



## KÖPRÜ ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN DEPREM ETKİSİNDEN DOLAYI KÖPRÜ ELEMANLARINDA OLUŞAN KUVVETLERE ETKİSİ

Memduh Karalar<sup>1</sup>, Murat Emre Kartal<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ, Zonguldak

### ABSTRACT

In this study, the effect of soil bridge interaction on the magnitude of the internal forces in the integral bridge components due to near fault effects is studied. For this reason, 3-D Finite Element Model (FEM) of The Guthrie Country Bridge in USA is developed using the program ANSYS to numerically predict their fatigue performance in near fault regions. Using the results of the 3-D FEM, performance and displacement of steel piles in near fault regions are investigated. At the end of this study, the analyses results revealed that soil bridge interaction has significant effect on the magnitude of internal forces due to near fault regions in the components of integral bridges.

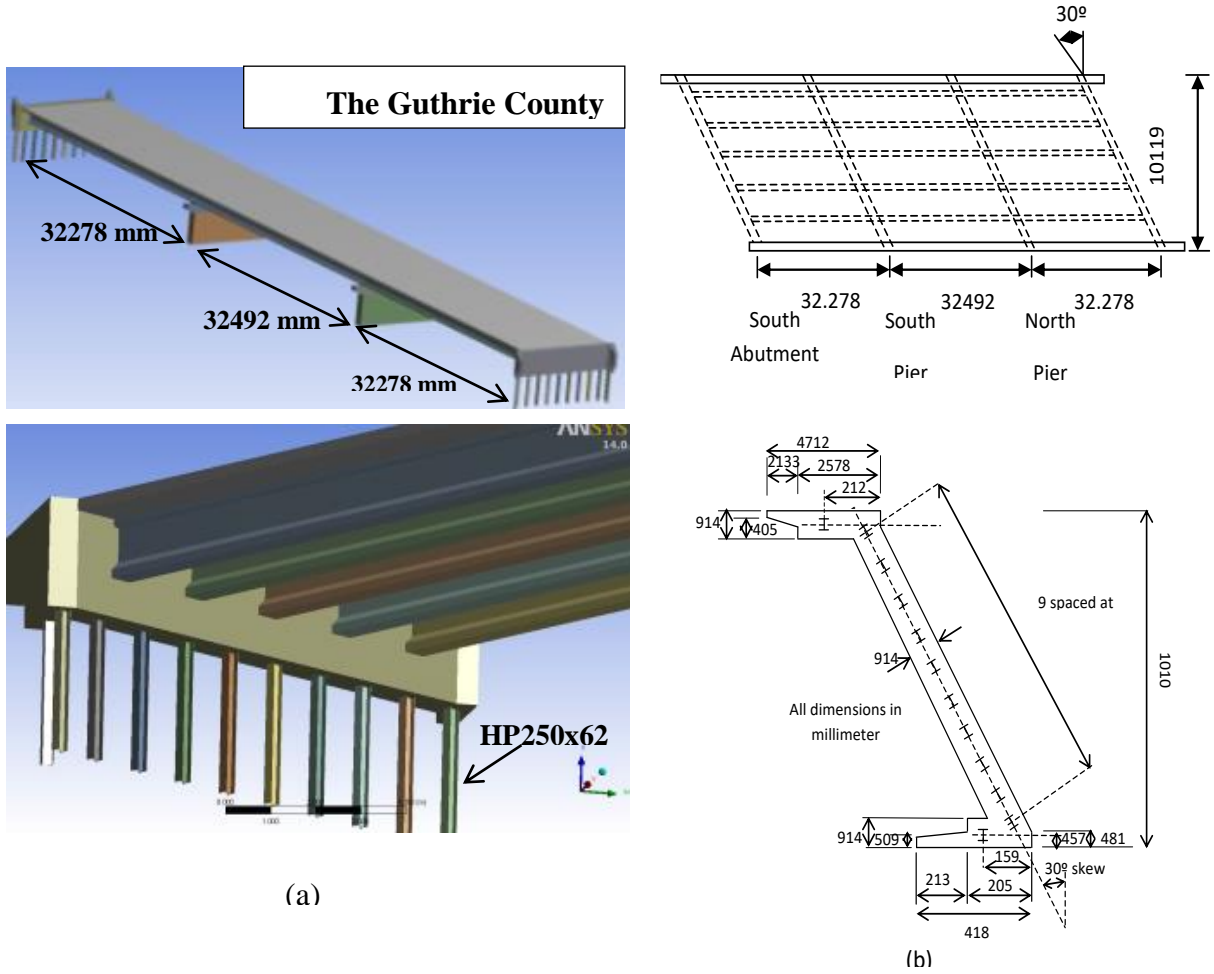
### ÖZET

Bu çalışmada, yakın mesafeli deprem hareketlerinin köprü ayaklarında bulunan kazıklardaki yorulma davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, Amerika Birleşik Devletlerindeki Guthrie Country Köprüsü üç boyutlu olarak modellenmiş ve sonlu elemanlar yöntemi uygulanarak ANSYS programında analizleri yapılmıştır. Üç boyutlu analiz sonuçlarından, yakın mesafeli deprem hareketlerinin, zemin boyunca kazık davranışı göz önüne alınarak, kazıkta meydana gelen yerdeğiştirmeler araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, köprü-zemin etkileşiminin, integral köprü elemanlarında yakın mesafeli deprem hareketlerinden büyük oranda etkilediği saptanmıştır.

