

İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARİHİ UZUNKÖPRÜ'NÜN GEOTEKNİK YAKLAŞIMLA PERFORMANS
KONTROLÜ VE REHABİLİTASYON ÖNERİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müslüm GÜNDÜZ

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Geoteknik

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Akın ÖNALP

Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Feyza ÇİNİCİOĞLU (İ.Ü.)

Yrd.Doç.Dr Ersin AREL (SA.Ü.)

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Günümüzde yapıların geçirdikleri süreç içerisinde karşılaştıkları doğal ve insan kaynaklı etkiler karşısında hizmet görübilirliklerini maksimum düzeyde sürdürmeleri önemli önceliği olmaktadır. Bu arayışta sanatsal ve kültürel önemleri itibarı ile büyük değere sahip olan tarihi yapıların yüzyıllarca ayakta kalarak hizmet vermeleri bakımından da günümüz mühendisliğine büyük katkılarının olduğu yadsınamaz bir gerçektir.

Bu çalışmada doğaya rağmen değil, doğaya uyumlu olarak doğadan faydalanmak veya doğal zorlukları aşmanın elde edilmek istenenin performansına katkısını tarihi Uzunköprü'nün geoteknik özellikleri irdelenerek verilmiştir.

Bu çalışmalarda bana yol gösteren ve değerli bilgilerini esirgemeyen hocam ve danışmanım sayın Prof. Dr. Akın ÖNALP'a, jeofizik çalışmalarda destek ve bilgi birikimini esirgemeyen sayın Yrd. Doç. Dr. F. Ahmet YÜKSEL'e, tezin oluşumunda çok büyük katkısı ve yönlendirmesi olan sayın Yrd. Doç. Dr. Ersin AREL'e, sayın Yrd. Doç. Dr. Sedat SERT'e çalışmalarım süresince tüm kaynak ve olanaklarından faydalandığım Zemin Teknolojileri Merkezi firmasına ve çalışmalarım süresince özveride bulunan sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2008

Müslüm GÜNDÜZ

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	1
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. Uygulanan Yöntemler, Teknikler ve Yararlanılan Donanım	3
BÖLÜM 2	5
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Tarihi Uzunköprü Coğrafi Konumu ve Geçgisi	5
2.2. Uzunköprü Tarihi ve Yapının Özellikleri	7
2.2.1. Köprünün Yapılış Tarihi ve Kitabesi	8
2.2.2. Köprünün Şekil ve Ölçüleri	9
2.2.3. Tarihi Köprü Yapı Tipi ve Malzeme Özellikleri	11
2.3. Nehir Su Rejimi ve Büyük Taşkınlar	11
2.4. Jeolojik Durum	12
2.4.1. Ergene Grubu	12
2.4.2. Alüvyon (Holosen, Q _{al})	14
2.5. Depremsellik	14
BÖLÜM 3	15
3. ARAZİ ÇALIŞMALARI VE DEĞERLENDİRMELER	15
3.1. Röleve ve Yapı Hasar Durumu	15
3.2. Zemin Araştırma Sondajları ve Litoloji	19
3.2.1. Yeraltı Su Seviyesi durumu	23
3.3. Sondalamalar	24
3.4. Laboratuvar Deneyleri	28
3.5. Zemin Kesiti ve Geoteknik Değerlendirmeler	31
3.6. Jeofizik Çalışmalar	35
3.6.1. Geo Radar	35
3.6.2. Düşey Elektrik Sondaj (DES)	39
3.6.3. Sismik Ölçümler	42

BÖLÜM 4	45
4. GEOTEKNİK MODEL	45
4.1. Zemine Aktarılan Taban Basıncı	45
BÖLÜM 5	49
5. ANALİZ VE DEĞERLENDİRMELER	49
5.1. Güvenli Taşıma Gücü	49
5.2. 5.1.1. Güvenlik Sayısı	49
5.1.2. Taşıma Gücü	49
5.2. Oturma	50
5.2.1. Ani Oturma	50
5.2.2. Konsolidasyon Oturması	51
5.2.2.1. Terzaghi Formülünden	51
5.2.2.2. Sonlu Eleman Programıyla Oturma Analizi	54
BÖLÜM 6	58
6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	58
6.1. Güvenli Taşıma Gücü	58
6.2. Oturma	59
6.3. Tarihi Köprü Geçgisinin Değerlendirilmesi	59
6.4. Performans Durumu ve Rehabilitasyonu	60
7. BÖLÜM	62
7. SONUÇLAR	62
KAYNAKÇA	63

SEKİL LİSTESİ

Şekil 1.	Tarihi Yapı Alanın Yer Bulduru Haritası	5
Şekil 2.	Araştırma Alanı ve Dolayının Genel Jeoloji Haritası (Akova, 2002)	13
Şekil 3.	Edirne İli'nin deprem durumunu gösteren harita (www.deprem.gov.tr)	14
Şekil 4.	Köprü Rölevesi	16
Şekil 5.	Tarihi Köprü Geçgi Kesiti	23
Şekil 6.	CPT 1-2-3 Uç Dirençleri Grafikleri	25
Şekil 7.	CPT 1-2-3 Profilleri	26
Şekil 8.	CPT Derinlik – qc Grafiği	28
Şekil 9.	SPT N – Derinlik Değişim Grafiği	31
Şekil 10.	I_L – Derinlik Değişim Grafiği	37
Şekil 11.	Cu – Derinlik Değişim Grafiği	32
Şekil 12.	Zemin Kesit	34
Şekil 13.	DES Ölçüm Dizilimi	40
Şekil 14.	DES Dizilimi	41
Şekil 15.	DES Anomali Haritası	41
Şekil 16.	Geoteknik Model	46
Şekil 17.	Köprü Temel Yük Hesabına Esas Planı ve Kesiti	48
Şekil 18.	Skempton Taşıma Gücü Katsayıları	50
Şekil 19.	Ani Oturma Hesaplamasında Kullanılan Eğriler	51
Şekil 20.	Model Geometrisi ve Yakından Görünümleri	55
Şekil 21.	Sonlu Eleman Ağı ve Yakından Görünümü	55
Şekil 22.	Sonlu Eleman Ağı Deformasyon Ölçüm Noktaları	56
Şekil 23.	Köprü İnşası ile Meydana Gelen Oturmalar	57
Şekil 24.	Geçgi Vadi Kesiti	60

FOTO LİSTESİ

Foto 1.	Köprü Uydu Görünümü	5
Foto 2.	Köprü Genel Görünümü G – B Yönünden	6
Foto 3.	Tarihi köprü Geçgisi	7
Foto 4.	Boşaltma Gözleri Ve Selyaranlar	9
Foto 5.	Hasar Görüntüsü	17
Foto 6.	Hasar Görüntüsü	17
Foto 7.	Hasar Görüntüsü	18
Foto 8.	Arazi Çalışmaları Lokasyonları	20
Foto 9.	Arazi Çalışması Görüntüsü (CPT 2)	24
Foto 10.	Köprü Üzeri Radar Ölçümü	36
Foto 11.	Köprü Üzeri Radargram	36
Foto 12.	55. Köprü Ayağı	37
Foto 13.	55. Ayak Taş Temel Üzerinde Radargram	37
Foto 14.	Köprü Kemer Altı Ortasından Radargram	38
Foto 15.	Ana Ayak Radargram Profili Yeri	38
Foto 16.	Ana Ayak Radargram	39
Foto 17.	DES Ölçümü	40
Foto 18.	Sismik Profili Yer ve Görünümü	43

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.	Tarihi Köprü Yerleşim Sahası Zemin Sondajlarından SPTN Değişimi	21
Tablo 2.	Zemin Sıklığı / Kıvamının SPTN ile İlişkisi. (Önalp,Sert 2006)	22
Tablo 3.	Yeraltı Su Seviyeleri	23
Tablo 4.	CPT'nin Değerlendirme Sonuçları	27
Tablo 5.	Tarihi Köprü Laboratuvar Sonuçları	29
Tablo 6.	Tarihi Köprü Laboratuvar Sonuçları (Derinliğe Göre)	30
Tablo 7.	Köprü Gövdesi Sismik, Dinamik, Elastik Parametreler	44
Tablo 8.	Modelde Kullanılan Malzeme Özellikleri	54

EKLER LİSTESİ

Ek 1.	Kuyu Logları
Ek 2.	CPT Logları
Ek 3.	Laboratuvar Sonuçları
Ek 4.	Sismik Hız Grafikleri
Ek 5.	Plaxis Analiz Sonuçları
Ek 6.	Jeolojik Enine Kesit
Ek 7.	Köprü Hasar Durumu

Üniversitesi	:	İstanbul Kültür Üniversitesi
Enstitüsü	:	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	:	İnşaat Mühendisliği
Programı	:	Geoteknik
Tez Danışmanı	:	Prof.Dr.Akın ÖNALP
Tez Türü ve Tarihi	:	Yüksek Lisans / Haziran 2008

TARİHİ UZUNKÖPRÜ'NÜN GEOTEKNİK YAKLAŞIMLA PERFORMANS KONTROLÜ VE REHABİLİTASYON ÖNERİLERİ

ÖZET

Bu tez çalışması tarihi köprülerde yapılacak geoteknik araştırmalara içerik için örnek çalışmadır. Uzunköprü Geoteknik bilimi çerçevesinde araştırılarak planlayıcının geoteknik yaklaşımı , yapının performansı , ve rehabilitasyonuna öneriler getirilmiştir.

Bu içeriği ortaya koymak için öncelikle tarihi taş köprü ile ilgili edinilen genel bilgiler verilerek tarihi süreçte su engelini aşmak için başvurulmuş çareler irdelenerek yapıldıkları dönemlerdeki mühendislik imkan ve yaklaşımları ile Uzunköprü'nün inşa süreci kaynaklardan araştırılarak genel bilgi olarak verilmiştir.

Sonraki bölümde Uzunköprü'nün geçgisinin jeomorfolojisi , jeolojik durumu, rölevesi , yapı malzeme özellikleri (Sismik ile) , temel boyutları (Geoadar - Des çalışmaları ile) geoteknik özellikleri (Arazi , sondaj ,CPT laboratuvar çalışmalarıyla) araştırılarak yapıldığı dönemdeki yaklaşım irdelenmiştir.

Devamında tarihi köprünün elde edilen yapı ve geoteknik özellikleri birleştirilerek tarihsel süreç içerisinde sel , taşkın , deprem , kullanım kaynaklı olan etkilenmeler , tüm etkilerin birlikte yapıldığı dönemden bugüne geçen süre içerisinde zemindeki oturma ve bunun sonucunda oluşan etkilenmeler verilmiştir.

Sonuçta tarihi Uzunköprü'nün elde edilen Geoteknik bulguları ile yapıldıkları dönemdeki Geoteknik Mühendisliği yaklaşım irdelenerek Geoteknik kökenli hasarların giderilmesi için öneriler getirilmiştir.

University : İstanbul Kültür University
Institute : Institute of Science
Department : Civil Engineering
Programme : Geotechnical Engineering
Supervisor : Prof.Dr.Akın ÖNALP
Degree Awarded and Date : M.S./ JUNE 2008

ABSTRACT

This thesis study is a reference study for geotechnical investigations of historical bridges. Uzunköprü was investigated by geotechnical view and some suggestions are given about performance and rehabilitation of structure.

To create this content, first of all, some information is given about historical stone bridges. It contains some questions and answers, like; how people passed water barriers, engineering possibilities and approaches. Also some information was given about Uzunköprü; how was it built and building duration of bridge.

The other part of study contains information about geomorphology, geology of bridge, material features (by seismic study), foundation dimensions (by geodetic and DES studies), geotechnical features (by in situ tests, drilling, CPT sounding and laboratory studies) and role of Uzunköprü. By using these data geotechnical approaches of built era of Uzunköprü is examined.

In this study also, obtained data which is about geotechnical features and structural features is combined in order to determine effects of flood, earthquake, usage and soil settlement of bridge in historical period. All of these situations affect to the bridge together from built date to today. And some information is given about settlement of bridges and its effect in this duration.

As a result, geotechnical findings about Uzunköprü and investigations about geotechnical views in built date of the bridge are given in this study. And some suggestions are given to prevent geotechnical based damages.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Günümüzde yapıların geçirdikleri süreç içerisinde karşılaştıkları doğal ve insan kaynaklı etkiler karşısında hizmet görebilirliklerini maksimum düzeyde sürdürmeleri önemli önceliğidir. Sanatsal ve kültürel önemleri itibarı ile büyük değere sahip olan tarihi yapıların yüzyıllarca ayakta kalarak hizmet vermeleri bakımından da günümüz mühendisliğine büyük katkılarının olduğu yadsınamaz.

Bu tez çalışmasında tarihi Uzunköprü'nün yapıldığı 1427 yılından günümüze 581 yıl gibi oldukça uzun bir süredir kesintisiz hizmet veren tarihi yapıda, bu sürece tarihi yapının geoteknik özelliklerinin katkısı araştırılarak mevcut durumunu tespiti ile rehabilitasyonu durumunda öneriler getirilmiştir.

Tez amacı doğrultusunda gerçekleştirilen arazi çalışmaları, laboratuvar deneyleri ve büro değerlendirmeleriyle geçen yoğun bir çalışma dönemi sonrasında hazırlanan bu tez çalışmasının içeriğini oluşturan ana araştırma konuları ve yapılan işler ile uygulanan metodoloji izleyen paragraflarda maddeler halinde özetlenmiştir.

a) Araştırma öncesi yapılan literatür çalışmasıyla, bölgeye ait bilgiler değerlendirilmiş, böylece arazi ve laboratuvar çalışmalarından sağlanacak olan verilerin daha geniş bir perspektif içinde ve daha sağlıklı bir şekilde bilgiye dönüştürülerek yorumlanmasına çalışılmıştır.

b) 1392 m uzunluğunda 5,5 m genişliğinde ve 174 gözlü olan tarihi köprünün farklı açıklıklardaki Ergene üzerindeki ana ayakta röleve çalışmaları yapılarak yapı boyutları belirlenerek, köprüde mevcut hasarlar belirlenerek yerleri plan üzerine işlenmiştir.

c) Çalışma alanı ve dolayını da içeren geniş bir bölgede jeolojik ve hidrojeolojik arazi çalışmalarında bulunularak parsel alanı ayrıntısında sağlanan jeolojik ve

hidrojeolojik özelliklerin çevresel bütün içindeki yerinin doğru ve tam olarak anlaşılması sağlanmıştır. Bölgesel jeolojik arazi gözlemleri sırasında M.T.A. tarafından hazırlanmış proje alanını içeren bölgenin 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası ve bilgilerinden faydalanılmıştır.

d) Bölgesel ve yerel ön arazi çalışmaları sonunda; köprü zemin kesitini karakterize eden lokasyonlarda, yeraltı jeolojisinin tanımlanmasına ve mevcut litolojik birimlerin geoteknik özelliklerinin belirlenmesine hizmet edecek olan zemin sondajları ve laboratuvar deneyleri sonuçları irdelenmiştir. Sağlanan tüm bilgiler, köprü yerleşim alanının zemin kesitinin geoteknik özelliklerinin karakterize edilmesinde kullanılmıştır.

e) Mevcut toplam 6 adet zemin sondajı ile uygulanan 3 adet CPT çalışmasından sağlanan verilerden, arazide yerinde yapılmış standart penetrasyon deneylerinden (SPT), sondajlardan alınan karot – kırıntı örneklerin laboratuvardaki ölçüm ve deneylerinden sağlanan veriler kullanılarak, temel ortamına ilişkin geoteknik özellikleri, temel tabanı düzeylerini karakterize eden geoteknik ortamların türleri, yayılımları ve özellikleri belirlenmiştir.

f) Tarihi yapıda süreç içerisinde dolgu ile kaplanarak gömülü olan temellerinin derinlik ve boyutlarının belirlenmesi için jeofizik yöntemlerden georadar ve DES yardımıyla temelde çalışmalar yapılarak boyutlar çıkartılmıştır.

g) Çalışma alanının da içinde bulunduğu bölge, 1996 tarihli “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası”nda “4. Derece Deprem Bölgesi” olarak tanımlanmış olmakla birlikte bölge depremselliği hakkında yine de bir bilgilendirmeye gidilmesi zorunlu görülmüş ve bu konu ayrı bir ana bölüm halinde ele alınmıştır. Önlenebilir doğal yersel riskler ile modelleme ve hesaplamalar için gereken verileri sağlamak amacıyla; zemin sondajları ile zemin türündeki litolojik birimlerin fiziksel ve mekanik niteliklerini açığa çıkaracak laboratuvar deneyleri incelenmiştir.

h) Maddeler halinde yukarıda kısaca sıralanan işlerin tamamlanmasıyla kurulan geoteknik model çerçevesinde, yapıda gerek yapıldığı dönemden günümüze varolan ve gerekse ileride varolabilecek doğal ve teknik sorunlar somut bir biçimde ortaya

konularak bir geoteknik irdeleme yapılmış, ayrıca temel ortamlarında alınması gereken mühendislik önlemlerine de tasarlanan geoteknik modeli çerçevesinde açıklık getirilmiştir.

1) Tüm bunların sonunda yapı için rehabilitasyon önerileri getirilmiştir.

1.2. Uygulanan Yöntemler, Teknikler ve Yararlanılan Donanım

Proje amacına yönelik olarak izlenen çalışma metodolojisi; bölgeye ait önceki araştırmaların incelenerek proje amacı doğrultusunda değerlendirildiği bir ön bilgilenme evresi sonunda arazi çalışmaları , eldeki sondaj ve laboratuvar deneyleri ile, elde edilen verilerin büroda irdelenmesi ve yorumlanarak sonuçlandırılması şeklindedir.

Arazi öncesi ön bilgilenme evresinde, literatüre girmiş kaynaklar , üniversiteler ile özel kuruluşlar tarafından yapılmış olan geçmiş yıllardaki benzer çalışmalara ait raporlar araştırılmış ve bulunanlarda proje amacına uygun veriler ayıklanarak bunlardan yeri geldikçe yararlanılmıştır.

Tarihi yapı mevcut durumu ve boyutlarının eldeki kaynaklar ve yerinde yapılan röleve çalışmalarıyla belirlenmesi ilerideki aşamalarda yapı yüklerinin belirlenmesinde gerekli olan verileri temin etmiştir.

Mevcut sondajlara ek olarak geçgi üzerindeki sondaj lokasyonları yakınında belirlenen 3 noktada koni penetrasyon deneyi (CPTU) uygulanmış ve buradan elde edilen veriler eldekilerle birleştirilerek genel geoteknik özelliklerin değerlendirmesinde belirleyici dayanak oluşturmuştur.

Tarihi yapı temel boyutları - derinliklerinin belirlenmesi amacıyla jeofizik yöntemlerden georadar (GPR) ölçümlerine başvurulmuş elde edilen bulgular diğer bir jeofizik yöntem olan DES ile desteklenerek yapı temel derinlik ve boyutları belirlenmiştir.

Bu yapıda kullanılan malzemelerin dinamik elastik parametrelerinin tespiti yerinde yapı üzerinde sismik yöntem uygulanarak elde edilerek hesaplamalara veri sağlanmıştır.

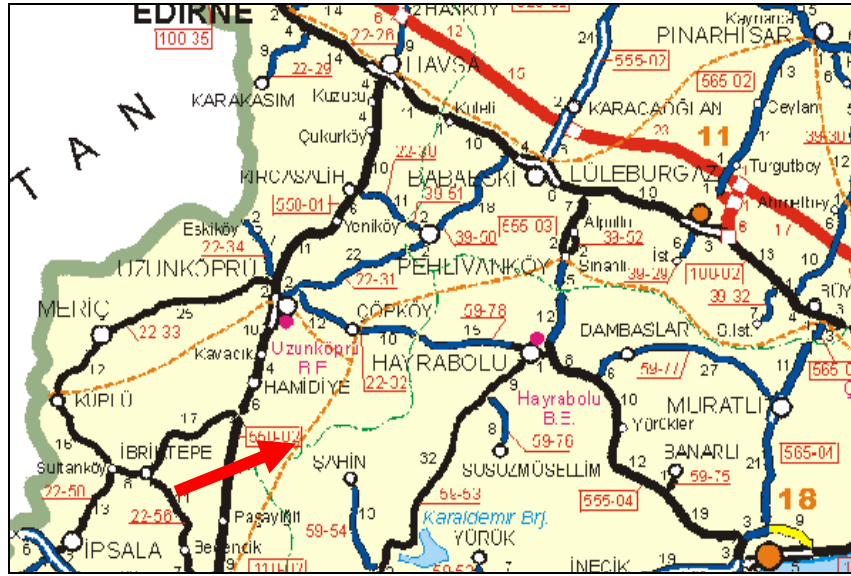
Çalışmanın her aşamasında ulaşılan bilgi düzeyinin en açık ve anlaşılır bir şekilde aktarılmasını sağlamak amacıyla elde edilen veriler kullanılarak geoteknik model oluşturulmuş ve bu model üzerinde gösterilmiştir.

BÖLÜM 2

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihi Uzunköprü Coğrafi Konumu ve Geçgisi

Edire İli'nin Uzunköprü ilçesi yerleşim alanının içerisinde yer alan tarihi köprü , Uzunköprü Edirne karayolu güzergahı üzerinde olup bugün de karayolu ulaşımını sağlamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Tarihi Yapı Alanının Yer Bulduru Haritası.



Foto 1. Köprü Uydu Görünümü.



Foto 2. Köprü Genel Görünümü G – B Yönünden.

