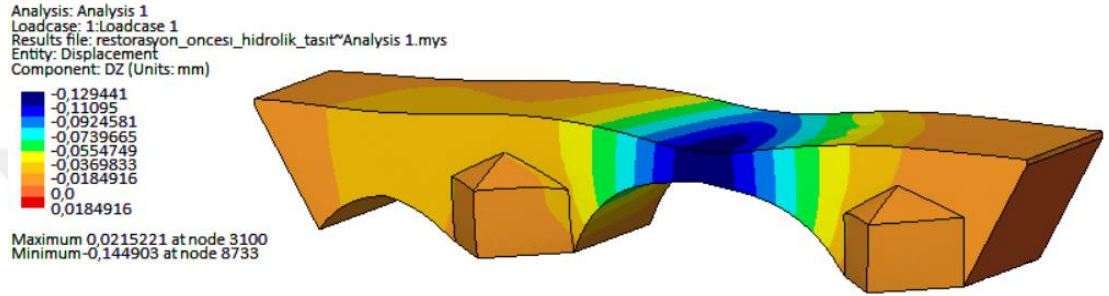
Şekil 5. 42. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.1.6 Hidrolik + Taşıt yükü analizi

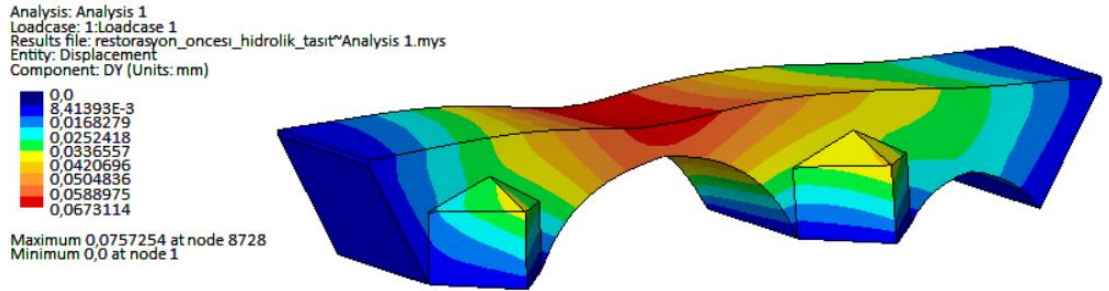
Bu bölümde 5.1.2'deki analizde hesaplanan su kuvveti ile 5.1.4'teki taşıt yükü aynı anda köprüye uygulanmıştır. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.1.6.1 Deplasmanlar

Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen düşey ve yatay doğrultudaki deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde sırasıyla Şekil 5.43'te ve Şekil 5.44'te gösterilmiştir. Hidrolik+Taşıt yükü kombinasyonu analiz sonucunda meydana gelen deplasman renklendirmesine bakıldığında, düşey doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,14 mm, yatay doğrultuda ise 0,07 mm olarak meydana gelmiştir.



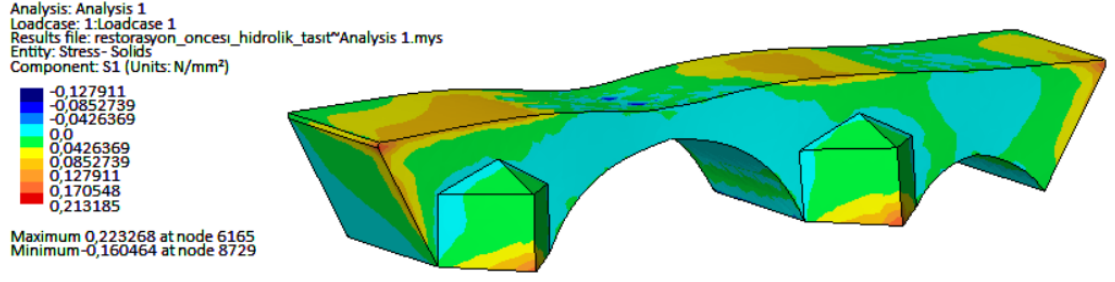
Şekil 5. 43. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.



Şekil 5. 44. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.1.6.2 Çekme gerilmesi

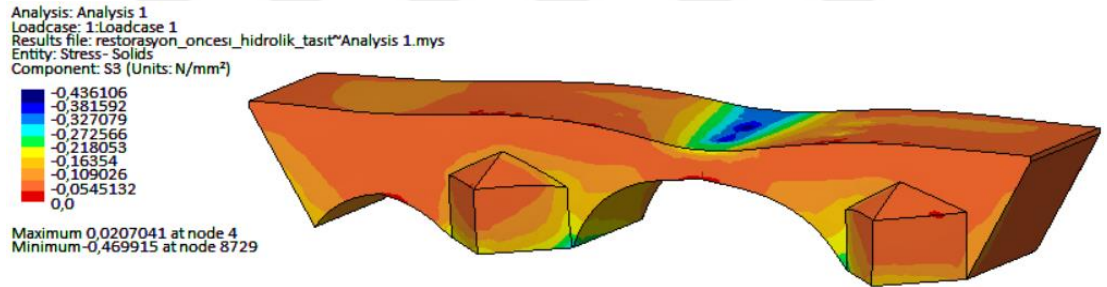
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmesi renklendirmesi belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.45'te gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında köprüde meydana gelen en büyük çekme gerilmeleri memba tarafında selyaranların temele yakın kısımlarında meydana gelmiştir. Maksimum çekme gerilmesi yaklaşık 0,22 MPa civarındadır.



Şekil 5. 45. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.6.3 Basınç gerilmesi

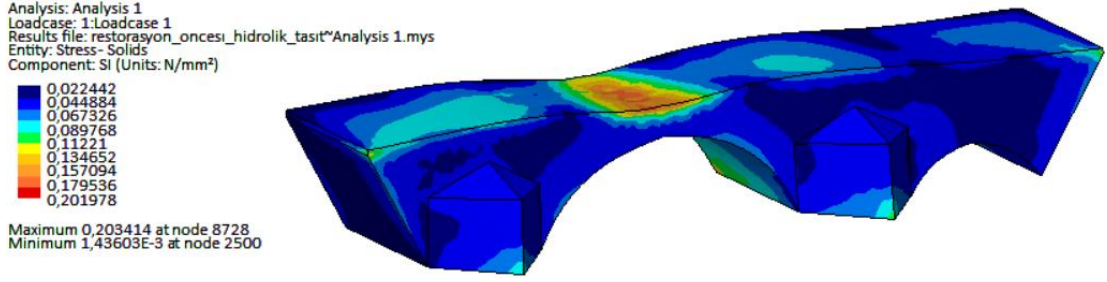
Gerçekleştirilen analiz sonucunda yapı elemanlarında elde edilen basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.46’da gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında köprüde meydana gelen en büyük basınç gerilmeleri ana kemer üzerinde ve mansap kemer ayaklarında meydana geldiği görülmektedir. Maksimum basınç gerilmesi değeri ise yaklaşık olarak 0,46 MPa civarındadır.



Şekil 5. 46. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.6.4 Kayma gerilmesi

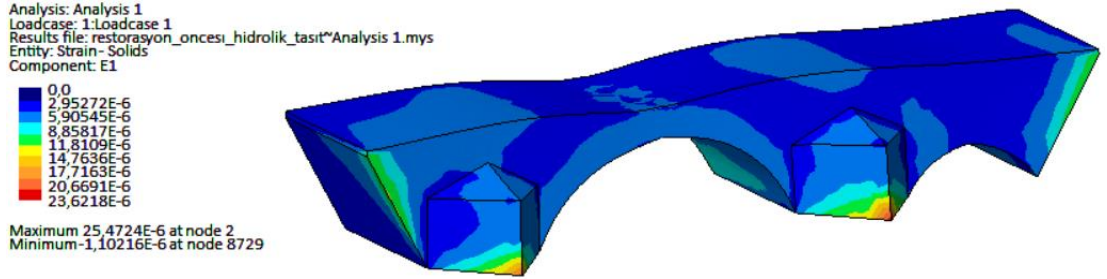
Gerçekleştirilen analiz sonucunda yapı elemanlarında meydana gelen kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.47’de gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde kayma gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük kayma gerilmesi ana kemer üzerinde meydana geldiği görülmektedir. Maksimum kayma gerilmesi değeri ise yaklaşık olarak 0,20 MPa civarındadır.



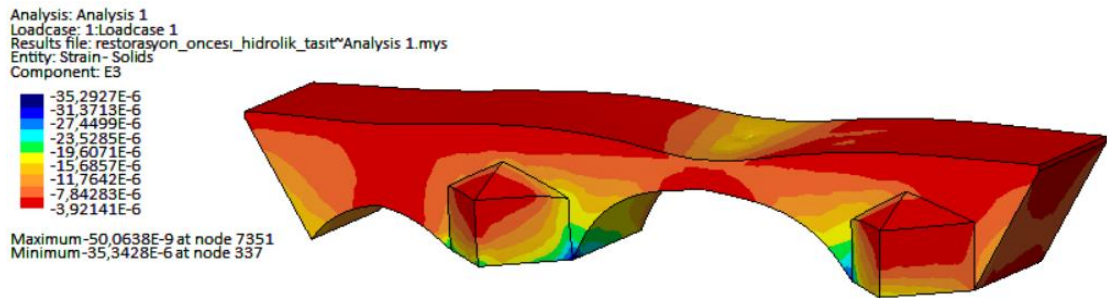
Şekil 5. 47. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.6.4 Şekil değiştirmeler

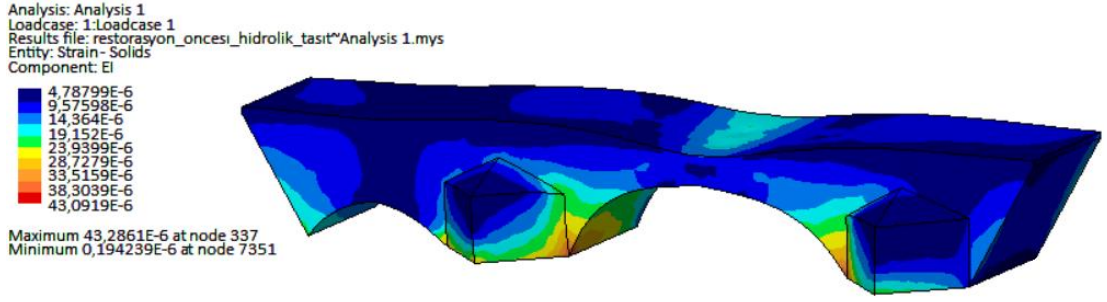
Gerçekleştirilen Hidrolik+Taşıt yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.48’de, basınç durumu için Şekil 5.49’da, kayma durumu için ise Şekil 5.50’de verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,000025, basınç durumu için 0,000035, kayma durumu için ise 0,000043’dür.



Şekil 5. 48. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 49. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



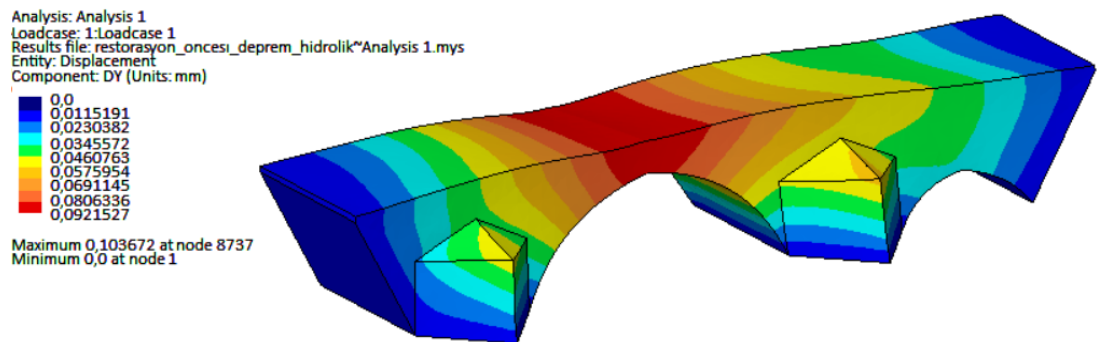
Şekil 5. 50. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.1.7 Deprem + Hidrolik yük analizi

Bu bölümde 5.1.2'deki analizde hesaplanan su kuvveti ile 5.1.3'teki analizde hesaplanan deprem yükü aynı anda köprüye uygulanmıştır. Bu iki yük memba tarafından tüm yüzeye etki edecek şekilde uygulanmıştır. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.1.7.1 Deplasmanlar

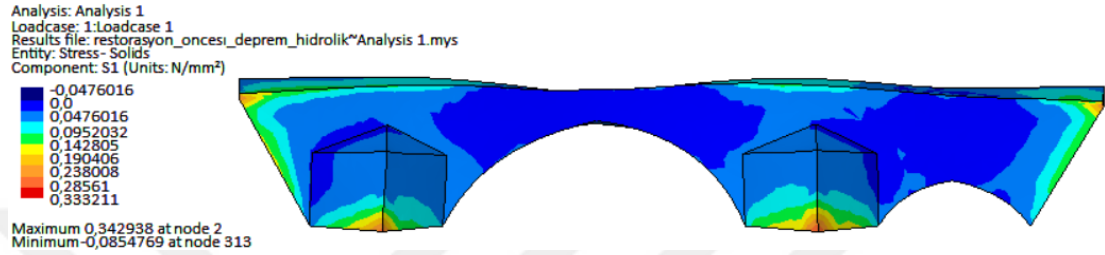
Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.51'de gösterilmiştir. Model üzerinde kırmızı renkte gösterilen bölgeler deplasmanın en büyük olduğu kısımları göstermektedir. Yatay doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,10 mm ile kemerin üzerinde köprü genişliğinde meydana gelmiştir.



Şekil 5. 51. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.1.7.2 Çekme gerilmesi

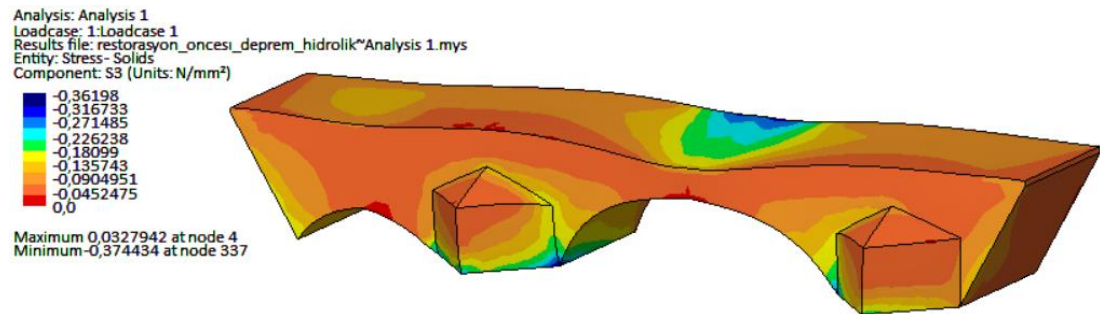
Modelleme sonrası gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve aşağıda deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.52’de gösterilmiştir. Aşağıda çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük çekme gerilmeleri kırmızı renkte olup memba tarafında selyaranların zemine oturduğu bölgelerde meydana geldiği görülmektedir. Meydana gelen maksimum değer yaklaşık 0,34 MPa civarındadır.



Şekil 5. 52. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.7.3 Basınç gerilmesi

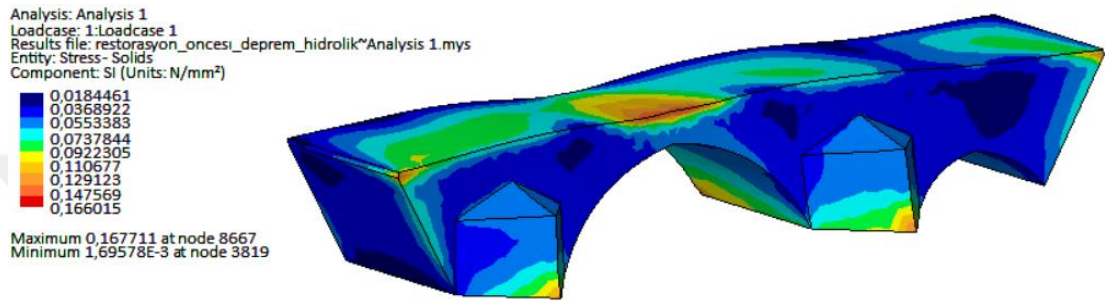
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.53’te gösterilmiştir. Basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük basınç gerilmeleri memba tarafında ana kemer üzerinde, mansap tarafında ise selyaranların zemine oturduğu bölgelerde meydana gelmiştir. Maksimum basınç gerilmesi yaklaşık olarak 0,37 MPa civarındadır.