### GİRİŞ

Integral köprüler geleneksel genişleme derzleri olmayan, üst yapı ile uç mesnetlerin monolitik olarak inşaa edildiği köprülerdir. İntegral köprü uzunluğu arttıkça, çelik H profilli kazıklarda meydana gelen kuvvet ve yerdeğiştirmelerde büyük olabilir. Bu durum, malzeme yorulmasından dolayı köprünün servis hayatının azalmasına neden olabilir [1,2 ve 3]. Bu çalışmada, çelik H profil kazıkların modelleme aracılığı ile yakın mesafeli deprem hareketlerinin neden olduğu yerdeğiştirmelerin, çelik H profilli kazıklar üzerindeki etkileri incelenecektir. Bu amaçla Şekil 1'de görüldüğü gibi, Amerika Birleşik Devletlerindeki The Guthrie Country Köprüsü üç boyutlu olarak modellenmiş ve sonlu elemanlar yöntemi uygulanarak ANSYS programında analizleri yapılmıştır. The Guthrie Country Köprüsü'nün açıklığı 318 ft uzunluğundadır, Şekil 1'de gösterildiği gibi sağ yön önünde 30 derece eğim açısı ile ön germeli kiriş köprüdür. Köprü beş adet ön germeli kirişten oluşmaktadır.

Köprüdeki kirişler Şekil 1’de de görüldüğü üzere 32.28 m olup yüksekliği 1,37 m’dir. Bu köprü tekli bir on sıra ile HP10x42’lik U şeklinde bir dayanağa sahiptir. Şekil 1’de dayanak, kiriş ve kazıkların görünümü verilmektedir. Betonarme arka duvar altında çelik kazıklar vardır ve her bir kanat duvarı altında bir 10x42 ebatlarında H profil kazık vardır.