Tarihi yapının bulunduğu Uzunköprü, Marmara bölgesinin Trakya bölümünde, Edirne iline bağlı bir ilçe merkezidir. Meriç ve Ergene havzalarında yer alan $41^{\circ} 01' - 41^{\circ} 26'$ Kuzey enlemler ile $26^{\circ} 27' - 26^{\circ} 57'$ doğu boylamları arasındadır.

Uzunköprü Edirne'nin 47 km güneyinde, kuzeyde Ergene Vadisi'ne doğru hafif meyilli tamamen toprakla örtülü bir yamaçta bulunur. Zemin kil, kumlu kil, kumtaşı ve kumlu tüflerden ibarettir. İlçenin alt kenarında, ortadan geçen Ergene Nehri'nin bıraktığı birikintiler yer alır.

Tarihi köprü geçgisi Ergene ırmağının üzerinde geniş bir ova içerisinde kalmakta olup kuzeyinde küçük küçük tepeler ile güneyinde farklı yükseltiler bulunmaktadır. Uzunköprü güzergahında büyük engel olarak Ergene nehri, küçük engeller olarak da Şoldrak ve Kırkkavak dereleriyle su taşkınlarının meydana getirdiği diğer derecikler vardır . Tarihi yapı yerleşiminin deniz düzeyinden yüksekliği ortalama 15 m. dir.

2.2. Uzunköprü Tarihi ve Yapının Özellikleri

1403 (H. 806) da Amasya’da doğan Sultan Murad, babası Çelebi Sultan Mehmet’in 1421 (H.824) de vefatı üzerine tahta çıkmış ve 3.Şubat. 1451 Edirne’de vefat etmiştir. Yaptırdığı bu köprü ve köprüünün bir başına cami, imaret ve hamam bina ettirdiği gibi Uzunköprü kasabasını da tesis ve iskan ettirmiş, diğer başına da Yayalar (Katip Çelebi’ye göre Babalar) köyünü meydana getirecek bu köy halkını, köprüyü hizmet şartıyla tekaliften mu’af tutturmuştur.



Foto 3. Tarihi Köprü Geçirgahı.

Osmanlıların Marmara kuzey kıyılarından itibaren Tuna boylarına doğru giriştikleri fetih hareketinde bir çok güçlüklerle karşılaşmakta idi. Anadolu’dan Rumeli’ye büyük kuvvetlerin geçirilmesinde deniz engeli ile, Rumeli yakasında ise yol eksikliği ve akarsular üzerinden geçiş zorluklarıyla da savaşmak gerekiyordu. İlk büyük engel Ergene nehri idi.

Uzunköprü için: Hibri Abdurrahman Çelebi “ Ergene suyu murad üzere her zaman geçit vermemeğin Ebilhayrad Merhum Sultan Murad Han ol mevzide 174 tak üzere

bir köprü bina edüp bir tarafına Yayalar köyünü,diğer tarafına da bir kasaba kondurup bir cami,bir imaret, bir hamam bina eylemiştir” demektedir.

İ.H. Balkas da Uzunköprü hakkında şu bilgileri vermektedir : Bu sahada Traklar devrinde kurulmuş Büyük ve Küçük Ergene kasabalarından başka Ergene nehri üzerinde daha sonraki tarihlerde yapılmış ahşap köprüler de vardı. Bunlar zamanla harap olmuşlar ve tekrar yenilenmişlerdi. Bu ahşap köprüler,her mevsim geçiş ihtiyacını karşılamıyordu. I. Murad zamanı, İlk Osmanlı harekatı sırasında burada mevcut köprü, ilerleyişi akasatmak amacı ile düşman tarafından tahrip edilmiş fakat I.Murad emriyle ahşap olarak tekrar yaptırılmış idi (22 mart 1361). II. Murad’ın kovaladığı Mustafa Çelebi de ahşap köprüyü tekrar tahrip etmiş ise de yakalanarak idam olunmuş ve I. Murad zamanında tekrar bir ahşap köprü inşa ettirilmiş idi (1421). Bu ahşap köprüler her mevsimde geçiş ihtiyacını karşılamıyor ve zaman kayıplarına sebep oluyorlardı. Bu ihtiyaç karşısında I.Murad tarafından kargir büyük bir köprünün yapılmasına karar verilmiş ve İshak ve ile Hacı Ivaz Paşalar nezaretinde işe başlanmıştır. İlk temel Yayalar köyüne atılmıştır. Bu sırada II. Murad Uzunköprünün bugünkü Cumhuriyet meydanında çadırli ordugahına yerleşmiş, Şeyh Emir Sultan ve Hacı Bayram Veli tarafından dualar edildikten sonra Ergene nehri üzerine rastlayan kesimde inşaata başlanmıştır. Buradaki ahşap köprü birkaç yıl içinde kargire çevrilmiştir. Daha sonra kasaba tarafındaki inşaata geçilmiştir. (Çulpan 2002)

2.2.1. Köprünün Yapılış Tarihi ve Kitabesi

İnşa başlangıcı: Aşıkpaşazade ve ondan naklen Tacüttevarihe göre (H.829) da, Ravzatü'l -ebrar'a göre ise 1427 (831) de başlanmıştır . Bu kitabenin sağ yukarı köşesinde, başkaca küçük bir kitabe daha çarpmakta ve içinde şu yazılar okunmaktadır: “Bu köprü yüz yetmiş dört adet gözdür”. Başlangıç ve tamamlama tarihlerine göre, köprünün inşası 16-18 yıl sürmüştür. Edirne salnamesine göre:”Köprü, Timurtaş Bey oğlu ve Osman Çelebi biraderi Gazi İshak Bey nezaretinde inşa” edilmiştir.

2.2.2. Köprünün Şekil ve Ölçüleri

Edirne salnamesi : Köprünün 1392m. boyunda, 5.50m. genişlikte ve 174 kemerli olduğunu” yazmaktadır.Köprünün genel görünüşü ile boşaltma gözleri ve selyaranların bir kısmı (Foto 4) dedir. Ergene kesimine rastlayan büyük gözlerin sağ ve solunda boşaltma gözleri vardır. Bunlar da, köprünün en çok bu kesiminde taşkınlara uğradığına tanıklık etmektedir.



Foto 4. Boşaltma Gözleri Ve Selyaranlar.

Köprünün yol kısmı ilkin yontulmuş büyük taşlar döşenerek meydana getirilmiş idi. Son zamanlarda ise asfalt ve yakın yıllarda da karayolları tarafından beton haline getirilmek suretiyle onarılmıştır. Aynı zamanda korkulukların yanlara taşırılması suretiyle döşeme genişliği artırılmıştır.

Köprü, Ergene nehrinin taşkın mevsimlerinde kapladığı geniş ve bataklık sahadan bile rahatlıkla geçilecek şekilde çok uzun olarak yapılmıştır.

Köprü Üç Parça Halinde İncelenebilir:

- a) Sol kanat : Ergene üzerinde suyun akıntısına dikey durumda boyu 204 m. dir.
- b) Orta kısım : Ergene nehrinin taşkın sahası üzerindedir. Boyu 1056 m. dir.
- c) Sağ kanat : Fazla suları karşılamak ve hem de bu civarda yatan (Gazi Mahmut Baba) nın manevi himayesi amacı ile eklenmiş, 100 m. lik bir rıhtım-yoldan ibarettir. Buradaki korkuluk taşlarının bir kısmı 1908 sıralarında belediyece söktürülmüş ve şehir içi çeşmeler inşaatında kullanılmıştır. Sağ taraftaki 25 m. lik diğer bir kısım da 1957 de doldurularak araba ve oto parkı haline getirilmiştir. Geri kalan 75 m. lik kısım, belediye binasının ön duvarını teşkil etmektedir. Bu gibi müdahaleler, köprünün her iki ucunda da uzun yıllardır süregelmiştir.

Uzunköprü güzergahında büyük engel olarak Ergene nehri, küçük engeller olarak da Şoldrak ve Kırkkavak dereleriyle su taşkınlarının meydana getirdiği diğer derecikler vardır. Sulara serbest akış sağlamak için bu kısımlardaki gözler büyükçe tutulmuş, dolayısıyla bu topografik ve teknik durum gereği köprü döşemesi de büyük gözlere doğru inişli ve çıkışlı bir şekil almıştır. Köprünün yalnız Ergene nehri üzerindeki kısmı günümüze kadar eski durumunu muhafaza edebilmiş, diğer taraflardaki özellikleri zamanla kaybolmuştur.

Yapımda, Ergene'nin ötesindeki Eski köy, Kuleliburgaz, Taşçıarnavut köyleri ocaklarından getirilen taşlar kullanılmıştır. Bu taş ocaklarından Kuleliburgaz ve Taşçıarnavut köyleri halen Meriç batısında, Yunanistan toprakları içinde kalmıştır. Eskiköy ocaklarından ise artık faydalanılmamaktadır. Karayolları tarafından

yaptırılan bugünkü onarımlar için gerekli taşların Edirne 'nin KD'sunda Kavaklıköy civarından getirilmekte olduğunu bilgisi vardır .

2.2.3. Tarihi Köprü Yapı Tipi ve Malzeme Özellikleri

Tarihi Uzunköprü inşa özellikleri bakımından bir taş köprüdür . Yapı altta doğal kireçtaşından kesme taşları ince bir bağlayıcı harç ve birleştirilerek inşa edildiği temel , üzerinde ayaklar , ayakları bağlayan kemerler gurubu ve tüm ayakları yol kotunda bağlayan döşemeden oluşmuştur.

Bağlayıcı olan horasan harcı malzemede basınç dayanımı $\sigma = 200 -600$ kPa, horasan harçlı kargir malzemede ise tahmini $\sigma = 150 - 300$ kPa mertebesindedir (Çamlıbel, 2000). Horasan harcının dayanımının, düşük dozajlı bir çimento harcın dayanımı civarında olacağı varsayımı yapılabilir. Basınca belli limitlerde dayanır , çekmeye karşı ise dayanımı çok az olduğundan yapının çekme mukavemeti, içindeki bağlayıcı harcın mukavemetine eşdeğerdir.

Horasan yapımında kireç ve öğütülmüş tuğla tozu kullanılır. Dayanımı kirecin kalitesine ve tuğla tozunun inceliğine bağlıdır. Bu nedenle eski yapılarda kullanılmış olan horasanın kalitesi ve dayanımı yöresel koşullara bağlı olarak değişir. Horasan harcının içine ince çakıl katılabilir. Horasan harcının içine katılan kireç zamanla sertleştiği için dayanımının yüksek olması için ince çakıl kullanılır. Roma kalelerinde horasan harcı, içine ince çakıl konularak kullanılmıştır. Ayrıca horasan harcının içine rötreyi engellemesi için saman da katılabilir. Horasan çok geç sertleşen bir malzemedir, dayanımını çok uzun zamanda kazanır. (Kuban,1998).

2.3. Nehir Su Rejimi ve Büyük Taşkınlar

Uzunköprü'de eldeki kaynakların bilgileriyle , biri XIX .uncu yüzyıl sonlarında, diğeri 1956 yılında olmak üzere iki büyük kış ve taşkın olmuştur. 1 Şubat 1956 günü kar yağmaya başlamış, buz kütleleri üst üste yığılmışlardır. 12 Şubat tarihinde karlar ve buzlar erimeye başlamış, 14 Şubat salı akşamı bütün köprü sahasını sular kaplamıştır.

Uzunköprü'nün büyük gözünün menba ve mansap taraflarında kaynaklar evvelce iki değirmen olduğu bilgisini vermektedirler. Bunların menba' tarafındaki altı taşlı ve mansap tarafındaki beş taşlı olduğu ve bunların mahalli un ihtiyacını sağlamakta oldukları sonrasında ise 1956 taşkınında menba taraftaki değirmenin harap olduğu mansap taraftaki ise bundan daha evvel yıkıldığı bilgisi vardır . Bu bilgilerde taşkınları işaret etmektedir.

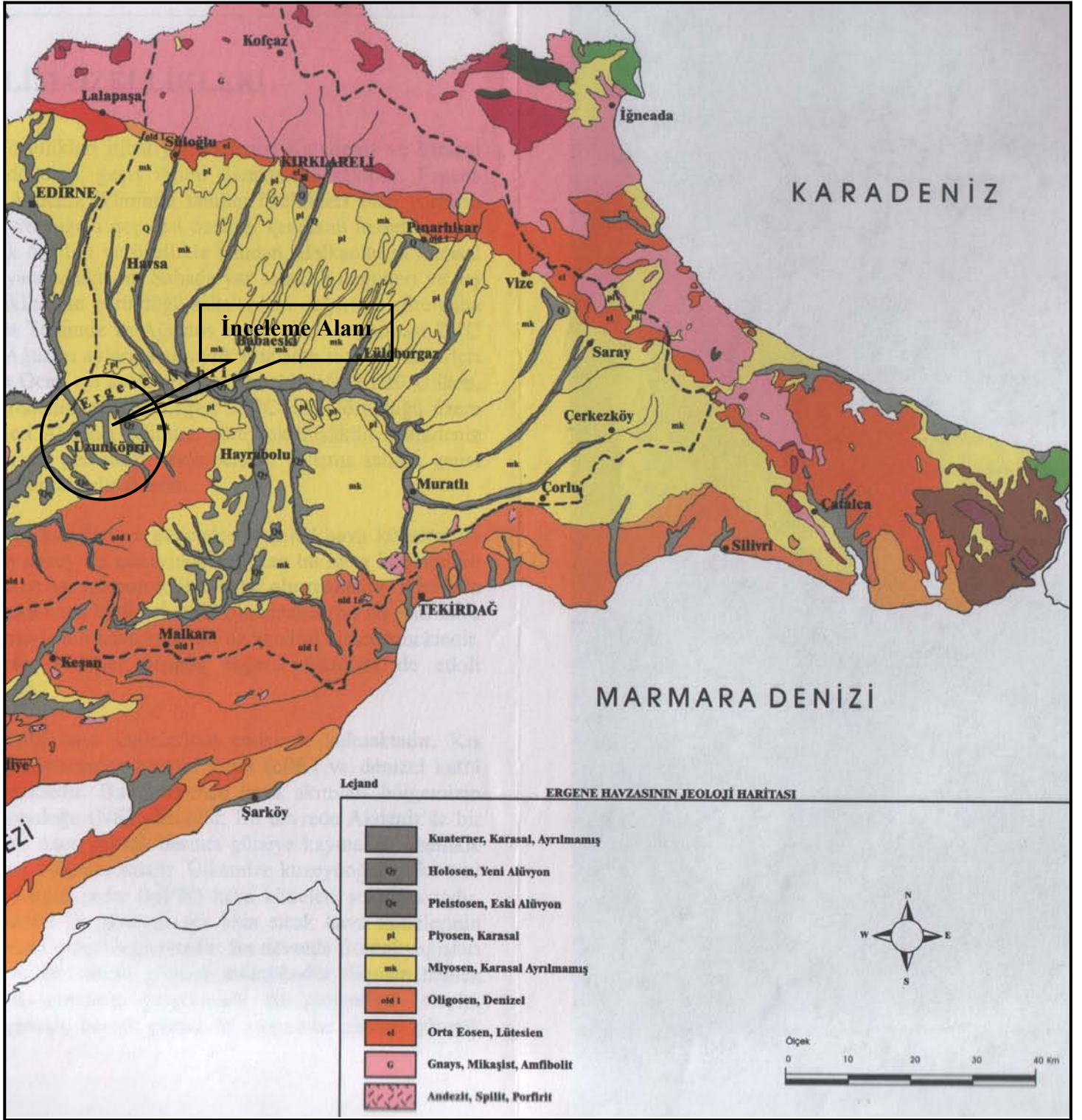
2.4. Jeolojik Durum

İnceleme alanı çevresinde bulunan jeolojik birimler; Uzunköprü'nün güneyi Ergene Grubu, kuzeyi Danişmen Formasyonu yer yer Trakya Formasyonu ile örtülüdür

2.4.1. Ergene Grubu

Ergene Grubu Trakya havzasında ve Gelibolu Yarımadası'nda ayrı ayrı gelişim gösterir. Trakya havzasında Ergene Grubu; beyaz, sarımsı beyaz, kirli sarı renkte, iyi gözenekli, orta-iyi boylanmalı, tane boyu alttan üste doğru incelen, aşınma tabanlı, çapraz katmanlı, gevşek tutturulmuş çakıl-kum üzerine asılıdan durulma yeşil renkli kil, çakıl ve kil içerikli kırmızı renkli çamurtaşı ve az tutturulmuş miltaşından oluşur. Birim gölsel, karasal ve nadiren denizel oluşuklardan oluşur. Ergene Grubu örgülü veya menderesli akarsu çökelleri olup çapraz katmanlı çakıltaşı ve kumtaşı kanal çökellerini, yaygın olarak bulunan kil ve siltler ise taşkın ovası çökellerini karakterize eder. Ergene Grubu kendinden önceki tüm birimlerin üzerine açılal uyumsuzdur. Üzerine Trakya Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Ergene Grubu'nda taneler bol kuvars içerir, oldukça yuvarlaktır. Birimde laminalanma, tabakalanma, düzlemsel ve tekneysel çapraz tabakalanma, dereceli tabakalanma izlenmektedir. Kırmızı renkli çamurtaşları yer yer kum ve çakıl içeriklidir. Ergene Grubu Trakya havzası kenarlarında 40-60 m havza ortalarında ise 350-400 m bir kalınlıktadır. Yulaflı sondajında 666 m kalınlık kesilmiştir.

Ergene Grubu'nda bulunan omurgalı fosillerine göre Orta-Üst Miyosen yaşı verilmiştir. Ergene Grubu içinde havza içinde Kurtdere, Çelebi ve Sinanlı formasyonları ayırtlanmıştır. Gelibolu yarımadasında Ergene Grubu; Çanakkale ve Conkbayırı formasyonları olarak temsil edilmiştir.



Şekil 2. Araştırma Alanı ve Dolayının Genel Jeoloji Haritası (Akova, 2002).

2.4.2. Alüvyon (Holosen, Q_{al})

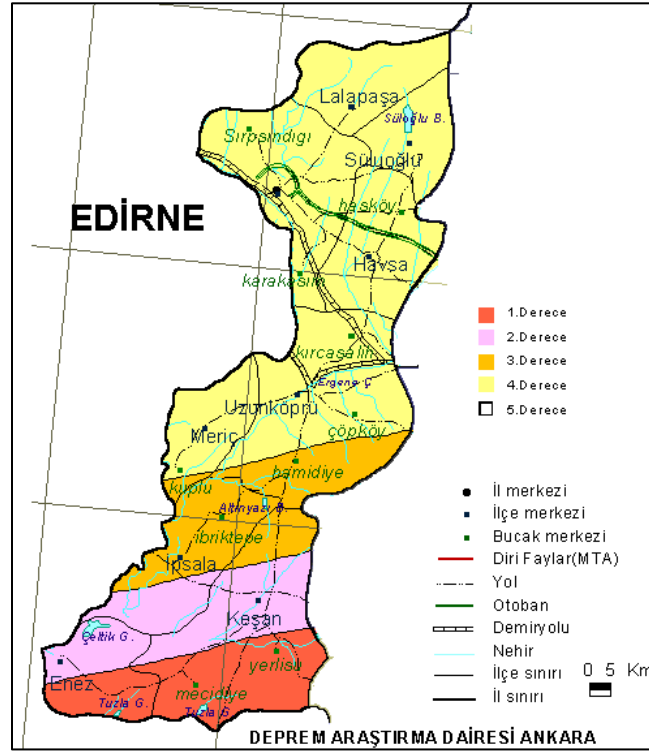
Genel jeoloji haritası çıkarılan bölge GD kesiminde yer alan ve KKD yönünde akış gösteren Kurşunlu / Karakütük Deresi'nin akarsu yatağı boyunca yer alır. Çevre kayaçların genellikle ince danelerinden oluşmuştur (Şekil 2).

2.5. Depremsellik

Edirne ili T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre Uzunköprü ve çevresi 4. derece deprem bölgesi olarak kabul edilmiştir.

Bu kaynaktan edinilen Uzunköprü'nün 4. derece deprem bölgesinde bulunması bilgisi yapılan çalışmanın içeriğinde Sıvılaşma 'ya yer verilmemesinin başlıca nedeni olmuştur. Zira bölgede 1440 lardan bugüne geçen zaman içerisinde yapıyı etkileyecek depremin oluşmadığının yapının günümüzde bile hizmet görebilecek düzeyde bir sağlamlıkla ulaşılmış olmasından anlaşılmaktadır .

Şekil 3. Edirne İli'nin deprem durumunu gösteren harita (www.deprem.gov.tr).