Şekil 5. 53. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.7.4 Kayma gerilmesi

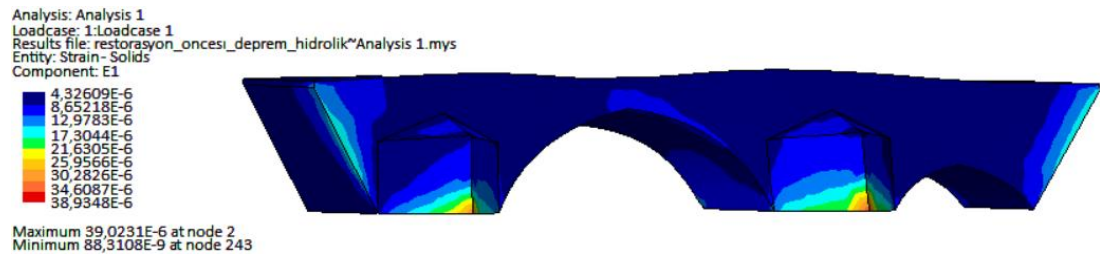
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.54'te gösterilmiştir. Kayma gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük kayma gerilmeleri memba tarafında selyaranların alt kısımlarında ve ana kemer üzerinde meydana gelmiştir. Kayma gerilmelerinin maksimum olduğu bölgeler kırmızı ile gösterilmiştir. Modelde meydana gelen maksimum değer yaklaşık 0,16 MPa civarındadır.



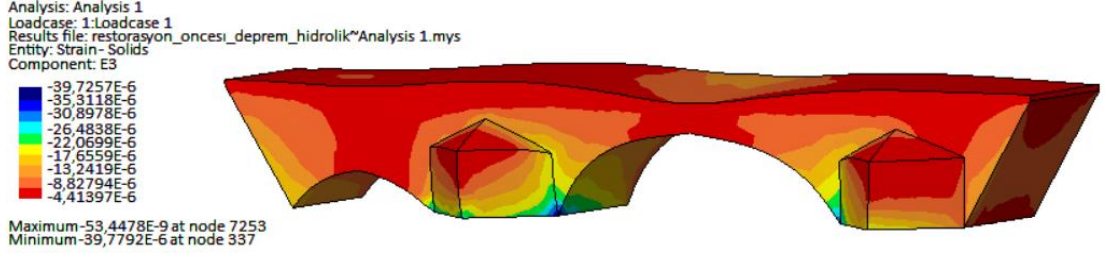
Şekil 5. 54. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.7.5 Şekil değiştirmeler

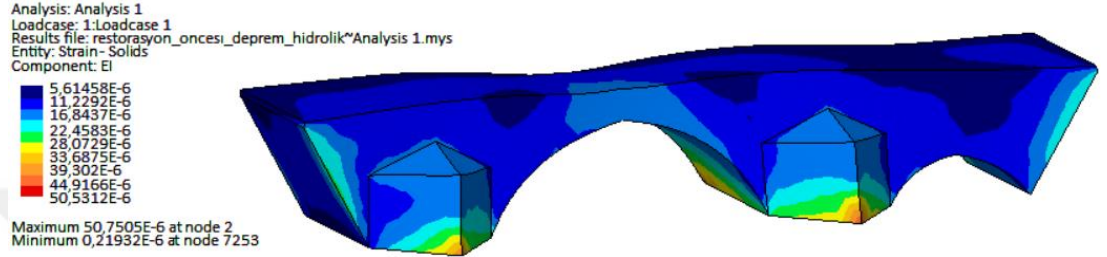
Gerçekleştirilen Deprem+Hidrolik yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.55'te, basınç durumu için Şekil 5.56'da, kayma durumu için ise Şekil 5.57'de verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,000039, basınç durumu için 0,000039, kayma durumu için ise 0,000050'dir.



Şekil 5. 55. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 56. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



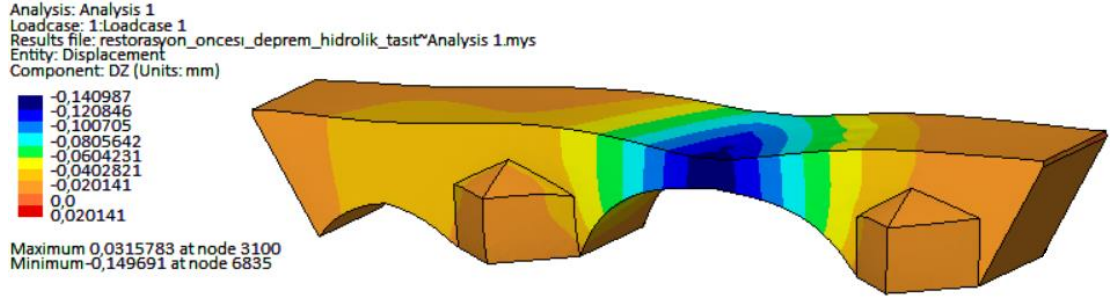
Şekil 5. 57. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.1.8 Hidrolik + Deprem + Taşıt yükü analizi

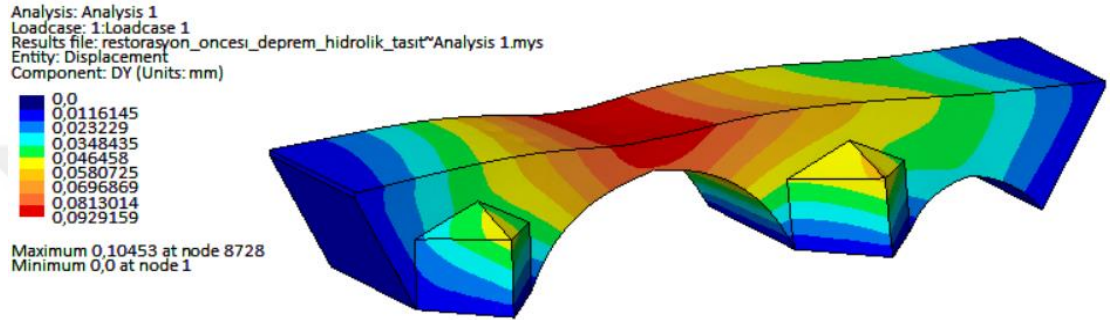
Bu bölümde 5.1.2'deki analizde hesaplanan hidrolik yük, 5.1.3'teki analizde hesaplanan eşdeğer statik deprem yükü ve 5.1.4'teki taşıt yükü değeri aynı anda köprüye uygulanmıştır. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.1.8.1 Deplasmanlar

Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen düşey ve yatay doğrultudaki deplasmanlar belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde sırasıyla Şekil 5.58 ve Şekil 5.59'da gösterilmiştir. Hidrolik+Deprem+Taşıt yükü kombinasyonu analizi sonucunda deplasman renklendirmelerine bakıldığında düşey doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,14 mm, yatay doğrultu da ise 0,10 mm olarak meydana gelmiştir.



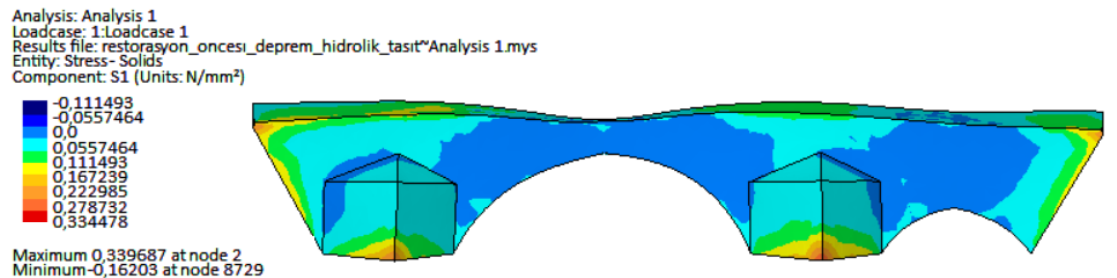
Şekil 5. 58. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.



Şekil 5. 59. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.1.8.2 Çekme gerilmesi

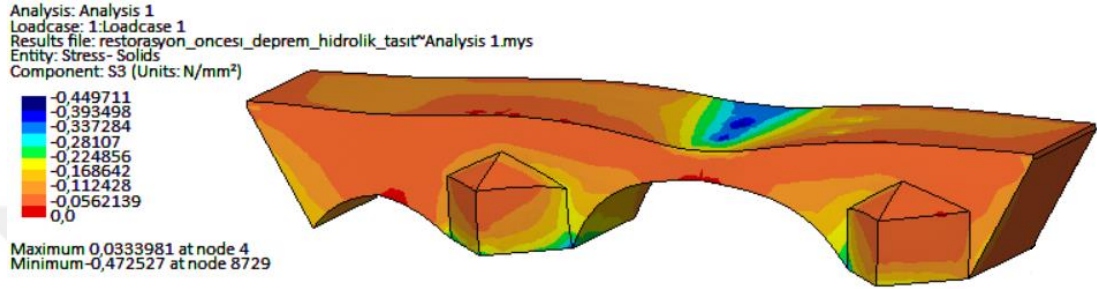
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.60'da gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük çekme gerilmesi memba tarafında selyaranların temele yakın kısımlarında meydana geldiği görülmektedir. Maksimum çekme gerilmesi değeri yaklaşık olarak 0,33 MPa civarındadır.



Şekil 5. 60. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.8.3 Basınç gerilmesi

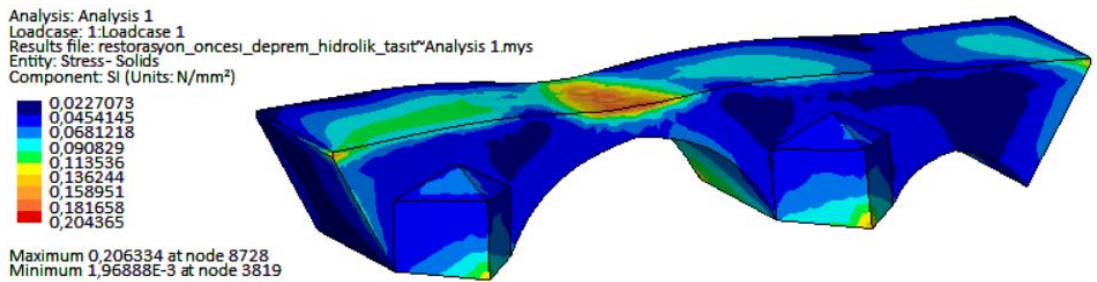
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.61’de gösterilmiştir. Basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük basınç gerilmeleri ana kemer üzerinde ve mansap tarafında selyaranların temele yakın bölgelerinde meydana gelmiştir. Maksimum basınç gerilmesi yaklaşık olarak 0,47 MPa civarındadır.



Şekil 5. 61. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.8.4 Kayma gerilmesi

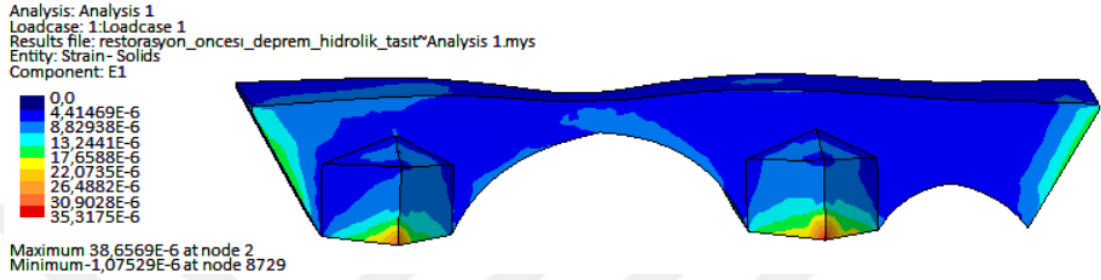
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.62’de gösterilmiştir. Maksimum kayma gerilmesi memba tarafında kemer üzerindeki bölgede meydana gelmiştir ve yaklaşık olarak değeri 0,20 MPa civarındadır.



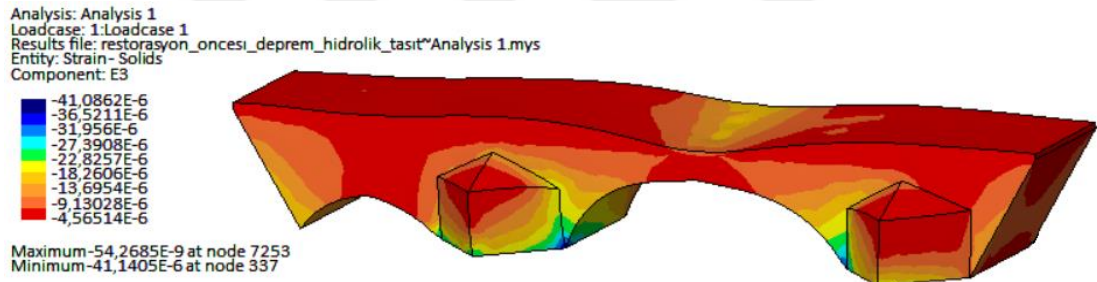
Şekil 5. 62. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.1.8.5 Şekil değiştirmeler

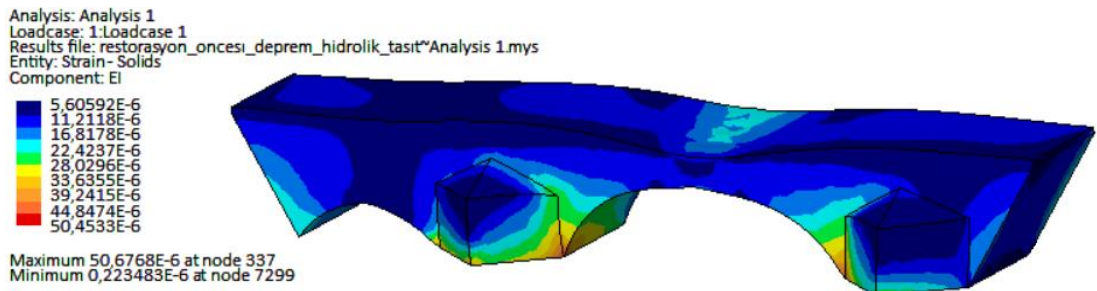
Gerçekleştirilen Hidrolik+Deprem+Taşıt yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.63'te, basınç durumu için Şekil 5.64'te, kayma durumu için ise Şekil 5.65'te verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,000038, basınç durumu için 0,000041, kayma durumu için ise 0,000050'dir.



Şekil 5. 63. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 64. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 65. Restorasyon öncesi duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

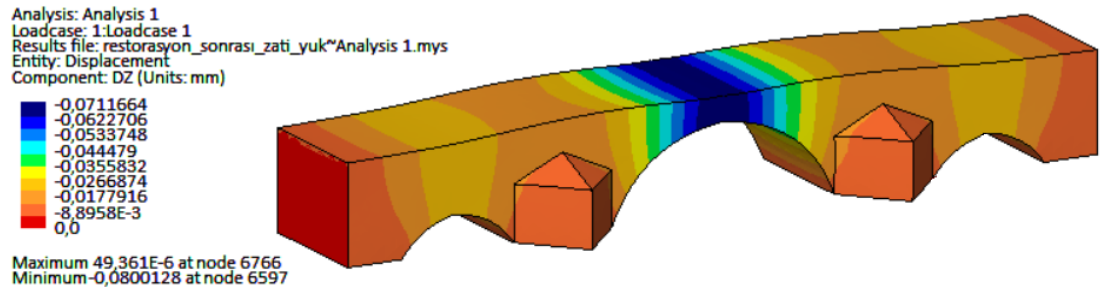
5.2 Restorasyon Sonrası Modelleme İçin Yapılan Analizler

Restorasyon projesi kapsamında yapılan ve restorasyon çizimlerinden elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulmuş olan sonlu elemanlar modeli üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir.

5.2.1 Zati yük analizi

5.2.1.1 Deplasmanlar

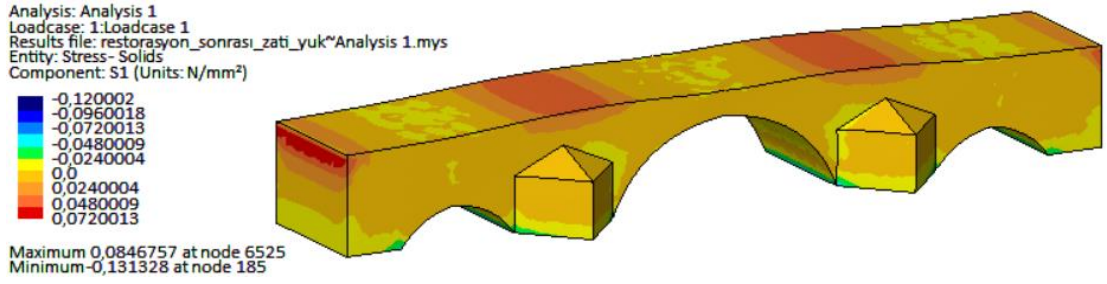
Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.66'da gösterilmiştir. Mavi ile gösterilen bölgeler deplasmanın en fazla olduğu bölgelerdir. Maksimum deplasman orta kemer açıklığında meydana gelmiştir ve değeri yaklaşık 0,08 mm civarındadır.



Şekil 5. 66. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, deplasman renklendirmesi.

