

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAKIN VE UZAK FAY ALTINDA İNTEGRAL KÖPRÜ UÇ AYAKLARINDAKİ
ÇELİK KAZIKLARIN DAVRANIŞI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

Oğuzhan DURSUN

EYLÜL 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAKIN VE UZAK FAY ALTINDA İNTEGRAL KÖPRÜ UÇ AYAKLARINDAKİ
ÇELİK KAZIKLARIN DAVRANIŞI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

Oğuzhan DURSUN

DANIŞMAN

: Dr. Öğr. Üyesi Memduh KARALAR

ZONGULDAK

Eylül 2019

KABUL:

Oğuzhan DURSUN tarafından hazırlanan “Yakın Ve Uzak Fay Altında İntegral Köprü Uç Ayaklarındaki Çelik Kazıkların Davranışı” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
23/09/2019

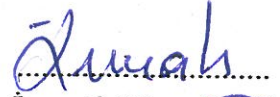
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Memduh KARALAR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



Üye: Doç. Dr. Turhan BİLİR

İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../20....



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Oğuzhan DURSUN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAKIN VE UZAK FAY ALTINDA İNTEGRAL KÖPRÜ UÇ AYAKLARINDAKİ ÇELİK KAZIKLARIN DAVRANIŞI

Oğuzhan DURSUN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Memduh KARALAR

Eylül 2019, 73 sayfa

Bu çalışmada uzak ve yakın fay altındaki integral köprü uç ayaklarındaki çelik kazıkların davranışları incelenmiştir. İntegral köprüler bilindiği üzere uç ayakları çelik kazıklarla tek sıra halinde desteklenen rijit çerçeveli köprülerdir. Çalışmada köprü uç ayaklarının yükseklik boyunca gösterdiği kazık deformasyonların sonuçlarının ve köprü modelinin kendi ağırlığı, hareketli ve sabit yükler altında statik ve dinamik analizleri yapılarak sonuçları irdelenmiş ve bunu yaparken yakın ve uzak fay dikkate alınarak çalışma yapılmıştır.

Model #55555 köprüsünün SOLİDWORKS programında modellenmesi yapılarak ve bu modeli ANSYS Mechanical APDL'e aktarılmıştır. Oluşturulan modelde etkileşim içerisinde bulunan yüzeyler etkileşim elemanları tanımlanmıştır. ANSYS programının da temelini oluşturan sonlu elemanlar yöntemi ile sistem hacimsel kütlelerin bölünmesi işlemiyle tamamlanmıştır. Yapılan çalışma ile ayrıca çelik kazıkların zemin içerisindeki davranışlarını incelemek amacıyla bölünme işlemi tamamlanan kısımlarda oluşan düğüm noktalarında zemin içerisinde olduğu kabul

ÖZET (devam ediyor)

edilen kısımlarına X,Y,Z koordinatları dikkate alınarak ve eldeki zemin parametrelerinin kullanılması ile yay atama işlemi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan modelde uzak ve yakın fay etkisi dikkate alınarak dinamik analiz yapılmıştır. Yaşadığımız dünya üzerinde meydana gelmiş yakın ve uzak fay hareketlerinden toplamda 13 adet deprem üzerinde dinamik analizde kullanılmıştır. Çalışmada İvme kayıtları seçilirken maksimum yer hızı, maksimum yer ivmesi ve fay hattına yakınlık ve uzaklık gibi özellikler dikkate alınmıştır. Yakın fay etkisinde kullanılan depremlerde maksimum ivme değerinin -10.00 g değerinden -10.00g aralığına kadar 0,05 g'lik artımla ölçeklendirilmiştir. Uzak fay da yapılan çalışmalarda ise -1.00 g değerinden -1.00g aralığına kadar 0,05 g'lik artımla ölçeklendirilmiştir. Dinamik analiz ile şekil değiştirme, yer değiştirme, maksimum ve minimum gerilmelerin değer ve grafikleri yakın fay ve uzak fay etkisi üzerinde kazıklarda irdelenerek çalışma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İntegral Köprü, Çelik Kazıklar, Yakın ve Uzak Fay, Dinamik Analiz

Bilim Kodu: 624.03.00.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

BEHAVIORS OF THE STEEL PILES AT THE END FEET OF THE INTEGRAL BRIDGES UNDER THE EFFECTS OF DISTANT AND NEAR FAULTS

Oğuzhan DURSUN

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Memduh KARALAR

September 2019, 73 pages

In this study, behaviors of the steel piles at the end feet of the integral bridges under the effects of distant and near faults were examined. Integral bridges are rigid framed bridges whose end feet are supported with single row steel piles. In this study, the results of the pile deformations of the bridge end feet and the weight of the bridge model were analyzed statically and dynamically under the moving and constant loads and the results were discussed. The study was carried out considering the effects of near and distant faults.

Model #55555 has been modelled in SOLIDWORKS and this model has been transferred to ANSYS Mechanical APDL. Interacting surfaces in the model are defined as interaction elements. With the finite element method which is the basis of ANSYS program, the system is completed by dividing the volumetric masses. In order to investigate the behavior of the steel piles in the ground, arch assignment operation is performed by considering the ground parameters and by considering the X,Y,Z coordinates of the sections which are considered to be in the ground at the nodes formed where the division process is completed. In the model, dy-

ABSTRACT (continued)

dynamic analysis was performed by considering distant and near fault effects. A total of 13 earthquakes from the near and distant fault movements that occurred in the world have been used in the dynamic analysis. In the study, peak ground velocity, peak ground acceleration and distance to fault line were taken into account when selecting acceleration records. The maximum acceleration value of the earthquakes used in the near fault effect has been scaled from -10.00g up to + 10.00g with increments of 0.05g. Dynamic analysis of the deformation, displacement, values and graphics of maximum and minimum stresses was done by examining the piles considering the effects of near fault and distant faults.

Keywords: Integral Bridge, Steel Piles, Near and Far Fault, Dynamic Analysis

Science Code: 624.03.00.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca bana her türlü yardım ve desteği sağlayan, tecrübe, deneyim ve bilgisi ile çalışmama yön gösteren, ayrıca bana bu çalışmayı vererek kendimi geliştirmeme ve ilerlememe yönelik yardımlarıyla daha ileride olmamı sağlayan çalışmamın yöneticisi Sayın Hocam Doktor Öğretim Üyesi Memduh KARALAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda emeği geçen ve benden maddi, manevi desteğini esirgemeyen aileme ve bitirme çalışmasında benimle bilgi ve tecrübelerini paylaşan değerli arkadaşlarıma, dostlarıma ve meslektaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL:.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
BÖLÜM 1	1
1.1 İNTEGRAL KÖPRÜLER.....	1
1.2 PROJENİN AMACI.....	2
1.3 #55555 KÖPRÜ’SÜ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	3
BÖLÜM 2	7
2.LİTERATÜR TARAMASI.....	7
BÖLÜM 3	15
3. KÖPRÜ MODELİNİN 3 BOYUTLU OLARAK OLUŞTURULMASI VE ANSYS PROGRAMI İLE MODELLENMESİ	15
3.1 SOLİDWORKS PROGRAMI İLE KÖPRÜ TASARIMI.....	15
3.2 ANSYS PROGRAMI GENEL ÖZELLİKLERİ	16

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.3 SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DİNAMİK ANALİZ YÖNTEMLERİNİN FORMÜLASYONU	17
3.3.1 Giriş	17
3.3.2 Yöntemin Genel Tanımı.....	18
3.3.3 Genel Yöntem Tanımı.....	18
3.3.4 Sonlu Elemanlar Yönteminin Kullanılmasının Avantajları ve Dezavantajları	19
3.4 SONLU ELEMAN MODELİ (AĞ) İŞLEMLERİ.....	20
3.5 ÇİZGİLERİN PARÇALARA AYRILMA İŞLEMİ (MESH).....	23
3.6 HACİM AĞI İŞLEMİ	25
3.7 MESNET ATAMALARI	26
3.8 ETKİLEŞİM ELEMANLARININ TAMAMLANMASI	28
3.9 MALZEME ÖZELLİKLERİ.....	31
BÖLÜM 4.....	33
4. DEPREMLER	33
4.1 YAKIN VE UZAK DEPREMLER.....	33
4.2 ANALİZDE KULLANILAN DEPREMLER VE BU DEPREMLERE AİT İVME-ZAMAN GRAFİĞİ.....	34
4.2.1 Chi-Chi Depremi	35
4.2.2 Borrego Depremi	36
4.2.3 Im. Valley Depremi	37
4.2.4 Kobe Depremi	38

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.2.5 Morgan Hill Depremi.....	39
4.2.6 Northridge Depremi.....	39
4.2.7 N.Palm.Spr Depremi.....	40
4.2.8 Northest California Depremi	41
4.2.9 İtalya Depremi.....	41
4.2.10 San Fernando Depremi.....	42
BÖLÜM 5.....	43
5. ANALİZ SONUÇLARI.....	43
5.1 ANALİZİ YAPILAN #55555 KÖPRÜSÜNÜN KISIMLARI	43
5.2 DİNAMİK ANALİZ SONUÇLARI	45
BÖLÜM 6.....	69
6. GENEL SONUÇLAR.....	69
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	73



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 İntegral Köprü'nün Kesit Görünümü (Yalçın 2017).	2
Şekil 1.2 #55555 Köprüsü Genel Görünümü (Huang vd. 2004).	4
Şekil 1.3 #55555 Köprüsü'nün Yerleştiği Zemin Yapısı (Huang vd. 2004).	4
Şekil 1.4 #55555 Köprüsü'ndeki Kazıkların Yerleşimi (Huang vd. 2004).	5
Şekil 1.5 #55555 Köprüsünün Tasarım Modülü (Huang vd. 2004).	5
Şekil 3.1 Ağ yapıları ve eleman tiplerinin karşılaştırılması (URL-4).	21
Şekil 3.2 Farklı ağ yapılarının kazıklarda görünümü.	21
Şekil 3.3 Ağ tiplerinin uygulanma geometrileri (URL-4).	22
Şekil 3.4 Sıkı ve gevşek ağın H tipi Çelik kazıkta görünüşü (URL-4).	23
Şekil 3.5 Genel çizgi ağı işlemi.	23
Şekil 3.6 Tabliye ve giriş çizgi ağı.	24
Şekil 3.7 Kazık çizgi ağı.	24
Şekil 3.8 Hacim ağı tamamlanmış hali.	25
Şekil 3.9 Ayak kısmında hacim ağı yakın görünümü.	25
Şekil 3.10 Mesnet şekil ve tepki kuvvetleri.	26
Şekil 3.11 #55555 Köprüsüne mesnet atanması.	27
Şekil 3.12 #55555 Köprüsüne mesnet atanması.	27
Şekil 3.13 Bağlantı elemanı işlemi.	28
Şekil 3.14 Alan seçimi.	29
Şekil 3.15 Bağlantı elemanı oluşturma.	29
Şekil 3.16 Bağlantı elemanı tipi seçimi.	30
Şekil 3.17 Tabliye bağlantı elemanı.	30
Şekil 3.18 Etkileşim elemanlarının köprü üzerindeki görüntüsü.	31
Şekil 3.19 Köprü modelinde kullanılan elemanların malzeme özellikleri.	31
Şekil 3.20 Köprü modelinde kullanılan yayların doğrultulara göre parametreleri.	32
Şekil 4.1 CHİ-CHİ 6.4 Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.	35
Şekil 4.2 CHİ-CHİ 5.3 Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.	36
Şekil 4.3 CHİ-CHİ 7.9 Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.	36
Şekil 4.4 BORREGO Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.	37
Şekil 4.5 Im Valley Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.	37
Şekil 4.6 KOBE Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.	38
Şekil 4.7 KOBE Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.	38
Şekil 4.8 MORGAN HİLL Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.	39
Şekil 4.9 Northridge Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.	40
Şekil 4.10 N.Palm.Spr Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.	40
Şekil 4.11 Northest CALİFORNİA Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.	41

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.12 İtalya Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.	41
Şekil 4.13 San Fernando Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.	42
Şekil 5.1 #55555 Köprüsünün ilk kısmının görüntüsü.	43
Şekil 5.2 #55555 Köprüsünün ikinci kısmının görüntüsü.	44
Şekil 5.3 #55555 Köprüsünün tüm kısımlarının görünümü.	44
Şekil 5.4 CHİ-CHİ 6.4 Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	45
Şekil 5.5 CHİ-CHİ 6.4 Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	46
Şekil 5.6 CHİ-CHİ 5.3 Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	46
Şekil 5.7 CHİ-CHİ 5.3 Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	47
Şekil 5.8 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde X doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	47
Şekil 5.9 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde X doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	48
Şekil 5.10 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde Y doğrultusundaki yer değiştirmesi. ..	48
Şekil 5.11 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde Y doğrultusundaki yer değiştirmesi. ..	49
Şekil 5.12 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde Z doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	49
Şekil 5.13 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde Z doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	50
Şekil 5.14 CHİ-CHİ 7.9 Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	51
Şekil 5.15 CHİ-CHİ 7.9 Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	51
Şekil 5.16 BORREGO Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	52
Şekil 5.17 BORREGO Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	52
Şekil 5.18 Im.Valley Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	53
Şekil 5.19 Im.Valley Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	53
Şekil 5.20 İtalya Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	54
Şekil 5.21 İtalya Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	54
Şekil 5.22 KOBE Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	55
Şekil 5.23 KOBE Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	55

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.24 KOBE Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	56
Şekil 5.25 KOBE Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	56
Şekil 5.26 Morgan Hill Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	57
Şekil 5.27 Morgan Hill Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	57
Şekil 5.28 N.Palm.Spr Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	58
Şekil 5.29 N.Palm.Spr Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	58
Şekil 5.30 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde X doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	59
Şekil 5.31 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde X doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	59
Şekil 5.32 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde Y doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	60
Şekil 5.33 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde Y doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	60
Şekil 5.34 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde Z doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	61
Şekil 5.35 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde Z doğrultusundaki yer değiştirmesi. ...	61
Şekil 5.36 Northest California Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	62
Şekil 5.37 Northest California Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	62
Şekil 5.38 Northridge Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	63
Şekil 5.39 Northridge Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	63
Şekil 5.40 San Fernando Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	64
Şekil 5.41 San Fernando Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.	64
Şekil 5.42 Köprü modelinde birleşik kuvvet vektörlerinin dağılımı.	65
Şekil 5.43 Köprü modelinin dinamik analiz ile hareketi.	65
Şekil 5.44 Köprü modelinin S3 asal gerilmesi (basınç gerilmesi).	66
Şekil 5.45 Köprü modelinin S1 asal gerilmesi (çekme gerilmesi).	66
Şekil 5.46 Köprü modelinde kiriş kazık bağlantı kısımlarında meydana gelen yer değiştirmeler.	67
Şekil 5.47 Köprü modelinde kiriş tabliye bağlantı kısımlarında meydana gelen yer değiştirmeler.	67
Şekil 5.48 Köprü modelinde kiriş kısımlarında meydana gelen Y doğrultusundaki yer değiştirmelerin program üzerinde oluşturulan grafiği.	68

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No

Sayfa

Şekil 5.49 Köprü modelinde kiriş kısımlarında meydana gelen Z doğrultusundaki yer değiştirmelerin program üzerinde oluşturulan grafiği.68



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 Dinamik analizde kullanılan depremler.	34





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A_p	: Yer Hareketi İvmesi
V_p	: Periyot Hızı
T_p	: Periyot

KISALTMALAR

AASHTO	: Amerikan Karayolları Birliği Şartnamesi
IAB	: İntegral Dayanma Köprüleri
ICOLD	: Uluslar Arası Büyük Barajlar Komitesi
IDA	: Artırımı Dinamik Analiz
PGA	: Maksimum Yer İvmesi
PGV	: Maksimum Yer Hızı
SSI	: Zemin Yapı Etkileşimi
TCK	: Türkiye Cumhuriyeti Karayolları
USACE	: Birleşik Devletler Ordusu Mühendislik Birliği



BÖLÜM 1

GİRİŞ

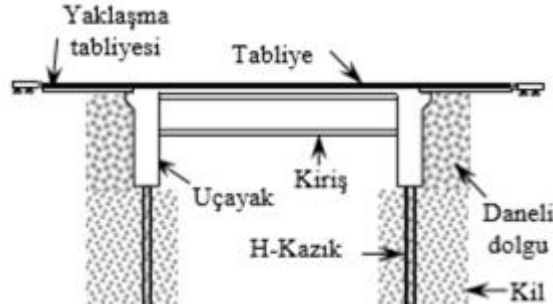
1.1 İNTEGRAL KÖPRÜLER

Genleşme derzi olmayan sistemler integral köprü olarak tanımlanmaktadır. İntegral köprüler sistem olarak çelik H kazıklar üzerine kurulmuş eğilebilir çelik H kazıklı kısa uç ayaklarından meydana gelmektedir, Şekil 1.1’de integral köprünün bir örneği görülmektedir. İntegral köprülerde tabliye ve kirişlerle birlikte uç ayaklar monolitik olarak dökülürler, ayrıca bu sistemle kirişler ve tabliyenin burulma rijitliğini sağlar. Üst yapı ile uç ayak sürekliliği sebebiyle mevcut hareketli yükler içerisinde uç ayakları ve üst yapı sistematik olarak birlikte hareket ederler. İntegral köprüler sistemsel olarak fonksiyonel ve ekonomik olarak diğer köprülere nazaran ve genleşme derzli köprülere göre de birçok artı özelliğe sahiptir (Yalçın 2017).

Yapılan incelemelerde normal üretilen sistemlere bakıldığında genleşme derzlerinde buz, tuz ve su gibi çözücü kimyasalların sızması ile köprü sistemlerindeki elemanların zarar görmesi durumu integral köprülerde meydana gelmemektedir. Bunların yanında integral köprüler yapım aşamasındaki maliyetleri masrafları açısından daha elverişli ve ekonomik olarak inşa edilebildiği gibi rijit çerçeve sistemleri ile sismik yükler etkisinde yüksek performans göstermektedir. Bu ve bunun gibi birçok avantajlarından dolayı Kuzey Amerika ve Avrupa kıtasında değişen dünya sistemleri içerisinde birçok duruma hızlı ve sorunsuz bir biçimde cevap verdiği için normal olarak inşa edilen geleneksel köprü sistemlerinin yerini doldurmuştur (Yalçın 2017).

Bu tür köprü sistemlerinde kullanılan beton tabliyelerle ortaya çıkan yüksek mukavemeti ile birlikte Üstün dayanım gücüne sahiptirler. Yüksek dayanımlı betonun karakteristik ve ulaşım avantajları ile kıyaslandığında daha avantajlı olduğu gözlenmektedir. Bu ve bunun gibi sebeplerle yüksek dayanıma sahip betonları inşaat sektöründe kullanılması daha avantajlıdır.

Günümüzde inşa edilen geniş açıklıklı köprülerin yapımında kullanılan yüksek dayanımlı betonlar köprü kirişlerinde meydana gelen ölü yüklerini azaltarak köprü içerisinde bulunan kolonların hem mevcut özelliklerini hem de sayı olarak durumlarını azalmasıyla geniş alt geçitlere imkân vermektedir.



Şekil 1.1 İntegral Köprü'nün Kesit Görünümü (Yalçın 2017).

Köprü içerisinde sistemi zorlayan birçok etki bulunmaktadır. Bunları sıraladığımız zaman kalıcı sabit yükler, hareketli yükler, rüzgâr, sıcaklık, deprem yükleri, fırtına ve ayrıca taşıyıcı elemanların kendi ağırlığı, demeraj(ilk hareket), köprü üzerindeki meydana gelen frenlemeler, çarpışma sonucu ortaya çıkan mevcut yükler ve merkezkaç kuvvetleridir. Ülkemizde köprü tasarımını yapılırken dikkat edilmesi gereken büyük değerleri mevcut şartnamelerden (Karayolları genel müdürlüğü yol köprüleri için teknik şartnamesi) elde edilebilir. Diğer kaynaklara bakıldığında Amerikan AASHTO ve İngiliz BS 5400 dünya çapında dikkate alınan diğer şartnamelerdir. Köprü sistemlerinde taşıt ağırlıkları mevcut yüklerin tekerleklerle yola aktarılmasıyla tekil yük olarak veyahut eşdeğer şerit yükü olarak etki ettirilebilir. AASHTO'ya göre mevcut hareketli yükler standart kamyon katarına eşit olan eşdeğer şerit yükü ve standart kamyon dingil yükü olarak görülmektedir (Yalçın 2017).

İntegral köprü diğer geleneksel köprü tiplerine nazaran birçok avantaja sahip olmasına rağmen ülkemiz kaynakları dikkate alındığında maliyet olarak diğer köprü tiplerine göre ülkemizde çok az sayıda örneği bulunmaktadır.

1.2 PROJENİN AMACI

Yapılan çalışma ile oluşturulan modelde uzak ve yakın fay etkisi dikkate alınarak dinamik analiz yapılmıştır. Bu amaçla, yakın ve uzak fay hareketlerinden oluşan, toplamda 13 adet deprem verileri kullanılarak dinamik analizde yapılmıştır. Çalışmada İvme kayıtları seçilirken maksimum yer ivmesi (PGA), maksimum yer hızı (PGV) ve fay hattına uzaklık gibi özellikler

dikkate alınmıştır. Yakın fay ve uzak fay etkisinde kullanılan depremlerde maksimum ivme değerinin 0,05 g değerinden 1,5 g aralığına kadar 0,05 g'lik artımla ölçeklendirilmiştir. Dinamik analiz sonucunda elde edilen şekil değiştirme, yer değiştirme, maksimum ve minimum gerilmelerin değer ve grafikleri yakın fay etkisi üzerinde oluşturulacak çalışmalar ile sonuçlar irdelenmeye çalışılmıştır. 5.Bölümde dinamik analizi yapılan köprü modelinin yükseklik boyunca ayaklarda meydana gelen deformasyonlar, kirişler üzerindeki gerilme dağılımları ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

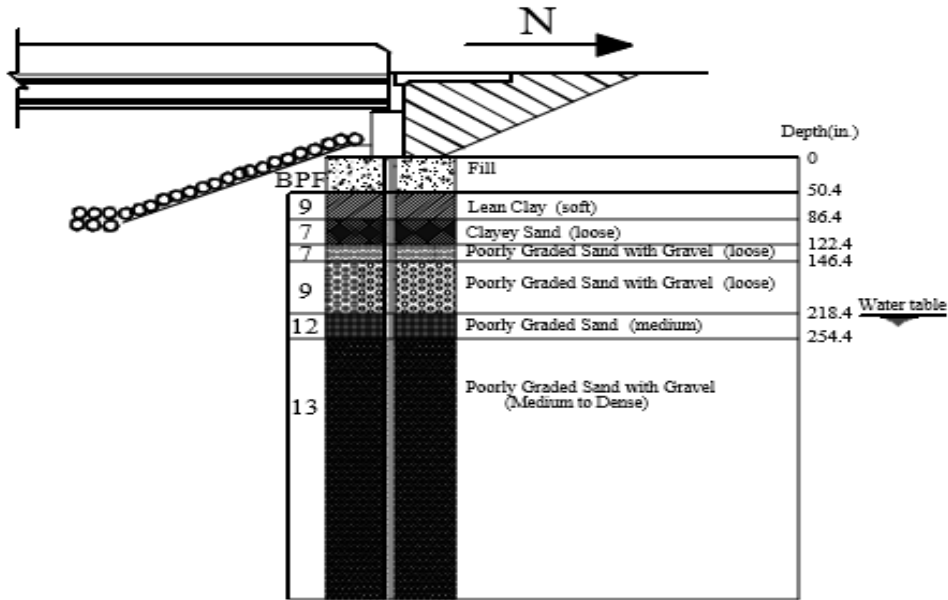
1.3 #55555 KÖPRÜ'SÜ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Üzerinde inceleme yapılan köprü Amerika Birleşik Devletlerinin Minnesota eyaletinde Olmsted ilçesinde inşa edilen #55555 olarak isimlendirilen ve Zumbro nehri üzerinde inşa edilmiştir, Şekil 1.2' de köprü gösterilmiştir. Köprü 216.6 ft toplam uzunluğu ile üç açıklıklı öngerilmeli beton köprü olarak inşa edilmiştir. Köprü 3 aralıktan oluşmuş olup aralık uzunlukları 72 ft tir. Köprü inşasında 45 m öngerilmeli kirişler kullanılmış olup, 11 ft'lik bir merkezi uzaklığa sahiptir. Toplam köprü genişliği 39.33 ft tir.İskelelerde, kirişler'e basit bir destek elde etmek için kavisli bir plaka yatağı montajı ile desteklenmiştir. Bitişik kirişler arasında 2 inçlik bir boşluk vardır. Köprü'nün genişlemesi ve daralmasını önlemek amacıyla eşik ile güverte levhasına kilitlenmiş yaklaşım paneli termal genleşme derzi ile telafi edilmiştir. Bu köprü dörtlü bir altı sıra ile HP10x57'lik U şeklinde Şekil 1.4'te olduğu gibi bir dayanağa sahiptir. Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'de dayanak, kiriş ve kazıkların görünümleri verilmektedir. Betonarme arka duvar altında çelik kazıklar vardır ve her bir kanat duvarı altında bir 10x57 ebatlarında H profil kazık vardır. Şekil 1.4'de kanat duvarı ve altındaki kazık gösterilmektedir. Betonarme arka duvar altındaki borular dayanak yüzü için paralel ağları ile konumlandırılmıştır. Kanat duvar kazıkları köprü'nün akslarına dikey doğrultudaki ağlarla yönlendirilmiştir (Huang vd. 2004).

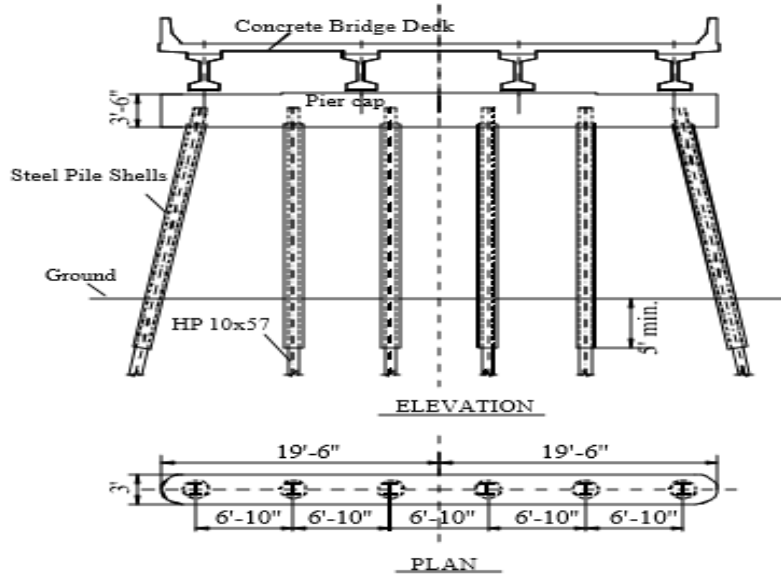


Şekil 1.2 #55555 Köprüsü Genel Görünümü (Huang vd. 2004).

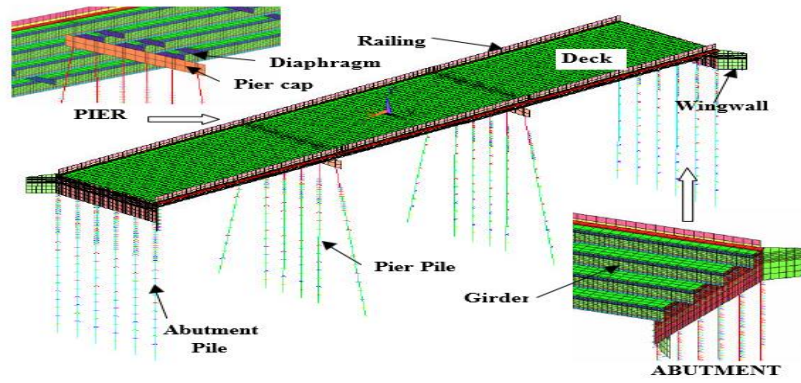
Köprü her bir sırada altı adet kazık olarak tasarlanmıştır. Model üzerinde yapılan çalışmanın daha sağlıklı sonuçlar elde etmek amacıyla Şekil 1.5’de görülen modelin yarısı olan kısım alınarak çalışma güçlü ekseninde yürütülmüştür. Kazıkların boyları yaklaşık olarak 20 metre olarak imal edilmiştir. Köprü’nün kuzey yönünden Şekil 1.3’de de görüleceği üzere zemin özelliklerinden bahsedilmiştir. Sırası ile zemin yapısı yumuşak kil, killi kum, zeyif dereceli çakıl ve kum sonrasında orta sertlikte olarak devam etmektedir. Kullanılan parametreler ile ilgili bilgiler 3.bölüm de ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 1.3 #55555 Köprüsü’nün Yerleştiği Zemin Yapısı (Huang vd. 2004).



Şekil 1.4 #55555 Köprüsü'ndeki Kazıkların Yerleşimi (Huang vd. 2004).



Şekil 1.5 #55555 Köprüsünün Tasarım Modülü (Huang vd. 2004).



BÖLÜM 2

2.LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye'de yapılan çalışmalar dikkate alındığında tez konusu itibarıyla bugüne kadar yüksek lisans ve doktora seviyesinde yeterli çalışmalara rastlanmamıştır. Yapılan literatür çalışması ile bulunan kaynaklar incelendiğinde genellikle tez konusunun amacı olan İntegral köprülerin tasarımı ve bunun yanında yakın ve uzak fay hareketleri ile ilgili çok az sayıda çalışma olduğu görülmüştür.

Burke (1993) çalışmasında, Tek açıklıklı veya sürekli çok açıklıklı orta uzunlukta 91 m uzunluğunda integral beton köprülerin tasarımına, basitleştirilmiş bir yaklaşım sunmaktadır. Öngörülen köprüler, dolgu destekli sığ saplama tipi integral ayaklara sahiptir. Çoklu açıklıklı köprüler için, iskele ya üst yapıya tutturulmuş esnek tiptedir ya da hareketli yataklı yarı-sert kendinden destekli tiptedir. Bu basitleştirilmiş tasarım yaklaşımının uygulanması uygun maliyetli, dayanıklı, integral köprüler üreterek, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki nakliye sistemini ile binlerce eksik veya yapısal olarak eski köprünün hızlı bir şekilde değiştirilmesine veya yenilenmesine olanak sağlayacağını göstermiştir.

Kazak (1996) yaptığı çalışmada, eğik kutu kirişli çelik köprülerin sismik etkilerini kapsamlı olarak incelemiştir. Köprülerin ayak ve tabliyelerindeki maksimum dinamik tepkileri hesaplamak amacıyla, üç boyutlu uzay kiriş elemanları ve El Centro depreminin ivme kaydı deprem itkisi olarak kullanmış ve modellemesini yapmıştır. Köprü modelinin farklı yapı elemanları ve değişik sismik yüklemeler altındaki davranışı incelenmiştir. Köprülerin, kolon geometrisinin, ayak tipinin, eğrilik çapının dinamik tepkilerine etkileri parametrelere bağlı olarak araştırılmıştır.

Arsoy vd. (2002) çalışmalarında, zemindeki kazıklar ve integral köprüdeki ayaklar ile çevresindeki zemin arasındaki etkileşimleri incelemişlerdir. Bu amaçla, Staunton bölgesinden

düzenlenen altı köprüde incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmada, yaklaşma dolgusunun yerleşimi, dayanma yığınları üzerindeki yükler, dayanma yer değiştirmelerinin doğası ve ilgili toprak basıncı dağılımı, üst yapıdaki ikincil yükler ve toprak yapısı etkileşimi incelenmiştir. Yaklaşan dolgu yerleşiminin nedenleri ve olası azaltma teknikleri tartışılmıştır. İntegral köprülerin performansını arttırmaya yönelik öneriler dâhil edilmiştir ve İntegral köprü davranışının iyileştirilmesine yönelik eylemler önerilmiştir.

Faraji vd. (1999) çalışmalarında, İntegral köprülerin (IAB) 'lerin tasarımında zemin-yapı etkileşimini kullanarak, doğrusal olmayan zemin tepkisini açıkça içeren bir IAB sisteminin 3 boyutlu sonlu eleman modelinin oluşturmuşlardır. Çalışmada ayrıca, duvarın arkasındaki ve yığınların bitişiğindeki zemin sıkıştırma seviyelerinin değiştiği örnek bir köprü üzerinde yapılan küçük bir parametrik çalışmanın sonuçlarını da sunmaktadır. Bu sonuçlar, granül dolgudaki sıkıştırma seviyesinin, genel zemin reaksiyonuna güçlü bir şekilde hâkim olduğunu ve bu reaksiyonun köprü sisteminin genel yapısal tepkisini büyük ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Loh vd. (2002) çalışmalarında, Chi-Chi depremi sırasında Chelungpu fayındaki hareket verileri toplanmış ve yakın yer hareketlerine maruz kalan köprü yapılarının sismik tepkisi dikkatlice incelenmiştir. Köprü sismik tasarım kodları üzerindeki yakın fay hareketi etkisini incelemek için iki seviyeli sismik köprü yapı tasarımı geliştirip uygulamışlardır.