BÖLÜM 3

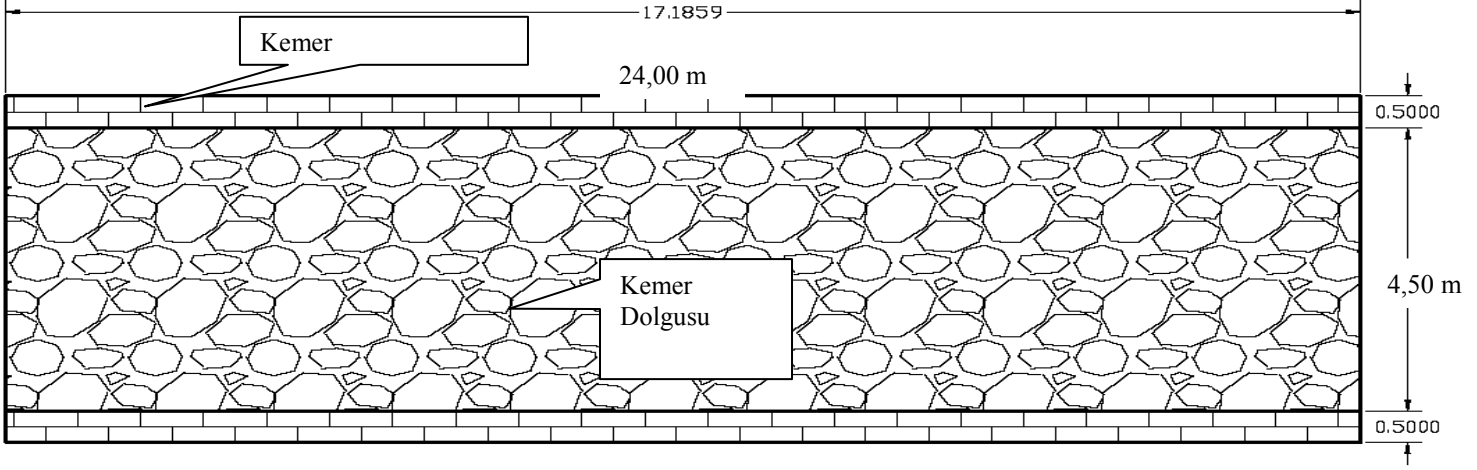
3. ARAZİ ÇALIŞMALARI VE DEĞERLENDİRMELER

Tarihi yapıda boyutlandırma çalışmaları ile yük hesabına esas yapı boyutları ve ayak açıklıklarının belirlenmesi ölçümlerine dayanan röleve çalışmaları , tarihi Uzunköprü yerleşim alanı ve karşılaştırma için farklı geçgilerin zemin kesitinin belirlenmesi kapsamında yeraltı jeolojik modelinin kurulması ve buradan hareketle önce zemin kesiti modelinin oluşturulması amacıyla arazide gözlemler, yerinde ölçümler ve deneyler yapılmıştır. Yerinde gerçekleştirilen başlıca araştırma yöntem ve tekniklerini; bu ana bölümde anlatılan röleve - hasar durumu gözlemleri , zemin sondajlarının açılması , CPT yapılması ile zemin kesitinin belirlenmesi çalışmaları , izleyen ana bölümde anlatılan Georadar ve DES ile yapılan ölçümlerle temel derinliği ve boyutlarının belirlenmesi uygulamalarına ve yapı malzemesinin elastik parametrelerinin belirlenmesine yönelik yapılan sismik çalışmalara dayanan jeofizik çalışmaları oluşturmuştur .

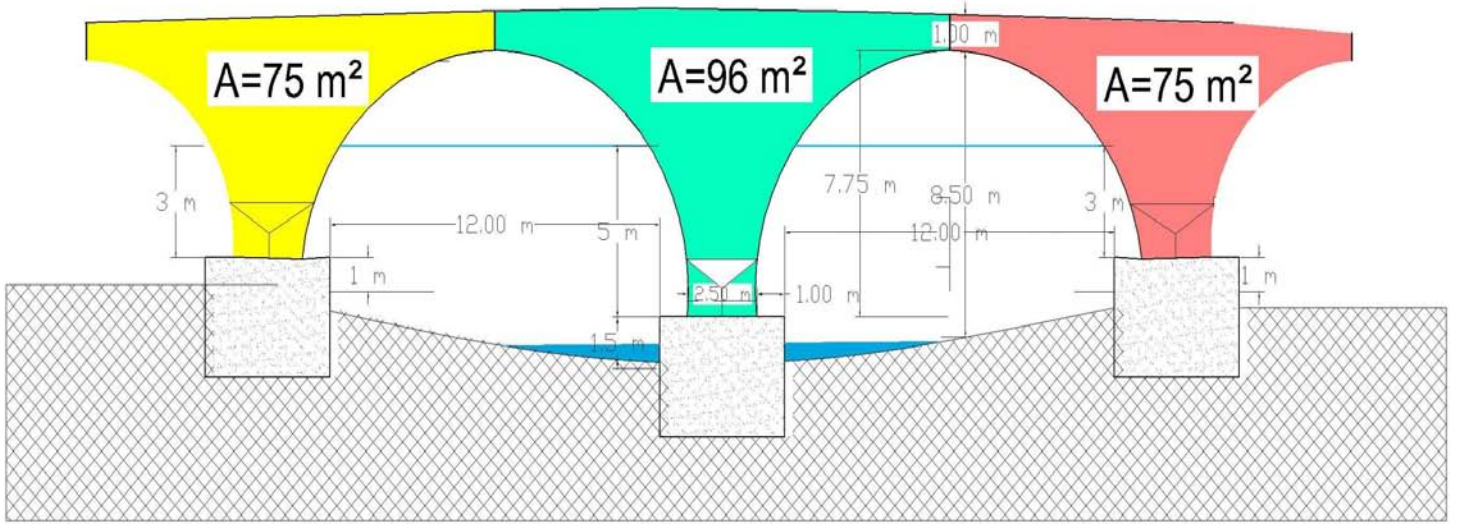
Arazide elde edilen veriler, sondajlardan alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinin sonuçları ile desteklenmiştir. İzleyen alt bölümlerde, doğrudan ve dolaylı yoldan veri elde etmek için uygulanan tüm arazi teknikleri ile temellendirme ortamlarına ilişkin zemin kesiti geoteknik parametrelerinin sayısal büyüklükleri açıklanmıştır. Tüm bu bilgi birikimi ile geçginin mühendislik jeolojisi kesiti (Ek 6) hazırlanması ve ileride ayrı ana bölümler halinde ele alınan temellendirme ortamlarının geoteknik değerlendirilmesi risk analizleri ve irdelemeleri doğrultusunda kullanılmıştır.

3.1. Röleve ve Yapı Hasar Durumu

Bu tez çalışmasında yapı ile ilgili plan , kesit , harita v.s. gibi bilgiler elde ve kaynaklarda mevcut olmadığından yapılan çalışmaların konumunu , hesaplamalara esas yapının ve altındaki zemin kesitinin gösterileceği detay bilgi içermeyen bir röleve çalışmasına ihtiyaç duyulmuştur.



Plan



Kesit

Şekil 4. Köprü Rölevesi

Bu çalışma için gereken Topoğrafik ölçümler yerinde şeritmetre , pusula ile yapılan çalışmalar ile birleştirilip düzenlenerek ve tüm çalışmaları oturtulduğu plan ve kesitlere ulaşılmıştır. (Şekil 4.) Yapılan röleve , 174 kemerli köprüde tüm ayakları kapsamayıp nehir yatağı üzerindeki ana ayak ile sol ve sağında bulunan ayaklar ile bunları bağlayan kemerler boyutlandırılmıştır. Yapının hasar durumu hakkındaki tespit sadece gözlemlere dayalıdır. Bu konuda ileri tetkiklere gidilmeden değerlendirme için gözlemlerde dikkat çeken hasarlar gruplandırılmıştır

Gövdede blok taş kaybı :



Foto 5. Hasar Görüntüsü.

Kemerden üst döşemeye uzayan çatlamlar ve blok oynamaları :



Foto 6. Hasar Görüntüsü.

Temelden üst döşemeye ayakları boyunca kesen açık çatlaklar ve temelde oyulmalar:



Foto 7. Hasar Görüntüsü.

Şeklinde gözlenen hasarlar ayrımlanarak yerleri yapının geçgisi boyunca enkesit üzerine işlenmiştir. Bu kesit geoteknik bulgularla birleştirilerek verilmiştir. Ek (7)

3.2. Zemin Araştırma Sondajları ve Litoloji

Bu bölümde Uzunköprü ayakları yanında yapılmış yerleri (Foto 7) 'de gösterilen 6 adet sondaj incelenmiştir.

Yapılan sondajlarda laboratuvar analizi için alınan örselenmiş – örselenmemiş numune derinlikleri , standart penetrasyon deneyleri (SPT) sonunda bulunan sayısal değerler kuyu logları şeklinde işlenerek Ek 7' de verilmiştir. Tüm sondajlarda kesilen zemin nitelikli birimleri temsil edecek şekilde kuyu derinlikleri boyunca 1,50 m aralıklarla SPT deneyleri birlikte değerlendirilmesi için bir veri kümesi elde edilmiştir (Tablo 1).

Sondaj boyları bölgenin genel stratigrafi bilgilerinden alüvyonun altında beklenen zayıf kaya özellikli (marn) içerisine en az 5m girecek şekilde hedeflenerek yaklaşık 31 m derinlikte sonlandırılmıştır.

Sondajların yerlerinin belirlenmesindeki temel geoteknik yaklaşımda , uzunluğu yaklaşık 1200 m ' yi bulan , Ergene ovasını nehirle beraber tamamını kaplayan tarihi yapı için, zemin kesitini verebilecek dağılımda ve yapıda ara ara görülen hasar yoğunlaşmasına zeminsel özelliklerin katkısının araştırılabilmesi için veri temini beklentisi, yeni köprü güzergahında ise zemin özelliklerinin araştırılması tek belirleyici olmuştur

Sondajlardan elde edilen bilgilerle mevcut köprünün ve alternatif güzergahın zemininin özellikleri 30 m lik kesit boyunca ortaya konulmuştur. Buradan elde edilen bilgiler diğer veriler ile birleştirilerek köprünün yapıldığı dönemlerde geçgisinin belirlenmesinde planlayıcının geoteknik yaklaşımının anlaşılması hakkındaki yoruma temel dayanak olmuştur.

Sondajlardan elde edilen verilerin işlendiği kuyu loglarının incelenmesiyle genel olarak şu bilgilere ulaşılmıştır.



Foto 8. Arazi Çalışmaları Lokasyonları

Üst seviyede SK3 de 0,10m ile en düşük ve 2,00 m ye yaklaşan kalınlıkta kesilen bitkisel toprak bulunmaktadır. Bitkisel toprağın kalınlığı sondajların yüzeydeki konumuyla açıklanabilmektedir.

Sondajların yerleri Uzunköprü güzergahını çapraz kesen daha önce küçük engeller olarak tanımladığımız Şoldrak ve Kırkkavak dereleri güzergahını kestiği noktalarda bitkisel toprak kesilmemiş olup düzlüklerde ise bu miktar artmıştır. (Şekil 5)

Alüvyon içerik , Ergene ovasının çok düşük eğiminin sonucu olarak düşük enerjili akarsuyun taşıdığı yoğunluğu ince daneli zeminlerden oluşan siltli kumlu kil'den oluşmaktadır. Bu içerik aynı zamanda Trakya yöresi jeolojik istifinin litolojik içeriği ile de uyumludur. Rengin yeşil kahve ve koyu gri arasında kesit boyunca değiştiği, demiroksit ve manganoksit yüzeyleri gözlenen, içerisinde ince daneli kum taneleri içeren seyrek olarak karbonat yumruları gözlenen çok seyrek iyi boylanmamış çakıl taneleri ihtiva eden , yer yer ince daneli kum merceği içeren siltli kumlu kildir.

Üst kot ile ana kaya arasında alüvyon zeminin içeriğinin sondajlar arasındaki yanal sürekliliği yer yer kum mercekleri ve jeolojik geçmişte ana kayanın akarsu tarafından aşındırılmış yataklarında çökelmiş kum birimler ile bozulmuştur. Bunun dışında ortam yanal olarak benzerdir.

Tablo 1. Tarihi Köprü Yerleşim Sahası Zemin Sondajlarından SPTN Değişimi

Deney	SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6
Derinliği (m)	SPT N	SPT N	SPT N	SPT N	SPT N	SPT N
1.50-1.95	6	9	8	6	14	7
3.50-3.95	9	11	9	8	15	8
4.50-4.95	10	13	10	8	12	11
6.50-6.95	16	11	10	9	11	11
7.50-7.95	16	13	12	16	13	12
9.50-9.95	16	16	14	19	13	17
10.50-10.95	18	18	21	21	18	14
12.50-12.95	16	20	19	23	30	12
13.50-13.95	17	25	24	16	24	14
15.50-15.95	14	27	22	16	25	17
16.50-16.95	18	29	15	12	20	18
18.50-18.95	40	24	20	50	26	21
21.00-21.45	>50	17	>50	>50	24	26
22.50-22.63	>50	>50	>50	>50	26	26
24.00-24.10	>50	>50	>50	>50	25	>50
25.50-25.73	>50	>50	>50	36	27	>50
27.00-27.20	>50	>50	>50	40	40	>50
28.50-28.57	>50	>50	>50	36	>50	>50
30.00-30.09	>50	>50	>50	33	>50	>50

Alüvyon kalınlığı boyunca elde edilen SPT N değerleri tanımlanan zemin özelliklerine ve topoğrafik kesite uygun olarak derinlik boyunca değişerek alttaki marn seviyelerinde refü değerine ulaşmıştır.

SPTN değeri alüvyonda 6 ile 30 arasında ölçülmüş olup (Tablo 1) değerlerin değişimi YAS durumu ve örtü yükünün değişimiyle artışıyla ilintilendirilmiştir. Ancak bu ilgi SK2 de 21 ,00 m , SK3 12 m - 16,50 m , SK4'de 13 -17m arasında elde edilen Tabloda sarı içerisinde mavi ile gösterilen düşük SPTN değerleri için kurulamamıştır. Bu farklılık litolojik tanımlamalarda da kendini göstermiş ve bu seviyeler eş boyutlu kum birimlerine giriş öncesinde veya çıkış sonrası kil olarak kayıt edilmiştir.

Elde edilen SPTN değerleri Tablo 2 den faydalanılarak sınıflandırıldığında yapıdan gelecek gerilmenin yoğun etkilediği bölge orta katı altı ise katı kıvamdadır. Kum mercceklerinin ise orta sıklıkta olduğu görülmüştür.

Alüvyon zeminin altında gri - yeşil renkli marn birimlerine girilmiştir. Bu birimin üst seviyelerinde SPTN değerlerinin 50'nin üzerine kademeli olarak çıkması ana kayanın üst seviyesi üzerindeki su etkisiyle bozunmuş ve kayadan çok zemin niteliği kazanmıştır.

Tablo 2. Zemin Sıklığı / Kıvamının SPTN ile İlişkisi. (Önalp,Sert 2006)

ZEMİN	DURUMU	SPTN
KUM	Gevşek	0 - 10
	Orta sıkı	11 – 30
	Sıkı	31 -50
	Çok sıkı	> 50
KİL	Çok yumuşak	< 2
	Yumuşak	3 - 5
	Orta katı	6 - 15
	Katı	16 – 25
	Sert	> 25

3.2.1. Yeraltı Su Seviyesi Durumu

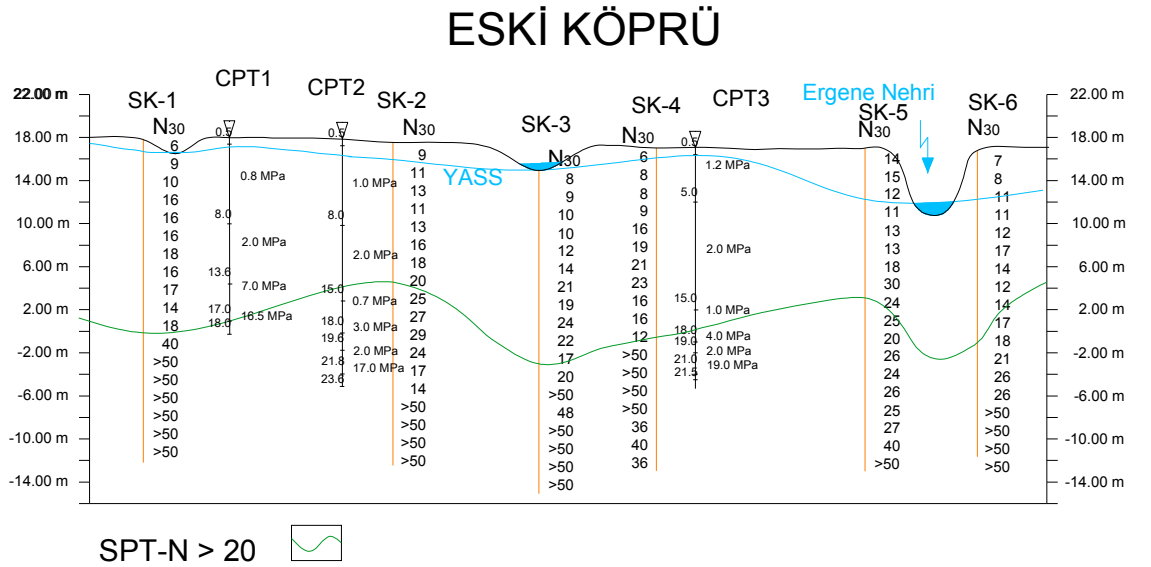
Zemin sondajlarında ölçülmüş yeraltı su düzeyleri Tablo 3' de verilmiştir. YASS verileri genel topoğrafya'ya uyumlu olmakla birlikte , bize dere ve nehir akış kotlarına yönelimleri (Şekil 5) üst seviyelerde ortamın geçirimliliğinin çok düşük olmadığı ön bilgisini vermiştir.

Tablo 3. Yeraltı Su Seviyeleri

SK	1	2	3	4	5	6
YASS	1,10	1,50	00,00	2,25	5,00	4,50

Sondajlardan elde edilen profiller , SPT N , YASS bilgileriyle mevcut köprünün zemininin özellikleri 30 m lik kesit boyunca hazırlanan kesitler ile verilmiştir.

(Şekil 5)



Şekil 5. Tarihi Köprü Geçşi Kesiti

Bu kesit üzerine ileriki aşamalarda yapılan çalışmalardan elde edilen ilave verilerin işlenmesi ; köprünün yapıldığı dönemlerde geçgisinin belirlenmesinde planlayıcının geoteknik yaklaşımının anlaşılması , tarihi yapının performans durumu hakkındaki değerlendirmeye ve yapılacak geoteknik modelin oluşturulmasında temel dayanak olmuştur

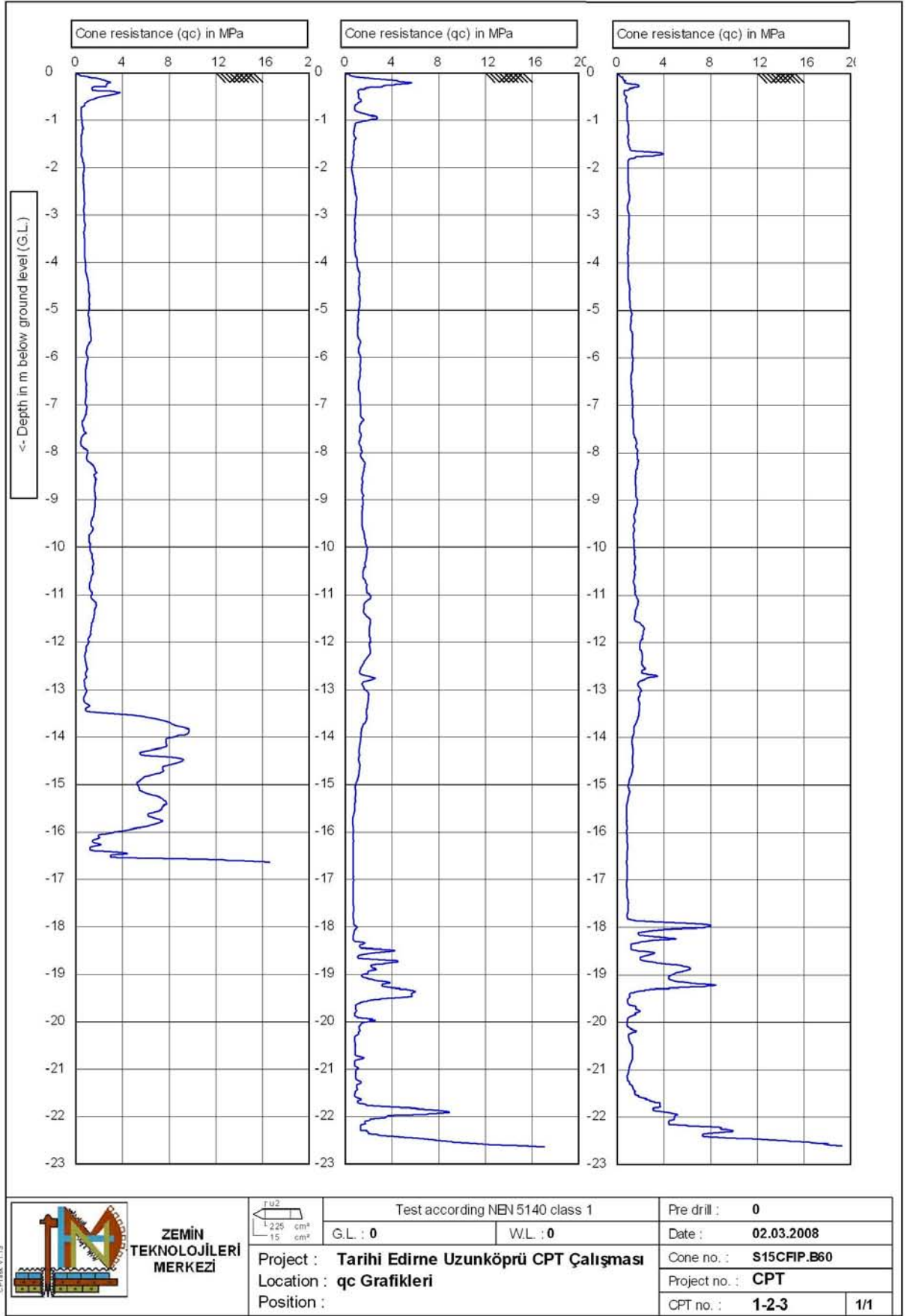
3.3. Sondalamalar

Bu çalışmada, mevcut bilgilerin kontrolü ve desteklenmesi yanında ve konuya uygun veri sağlayacağı öngörülerek aplikasyonları deneyin yapıldığı dönemde arazinin girilebilirliğinin elverişli olması durumu dikkate alınarak , sondaj lokasyonlarının yanına konumlandırılan , tarihi köprü geçisi üzerinde 1-2-3 numaralı koni penetrasyon deneyi uygulandı (Foto 8) , deney logları Ek 3 de verilmiştir. Deneylerde GeoMil 200kN kapasiteli alet kullanılmıştır.