5.2.1.2 Çekme gerilmesi

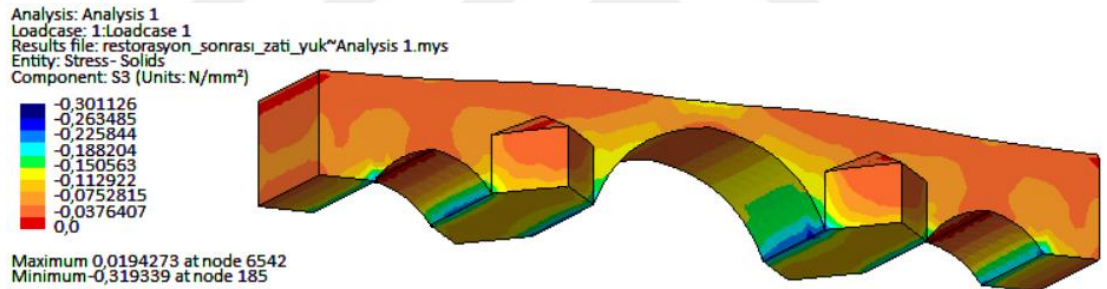
Gerçekleştirilen analiz sonucunda köprü elemanlarında elde edilen çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.67'de gösterilmiştir. Maksimum çekme gerilmeleri orta kemer açıklığının her iki yanında köprü genişliğinde meydana gelmiştir ve yaklaşık olarak değeri 0,08 MPa civarındadır.



Şekil 5. 67. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.1.3 Basınç gerilmesi

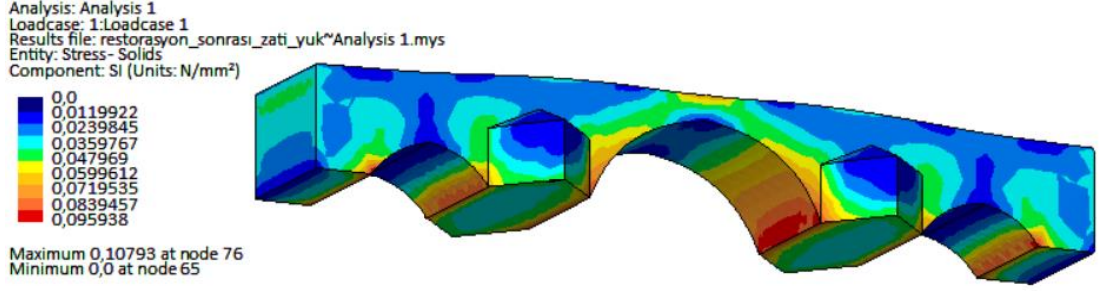
Gerçekleştirilen analiz sonucunda köprü elemanlarında elde edilen basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.68’de gösterilmiştir. Maksimum basınç gerilmeleri köprü kemerlerinde üzengi taşına yakın kısımlarda meydana gelmiştir. Meydana gelen maksimum basınç gerilmesi yaklaşık 0,31 MPa civarındadır.



Şekil 5. 68. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.1.4 Kayma gerilmesi

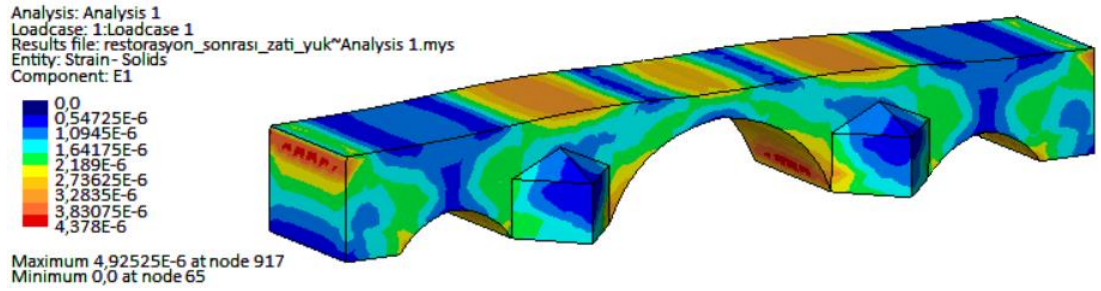
Gerçekleştirilen analiz sonucunda köprü elemanlarında elde edilen kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.69’da gösterilmiştir. Maksimum kayma gerilmeleri kırmızı renkte gösterilmekte olup kemerlerin üzengi taşına yakın kısımlarda yoğunlaşmıştır. Yaklaşık değeri ise 0,10 MPa civarındadır.



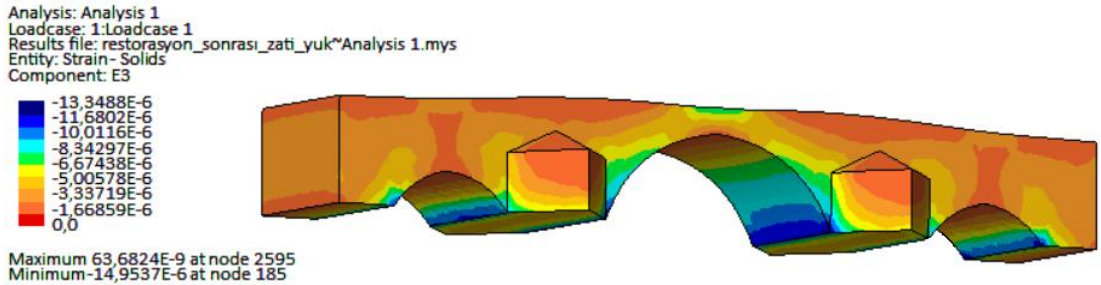
Şekil 5. 69. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.1.4 Şekil değıştirmeler

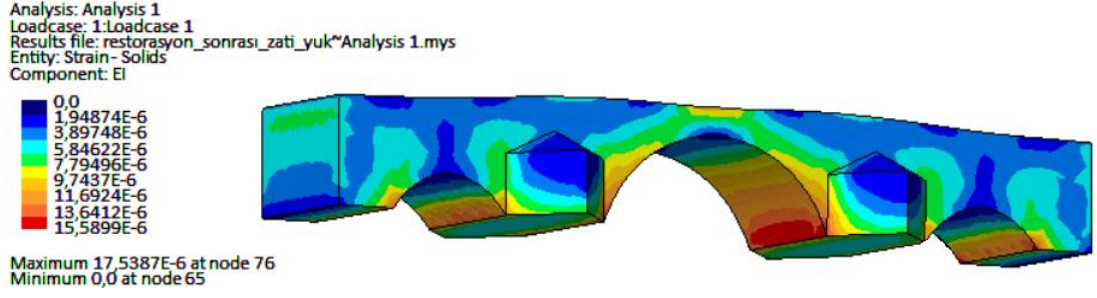
Gerçekleştirilen zati yük analizinden elde edilen şekil değıştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.70’de, basınç durumu için Şekil 5.71’de, kayma durumu için ise Şekil 5.72’de verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değıştirme miktarı çekme durumu için 0,0000049, basınç durumu için 0,000014, kayma durumu için ise 0, 000017’dir.



Şekil 5. 70. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, çekme şekil değıştirmesi.



Şekil 5. 71. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, basınç şekil değıştirmesi.



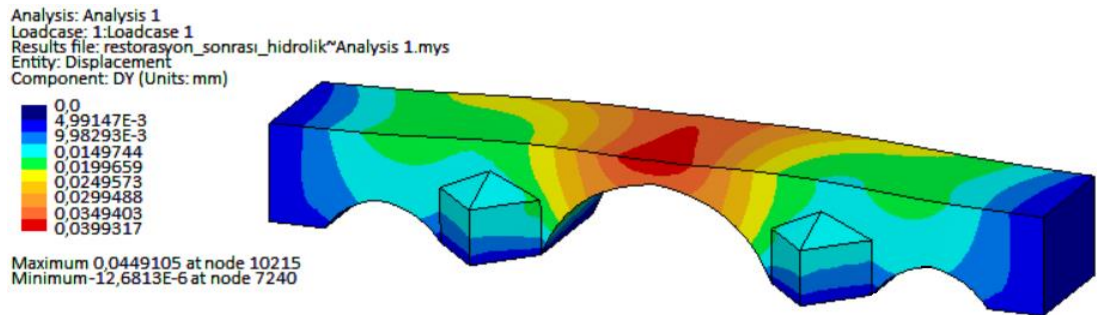
Şekil 5. 72. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen zati yük analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.2.2 Hidrolik yük analizi

Restorasyon sonrası model için gerçekleştirilen hidrolik yükü analizinde yeni hidrolik yük değeri hesaplanmıştır ve hesaplanmış olan su kuvvetleri köprünün memba tarafından tüm yüzeye statik olarak uygulanmıştır. Yapılan bu ikinci analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.2.2.1 Deplasmanlar

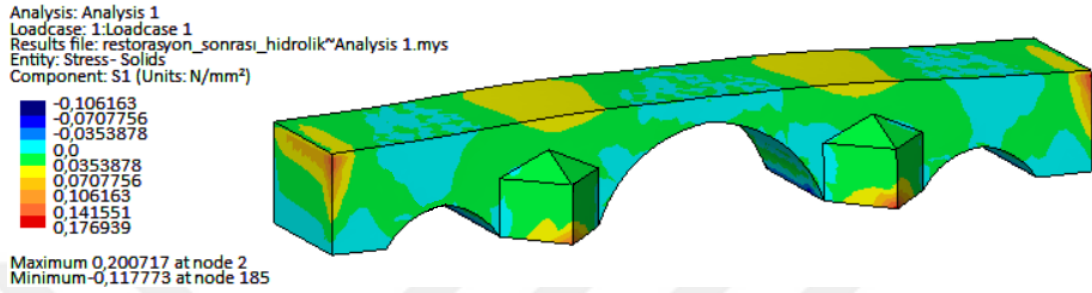
Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.73’te gösterilmiştir. Hidrolik yük analizinde deplasman renklendirmesine bakıldığında kırmızı renkle görülen bölgeler deplasmanın en fazla olduğu bölgelerdir. Maksimum yatay deplasman köprünün ortadaki kemer açıklığının ortasında meydana gelmiştir. Ölçülen değer yaklaşık olarak 0,04 mm civarındadır.



Şekil 5. 73. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, deplasman renklendirmesi.

5.2.2.2 Çekme gerilmesi

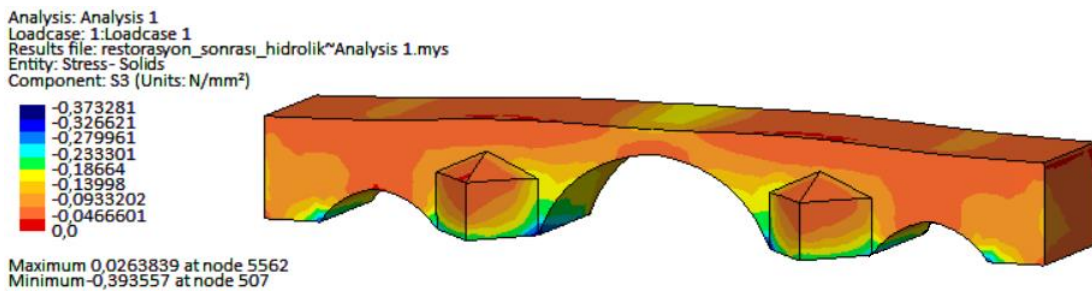
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.74'te gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında maksimum çekme gerilmeleri memba tarafında selyaranların temele yakın kısımlarında meydana gelmiştir ve yaklaşık değeri 0,20 MPa civarındadır.



Şekil 5. 74. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.2.3 Basınç gerilmesi

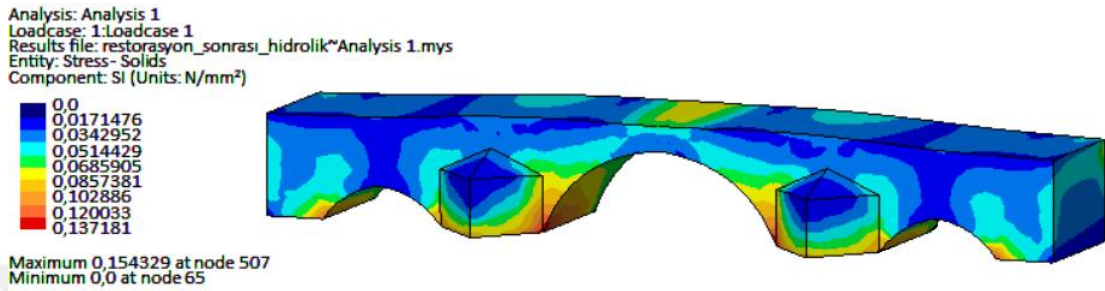
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.75'te gösterilmiştir. Maksimum basınç gerilmeleri mansap tarafında ortadaki kemer yanında bulunan selyaranların alt kısımları ile üzengi taşı yakınlarında meydana gelmiştir. Yaklaşık olarak maksimum değeri 0,39 MPa civarındadır.



Şekil 5. 75. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.2.4 Kayma gerilmesi

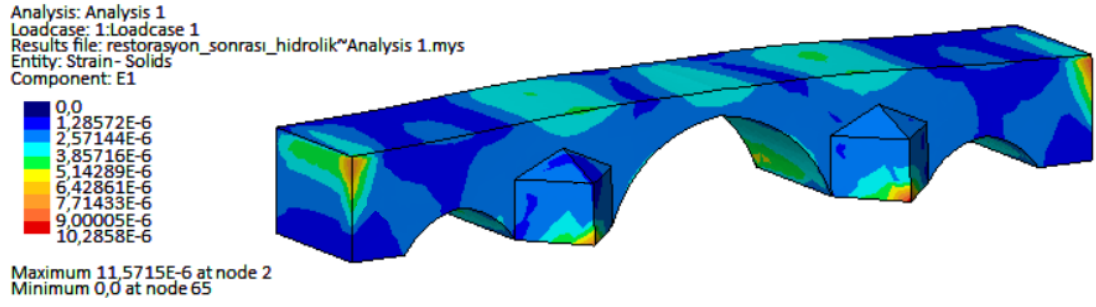
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.76’da gösterilmiştir. Maksimum kayma gerilmeleri mansap tarındaki selyaranların temele yakın kısımlarında meydana gelmiştir. Ölçülen maksimum değer yaklaşık olarak 0,15 MPa civarındadır.



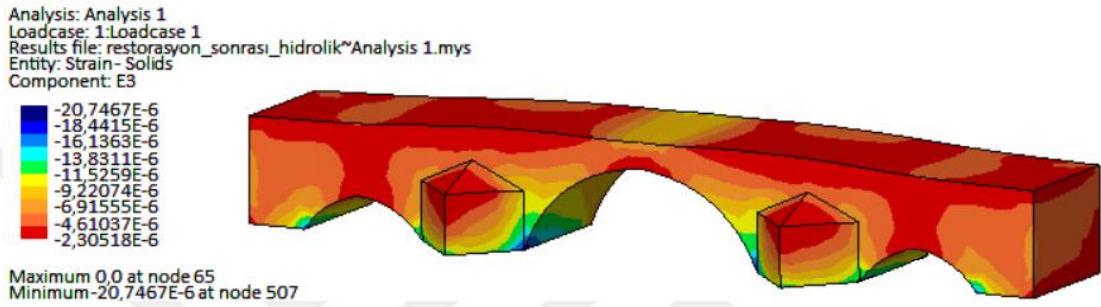
Şekil 5. 76. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.2.5 Şekil değiştirmeleri

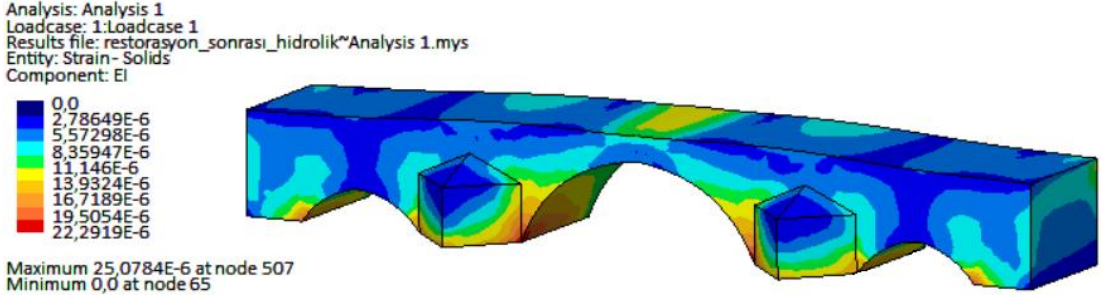
Gerçekleştirilen hidrolik yük analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.77’de, basınç durumu için Şekil 5.78’de, kayma durumu için ise Şekil 5.79’da verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,000011, basınç durumu için 0,000020, kayma durumu için ise 0,000025’dir. Çekme şekil değiştirmesi durumunda köprünün memba tarafında selyaranların temele yakın kısımları, basınç şekil değiştirmesinde mansap tarafındaki üzengi taşları ve kayma şekil değiştirmesinde ise selyaranların temele yakın kısımlarında en fazla şekil değiştirme değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 5. 77. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 78. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 79. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik yük analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.2.3 Deprem analizi

LUSAS(2022) programında restorasyon sonrası durumu modellenen yapının hesaplanan hacmi ile birim hacim ağırlığı değerleri çarpıldığında yapının yaklaşık kütlesi 520 ton çıkmaktadır. Bu değer Şekil 5.80'deki tabloda yerine yazıldığında yapıdaki toplam taban kesme kuvveti yaklaşık $V_t=1318$ kN olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen deprem yükü köprüye statik olarak uygulanmıştır.