Yılmaz (2006) yaptığı çalışmada, 17 Ağustos 1999'da Meydana gelen Kocaeli depreminin ülkemiz için önemi dolayısıyla deprem özellikleri, depremden etkilenen bölgelerin yerel zemin koşulları, sismik özellikleri, bölgeyi etkisi altında bulunduran fay kırıkları ve oluşan yapısal hasarları ve bu hasarların nedenlerini tez kapsamında ele almıştır. Çalışmada son on yıl içerisinde dünya genelinde meydana gelen şiddetli yer hareketleri incelenmiş ve bazılarında diğerlerine nazaran farklılık görülmekte olduğu ve bu farklılıkta depremlerin yakın mesafede beklenmedik ölçüde büyük hız sinyal piki verdiği tespit edilmiştir. Bölgelerin kırılan faya uzaklığı, fayın kırılma mekanizması ve kırılmanın ilerleme yönü gibi etkiler aynı depremden etkilenen bölgelerde farklı içerikte kayıtlar elde edilmesi ve farklı hasar durumları ortaya çıkmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır. Tez kapsamında, bu farklılığın oluşmasında önemli bir etkisi olduğu düşünülen yakın fay etkisi ele alınmıştır. Yakın fay etkilerinin oluşması, oluşma mekanizması, kırılma doğrultu etkisi ve savrulma etkileri yine tez kapsamında ele alınmıştır. Yakın fay etkilerinin bariz bir şekilde görüldüğü Adapazarı inceleme

alanı olarak seçilmiştir. 8 adet zemin sondajı elde edilmiş ve bu zemin sondajından elde edilen değerler kullanılarak dinamik zemin parametreleri bulunmuş ve buradan da deprem spektrumları, zemin büyütme grafikleri Proshake bilgisayar programı kullanılarak elde edilmiştir. Karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla modal ve spektrum analizi de yapılmıştır. Bu analiz sonucunda bulunan değerler deprem yönetmeliğindeki değerlerle karşılaştırılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Erol (2009) yaptığı çalışmada, köprü elemanlarındaki hareketli yük etkisinin üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ile yapılmasının tasarım ofislerindeki mevcut programlarla mümkün olduğunu ve fakat, bu tür üç boyutlu komplike modellerin yapılmasının zor ve zaman alıcı bir süreç olduğunu ortaya koymuştur. Bu sebeple, tasarım mühendislerinin çoğu köprü elemanlarındaki hareketli yük etkilerini belirlemek için sadeleştirilmiş iki boyutlu modelleri ve standartlarda yer alan hareketli yük dağılım katsayılarını tercih ettiğini çalışmasında belirtmiştir. Bu yöntemde, basit iki boyutlu bir modelden elde edilen hareketli yük etkileri hareketli yük dağılım katsayısı ile çarpılarak üç boyutlu yapıdaki hareketli yük etkileri hesaplandığı gözlemlenmiştir. Günümüz standartlarında klasik köprüler için bulunan bu hareketli yük dağılım denklemleri köprü mühendisleri tarafından düz ve verevli integral köprülerin tasarımında da kullanıldığını çalışmasında belirtmiştir. Bu formüllerle tasarlanan integral köprüler ya emniyetli tarafta kalınarak aşırı maliyetli, ya da emniyetsiz tarafta inşa edildiğini ortaya koymuş olup, verevsiz integral köprüler için hareketli yük dağılım katsayıları geliştirildiğini bu denklemleri verevli integral köprülerde kullanmak için verev etkisini bu formüllere dâhil edecek bir düzeltme katsayısı gerekliliğini çalışmasında ortaya koymuştur. Yaptığı çalışmada verevli integral köprüler için düzeltme katsayıları geliştirmiştir. Bu amaçla 231 farklı üç boyutlu ve aynı sayıda iki boyutlu verevli integral köprü modeli oluşturulmuş ve hareketli yük altında analizini yapmıştır. Analiz sonuçları ile verevin hareketli yük momenti ve kesme kuvveti üzerinde kayda değer bir etkisinin olduğunu saptamıştır. Aynı zamanda, verev etkisinin genel olarak verevli integral köprülerin elemanlarının hareketli yük momentini ve kesme kuvvetini azaltma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Analiz sonuçlarını kullanarak lineer olmayan regresyon teknikleri ile integral köprüler için geliştirilen hareketli yük dağılım katsayılarına verev etkisini dâhil etmek için analitik denklemler elde etmiştir. Geliştirilen katsayılar sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmış ve bu karşılaştırma ile geliştirilen formüllerin verevli integral köprü elemanlarındaki hareketli yük etkilerini yeterince iyi tahmin ettiğini çalışmasında ortaya koymuştur.

Kotsoglou ve Pantazopoulou (2009) çalışmalarında, Köprülerin dinamik tepkisi ve sismik performansı bazı faktörlerinden etkilenemediği, en bilinen şekli zemin-yığın etkileşimi olduğu ancak dolgu-dayanma etkileşimi ayrıca alan gözlemleri ve özellikle integral köprüde görülen analitik incelemeler yoluyla belgelendiğini çalışmalarında yer vermişlerdir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, bu etkileşim biçiminin köprü tepkisini önemli ölçüde değiştirebileceğini ve özellikle zemin bentlerinde desteklenmiş ayakları olan tipik karayolu köprüleri geçişleri durumunda tasarım ve değerlendirme sırasında dikkate alınması gerektiğini gösterdiğini vurgulamışlardır. Zemin-yapı etkileşimini hesaba katan daha önceden belirlenmiş prosedürlere dayanarak, setin, bükülmenin ve dayanakların genel köprü tepkisine olan katkısını modellemek için yeni bir yaklaşım önermektedirler. Karşılaştırma örneği olarak, Kaliforniya'da bulunan iki tipik enstrümanlı ABD otoyol köprüsü kullanılarak önerilen yöntem uygulanır ve bu analizden elde edilen sonuçların mevcut alan verileriyle başarılı bir şekilde ilişkilendirildiği ortaya konulmuştur. Analizden elde edilen sonuçlar, dolgu katkısı ve artan kesme gerilmelerinde zemin bozulumu nedeniyle tüm köprü kurma sistemi için aşırı yer değiştirme taleplerini göstermekte olduğu ve ayrıca, sismik performans kapasitesi ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu ve zemin-kazık etkileşimi için kritik öneme sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Erhan ve Dicleli (2011) yaptığı çalışmada, sismik yüklerin, integral köprü kazıklarında, düşük devirli yorulmaya etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla, 41 m uzunluğunda iki açıklığa sahip bir integral köprü ele alınmıştır. Erhan ve Dicleli (2011) inceledikleri bu integral köprünün yapısal modelini kurmuş ve kayada kaydedilmiş yedi farklı deprem ve çeşitli etkin yer ivmelerine göre zaman tanım analizlerini yapmışlardır. Analiz sonuçlarından yaralanarak, çelik kazıklarda sismik yüklerden dolayı oluşan toplam yorulma indeksleri hesaplanmıştır. Hesaplanmış olan bu toplam yorulma indeksleri sismik yüklerin integral köprülerin çelik kazıklarında düşük devirli yorulmaya etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda, sismik yüklerin, köprü kazıklarında düşük devirli yorulmaya etkilerinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

Karalar (2014) çalışmasında, İntegral köprülerin genişleme derzi olmayan monolitik olarak inşa edilen köprüler olduğundan dolayı ısı değişimleri nedeniyle monolitik uç mesnetleri arkasında bulunun desteği öteleyerek yanal değişimlere neden olduğunu, bu değişimin sıcaklık etkisi, malzeme etkisi ve köprü uzunluğunun sonucundan yola çıkarak çelik H tipi kazıklarda düşük devirde meydana gelen yorulma performansını incelemiştir. Çelik H profil kazıkların hem analitik hem de deneysel testler aracılığı ile sıcaklık değişimlerinin neden olduğu yer

değiştirmelerin, elik H profilli kazıklar üzerindeki etkileri incelenmiştir. İlk olarak, mevsimlik ve günlük sıcaklık değişimlerinden dolayı, elik H profil kazıkların kk ve büyük periyotlu yer değiştirmelerinin büyüklüğünü ve sayısını elde etmek için yeni bir method geliştirilmiştir. Integral köprülerdeki elik kazıklarda sıcaklıktan dolayı yer değiştirmelerin neden olduğu kk ve büyük ölçekli periyotların sayısının kombinasyonunu sunan yeni bir denklem geliştirilmiştir. Daha sonra, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak deneysel kısımda test edilecek olan elik H profillerin ANSYS modeli geliştirilmiştir. Bu modelin geliştirmesindeki amaç, deneysel kısımda meydana gelebilecek olan problemleri öngörmek ve gerekli önlemleri almaktır. Bu çalışmanın deneysel kısmında ise sıcaklık değişimlerinden dolayı meydana gelen yer değiştirmelerin elik H profilleri üzerindeki yorulma ömrünü incelemektir. Bu testler çeşitli parametlerin, kazık boyutu, kazık boyu, güçlü/zayıf eksen yönünde yerleştirilmesi, kk periyotlu döngüler, büyük periyotlu döngülerin içinde yer alan kk periyotlu döngüler, kazığın üzerine etki eden eksenel yükün büyüklüğü gibi parametrelerin etkisini incelemiştir. Araştırmanın son kısmında ise, deneysel kısımdan elde edilen sonuçlar sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak oluşturulan ANSYS modeli ile karşılaştırılıp, ileriki çalışmalarda elik H profillerin malzeme yorulma performansı üzerinde çeşitli parametrelerin etkisini incelenmek için ANSYS modeli kullanılmıştır. Deneysel sonuçlara bakılarak, elik H profillerin zayıf eksen yönünde, malzeme yorulması bakımından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca, eksenel yükün etkisi incelenerek, düşük strain değerlerinde eksenel yükün malzeme yorulmasını geciktirdiği, fakat yüksek strain değerlerinde (burkulmadan dolayı) ise eksenel yükün malzeme yorulmasını hızlandırdığı görülmüştür. Ayrıca, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, test sonuçları ile karşılaştırılmış ve yakın sonuçlar elde edilmiş olup, elik HP profillerin yanal ve eksenel yükler altındaki davranışlarının, sonlu elemanlar yöntemi ile tahmin edilebileceğini öngörülmüştür.

Erhan (2015) alışmasında, İntegral köprü elemanları için hareketli yük dağılım formülleri geliştirmiştir. Bu amaçla, çok sayıda integral köprünün iki ve üç boyutlu yapısal modelleri kurularak AASHTO hareketli yükleri etkisi altında analizini yapmıştır. Bu analiz sonuçları kullanılarak, integral köprülerin alt yapı, st yapı ve temel zeminine ait çeşitli özelliklerinin bir fonksiyonu olacak Şekilde hareketli yük dağılım katsayıları hesaplamıştır. Bu katsayılar vasıtasıyla, integral köprü uç ayak, kazık ve kirişleri için hareketli yük dağılım formülleri geliştirmiştir. Tez çalışmasının ilk bölümünde, integral köprülerin ve genleşme derzli köprülerin sismik performansları karşılaştırmıştır. Buna ilaveten, çeşitli yapısal ve geoteknik parametrelerin, integral köprülerin sismik performansına etkileri araştırmıştır. Bu amaçla, üç

farklı integral ve bu integral köprülere benzer yapısal özelliklere sahip üç farklı genişleme derzli köprü ele almıştır. Bu köprülerin yapısal modelleri kurularak, doğrusal olmayan zaman tanım analizleri yapmıştır. Analiz sonuçlarını değerlendirildiğinde, integral köprülerin genişleme derzli köprülere oranla daha iyi sismik performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Buna ilaveten, gevşek ve orta kum zeminlere inşa edilmiş, kısa ve kalın uç ayakları kuvvetli dönme ekseninde yerleştirilmiş çelik kazıklarla desteklenen integral köprülerin daha iyi sismik performans verdiğine ulaşılmıştır.

Karaca (2017) yaptığı çalışmada, mühendislik yapıları üzerindeki yakın fay yer hareketlerinin etkileri ele alınmış ve yakın fay yer hareketlerinin köprü sistemlerinin dinamik davranışı üzerinde etkili olduğunu gözlemlenmiştir. Kablo destekli köprülerin büyük açıklıklar için kullanılmaya başlanmasıyla birlikte 1000 m'ye ulaşan merkez açıklıklar için kullanılan köprü tipinin yakın fay yer hareketi etkisi için araştırılması önemli hale geldiğinden, çalışmada yakın fay ve uzak fay yer hareketlerinin kablo destekli köprülerin dinamik tepkileri üzerindeki etkilerinin belirlenmesini hedeflemiştir. Çalışmada Japonya'da inşa edilen Tataka Köprüsü eğik kablo askılı köprü modeli olarak seçilirken, Türkiye'de inşa edilen Fatih Sultan Mehmet Köprüsü asma köprü modeli kullanılmıştır. Her iki köprü modelinin üç boyutlu sonlu eleman modeli SAP IV bilgisayar programı ile hazırlanmıştır. Yakın fay ve uzak fay yer hareketleri olarak; Kobe 1995, Chi-Chi 1999, Kocaeli ve Düzce (1999) güçlü yer hareketi kayıtları kullanılmıştır. Yakın fay yer hareketi, darbeli ve darbesiz olarak sınıflandırılmak suretiyle yakın fay etkisinin kablo destekli köprüler üzerindeki etkisi kapsamlı olarak ele alınmıştır. Yakın fay ve uzak fay yer hareketleri için dikkate alınan köprü sistemlerinin çözümlenmesi neticesinde elde edilen köprü tepkileri karşılaştırılarak, deprem yer hareketlerinin köprü davranışı üzerindeki etkisi vurgulanmaya çalışılmıştır. Özellikle darbe etkili yakın fay yer hareketinin kablo destekli köprülerin dinamik davranışı üzerinde önemli etkilerinin olduğu çalışma sonucunda gözlemlenmiştir.

Yapılan literatür taraması sonucunda, yakın ve uzak fay hareketlerinin integral köprü uç ayakları ve diğer integral köprü elemanları üzerinde olan etkilerinin detaylı olarak incelendiği çalışmaların çok az sayıda olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışma ile yakın ve uzak fay hareketlerinin integral köprü kazıkları ve diğer yapısal elemanlar üzerindeki etkilerinin detaylı olarak araştırılması düşünülmüş ve ileride yapılacak integral köprü ile ilgili çalışmalara örnek teşkil etmesi düşünülmektedir. Bu amaçla, bu tez çalışması ile oluşturulan modelde uzak ve yakın fay etkisi dikkate alınarak dinamik analiz yapılmıştır. Çalışmada 13 adet İvme kayıtları

seçilmiş, maksimum yer ivmesi (PGA), maksimum yer hızı (PGV) ve fay hattına uzaklık gibi özellikler dikkate alınmıştır. Yakın fay ve uzak fay etkisinde kullanılan depremlerde maksimum ivme değerinin 0,05 g değerinden 1,5 g aralığına kadar 0,05 g'lik artımla ölçeklendirilmiştir. Dinamik analiz sonucunda elde edilen şekil değiştirme, yer değiştirme, maksimum ve minimum gerilmelerin değer ve grafikleri yakın fay etkisi üzerinde oluşturulacak çalışmalar ile sonuçlar irdelenmeye çalışılmıştır. 5.Bölümde dinamik analizi yapılan köprü modelinin yükseklik boyunca ayaklarda meydana gelen deformasyonlar grafikler ile oluşturularak irdelenmiştir.





BÖLÜM 3

3. KÖPRÜ MODELİNİN 3 BOYUTLU OLARAK OLUŞTURULMASI VE ANSYS PROGRAMI İLE MODELLENMESİ

3.1 SOLİDWORKS PROGRAMI İLE KÖPRÜ TASARIMI

SolidWork yenilikçi Windows için tasarlanmış kullanımı kolay 3 boyutlu tasarım programıdır. SolidWorks her türlü ürün tasarımında tasarımcıya kolaylıklar sunarak sisteme uygun şekilde tasarım yapmasını sağlar (URL-1).

SolidWork çalışma prensibinde parasolid mantığıyla tasarım aşamasında sisteme müdahale hakkı tanıyarak, modelin mevcut özelliklerini, ayrıntıların ve ölçülerin tasarıma uygun istenildiği şekilde değiştirilmesini sağlar, çok küçük zaman dilimlerinde teknik ayrıntıların oluşturulması ve montaj yapılmasını sağlar. tasarım ağacı (FEATURE TREE) kullanılarak yapılan işlemlerle işlemleri sıralarını ve yapılarını değiştirebilme imkan tanır, öyle ki yapılan işlemlerle oluşturulan teknik resim ve montaj sistemde otomatik olarak güncelleştir böylelikle kullanıcıya teknik resimde veya montaj aşamasında sisteme müdahale etme hakkını tanır (URL-1).

SOLİDWORKS'te akıllı montaj (SMART MATE) isimli uygulama ile hızlı montajlama hizmetini sunar. Bu ve bunun yanı sıra tasarımı yapılan katı objeler tasarımda kullanılarak yırtma, şekillendirme ve kesme gibi kolaylık sağlayan işlemler oluşturulabilmektedir, yapılan çalışmalar VRML, VEDİA, STL, SAT (ACIS), DWG, DXF, parasolid dosyalarından transfer ya da bu formatla kaydedilebilmektedir (URL-1).

Köprü modelinin SOLİDWORKS'te tamamladıktan sonra yapılan işlem dosya uzantısı parasolid dosyası olarak kaydedilir. Bu dosya ANSYS programında çalıştırılması ile çalışmaya hazır hale getirilir. Böylece kütleli elemanlarını parçalara ayırılarak sonlu elemanlar yöntemi ile çözülmesi için hazır hale getirilinceye kadar ANSYS'te çalışmaya devam edilir. SOLİDWORKS programının kullanılmasının asıl amacı normal şartlarda

ANSYS klasik ile bu işlemi tamamlamak amacıyla her bir eleman için düğüm noktaları oluşturulması ile daha sonra bunların şekillere göre eleman haline getirilmesi ile çalışmaya devam edilir, ama SOLIDWORKS programı ile bu basamaklar geçilerek direk olarak kütleli elemanların oluşturulması yani köprü modeline ait parçalar oluşturulur.

3.2 ANSYS PROGRAMI GENEL ÖZELLİKLERİ

ANSYS sistem olarak sonlu elemanlar mantığıyla çalışan iyi tasarım programıdır. Fiziksel problemlerin sorunların giderilmesinde kullanılır. Problemlere bakıldığında statik, dinamik, yapısal analizler veya lineer olmayan akış problemleri ve ısı transferi ile elektromanyetik, akustik problemleri oluşturmaktadır. Genel olarak ANSYS'te analizler 3 kademede yapılmaktadır bunlar ön işlemci(PREP7) ve son aşamada genel son işlemci(POST1) olarak son bulmaktadır (Taşkın 2006).

ANSYS'te oluşturulan simülasyonlar da analizi yapılan modelin meydana getiren maddelerin özelliği oldukça büyük önem gösterir, programda hazırlanan 3D modeli ile modelin gerçekte kullanılan madde özellikleri ile birbirine yakın özellikler ortaya çıkmasına olanak tanır. Tasarımda kullanılan maddelerin sahip oldukları izotropik ve ortotropik esneklik, hiperelastisite, plastiklik, doğrusal elastikiyet, süneklik ve viskoplastisite gibi malzemenin içerisinde barındırdığı özellikler model oluşturmadan öncesinde doğrudan belirlenebilir, ayrıca malzeme özellikleri program içerisinde bulunan malzeme kataloglarından da hazır şekilde alınabilirler (URL-2).

ANSYS programı birçok analizi yapabildiği gibi gerilim analizlerinin yanı sıra termal ve titreşim analizlerini de yapabilmektedirler, program ile yapılan titreşim analizleri oluşturulan modelin kullanım süresince karşılaşılabileceği titreşim etkilerinin sistemi üzerinde göstermiş olduğu etkileri bizlere sunmaktadır. Sismik etkiler doğal frekanslar gibi birçok etkide göz önünde bulundurulabilir. Kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon ile sistemde oluşan ısı geçişleri de ANSYS programı ile yapılabilir. Sıcaklıkla bağlı olarak kullanılan malzemelerin mukavemet değerlerinin sistemde otomatik olarak değiştirilmesi hesaplanarak mantıklı simülasyon sonuçları elde edilebilir (URL-2).

ANSYS programı çalışma mantığı incelendiğinde iki temel seviyeden meydana gelmektedir. Bunlardan ilki başlangıç seviyesi ikincisi ise işlem bir seviyesidir programında çalışmaya

başladığında başlangıç seviyesinde başlanılır. Başlangıç seviyesinde ANSYS işlemcilerine herhangi bir giriş yapılabilmektedir. Bu işlemci ile belirli amaçlarının yerine getirilmek suretiyle meydana gelen fonksiyon ve programlar topluluğudur. İlk aşama olan başlangıç seviyesinde veri tabanı temizleme bilmekte ya da farklı bir dosyanın atama işlemesi gerçekleştirilmektedir. Sistemde kullanılan üç işlemci tipi bulunmaktadır. Bunlar Ön işlemci (PREP7), İşlemci(SOLUTION), Genel son işlemci(POST1) dir.

Bir modeli meydana getirmek için olması gereken komutları içermektedir. Bunlar kullanılan elemanların türlerini ve özelliklerin tanımlanması, kullanılan elemanların gerçek parametrelerin tanımlanması, kullanılan elemanların özelliklerin tanımlanması ve oluşturulan modelin geometrisini meydana getirilmesidir. Modelin ANSYS sistemine tanımlanması ile oluşturulan model sonlu elemanlar mantığı ile küçük parçacıkları ayrılması ile tamamlanır.

3.3 SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DİNAMİK ANALİZ YÖNTEMLERİNİN FORMÜLASYONU

3.3.1 Giriş

Mühendislik problemlerini çözmek için matematiksel formüller çoğu zaman yeterli gelmemektedir, fakat karmaşık bazı problemler için yakınsak ama yeterli sonuç veren sayısal çözümler vardır. İncelendiğinde bu yöntemlerin birçoğunda çözüm düğüm noktaları olarak isimlendirilen belirli referans noktaları ile elde edilmektedir (Arıkan 2005).

Bu gibi mevcut durumlara örnek olarak kolonların ve kirişlerin kesiştiği düğüm noktalarını gösterebiliriz. Fakat süreklilik isteyen yapılarda (plak, baraj vb.) Sistemsel iskeletin olmadığı düğüm noktaları kolay bir şekilde ortaya konulmaz. Bununla karşılaştığında düzlem elemanlar bir ağ sistemi oluşturularak düğüm noktalarını meydana getirilmesi ile yapı sistemsel olarak elemanlara bölünür, kısacası sistem yani yapı parça parça olarak analiz edilip derlenmesi ile gerçekleştirilir ve böylelikle tüm sistemin davranışı hakkında bilgi edinilmiş olur (Arıkan 2005).

3.3.2 Yöntemin Genel Tanımı

Sonlu elemanlar yönteminde yapı çözümlemesini tamamlamak üzere sistem sonlu sayıda parçalara bölünmektedir. Oluşan bu parçalara eleman ismi verilir oluşturulan elemanlar sonsuz sayıda ve noktalar ile birbirine bağlanırlar, bunlara ise düğüm noktaları ismi verilmektedir her bir düğüm noktasını istenen özellikte belirli serbestlik dereceleri tayin edilir. Elemanın tepkisi atanan bu serbestlik dereceleri ile matematiksel denklemler oluşturularak ifade edilir, kısacası düğüm noktaları ile elemanların sınır yüzeylelerinde matematiksel bir modelleme elde edilir. Oluşturulan bu modeli ise sonlu eleman modeli denir sistemin sonlu elemanlara bölünmesinde farklı teknikler kullanılmaktadır. Kullanılan teknikler oluşturulan sistemi masrafına ve hassasiyetine dikkat edilerek seçilir, oluşturulan sistem ne kadar daha fazla eleman olursa ortaya çıkan sistemde sonuç o kadar doğru bir netice ortaya koymaktadır. Öyle ki aynı zamanda yapının masrafı da artar ondan dolayı gerilmeleri sık olduğu yerlerde daha fazla eleman kullanmayı tercih etmek gereklidir. Diğer taraflarda ise sistemde boyut olarak büyük elemanlara olanak verilmesi daha doğrudur (Arıkan 2005).

Sonu elemanların tercih edilme sebeplerine bakıldığında şekillerin ve oluşturulan boyutların esnekliği nedeniyle yapıyı özgü biçimde ortaya koyar, daha doğrusu spesifik bir biçimde daha güvenilirdir. Elemanlar üzerinde sınır şartları kolaylıkla ortaya konulabilir, farklı geometrik şekle sahip yapılar ve değişik malzemelerle oluşturulmasına rağmen farklı bir zorlukla karşı karşılaşmaz. Oluşturulan yapıda kullanılan malzemeleri özellikleri rahatlıkla değerlendirilebilir, yöntemin rahat kullanılabilmesi çok değişken olması ile ulaşılması güç yapılarda sürekli geniş ortam alanı ile farklı problemlerde neden-sonuç olaylarını hesaplamak amacıyla kullanılabilir. Farklı değişken yapıda olan sistemler rahatlıkla incelenebilir, neden sonuç ilişkisi ile sistem oluşturulan ve birbirine bağlanan modellerde yenileştirilmiş kuvvetler ve yer değiştirmeler cinsinden etkileşimi sağlanır, etkileri değerlendirildiğinde sonlu elemanlar bu ve bunun gibi özellikleriyle problemin anlaşılması ve sistemin kolaylık ve analiz edilmesini sağlar (Arıkan 2005).

3.3.3 Genel Yöntem Tanımı

Tasarım olarak ortaya konulan 2 boyutlu veya 3 boyutlu bir sistemin oluşturulduktan sonra elemanların meydana getirilmesi gereklidir, akabinde bunların hepsinin birleştirilmesiyle sonlu elemanlara ayrılmış cismin geometrisi meydana getirilir. Bu bağlamda sonlu elemanlar

modelinde düğüm noktalarını kuvvetler dengesiyle yer değiştirmelerini devamlılığı sağlanır (Arıkan 2005).

$$[K].\{U\}=\{F\} \quad (1.1)$$

matris denklemini elde edilir. Burada;

[K] : Cismin sistem rijitlik matrisi

{U} : Düğüm noktalarının yer değiştirme vektörü

{F} : Dış kuvvet vektörü' dür.

Oluşturulan cismi etkileyen dış kuvvetler ve sınır şartı tanımlanan denklemler çözülerek düğüm noktalarındaki yer değiştirmeler elde edilir. Elde edilen yer değiştirmelere ulaşılması ile gerilmeler hesaplanabilir. Yapıda sonlu elemanlar metodu ile bir sistemi ya da problemi çözmek istiyorsak sırası ile şu işlemleri yapmanız gerekmektedir; öncelikle oluşturulan modelin sonlu elemanlar modelinin meydana getirilmesi gerekmektedir, daha sonrasında yapıyı temsil eden ya da temsil ettiği düşünülen elemanlarının her birinin rijitlik matrisi ve diğer özelliklerinin meydana getirilmesi gerekmektedir, bu aşamaları geçtikten sonra rijitlik matrisi ve dış yükler ve ürünün oluşturulması gerekmektedir. Yer değiştirmeleri elde etmek için daha önceden belirlenen sınır şartları ile $[K].\{U\}=\{F\}$ denkleminin çözülmesi gerekmektedir. Son olarak hesaplanan düğüm noktaları ve yer değiştirmeleri den elemanların gerilmelerinin hesaplanması ile yapılan işlem tamamlanır (Arıkan 2005).

3.3.4 Sonlu Elemanlar Yönteminin Kullanılmasının Avantajları ve Dezavantajları

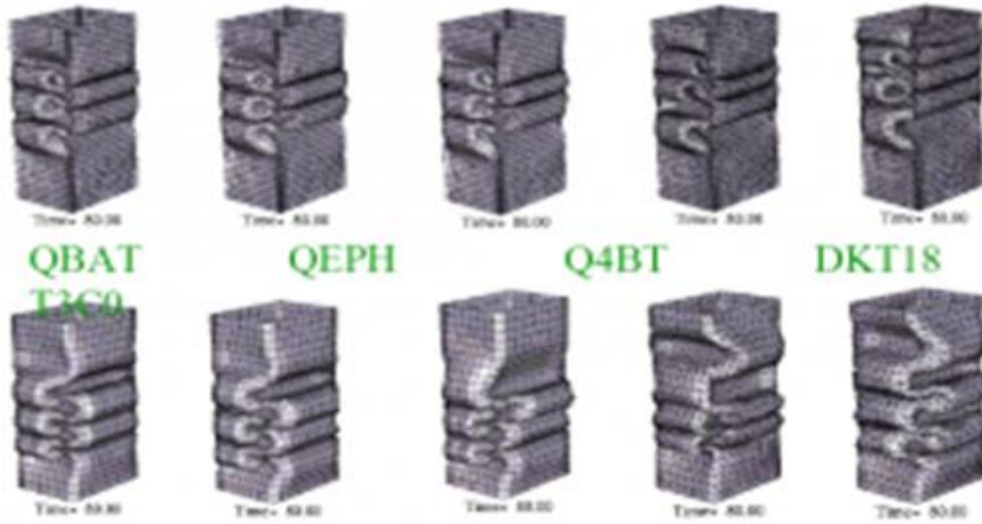
Sonlu elemanlar yöntemi faydalarına bakıldığında, öncelikli olarak bir konu hakkında düşünce esnekliği sağlar, oluşturulan model mühendislik veya matematiksel bakış açısı ile değerlendirilebilir. Sonlu elemanlar yöntemi uygulamada verimli olarak ortaya çıkabilmekte ve oluşabilen her türlü durum hassasiyetle kontrol edilebilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi her zaman belirli şartlar üzerinde kullanılacak yöntemi olmasının yanı sıra geometrisinin bozuk ya da karmaşık sistemler içinde farklı sınır şartlarının probleme dâhil edilmesiyle bu sistemin çözümüne imkân tanır, diğer sistemler gibi sonlu elemanlar yöntemi de bir araç olarak bilgisayar zorunlu kılmaktadır (Arıkan 2005).

Sonlu elemanlar yönteminin avantajlarına bakıldığında; sonlu elemanlar yöntemi teoride ortaya konulan sistemin verdiği sonuçlar her zaman doğrudur ve oluşturulan sistemde malzemelerin parametrelerini bilgisayara yüklenmesinde yapılacak yanlışlar ortaya çıkan sonuçlara da etki etmektedir. Sonlu elemanlar yönteminde daha gerçekçi ve kesin sonuçlar elde etmek için çoğunlukla küçük boyutlu elemanlar tercih edilmelidir. Eleman boyutlarının istenilen oranda küçülmesi daha fazla bilgisayar hafızasını gerektirmektedir; bu durumda ekonomik dezavantajını uygulama aşamasında ortaya koymaktadır(Arıkan 2005).

Günümüz şartlarında incelendiğinde sonlu elemanlar yöntemi mühendislik sistemleri içerisinde tasarımında, yapılmasında ve uygulamaya konulmasından insanlara büyük hizmetler sunmaktadır. Örnek vermek gerekirse bugün bir motor üretilmesinde gerek maliyet ve işçilik gibi unsurlar göz önüne getirildiğinde gerekli tasarım ve kontroller yapılmadan uygulamaya geçilmesi her zaman yanlış olacaktır. Sonlu elemanlar yöntemi ile model üzerinde istediğimiz kadar test yapabiliriz böylelikle zamandan işçilikten kar elde edebiliriz (Arıkan 2005).

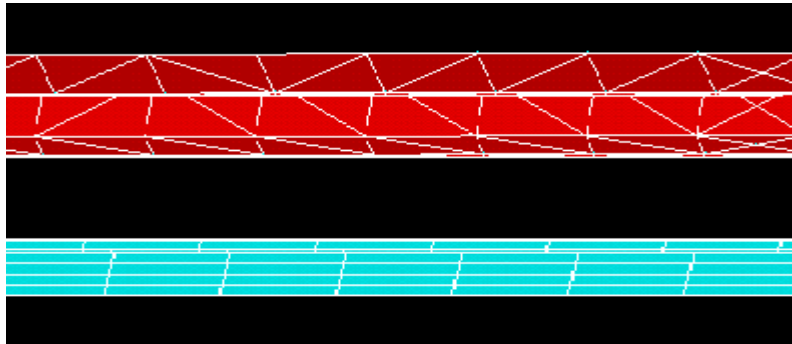
3.4 SONLU ELEMAN MODELİ (AĞ) İŞLEMLERİ

Fiziksel bir tanım aralığını istenilen şekilde daha küçük tanım aralıkları oluşturma işlemi ne ağıl üretimi olarak isimlendirilmektedir. Onunla yapılmak istenen diferansiyel bir denklemin çözümünü basitleştirmektedir. Sonlu elemanlar sisteminin kullanılması ile ortaya çıkan sonuçların doğruluğu ağ içerisinde oluşturulan eleman tipine ve eleman sayısına göre değişkenlik gösterir. Buna örnek olarak şekil 3.1 deki çarpışma analizinde kullanılmakta olan bir profilin aynı analize farklı elemanlara ayrılma tipleriyle ve boyutlarındaki sonuçlar görülmektedir (URL-4).