Foto 9. Arazi Çalışması Görüntüsü (CPT 2)

Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlardan aletin kendi yazılımı yardımıyla profil, koni uç mukavemeti, çevre sürtünmesi (q_c , f_s) grafiklenerek oluşturulan loglar değerlendirilmiştir. Bu grafiklerden okunan q_c değerlerinden benzer değerlerin birleştirilmesiyle q_{cort} (MPa) değerinin , derinlikle değişimi tabloya dönüştürülmüştür.



Şekil 6. CPT 1-2-3 Uç Dirençleri Grafikleri.

Bu grafiklerden okunan q_c değerlerinden benzer değerlerin birleştirilmesiyle q_{cort} (MPa) değerinin , derinlikle değişimi tabloya dönüştürülmüştür (Tablo 4).

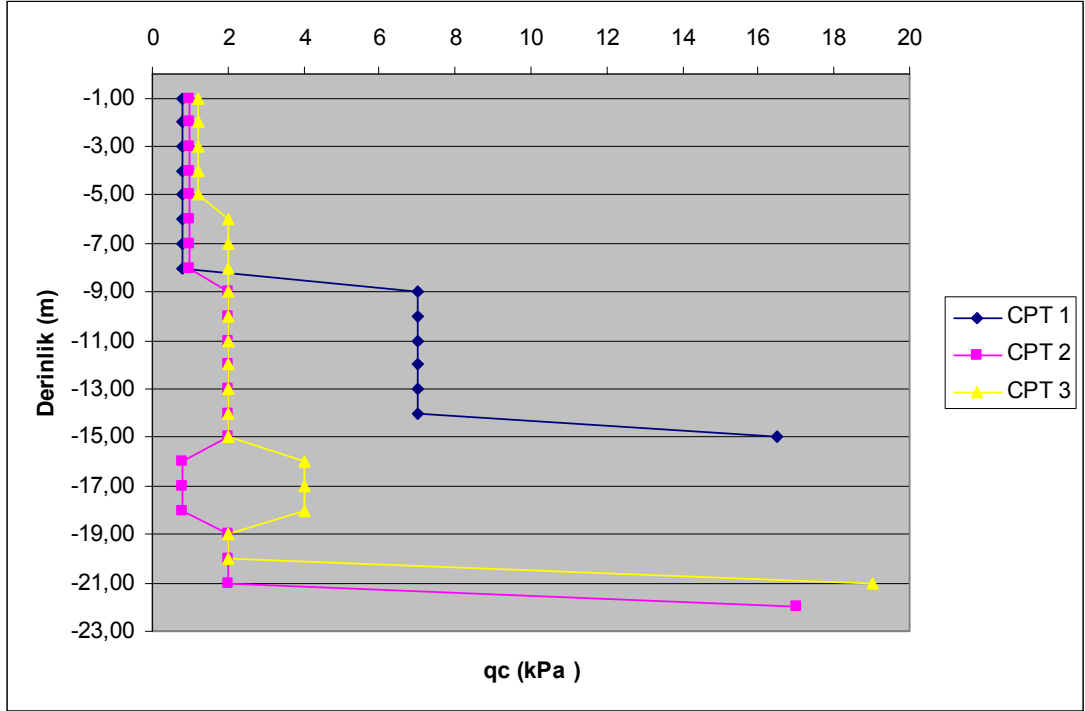
Loglarda zeminin içeriğinin tarihi köprü güzergahında üst kottan 4 m ile 5 m derinliğe 12, 50 kotlarına inen kum , altlarda ise siltli kil– kil olarak tanımlanmıştır. Üst seviyelerdeki kum bulgusu sondajdan elde edilen YAS yayılımı ile de oldukça uyumludur.

Tablo 4. CPT'nin Değerlendirme Sonuçları

Deney Derinliği (m)	CPT1 q_c (MPa)	CPT2 q_c (MPa)	CPT3 q_c (MPa)
1.00	0,80	1,00	1,20
2.00	0,80	1,00	1,20
3.00	0,80	1,00	1,20
4.00	0,80	1,00	1,20
5.00	0,80	1,00	1,20
6.00	0,80	1,00	2,00
7.00	0,80	1,00	2,00
8.00	0,80	1,00	2,00
9.00	7,00	2,00	2,00
10.00	7,00	2,00	2,00
11.00	7,00	2,00	2,00
12.00	7,00	2,00	2,00
13.00	7,00	2,00	2,00
14.00	7,00	2,00	2,00
15.00	16,5	2,00	2,00
16.00		0,80	4,00
17.00		0,80	4,00
18.00		0,80	4,00
19.00		2,00	2,00
20.00		2,00	2,00
21.00		2,00	19,00
22.00		17,00	
23.00			

q_{cort} değerlerine incelendiğinde derinlik boyunca farklı değerlerde artış eğilimi 2-3 numaralı deney verilerinde belirli seviyelerde grafikte izleneceği gibi düşmüştür .

Bu seviyeler CPT ile elde edilen loglardan siltli kil olarak okunmuştur (Şekil 7) .
Bu bulgu daha önce sondajdan elde edilen SPTN (Tablo 1) bulgular ile uyumludur.



Şekil 8. CPT Derinlik – qc Grafiği

3.4. Laboratuvar Deneyleri

Tarihi köprü ve alternatif güzergahın zemin özelliklerinin zemin kesiti boyunca değişimlerini belirlemek üzere zemin sondajlarından alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde İKÜ Geoteknik laboratuvarında TS1900-I/2006 deney ve TS1500/2000 uyarınca sınıflama yapılmıştır. (Tablo 5)

Laboratuvar deneyi verileri sahada yapılan diğer arazi deneyleri bulguları arasındaki farklılıkların kontrolü ve zemin özelliklerinin incelenen kesit boyunca derinlikle değişiminin anlaşılması için laboratuvar deney seviyelerindeki diğer bulguların sayısal değerleri aynı (Tablo 6)' da toplanarak değerlendirme için toplu verilmiştir.

SK	z (m)	RENK	w _L	w _P	w _n	I _L	İNCE	SINIF	ρ _n	Sr (%)	e	c _u (kPa)	φ (°)	σ _c (kPa)	C _c	C _r	t ₅₀ (σ=200)	t ₅₀ (σ=400)
1	3.00	kG	81	25	42	0.31	99	CH	17.59	97	1.00	44	-	210	0.309	0.060	26.70	39.50
	6.00	YG	72	18	33	0.28	97	CH	18.80	100	1.00	43	-	210	0.309	0.060	26.70	39.50
	12.00	kG	23	16	22	0.79	46	SC	19.93	100	0.68	37	-	-	-	-	-	-
	13.50	kG	30	14	25	0.73	38	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	18.00	aY	NP	NP	20	-	9	SPSM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.00	G	75	20	33	0.24	97	CH	18.43	100	0.70	37	-	400	0.252	0.023	11.57	11.57
	12.00	kG	53	18	24	0.18	95	CH	19.58	96	0.70	130	-	400	0.252	0.023	11.57	11.57
	18.00	kG	75	21	58	0.70	96	CH	15.41	92	0.70	20	-	-	-	-	-	-
3	3.00	YG	65	23	31	0.19	96	CH	18.77	100	0.92	47	-	370	0.372	0.018	5.99	14.18
	9.00	kG	74	21	38	0.34	96	CH	18.03	91	0.92	43	-	370	0.372	0.018	5.99	14.18
	15.00	G	72	18	40	0.41	98	CH	17.87	98	0.92	43	-	-	-	-	-	-
	18.00	aY	NP	NP	23	-	4	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	6.00	YG	60	21	30	0.24	91	CH	18.89	100	0.68	98	-	-	-	-	-	-
	12.00	kG	66	22	28	0.14	96	CH	19.25	100	0.68	98	-	-	-	-	-	-
	22.00	aY	NP	NP	23	-	9	SPSM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.00	Y	44	14	22	0.25	78	CI	19.69	95	0.68	98	-	-	-	-	-	-
5	9.00	YG	56	19	26	0.18	84	CH	19.50	100	0.68	73	-	-	-	-	-	-
	15.00	kG	86	20	47	0.40	100	CH	17.48	99	0.68	39	-	-	-	-	-	-
	24.00	Y	37	15	33	0.83	52	CI	19.63	97	0.68	24	-	NL	0.150	0.017	2.64	2.88
	3.00	Y	52	16	27	0.31	83	CH	19.63	99	0.68	66	-	-	-	-	-	-
6	6.00	YG	48	15	23	0.23	84	CI	19.89	98	0.66	86	-	-	-	-	-	-
	9.00	Y	47	14	20	0.19	79	CI	20.11	98	0.66	110	-	250	0.196	0.030	8.06	7.22
	12.00	Y	46	12	18	0.19	78	CI	19.92	95	0.66	84	-	-	-	-	-	-
	18.00	Y	46	12	18	0.19	78	CI	19.92	95	0.66	84	-	-	-	-	-	-

Z: siyah K: kahve B:bej Y: yeşil a:açık k: koyu G:gri O: organik kalıntı P: penetrometre okuması

Tablo 5. Tarihi Köprü Laboratuvar Sonuçları.

Tablo 6. Tarihi Köprü Laboratuvar Sonuçları. (Derinliğe Göre)

SK	z m	RENK	w _L	w _P	w _n	I _L	İNCE	SINIF	ρ	Sr	e	c _u	φ	□ _c (kPa)	C _c	C _r	N	q c
1	3.00	kG	81	25	42	0.31	99	CH	17.59	97		44	-				9	0,8
3	3.00	YG	65	23	31	0.19	96	CH	18.77	100		47	-				9	
6	3.00	Y	52	16	27	0.31	83	CH	19.63	99		66	-				8	
1	6.00	YG	72	18	33	0.28	97	CH	18.80	100	1.00	43	-	210	0.309	0.060	16	0,8
2	6.00	G	75	20	33	0.24	97	CH	18.43	100		37	-				11	1,0
4	6.00	YG	60	21	30	0.24	91	CH	18.89	100		48	-				9	2,0
5	6.00	Y	44	14	22	0.25	78	CI	19.69	95		98	-				11	
6	6.00	YG	48	15	23	0.23	84	CI	19.89	98		86	-				11	
5	9.00	kG	74	21	38	0.34	96	CH	18.03	91	0.92			370	0.372	0.018	13	
6	9.00	Y	47	14	20	0.19	79	CI	20.11	98	0.66	110	-	250	0.196	0.030	12	
1	12.00	kG	23	16	22	0.79	46	SC	19.93	100		37	-				16	7,0
2	12.00	kG	53	18	24	0.18	95	CH	19.58	96	0.70	130	-	400	0.252	0.023	20	2,0
4	12.00	kG	66	22	28	0.14	96	CH	19.25	100		91	-				21	
6	12.00	Y	46	12	18		78	CI	19.92	95		84	-				14	
1	13.50	kG	30	14	25	0.73	38	SC									17	7,0
3	15.00	G	72	18	40	0.41	98	CH	17.87	98		43	-				22	
5	15.00	kG	86	20	47	0.40	100	CH	17.48	99		39	-				16	
1	18.00	aY	NP	NP	20	-	9	SPSM									40	
2	18.00	kG	75	21	58	0.70	96	CH	15.41	92		20	-				24	0,8
3	18.00	aY	NP	NP	23	-	4	SP									20	
4	22.00	aY	NP	NP	23	-	9	SPSM									50	
5	24.00	Y	37	15	33	0.83	52	CI	19.63	97	0.68	24	-	NL	0.150	0.017	24	

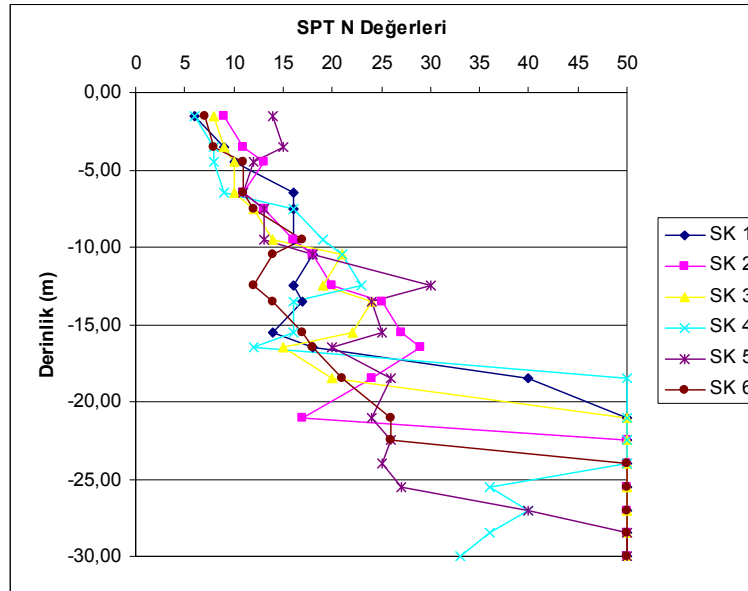
Z: siyah K : kahve B:bej Y: yeşil a:açık k: koyu G:gri O: organik kalıntı

Deney verilerine Tablo 6' dan bakıldığında arazi deneyi ve laboratuvar sonuçları arasında zeminin tanımı dışındaki zemin özelliklerinde benzerlik vardır.

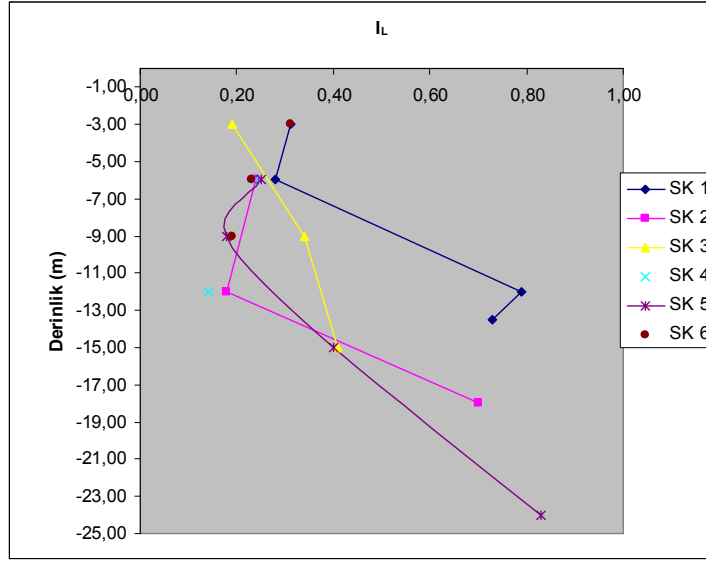
3.5. Zemin Kesiti ve Geoteknik Değerlendirmeler

Tablo 6'da zemin kesitinde beliren alüvyonun kalınlığını, geçgi boyunca değişken taban kaya üst kotu ile akarsu geçişleri dışında %1'in altında eğimle doğrusal değişen üst yüzey topoğrafyası belirlemiştir. Zemin ortamı jeolojik geçmişte akarsuların ilk dönemlerde aşındırdığı tabanı süreç içerisinde taşıdıkları malzemelerle tabanından itibaren eş kotlarda doldurması ile gelişmiş olup kaya birimlerin alterasyonu ile oluşmamıştır. Zemin sınıfı bulguları incelendiğinde eş kotlarda özellikle 10m'ye kadar zemin direncinde benzerlik vardır. Bu benzerlik Geoteknik açıdan üzerinde geçgilerin bulunduğu bölgede alüvyonun, Ergenenin yatağını sakin bir taşkın ovası niteliğindeki çökme ortamının istif olmasının sonucudur.

Ancak arazi ve laboratuvar deneylerinin toplu derinlikle değişimi incelendiğinde zemin direncinin derinlikle artmadığı tam tersine özellikle SK2'de 18 m ve SK5'de 24 m'de büyük oranda azaldığı tablo 6'da görülmektedir.



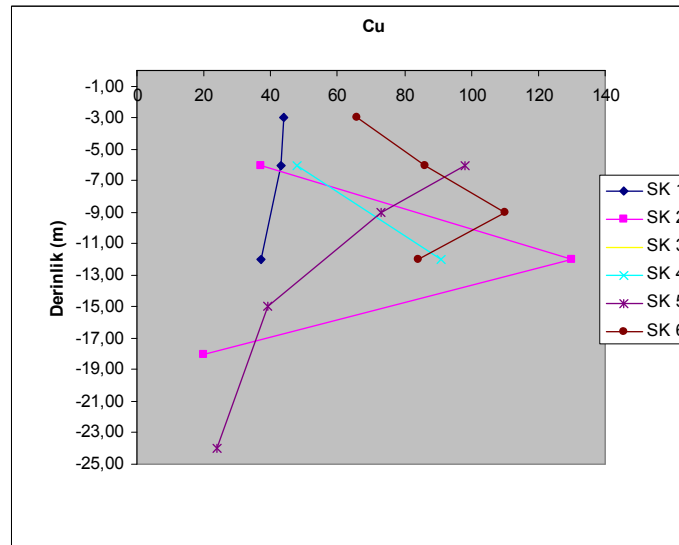
Şekil 9. SPT N – Derinlik Değişim Grafiği.



Şekil 10. I_L – Derinlik Değişim Grafiği.

Zemin direncinde azalmanın görüldüğü seviyelerde sıvılık indisi (I_L) incelendiğinde bu kotlarda I_L nin 0,6 nin üstüne yükseldiği , yani zeminin OCR değerinin 10 m den sonra 1'e yöneldiği görülmektedir.(Şekil 10)

Yapılan laboratuvar deneyleri (Tablo 6) incelendiğinde Şekil 11'e benzer olarak drenajsız kayma direncinde derinlikle beklenen artış saptanmadığı gibi sayısal değerleri ile SPTN ve q_c arasında oransal ilişki de kurulamamıştır. Benzer dane dağılımı ve kıvam değerlerinde Kayma direncinin SK 6 da 12 m' lerde 110 kPa olan değeri 12 m' de 84 kPa ya , S2 de 12 m' de 130 kPa 'dan 18 m' de 20' ye düşmüştür.



Şekil 11. Cu – Derinlik Değişim Grafiği.

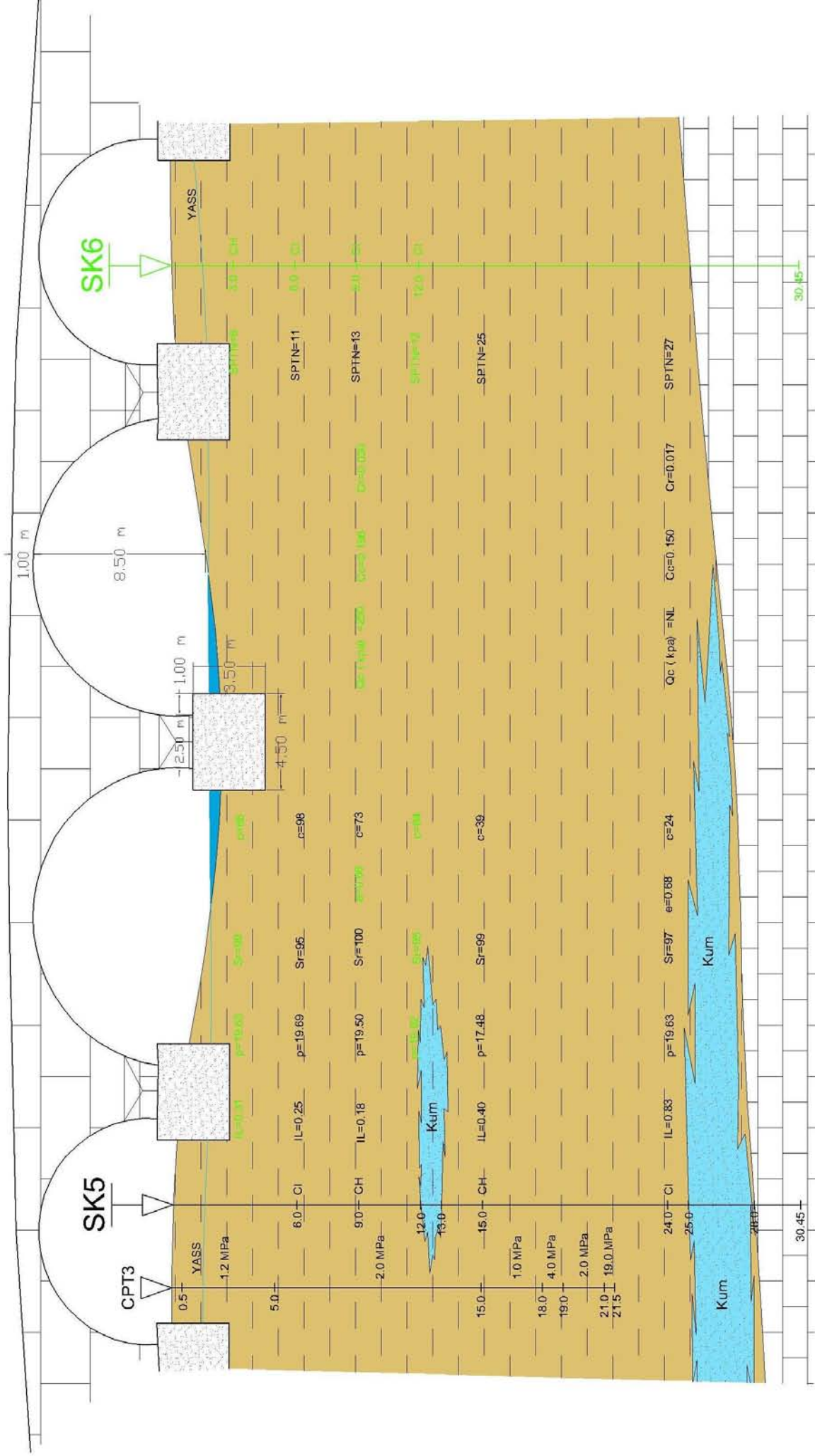
TS1500' göre geçgi boyunca zemin sınıfı 0 m – 12 m arasında CH - CI olarak tanımlanmakta olup Şekil 9- 10 – 11'de verilen özelliklerinde belirgin bir artış varken bu seviyeden sonra azalma dikkat çekmektedir. Azalma miktarı taban kaya üzerinde yer bulmuş SP – SM tipi kumların giriş ve çıkış seviyelerinde zirve yapmaktadır. Kum içerisinde nispeten yükselen değerlerde taban kaya girişinde özellikle sondajlarda artış olukça nettir. Görülen kum seviyelerinde bulgularda yanal süreklilik tespit edilmemiştir.