Şekil 1. The Guthrie County Köprüsü

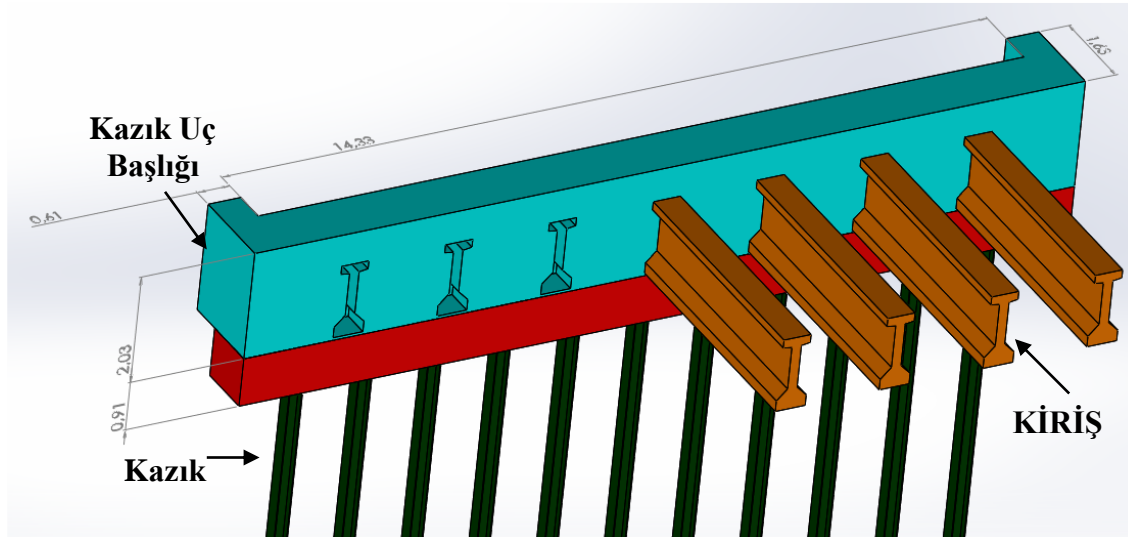
Köprülerin tasarımında, mühendisler genellikle üç boyutlu karmaşık ve zaman alıcı yapısal modeller yerine, iki boyutlu, basitleştirilmiş yapısal modeller kullanmayı tercih ederler. Mühendisler köprülerin analizi için bu iki boyutlu yapısal modelleri kullanırlarken, deprem yüklerinden köprü elemanlarına gelen etkileri belirlemek için, tasarım standartlarında mevcut olan yük dağılım katsayılarını kullanırlar. Köprü uç ayağı ile tabliyesinin monolitik olarak inşa edildiği, integral köprülerin tasarımında da mühendisler genellikle iki boyutlu yapısal modeller kullanırlar. Bu iki boyutlu modellerde çoğu zaman uç ayağın arkasındaki dolgu zemininin etkisi modellenmeyip tamamıyla ihmal edilir. Kazık temeller ise zemin yüzeyinden belirli bir derinlikte ankastre eşdeğer kazık boyu alınarak modellenir ve temel zemininin etkisi göz önünde bulundurulmaz. Ancak, integral köprülerin deprem yükleri altında, yukarıda bahsedilen yapısal model kullanılarak yapılan analizlerinden elde edilen sonuçların doğruluk derecesi bilinmemektedir. Bu sebepten dolayı, bu çalışmada, integral köprülerin deprem yükleri altında yapılan analizlerinde kullanılan üç boyutlu modellerde, dolgu ve temel zemin etkilerinin dikkate alınmasının integral köprü elemanlarındaki çelik kazıklarında etkileri araştırılmıştır.

## SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MODELLEME

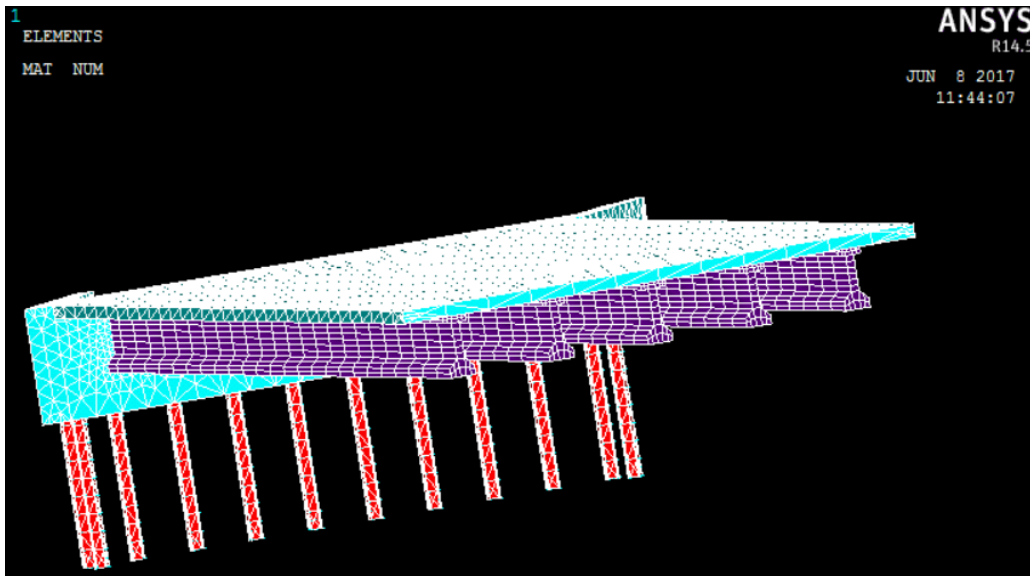
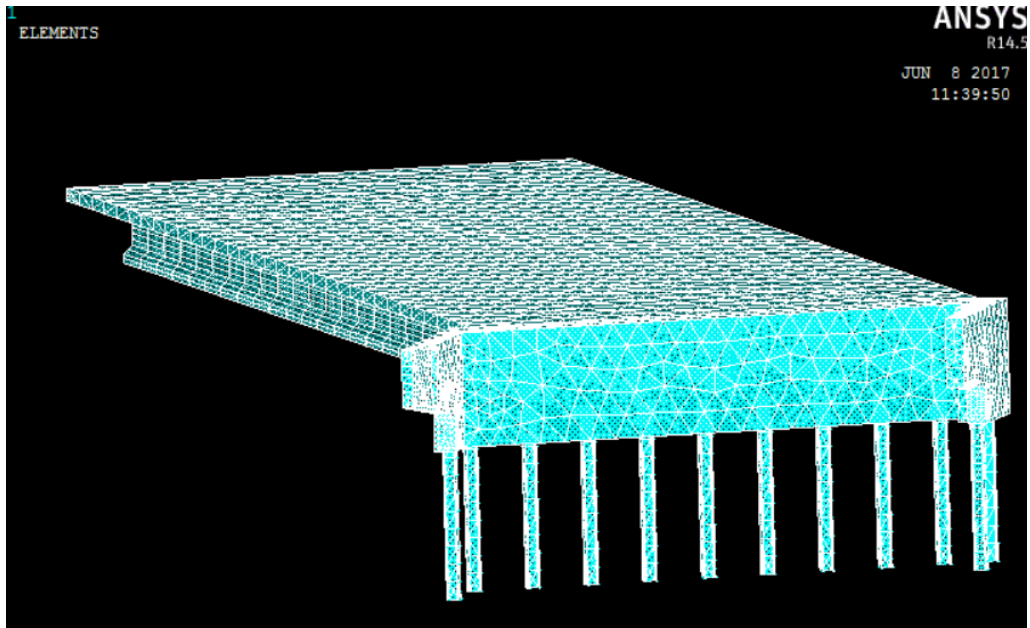
Bu çalışmada üç boyutlu dogrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemi kullanarak integral köprünün yapısal modeli ANSYS programı ile modellenmiştir. İntegra köprünün birleşenleri, kazıklar, kazık uç başlıkları, öngermeli kirişler ANSYS moelinde modellenmiştir. Ayrıca, linear olmayan malzeme davranışı da bu modellemede yer almaktadır. Modelin gerçekçi çözüm yapabilmesi için çeşitli girdilerin modelde tanıtılması gerekmektedir. Detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

### Eleman Tipi, Kontak Çeşidi ve Parçalara Ayırma

Sonlu elemanlar yönteminde yapı basit ve küçük parçalara bölünmektedir. Bu çalışmada, köprü birleşenleri 10 düğümlü, yüksek dereceli dört yüzlü elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Her düğüm üç serbestlik derecesine sahiptir: düğüm x, y ve z yönlerinde çevrilir. Eleman ikinci dereceden yer değiştirme davranışına sahiptir ve düzensiz kafeslerin