Şekil 3.1 Ağ yapıları ve eleman tiplerinin karşılaştırılması (URL-4).

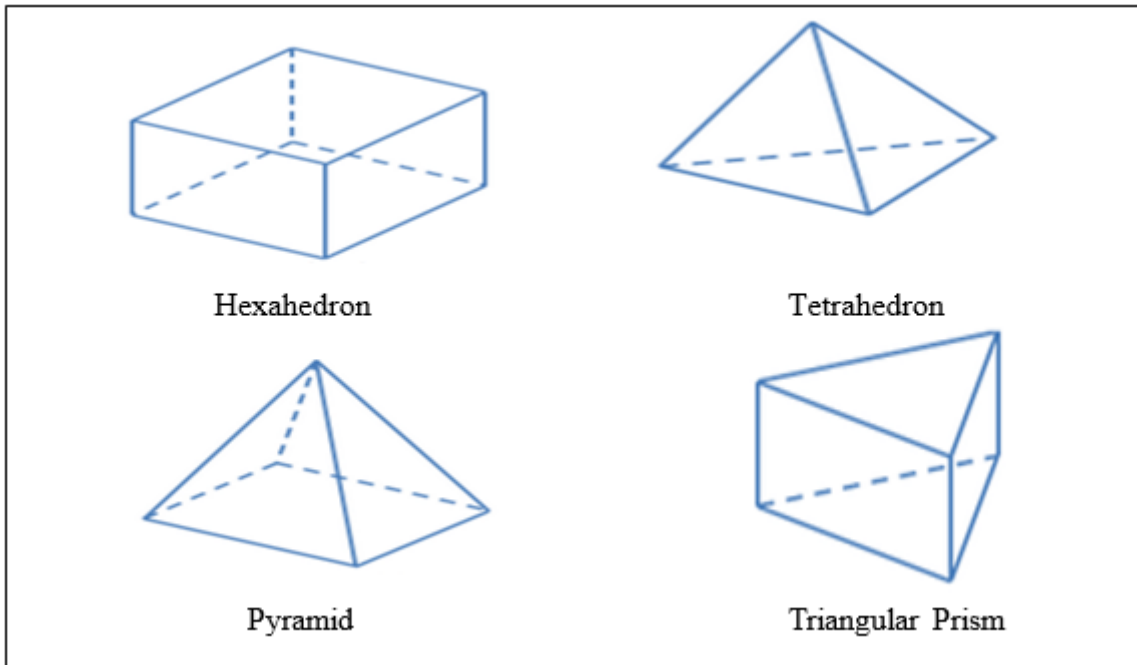
Şekil 3.1' de de görüldüğü üzere oluşturulan bir yapı sisteminde farklı eleman tipleri ve oluşturan elemanların boyutları analiz sonuçlarını değiştirmektedir. Eşit serbestlik derecesine sahip üçgen ve dörtgen elemanlar dörtgen ve altıgen olarak oluşturulan elemanlara göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Modellemede altıgen şekilli elemanların tercih edilmesi eleman sayısını istenilen biçimde aşağı çeker, eleman sayısının azalması ile analiz zamanı ve akabinde analiz sonrasındaki yapılacak işlemler azalır. Lineer olmayan sistemler ve elemanların gösterilişinin önem verildiği tasarımlarda altıgen ve dörtgen şekilli elemanların kullanımı daha kabul görmektedir. Bu sonuçtan yola çıkılarak projede dörtgen ve altıgen elemanlar tercih edilmiştir. Çarpışma analizlerinde aslında modelin dörtgen ya da altıgen mi kullanılmasının yanı sıra niye etki eden faktör elemanların model üzerindeki sıralanışıdır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçların gerçeğe daha yakın bir biçimde elde edilebilmesi için ortogonal diziliş seçilmelidir. Örnek şekil 3.2'de ortogonal dizilişin önemi gözlenmektedir (URL-4).



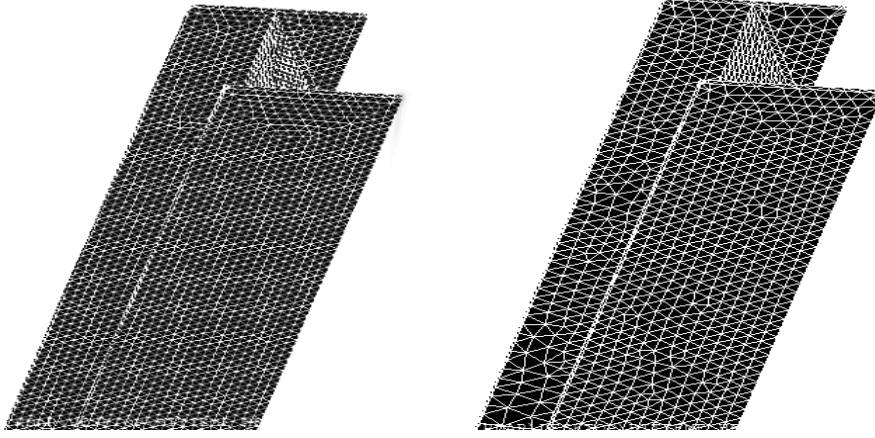
Şekil 3.2 Farklı ağ yapılarının kazıklarda görünümü.

Sonlu elemanlar sistemi gerçeğe yakınsak çözüm üreten bir sistemdir. Eleman sayılarını değiştirilmesiyle buna bağlı olarak eleman tipi ağ üretim yönetimi üzerinde manuel olarak sistemlerin değiştirilmesi ile çözümler tekrarlanabilir, bu aşamaların geçilmesi ile ortaya çıkan sonuçlar da da farklar gözlenebilmektedir (URL-4).

Ağ üretimi için daha çok aşağıdan yukarıya yönlü bir yaklaşım tercih edilmektedir. Sırasıyla eğriler ve yüzeyler ve son aşamasında hacimler olarak sistem parçalara bölünür. Yapılan bu işlem ile oluşturulacak üretim işlerini önceki yapılan ağ üretme işlemini ilk aşama olarak kabul eder. Diğer bir tabirle en önce düğümler geometrideki tüm noktalara yerleştirilir. Bu düğümler geometri eğriler boyunca ilişkilendirilir. Eğri ağ işleminin ortaya çıkmasıyla yüzeysel ağ üretmek için girdi oluşturulur. Bu kısım da eğriler kümesi kapalı yüzey kümeleri olarak tanımlanır. Görsel olarak daha uygun şekilli üçgen ya da altıgenlere dönüştürmek üzere ağ üretme işleminin diğer bir aşamasıdır. Yapılan işlemler son olarak geometrik bir kısım olarak hacimsel bir model gerekliyse, kapalı bir hacmi tanımlayan ve ağ işlemi yapılmış bir alanlar kümesi altıgen dörtgen ya da karışık elemanların sistemde otomatik olarak meydana gelmesi için hacimsel ağ üretici algoritmaya çıktı olarak tanımlanmaktadır (URL-4).



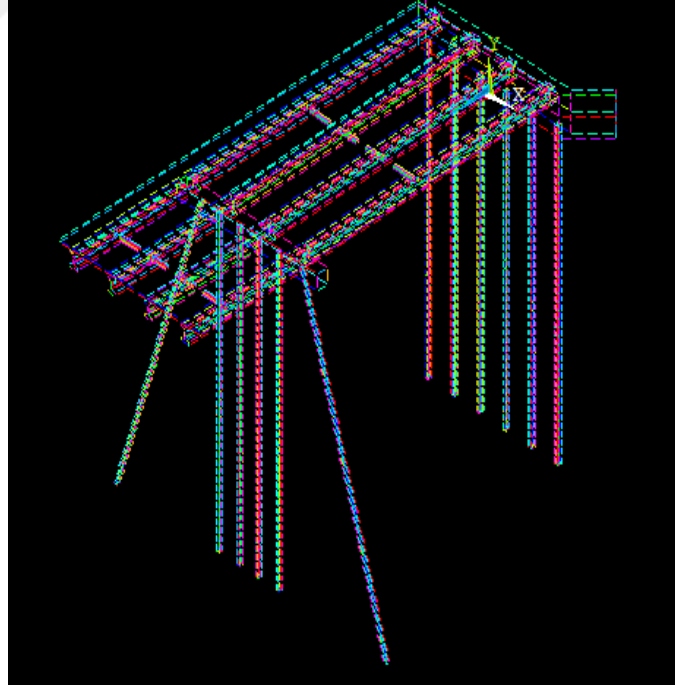
Şekil 3.3 Ağ tiplerinin uygulanma geometrileri (URL-4).



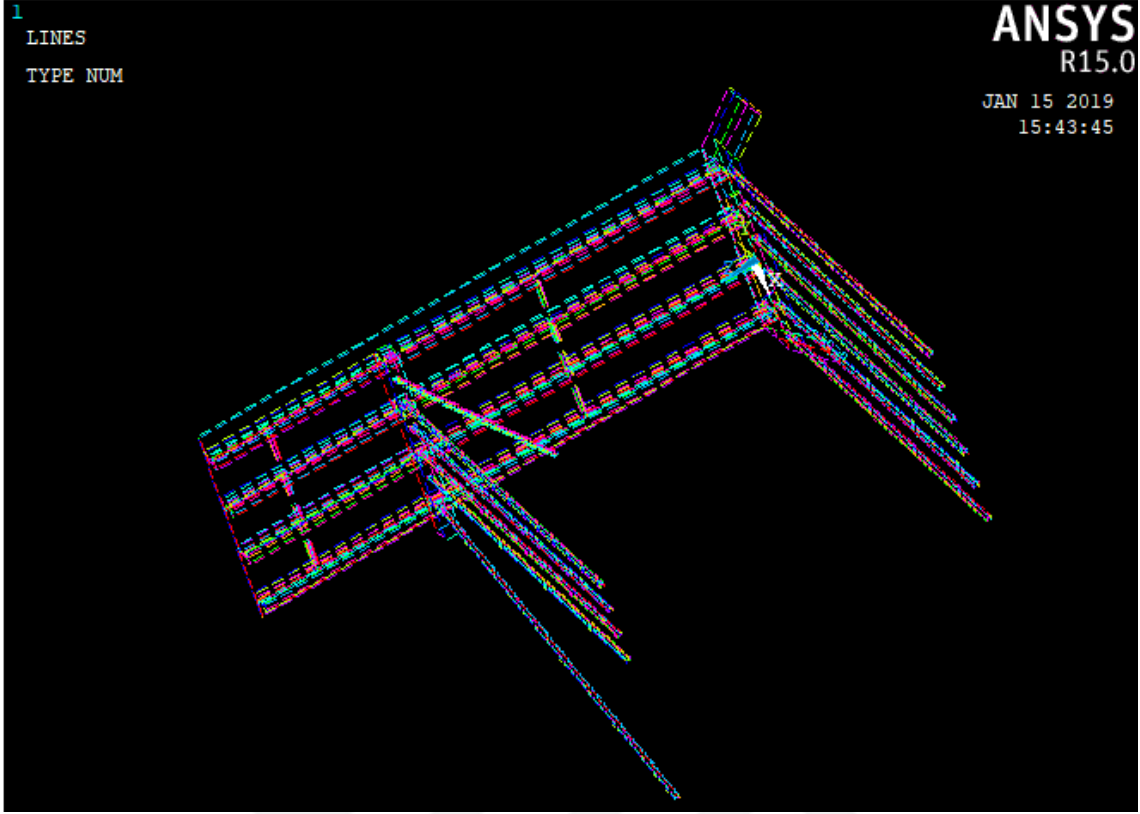
Şekil 3.4 Sıkı ve gevşek ağın H tipi Çelik kazıkta görünüşü (URL-4).

3.5 ÇİZGİLERİN PARÇALARA AYRILMA İŞLEMİ (MESH)

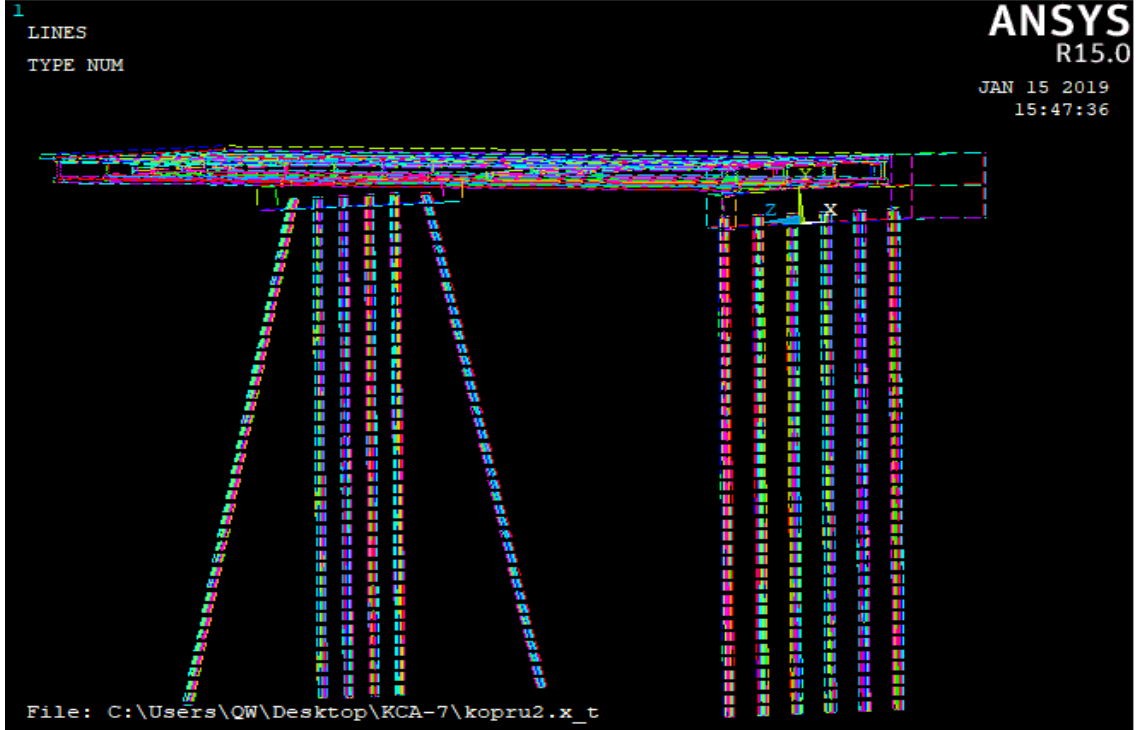
Köprünün elemanları ağ komutu ile seçilerek çizgiler parçalara ayrılır. Böylece çizgi ağı işlemi tamamlanmış olunur. Çizgilerin parçalara ayrılmasının amacı köprü elemanlarının kaç parçaya ayrılacağını programa bildirmektir. Köprünün donatıları çıkarılarak 1/2' si üzerinde işlemler gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki şekillerde sırasıyla çizgi ağı yapılan elemanlar görülmektedir.



Şekil 3.5 Genel çizgi ağı işlemi.



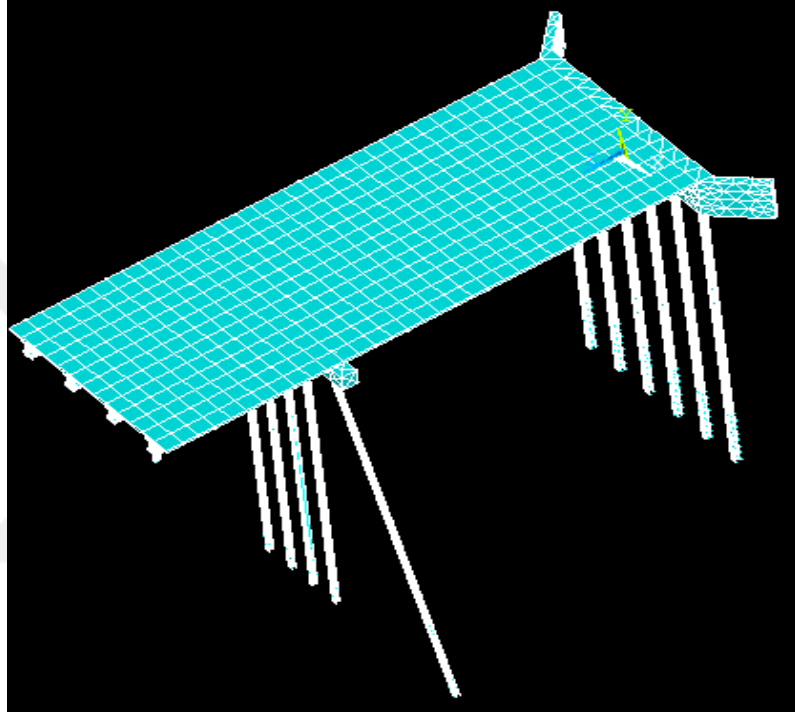
Şekil 3.6 Tabliye ve kiriş çizgi ağı.



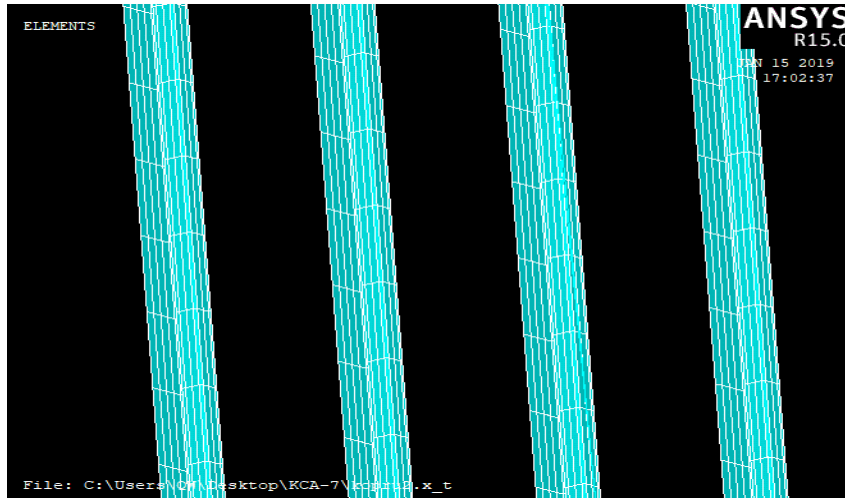
Şekil 3.7 Kazık çizgi ağı.

3.6 HACİM AĞI İŞLEMİ

Hacim ağı işlemi tamamlandıktan sonra hacimler daha önceden belirlenen çizgi ağlara göre elemanlara ayrılır. Bu elemanlar sayesinde program her bir elemanı ayrı ayrı çözer ve bunları birleştirerek çözümleri sunar. Şekil 3.8’ de tüm köprünün hacimlerinin parçalara ayrılma işlemi gerçekleştirildiği görülmektedir. Şekil 3.9’da ise kazıkların elemanlara bölünmüş hali gözlemlenmektedir.



Şekil 3.8 Hacim ağı tamamlanmış hali.



Şekil 3.9 Ayak kısmında hacim ağı yakın görünümü.

3.7 MESNET ATAMALARI

ANSYS programında mesnet ‘‘D’’ komutu ile tanımlanır. Mesnetler sadece pim, rulo ve mekanik sistemlerin sabitlenmesi için değil, bunun yanında analizlerin diğer türleri olan voltaj ve sıcaklık gibi kavramlar için de tanımlanmaktadır. Şekil 3.10’ da mesnet şekil ve tepki kuvvetleri görülmektedir.

Mesnetler ve tepki kuvvetleri				
Tip	Konum ve Reaksiyonları	Bilinmeyenler	Moment	Dönüş
Kayıcı		$R_x=0$ $R_y \neq 0$ $R_y = R \cos \alpha$ $R_x = R \sin \alpha$	$M=0$	$\neq 0$
Sabit		$R_x \neq 0$ $R_y \neq 0$ $R_y = R \cos \alpha$ $R_x = R \sin \alpha$	$M=0$	
Ankastre		$R_x \neq 0$ $R_y \neq 0$	$M \neq 0$	$\neq 0$

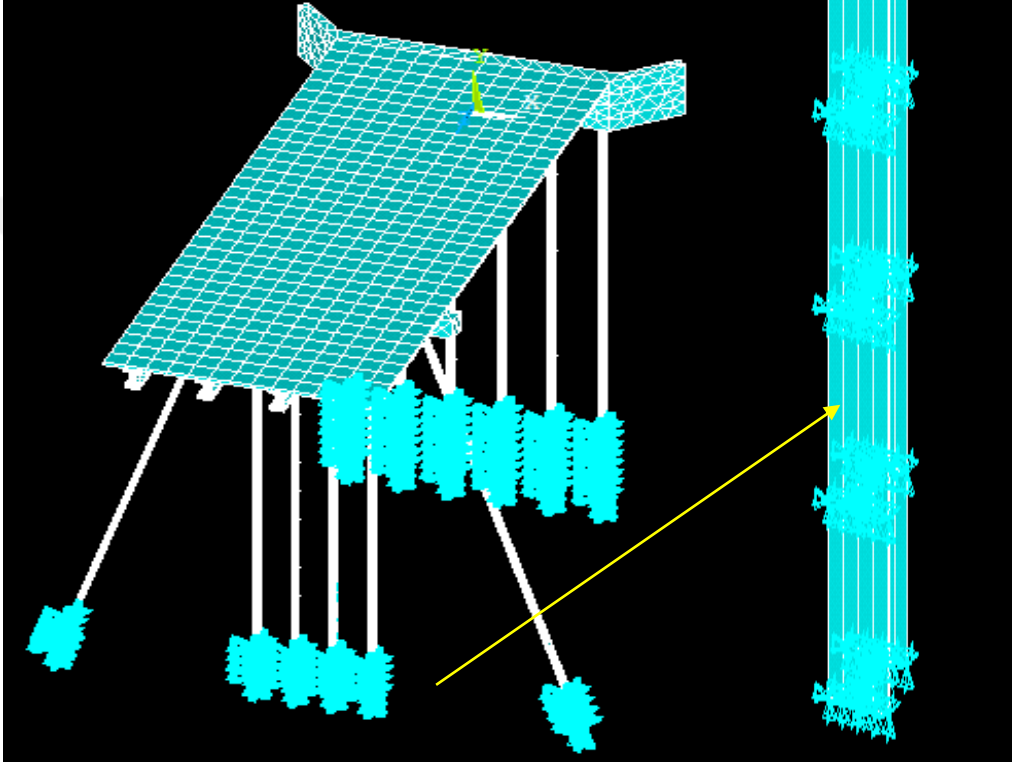
Şekil 3.10 Mesnet şekil ve tepki kuvvetleri.

Mesnet tipleri:

Mesnet atanacak kısımlar için yazılması gerekenler:

- UX: X yönünde tutmak için
- UY: Y yönünde tutmak için
- UZ: Z yönünde tutmak için
- ROTX: X eksenini etrafında dönmesini engellemek için
- ROTY: Y eksenini etrafında dönmesini engellemek için
- ROTZ: Z eksenini etrafında dönmesini engellemek için
- ALL: Yukarıdaki altısının da tutulması için
- VOLT: Voltaj için
- TEMP: Sıcaklık için

Köprüde ayaklarda başlangıç noktası sıfır kabul edilerek X,Y,Z olmak üzere 3 eksende bir noktaya 3 farklı yeni koordinat ile sistemde tek bir düğüm noktasına 3 adet yönde de tutulmuştur. Bu şekilde yapılan işlem ile mesnet ataması yapılırken aynı zamanda her bir ayağın etrafı zemin özellikleri ve parametreler ile tutulu hale getirilmiştir. Şekil 3.11’de görüldüğü üzere tutulu olan kısımlar zemin içerisinde kalan kısımlar olarak kabul edilmiştir. Bu kısımlar aynı zamanda hem mesnet ataması gibi düşünülerek aynı zamanda içerisinde gömülü olduğu zeminin özellikleri de dikkate alınarak bu tanımlamalar yapılmıştır.



Şekil 3.11 #55555 Köprüsüne mesnet atanması.

!YENİ EKLENEN KORDİNATLAR İLK SIRA 1.AYAK

N,50216,-3.0473,	-21.948,	21.452
N,50217,-3.0473,	-21.948,	21.452
N,50218,-3.0473,	-21.948,	21.452

!X DOĞRULTUSUNDA SPRİNG

Type,74
Real,40
E,8903,50216

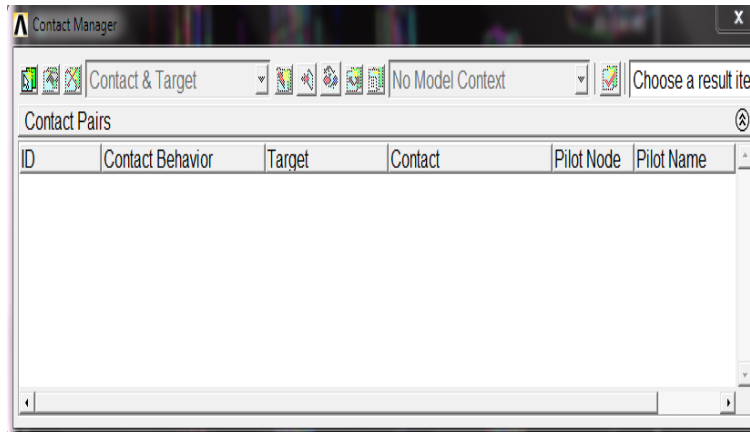
Şekil 3.12 #55555 Köprüsüne mesnet atanması.

Şekil 3.12’de de görüldüğü üzere bir düğüm noktasına üç farklı mesnet atama işlemini aynı noktaya 3 adet yeni düğüm noktası tanımlanarak ilk kaynak düğüm noktası kullanılarak X,Y,Z yönlerinde eleman oluşturma işlemi ile mesnet atama işlemi tamamlanmıştır.

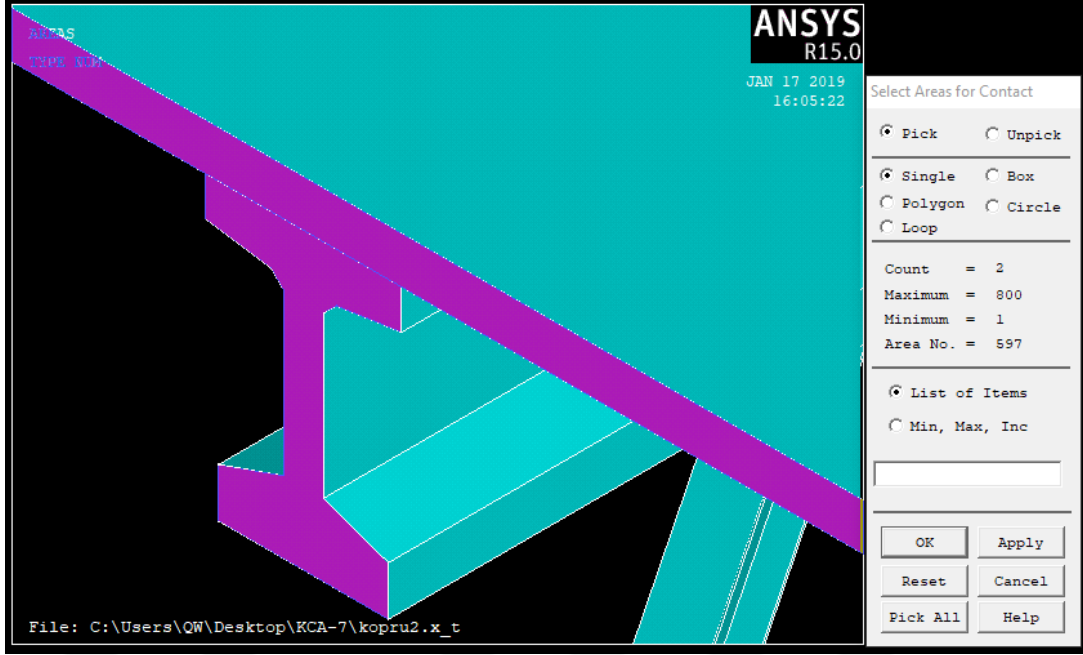
3.8 ETKİLEŞİM ELEMANLARININ TAMAMLANMASI

ANSYS’de kontak çeşitleri şunlardır; Standart Bağlantı elemanı, Rough, No Seperation, Bounded, No Seperation (always), Bounded (always), Bounded (intical contact) dir. Kontak işlemi ile tabliye kiriş dayanak ve kazık elemanların birbirine bağlanması sağlanır. Yani araya bağlayıcı elemanlar atanmıştır. Böylece elemanların birlikte çalışması sağlanmış olur. Tabliye ile dayanak arasına bounded (always) kontak atanır. Tabliye ile kiriş arasına ve kiriş ile dayanak arasına bounded (always) kontak atanmıştır. Kazıklara non seperation kontak atanmıştır. Bounded'ın standart kontakdan farkı bounded kontak standart kantağa göre daha tutucu bir bağlayıcıdır. Yük aktarımı tabliyeden kirişlere, kirişlerden dayanağa, dayanaktan kazıklara olacak şekildedir. Hedef olarak yükün aktarıldığı kontak olarak yükü aktaran eleman seçilerek kontaklar yapılır.

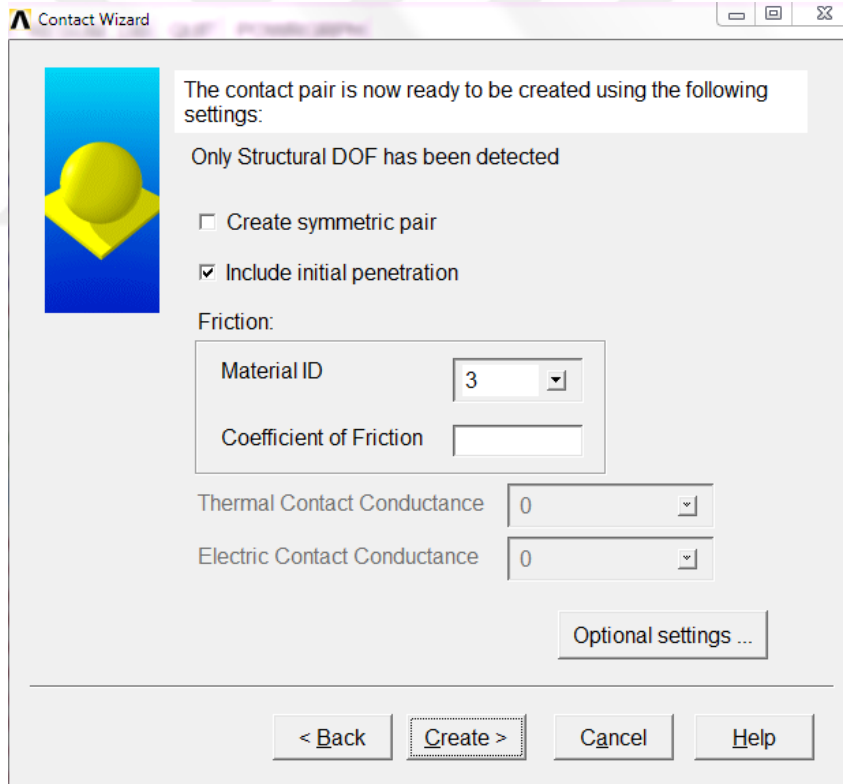
Contact Eleman için Preprocessor Menu --> Modelling --> Create-->Contact Pair seçeneğini tıklayarak karşımıza çıkan komut sekmelerinden öncelikle Pick Target ve daha sonra Pick Contact sekmelerini kullanarak hedef olarak etkileşimde olduğu düşünülen yüzeyler ile bağlantı olarak ise temas eden yüzeyleri kullanarak bu etkileşim tamamlanır. Yapılan işlemlerde etkileşimde olan malzeme kısımları tamamlanarak, yapılan işlemler aynı mantık çerçevesinde Şekil 3.13’de olduğu gibi tüm etkileşim içerisindeki kısımlar için bu adımlar tekrarlanır.



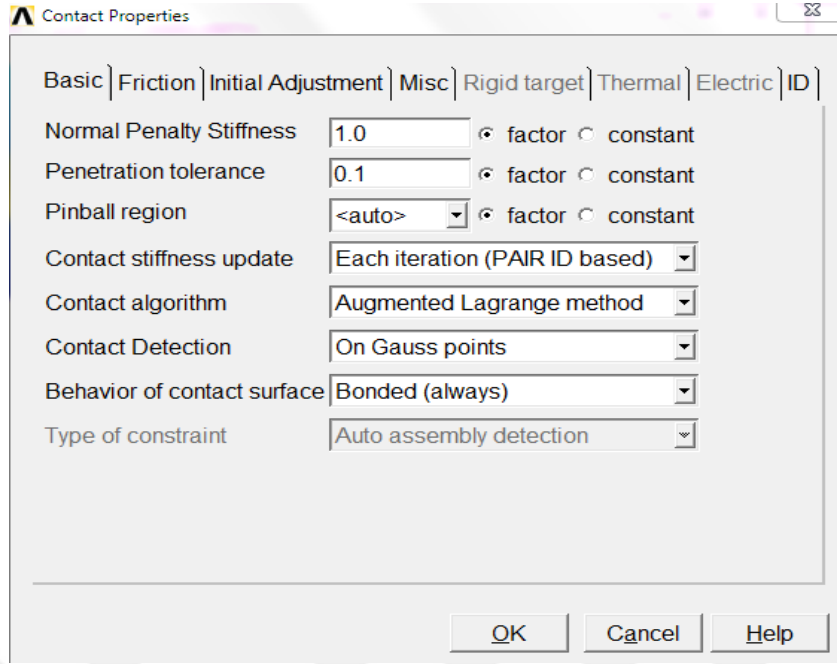
Şekil 3.13 Bağlantı elemanı işlemi.