Geoteknik değerlendirmeler sonucu zemin özelliklerindeki değişimin kaynağını efektif gerilme koşulları ile açıklayabileceğimiz olmuştur . Ortaya çıkan bulgularda değerlendirilen zemin özellikleri zeminin yoğun boşluk suyu basıncı etkisini işaret etmektedir . Bu sonuç arazi çalışmalarıyla belirlenemeyen kum ortamının devamlılığının akarsu akış istikametinde var olduğu belirtisi olarak alınabilir .

Kumlar bu tür ortamlarda enerjinin nispeten yüksek olduğu akarsu yatağında depolanacağından akarsuyun geçmişte bu bölgelerde akmış olması olasıdır. Kuyularda artezyen durumunun tesbit edilmemesi bu durum ile çelişiyor gibi dursa da üst zeminin 4m-5m ler seviyesinin kum içeriğinin yüksek olması geçgiyi ara mesafeleri çok açık olmayan 1 adet nehir eksene dik , 2 adet çapraz olarak akarsuyun kesmesi yer altı suyunun bu seviyelerde dağılabileceği ortamı da yaratmaktadır. Temel gömme derinliği (D_f) altında bulunan alüvyon zemin kalınlığı geçgi boyunca taban kaya üzeri topoğrafyasının sonucu olarak değişkenlik göstermektedir .

Tarihi yapının 1200m gibi oldukça uzun bir eksen boyunca oturduğu düşünüldüğünde zemin özelliklerinin derinlikle değişimindeki sapmalar D_f den itibaren gerilmelerin sönmüneceği öngörülen $2 B$ derinliğin altında kaldığından rahatlatıcıdır.

Geoteknik değerlendirmeler sonrasında geçgiyi temsil edecek ideal zemin kesiti oluşturulmuş (Şekil 12) ve bilgiler üzerine işlenerek verilmiştir. Oluşturulan bu geoteknik veri gurubu ileriki aşamalarda yapı bilgileri ile birleştirilerek kurulacak Geoteknik modelin tabanını oluşturacak olup, geçgi, yapının performansı ve rehabilitasyonla ilgili genel değerlendirme bunun üzerinde yapılacaktır.



Şekil 12. Zemin Kesit.

3.6. Jeofizik Çalışmalar

Tarihi köprüde temel derinliği - yayılımının tespiti ve tarihi yapı malzemelerinin dinamik elastik parametrelerinin tespiti için jeofizik yöntemlerden yararlanılmıştır.

3.6.1. Geo Radar

Yer radarı (GPR) yöntemi, yakın yüzey araştırmalar için kullanılan yüksek frekanslı elektromanyetik, jeofizik yöntemdir. Bir yer radarı verici anten, alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtçıdan oluşmaktadır. Verici anten (transmitter) yatay doğrultuda elektrik alan vektörüne sahiptir ve birkaç nanosaniyeli bir elektromanyetik sinyal üretir. Yer içinde ilerleyen dalgalar anomali verecek herhangi bir nesne ile karşılaştıklarında yansıma veya saçılmaya uğrayarak tekrar yukarı çıkarlar ve yüzeydeki alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtçı yardımı ile zamanın bir fonksiyonu olarak kayıt edilirler , buna radar izi adı verilir. Zaman birimi nanosaniyedir. Ölçümler genellikle bir profil üzerinde, önceden belirlenmiş ölçüm noktalarında alınır. Her ölçüm noktasındaki izler yan yana getirilerek radargram adı verilen radar kesitleri elde edilir (Yüksel, 2007).

Tarihi yapı temel derinliğinin tespiti için Georadar ile 100 lük anten kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmalar öncelikle yöntemin denenmesi ile başlanmıştır. Deneme köprü üst döşemesi üzerinde yapılarak kemer açıklıklarından ayaklara geçişler için grafikler elde edilmiştir.



Foto 10. Köprü Üzeri Radar Ölçümü.

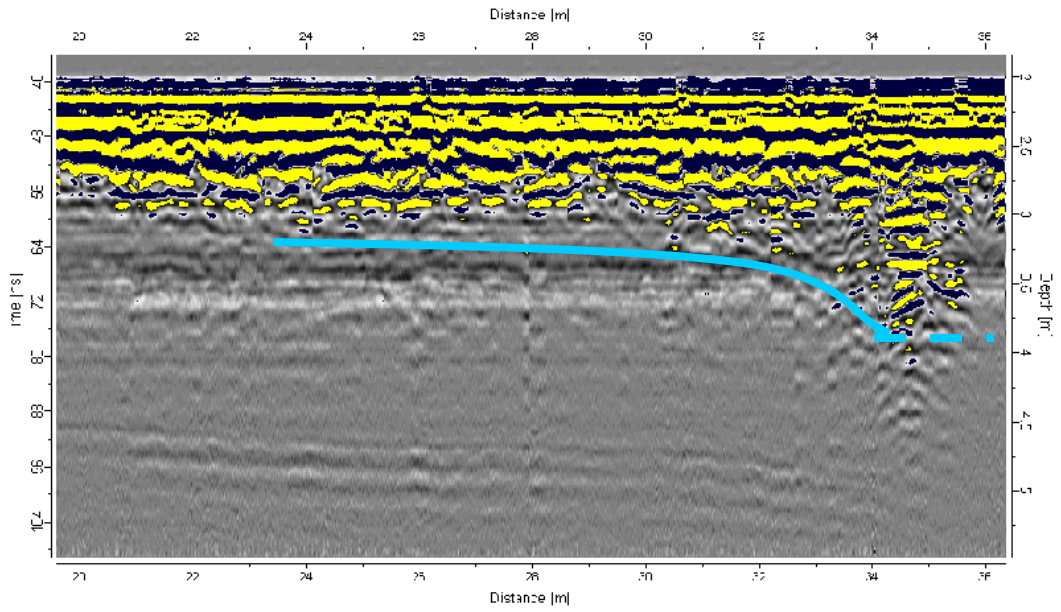


Foto 11. Köprü Üzeri Radargram.

Radargramda mavi çizgi ile işaretlenen seviye açıklıktan ayağa geçişi vermektedir. Sonrasında değişik boyutlu kemerlerin bulunduğu ayaklarda uygulama yapılmıştır.



Foto 12. 55. Köprü Ayağı

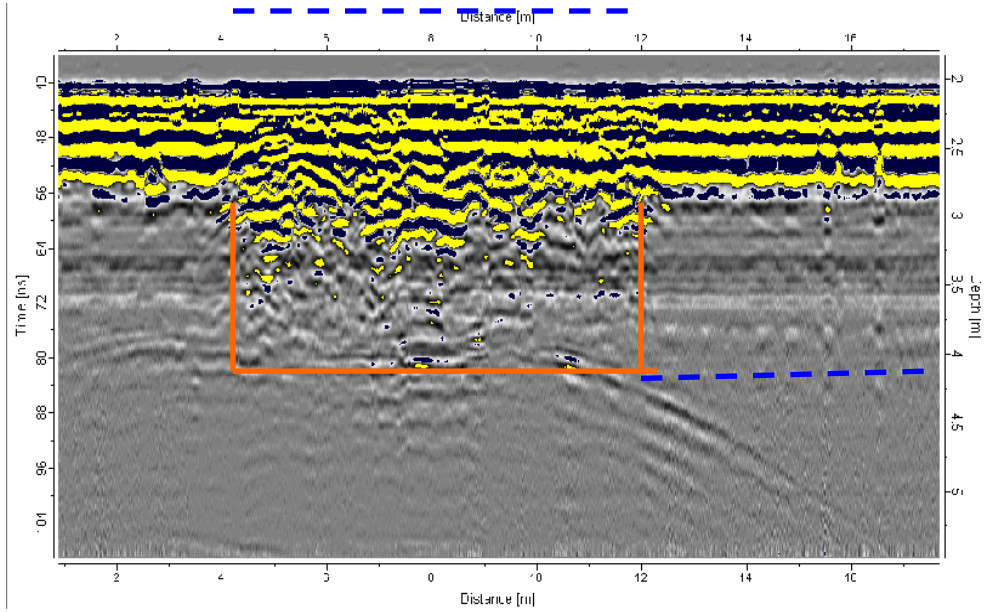


Foto 13. 55. Ayak Taş Temel Üzerinde Radargram

Ölçümlerde temelin sürekliliği araştırılmış ve kemer altında ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler neticesinde kemer altlarına temelin devam etmediği elde edilen grafikte okunmaktadır

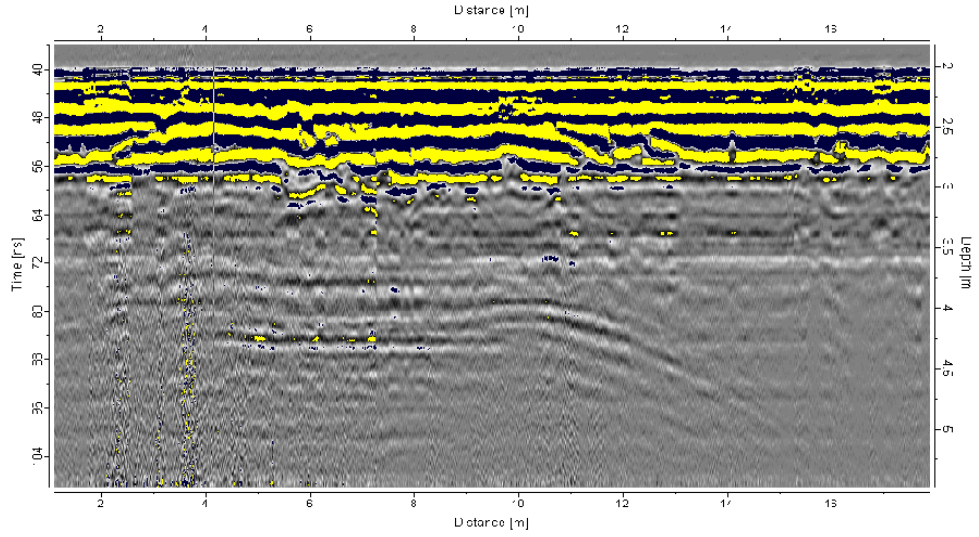


Foto 14. Köprü Kemer Altı Ortasından Radargram.

Geoteknik değerlendirmeler için yapılacak analizlerde kullanılmak üzere en fazla yük yoğunlaşmasının görüldüğü ayak olan nehir yatağındaki ayak temelini yayılımı ve derinliği yoğun su akışından dolayı yapılamamıştır. Bunun yerine yatak ana ayağı iki yakaya bağlayan kemerinin karşı ayakları Georadar ile araştırılmıştır.



Foto 15. Ana Ayak Radargram Profili Yeri

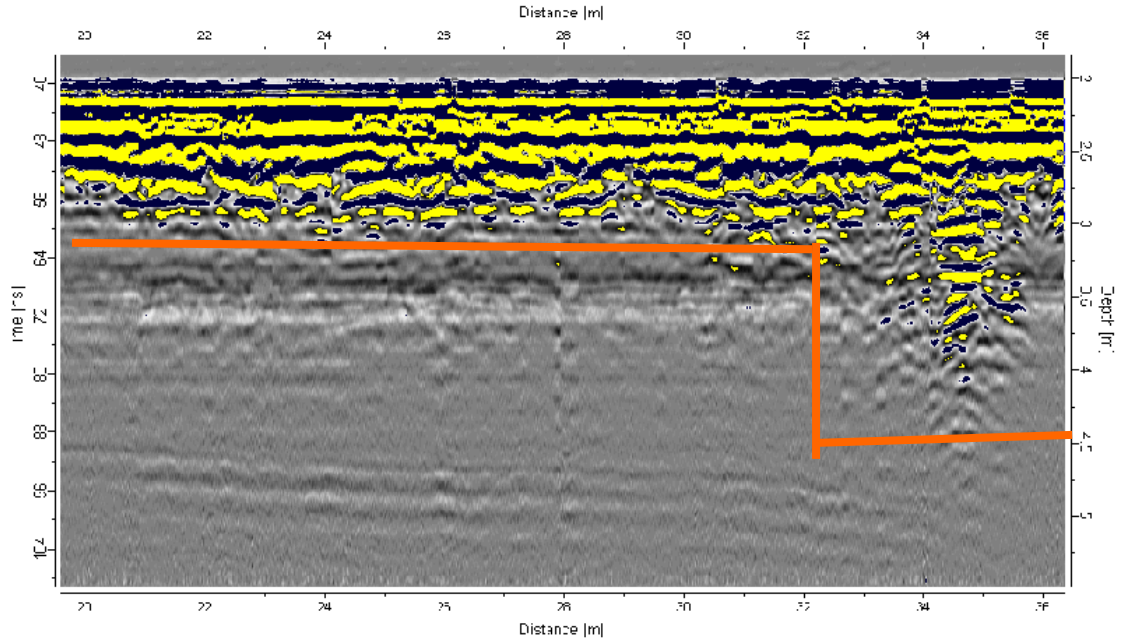


Foto 16. Ana Ayak Radargram

Arazide yapılan radar çalışmasında ana ayak için temel derinliğinin 3,5 m olduğu ve diğer ayaklarda ise 2,5 m olduğu biçiminde yorumlanmıştır. Ancak sonucun kesin ve net verisi elde edilemediğinden diğer jeofizik yöntemlerden DES ile bu durumun desteklenmesi gerekliliğine karar verilerek sonraki aşamada bu yöntem ile temel yayılımı ve derinliği araştırılmıştır.

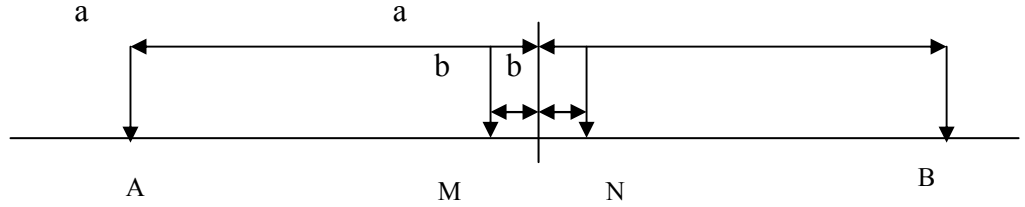
3.6.2.Düşey Elektrik Sondaj (DES)

Yer altı şartlarını araştırmak için elektrik akımını kullanan bir yöntemdir. Bunlardan en sık kullanılanı bir çift elektrotla yer içine akım göndermek ve bir voltmetreyle bağlı diğer bir çift elektrotla da bu akımın meydana getirdiği potansiyel farkının ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

Yeri oluşturan ortamların elektrik akımına direnci zeminin dane boyu, sıklığı, kil kapsamı ve elektrolitik akışkanların varlığı ve değişimine bağlıdır. Yeraltındaki farklı elektriksel rezistiviteli tabakalar farklı litolojilere sahip tabakalara yorumlanabilmekte ve bunların yeraltı suyu iletkenlikleri ile dolaylı değerlendirmeler yapılabilmektedir. (Yüksel, 2007)

Elektrot Açılımı (Schlumberger)

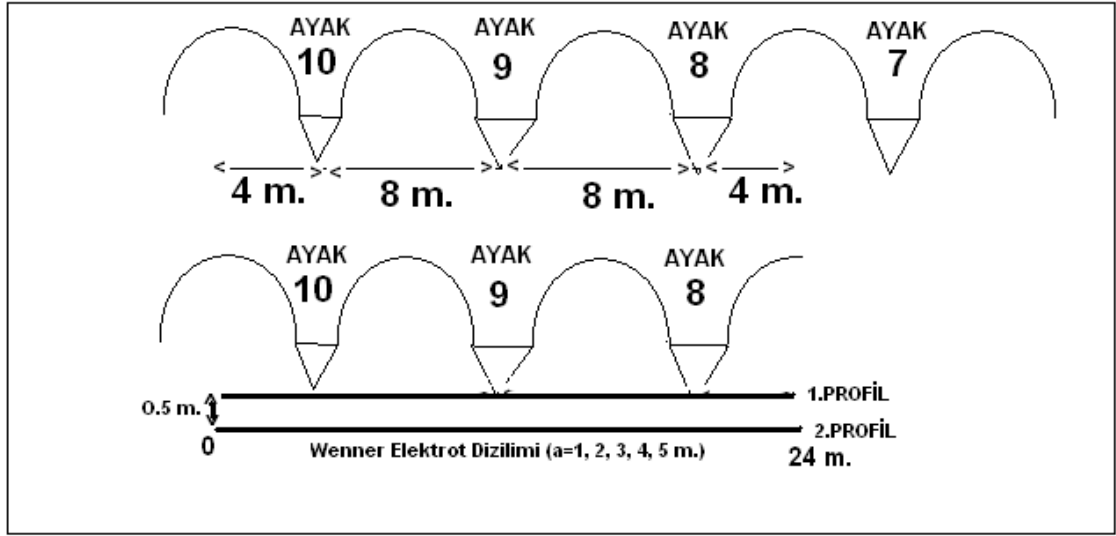
Akım elektrotların potansiyel elektrotlarına nazaran belli bir oranda uzakta olduğu bir yöntemdir. Bu metodun derinlik sondajı (DES) uygulamasında penetrasyon derinliği iki akım elektrotu arasındaki mesafenin yarısı kadar olduğu kabul edilmektedir. DES çalışması suyun olmadığı gömülü ayaklarda yapılabilmiştir. Burada amaç radar ile tesbit edilen ana ayaklar dışındaki diğer ayaklarda 2,5 m lik temel derinliğinin kesinleştirilmesidir.



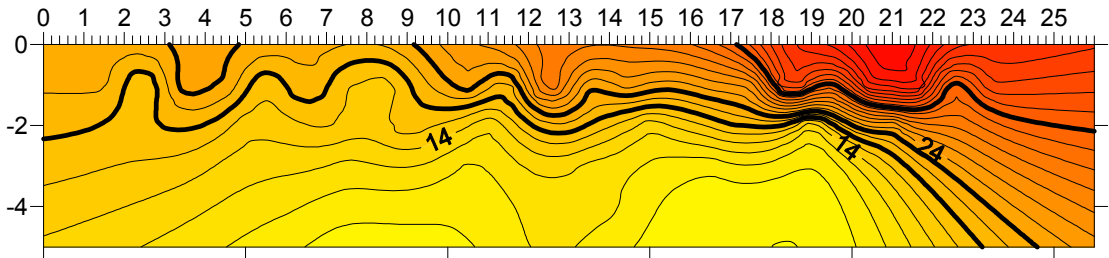
Şekil 13. DES Ölçüm Dizilimi



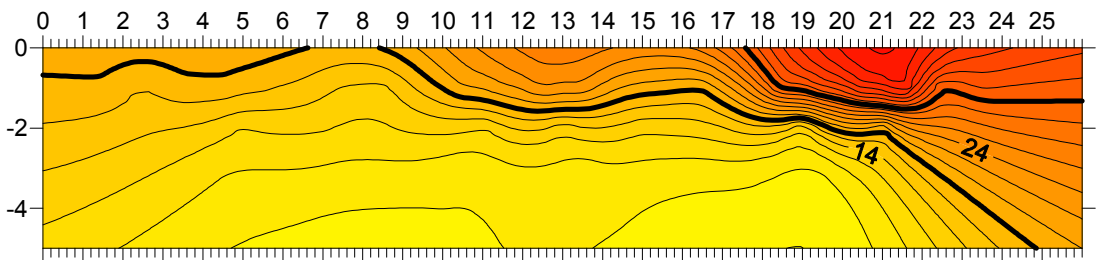
Foto 17. DES Ölçümü



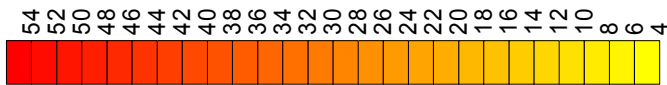
Şekil 14. DES Dizilimi.