Hesaplanan deprem kuvveti yapıdaki olası en olumsuz durumu görmek amacıyla hidrolik yükün uygulandığı memba tarafından yüklenmiştir. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

Tarihi Baş Köprü (restorasyon sonrası)

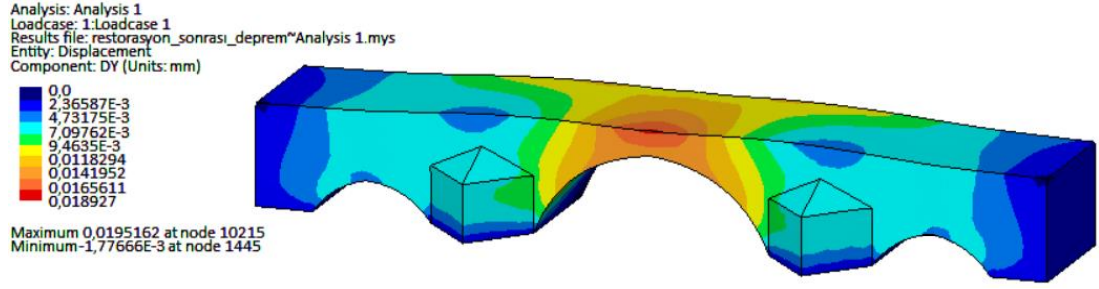
TBDY, 2018'e göre Taban Kesme Kuvveti Hesabı

Doğal Titreşim Periyodu (Modal Analize Göre)	$T =$	0.021	sn
Yapı ağırlığı	$w_t =$	5101.2	kN
Taşıyıcı sistem dayanış katsayısı (Tablo 4.1)	$R =$	2.5	(yığma için 2,5)
Dayanım Fazlalığı katsayısı (Tablo 4.1)	$D =$	1.5	(yığma için 1,5)
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	$S_{DS} =$	0.732	
1 sn periyot için tasarım spekt. ivme katsayısı	$S_{D1} =$	0.349	
Bina Kullanım Sınıfı (Tablo 3.1)	$BKS =$	1	
Bina Önem Katsayısı (Tablo 3.1)	$I =$	1.5	(tarihi yapılar için 1,5)
Deprem Tasarım Sınıfı (Tablo 3.2)	$DTS =$	2a	
Bina Yükseklik Sınıfı (Tablo 3.3)	$BYS =$	8	
Yapı Kütlesi (wt/g)	$m_t =$	520.0	t
Sınır periyotlar	$T_A =$	0.095	sn
Sınır periyotlar	$T_B =$	0.477	sn
Yatay elastik tasarım spektral ivmesi	$S_{ae}(T) =$	3.821237	m/s ²
Deprem yükü azaltma katsayısı	$R_a(T) =$	1.51	
Azaltılmış tasarım spektral ivmesi	$S_{aR}(T_p^{(x)}) =$	2.54	
Taban kesme kuvveti	$V_{te} =$	1318.24	kN
Minimum taban kesme kuvveti	$V_{te} =$	224.04	kN
Dikkate alınacak değer	$V_{te} =$	1318.244	kN

Şekil 5. 80. Restorasyon sonrası durum için TBDY, 2018'e göre taban kesme kuvveti hesabı.

5.2.3.1 Deplasmanlar

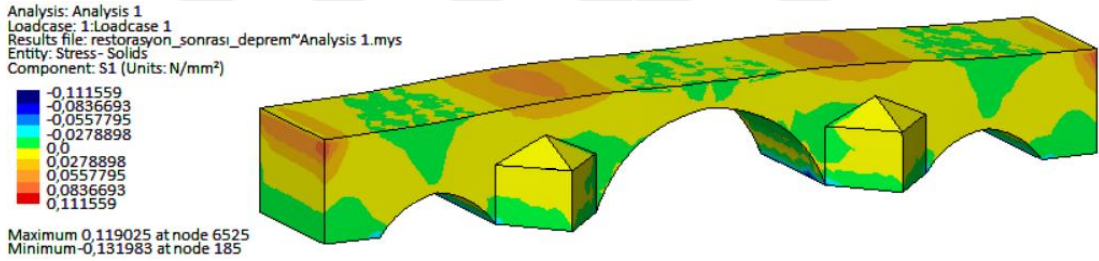
Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.81'de gösterilmiştir. Deprem etkisinde meydana gelen deplasman renklendirmesine bakıldığında yatay doğrultuda gerçekleşen maksimum deplasman yaklaşık 0,01mm civarındadır.



Şekil 5. 81. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.2.3.2 Çekme gerilmesi

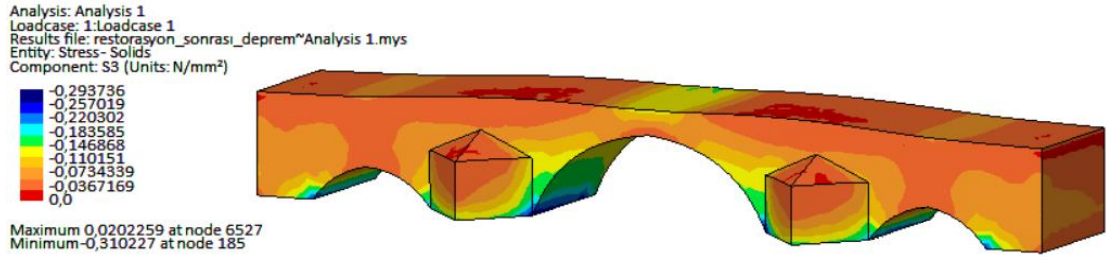
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.82’de gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde çekme gerilmeleri renklendirilmesine bakıldığında en büyük çekme gerilmesi memba tarafında selyaranların hizasında köprü üzerinde gerçekleşmiş olup yaklaşık değeri 0,11 MPa civarındadır.



Şekil 5. 82. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.3.3 Basınç gerilmesi

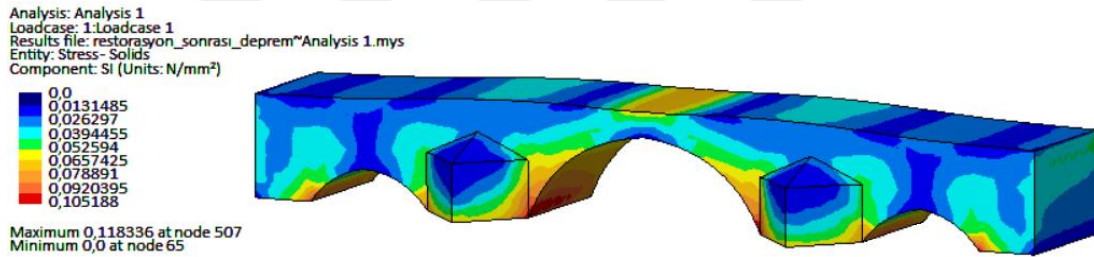
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.83’te gösterilmiştir. Basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında köprüde meydana gelen en büyük basınç gerilmeleri mansap tarafında köprü kemerlerinde üzengi taşına yakın kısımlarda meydana gelmiştir. Maksimum basınç gerilmeleri mavi renkle gösterilmektedir. Meydana gelen maksimum basınç gerilmesi ise yaklaşık 0,31 MPa civarındadır.



Şekil 5. 83. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.3.4 Kayma gerilmesi

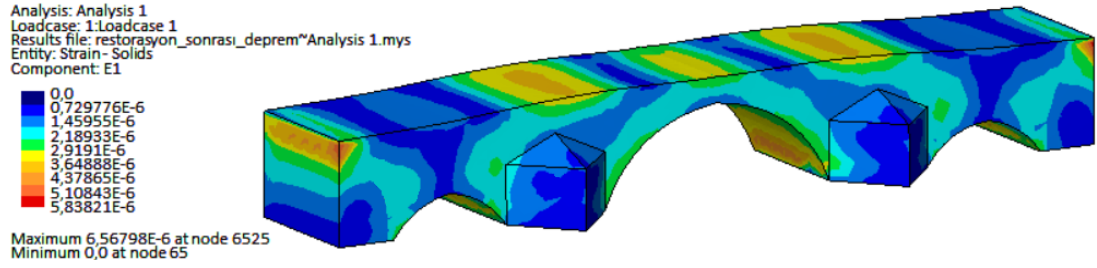
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.84’te gösterilmiştir. Kayma gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en fazla kayma gerilmeleri mansap tarafında köprü kemerlerinde üzengi taşlarına yakın kısımlarında meydana gelmiştir. Ölçülen maksimum değeri yaklaşık 0,11 MPa civarındadır.



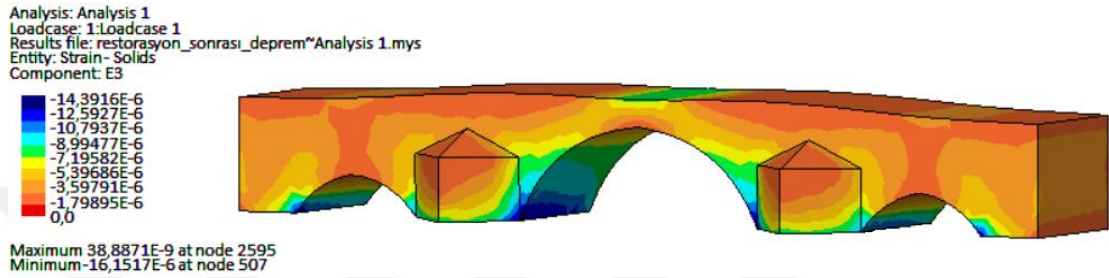
Şekil 5. 84. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.3.5 Şekil değiştirmeleri

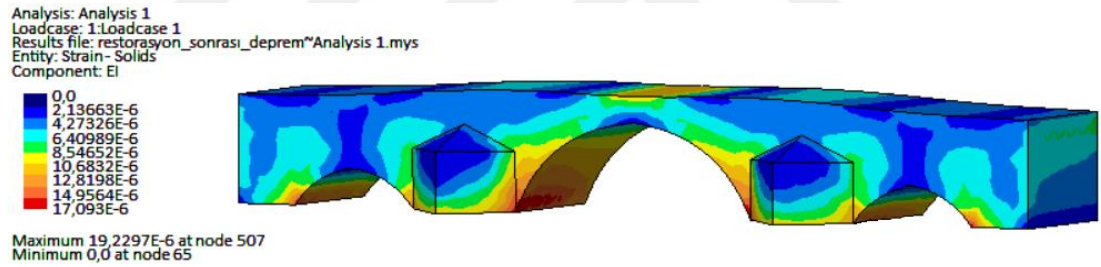
Gerçekleştirilen deprem yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.85’te, basınç durumu için Şekil 5.86’da, kayma durumu için ise Şekil 5.87’de verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,0000065, basınç durumu için 0,000016, kayma durumu için ise 0,000019’ dur.



Şekil 5. 85. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



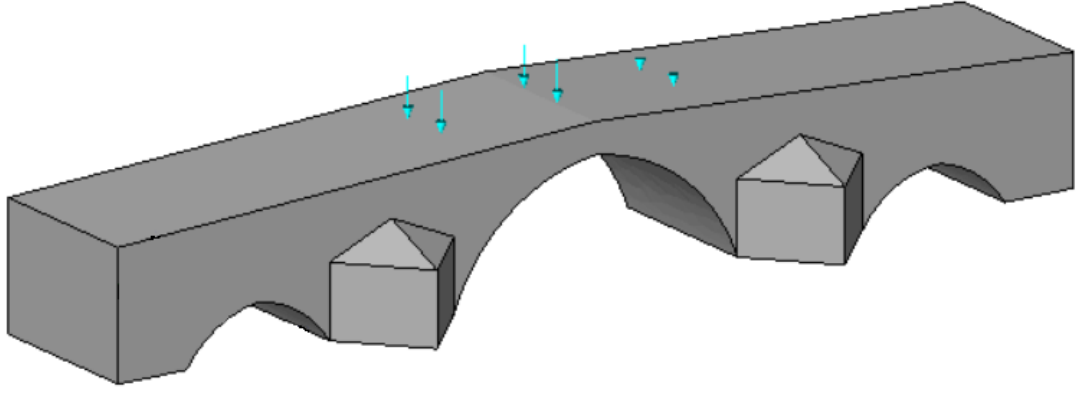
Şekil 5. 86. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yük analizi, basınç şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 87. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.2.4 Taşıt yükü analizi

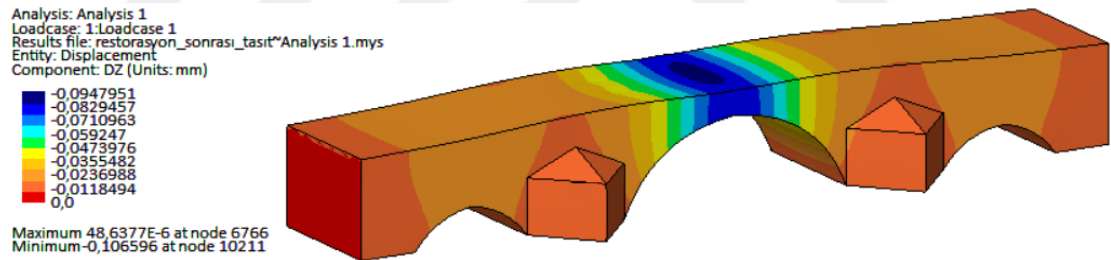
Köprü'nün restorasyon sonrası durumu için yapılan taşıt yükü analizinde köprüye AASHTO'ya uygun H30-S24 kamyonu statik yükleme yapılmıştır. Kamyon yerleşimi iki köprü açıklığını ortasına gelecek şekilde akslara uygun şekilde yerleştirilmiş olup taşıt konumu Şekil 5.88'de gösterilmiştir. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.



Şekil 5. 88. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, tasarım kamyonun yerleşimi.

5.2.4.1 Deplasmanlar

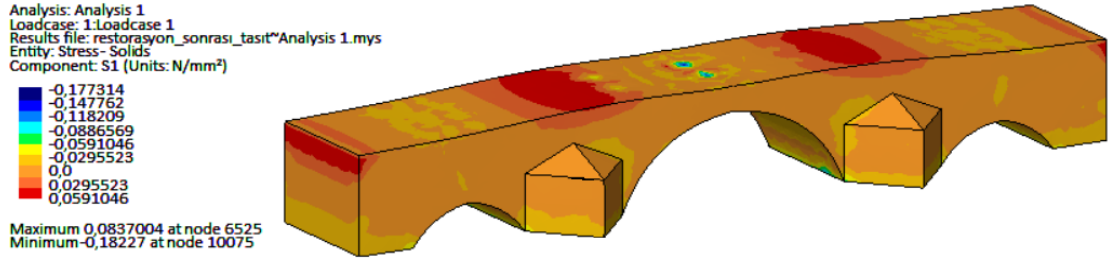
Gerçekleştirilen analiz sonucunda deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.89’da gösterilmiştir. Mavi ile gösterilen bölgeler deplasmanın en büyük olduğu kısımlardır. Analizde maksimum deplasman orta kemer üzerinde köprü genişliğinde gerçekleşmiş olup değeri 0,10 mm civarındadır.



Şekil 5. 89. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.2.4.2 Çekme gerilmesi

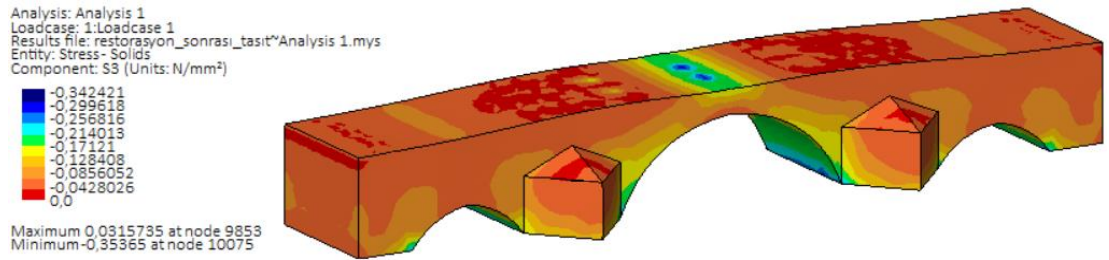
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.90’da gösterilmiştir. Maksimum çekme gerilmeleri memba tarafında selyaranların hizasına gelen üst kısımlarda meydana gelmiştir. Maksimum çekme gerilmesi değeri yaklaşık olarak 0,08 MPa civarındadır.