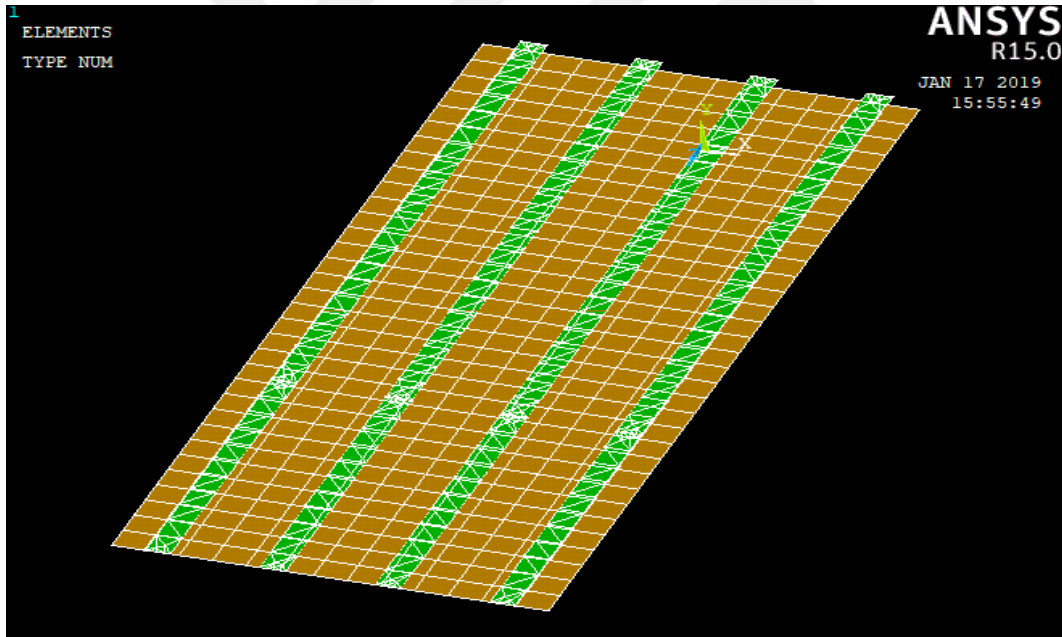
Şekil 3.14 Alan seçimi.



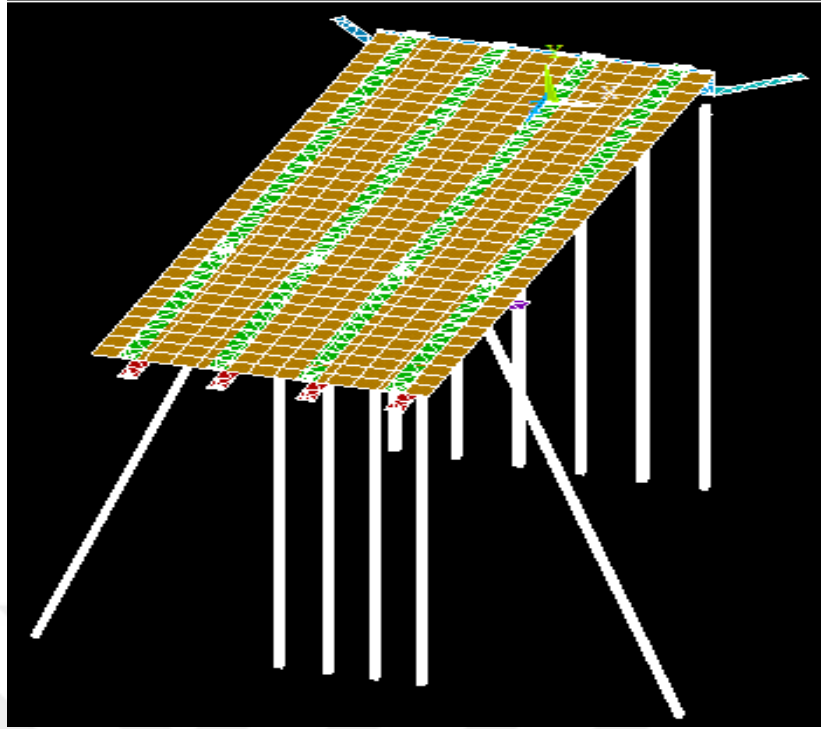
Şekil 3.15 Bağlantı elemanı oluşturma.



Şekil 3.16 Bağlantı elemanı tipi seçimi.



Şekil 3.17 Tabliye bağlantı elemanı.



Şekil 3.18 Etkileşim elemanlarının köprü üzerindeki görüntüsü.

3.9 MALZEME ÖZELLİKLERİ

Yapılan çalışmada elemanların sonlu elemanlar yöntemi ile parçalara ayrılması işlemi ile daha sonra kullanılan malzeme özellikleri tanımlanmıştır. Öngerme kirişler ve döşeme kısmı için beton'un malzeme özellikleri kullanılmıştır. Tasarım'a göre döşeme kısmındaki verilerin kullanılan betonun özelliklerine göre değerleri değişiklik göstermiştir. Kazıklar ise çeliğin malzeme özellikleri kullanılarak kullanılmıştır. Şekil 3.19'da malzeme parametreleri gösterilmektedir. Malzeme parametreleri sırası ile Elastisite Modülü, Poisson Oranı, Yoğunluk olarak sisteme işlenmiştir.

```

!Eleman Tipleri
ET,1,SOLID45
ET,2,SOLID45
ET,3,SOLID45

!Öngerme Kirişler
!Abutment-Döşeme
!Kazıklar

!Malzeme Özellikleri
!Öngerme Kirişler
MP,EX,1,3.0E7
MP,PRXY,1,0.2
MP,DENS,1,2.5

!Abutment-Döşeme
MP,EX,2,2.5E7
MP,PRXY,2,0.2
MP,DENS,2,2.5

!Kazıklar
MP,EX,3,210E6
MP,PRXY,3,0.3
MP,DENS,3,7.85

```

Şekil 3.19 Köprü modelinde kullanılan elemanların malzeme özellikleri.

Köprü modelinin zemin içerisinde gömülü olduğu kabul edilen Şekil 3.11'deki gibi yay ataması yapılan yere göre zemin içerisinde kaldığı kabul edilmiştir. Zemin içerisinde kalan kısmın yani çelik ayakların kireç taşı üzerinde sağlam zemin sayılabilecek değerlendirilmesi ile X,Y,Z gibi üç farklı doğrultuda kireç taşının özelliklerine sahip veriler kod dosyasında Şekil 3.20'deki gibi tanıtılmıştır.

```
!X DOĞRULTUSU  
ET,74,COMBIN14,,1, !yatay yay  
R,40,170000,, ,  
  
!Y DOGRULTUSUNDAKI  
ET,72,COMBIN14,,2, !Dusey yay  
R,38,580000,, ,  
  
!Z DOĞRULTUSU  
ET,70,COMBIN14,,3, !Dusey yay  
R,35,319000,, ,
```

Şekil 3.20 Köprü modelinde kullanılan yayların doğrultulara göre parametreleri.

BÖLÜM 4

4.DEPREMLER

4.1 YAKIN VE UZAK DEPREMLER

Analizlerde kullanılan yakın ve uzak istasyonlarda elde edilen deprem verileri kullanılmıştır. Yakın fay hareketleri fay kırığına daha yakın olarak elde edilen deprem kayıtlarıdır. Uzak fay ise sonuç olarak yakın fay tam olarak tersi yani fay kırığına daha uzak noktada elde edilen kayıtlardır. Yakın fay sonuç itibari ile daha fazla tekil vuruşlar içerdiği için yapılar için hasar verici olur. Yakın fay, fay kırığı kayma dalgasına eşit hızda yaklaştığında kısa süreli ve büyük genlikli hız olarak tanımlanmasına neden olur.

Üzerinde yaşadığımız yaşadığımız dünya bir saniyeden aylara kadar değişen periyotlarda ve nanometrelerden metrelere kadar farklılıklarla sürekli olarak titreşmektedir. Ortaya çıkan titreşimlerin büyük kısmı çok güçsüz olup hissedilemezler; spesifik olarak meydana getirilen cihazlar olmadan tespit yapılamazlar. Kuvvetli yer hareketi insanları ve yaşadıkları ortama etkileyebilecek güce sahip hareketler olarak tanımlanmaktadır. Deprem akabinde ortaya çıkan tesirini anlaşılabilmesi için kuvvetli yer hareketinin nesnel ve nicel olarak ortaya konulması gerekir. Meydana gelen hareketin bir noktadaki oluşan doğrusal hareketinin üç ortogonal bileşeninin değerleri ölçülür. Meydana gelen yer hareketinde iğnesi hızı yer değiştirmenin zamana bağlı olarak değişimi veri olarak istenilenleri karşılar. Ortaya çıkan sonuçlara bilimsel açıdan değerlendirmek üzere ve meydana gelen yeni hareketinin özelliklerini tanımlamak akabinde bunları meydana getiren iyi oluşturan bir sıra yeni hareketi parametrelerini değerlendirme gerektirir. Meydana gelen depremin bilimsel açıdan bakıldığında genlik frekans ses ve hareketin süresi 3 önemli özellik olarak değerlendirilmektedir (Kayabalı 2003).

Fayda meydana gelen yırtılmadan sonra ortaya çıkan enerjinin büyük kısmı gerilme dalgaları olarak meydana gelmektedir. Gerilme dalgaları depremin kaynağından uzaklaştıkça giderek artar ve içinden geçtikleri alanlarda çok az da olsa bir emilim gösterirler. Meydana gelen bir

deprem sırasında o fay'a yakın olan bir kısım ile o fay olan uzak olan bir kısımda ortaya çıkan sonuçlar birbirinden çok farklıdır. Faya uzaklığı 10 kilometre altında olan ve en büyük hız değerini ivme değerini oranının 0.1 den büyük olması durumunda kaydedilen yer hareketi yakın fay yer hareketi olarak kabul edilmektedir. Faya uzaklığı 10 kilometreden fazla olan ve çalışma sahasının uzağında aynı alıcıların depremleri kaydetmesi uzak fay olarak tanımlanmaktadır. Alıcının faya olan uzaklığını 10 kilometreden fazla olduğu durumlar uzak fay olarak isimlendirilmektedir, faya olan uzaklık bazı kaynaklarda 7.5 kilometre olarak da kabul görmektedir (Kayabalı 2003).

4.2 ANALİZDE KULLANILAN DEPREMLER VE BU DEPREMLERE AİT İVME-ZAMAN GRAFİĞİ

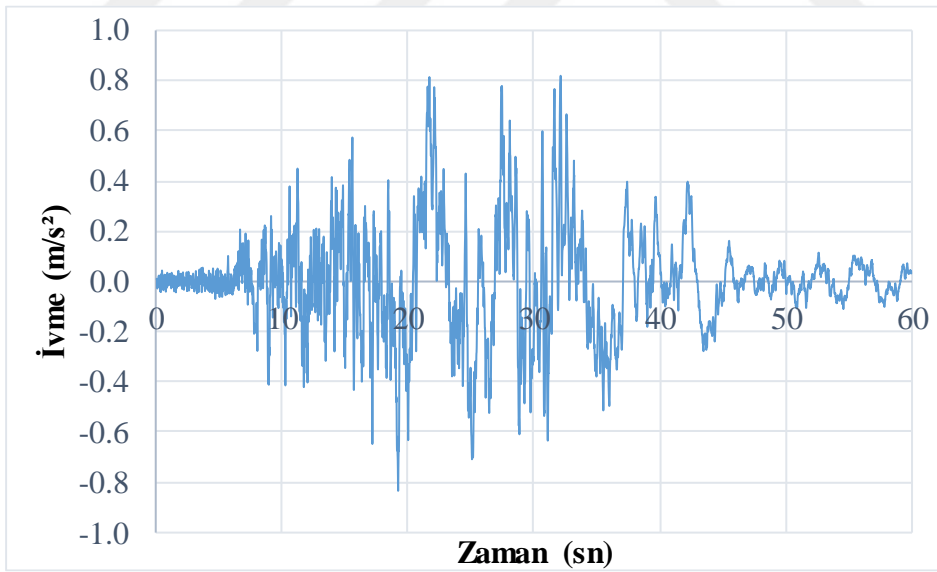
Köprü modeline etki ettilen 9 adet depreme ait özellikler, istasyon, mesafesi, yer hareket ivmesi, periyot hızı, periyotları ve kayıt süreleri Çizelge 4.1’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1 Dinamik Analizde Kullanılan depremler.

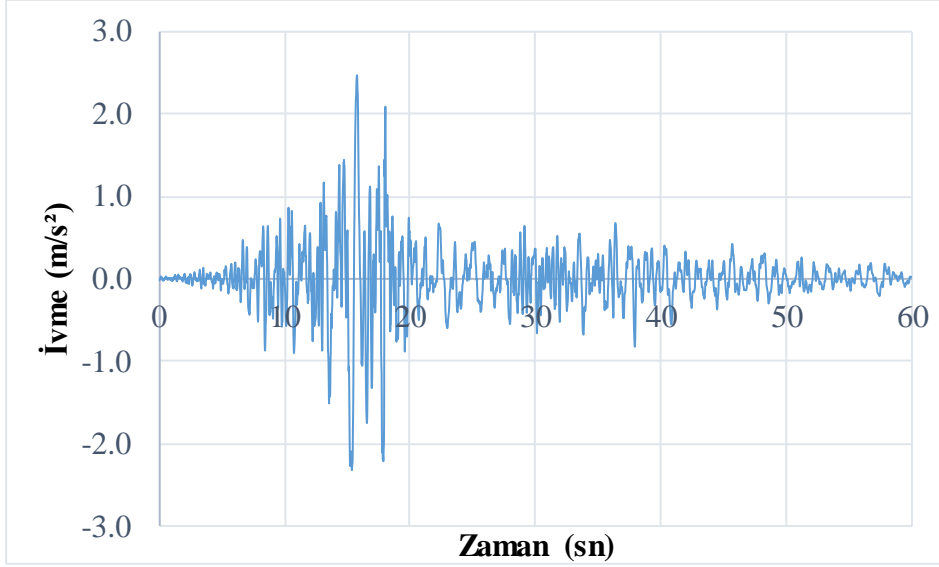
Deprem	İstasyon	Mesafesi (km)	A_p (g)	V_p (cm/s)	T_p (s)	sn
Loma Pr.1989	57007 Corralitos	5.1	0.48	45	0.7	16
Cape Mend. 1992	89156 Petrolia	9.5	0.66	90	0.7	22
Kobe 1995	KOBE/KJM000	0.6	0.82	81	0.9	25
Northrdg.1994	90056 Newhall - W. Pico Canyon Rd.	7.1	0.33	67	1.9	24
Superst. Hills, 1987	SUPERST/B- PTS225	0.7	0.45	112	2.2	22
Northrdg.1994	90056 Newhall - W. Pico Canyon Rd.	7.1	0.45	92.9	3.2	24
Chi-Chi, 1999	CHICHI/NSY-N	9.7	0.13	41.9	3.7	54
Imp.Val.1979	942 El Centro Array #6	1.0	0.21	51	3.9	36
Chi-Chi, 1999	CHICHI/TCU059-N	17.8	0.17	58.9	6.0	89

4.2.1 Chi-Chi Depremi

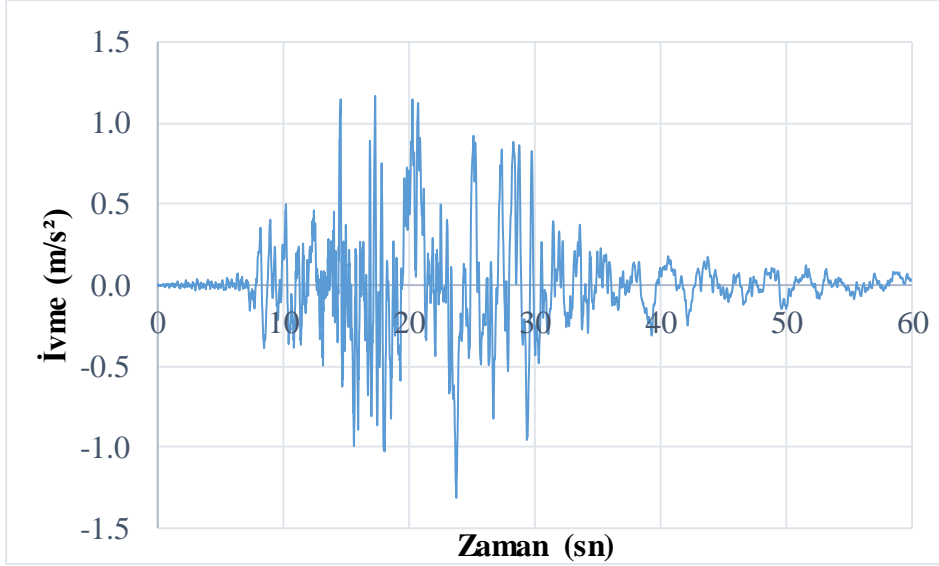
CHİ-CHİ Depremi 21 Eylül 1999'da yerel saat ile 01.47'de meydana gelmiştir. Tayvan'ın güneyinde yerin 150 km'altında 7.7 şiddetin de meydana gelen depremde 2400 kişi hayatını yitirdiği,100 binden fazla insanın evsiz kaldığı ve binlerce yapının zarar gördüğü bir deprem olarak kayıtlara geçmiştir. Depremde birçok yapı zarar görmesiyle beraber yapıların deprem karşısında gösterdikleri performans ile yapım aşamaları tartışılarak ülke ve deprem mühendisliği açısından acı bir deneyim elde edildi. Deprem sismolojik araştırma ve mühendislik tasarımı için gözlemler zenginlik sağladı; modern dijital sismograflar döneminde güçlü zemini sallayarak ve kabuk hareketinin kaydedilmesinde öncü olarak kabul edilir. CHİ-CHİ Depreminde 3 farklı yakın fay hattından elde edinilen kayıtlar kullanılmıştır. Tüm depremler 1999 yılında meydana gelmiştir. Depremler CHİ-CHİ 6.4, CHİ-CHİ 5.3 ve CHİ-CHİ 7.9 olarak üç adettir, 6.4 diye rakamsal olarak ifade edilenler depremlerin büyüklükleridir. Depremlerde süre olarak 60 sn olarak dikkate alınmıştır. CHİ-CHİ 6.4 depreminde 33'üncü saniyede, CHİ-CHİ 5.3 'te 15 ve son olarak CHİ-CHİ 7.9 'da ise 18'inci saniyede en büyük hasar verici etkiyi ortaya koymuştur.



Şekil 4.1 CHİ-CHİ 6.4 Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.



Şekil 4.2 CHI-CHI 5.3 Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.

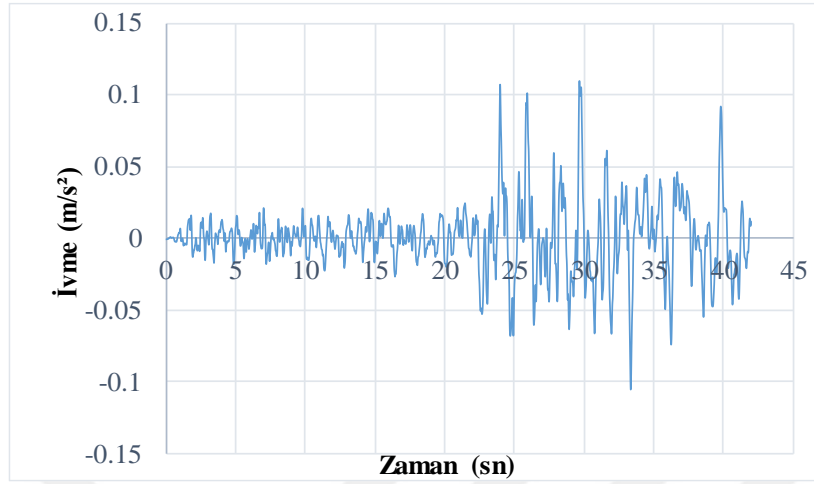


Şekil 4.3 CHI-CHI 7.9 Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.2 Borrego Depremi

Borrego depremi 1968'de gerçekleştiğinde, 16 yıl öncesinde Kern İlçesi depreminden bu yana Güney Kaliforniya'yı vuran en büyük ve en zarar verici deprem olmuştur. Las Vegas, Fresno ve hatta Yosemite Vadisi kadar uzakta hissedildi. Deprem Güney Kaliforniya'nın çoğunda hasara neden oldu, elektrik hatları San Diego County'de kesildi, Los Angeles'ta ve Queen Mary'de Long Beach'te 5 dakika boyunca yapılarda sallanma devam etti. İmparatorluk Vadisi'nin çeşitli yerlerinde birkaç yapı çöktü. Deprem merkezindeki deprem, toprak kaymalarına, neden oldu. Genel fay hattı boyunca kırılmalara sebep oldu. Deprem büyüklük

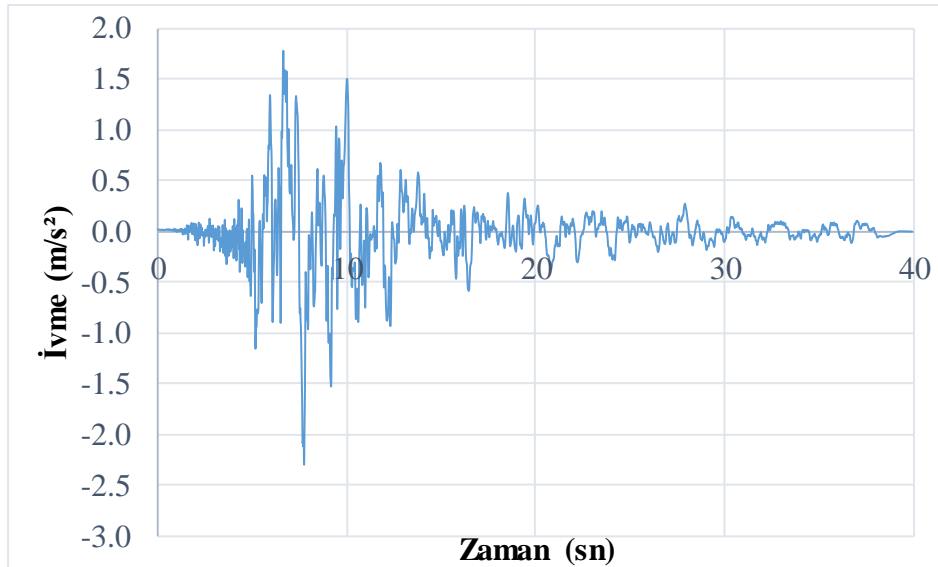
olarak 6.5 olarak ölçülmüştür. Yerin yaklaşık olarak 20 km altında meydana gelmiştir. Deprem ivme-zaman grafiğinde en büyük etkiyi 30'uncu saniyede göstermiştir.



Şekil 4.4 BORREGO Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.3 Im.Valley Depremi

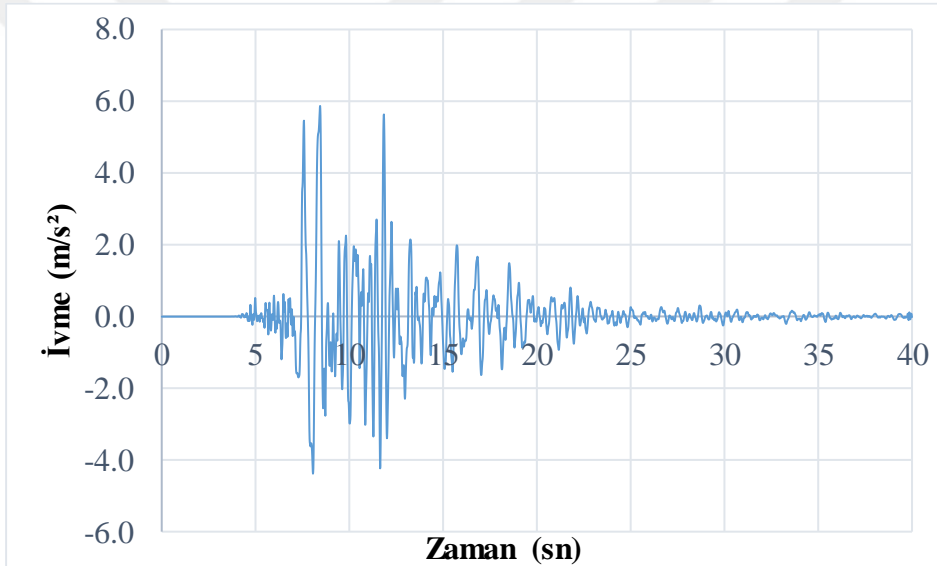
15 Ekim 1979'da, son çeyrek yüzyılda Kaliforniya'daki en büyük deprem olarak kayıtlara geçti. Amerika Birleşik Devletleri ve Meksika arasındaki uluslararası sınırın yakınındaki yakın fayda meydana geldi. Deprem Richter ölçeğinde 6,6 olarak ölçüldü ve Las Vegas, Nevada'dan kuzey Meksika'ya kadar hissedildi. Dört fay zonundaki yüzey hareketi depreme eşlik etti ve yaklaşık 30 milyon dolarlık hasara yol açtı. Deprem en yıkıcı etkiyi 6'ncı saniye ortaya çıkarmıştır.



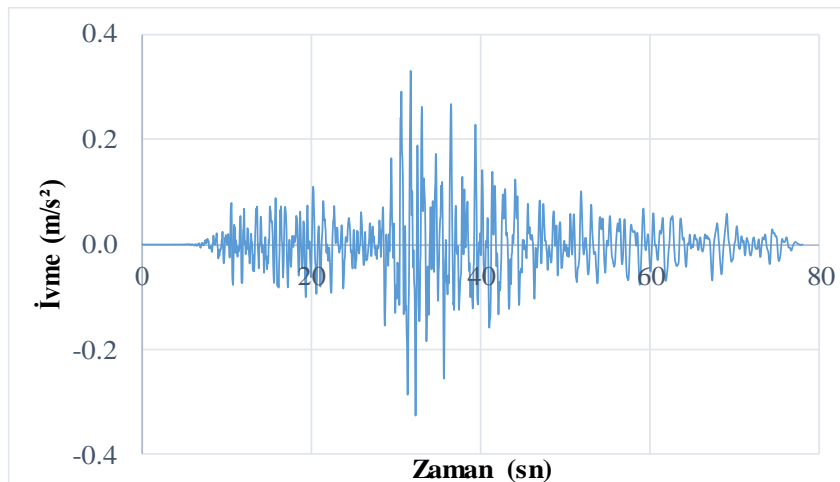
Şekil 4.5 Im Valley Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.4 Kobe Depremi

Kobe depremi 17 Ocak 1995 Japonya da meydana gelmiştir. Halk arasında büyük Hanshin depremi olarak ta bilinmektedir. Richter ölçeğine göre 6.9 büyüklüğünde meydana gerçekleşmiştir. Yerin 17.6 km altında meydana gelen deprem Japonya tarihinde gerçekleşmiş en büyük depremlerden biri olarak yerini almıştır. Kobe depremi ile ilk defa dünya tarihinde gökdelenlerin yıkım ortaya çıkmıştır. Japonya'ya 200 Milyar dolarlık bir etkisi olmuş ve daha önemlisi 6434 kişininin yaşamını yitirmesine sebep olmuştur. Japonya tarih boyunca 1923'te olan Kanto depremi ile sürekli meydana gelen depremler ile yapı mevzuatı ile ilgili köklü değişiklikler yapılarak bunun için önlemler almaya çalışılmıştır. Yakın fay üzerinde KOBE depreminin 40 sn uzak fayda kullanılan deprem kayıtları ise 80 sn olarak dikkate alınmıştır.



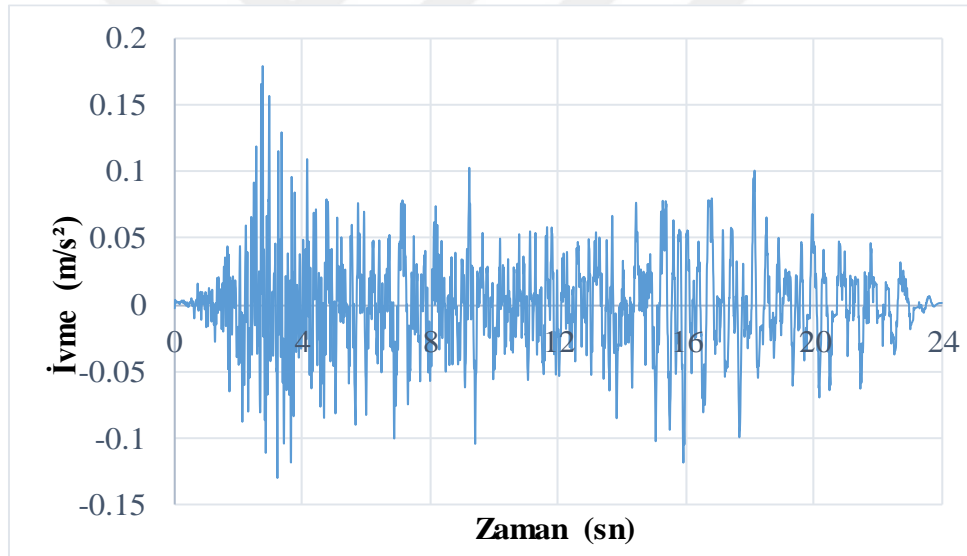
Şekil 4.6 KOBE Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.



Şekil 4.7 KOBE Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.5 Morgan Hill Depremi

Morgan Hill, 24 Nisan 1984'teki Kaliforniya da meydana gelmiştir. Deprem büyüklüğü 6.1 olarak ölçülmüştür, San Jose'nin doğusundaki Calaveras fay bölgesinin 30 kilometre uzunluğundaki bir bölümünü etkisi altına almıştır. 1980'de, 1911'de bu segmentte 6 büyüklüğünde bir deprem meydana geldiği ve bu olayın tekrarlanmasının makul bir şekilde beklenebileceği kabul edilmesine rağmen, kısa vadeli öncü depremlere rastlanmamıştır, bu yüzden 1984'te meydana gelen depreminin süresi tahmin edilmemiştir. Güney-güneydoğuya doğru tek taraflı kopma yayılması ve kopma bölgesinin güneydoğu ucuna yakın yer alan enerjik bir geç sismik radyasyon kaynağı, bir baraj sahasındaki bir alanda 1.29 g'lık son derece büyük bir yatay ivmelenme dahil olmak üzere yüksek odaklanmış güçlü hareket modeline katkıda bulunmuştur. Deprem kayıtları uzak fay üzerinde en büyük etkisini 2'nci saniyede ortaya çıkmaktadır.