1. PROFİL



2. PROFİL



Şekil 15. DES Anomali Haritası

Yapılan bu çalışmada konturlar 'da görüldüğü üzere net olmamakla birlikte temel derinliği için 2, 5 m civarında bir veri elde edilmiştir.

3.6.3. Sismik Ölçümler

Köprüdeki kullanılan malzemelerin özelliklerini araştırmak için köprü gövdesinde sismik deney yapılmıştır. Sismik serim doğrultuları boyunca yatay ve düşey jeofonlar kullanılarak karşılıklı atışlar yapılmış ve bu şekilde P ve S dalgası kayıtları alınmıştır. Serim hatlarında, atış noktası ile ilk jeofon (alıcı) ve jeofonlar arasındaki uzaklıklar yapı özelliklerinde dolayı değişken (Tablo 7) seçilmiştir.

Arazide elde edilen veriler "Sipik – Sipin – Sipt2" bilgisayar yazılımı ile işlenmiş, her bir kayıt için "ilk kırılma zamanları" saptanmıştır. Verilerin grafik ortama aktarılmasıyla hesaplanan ve görünürlük kazandırılan P ve S dalga hızları (v_p , v_s), daha sonra "Sip" yazılımı ile modellenmiş ve serim hatları dolayında belirlenen 2 ana sismik zonu temsil eden gerçek hızlara dönüştürülmüştür . Sağlanan sismik verilerden hareketle 1. - 2. sismik zonlar ayrılarak bunların "P ve S gerçek dalga hızları" hesaplanmış, sonra yeniden "SeisB" yazılımı kullanılarak bu sismik ortamlar için öncelikle her serim hattı bazında ayrı ayrı geçerli olmak üzere malzeme dinamik parametreleri bulunmuştur.

Yapıda varlığı bilinen sismik ortamlardan "1 sismik ortam" kalınlığı, bilgisayar çıktısı olarak alınan sismik kesitler boyunca doğrudan ölçülerek istatistik yöntemle hesaplanmıştır. Tek sismik serim hattı boyunca bulunan bu ortama ait kalınlık değerleri, yapıda bloktaş aralarına yerleştirilen jeofonlar aracılığı ile alındığından 1. zon yığma malzeme değeri ve doğaldır ki aynı zamanda hem onun kalınlığını ve hem de alt sismik zona giriş derinliğini ifade etmektedir.

Alt sismik zon kalınlığı, yapı dış özellikleri çerçevesinde taş kalınlığı ile sınırlandırılmıştır.



Foto 18. Sismik Profili Yer ve Görünümü

Sismik dalgalar ortamın elastik özelliklerine bağlı yayıldıklarından elde edilen sismik kayıtların jeofonlara varış zamanları ,sismik V_p ve V_s hızları blok taş ve yığma malzeme olarak ayrılan iki tabakanın elastik parametreleri olan bulk, young, kayma modülleri ile poisson oranını vermiştir (Tablo 7). Yapılan jeofizik çalışmalar ile elde edilen verilerin özeti aşağıda (Tablo 7) , sismik kesitleri ise Ek 4' de verilmiştir.

Tablo 7. Köprü Gövdesi Sismik, Dinamik, Elastik Parametreler.

KEMER ALTI, KÖPRÜ AYAĞI YAN DUVARI DİNAMİK ELASTİK PARAMETRELERİ												
PR. NO	TABAKA	Vp	Vs	h	d	u	G	E	k	To	GK	
		m/sn	m/sn	m	gr/cm ³	[.]	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	sn	[.]	
LINE-1	I	1650	1051	0,70	1,93	0,158631	21745,18	50389,27	24601,57	0,002664	1,569933	
	II	5500	3461	1	2,7	0,172207	329888,5	773395,2	393233,7	0,001156	1,589136	
Vp: P-DALGA HIZI		h: TABAKA KALINLIĞI										
Vs: S-DALGAHIZI		d: YOĞUNLUK	G: KAYMA MODÜLÜ				u: POISSON ORANI		G.K. (Vp/Vs): HIZ ORANI			

BÖLÜM 4

4. GEOTEKNİK MODELLEME

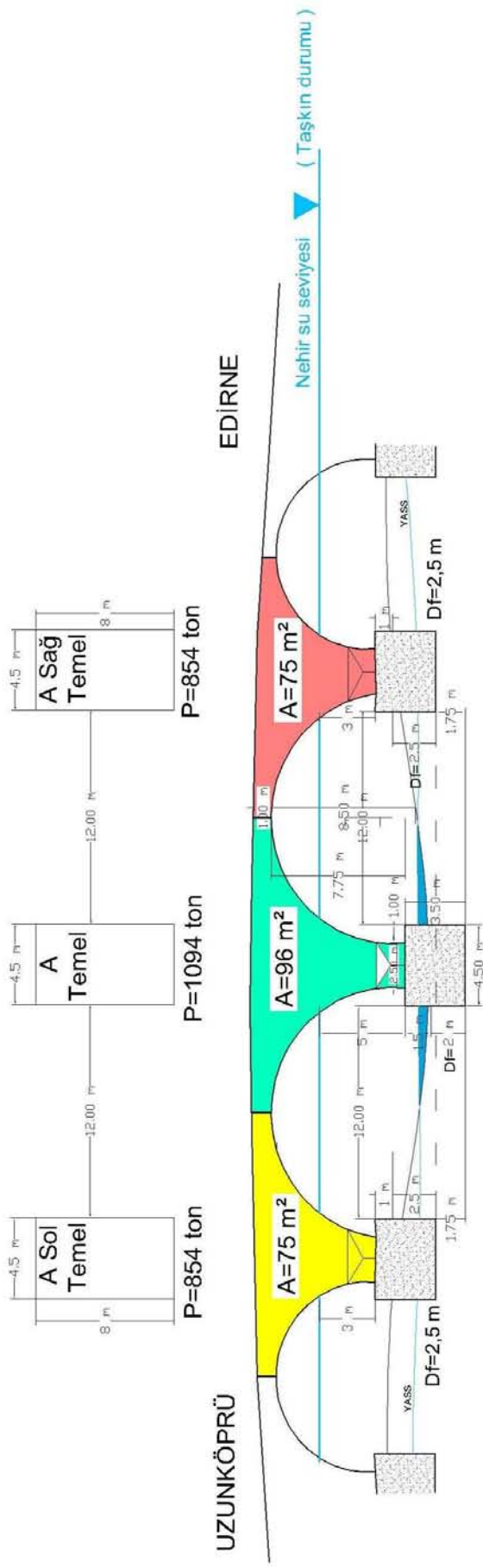
Bu aşamaya gelinceye kadar gerçekleştirilen çalışmalar sonunda erişilen bilgi birikimi; araştırmaya konu olan Tarihi Köprü’de yapı ve zeminde girişilecek tüm olası mühendislik işlerinde en gerçekçi yaklaşımların sağlanmasına imkan yaratmak için ; gerek yapı özellik ve davranışları açısından, gerekse zemin parametreleri ve büyüklükleri bakımından yapıdan etkiyecek gerilmelerin sönümleneceği derinlik boyunca farklılıklar taşıyan “ortam” türleri mühendislik verileriyle sayısallaştırılmış zemin kesitinden seçilerek (Şekil 12) , geoteknik model oluşturulmuştur (Şekil 16).

4.1.Zemine Aktarılan Taban Basıncı

Yapı genel olarak iki tip ana malzeme ile inşa edilmiş olup bunlar; dış yüzeyler kesme kireçtaşı blokları, içerisi ise kçt ve ince malzemelerden oluşan karışık malzeme ile doldurulmuştur.

Arazide yapılan sismik çalışmada kenar aralarında kullanılan dolgu malzemenin yoğunluğu $1,93 \text{ gr/cm}^3$ ve kemer taşları ise $2,7 \text{ gr/cm}^3$ ölçülmüştür . Ölçülen bu değerler bu tür malzemelerin için uygun görülerek hesaplamalarda kullanılmıştır. 5.5 m eninde olan köprüde dış kenarlarda 0,5 m kalınlıklı kesme taş iki dış kenar için 1m lik kesim de , ortada ise 4,5 m lik kesim için kemer dolgu malzeme yoğunlukları dikkate alınmıştır.

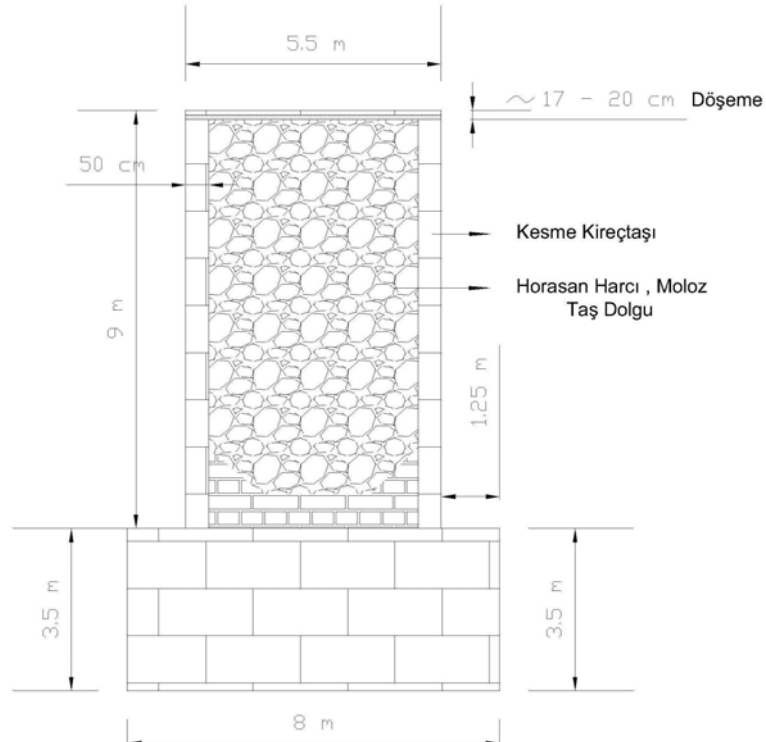
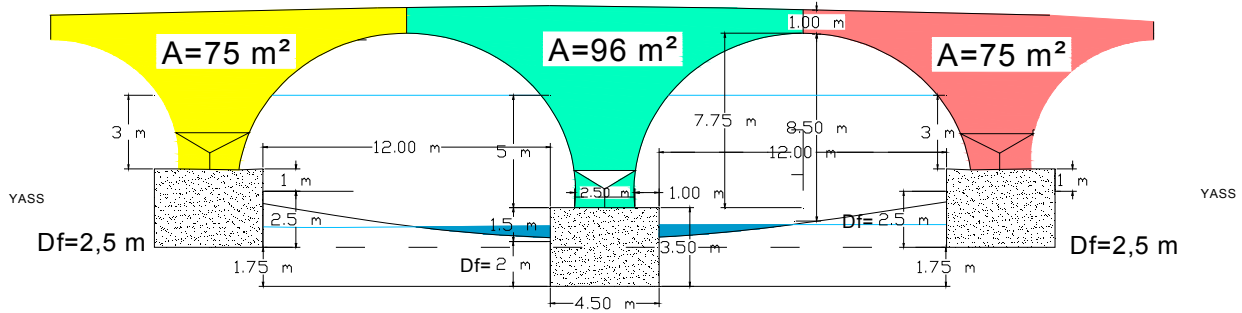
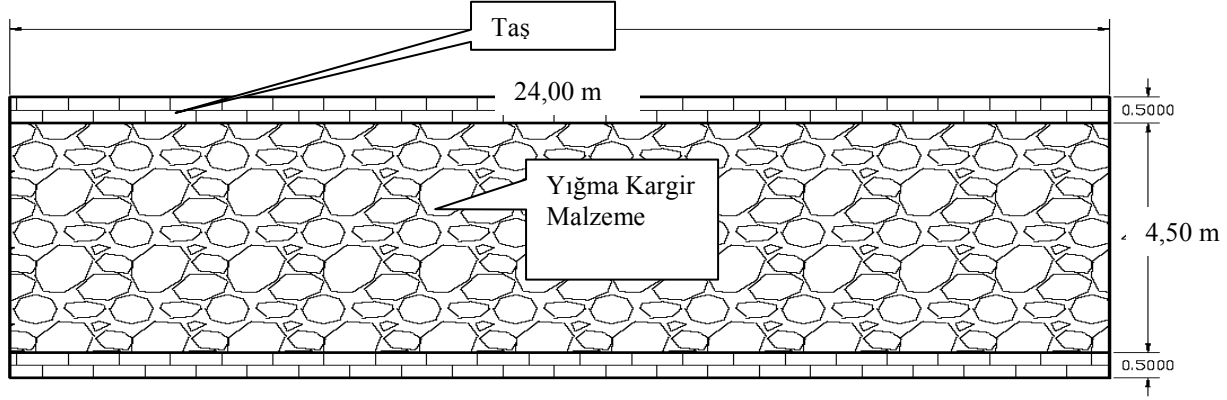
Yapılan röleve çalışmasından elde edilen köprü kesit ve planı bu aşamada kullanılarak yapıdan zemine aktarılan temel basıncı :



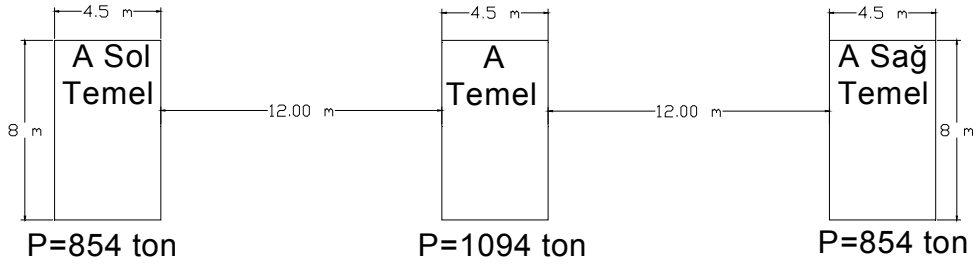
CI	$E_u = 1500 \text{ kpa}$	$p = 19,50$	$N = 11$	$c = 65$	$q_c = 1,5 \text{ Mpa}$	15.00 m
CH	$E_u = 2000 \text{ kpa}$	$p = 17,50$		$c = 39$	$q_c = 2 \text{ Mpa}$	18.00 m
CH	$E_u = 4000 \text{ kpa}$	$p = 19,00$		$c = 70$	$q_c = 4 \text{ Mpa}$	21.50 m
CI	$E_u = 19000 \text{ kpa}$	$p = 19,60$		$c = 140$	$q_c = 19 \text{ Mpa}$	27.00 m

M A R N (K A Y A)

Şekil 16 Geoteknik Model



KÖPRÜ ANA AYAK EN KESİTİ



Şekil 17. Köprü Temel Yük Hesabına Esas Planı ve Kesiti

$P = \text{Yük}$

$\rho_n = \text{Doğal birim hacim ağırlığı}$

$\rho_2 = \text{Kemer Dolgusu Birim Hacim Ağırlığı}$

$\rho_1 = \text{Blok Taş Birim Hacim Ağırlığı}$

$D_1 = \text{Kemer Kalınlığı}$

$D_2 = \text{Kemer Dolgu Kalınlığı}$

$A = \text{Alan}$

$L = \text{Temel Uzunluğu}$

$B = \text{Temel Genişliği}$

$D_f = \text{Temel Derinliği}$

$q = \text{Zemine Aktarılan Taban Basıncı}$

$$P_{Ayak} = A_1 \times \rho_1 = 3,5m \times 4,5m \times 8m \times 2,6 = 327,6 \text{ Ton}$$

$$P_{Kemer} = \frac{[(A_1 \times D_1) \rho_1] + (A_2 \times D_2) \rho_2}{1} = \frac{((80,25 \times 1) \times 2,7) + ((80,25 \times 4,5) \times 1,93)}{1}$$

$$= 994 \text{ Ton}$$

$$q = \frac{P_{Ayak} + P_{Kemer}}{A} - (D_f \times \rho_n) = \frac{(994 + 328)}{8 \times 4,5} - (3,5 \times 19,54) =$$

$$\approx 300 \text{ kPa}$$

elde edilmektedir.

BÖLÜM 5

5 ANALİZ VE DEĞERLENDİRMELER

5.1. Güvenli Taşıma Gücü

5.1.1. Güvenlik Sayısı

Yapılan arazi deneylerinin çeşitliliği , kullanılan CPT'nin modelinin yeni ve elektronik olması , laboratuvar deneylerinin güvenilirliği, bölgenin deprem durumu , zemin profilinin gerilmelerin sönümlendiği derinlikte yanal olarak çok değişken olmaması , nedenleri ile analizlerde G.S. 2 olarak seçilmiştir.

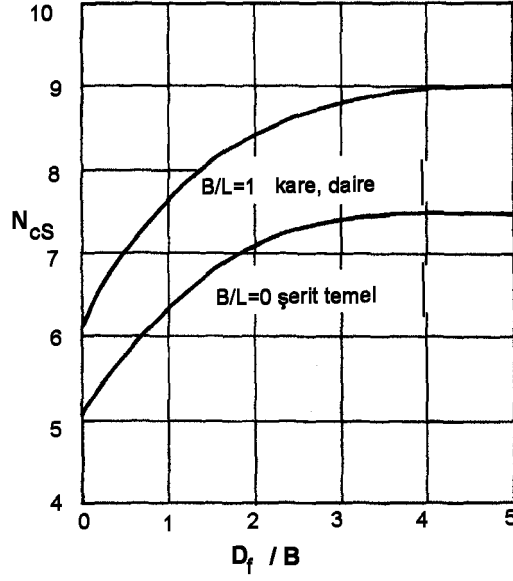
5.1.2. Taşıma Gücü Analizi

Zeminin ana ayak altında özellikleri taşıyacağı geoteknik modelde okunmuştur. 3,5m'ye gömülmüş ana ayakta B=4,5 L=8 m boyutlu dikdörtgen temel için; laboratuvar deney sonuçlarını kullanarak son taşıma gücünü Terzaghi formülünde YSS seviyesinin D_f ile yüzey arasındaki duruda $C_w = 0,5$ ile nihai taşıma gücü ;

$$\begin{aligned} q_d &= cN_c \left(1 + 0.2 \frac{B}{L}\right) + C_w \rho D_f N_q + C_w^* \rho B N_\gamma \left(0.5 - 0.1 \frac{B}{L}\right) \\ &= 75 \times 5,7 \left(1 + 0.2 \frac{4,5}{8}\right) + 0,5 \times 19,5 \times 3,5 \times 1 + 1 \times 19,6 \times 4,5 \times 0 \left(0.5 - 0.1 \frac{4}{11}\right) \\ &= 476 + 34 + 0 = 510 \text{ kPa} \end{aligned}$$

çıkmakta , bu da $GS = 2$ ile $\sigma_{em} = 255$ kPa dolayında bir güvenli taşıma gücü düzeyi anlamına gelecektir.

Zeminin güvenli taşıma gücü Skempton ile yaklaşık $D_f = 3.5$ m derinlikte $B = 4,5$ m için $D_f / B = 0,77$ için



Şekil 18. Skempton Taşıma Gücü Katsayıları

$$N_{CS} = 6,2 \text{ ile } \sigma_{em} = \frac{c \times N_{cs}}{GS} = \frac{75 \times 6,2}{2} = 232 \text{ kPa}$$

hesaplanmaktadır .

İnce daneli zeminlerde CPT sonuçlarından taşıma gücü B derinliği boyunca ortalama $q_c = 2 \text{ MPa}$ ile :

$$q_d = 2 + 0,28 q_c = 2 + 0,28 \times 20 = 7,6 \text{ kgf/cm}^2 = 756 \text{ kPa} /GS$$

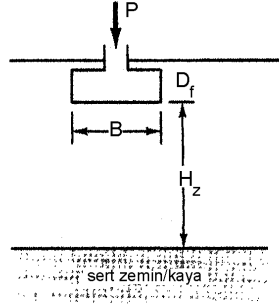
$\sigma_{em} = 760 / 2 = 380 \text{ kPa}$ köprü ayağı taban basıncından önemli ölçüde yüksek çıkmaktadır

5.2. Oturma

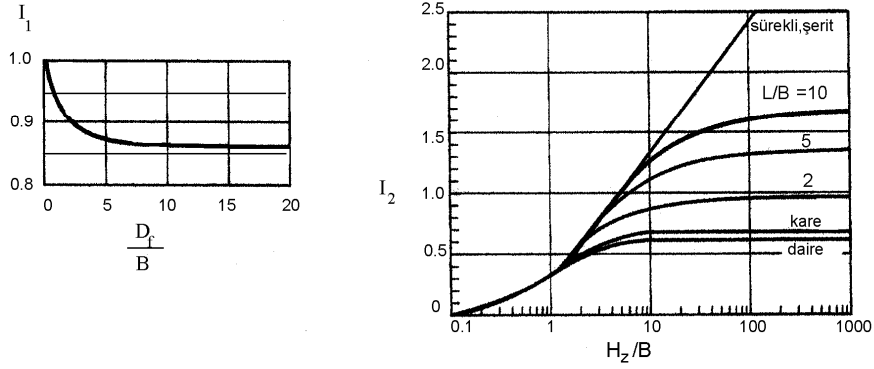
5.2.1. Ani Oturma

Sıkışabilir kilin derinliği 21,5 m , bu alanda kilin drenajsız deformasyon modülünü modelden

$E_s = 2 q_c = 3000 \text{ kPa}$ ile 3.5m derinliğe oturtulmuş temel için ani(drenajsız) oturma Şekil19'dan yararlanarak



Şekil 19. Ani Oturma Hesaplamasında Kullanılan Eğriler (Desai-johnson - Hargett , 1974)



$H_2 = 18 \text{ m}$, $B = 4,5 \text{ m}$ $I_1 = 0,98$, $I_2 = 0,7$ ve $D_f = -3,5 \text{ m}$ 'de YSS , $+1,50 \text{ m}$ durumu için

$$\sigma' = [3,5 \times (19,54 - 9,81)] = 34 \text{ kPa}$$

$q = 278 \text{ kPa}$ (Bölüm 4.1 'den)

$$S_i = \frac{(q - \sigma'_{Df})B}{E_u} I_1 \times I_2 = \frac{(300 - 34) \times 4,5}{3000} 0,98 \times 0,7 \approx 273 \text{ mm}$$

5.2.2. Konsolidasyon Oturması

5.2.2.1 Terzaghi Formülünden

Konsolidasyon oturması hesabı tipik zemin kesidini kullanarak hesaplanırsa $D_f = 3, 5 \text{ m}$ deki temel altındaki sıkışabilir kil 12 m ye kadar devam ettiğinden temel tabanından sıkışabilir zeminin orta noktası 6 m 'ye ana ayaktaki taban basıncını yük

olarak uyguladığımızda hesaplamalar için bu derinliklerdeki ana ayak ve yanındaki temellerden gelen gerilme artışları;

A temeli için

Tarihi yapının yapıldığı dönem olan 1440' lı yıllar dikkate alındığında ilk aşamada hesaplamalara ilave trafik yükü dahil edilmemiştir.