Şekil 5. 90. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.4.3 Basınç gerilmesi

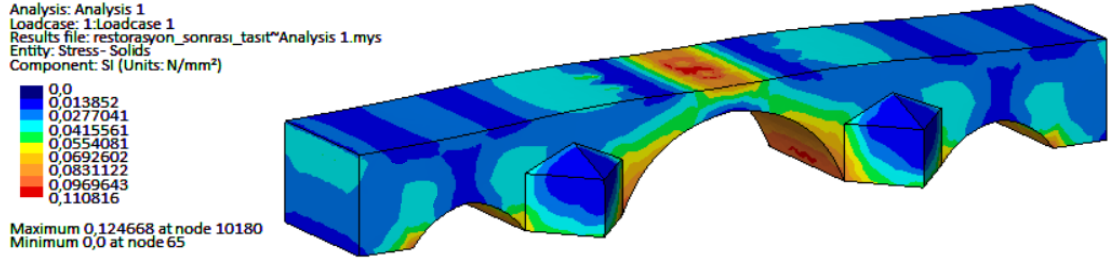
Gerçekleştirilen taşıt yükü analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.91’de gösterilmiştir. Maksimum basınç gerilmeleri büyük kemer üzerinde köprü açıklığının ortasında meydana gelmiştir. Yaklaşık olarak maksimum değeri 0,35 MPa civarındadır.



Şekil 5. 91. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.4.4 Kayma gerilmesi

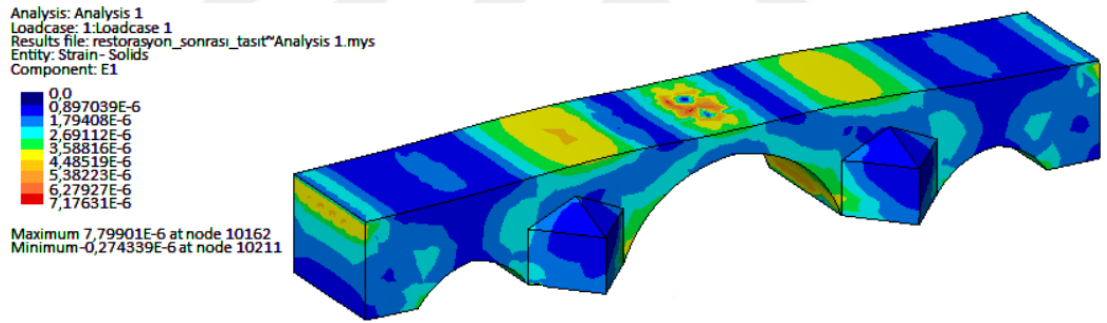
Gerçekleştirilen taşıt yükü analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.92’de gösterilmiştir. Köprüde meydana gelen en büyük kayma gerilmeleri kemer üzeri orta açıklığındadır. Meydana gelen maksimum değer ise yaklaşık olarak 0,12 MPa civarındadır.



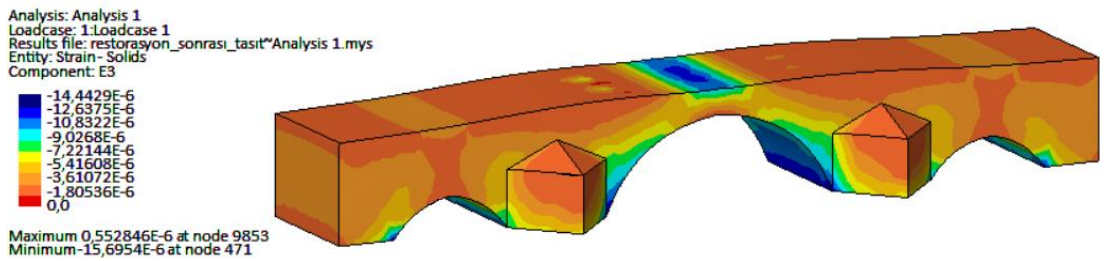
Şekil 5. 92. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.4.5 Şekil değiştirmeleri

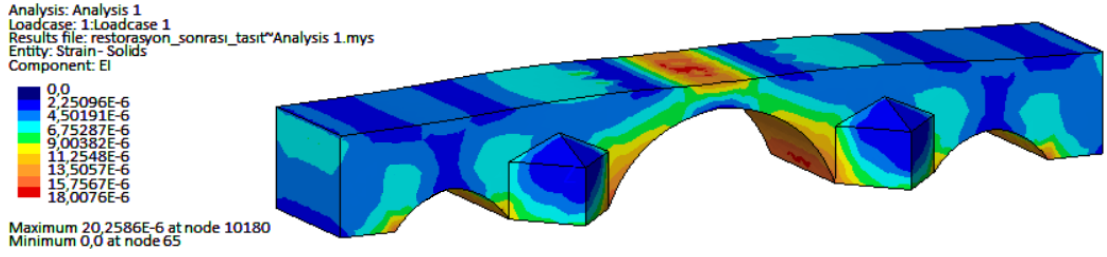
Gerçekleştirilen taşıt yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.93'te basınç durumu için Şekil 5.94'te, kayma durumu için ise Şekil 5.95'te verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,0000078, basınç durumu için 0,000015, kayma durumu için ise 0,000020'dir.



Şekil 5. 93. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 94. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



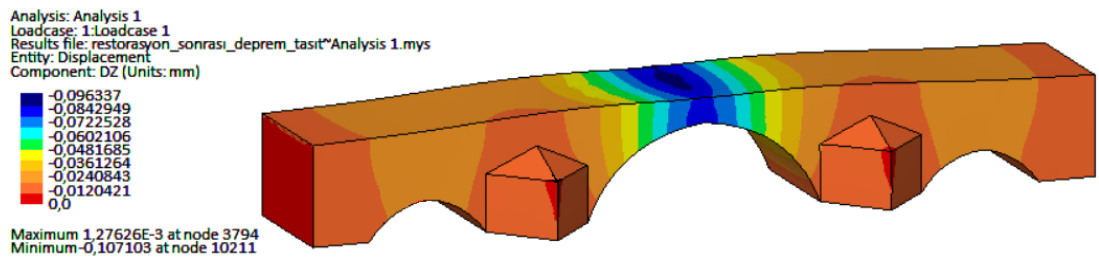
Şekil 5. 95. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.2.5 Deprem + Taşıt yükü analizi

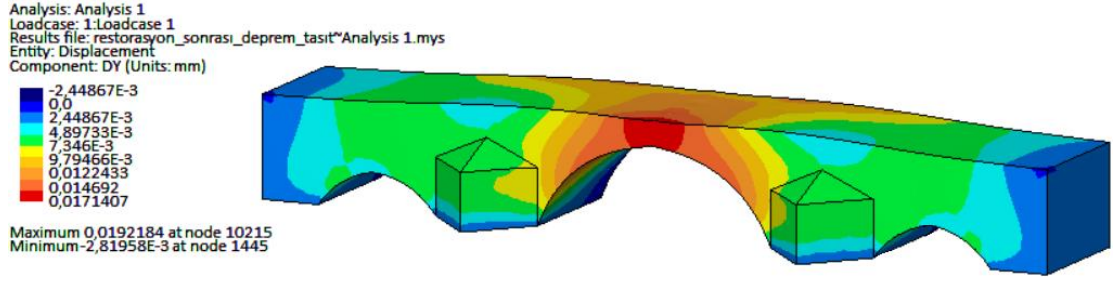
Bu bölümde 5.2.3'teki analizde hesaplanan eşdeğer statik deprem yükü ile 5.2.4'deki analizde uygulanan taşıt yükü aynı anda köprüye uygulanmıştır. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.2.5.1 Deplasmanlar

Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen düşey ve yatay doğrultudaki deplasmanlar belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde sırasıyla Şekil 5.96 ve Şekil 5.97'de gösterilmiştir. Deprem+Taşıt yükü kombinasyonu analiz sonucunda deplasmanlar renklendirmesine bakıldığında, düşey doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,10 mm, yatay doğrultuda ise 0,01 mm olarak meydana gelmiştir.



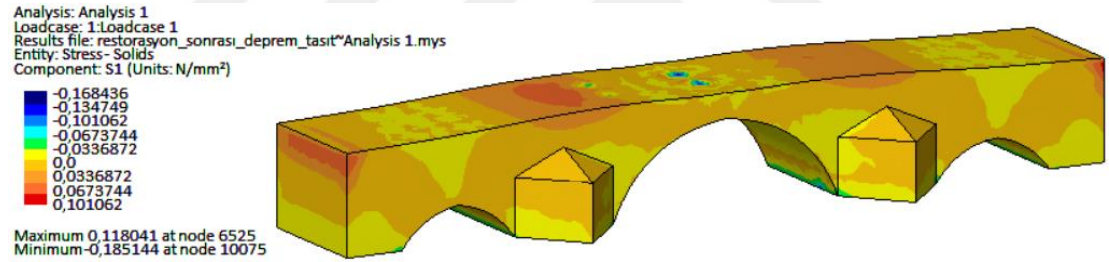
Şekil 5. 96. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.



Şekil 5. 97. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.2.5.2 Çekme gerilmesi

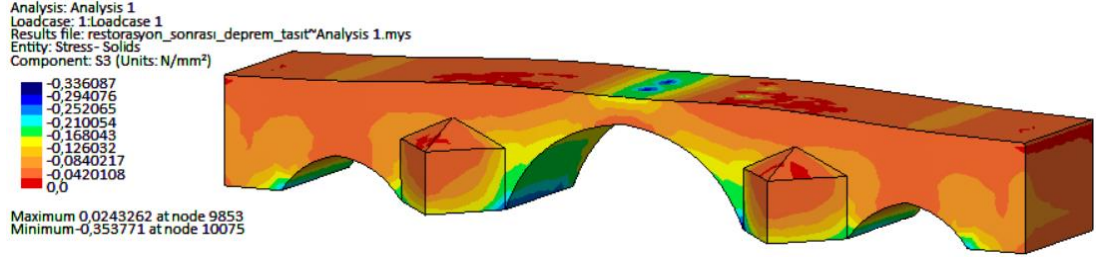
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.98’de gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en fazla çekme gerilmeleri selyaranların hizasında köprü üzerinde meydana gelmiştir. Maksimum çekme gerilmesi yaklaşık olarak 0,11 MPa civarındadır.



Şekil 5. 98. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.5.3 Basınç gerilmesi

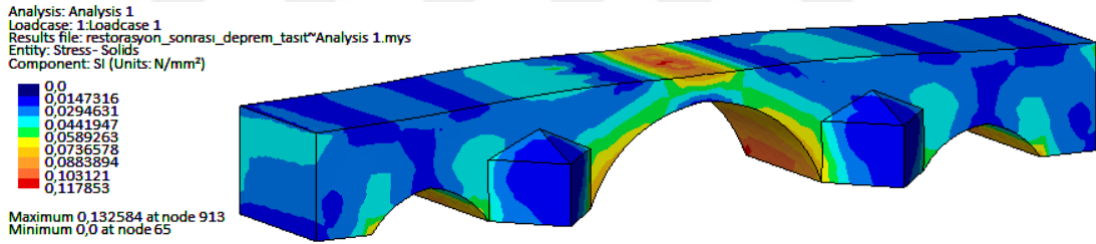
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.99’da gösterilmiştir. Yapıda en fazla basınç gerilmelerinin mansap tarafında kemerlerin temele yakın kısımlarında ve ana kemer üzerinde meydana geldiği görülmektedir. Maksimum basınç gerilmesi yaklaşık olarak 0,35 MPa civarındadır.



Şekil 5. 99. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.5.4 Kayma gerilmesi

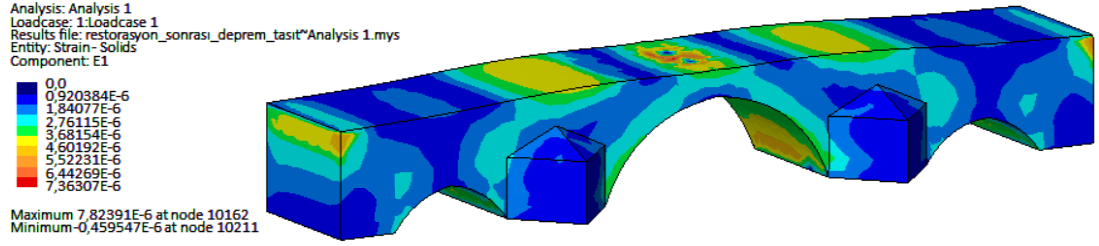
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.100’de gösterilmiştir. Kayma gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en fazla kayma gerilmeleri kemerlerin temele yakın kısımlarında ve ana kemer üzerinde meydana geldiği görülmektedir. Kayma gerilmelerinin maksimum olduğu bölgeler kırmızı ile gösterilmiştir. Modelde meydana gelen maksimum değer ise yaklaşık 0,13 MPa civarındadır.



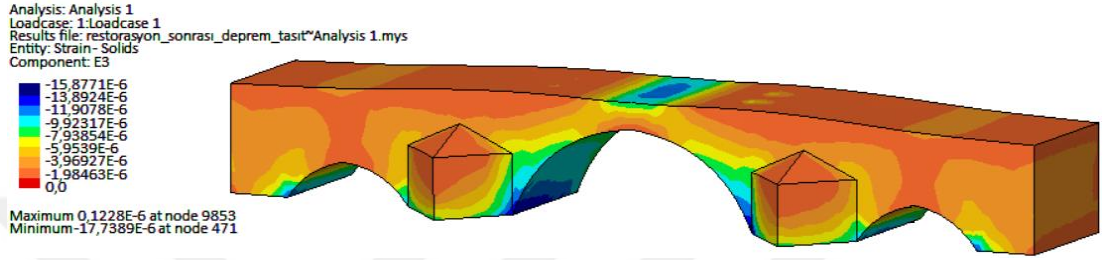
Şekil 5. 100. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.5.5 Şekil değiştirmeleri

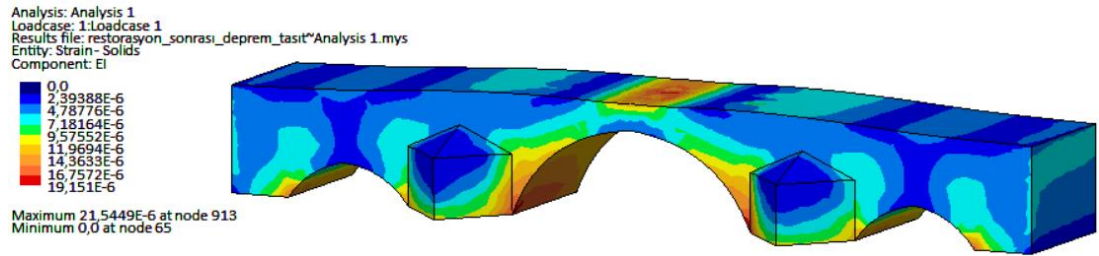
Gerçekleştirilen Deprem+Taşıt yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.101’de, basınç durumu için Şekil 5.102’de, kayma durumu için ise Şekil 5.103’te verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,0000078, basınç durumu için 0,000017, kayma durumu için ise 0,000021’dir.



Şekil 5. 101. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 102. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



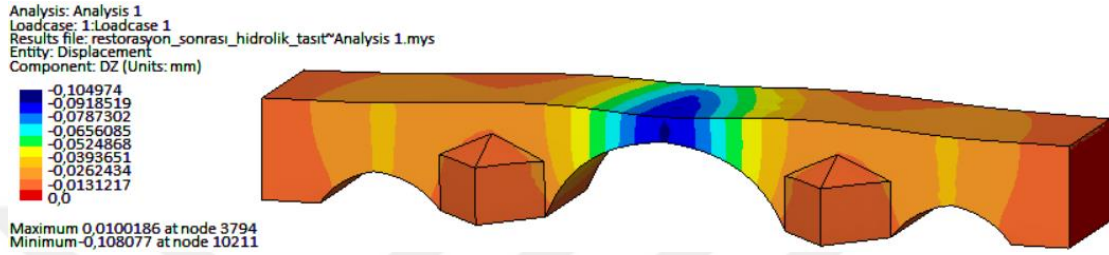
Şekil 5. 103. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.2.6 Hidrolik + Taşıt yükü analizi

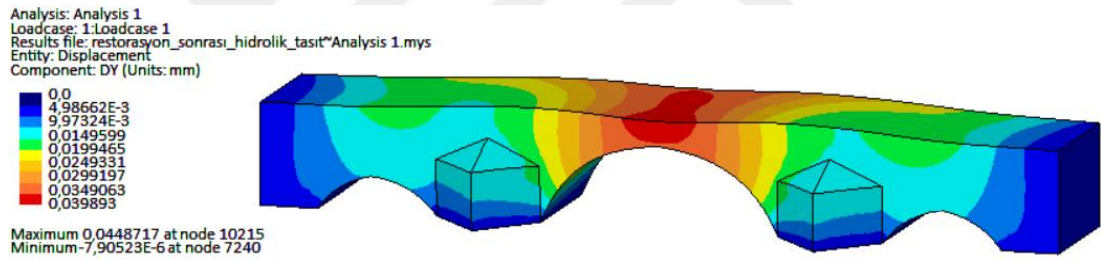
Bu bölümde 5.2.2'deki analizde hesaplanan hidrolik yük ve 5.2.4'teki analizde uygulanan taşıt yükü aynı anda köprüye uygulanmıştır. Uygulama sırasında yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.2.6.1 Deplasmanlar

Gerçekleştirilen analiz sonucunda düşey ve yatay deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde sırasıyla Şekil 5.104 ve Şekil 5.105'te verilmiştir. Hidrolik+Taşıt yükü kombinasyonu analizinde düşey doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,10 mm, yatay doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,04 mm olarak mansap tarafında orta kemerde meydana gelmiştir.