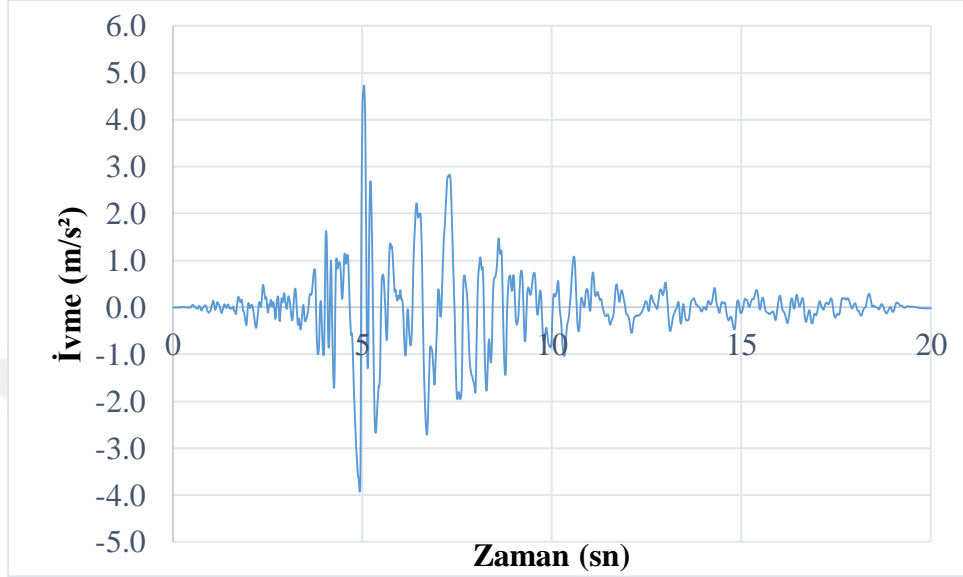


Şekil 4. 8 MORGAN HİLL Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.6 Northridge Depremi

Northridge depremi Amerika Birleşik Devletleri'nin Los Angeles eyaletinde Pasifik yerel saati ile saat 4.31 de meydana gelmiştir. Meydana gelen depremde yıkıcı etkinin San Fernando vadisinde Northridge bölgesinde meydana gelmesinden dolayı depreme basın tarafından bu isim verilmiştir. Northridge depremin merkezi Reseda'dadır. Yaklaşık olarak yıkıcı etkisini 20 saniye gösteren depremin büyüklüğü 6.7 dir. Northridge depremi ile ölçülen 1,7g'lik (16,7 m/s²) kuvvetli yer ivmesi değeri bugüne kadar Kuzey Amerika'da meydana gelen depremlerde

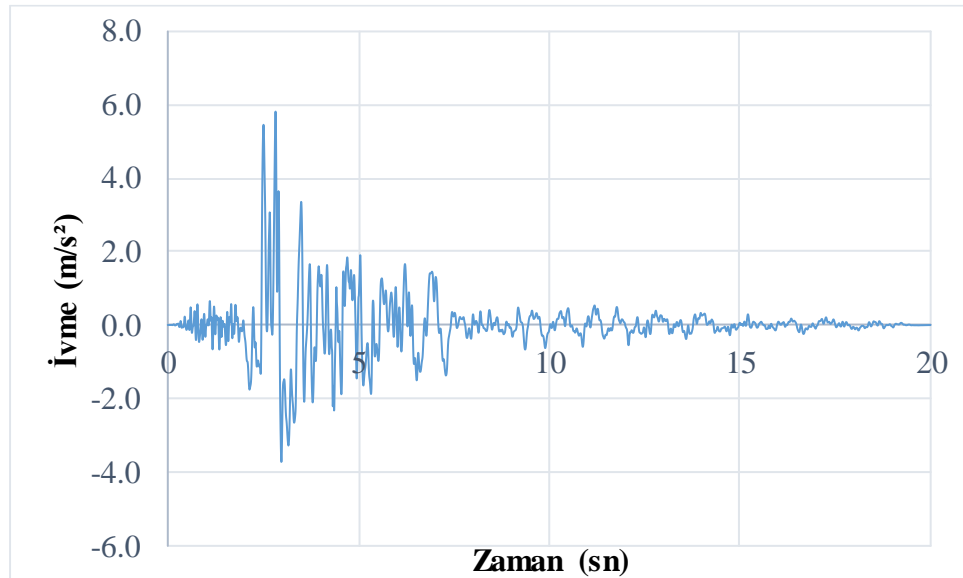
kaydedilen verilerin en büyüğüdür. Depremi en etkili olduğu yer depremin dış merkezinden 360 kilometre de bulunan Las Vegas'ta kaydedilmiştir. Depremde en yüksek yer hızı olan (PGV) 183 cm/s'lik (6.59 km/saat veya 4.09 mil/saat) Rinaldi istasyonunda kaydedilmiş ve o güne kadar en yüksek olan değerdir (URL-5).



Şekil 4.9 Northridge Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.7 N.Palm.Spr Depremi

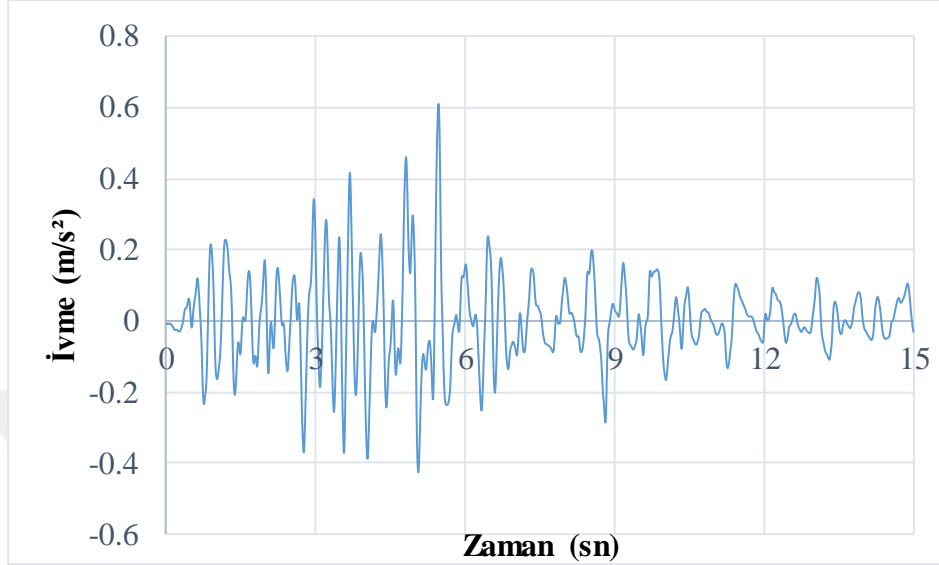
N.Palm.Spr Depremi yakın fay'dan alınan ivme kayıtlarına sahiptir. Deprem ivme-zaman grafiğinde en büyük etkiyi 3'üncü saniye aralığında göstermektedir.



Şekil 4.10 N.Palm.Spr Depremi'nin yakın fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.8 Northeast California Depremi

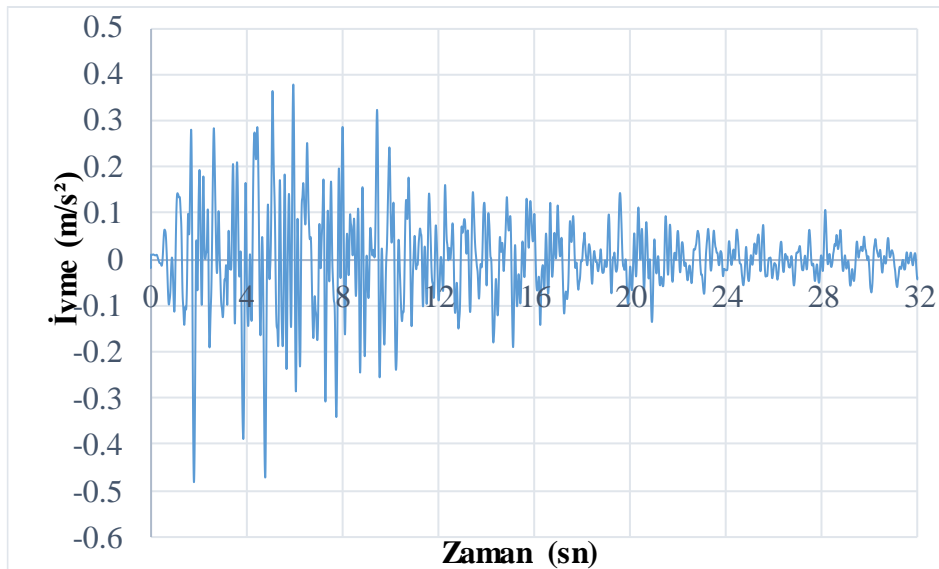
Northeast California Depremi uzak fay'dan alınan ivme kayıtlarına sahiptir. Deprem ivme-zaman grafiğinde en büyük etkiyi 5'inci saniye aralığında göstermektedir.



Şekil 4.11 Northeast CALİFORNİA Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.9 İtalya Depremi

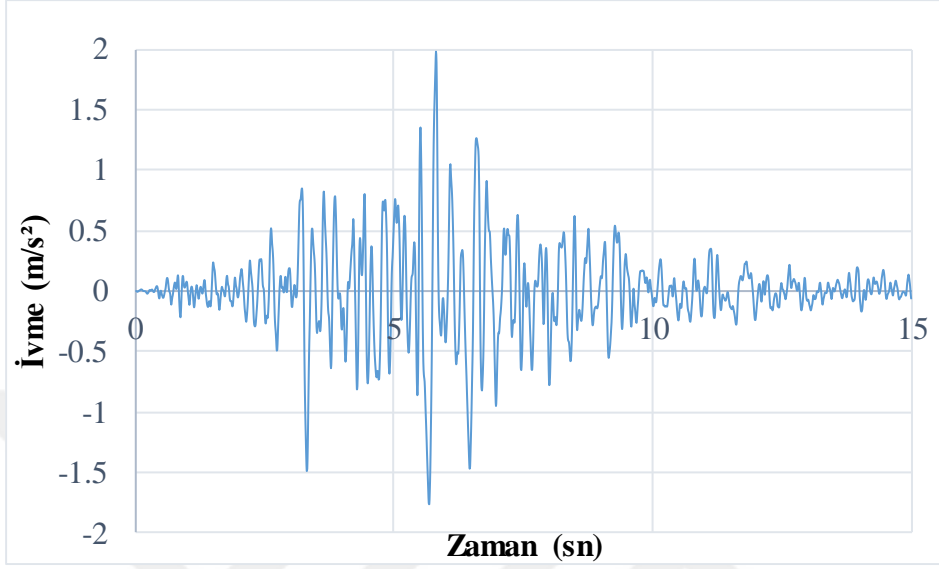
İtalya Depremi uzak fay'dan alınan ivme kayıtlarına sahiptir. Deprem ivme-zaman grafiğinde en büyük etkiyi 6'ncı saniye aralığında göstermektedir.



Şekil 4.12 İtalya Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.

4.2.10 San Fernando Depremi

San Fernando Depremi uzak fay'dan alınan ivme kayıtlarına sahiptir. Deprem ivme-zaman grafiğinde en büyük etkiyi 6'ncı saniye aralığında göstermektedir.



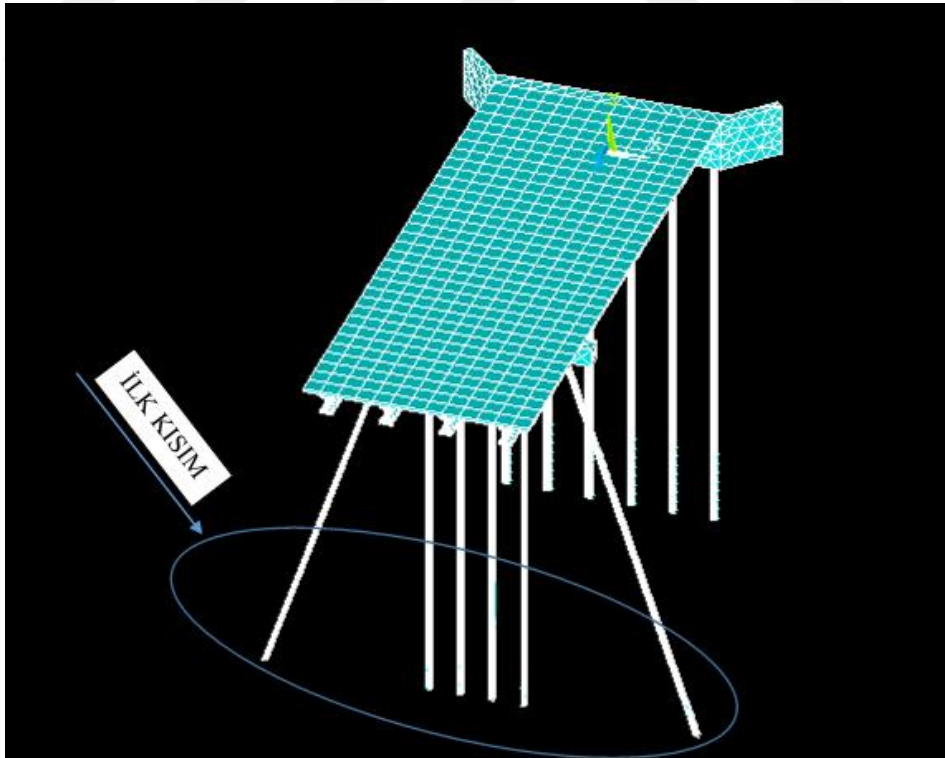
Şekil 4.13 San Fernando Depremi'nin uzak fay üzerinde ivme zaman grafiği.

BÖLÜM 5

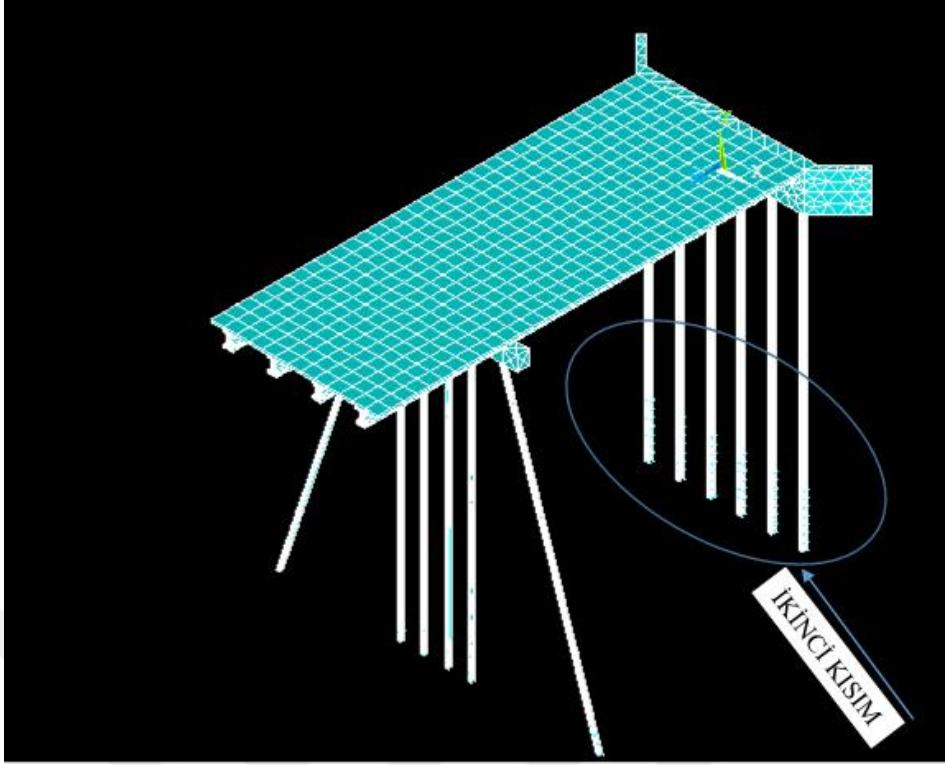
5. ANALİZ SONUÇLARI

5.1 ANALİZİ YAPILAN #55555 KÖPRÜSÜNÜN KISIMLARI

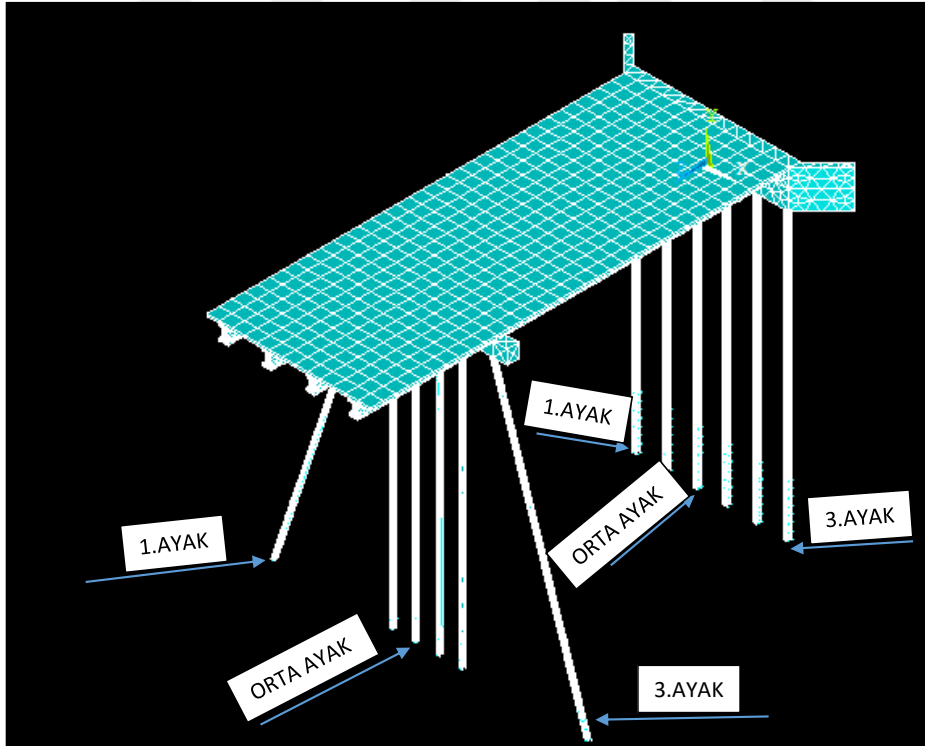
Yapılan analizde köprü 1'inci ve 2'inci kısım olarak Şekil 5.1 ve 5.2 gösterilmiştir. Çalışmada 1 ve 2'inci olarak adlandırılmasıyla çalışma daha anlaşılır hale getirilmesi amaçlanmıştır. Köprü modelinde her bir kısım için 1'inci ayak, orta ayak ve 3'üncü ayak olarak adlandırılan kısım ise köprü modeline Şekil 5.1'de olduğu gibi sol kısımdaki ilk ayak 1, orta ayak ise orta kısma en yakın olan 3.ayak seçilmiştir. Son olarak 3'üncü ayak ise köprü'nün sol tarafından bakıldığında aynı sıradaki son ayaktır. Köprü modeli şekil 5.3'deki gibi kısım ve bölümlere indirgenerek ayaklarda yükseklik boyunca yer değiştirmeler izlenmiştir.



Şekil 5.1 #55555 Köprüsünün ilk kısmının görüntüsü.



Şekil 5.2 #55555 Köprüsünün ikinci kısmının görüntüsü.

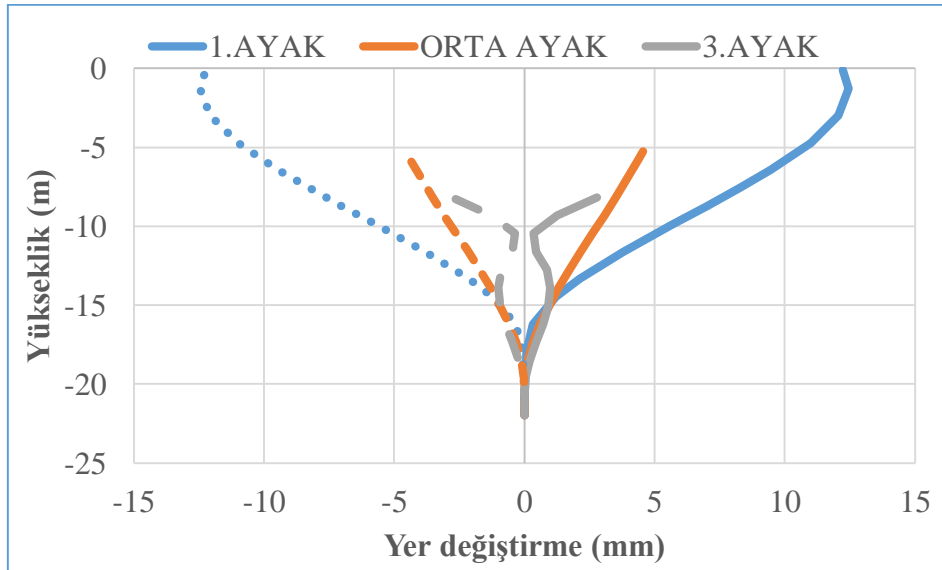


Şekil 5.3 #55555 Köprüsünün tüm kısımlarının görünümü.

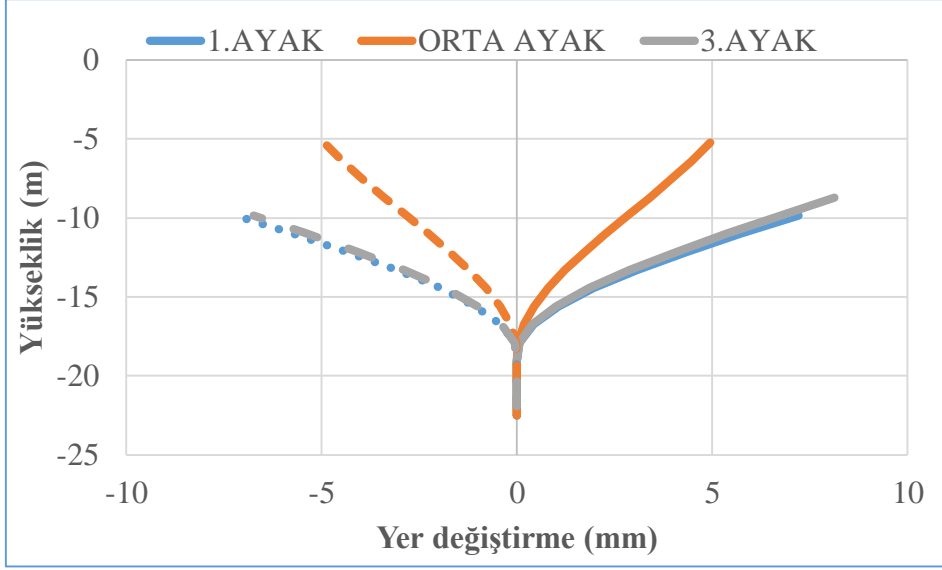
5.2 DİNAMİK ANALİZ SONUÇLARI

Bu tez çalışması ile oluşturulan modelde uzak ve yakın fay etkisi dikkate alınarak dinamik analiz yapılmıştır. Çalışmada bugüne kadar yapılmış olanlardan farklı olarak köprü modelinde zemin içerisinde kalan kısımlar, düğüm noktalarına yaylar atanarak her bir düğüm noktası için sisteme 3 adet yeni koordinat tanımlaması yapılmıştır. Böylece, yapılan işlem ile zemin özellikleri de model içerisinde tanımlanmıştır. Meydana gelmiş yakın ve uzak fay hareketleri, toplamda 13 adet olmak üzere dinamik analizde kullanılmıştır. Ayrıca, ivme kayıtları seçilirken maksimum yer ivmesi (PGA), maksimum yer hızı (PGV) ve fay hattına uzaklık gibi özellikler dikkate alınmıştır. Yakın fay ve uzak fay etkisinde kullanılan depremlerde maksimum ivme değerinin 0,05 g değerinden 1,5 g aralığına kadar 0,05 g'lik artımla ölçeklendirilmiştir. Dinamik analiz sonucunda elde edilen şekil değiştirme, yer değiştirme, maksimum ve minimum gerilmelerin sonuçları detaylıca incelenmiştir.

Bu amaçla, ilk olarak CHI-CHI 6.4 Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değiştirme değerleri Şekil 5.4 'de verilmiştir. Şekil 5.4 'de görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek 1.ayakta yaklaşık 12.2 mm yer değiştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.5 'deki gibi 1. Ayakta 7.2 mm olarak en yüksek yer değiştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar yakın fay'da 32'nci saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

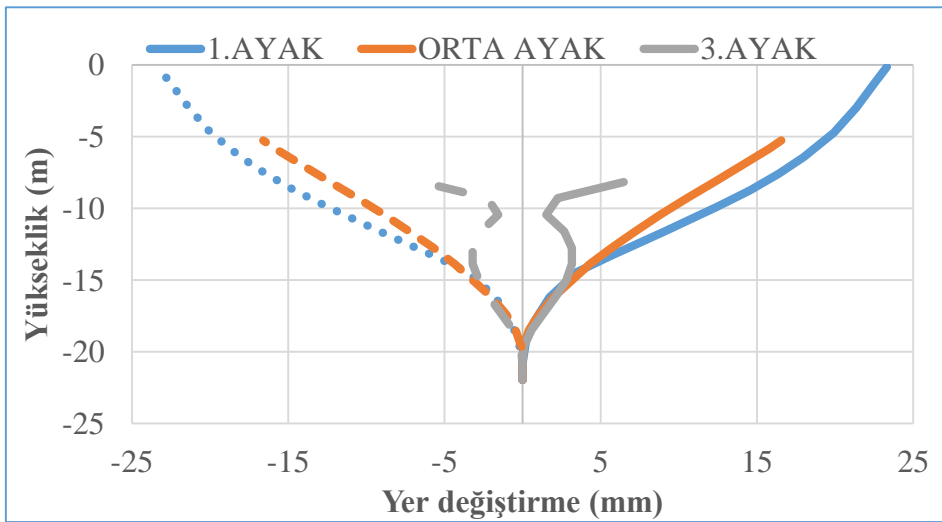


Şekil 5.4 CHI-CHI 6.4 Depreminin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

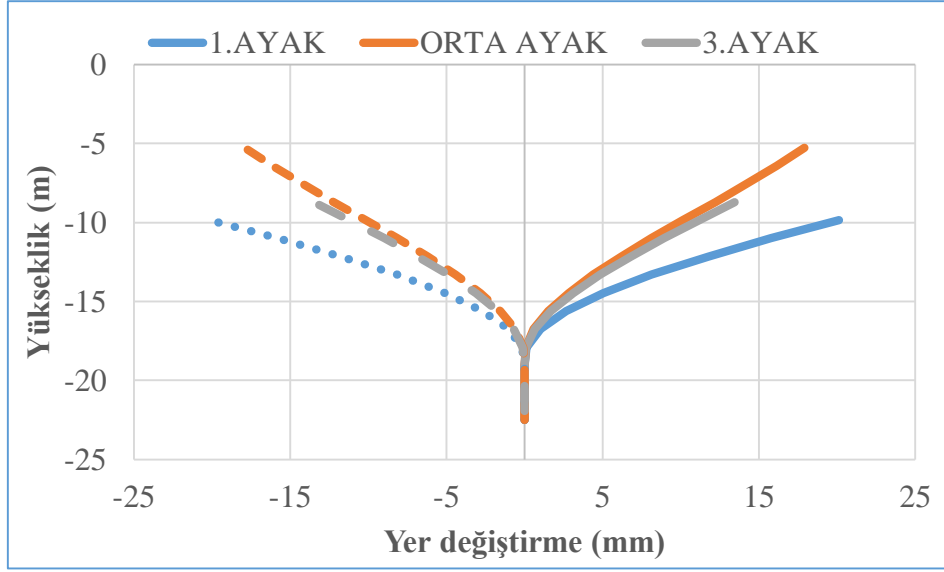


Şekil 5.5 CHI-CHI 6.4 Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

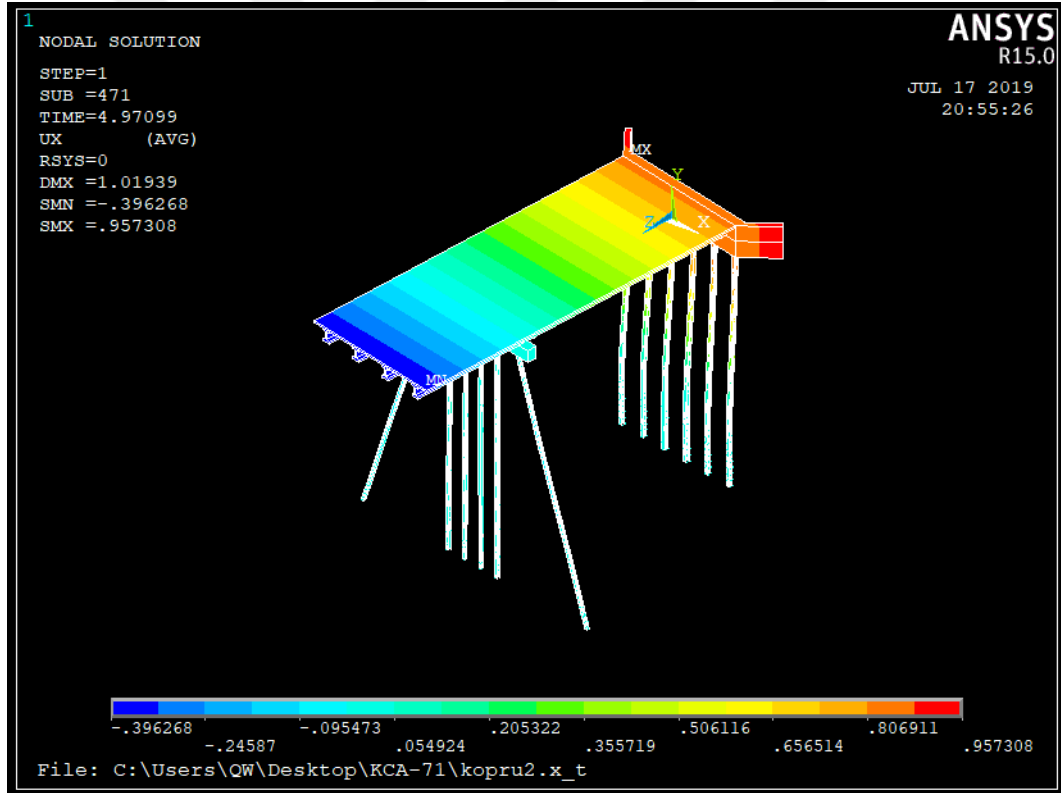
Bu amaçla, CHI-CHI 5.3 Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değıştirme değeri Şekil 5.6 'da verilmiştir. Şekil 5.6 'da görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek 1.ayakta yaklaşık 23.35 mm yer değıştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.7 'deki gibi 1. Ayakta 20.13 mm olarak en yüksek yer değıştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar yakın fay'da 17'nci saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Şekil 5.8, Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13' te X,Y ve Z doğrultularında modelin değışimi verilmiştir.



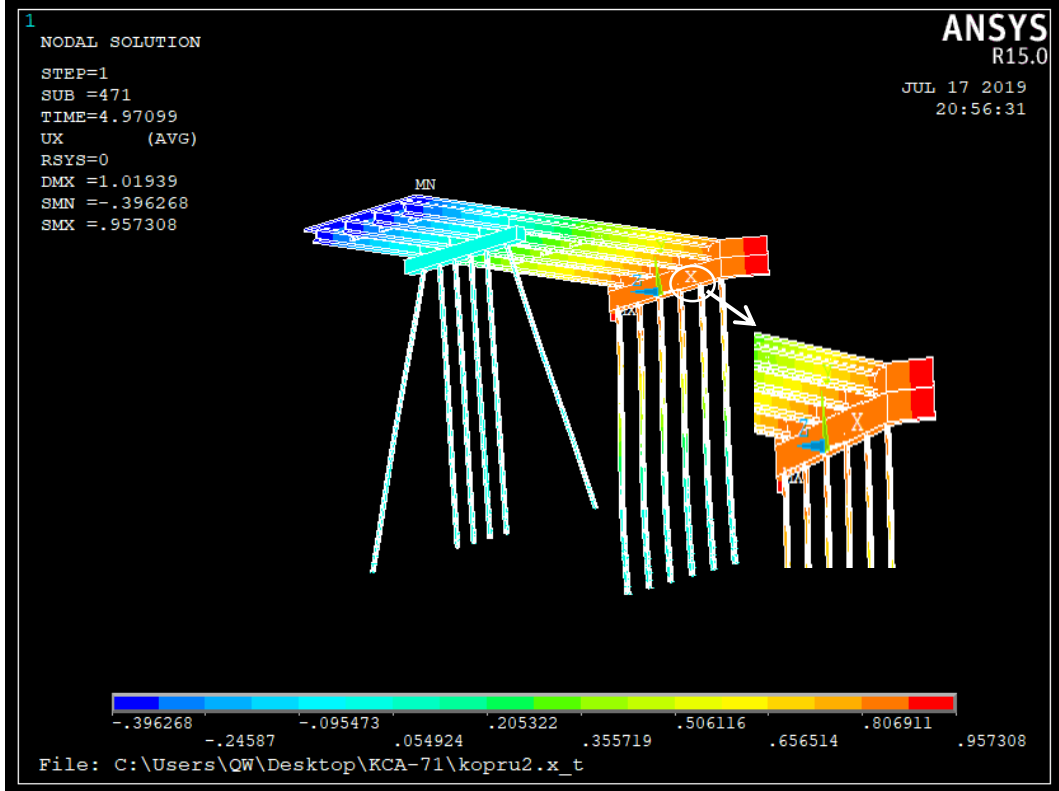
Şekil 5.6 CHI-CHI 5.3 Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.