Temelin altındaki Kil tabakası kalınlığı

$H_0 = m = 12000mm$ zeminde çift yönde drenaj mevcut

Sıkışabilir kil ortasında 6 m derinlikte gerilme artışı için Boussinesq ile etki sayıları

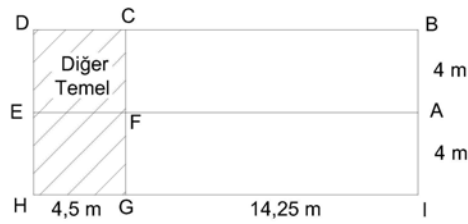
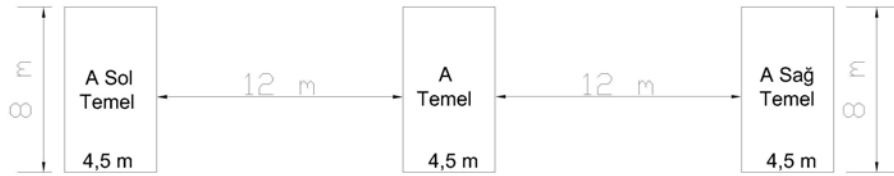
$$m = (B/2)/z = 4/6 = 0,66 ; n = (L/2)/z = 2,25/6 = 0,375 \quad \kappa = 0,07, N = 4$$

Kilin ortasında gerilme artışı

$$\Delta\sigma = N \cdot q \cdot \kappa = 300 \times 0,07 \times 4 = 84 \text{ kPa}$$

A temelinden , komşu temellerin etkisi ise ;

Temel eksenini altında



ALAN	A	B	n=A / Z	m=B / Z	κ
+ ABDE	18,75	4	n=3,125	m=0,66	0,15550
K=0.00225					
- AFGI	14,25	4	n=2,375	m=0,66	0,15326

$$\Delta\sigma = N \cdot q \cdot \kappa = 2 \times 278 \times 0,00225 = 1,25 \text{ kPa}$$

iki komşu temel için

Ana temel + komşu temeller den sıkışabilir zeminin ortasında toplam gerilme artışı

$$\Delta\sigma = 85 \text{ kPa}$$

Bu değerler ile kilin son sıkışması ;

$$D_f = (-)3,5 \text{ m} , \text{ YAS } (+) 1,5 \text{ m}$$

$w_n = 19,54 \text{ kN/m}^3$, 12 m kalınlığındaki kili normal yüklenmiş kabul ederek ,

$$\sigma'_0 = 6x[19,6 - 9,81] = 58,74 \cong 59 \text{ kPa}$$

$$\Sigma S = \Sigma H_0 \frac{Cc}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} = 12000 \frac{0.309}{1+0.66} \log \frac{59+85}{59} = 865 \text{ mm}$$

değeri elde edilmiştir

Yapı inşasından yaklaşık 500 yıl sonra , günümüzden yaklaşık 60 yıl önce güncel taşıt araçları trafiğe çıkmıştır , trafik için paletli makine v.s geçişleri dikkate alındığında yaklaşık 100 kPa taşıt yükü sıkışabilir zeminin ortasında temel altından 6 m aşağıda ;

Kilin ortasında gerilme artışı

$$\kappa = 0,07 \text{ simetri sayısı } 4$$

$\Delta\sigma = (100x 0,07x 4) + 2x (0,00225x 100) = \sim 29 \text{ kPa}$ gerilme artışına neden olacaktır, bu gerilme artışı 59 kPa efektif gerilme ve 85 kPa yapı yükünden dolayı toplam 144 kPa sıkışabilir kil ortasındaki etkiye ilave olarak gelecektir.

$$\Delta\Sigma S = \Sigma H_0 \frac{Cc}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} = 12000 \frac{0.309}{1+0.66} \log \frac{144+29}{144} = 177 \text{ mm}$$

Oturma süresi;

$$t_{50} = 5,9 \text{ dak} = 0.0041 \text{ gün den konsolidasyon katsayısı (laboratuvar)}$$

$$c_v = 0,197 \left(\frac{(2H/2)^2}{t_{50}} \right) = 0,197 \left(\frac{(0,02/2)^2}{0,0041} \right) = 0,0048 \frac{\text{m}^2}{\text{gün}}$$

Konsolidasyon yüzdesi $U = \Delta H/S_\infty$ ve 12 m kalınlığındaki sıkışabilir kilde inşa sonrasında %90 konsolidasyon için gerekli süre

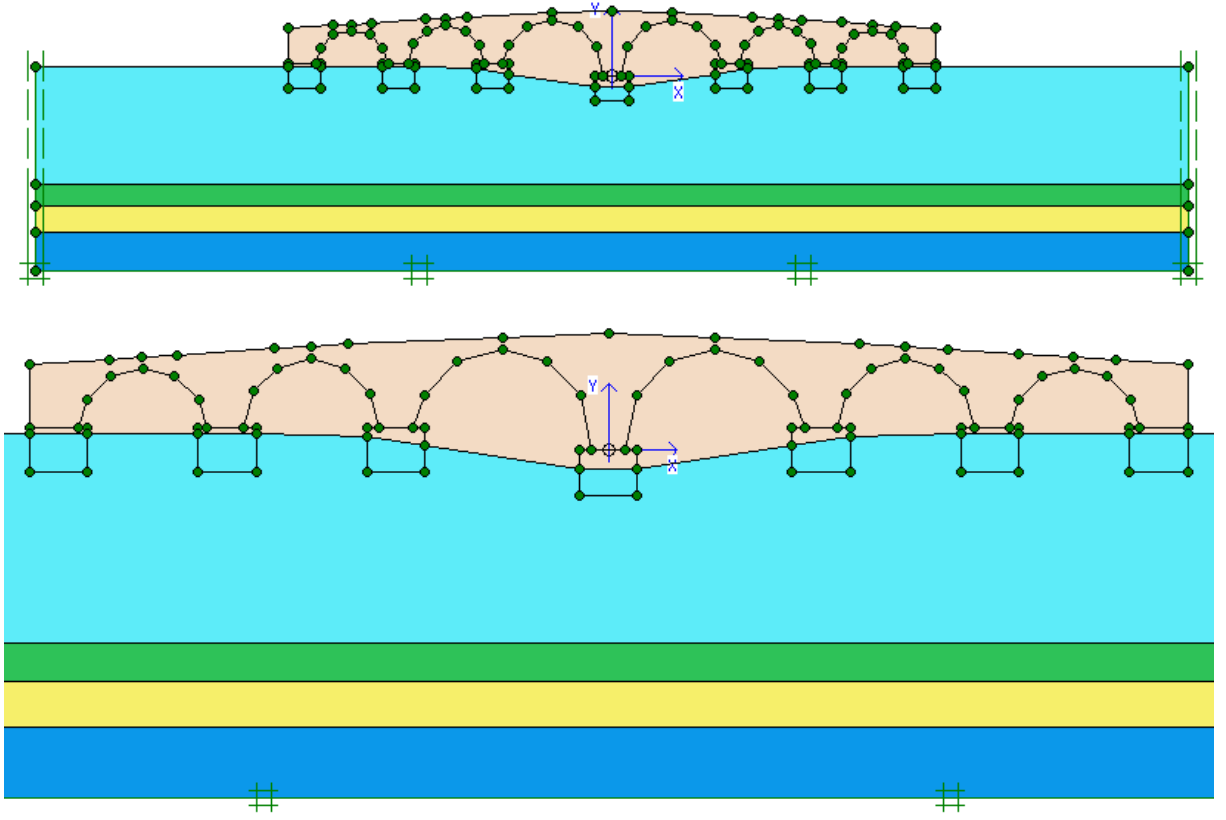
$$t_{90} = 0,848 \left(\frac{(12/2)^2}{0,0048} \right) \cong 17,5 \text{yl olarak hesaplanmaktadır}$$

Bu süre köprü altındaki killerin yapımdan birkaç on yıl süre sonunda birincil konsolidasyon oturmasını tamamladığını göstermektedir.

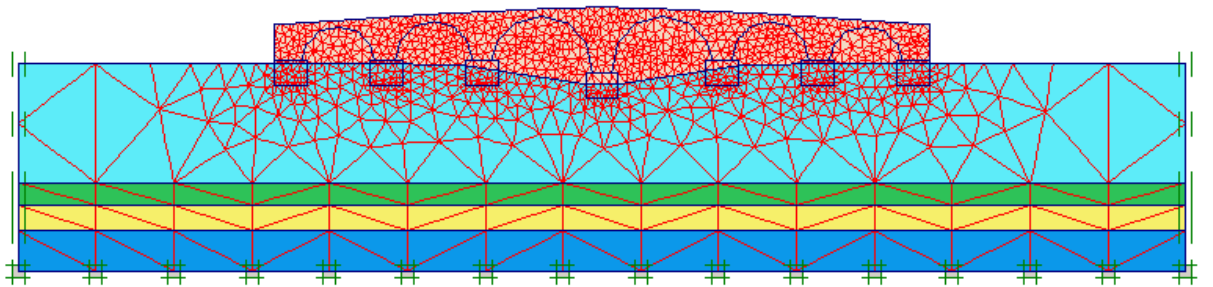
5.2.2.2 Sonlu Eleman Programıyla Oturma Analizi

Tablo 8. Modelde Kullanılan Malzeme Özellikleri

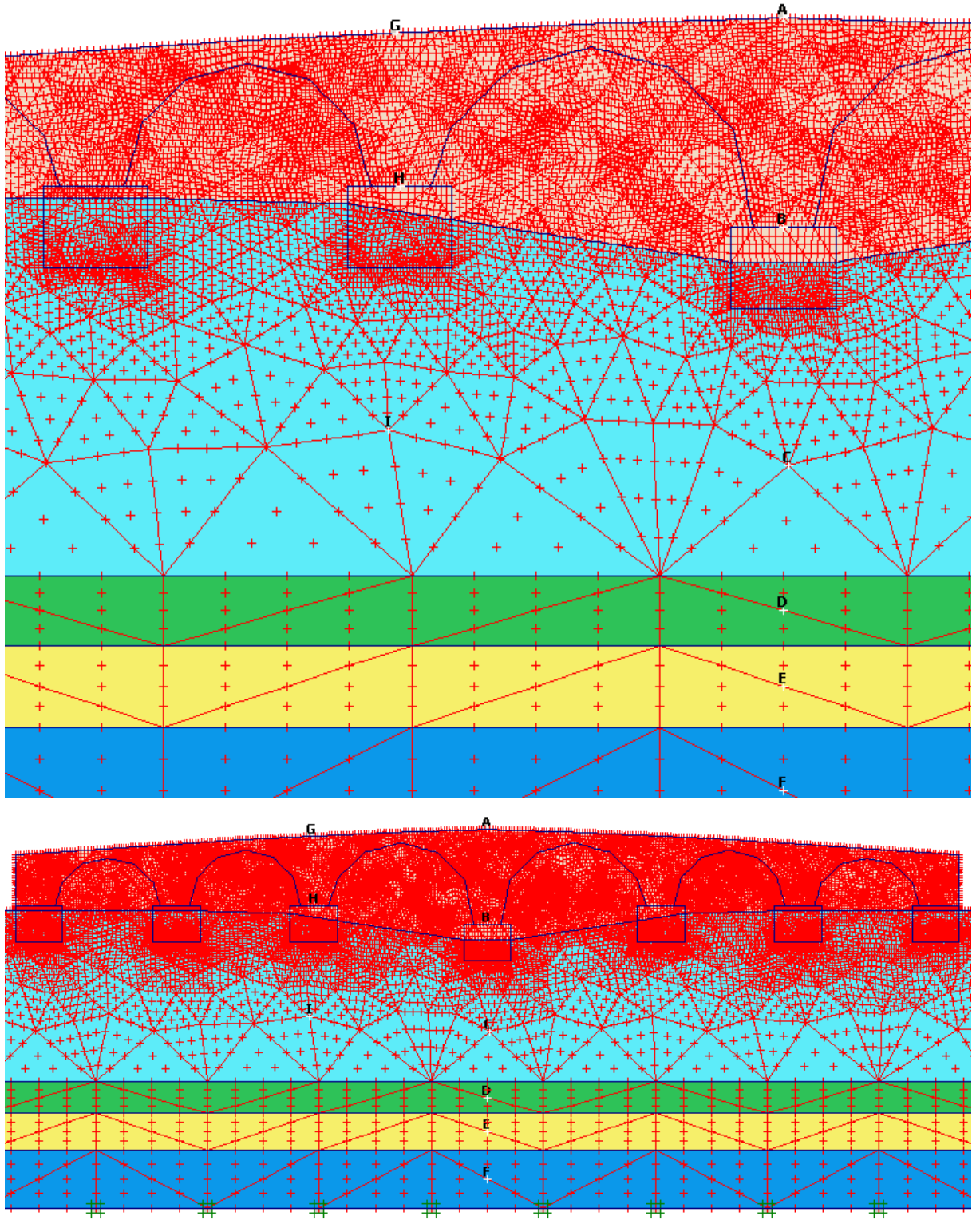
İsim	CI (0-15 m)	CH (15-18 m)	CH (18-21.5 m)	CI (21.5-27 m)	Temel	Köprü
Malzeme Modeli	Pekleşen Zemin	Pekleşen Zemin	Pekleşen Zemin	Pekleşen Zemin	Linear Elastic	Linear Elastic
Malzeme Tipi	Drenajsız	Drenajsız	Drenajsız	Drenajsız	Non-porous	Non-porous
ρ_n (kN/m ³)	17	18	18.5	18.5	26	20
ρ_{doygun} (kN/m ³)	18	18.5	18.5	18.5	-	-
e_0	1.0	0.9	0.8	0.7	-	-
E_{50}^{ref} (kPa)	6000	8000	15000	30000	10000000	5000000
E_{oed}^{ref} (kPa)	6000	8000	15000	30000	-	-
Üstlük, m	0.9	0.9	0.8	0.6	-	-
c' (kPa)	18	30	35	37	-	-
ϕ' (°)	28	28	28	28	-	-
ψ (°)	0	0	0	0	-	-
E_{ur}^{ref} (kPa)	30000	40000	75000	150000	-	-
ν'_{ur}	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
p^{ref} (kPa)	100	100	100	100	-	-
$c'_{increment}$ (kPa)	1	0.5	0.5	0.5	-	-
y_{ref} (m)	0	-15	-18	-21.5	-	-
R_f	0.9	0.9	0.9	0.9	-	-
k (m/s)	1e-7	1e-7	1e-7	1e-7	-	-



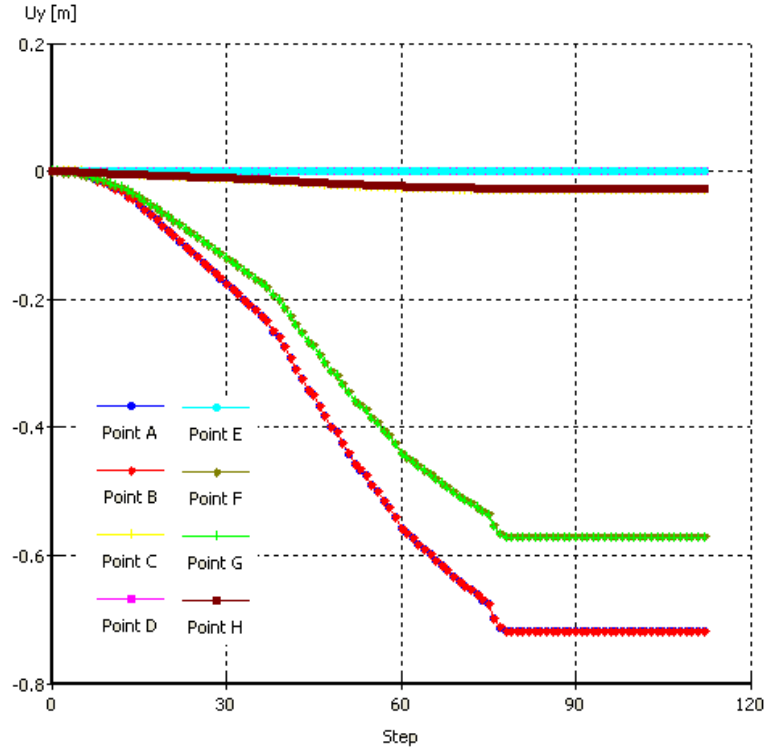
Şekil 20. Model Geometrisi ve Yakından Görünümleri



Şekil 21. Sonlu Eleman Ağı ve Yakından Görünümü



Şekil 22. Sonlu Eleman Ağı Deformasyon Ölçüm Noktaları.



Şekil 23. Köprü İnşası ile Meydana Gelen Oturmalar

Analiz sonunda oturma miktarı oturmalar 70 cm mertebesinde çıkmaktadır.

BÖLÜM 6

6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1.Güvenli Taşıma Gücü

Emniyetli taşıma kapasitesi değişik yöntemlerle ;

Terzaghi Lab $\sigma_{em}=255 \text{ kPa}$

Skepmton Lab $\sigma_{em}=232 \text{ kPa}$

CPT $\sigma_{em} = 380 \text{ kPa}$ olarak hesaplanmıştır.

Ana ayak taban basıncının 300 kPa olduğu düşünüldüğünde CPT nin en güvenilir sonucu sağladığı görülmektedir. Bunun nedeni susuz delgi ve örselenmenin olmamasıdır.

Günümüzde yapıda taşıma gücü sorunu olmadığı , yapının güncel koşullardaki yapı özellikleri dikkate alındığında zeminde gereken GS en az 2 olarak alındığında zeminde 813 kPa nihai taşıma gücüne ulaşılmış durumu ortaya çıkmakta bu da Skempton la ;

Başlangıçta 75 olarak formüle girilen aynı c_u ile $N_{CS} = 6,2$ kullanılarak ,

$$q_d = c_u N_{cs} = 813 / 6,2 = 105 \text{ kPa}$$

olarak başlangıç değerinden %30 daha iyi geri analiz olarak elde edilmektedir .

Bu durumda bakir bölgede CPT ile 380 kPa olarak kullanılan

$q_d = 2 + 0,28 q_c$ formülü , incelenen alan için oldukça gerçekçi görüldüğü söylenebilmektedir.

Bu değerlendirme seçilmiş temel boyutları , döneminde gegide bir taşıma gücü sorunu olasılığının algılandığı ve bu soruna yönelik bir ongorunun bulunduğu izlenimini vermektedir.

6.2 Oturma

Analizlerde çıkan oturma değerleri, boye bir alanda konumlanmış tarihi yapının yaklaşık 560 yıldır hizmet görüyor olması gerçeği değerlendirildiğinde planlamasında bir geoteknik ongorunun var olduğunu ortaya koymaktadır.

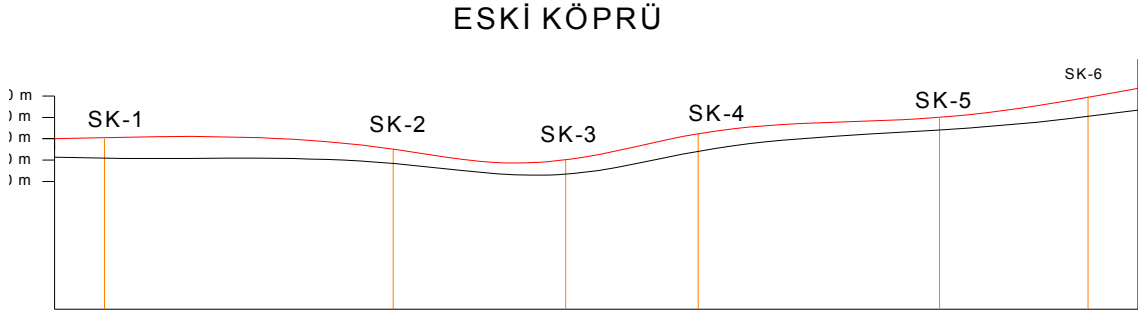
Oturmalar , gunsel durumda 1200 m uzunluk ve farklı yukseklilerdeki 174 ayak sayısı ile değerlendirildiğinde temellerin olası sorunların ön görülerek boyutlandırıldığı, yapı inşa süresi ile zemin için bulgulardan elde ettiğimiz konsolidasyon suresinin yakın olması sonucu inşa suresinde bu ongorunun etkisinin olduğu söylenebilmektedir.