modellenmesi için çok uygundur. Temas elemanı 174 ve hedef elemanı 170, bu çalışmada kullanılmıştır. Bu çalışmada kazık bölüm ile bağlantı plakaları arasındaki temas, yüzey-yüzey temas türü olarak seçilmiştir. Bu temas türü, bir yapının bir yüzeyi başka bir yapının yüzeyi ile temasa girdiğinde kurulmaktadır. Şekil 2 de kazık, kazık uç başlığı ve kirişlerin birbirleri ile olan temasları gösterilmiştir. Bu temas türü, geniş temas alanlarına sahip rastgele yapılar için yaygın olarak kullanılmaktadır [4,5]. ANSYS'de kullanılan mesh yoğunluğunu teyit etmek için, HP kazık kesitinde ve bağlantı plakalarında farklı mesh boyutları kullanılmıştır. Mesh büyüklüğü ve tipi, doğru gerilme değerlerini elde etmek için önemlidir. Bu yüzden, farklı mesh seçenekleri modelde test edilmiş ve sonlu elemanlar yönteminde karşılaştırılmıştır. Bu mesh özelliklerine dayanarak, Tetrahedronların meshing seçeneği seçilmiştir. Çünkü elde edilen mesh, model boyunca daha iyi bir boyut dağılımına sahiptir ve düğümlerin sayısı düzgün olarak dağılmıştır. Meshleme şekil 3 de gösterilmektedir.