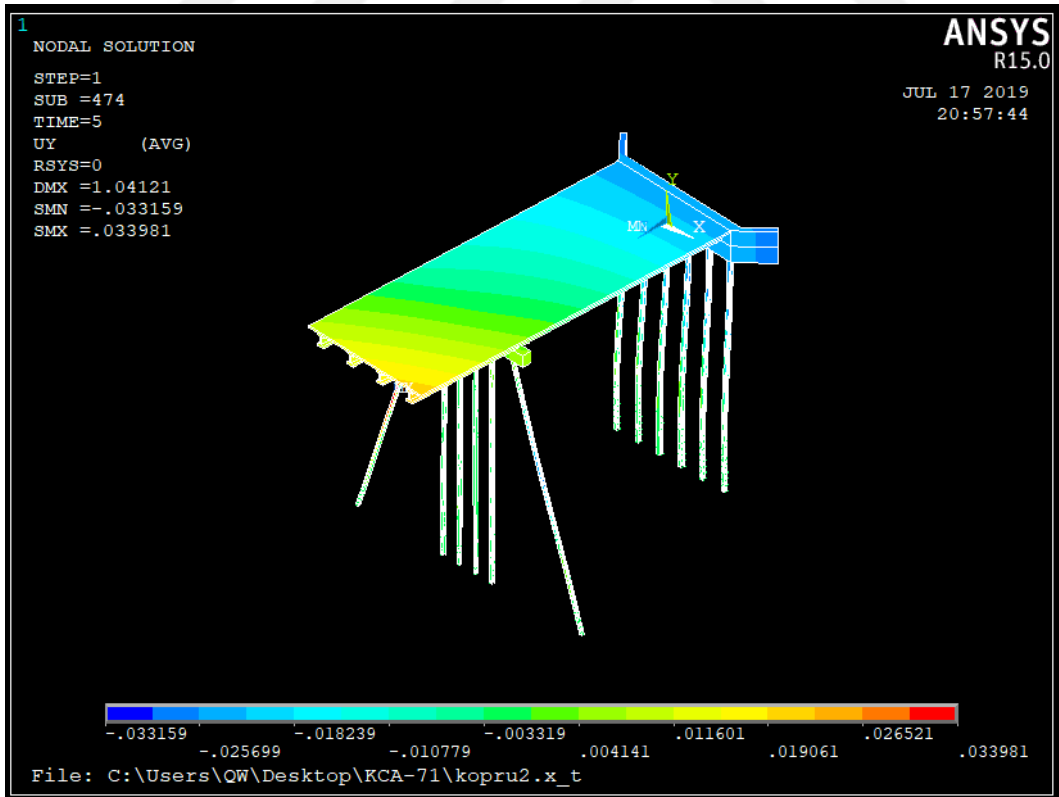
Şekil 5.7 CHİ-CHİ 5.3 Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.



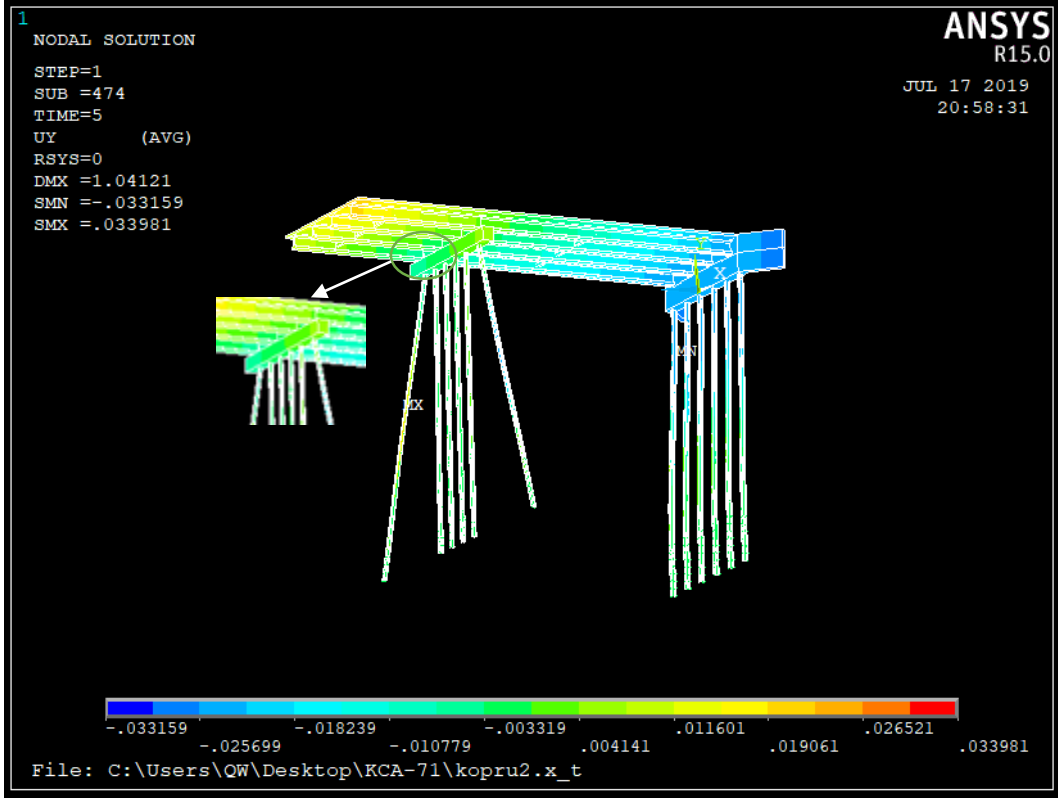
Şekil 5.8 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde X doğrultusundaki yer değiştirmesi.



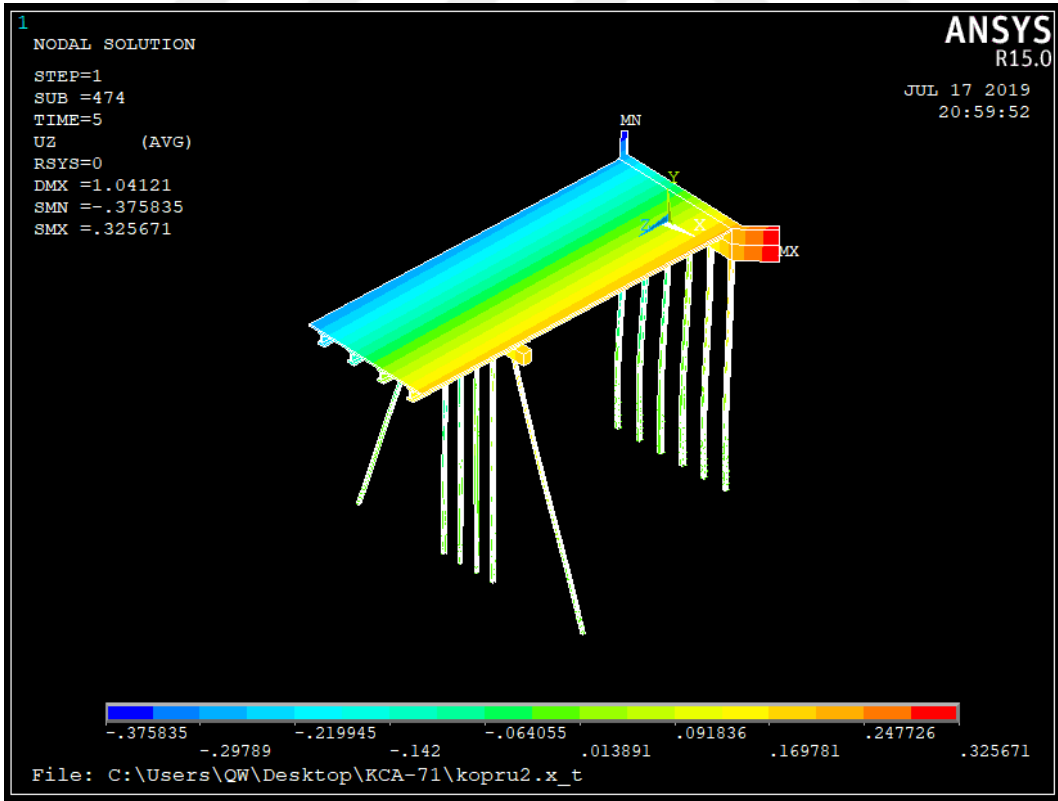
Şekil 5.9 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde X doğrultusundaki yer değiştirmesi.



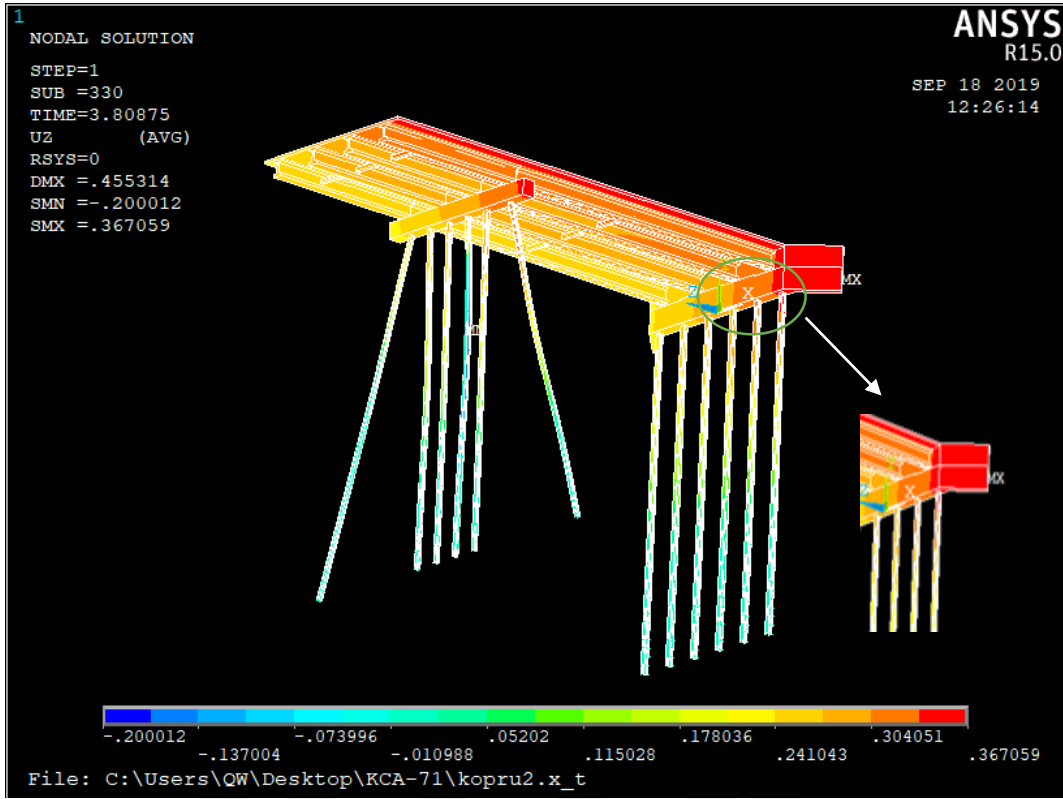
Şekil 5.10 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde Y doğrultusundaki yer değiştirmesi.



Şekil 5.11 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde Y doğrultusundaki yer değıştirmesi.

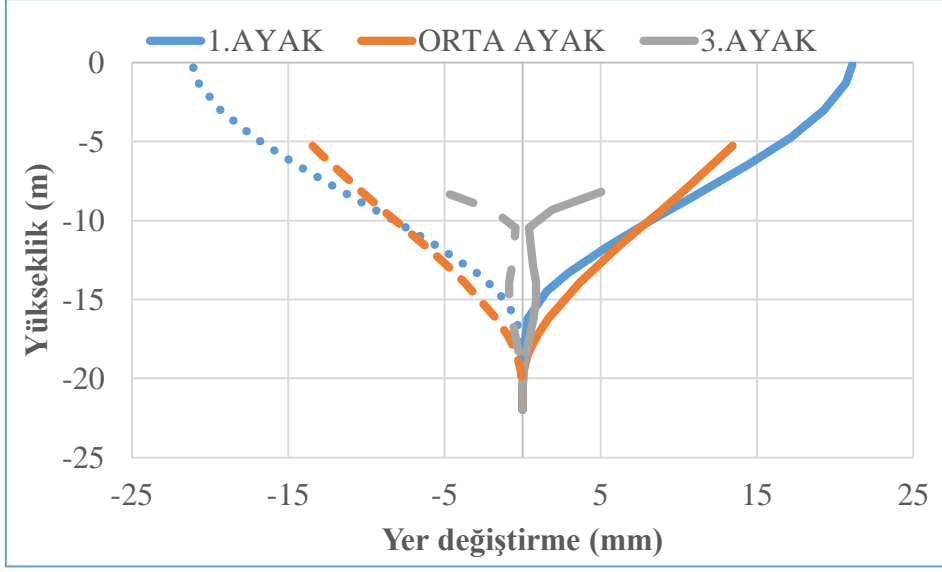


Şekil 5.12 Köprü modelinin CHİ-CHİ 5.3 Depreminde Z doğrultusundaki yer değıştirmesi.

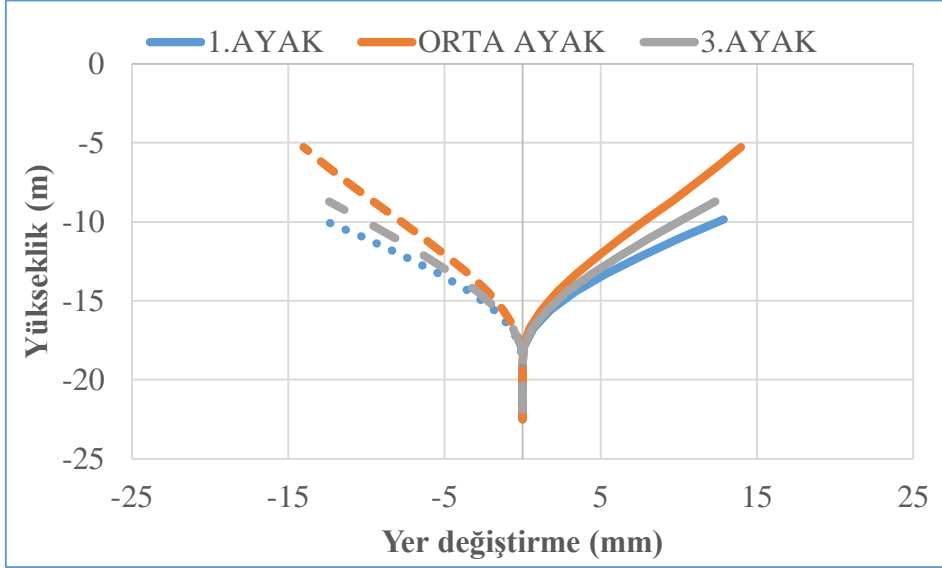


Şekil 5.13 Köprü modelinin CHI-CHI 5.3 Depreminde Z doğrultusundaki yer değiştirmesi.

CHI-CHI 7.9 Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değiştirme değerleri Şekil 5.14 'de verilmiştir. Şekil 5.14 'de görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek 1. ayakta yaklaşık 21.12 mm yer değiştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.15 'deki gibi 1. Ayakta 13.98 mm olarak en yüksek yer değiştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar yakın fay'da 19'ncü saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

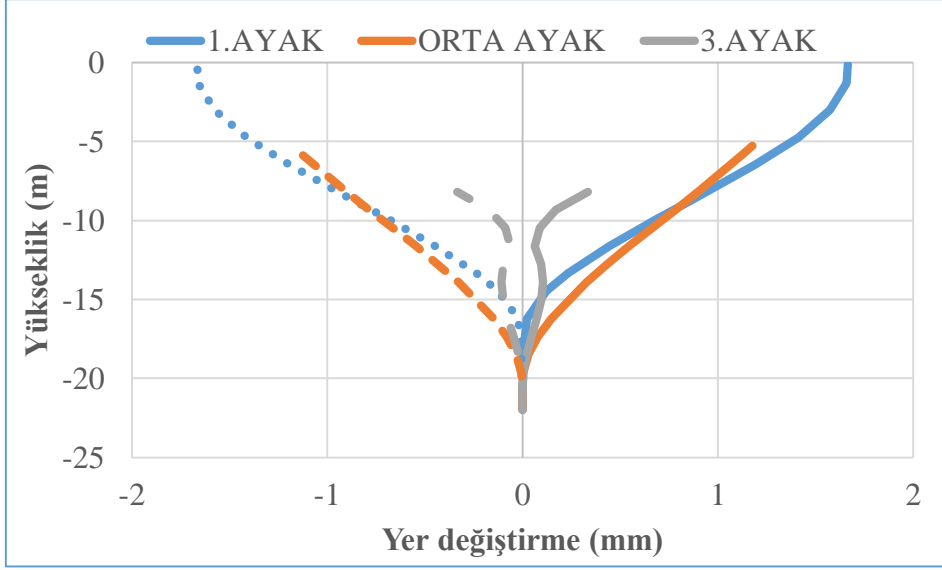


Şekil 5.14 CHI-CHI 7.9 Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

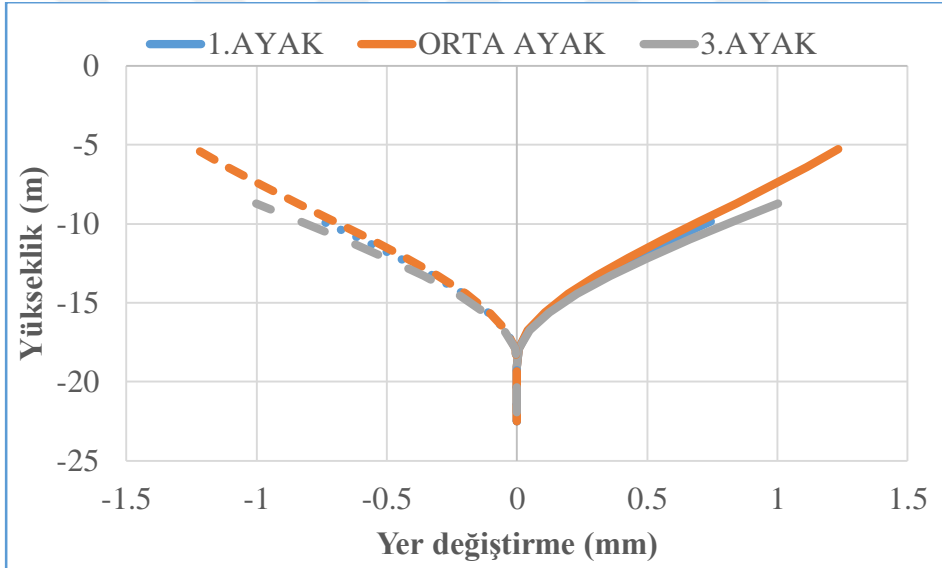


Şekil 5.15 CHI-CHI 7.9 Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

BORREGO Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değıştirme değeri Şekil 5.16 'da verilmiştir. Şekil 5.16 'da görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek 1. ayakta yaklaşık 1.67 mm yer değıştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.17 'deki gibi Orta ayakta 1.23 mm olarak en yüksek yer değıştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar uzak fay'da 29'uncu saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

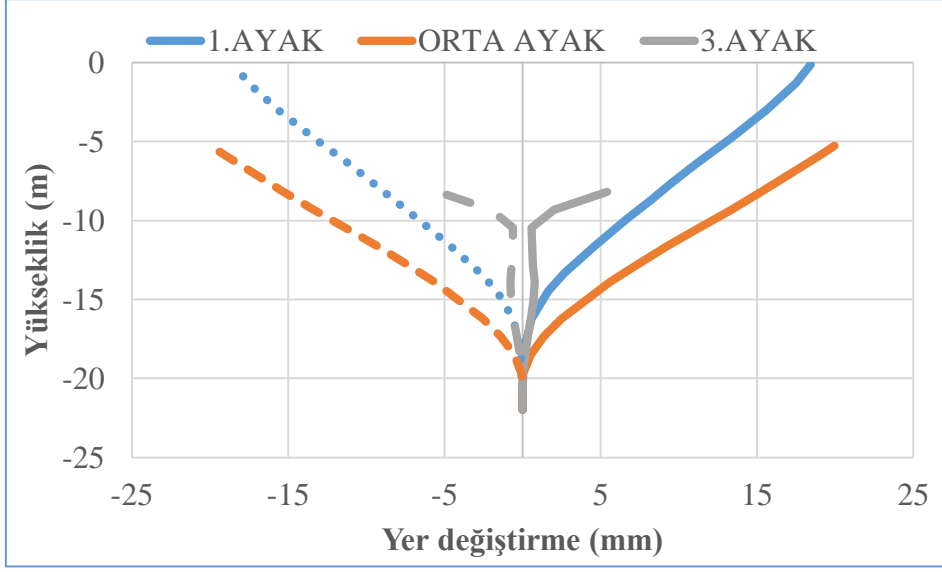


Şekil 5.16 BORREGO Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

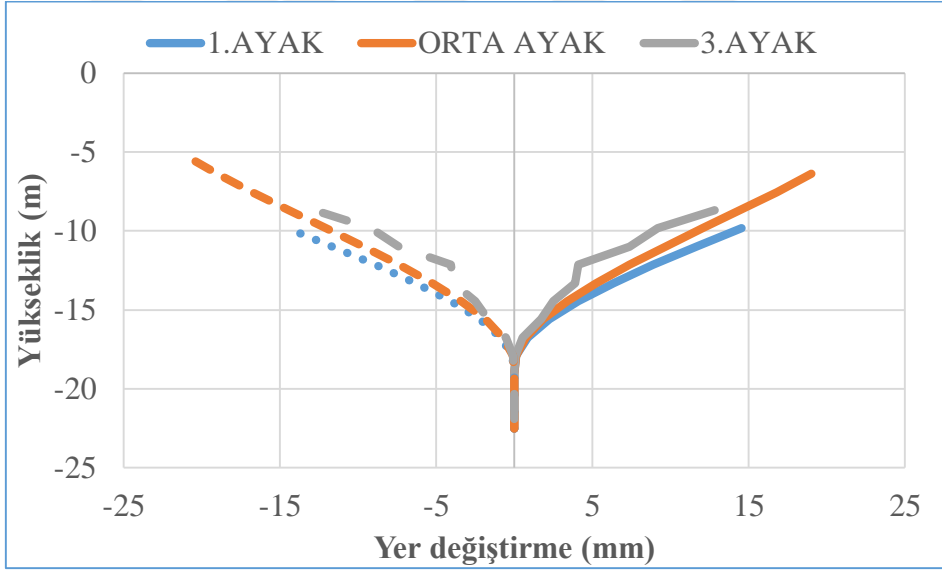


Şekil 5.17 BORREGO Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

Im.Valley Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değıştirme değeri Şekil 5.18 'de verilmiştir. Şekil 5.18 'de görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değıştirme orta ayakta yaklaşık 19.96 mm yer değıştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.19 'daki gibi orta ayakta 21.03 mm olarak en yüksek yer değıştirme ölçülmüştür. İki içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar uzak fay'da 7'nci saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

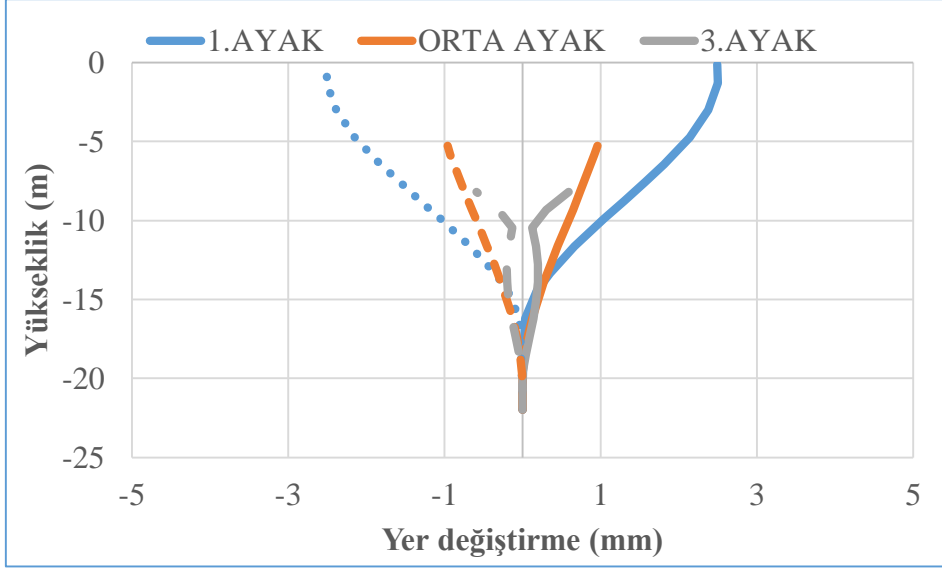


Şekil 5.18 İm.Valley Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

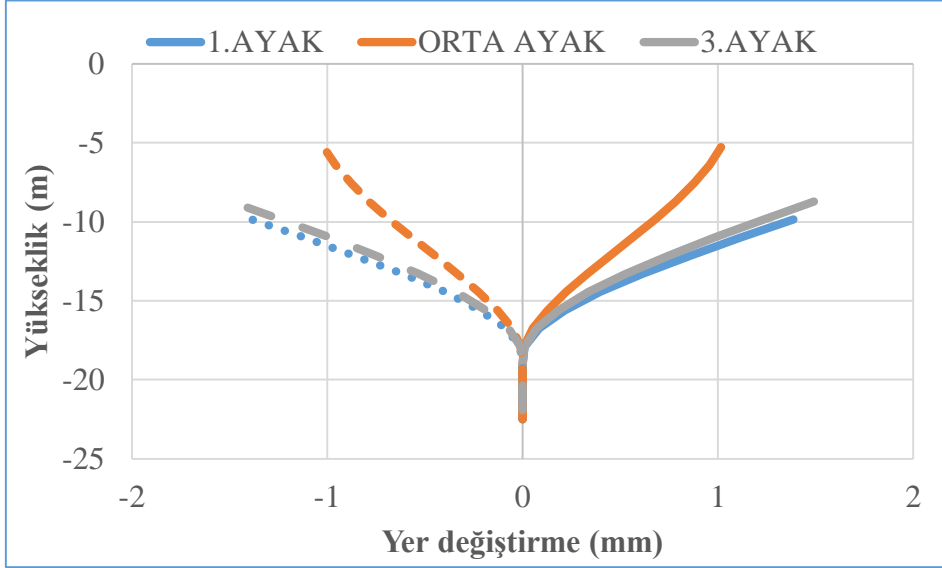


Şekil 5.19 İm.Valley Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

İtalya Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değıştirme değeri Şekil 5.20 'de verilmiştir. Şekil 5.20 'de görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değıştirme orta ayakta yaklaşık 2.49 mm yer değıştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.21 'deki gibi 3.ayakta 1.49 mm olarak en yüksek yer değıştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar uzak fay'da 6'ncı saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

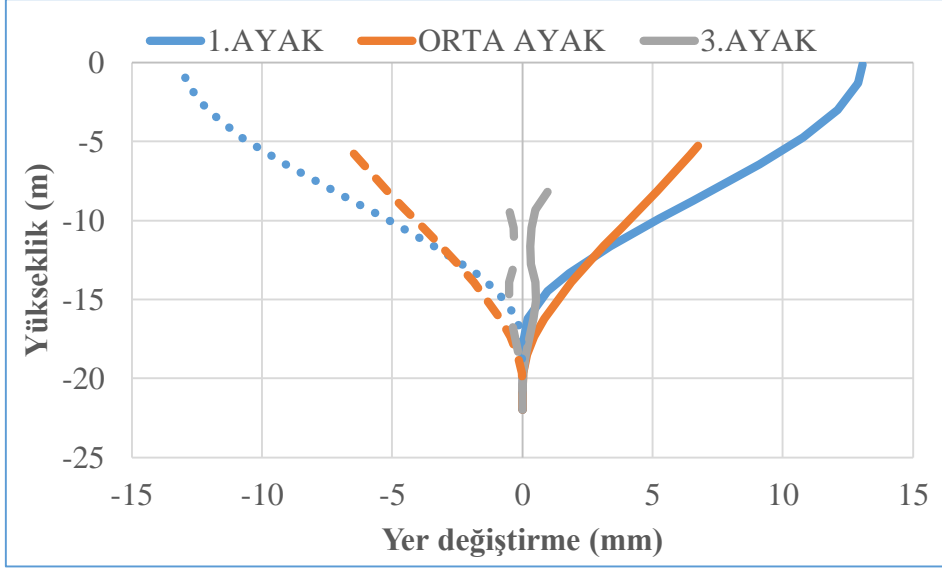


Şekil 5.20 İtalya Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

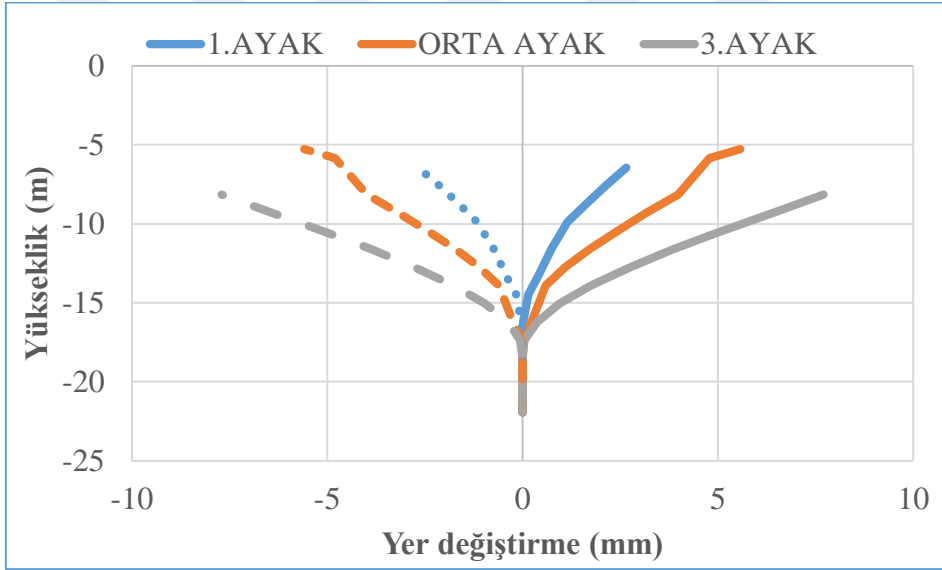


Şekil 5.21 İtalya Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

KOBE Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değiştirme değerleri Şekil 5.22 'de verilmiştir. Şekil 5.22 'de görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değiştirme 1. ayakta yaklaşık 13.06 mm yer değiştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise yer değiştirme Şekil 5.23 'deki gibi 3. ayakta 7.7 mm olarak en yüksek yer değiştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar yakın fay'da 13'üncü saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

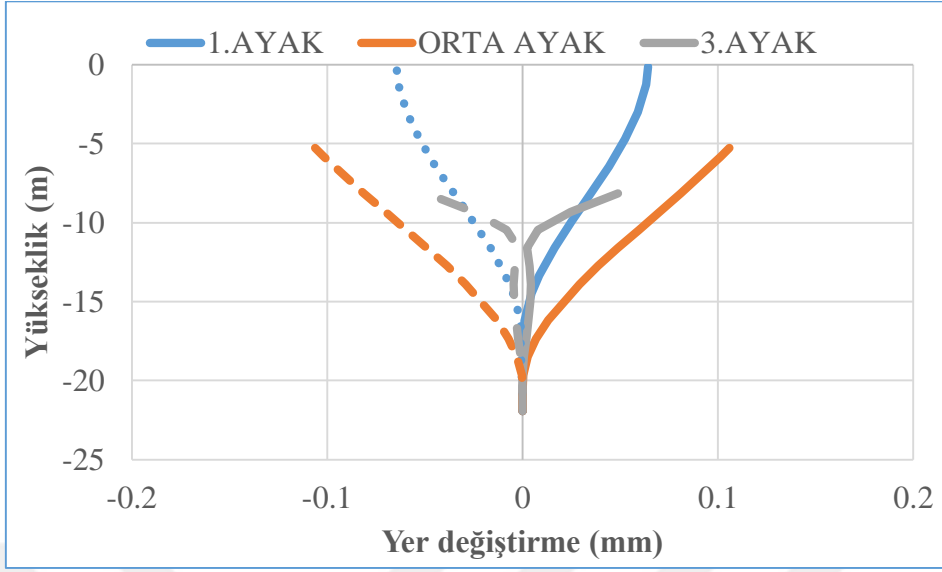


Şekil 5.22 KOBE Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

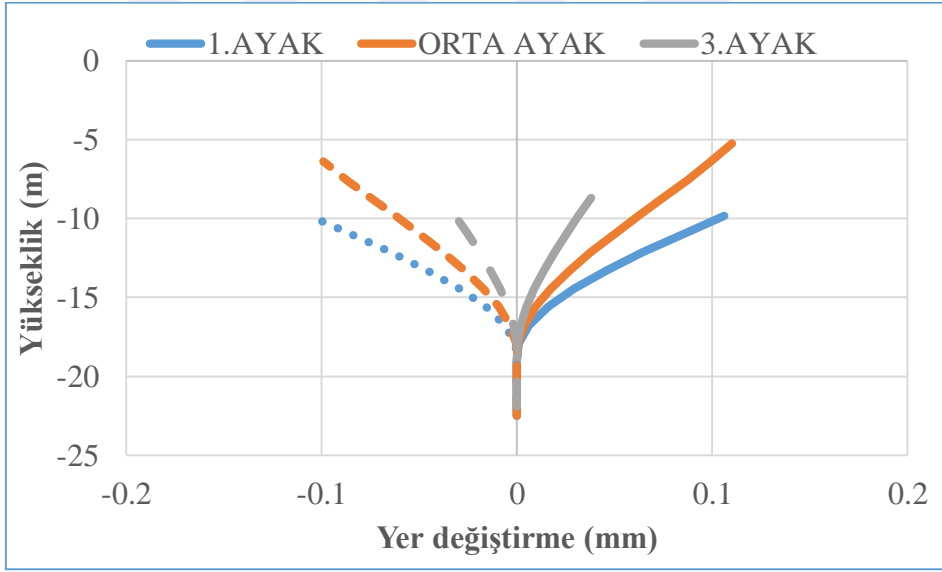


Şekil 5.23 KOBE Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

KOBE Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değıştirme değeri Şekil 5.24 'de verilmiştir. Şekil 5.24 'de görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değıştirme orta ayakta yaklaşık 0.1 mm yer değıştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.25 'deki gibi orta ayakta 0.11 mm olarak en yüksek yer değıştirme ölçülmüştür. İki içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar uzak fay'da 33'üncü saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

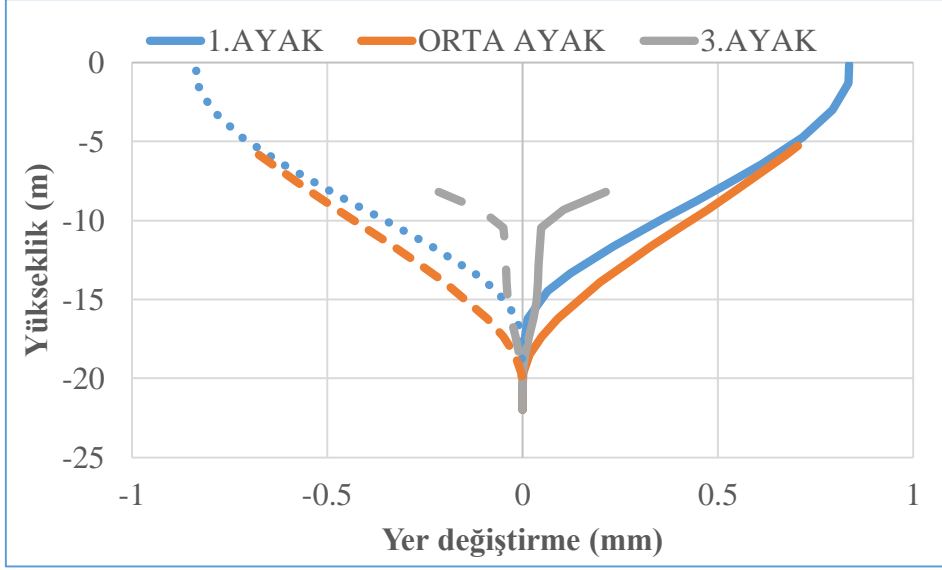


Şekil 5.24 KOBE Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

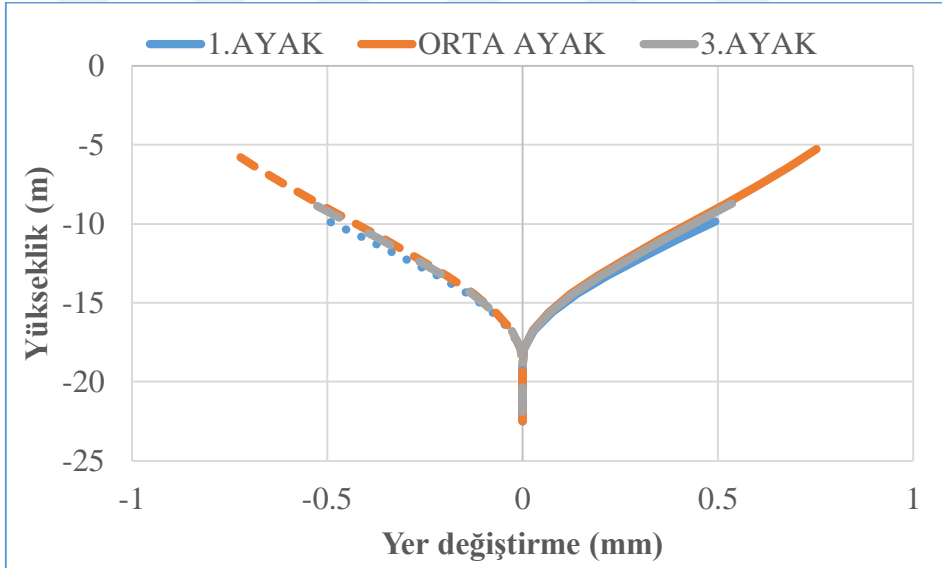


Şekil 5.25 KOBE Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

Morgan Hill Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değiştirme değerleri Şekil 5.26 'da verilmiştir. Şekil 5.26 'da görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değiştirme orta ayakta yaklaşık 0.84 mm yer değiştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.27 'deki gibi orta ayakta 0.75 mm olarak en yüksek yer değiştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar uzak fay'da 3'üncü saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.