İnşaat aşamaları öncelikle temeller ve ayaklar üzerine kemer taşlarının yığılması ile ön yükleme , sonrasında oluşan farklı oturmanın ayaklarda kot düzenlemesiyle giderilmesi ve kemerler ve bağlantıların inşaası sıralamasıyla devam ettiği duşunlmektedir.

Tüm bunlar dönemin ileri düzeydeki mühendislik sezgisinin daha detaylı irdelenerek günümüze aktarılması konusunda araştırmaların oğaltılmasının tarihi süreçte dünya mühendisliğindeki konumumuza katkı sağlayacağını gösterir.

6.3. Tarihi Köprü Gegisinin Değerlendirilmesi

Yapı temellerinden gelecek gerilmenin yaklaşık 10 m derinlikte sönümleneceği dikkate alındığında bu derinlikteki zemin yanal değişimi ile vadi yamaçlarına doğru ana kayaya yaklaşılacağından, yayvan kesitli vadinin uzun gegi boyunca olası farklı oturma sorunlarını daha duşuk düzeyde yansıtması sonucunu getirmiştir. (şekil 24)



Şekil 24. Geçgi Vadi Kesiti

Geçgi seçimine inşa imkanları , dönemin yol geçgisi , taşkın durumun v.b. özellikler ile belirlenmiş geçgi için zeminin geoteknik özellikler de olumlu katkı yapmış olabilir.

6.4. Performans durumu ve rehabilitasyonu

Performans Durumu ;

Tarihi yapının günümüzdeki durumuna yönelik gözlemlere dayalı bulgular Ek 7 de toplu halde verilmiştir. Bu kesit üzerinde sahada yapılan hasar incelemelerinde 2 türden fazla hasarın görüldüğü yerler ve fotoğrafları ile yapının geçgi boyunca oturduğu zeminin SPTN direnci bu Ek'te birlikte verilmiştir.

Yapıdaki hasarlar ayırtlandığında ;

- Gövdede blok taş kaybı ,
- Kemerden üst döşemeye uzayan açılmış çatlaklar ve kemerlerdeki blok taşlarda oluşmuş oynamalar ,
- Temelden üst döşemeye ayakları boyuna kesen açık çatlaklar,
- Temelde oyulmalar,

dikkati çekmiştir.

Kesit genel sonuçlar ile birlikte incelendiğinde yapı yüklerinin yoğun etkidiği yaklaşık 10 m derinlik boyunca zemin genel özelliklerinde önemli değişikliklerin olmadığı ve dolayısıyla hasarların zeminin geoteknik özelliklerinden

kaynaklanmadığı görüşü egemen olmuştur. Ancak , yapıda yüzey kotlarına son yıllarda yapılmış müdahaleler yüzey suyu akışını yer yer engellemiş ve bu durum yersel göllenmelere neden olmuştur. Bu bölgeler özellikle içerisinde temelden üst döşemeye doğru ayaklar boyunca kesen açık çatlakların yoğun olduğu 1. grupta toplanan hasarların görüldüğü kısımda gözlemlenmektedir.

Hasarlardan kemerden üst döşemeye uzayan açılmış çatlaklar kemerlerde blok taşlarda oynamalar şeklinde olanların dağılımı rastgeledir. Yapının yayılımı boyunca ara ara görülmektedirler . Bu tür hasarlar yapının üst döşemeden su alarak kemer ve dolgularının bağlayıcı harcında yıkamaya ve bozulmaya neden olması sonucunda sıkı yapının bozulması sonrasında yoğun seyreden titreşimli trafik yüklerinin etkisi , titreşimin yoğun algılandığı sıkı yapının bozulduğu kemer ve döşeme arasındaki hasarlar ile yapıdan blok taş kaybının kaynağıdır

Çok nadir de olsa ayaklarda görülen oyulmalar ise yüzey suyu akışı kaynaklıdır.

Bunların dışında malzeme özelliklerine bağlı bozulmaların da hasarlarda katkısının olduğu düşünülmektedir.

Bu hasar etkileri ortadan kaldırılmaz ise yapı bir süre sonra kullanılamaz duruma gelecektir.

Rehabilitasyon önerileri ;

- 1- Tarihi yapıdaki yoğun trafik yükü, ilk etapta köprü ağır taşıtlara kapatılarak mutlaka kaldırılmalıdır.
- 2- Yapı temelleri çevresi su akışını engellemeyecek şekilde düzenlenmelidir .
- 3- Üst döşeme bölgesi kontrol edilerek buralardan kemer dolgusuna yönelecek su akışı engellenerek onarımlar gerçekleştirilmelidir.
- 4- Oyulmalara karşı temeller çevresi koruma altına alınmalıdır .
- 5- Uzunköprü için teknik girişimlere yapı özellikleri bakımından ayrıntılı irdelenmesi sonrasında elde edilecek veriler bu çalışmanın sonuçları ile birlikte değerlendirildikten sonra karar verilmelidir .

BÖLÜM 7

7. SONUÇLAR

Bu tezde tarihi Uzunköprü ve üzerinde oturduğu zeminin geoteknik değerlendirilmesi yapılmış, bu değerlendirmede yapımı öngörülen yeni karayolu köprüsü için yapılmış güncel araştırmalar da gözönüne alınmıştır.

Yapımına XV. Yüzyıl'da başlanan köprünün temel boyutları ve konumu o zamanda geoteknik bilgilerden yararlandığı gibi bir izlenim vermektedir. Bu bağlamda, köprüde günümüzde gözlemlenen hasarların zeminden değil, doğa koşulları ve çağdaş trafikten kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Bu nedenle tarihi yapıların güvenlik kontrolü ve rehabilitasyonuna geçilmeden mevcut hasarın kökeninin temel zemininden kaynaklanıp kaynaklanmadığının öncelikle tesbiti gerekmektedir.

Bu tesbitlerin CPTU, georadar ve sismik ölçümlerle gerçekleştirilmesi daha doğru sonuçlar sağlayacaktır .

Yapılan farklı hesaplamalar tarihi köprünün yapımından sonraki onyılda içinde 70-87cm dolayında bir oturma gösterdiği, yığma yapının da bu değerlere tahammül edebildiğini göstermektedir.

İleride girişilecek rehabilitasyon çalışmalarında zeminle ilgili bir işlem gerekmeyeceği sonucuna varılmış olup, taşıyıcı sistem özelliklerinin iyileştirilmesi ve köprünün ağır trafikten arındırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. EDİRNE KÜLTÜR ARAŞTIRMALARI SEMPOZYUMU BİLDİRİLERİ, 2003. Trakya Üniversitesi Fen – Edebiyat Fakültesi Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, Edirne Valiliği

AKSOY, İ. H., 1978. Tarih Boyunca Su Boşaltma Araçları ve Temel İnşaatında Uygulamaları, Teknik Raporu, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi

AKSOY, İ. H., 1982. İstanbul'da Tarihi Yapılarda Uygulanan Temel Sistemleri, Doktora Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi

ÇULPAN, C., 2002. Türk Taş Köprüleri Ortaçağdan Osmanlı Devri Sonuna Kadar, Türk Tarih Kurumu Yayınları

DESAİ - JOHNSON - HARGETT , 1974. Analysis of Pile – Supported Gravity Lock

EKİZ , İ. , 1981. Çözümlü Köprü Problemleri Seçkin Kitabevi Yayınları

İŞLİ, E. N., KOZ, M. S., 1998. Edirne: Serhattaki Payitaht

ÖNALP, A., 2002. Geoteknik Bilgisi I, Zeminler ve Mekaniği , Birsen Yayınevi, İstanbul

ÖNALP, A., AREL, E., 2004. Geoteknik Bilgisi II, Yamaç ve Şev'lerin Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul

ÖNALP, A., SERT, S., 2006. Geoteknik Bilgisi III, Bina Temelleri, Birsen Yayınevi, İstanbul

PEYNİRCİOĞLU, H. ve diğ., 1978. Eminönü – Süleymaniye – Unkapanı Bölgesinin Geoteknik Etüdü ve Yeni Cami Temellerinin İncelenmesi, Teknik Raporu, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi

SARAÇ M. M., 2003. Tarihi Yığıma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

TARİHİ KÖPRÜLERİN ONARIMI, 2007. Karayolları Genel Müdürlüğü Köprüler Dairesi Başkanlığı Tarihi Köprüler Şubesi Müdürlüğü

TOĞROL, E., ve diğ, 1986. Haliç'in Geoteknik Sorunları ve Çözüm Yolları, Boğaziçi Üniversitesi

YÜKSEL , F. A. ,2007. Çevre ve Mühendislik Jeofiziği Ders Notları, İstanbul Üniversitesi

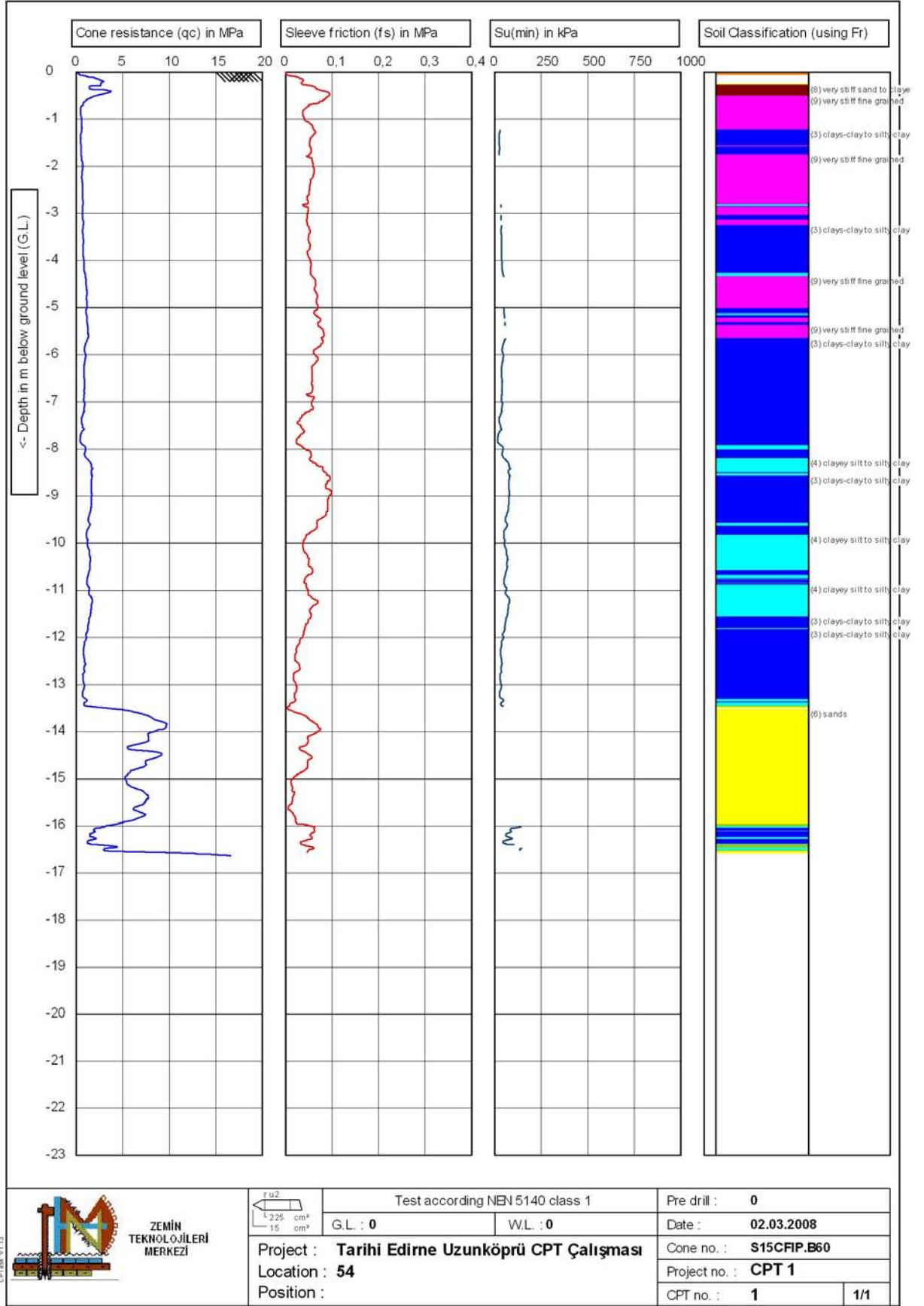
ZEMİN TEKNOLOJİLERİ MERKEZİ, 2005. Tarihi Meriç köprüsü Sondaj Raporu

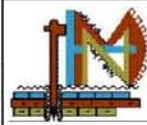
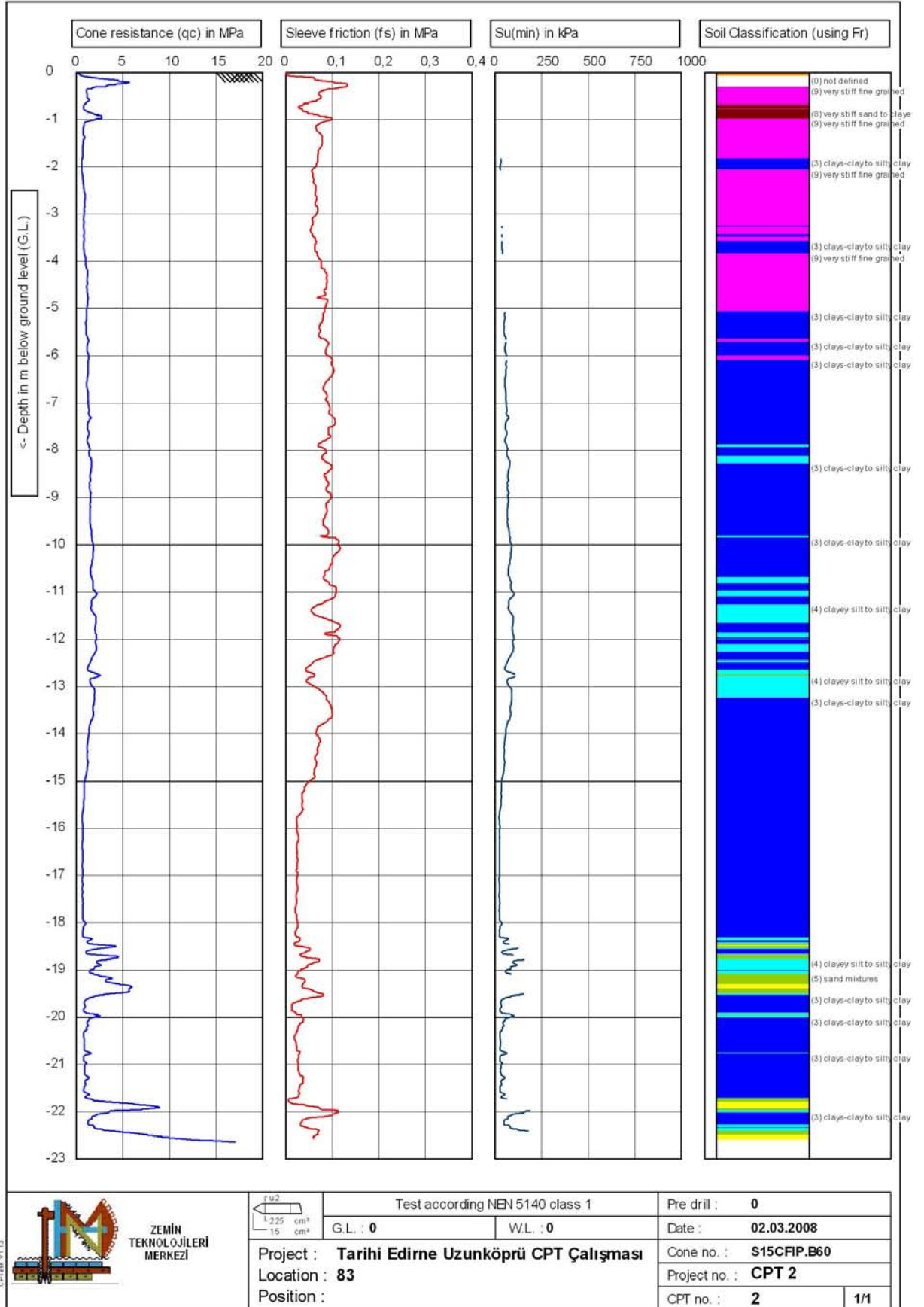
ZEMİN TEKNOLOJİLERİ MERKEZİ, 2005. Tarihi Tunca Köprüsü Sondaj Raporu

ZEMİN TEKNOLOJİLERİ MERKEZİ, 2005. Tarihi Uzunköprü Ve Uzunköprü Çevreyolu Sondaj Raporu

EK 1. SONDAJ KUYU LOGLARI

EK 2. CPT LOGLARI





ZEMİN
TEKNOLOJİLERİ
MERKEZİ



Test according NEN 5140 class 1

G.L. : 0

W.L. : 0

Pre drill : 0

Date : 02.03.2008

Project : Tarihi Edirne Uzunköprü CPT Çalışması

Cone no. : S15CFIP.B60

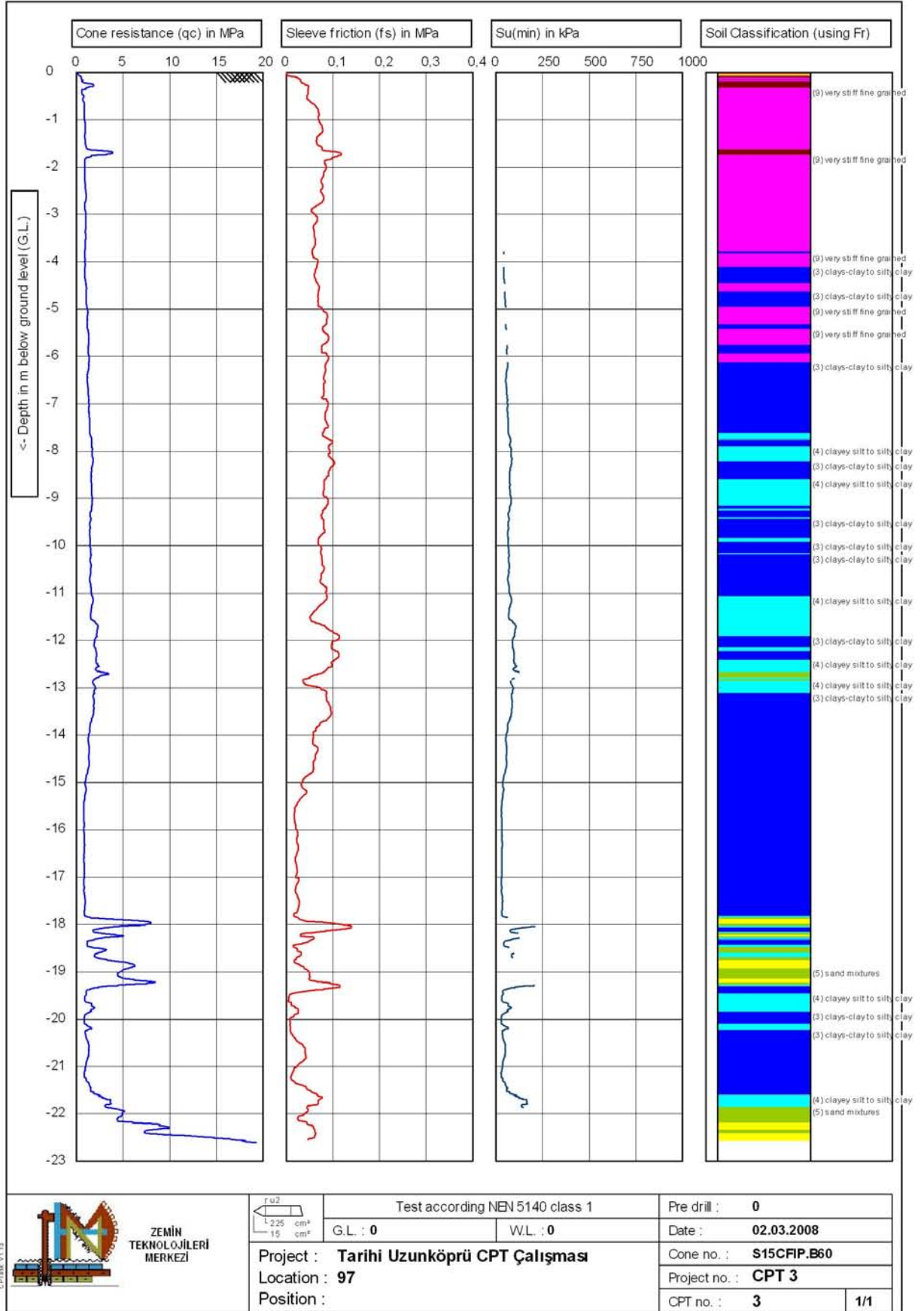
Location : 83

Project no. : CPT 2

Position :

CPT no. : 2

1/1



EK 3. LABORATUVAR SONUÇLARI

EK 4. SİSMİK HIZ GRAFİKLERİ

EK 5. PLAXİS ANALİZ SONUÇLARI

EK 6. JEOLJİK EN KESİT

EK 7. HASAR DURUMU VE GÖRÜNTÜLER