Şekil 2. The Guthrie Country Köprüsü ANSYS Modeli Kontak Yüzeyleri

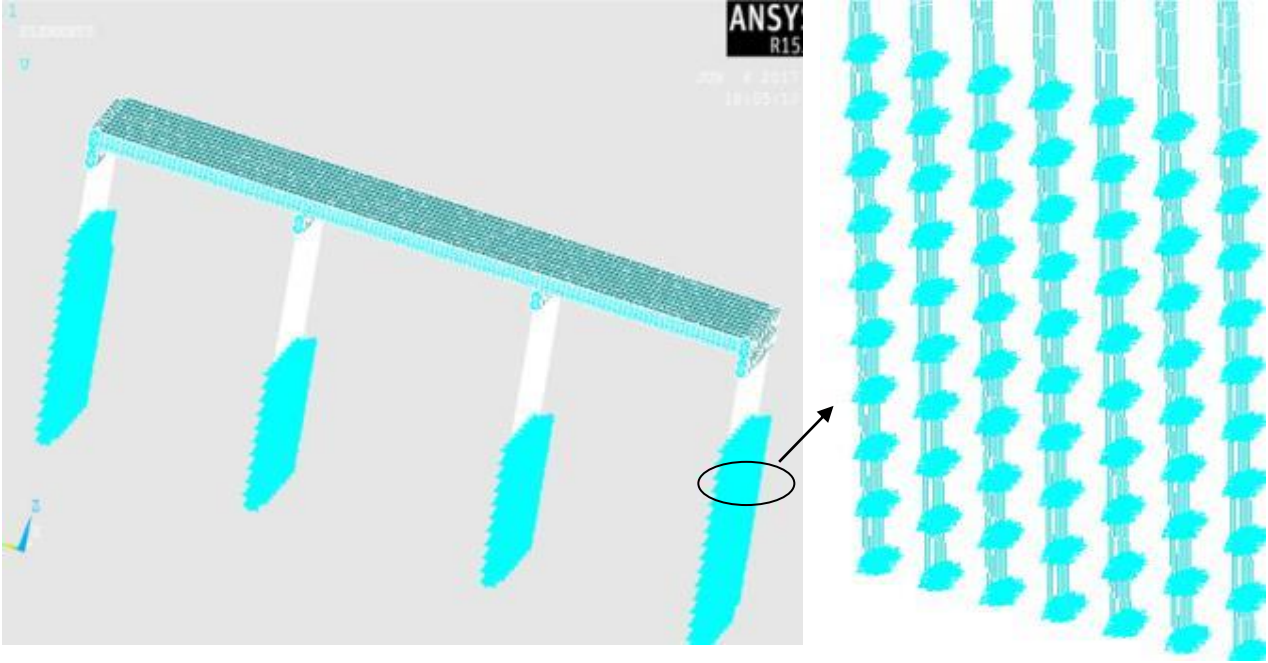


Şekil 3. The Guthrie Country Köprüsü ANSYS Modeli

### SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE KAZIK ZEMİN ETKİLEŞİMİ

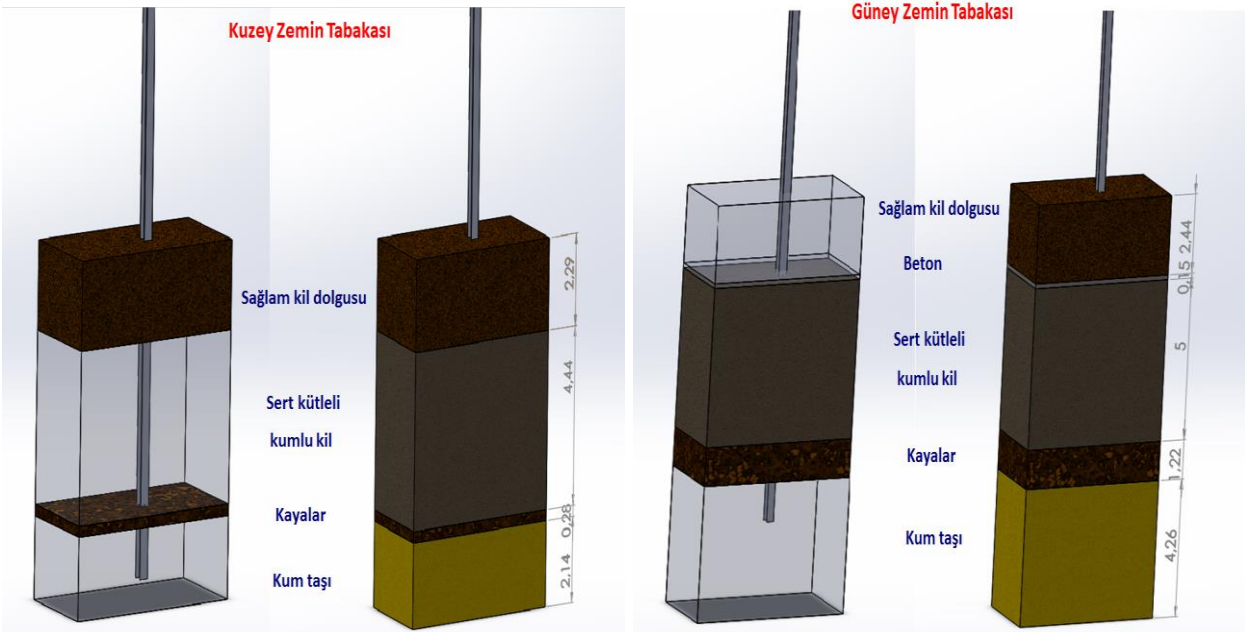
Üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile zemin kazık etkileşimi, hem kazık boyunca zemin özelliklerini hemde kazık uç başlığının etkileşimini içermektedir. Bu etkileşim, zemini temsil etmek için yayların kullanıldığı mekanik bir model olarak bilinmektedir. Şekil 4 kazık zemin etkileşimi detaylı olarak yaylar ile tanımlanması gösterilmiştir.

4



Şekil 4. The Guthrie Country Köprüsü Kazık Zemin Modeli

Zemin özellikleri köprünün kuzey ve güney uçları için ayrı ayrı şekil 5 de gösterildiği gibi tüm kazık boyunca modellenmiştir.