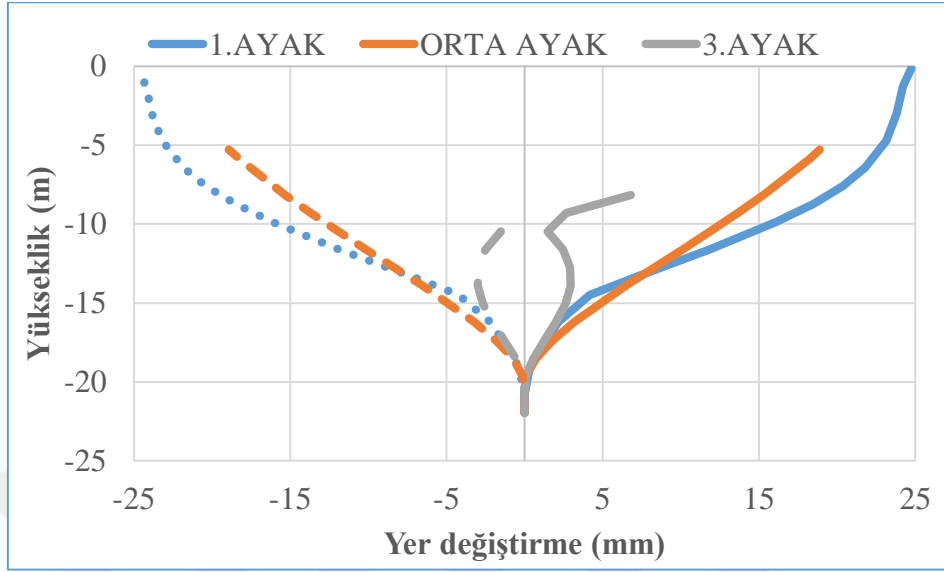
Şekil 5.26 Morgan Hill Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.



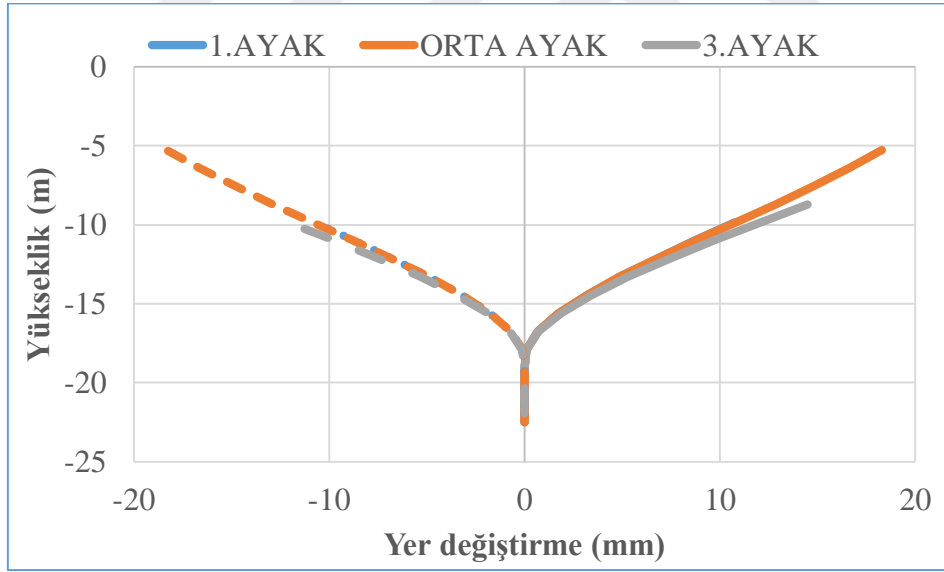
Şekil 5.27 Morgan Hill Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değıştirmeler.

N.Palm.Spr Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değıştirme değeri Şekil 5.28 'de verilmiştir. Şekil 5.28 'de görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değıştirme orta ayakta yaklaşık 24.78 mm yer değıştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.29 'daki gibi orta ayakta 18.3 mm olarak en yüksek yer değıştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar yakın fay'da 2'nci saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. N.Palm.Spr ivme kaydı ile yapılan dinamik analiz sonucunda oluşan yüksek

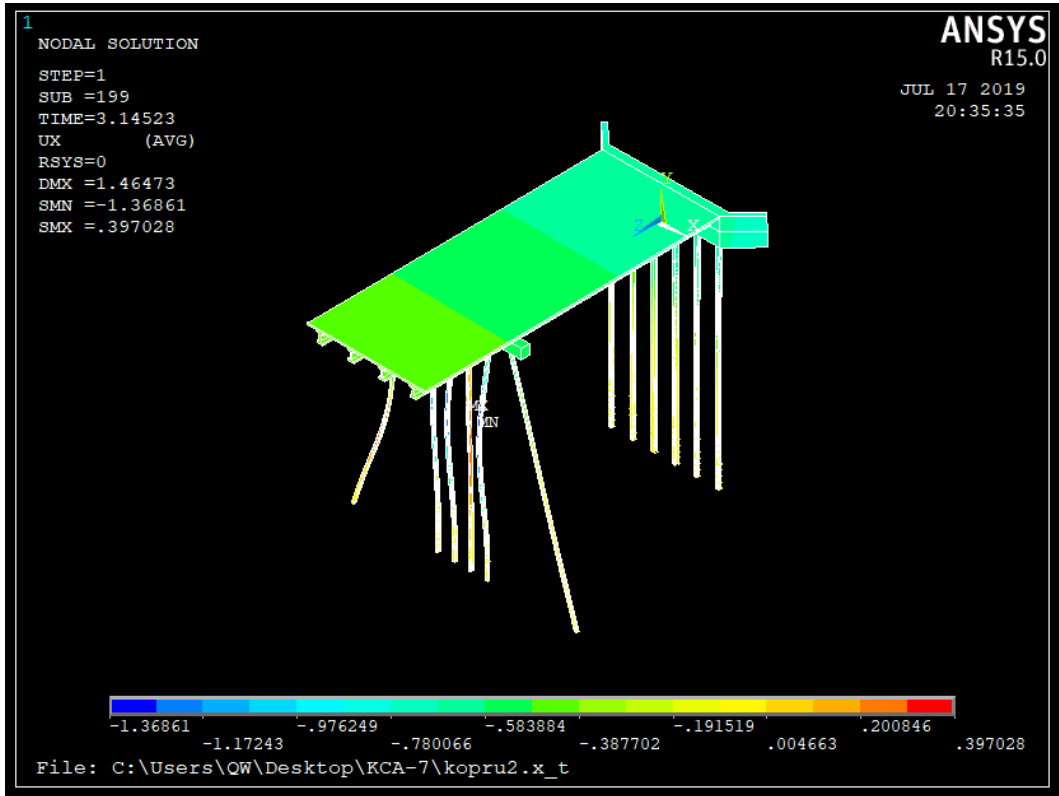
deformasyonlar Şekil 5.30, Şekil 5.31, Şekil 5.32, Şekil 5.33, Şekil 5.34, Şekil 5.35' te X,Y ve Z doğrultularında modelin değişimi verilmiştir.



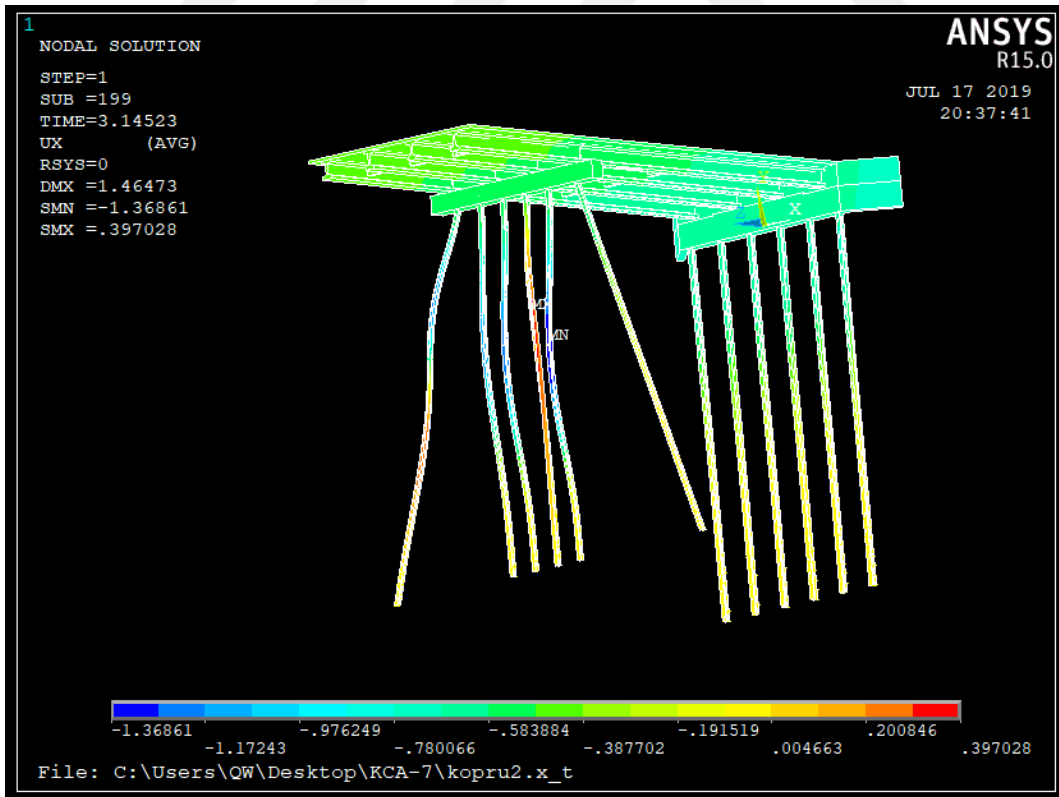
Şekil 5.28 N.Palm.Spr Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.



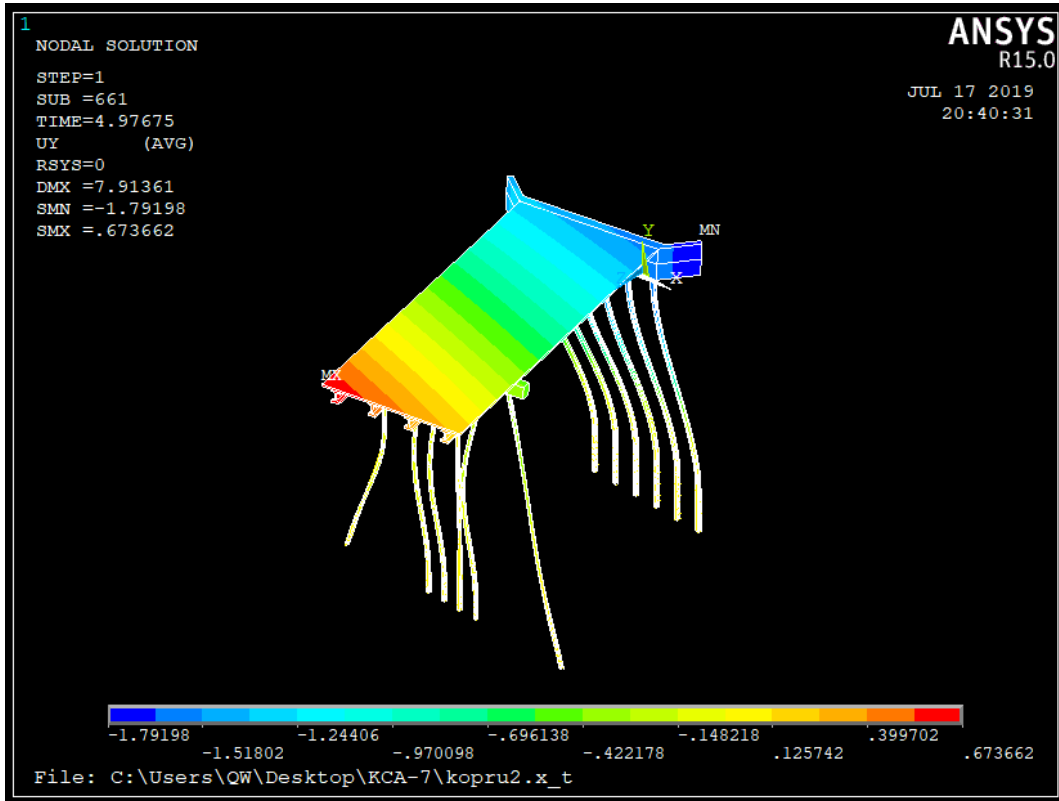
Şekil 5.29 N.Palm.Spr Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.



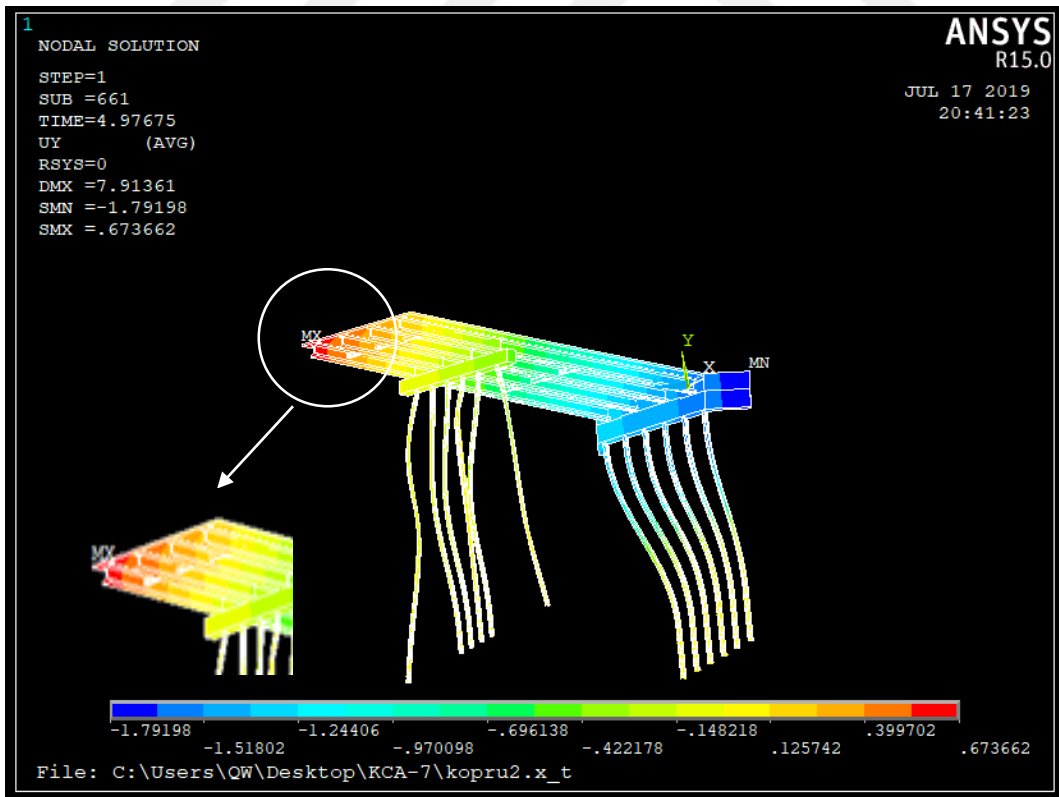
Şekil 5.30 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde X doğrultusundaki yer değiştirmesi.



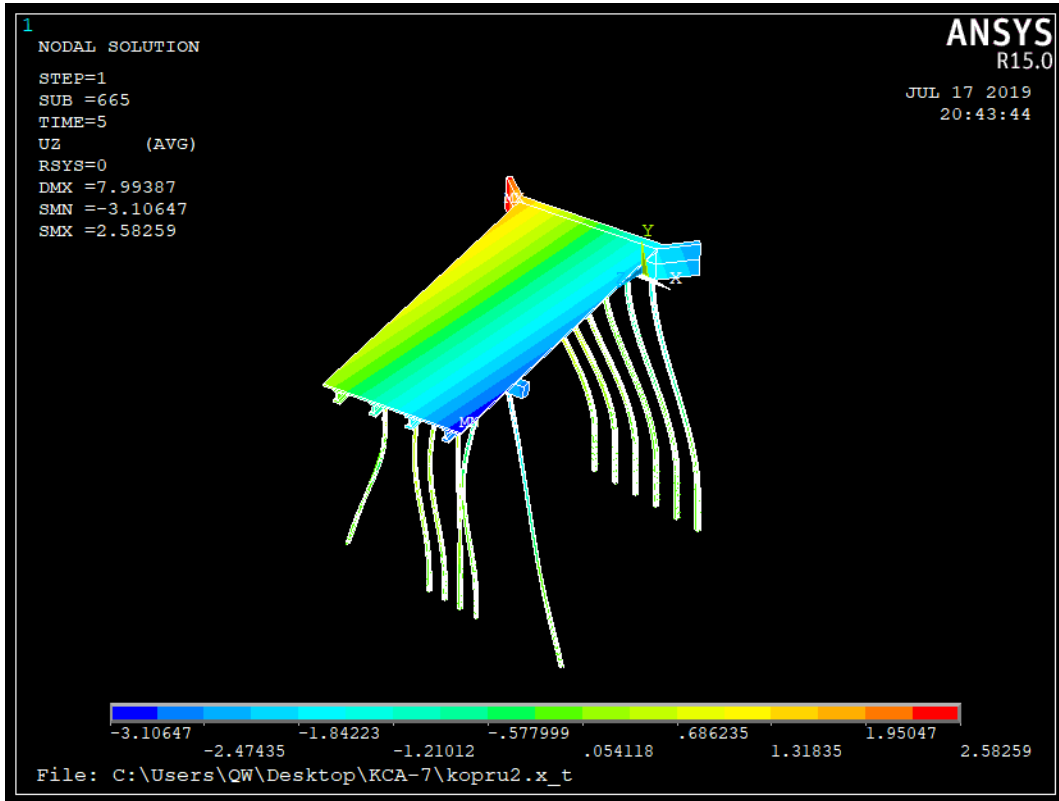
Şekil 5.31 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde X doğrultusundaki yer değiştirmesi.



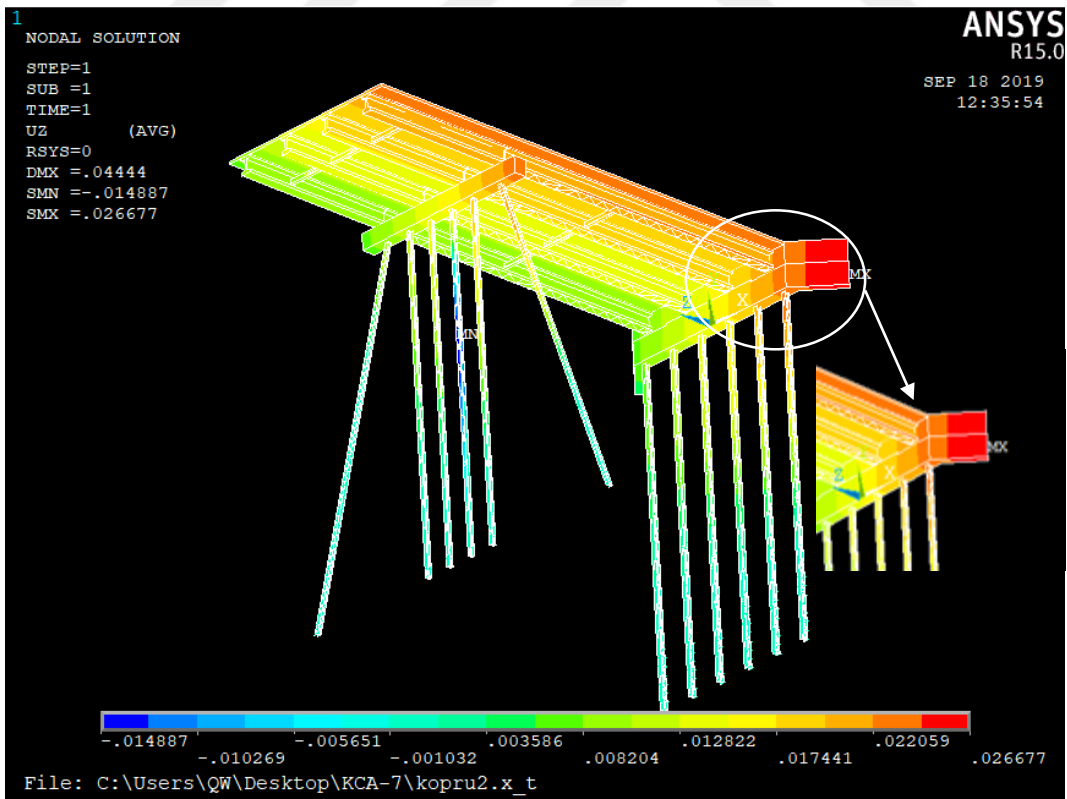
Şekil 5.32 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde Y doğrultusundaki yer değiştirmesi.



Şekil 5.33 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde Y doğrultusundaki yer değiştirmesi.

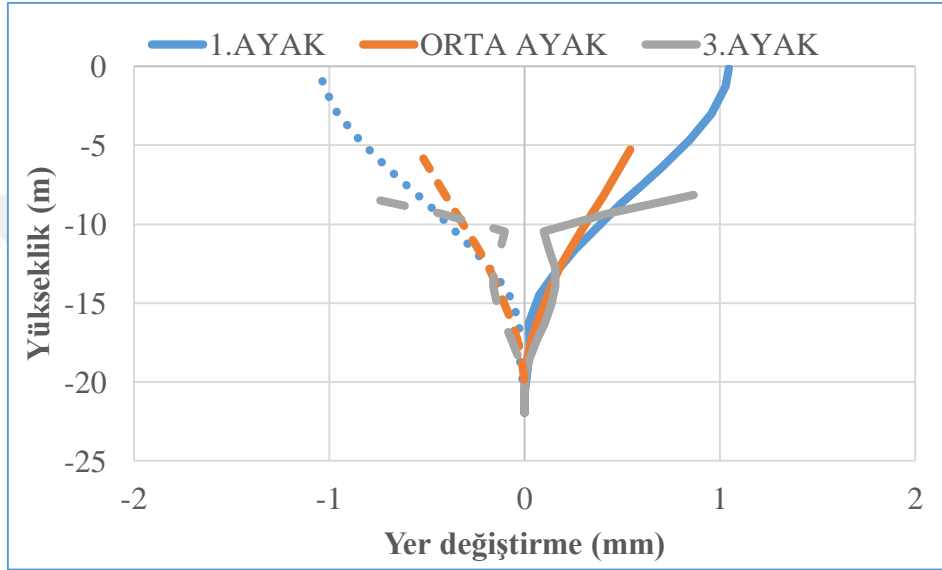


Şekil 5.34 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde Z doğrultusundaki yer değiştirmesi.

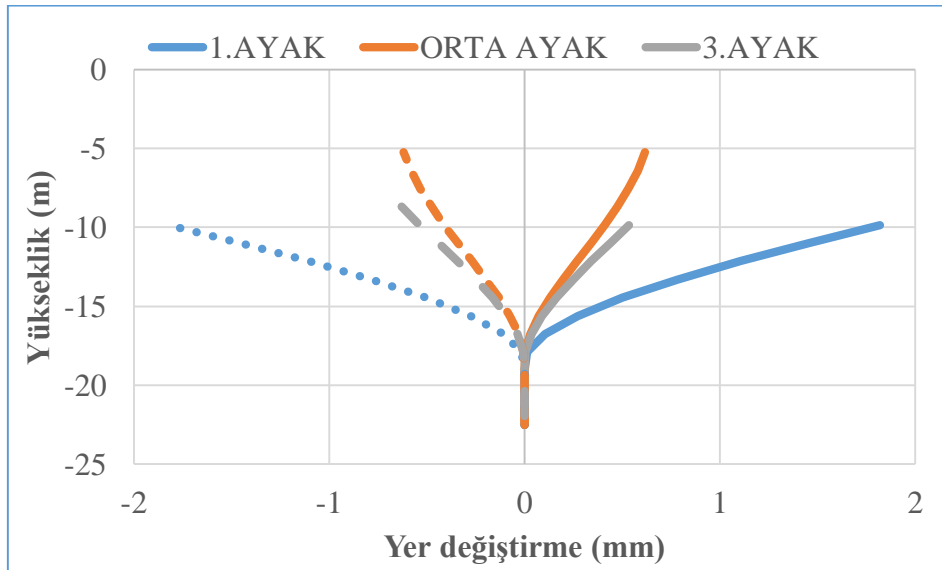


Şekil 5.35 Köprü modelinin N.Palm.Spr. Depreminde Z doğrultusundaki yer değiştirmesi.