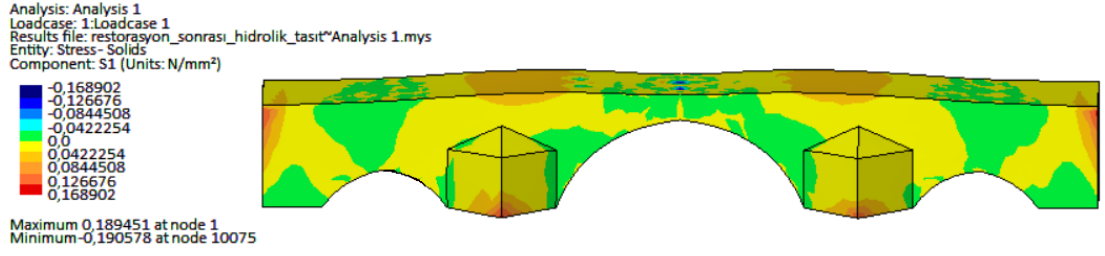
Şekil 5. 104. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.



Şekil 5. 105. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.2.6.2 Çekme gerilmesi

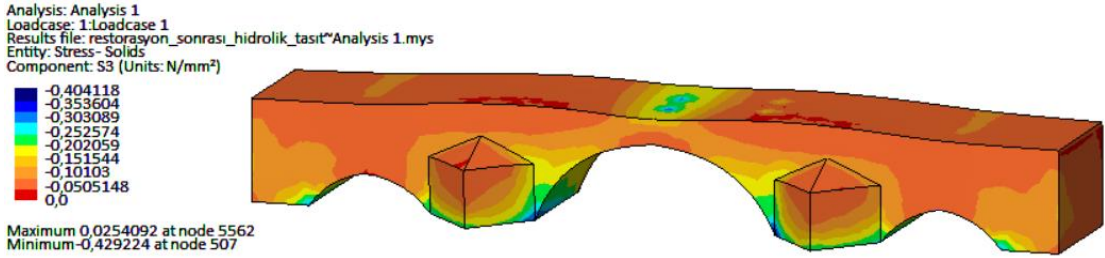
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.106'da gösterilmiştir. Yapıda en büyük çekme gerilmeleri memba tarafında selyaranların temele yakın kısımlarında meydana gelmiştir. Maksimum çekme gerilmesi değeri yaklaşık olarak 0,18 MPa civarındadır.



Şekil 5. 106. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.6.3 Basınç gerilmesi

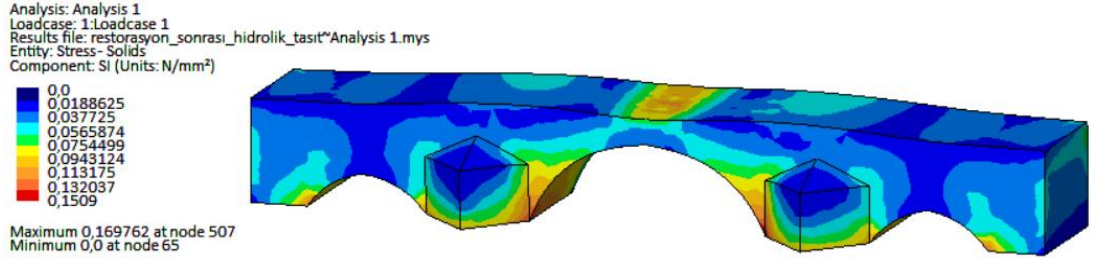
Gerçekleştirilen hidrolik + taşıt yükü analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.107’de gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde en yüksek basınç gerilmeleri mansap tarafında kemer üzerinde, memba tarafında ise selyaranların temele yakın kısımlarında meydana gelmiştir. Yaklaşık olarak maksimum değeri 0,42 MPa civarındadır.



Şekil 5. 107. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.6.4 Kayma gerilmesi

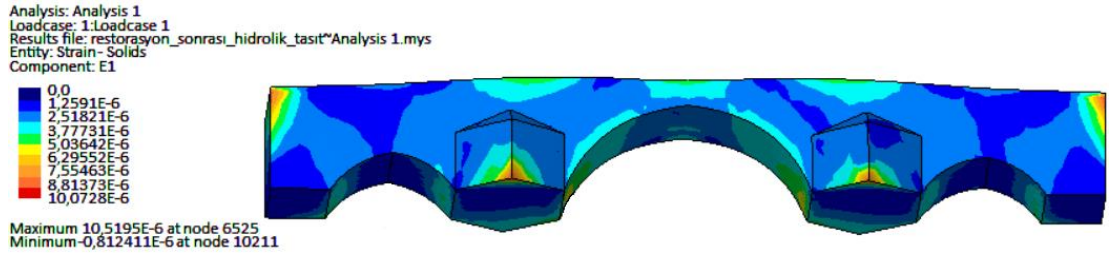
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.108’de gösterilmiştir. Köprüde meydana gelen en büyük kayma gerilmeleri kemer üzeri orta açıklığında ve üzengi taşları yakınlarında gerçekleşmiştir. Meydana gelen maksimum değer yaklaşık olarak 0,16 MPa civarındadır.



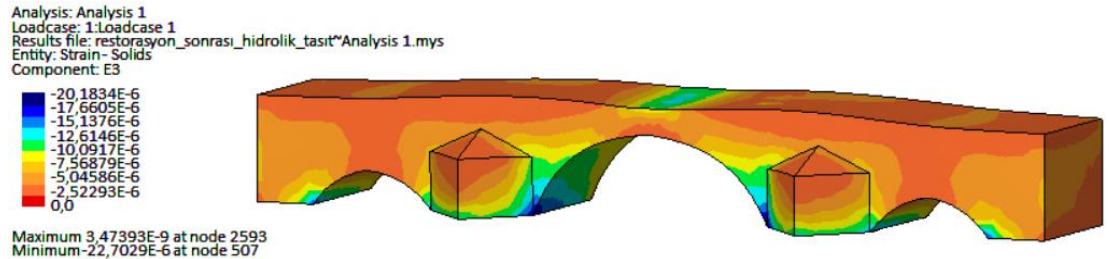
Şekil 5. 108. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.6.5 Şekil değiştirmeleri

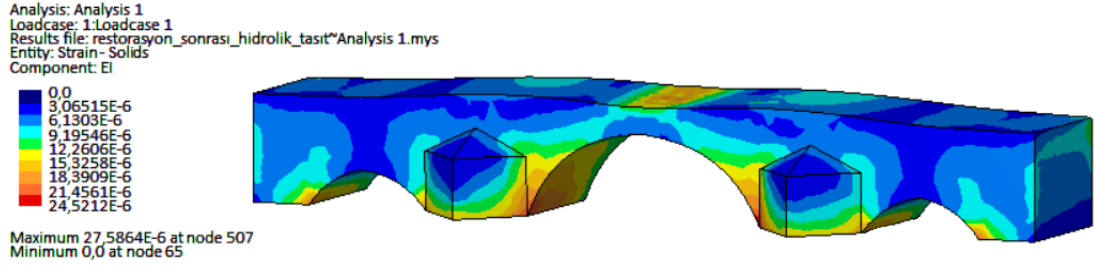
Gerçekleştirilen Hidrolik+Taşıt yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.109'da, basınç durumu için Şekil 5.110'da, kayma durumu için ise Şekil 5.111'de verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,000010, basınç durumu için 0,000022, kayma durumu için ise 0,000027'dir.



Şekil 5. 109. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 110. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



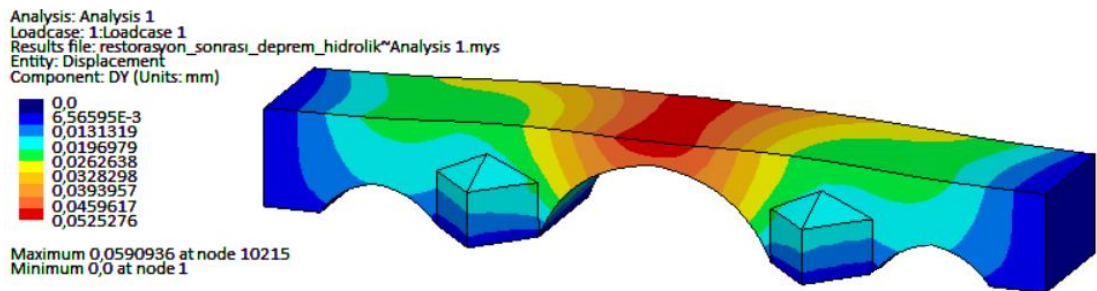
Şekil 5. 111. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.2.7 Deprem + Hidrolik yükü analizi

Bu bölümde 5.2.2'deki analizde hesaplanan su kuvvetleri ile 5.2.3'teki analizde hesaplanan deprem yükü aynı anda köprüye uygulanmıştır. Bu iki yük, memba tarafından tüm yüzeye etki edecek şekilde seçilmiştir. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.2.7.1 Deplasmanlar

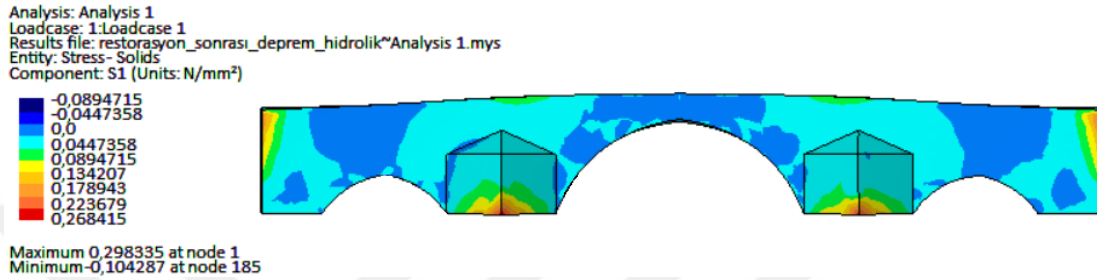
Gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen deplasmanlar belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.112'de gösterilmiştir. Model üzerinde kırmızı renkte gösterilen bölgeler deplasmanın en büyük olduğu kısımları göstermektedir. Deprem+Hidrolik yükü kombinasyonu analizinde yatay doğrultuda meydana gelen maksimum deplasman 0,05 mm olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5. 112. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.2.7.2 Çekme gerilmesi

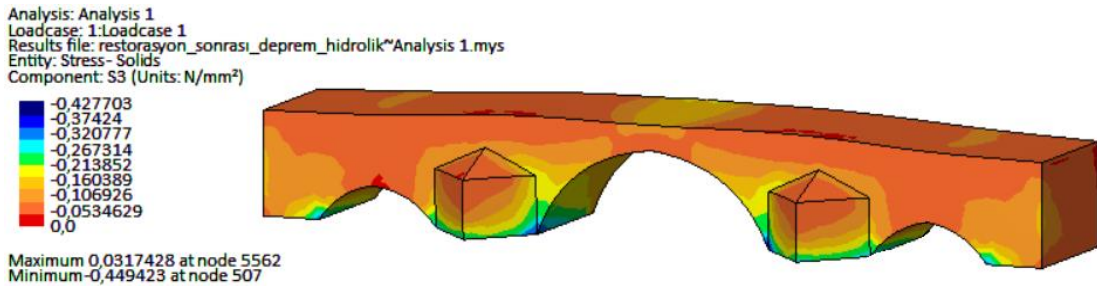
Modelleme sonrası gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.113'te gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük çekme gerilmeleri kırmızı renkte olup memba tarafında selyaranların zemine yakın kısımlarında meydana gelmiştir. Meydana gelen maksimum değer yaklaşık 0,29 MPa civarındadır.



Şekil 5. 113. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.7.3 Basınç gerilmesi

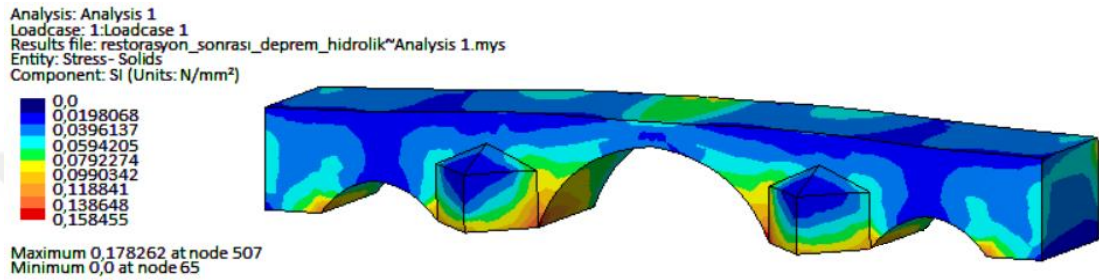
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.114'te gösterilmiştir. Basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük basınç gerilmeleri mansap tarafında selyaranların zemine oturduğu bölgelerde ve kemer üzengi taşları yakınlarında meydana gelmiştir. Maksimum basınç gerilmesi yaklaşık olarak 0,44 MPa civarındadır.



Şekil 5. 114. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.7.4 Kayma gerilmesi

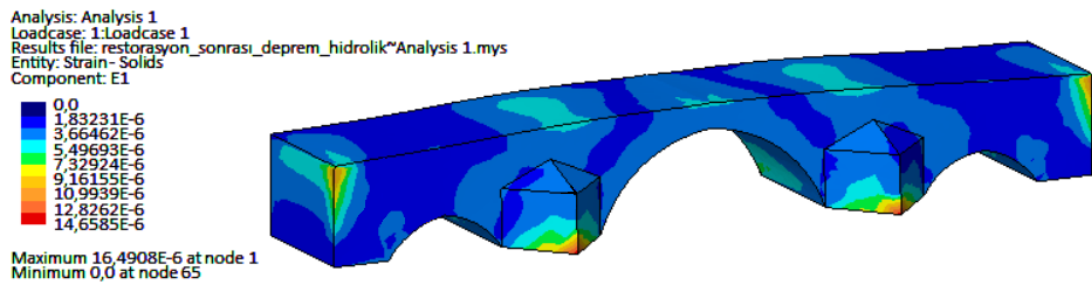
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.115'te gösterilmiştir. Kayma gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük kayma gerilmeleri memba tarafında selyaranların temel kısımlarında meydana gelmiştir. Kayma gerilmelerinin maksimum olduğu bölgeler kırmızı ile gösterilmiştir. Modelde meydana gelen maksimum değer yaklaşık 0,17 MPa civarındadır.



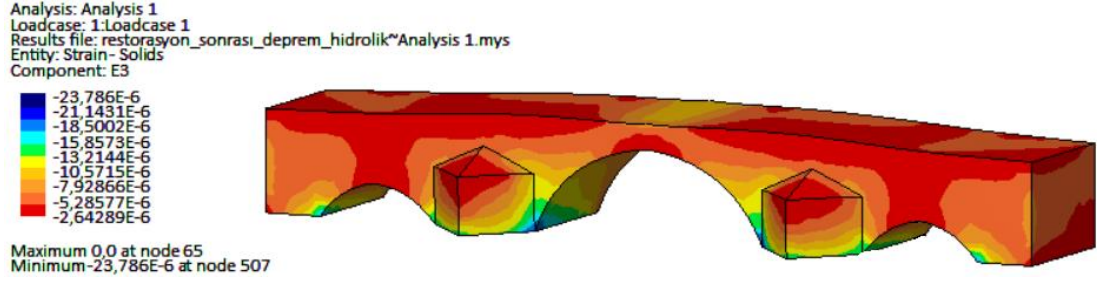
Şekil 5. 115. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.7.5 Şekil değiştirmeleri

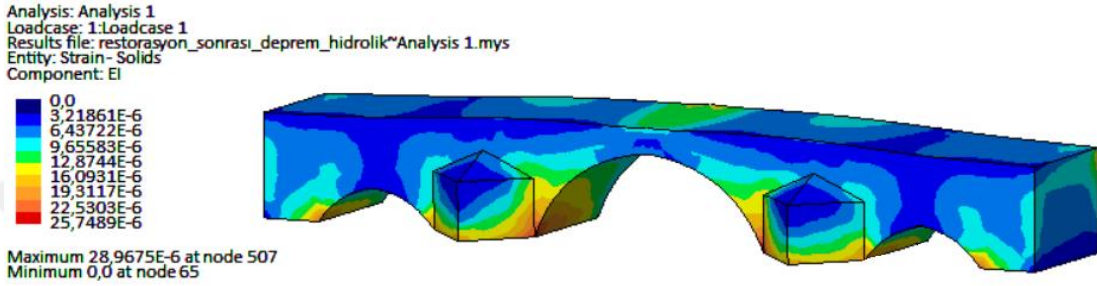
Gerçekleştirilen Deprem+Hidrolik yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.116'da, basınç durumu için Şekil 5.117'de, kayma durumu için ise Şekil 3.118'de verilmektedir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,000016, basınç durumu için 0,000023, kayma durumu için ise 0,000028'dir.