Şekil 5. The Guthrie Country Köprüsü Zemin Özellikleri



## DEPREM ÖZELLİKLERİ

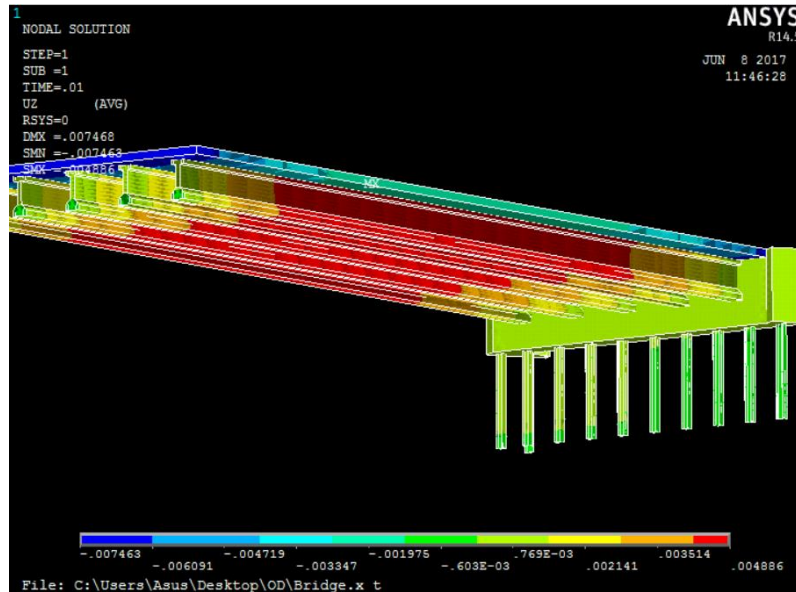
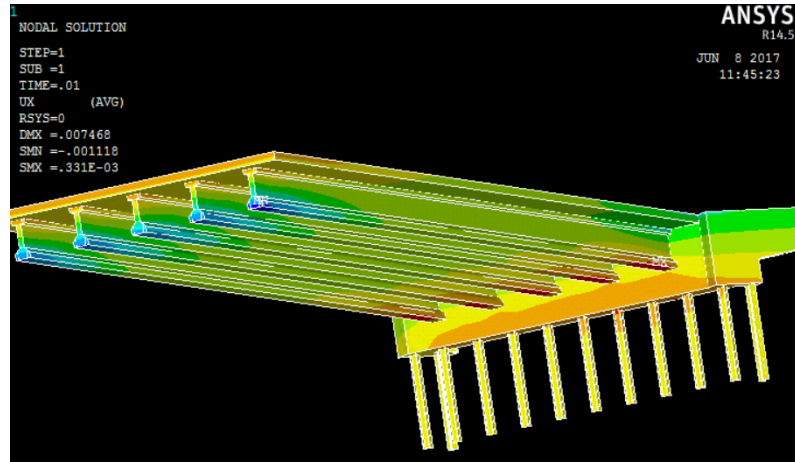
Bu çalışmada, the Guthrie Country Köprüsü'nün deprem yükleri altındaki davranış 5 incelenmiştir. Bu amaçla, yakın uzaklıklı deprem dasetası alınarak, ANSYS modelinde integral köprüye etki ettirilmiştir. Yakın uzaklıklı depremin özellikleri Tablo-1 de verilmiştir.

Tablo 1. Yakın uzaklıklı deprem

Kayıt	$M_w$	$d$ (km)	PGA	PGV	Ap/Vp	TPV	TP
Chi-Chi 1999, TCU068, NS	7.6	1.1	0.46	263	1.72	9.0	10.9

## SONUÇLAR

The Guthrie Country Köprüsü'nün deprem yükleri altındaki davranışını incelenmiştir. Bu yükler altında köprüde ve kazıklarda oluşan yerdeğıştirmeler ve gerilmeler elde edilmiştir. Şekil 6'de elde edilen yatay ve düşey yöndeki deplasmanlar gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, en çok gerilmelerin oluştuğu kısım kiriş-kazık uç başlığının birleşim yerlerinde meydana gelmektedir. Ayrıca, kazık ile kazık uç başlığının birleştiği yerlerde de gerilmelerin yüksek yoğunluklu olduğu görülmüştür. Çalışmanın bu aşamasından elde edilecek sonuçlarla, tasarım mühendislerine, integral köprülerin deprem yük analizlerinde kullanacakları yapısal modellerle ilgili olarak yol göstermek hedeflenmiştir.



Şekil 6. The Guthrie Country Köprüsü ANSYS Modeli yatay ve düşey yer değiştirmeler

6

### KAYNAKLAR

- [1] Dicleli M, Albhaisi SM., Effect of Cyclic Thermal Loading on the Performance of Steel H-Piles in Integral Bridges with Stub-Abutments, *Journal of Constructional Steel Research*; 60(2):161-182, , 2004.
- [2] Girton D.D., Hawkinson T.R., Greinmann L.F., J, Validation of Design Recommendations for Integral-Abutment Piles, *Journal of Structural Engineering*, v117, n 7, p 2117-2134, 1991.
- [3] A. Lawyer, C. French, C.K. Shield. Field performance of integral abutment bridge. *Transportation Research Record*, 1740 (2000), pp. 108–117.
- [4] Kachlakev D., Miller T. and Yim S., Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Structures Strengthened with FRP Laminates, 2001, *Technical Report*.
- [5] Al-Mughairi A., Tizani W. and Owen J.S., Validation of an FE Model for an Experimental Blind –Bolted Moment Resisting Connection to Concrete Filled Hollow Section, 2010, *Tubular Structure XIII*.