Northest California Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değiştirme değerleri Şekil 5.36 'da verilmiştir. Şekil 5.36 'da görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değiştirme 1.ayakta yaklaşık 1.05 mm yer değiştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.36 'daki gibi 1.ayakta 1.82 mm olarak en yüksek yer değiştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar uzak fay'da 5'inci saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

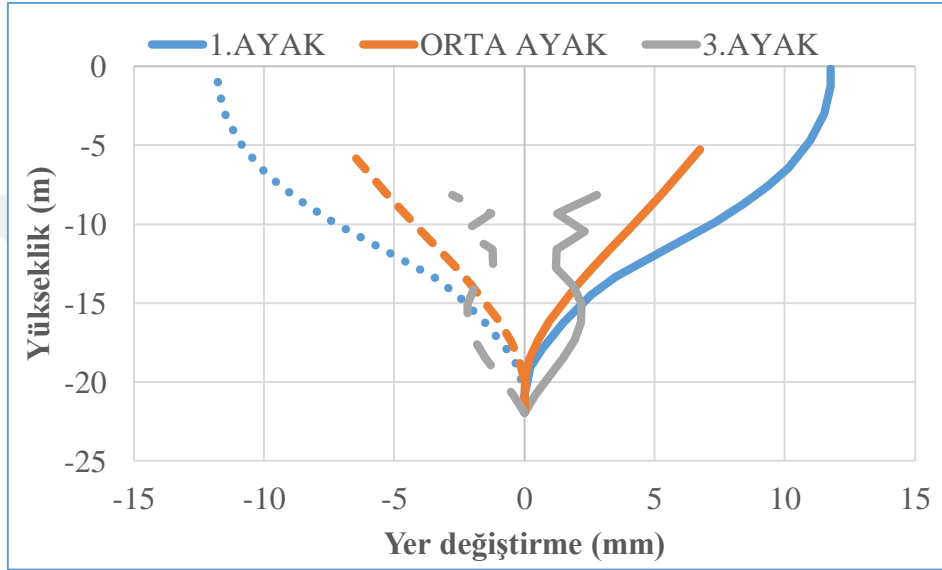


Şekil 5.36 Northest California Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

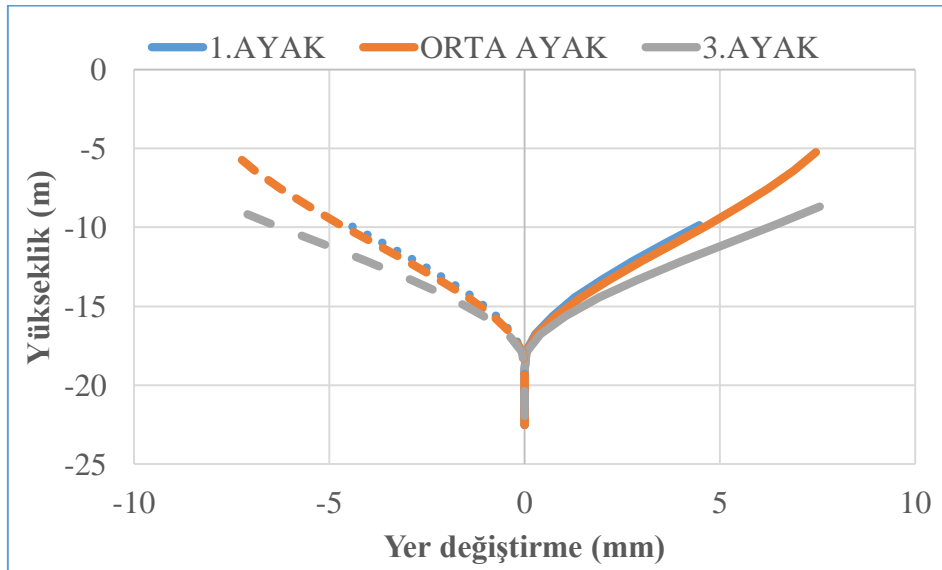


Şekil 5.37 Northest California Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

Northridge Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değiştirme değerleri Şekil 5.38 'de verilmiştir. Şekil 5.38 'de görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değiştirme 1.ayakta yaklaşık 11.78 mm yer değiştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.39 'daki gibi 3.ayakta 7.56 mm olarak en yüksek yer değiştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar yakın fay'da 5'inci saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

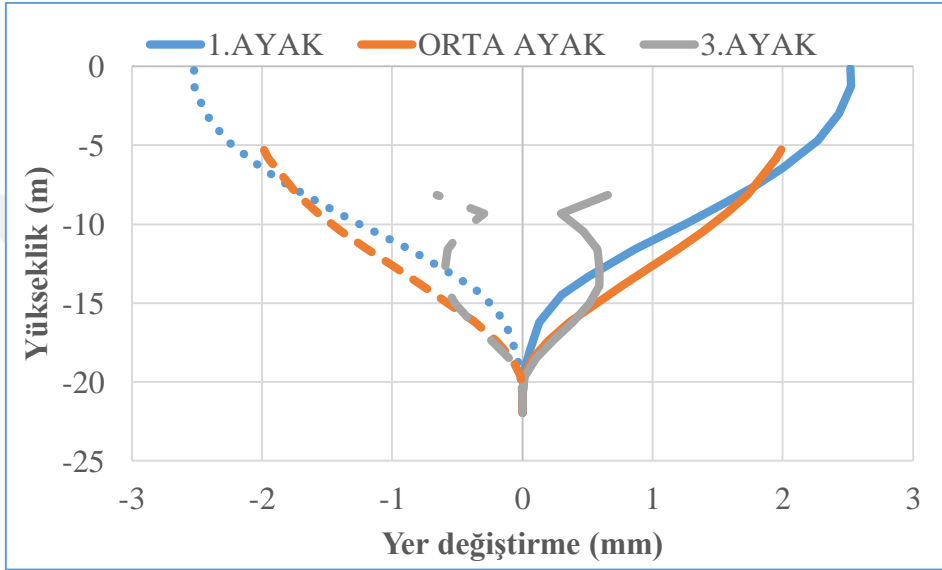


Şekil 5.38 Northridge Depremi'nin yakın fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

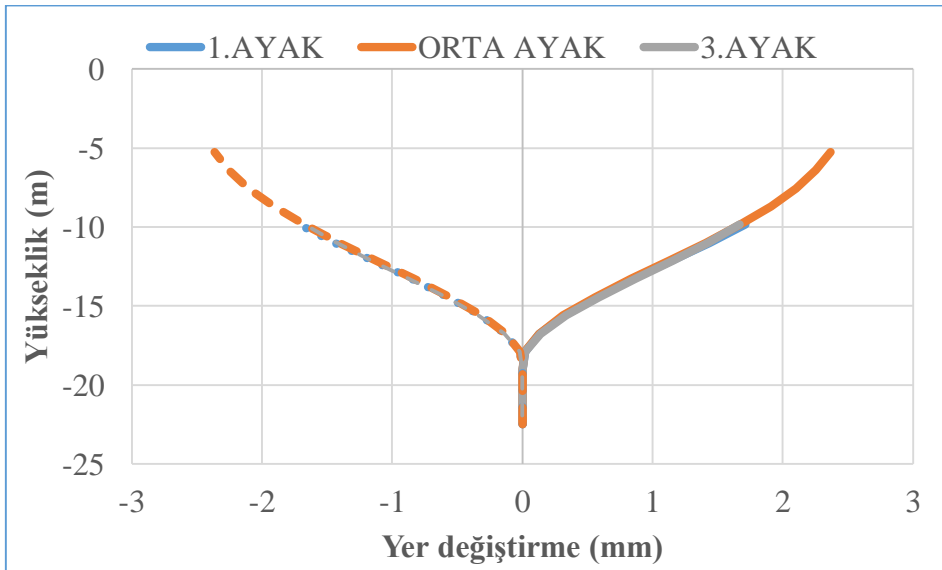


Şekil 5.39 Northridge Depremi'nin yakın fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

San Fernando Depreminde dinamik analiz sonucunda, köprü ayaklarında kullanılan kazık elemanlarının yüksekliği boyunca meydana gelen yer değiştirme değerleri Şekil 5.40 'da verilmiştir. Şekil 5.40 'da görüldüğü üzere, ilk kısımda en yüksek yer değiştirme 1.ayakta yaklaşık 2.52 mm yer değiştirme ölçülmüştür. Aynı ivme kaydıyla ikinci kısımda ise Şekil 5.41 'deki gibi orta ayakta 2.36 mm olarak en yüksek yer değiştirme ölçülmüştür. İkisi içinde incelendiğinde en büyük deformasyonlar uzak fay'da 6'inci saniyede ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

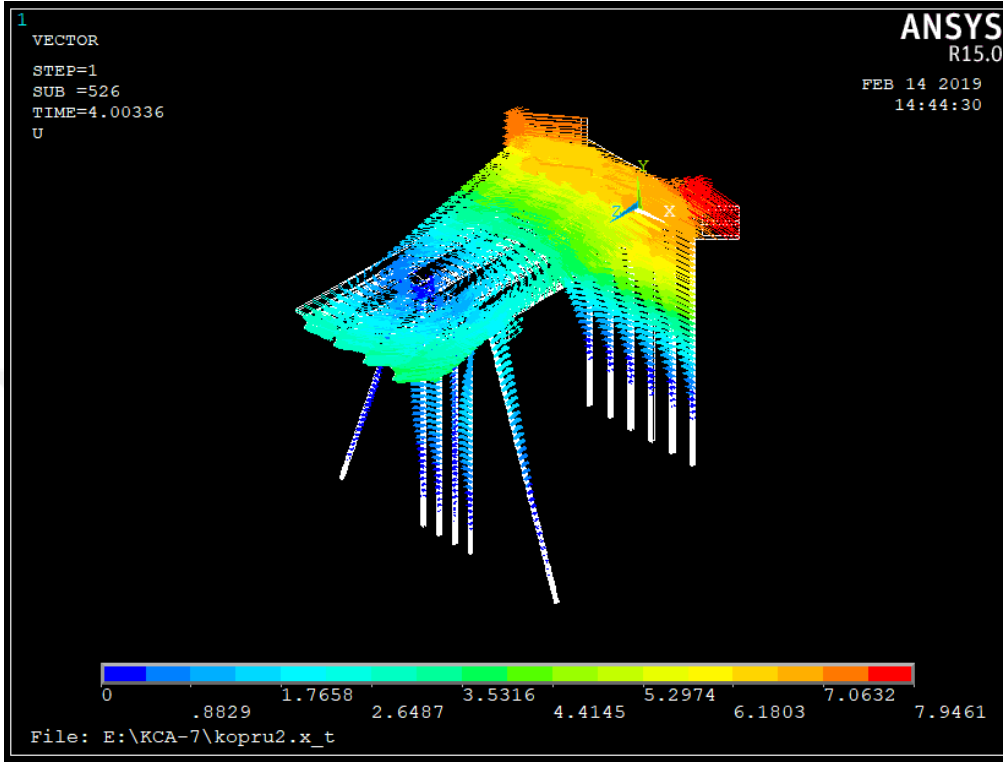


Şekil 5.40 San Fernando Depremi'nin uzak fay hattında ilk kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

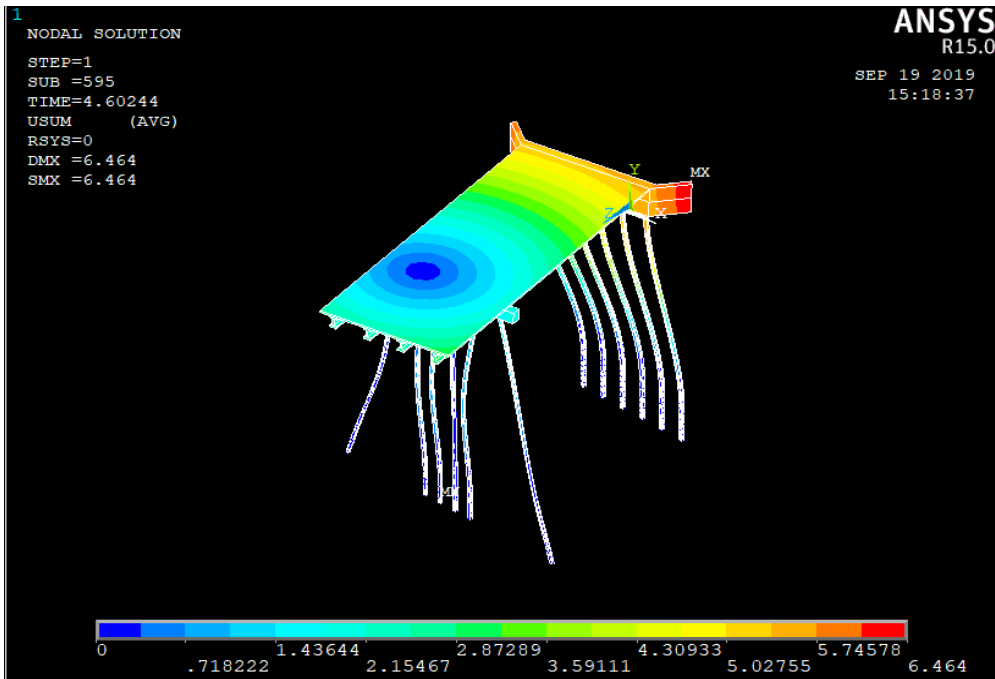


Şekil 5.41 San Fernando Depremi'nin uzak fay hattında ikinci kısımda yükseklik boyunca yer değiştirmeler.

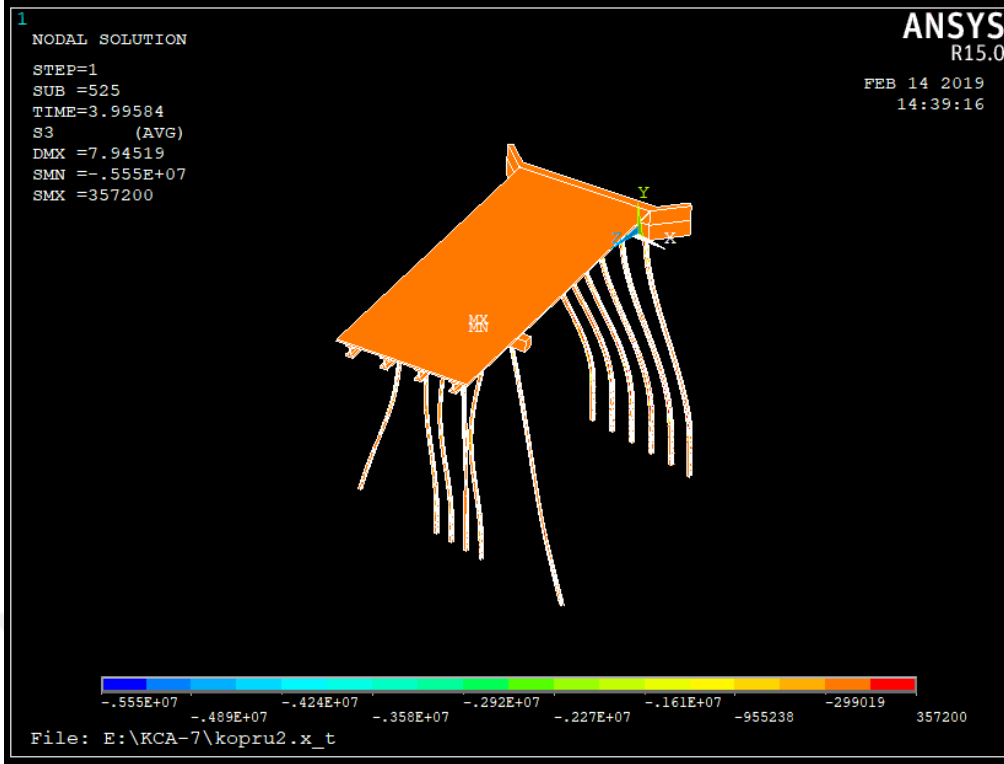
#55555 Köprü modeline ait olan kuvvet ve vektör dağılımı Şekil 5.42’de, Modelin dinamik analiz ile gösterdiği tepki Şekil 5.43’te, köprü modelinin S3 asal basınç gerilmesi Şekil 5.44’de, köprü modelinin S1 asal çekme gerilmesi Şekil 5.45’de verilmiştir. Şekil 5.48 ve Şekil 5.49’da ise kirişlerin Y ve Z doğrultularında yatay yönde seçilen noktaların yer değiştirme grafikleri verilmiştir.



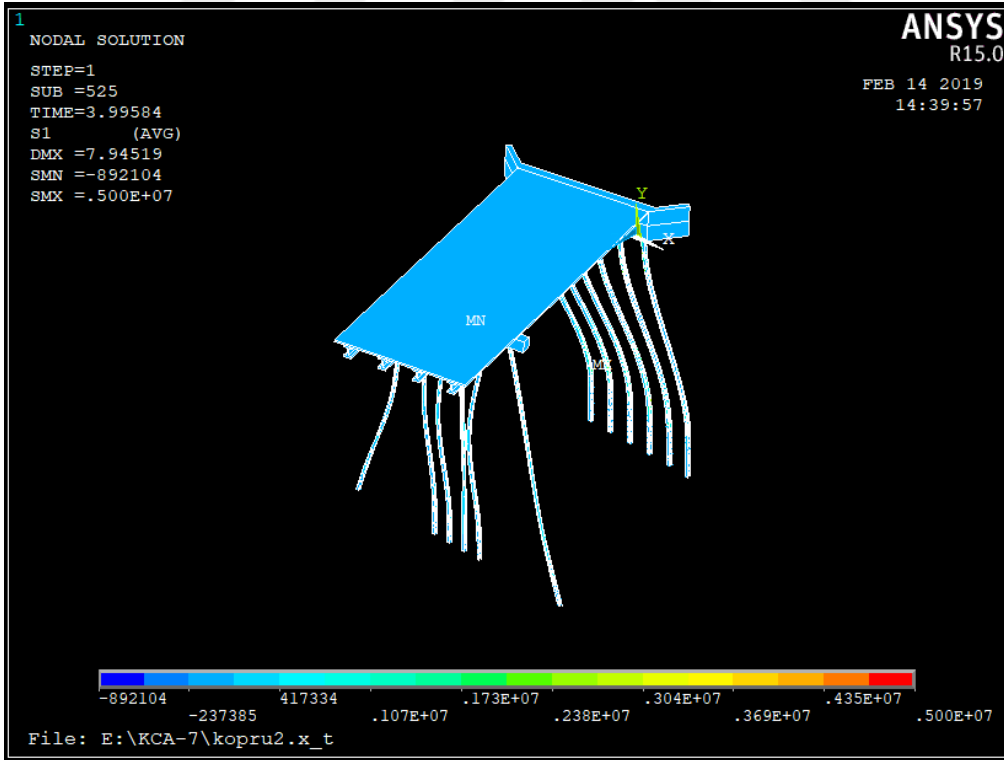
Şekil 5.42 Köprü modelinde birleşik kuvvet vektörlerinin dağılımı.



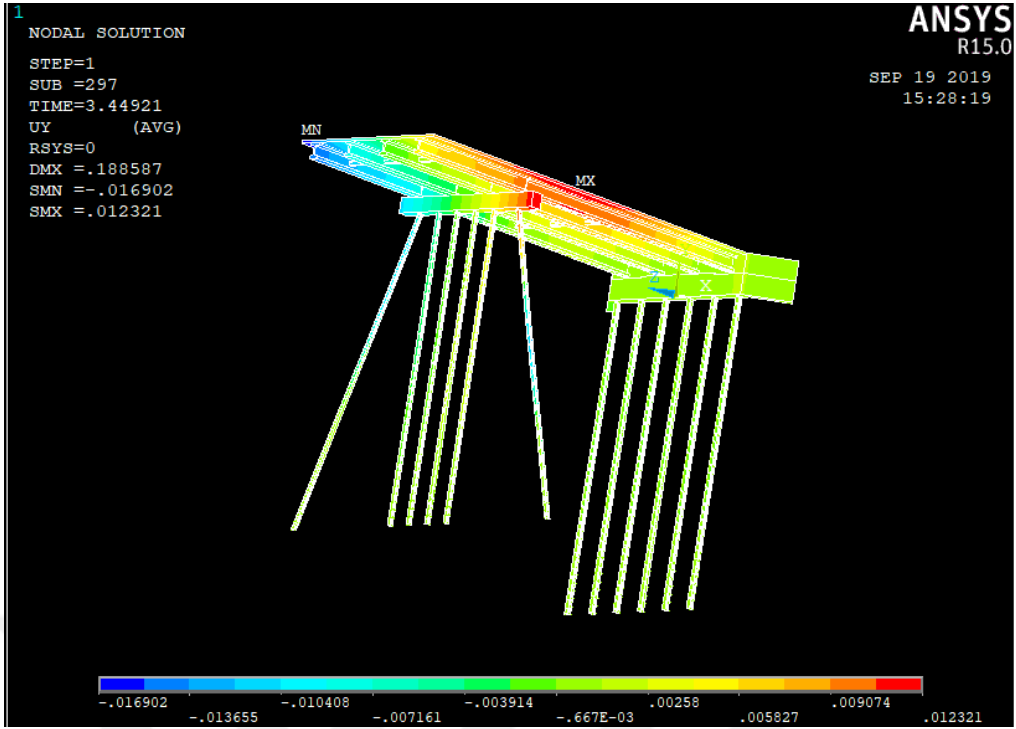
Şekil 5.43 Köprü modelinin dinamik analiz ile hareketi.



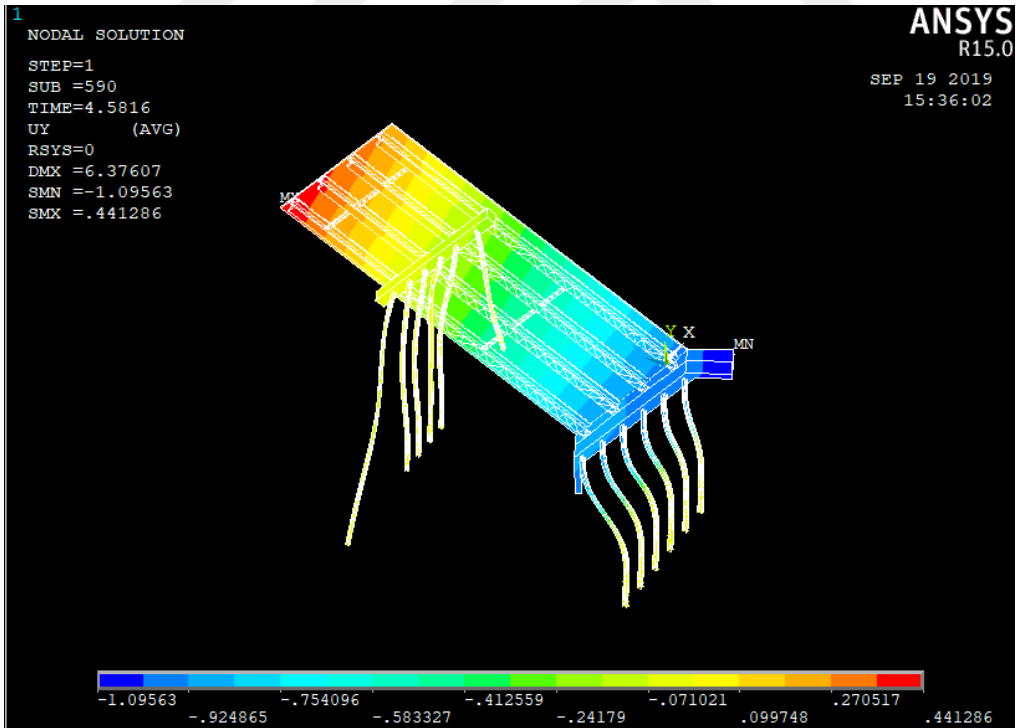
Şekil 5.44 Köprü modelinin S3 asal gerilmesi (basınç gerilmesi).



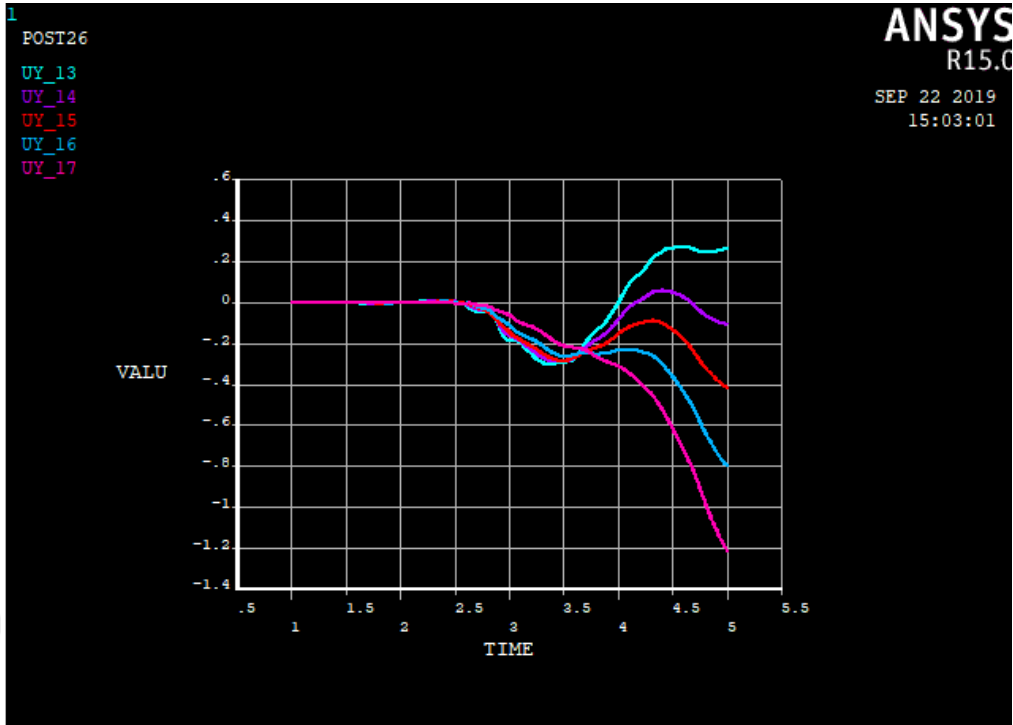
Şekil 5.45 Köprü modelinin S1 asal gerilmesi (çekme gerilmesi).



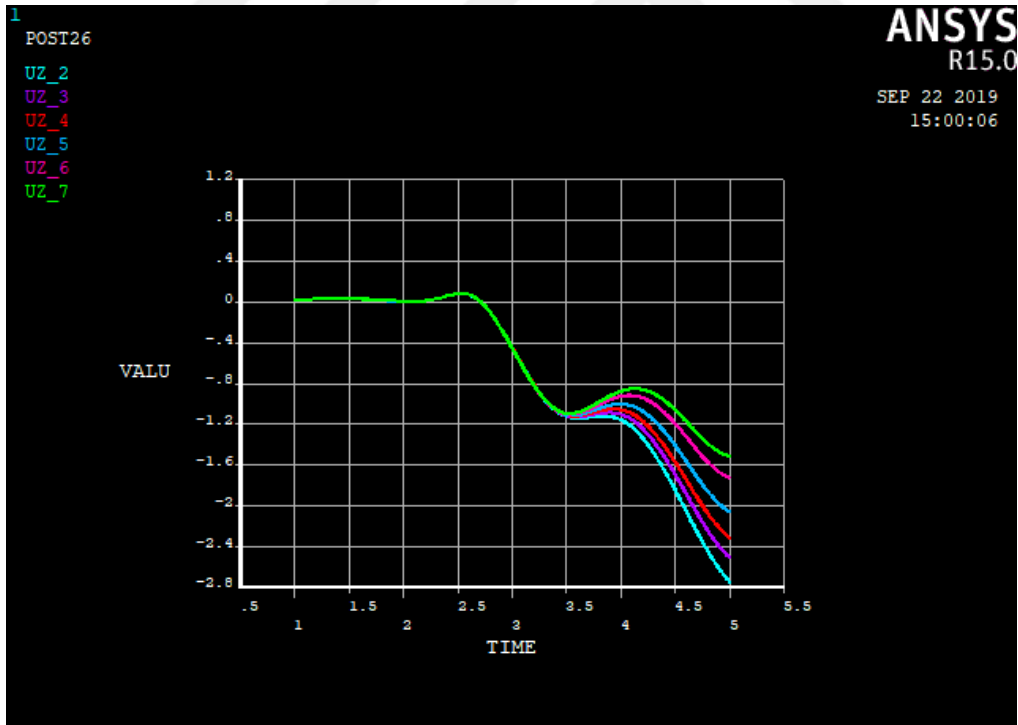
Şekil 5.46 Köprü modelinde kiriş kazık bağlantı kısımlarında meydana gelen yer değiştirmeler.



Şekil 5.47 Köprü modelinde kiriş tabliye bağlantı kısımlarında meydana gelen yer değiştirmeler.



Şekil 5.48 Köprü modelinde kiriş kısımlarında meydana gelen Y doğrultusundaki yer değiştirmelerin program üzerinde oluşturulan grafiği.



Şekil 5.49 Köprü modelinde kiriş kısımlarında meydana gelen Z doğrultusundaki yer değiştirmelerin program üzerinde oluşturulan grafiği.

BÖLÜM 6

6. GENEL SONUÇLAR

Bu tez çalışması ile daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere, 3 boyutlu köprü modeli sonlu elemanlar yöntemi ile oluşturulmuş, oluşturulan bu modele uzak ve yakın fay depremleri etki ettirilerek dinamik analiz yapılmıştır. Yapılan dinamik analizler ile sonuçlar kıyaslandığında en yüksek değerlerin ilk kısımda N.Palm.Spr deprem kaydı ile elde edildiği görülmüştür. Yapılan analiz ile ilk kısımda deformasyon 24.78 mm olarak 1. ayakta ölçülmüştür, İkinci kısımda ise CHİ-CHİ 5.3 ivme kaydı ile yapılan dinamik analiz sonucunda 1.ayakta 20.13 mm olarak kaydedilmiştir.

En düşük deformasyonlar irdelendiğinde Kobe depreminin uzak faydan alınan ivme kaydı ile ilk kısımda orta ayakta 0.1 mm olarak ölçülmüştür. Köprünün ikinci kısmında ise 0.11 mm olarak ilk kısımda olduğu gibi orta ayakta ölçülmüştür. Elde edinilen grafikler incelendiğinde gerilmelerin en çok olduğu kısım kiriş-kazık uç başlığının birleşim yerlerinde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Grafiklerde kazık ile kazık uç başlığının birleşim yerlerinde gerilmelerin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında Şekil 5.48 ve 5.49 ile kiriş üzerinde seçilen düğüm noktalarındaki yer değiştirmeler program üzerinde grafik olarak irdelenmiş, sonuç olarak kirişlerde oluşan yer değiştirmeler izin verilen sınır şartları içerisinde düşey ve yatay yönde belirli hareketler göstermiştir. Yapılan çalışma ile edinilen sonuçlar irdelendiğinde yakın faydan alınan ivme kayıtları ile yapılan dinamik analiz sonucu ile köprünün izin verilen yer değiştirme şartları içerisinde hareket ettiği ve çalışma ile yakın fayda yüksek yer değiştirme değerleri elde edilerek yapılan çalışmanın amaca uygun hareket ettiği gözlemlenmiştir.

Uzak fay hareketlerinde ise değerler beklenen köprü yer değiştirmelerine uygun olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bu tez çalışması, literatürde yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında birçok ortak özellikler barındırmaktadır, fakat yakın ve uzak fay altında integral köprü uç ayaklarındaki deformasyonunun incelenmesi bakımından örnek bir çalışma olmaktadır. Bundan sonraki yapılacak olan çalışmalara yol gösterici olacaktır.



KAYNAKLAR

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications.** (2014), 6th ed. Washington DC.
- ANSYS 11.0** (2009) *Swanson Analysis Systems Inc. Houston PA, USA.*
- Arıkan, M. A.** (2005) *Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikte Uygulamaları*, ODTÜ, Ankara.
- Arsoy S, Barker R M, Duncan J M** (1999) *The Behavior Of Integral Abutment Bridges*, Virginia Transportation Research Council, Virginia, e-book, 1-33.
- Burke, M.P. Jr.,** (2009) *Integral and Semi-Integral Bridges*, John Wiley and Sons, West Sussex, UK, 665 pp.
- Erhan S** (2015) Hareketli yüklerin ve sismik yüklerin integral köprülerin performansına etkileri. *Doktora Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, 458 s.
- Erhan S ve Dicleli M** (2011) Sismik Yüklerin İntegral Köprü Kazıklarında Düşük Yorulmaya Etkileri. *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 11-14 Ekim 2011, ODTÜ, Ankara, 1-8.
- Erol M A** (2009) Effect of skew on live load distribution in integral bridges. *Doktora Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, 168 s.
- Faraji S, Ting J M, Crovo D S and Ernst H** (2001) Nonlinear Analysis of Integral Bridges: Finite-Element Model, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 1: 1-127.
- Feldmann, M., Pak, D., Hechler, O., Martin, P.O.,** 2011. A Methodology for Modelling the Integral Abutment Behaviour of NonSymmetrically Loaded Bridges, *Structural Engineering International*, 21, 311-9.
- Huang J, French C E and Shield C K** (2004) *Behavior of Concrete Integral Abutment Bridge*. 1st edition, Minnesota Department of Transportation, St. Paul 349 pp.
- Karaca H** (2017) 1999 Yakın fay etkisindeki uzun açıklıklı köprü sistemlerin dinamik analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gaziantep, 216 s.
- Karalar M** (2014) Low-Cycle Fatigue Performance Of Steel H-Piles In Integral Bridge. *Doktora Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, 323 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kayabali, K.**, 2003. *Geoteknik Deprem Mühendisliği*, Gazi Kitabevi, Ankara, 708 s.
- Kazak Ü** (1996) Earthquake analysis of curved steel box girder bridges. *Yüksek Lisans Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, 110 s.
- Kotsoglou, A.N. & Pantazopoulou** (2009) Bull Earthquake Eng, Assessment And Modeling of Embankment Participation In The Seismic Response Of Integral Abutment Bridges, 7: 343-358.
- Loh C H, Liao W I and Chai J F** (2002) Effect of near-fault earthquake on bridges: lessons learned from Chi-Chi earthquake *Earthquake Engineering and Engineering sVibration*, 1: 86-98.
- Sehhati, R., Rodriguez-Marek, A., ElGawady, M. and William, F.**, (2011). Effects of near-fault ground motions and equivalent pulses on multistory structures, *Engineering Structures*, 33: 767-779.
- SOLIDWORKS 2009** (2009) *Dassault Systemes SolidWorks Corporation. Waltham, USA.*
- Taşkın V.**, (2006) Ders Notu TÜ Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Böl., Trakya.
- White, H., Pétursson, H., Collin, P.**, 2010. Integral Abutment Bridges: *the European Way, Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 15, 201-8.
- Yalçın Ö F** (2017) İntegral Köprülerde Hareketli Yükler Altında Üstyapı Özelliklerinin Kazık Kuvvetlerine Etkisi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32: 195-197.
- Yılmaz S** (2006) 1999 Kocaeli Depreminde Adapazarı'nda Gözlenen Yapısal Hasarlarda Yakın Fay Etkilerinin Rolü. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, 96 s.
- Yousif, Z., Hindi, R.**, 2007. AASHTO-LRFD Live Load Distribution for Beam-and-slab Bridges: Limitations and Applicability, *Journal of Bridge Engineering*, 12, 765-73.
- URL-1** <<http://www.cncteknoloji.net/Solidworks>>, Ziyaret tarihi: 20.05.2019.
- URL-2** <<http://www.cadsay.com>>, Ziyaret tarihi: 21.04.2019.
- URL-3** < <http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr> >, Ziyaret tarihi: 27.04.2019.
- URL-4** < <http://www.analizsimulasyon.com>>, Ziyaret tarihi: 01.03.2019.
- URL-5** < <http://en.wikipedia.org/wiki/Northridge> >, Ziyaret tarihi: 16.03.2017.

ÖZGEÇMİŞ

Oğuzhan DURSUN, 21.06.1992 tarihinde Zonguldak'ta doğdu. İlköğrenimini Gazi Mustafa Kemal Atatürk ilköğretim okulunda başlayarak, 2006 yılında Erdemir Anadolu Lisesini kazanarak 2010 yılında lise eğitimini tamamladı. 2011 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Yabancı dili İngilizce olup hazırlık eğitimini B1 seviyesinde tamamladı. DURSUN, lisans eğitimini Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde tamamladı. 2016 Yılında Bülent Ecevit Üniversitesi, FBE' ine bağlı İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres: Güney Mah. Barış Cad. No:50/17 KOZLU-ZONGULDAK

Tel : (532) 057 25 67

E-posta : oguzhan-dursun@hotmail.com