Şekil 5. 116. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 117. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



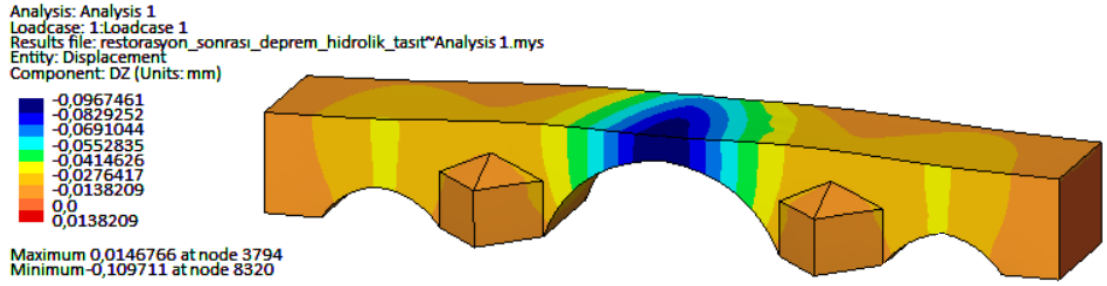
Şekil 5. 118. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen deprem+hidrolik yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

5.2.8 Hidrolik + Deprem + Taşıt yükü analizi

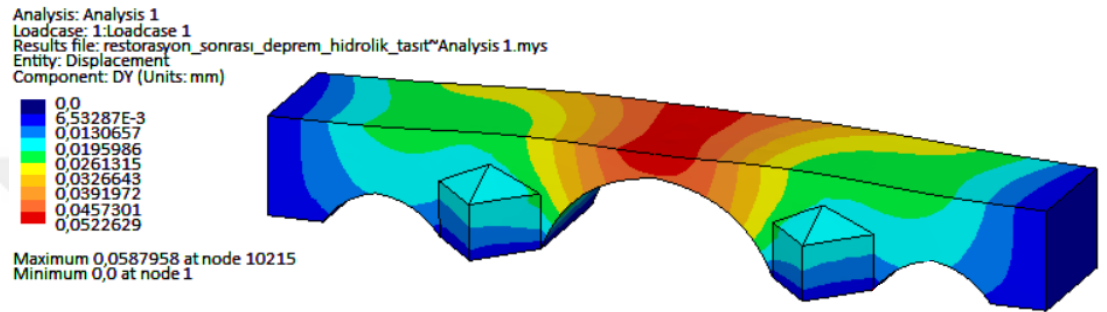
Bu bölümde 5.2.3'teki analizde hesaplanan deprem yükü ile 5.2.2'deki analizde hesaplanan hidrolik yük ve 5.2.4'teki analizde uygulanan taşıt yükü aynı anda yük kombinasyonu analizi için yapının restorasyon sonrası gerçekleştirilen modelinde uygulanmıştır. Yapılan bu analizde yapının kendi ağırlığı da dikkate alınmıştır.

5.2.8.1 Deplasmanlar

Gerçekleştirilen analiz doğrultusunda düşey ve yatay doğrultuda deplasmanlar belirlenmiş, deforme olmuş modeli üzerinde sırasıyla Şekil 5.119'da ve Şekil 5.120'de gösterilmiştir. Mavi ile gösterilen renklendirmeler düşey deplasmanın en yoğun olduğu bölgelerdir. Analiz sonucuna bakıldığında, düşey doğrultuda maksimum deplasman 0,10 mm, yatay doğrultuda ise 0,05 mm olarak meydana gelmiştir.



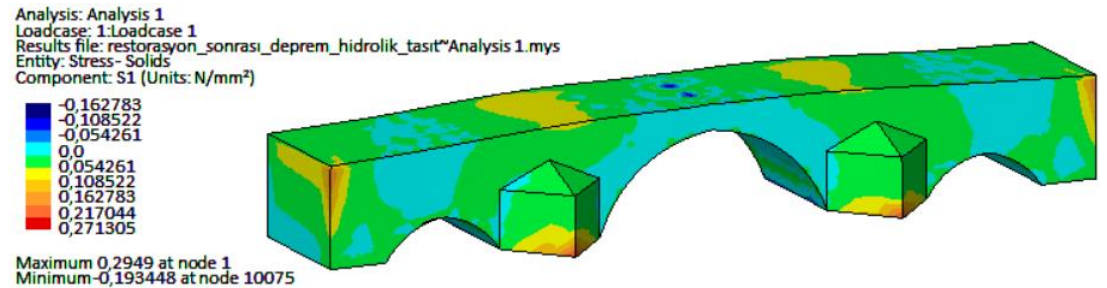
Şekil 5. 119. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.



Şekil 5. 120. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, deplasman renklendirmesi.

5.2.8.2 Çekme gerilmesi

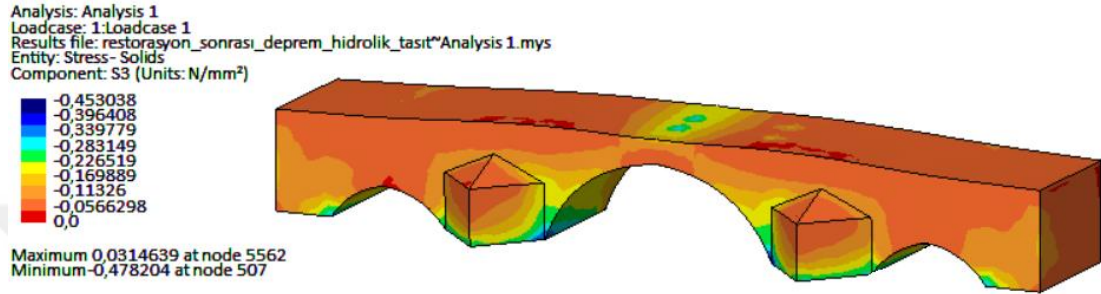
Gerçekleştirilen analiz sonucunda çekme gerilmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.121’de gösterilmiştir. Çekme gerilmeleri renklendirilmesine bakıldığında en büyük çekme gerilmeleri yapının memba tarafında selyaranların zemine yakın kısımlarında meydana geldiği görülmektedir. Maksimum çekme gerilmesi yaklaşık olarak 0,29 MPa civarındadır.



Şekil 5. 121. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, çekme gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.8.3 Basınç gerilmesi

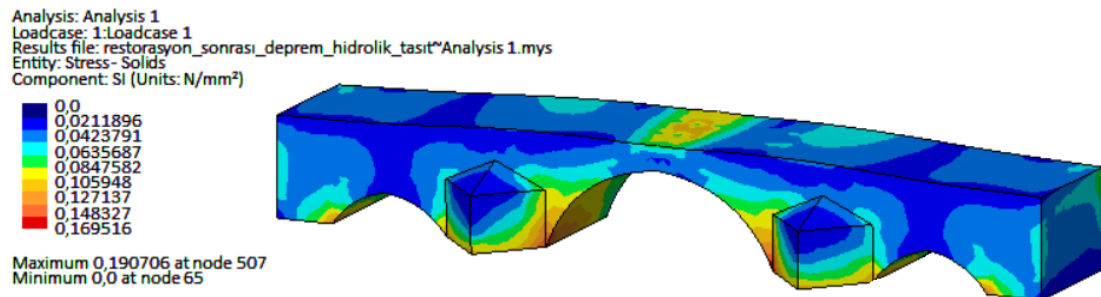
Gerçekleştirilen analiz sonucunda basınç gerilmeleri belirlenmiş ve yapının deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.122’de gösterilmiştir. Basınç gerilmeleri renklendirmesine bakıldığında en büyük basınç gerilmelerinin mansap tarafında ana kemer üzengi taşı yakınlarında meydana geldiği görülmektedir. Maksimum basınç gerilmesi yaklaşık olarak 0,47 MPa civarındadır.



Şekil 5. 122. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, basınç gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.8.4 Kayma gerilmesi

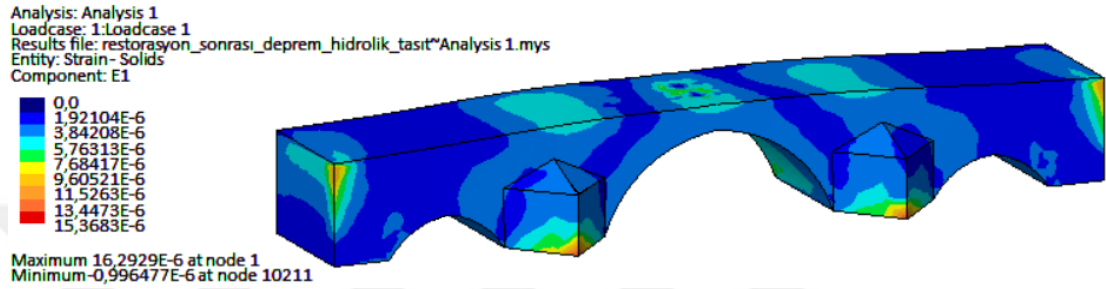
Gerçekleştirilen analiz sonucunda kayma gerilmeleri belirlenmiş ve deforme olmuş modeli üzerinde Şekil 5.123’te gösterilmiştir. Maksimum kayma gerilmeleri mansap tarafında kemerlerin temele yakın kısımlarında meydana gelmiştir. Meydana gelen maksimum kayma gerilmesi yaklaşık olarak 0,19 MPa civarındadır.



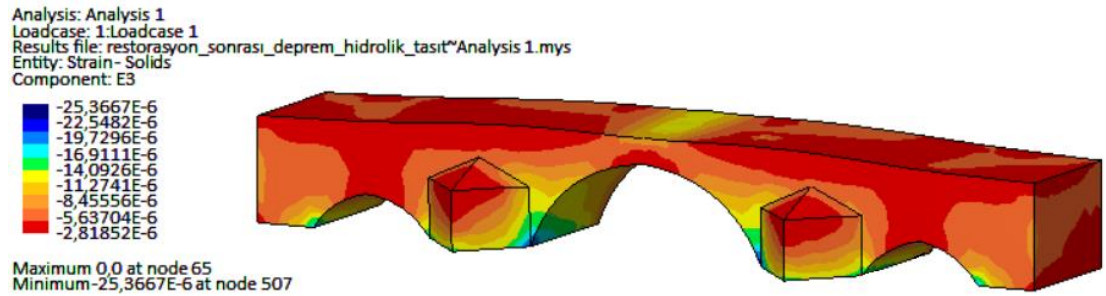
Şekil 5. 123. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, kayma gerilmeleri renklendirmesi.

5.2.8.5 Şekil değiştirmeleri

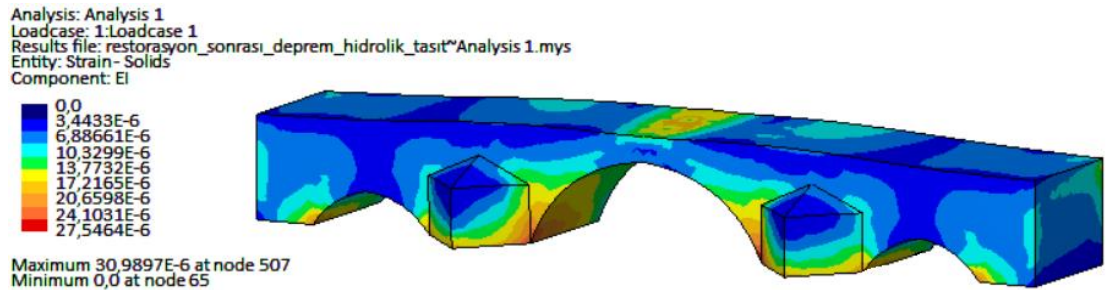
Gerçekleştirilen Hidrolik+Deprem+Taşıt yükü analizinden elde edilen şekil değiştirme renklendirmeleri çekme durumu için Şekil 5.124'te, basınç durumu için Şekil 5.125'te, kayma durumu için ise Şekil 5.126'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yapıda meydana gelen şekil değiştirme miktarı çekme durumu için 0,000016, basınç durumu için 0,000025, kayma durumu için ise 0,000030'dur.



Şekil 5. 124. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, çekme şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 125. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, basınç şekil değiştirmesi.



Şekil 5. 126. Restorasyon sonrası duruma göre gerçekleştirilen hidrolik+deprem+taşıt yükü analizi, kayma şekil değiştirmesi.

6. SONUÇ

Kültürel mirasın önemli bir parçası olan taş kemer köprülerin yapısal davranışını incelemek için Aksaray ili merkezinde bulunan Tarihi Baş Köprü'nün restorasyon öncesi ve restorasyon sonrası analizleri LUSAS(2022) programında yapılmıştır. Restorasyon öncesi ve sonrası model üzerinde gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen deplasman, gerilme ve şekil değiştirme değerleri Çizelge 6.1'de özet halinde sunulmuştur.

Çizelge 6. 1. Restorasyon öncesi ve sonrası için analiz sonuçları tablosu.

	Analizler	Deplasman (mm)	Çekme Gerilmesi (Mpa)	Basınç Gerilmesi (Mpa)	Kayma Gerilmesi (Mpa)	Çekme Şekil Değiştirme	Basınç Şekil Değiştirme	Kayma Şekil Değiştirme
Restorasyon Öncesi Durum İçin	Zati Yük	0,10 (Düşey)	0,09	0,23	0,11	0,0000070	0,000021	0,000025
	Hidrolik Yük	0,07 (Yatay)	0,22	0,32	0,15	0,000025	0,000033	0,000041
	Deprem Yükü	0,03 (Yatay)	0,13	0,25	0,12	0,0000074	0,000024	0,000029
	Taşıt Yükü	0,14 (Düşey)	0,10	0,46	0,20	0,0000084	0,000025	0,000030
	Deprem+Taşıt Yükü Kombinasyonu	0,03 (Yatay) 0,14 (Düşey)	0,13	0,46	0,19	0,0000086	0,000027	0,000032
	Hidrolik+Taşıt Yükü Kombinasyonu	0,07 (Yatay) 0,14 (Düşey)	0,22	0,46	0,20	0,000025	0,000035	0,000043
	Deprem+Hidrolik Yük Kombinasyonu	0,10 (Yatay)	0,34	0,37	0,16	0,000039	0,000039	0,000050
	Deprem+Taşıt+ Hidrolik Yükü Kombinasyonu	0,10 (Yatay) 0,14 (Düşey)	0,33	0,47	0,20	0,000038	0,000041	0,000050
Restorasyon Sonrası Durum İçin	Zati Yük	0,08 (Düşey)	0,08	0,31	0,10	0,0000049	0,000014	0,000017
	Hidrolik Yük	0,04 (Yatay)	0,20	0,39	0,15	0,000011	0,000020	0,000025
	Deprem Yükü	0,01 (Yatay)	0,11	0,31	0,11	0,0000065	0,000016	0,000019
	Taşıt Yükü	0,10 (Düşey)	0,08	0,35	0,12	0,0000078	0,000015	0,000020
	Deprem+Taşıt Yükü Kombinasyonu	0,01 (Yatay) 0,10 (Düşey)	0,11	0,35	0,13	0,0000078	0,000017	0,000021
	Hidrolik+Taşıt Yükü Kombinasyonu	0,04 (Yatay) 0,10 (Düşey)	0,18	0,42	0,16	0,000010	0,000022	0,000027
	Deprem+Hidrolik Yük Kombinasyonu	0,05 (Yatay)	0,29	0,44	0,17	0,000016	0,000023	0,000028
	Deprem+Taşıt+ Hidrolik Yükü Kombinasyonu	0,05 (Yatay) 0,10 (Düşey)	0,29	0,47	0,19	0,000016	0,000025	0,000030

Kendi ağırlığı altında ve taşıt yükü analizlerinde düşey deplasmanlar, hidrolik yükü ve deprem yükünün olduğu analizlerde ise yatay deplasmanlar dikkate alınmıştır. Diğer yük kombinasyonlarında yatay ve düşey deplasmanlar göz önünde bulundurulmuştur.

Deplasmanlar Elde edilen sonuçlara göre restorasyon öncesi durumda gerçekleşen analiz tablosunda maksimum değer 0,14 mm ile taşıt yükü analizinde gerçekleşmiştir. Restorasyon sonrasında taşıt yükü için gerçekleştirilen analizde ise bu değer 0,10 mm düşmüştür. Diğer analizlerde de tüm deplasman değerleri bu değer altında çıkmıştır.

Çekme Dayanımı Bir malzemenin çekme dayanımı değeri basınç dayanımının 0,1 katı olarak düşünülebilir. Restorasyon öncesi yapılan analizlerde bazı yüklemelerde bu değer aşıldığı tespit edilmiştir. Buna karşın, restorasyon sonrası çekme gerilmelerindeki değerlerde iyileşmeler gözlemlenmiştir.

Basınç Dayanımı Karayolları Genel Müdürlüğüne yapılan malzeme analizlerine göre köprünün tempan duvarından alınan numunelerin ortalama dayanımı 10 MPa civarındadır. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre basınç dayanımı değerleri bu değer altında olduğundan bir sorun teşkil etmemektedir.

Kayma Dayanımı Kayma gerilmesi değerleri yaklaşık olarak 0,11-0,20 MPa aralığındadır. Kayma dayanımı, basınç dayanımının 0,40' ı civarında alınabilir. Dolayısıyla modelin kayma dayanımı değeri yaklaşık olarak 0,71 MPa civarında düşünüldüğünden kayma gerilmesi ile ilgili bir sıkıntı mevcut değildir.

Şekil değiştirmeler Eurocode-6'da eğilme ve basınç altında yığma yapıların maksimum şekil değiştirmesi 0,0035 olarak dikkate alınmıştır. Bu değere göre, gerçekleştirilen analiz sonuçlarında sınır değerler aşılmamıştır.

- 1- Tarihi Baş Köprünün yapısal davranışının belirlenmesi amacıyla 16 farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden ilk sekizinde restorasyon öncesi, son sekizinde ise restorasyon sonrası durumu dikkate alınmıştır. Her bir analiz sonucunda köprüde meydana gelen deplasman, çekme, basınç, kayma gerilmeleri ve şekil değiştirmeleri hem sayısal hem de kontur diyagramı olarak elde edilmiştir.
- 2- Gerçekleştirilen restorasyon öncesi ve restorasyon sonrası 8 analizde sırasıyla kendi ağırlığı altındaki davranışı, hidrolik yük, deprem yükü, taşıt yükü ve yük kombinasyonları altında davranışları belirlenmiştir.
- 3- Gerçekleştirilen restorasyon çalışmasına göre, öncelikle yapı üzerinde yayaların ve taşıtların geçmesi için eklenen betonarme yol üst yapısı kaldırılarak köprü hafifletilmiştir.

- 4- Tarihi köprü o zamanın şartları altında inşa edildiği için daha hafif yükleri kaldırabilmektedir. Restorasyon sonrası durumunda ise yapı güçlendirilmiş olsa bile günümüzdeki ağır taşıtlara ve yoğun trafiğe maruz kalması köprü için daha uzun yıllar devam edebilmesi adına ve gelecek nesillere aktarılmasında risk oluşturmaktadır. Bu yüzden ağır taşıtların trafiğine kapatılmıştır.
- 5- Yapının restorasyon öncesi durumundaki betonarme tabliyeden dolayı taşlar üzerinde oluşmuş olan ve yapıya zarar veren tuzlanmalar temizlenmiştir. Restorasyon sonrası durum için oluşabilecek tuzlanma göz önünde bulundurularak restorasyon çalışması gerçekleştirilmiştir.
- 6- Restorasyon öncesi durumda dere ıslah çalışmaları kapsamında köprü tabanı kemerlerin neredeyse üzengi taşına kadar geldiği görülmektedir. Restorasyon çalışmaları sonrasında ise dere tabanı seviyesi aşağı indirilerek köprünün mevcut ayakları açılmıştır.

Yapılan bu çalışmada restorasyon çalışmasının köprünün yapısal davranışı üzerinde olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Ancak doğru bir şekilde sorunları iyi analiz edilmeyen, ihtiyaçları iyi belirlenmeyen yanlış şekilde gerçekleştirilen restorasyon çalışmalarının yapısal davranışı bozabileceği de unutulmamalıdır. Bu yüzden gerçekleştirilecek olan restorasyon çalışmalarında bunlara dikkat edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ahunbay, Z., 2009. Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, Yem Yayınları, İstanbul.
- Akçura, T., 1973. Sanayileşmiş bir ülke olarak Türkiye’de tarihi çevre koruması ve restorasyon, Mimarlık Dergisi, 8, 5-6.
- Alaboz, M., 2008. Mimar Sinan köprüleri güncel durum değerlendirmesi ve Kapuağası Köprüsü restorasyon projesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alkan, A., Baykan, O., Atalay, A., Baykan, N. ve Öziş, Ü., 2011. Su yapısı olarak Anadolu’daki taş köprüler, II. su yapıları sempozyumu bildiriler kitabı (s. 13-24) içinde. Diyarbakır: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.
- Alparslan, E., Dinç, B., Karaca, Z., Birinci, F. ve Köktan, U., 2017. Tek Açıklıklı Yığma Bir Köprünün Modal Parametrelerinin Araştırılması, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Alpaslan, E., 2019. Tarihi yığma köprü hasarlarının analitik model ve deneysel yöntemlerle belirlenmesi, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Altınoluk, Ü., 1998. Binaların Yeniden Kullanımı, YEM Yayınları, İstanbul.
- Altınoluk, Ü., 2008. Binaların Yeniden Kullanımı, YEM Yayınları, İstanbul.
- Aoki, T., Komiyama, T., Sabia, D. ve Rivella, D., 2004. Theoretical And Experimental Dynamic Analysis Of Rakanji Stone Arch Bridge, Honyabakei, Oita, Japan, 7th International Conference on Motion and Vibration Control.
- Aras, F., Kretevska, L., Altay, G. ve Tashkov, L., 2011. Experimental and Numerical Modal Analysis of a Historical Masonry Place, Construction and Building Materials, 25,1, 81-91.
- Artan, C., 2021. Muş ilinde bulunan tarihi köprüler ve tarihi murat köprüsünün yapısal değerlendirmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Ataei, A., Bradford, M. A. ve Liu, X., 2016. Experimental study of composite beams having a precast geopolymer concrete slab and deconstructable bolted shear connectors, Engineering Structures, 114, 1, 1-13.
- Avşin, A., 2020. Tarihi köprülerin korunmasında özgünlük ölçütünün değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bacon, K., 2001. The Adaptive Reuse of Heritage Buildings, University of Calgary Master of Architecture, Calgary, Alberta.

- Barbieri, G., 2019. Regionalism, globalism and complexity: a stimulus towards global IR?, *Third Word Thematics: A Two Journal*, 4, 6, 424-441.
- Bayraktar, A., Altunışık, A.C., Sevim, B. ve Türker, T., 2009. Kömürhan Köprüsü'nün sonlu eleman model iyileştirilmesi, *İMO Teknik Dergi*, 307, 4675-4700.
- Birinci F., 2010. Taş kemer köprülerin sonlu eleman modellerinin operasyonel modal analiz yöntemiyle iyileştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Brencich, A. ve Sabia, D., 2008. Experimental identification of a multi-span masonry bridge: The Tanaro Bridge, *Construction and Building Materials*, 22, 10, 2087-2099.
- Callaway, P., Gilbert, M. ve Smith, C. C., 2012. Influence of backfill on the capacity of masonry arch bridges, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Bridge Engineering*, 165, 3, 147-157.
- Ceylan, İ., 2013. Karayolları 13. Bölge sınırları içinde yer alan tarihi köprülerin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Cevahir, Ç. M., 2019. Tarihi taş köprülerin yapım teknikleri ve malzeme kullanımı açısından incelenmesi, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Costa, C., Ribeiro, D., Jorge, P., Silva, R., Arêde, A. ve Calçada, R., 2016. Calibration of the numerical model of a stone masonry railway bridge based on experimentally identified modal parameters, *Engineering Structures*, 123, 354-371.
- Çamlıbel, N., 2000. Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi, *Birsan Yayın Evi*, İstanbul.
- Çulpan, C., 1975. Türk Taş Köprüleri; Ortaçağdan Osmanlı Devri Sonuna Kadar, *Türk Tarih Kurumu Basımevi*, Ankara.
- Demir, O., 2019. Tarihi Diyarbakır Dicle (On Gözlü) Köprüsü'nün sonlu eleman yöntemiyle analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.
- Eruzun, C., 2001. Söğütözü Kültür ve Kongre Merkezi, İstanbul, sayı: 39, 138-139.
- Fanning P.J. ve Boothby T.E., 2001. Three-dimensional modelling and full-scale testing of stone arch bridges, *Computers and Structures* 2001, 79, 29-30, 2645-2662.
- Feilden, B. M., 1982. Conservation of historic buildings, *Butterworth and Co*, London.

- Feilden, B.M., 1982. Conservation of Historic Buildings, Butterworth Scientific, England.
- Genç, A. F., 2015. Tarihi köprülerin yapısal davranışına restorasyon çalışmalarının etkisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gürbüz, S.M., 2012. Kayseri taş köprüleri, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Hacısalıhoğlu, Ö., 2013. Ortaöğretim görsel sanatlar eğitiminde tarihi çevre ve müze bilincinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hasol, D., 1995. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul.
- ICOMOS, 2013. Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi. URL Adres: http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0784192001542192602.pdf ; Erişim tarihi: 10.10.2019.
- Kanbur, A. Y., 2021. Tek açıklıklı tarihi bir köprünün dinamik davranış parametrelerinin deneysel olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Karapınar, M., 1997. Çevre ihtiyaç programı verilerinin mimari tasarıma etkisi üzerine bir değerlendirme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kiper, P., 2006. Küreselleşme Sürecinde Kentlerin Tarihsel Kültürel Değerlerinin Korunması, Türkiye - Bodrum Örneği, Sosyal Araştırmalar Vakfı Yayını, İstanbul.
- Kocabıyık, Y., 2014. Yeniden işlevlendirme kavramı ve bu kapsamda İTÜ Taşkışla binasının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Konyalı, İ. H., 1974. Abidevi Ve Kitabeleri İle Niğde Aksaray Tarihi, Fatih Yayınevi Matbaası, İstanbul, Cilt 2.
- Korkmaz, K. A., Zabin, P., Çarhoğlu, A. I. ve Nuhoglu, A., 2013. Taş kemer köprülerin deprem davranışlarının değerlendirilmesi: Timisvat Köprüsü örneği, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 2, 1, 66-75.
- Köksal, G., 2005. İstanbul'daki endüstri mirası için koruma ve yeniden kullanım önerileri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuban, D., 2000. Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu, Yem Yayınları, İstanbul.

- Kuloğlu, N., 1994. Konuttaki işlevsel değişimin tarihi çevrelerin korunmasında oluşturduğu güçlükler ve çözüm önerileri; Ortahisar örnek çalışması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mahrebel, H. A., 2006. Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri, hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mevzuat, 1983. 2863 Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, URL Adres: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.2863.pdf> ; Erişim tarihi: 12.12.2022.
- Milani, G. ve Lourenço, P. B., 2012. 3D non-linear behavior of masonry arch bridges, Computers and Structures, 110-111, 133-150.
- Okuyucu, D. ve Kanbur, A. Y., 2020. Damage Detection Of A Historic Bridge By Operational Modal Analysis, Istanbul Bridge Conference (IBridge2020), 16-17 November, 112-118, Istanbul.
- Oliveira, D.V., Lourenço, P.B. ve Lemos, C., 2010. Geometric Issues and Ultimate Load Capacity of Masonry Arch Bridges from the North West Iberian Peninsula, Engineering Structures, 32, 3955-3965.
- Onat, O., 2020. Impact of mechanical properties of historical masonry bridges on fundamental vibration frequency, Structures, 27, 1011-1028.
- Özer, M. N., 1998. Planlı ve tasarlı yaşam alanlarının kent kimliği üzerindeki etkileri, Antalya örneği, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özkafa, E., 2015. Konya Anadolu Selçuklu hanlarının restoran işleviyle yeniden kullanımının irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özkaya, S. G., 2019. Yığma köprülerin deprem davranışlarının doğrusal olmayan statik yöntemlerle tahmini, Doktora Tezi, Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Pastor, M., Binda, M. ve Harcarik, T., 2012. Modal assurance criterion, Procedia Engineering, 48, 543-548.
- Pulatsu, B., Erdogmus, E. ve Lourenço, P. B., 2019. Comparison of in-plane and out-of-plane failure modes of masonry arch bridges using discontinuum analysis, Engineering Structures, 178, 24-36.
- Ramos, L. F., Marques, L., Lourenco, P. B., Roeck, G., Costa, A. ve Roque, J., 2010. Monitoring historical masonry structures with operational modal analysis: two case studies, Mechanical Systems and Signal Processing, 24, 5, 1291-1305.

- Sarhosis, V., Giamundo, V., Lignola, G. P., Sheng, Y. ve Manfredi, G., 2014. Evaluation of different computational modelling strategies for the analysis of low strength masonry structures, *Engineering Structures*, 73, 160-169.
- Scozzese, F., Ragni, L., Tabaldi, E. ve Gara, F., 2019. Modal properties variation and collapse assessment of masonry arch bridges under scour action, *Engineering Structures*, 199, 109665.
- Sert, H., 2002. Tarihi Köprüler, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Sözen, Ş. ve Çavuş, M., 2020. Tek açıklıklı tarihi taş köprülerde form değişikliğinin köprünün sismik davranışına etkisinin değerlendirilmesi: Niksar Yılanlı (Leylekli) Köprü örneği, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 48-59
- Tanyeli, G., 2006. Türkiye'nin Köprüleri, Koç Allianz Hayat Sigorta, İstanbul.
- Throsby, D., 2003. Determining the Value of Cultural Goods: How Much (or How Little) Does Contingent Valuation Tell Us? *Journal of Cultural Economics*, 27, 3-4, 275-285.
- Troyano, L. F., 2003. Bridge Engineering: A Global Perspective by Leonardo Fernyndezy Troyano, Thomas Telford.
- Tunç, G., 1978. Taş Köprülerimiz, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türk Dil Kurumu, 2019. Koruma Kavramı. URL Adres: <https://sozluk.gov.tr> ; Erişim tarihi: 10.10.2019.
- Uğursal, S., 2011. Tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi: İzmir Sümerbank Basma Sanayi Yerleşkesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ural, A., 2005. Tarihî Kemer Köprülerin Sonlu Eleman Metoduyla Analizi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, Bildiriler Kitabı, 408-413.
- Ural, A., Oruç, Ş. ve Doğanğün, A., 2007. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki tarihi kemer köprülerin onarım ve güçlendirme çalışmaları, *Yapı Dünyası Dergisi*, 132, 48-53.
- Ural, A., Oruç, Ş., Doğanğün, A. ve Tuluk, Ö. İ., 2008. Turkish Historical Arch Bridges and Their Deteriorations and Failures, *Engineering Failure Analysis*, 15, 43-53.
- Ural, A., 2012. Aksaray Baş Köprü'nün Yapısal Analiz ve Değerlendirme Raporu, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Wang S., Zheng X. ve Wang L., 2010. Simulation of Precise Scale Land Use Change Based on the Markov-cellular Automata Model, 18th International Conference on Geoinformatics'in İçinde, (Liu Y., Chen A., Ed.), Beijing, China, 702-706.
- Yaldız, E., 2003. Konya'daki medrese yapılarının yeniden kullanım koşullarına göre değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yanık, Y., Türker, T. ve Çoruhlu, B., 2017. Tarihi Taş Kemer Köprülerde Hasar Nedenleri ve Onarım Teknikleri, Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, 391-400, Trabzon, Türkiye.
- Yılmaz, E. G., 2022. Tarihi yığma köprülerin farklı depremler altında doğrusal analizi: Murat Bey Köprüsü örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Zhang, Y., Tubaldi, E., Macorini, L. ve Izzuddin, B. A., 2018. Mesoscale partitioned modelling of masonry bridges allowing for arch-backfill interaction, Construction and Building Materials, 173, 820-842.
- URL-1 <<https://okuryazarim.com/kemer-nedir-cesitleri-nelerdir>>, Erişim tarihi: 24.11.2022.
- URL-2 <[Fotoğraf Çekim Noktaları \(ktb.gov.tr\)](http://fotografcekim.noktalar.ktb.gov.tr)>, Erişim tarihi: 25.11.2022.
- URL-3 <[Aksaray: Karasu Köprüsü | Haber Kaos](http://aksaray.karasukoprusu.haberkaos)>, Erişim tarihi: 25.11.2022.
- URL-4 <[1. Merkez ve İlçeler.cdr \(ktb.gov.tr\)](http://1.merkezveilceler.cdr.ktb.gov.tr)>, Erişim tarihi: 25.11.2022.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı :Naciye Münevver ÖZDEMİR

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Girne Amerikan Üniversitesi Mimarlık, Tasarım ve Güzel Sanatlar Fakültesi, Mimarlık, 2019

Yüksek Lisans :Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, 2023

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1.

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

1.

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1. Özdemir, N.M. ve Ural,A., 2022. Aksaray Tarihi Baş Köprü'nün Yapısal Analizleri ve İncelenmesi, 8. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi, İstanbul, Türkiye, 8-10 Aralık, 425-432.